

TRABZON ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

ELEKTRİK AKIM KONUSUNA YÖNELİK TASARLANAN ADİDAKTİK
ÖĞRENME ORTAMLARININ LİSANS ÖĞRENCİLERİNİN ZİHİNSEL
MODELLERİNİN GELİŞİMİNE ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

Ümmü Gülsüm (İYİBİL) DURUKAN

TRABZON
Temmuz, 2019

TRABZON ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

ELEKTRİK AKIM KONUSUNA YÖNELİK TASARLANAN ADİDAKTİK
ÖĞRENME ORTAMLARININ LİSANS ÖĞRENCİLERİNİN ZİHİNSEL
MODELLERİNİN GELİŞİMİNE ETKİSİ

Ümmü Gülsüm (İYİBİL) DURUKAN

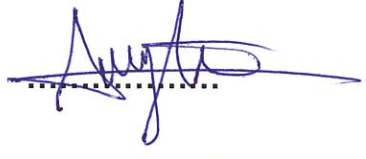
Trabzon Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nce
Doktor Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.


Tezin Danışmanı
Prof. Dr. Ayşegül SAĞLAM-ARSLAN

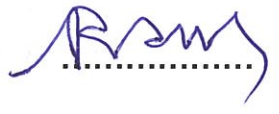
TRABZON
Temmuz, 2019

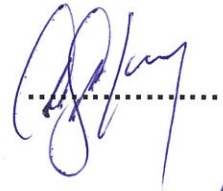
Trabzon Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü'ne

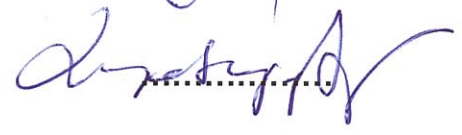
**Bu çalışma jürimiz tarafından Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi
Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir. 05/07/2019**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ayşegül SAĞLAM ARSLAN 

Üye : Prof. Dr. Ahmet İlhan ŞEN 

Üye : Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ 

Üye : Prof. Dr. Mehmet Altan KURNAZ 

Üye : Prof. Dr. Nevzat YİĞİT 

Onay

Yukarıda imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Bülent GÜVEN

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Tezimin içerdığı yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalardan bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada kullanılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yaptığımı ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi, ayrıca bu çalışmanın Trabzon Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonuca razı olduğumu bildiririm.

Ümmü Gülsüm (İYİBİL) DURUKAN

05/07/2019

ÖN SÖZ

Bu çalışmada didaktik öğrenme teorileri arasında yer alan Didaktik Durumlar Teorisi çerçevesinde öğrencilerin sahip oldukları öğrenme stilleri de dikkate alınarak geliştirilen öğrenme ortamlarında öğrencilerin konuya yönelik bilgilerinin ve zihinsel modellerinin gelişiminin ve değişiminin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu çalışma ile, genellikle matematik öğretiminde yararlanılan didaktik öğrenme teorilerinden fizik öğretiminde yararlanabilme durumu araştırılarak, süreç içerisinde geliştirilen materyallerden öğretim üyelerinin, öğretmenlerin ve öğrencilerin faydalanabileceğine inanılmaktadır.

Lisansüstü öğrenim hayatım boyunca danışmanlığımı yürüten, çalışmalarımın her aşamasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve bana yol gösteren kıymetli hocam Prof. Dr. Ayşegül SAĞLAM-ARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım. Görüş ve önerileriyle çalışmama katkı sağlayan, çalışmam sürecinde bana yol göstermeye çalışan, anlayışları ile bana destek olan jürimde yer alan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ'e, Prof. Dr. Nevzat YİĞİT'e, Prof. Dr. Mehmet Altan KURNAZ'a ve Prof. Dr. Ahmet İlhan ŞEN'e teşekkür ederim.

Çalışmamın uygulama aşamasında bana her türlü yardımı gösteren ve çalışmamı gerçekleştirdiğim dersleri yürüten öğretim üyelerimiz Dr. Öğr. Üyesi Funda HASANÇEBİ'ye ve Doç. Dr. Nahide Burcu YILMAZ'a teşekkür ederim. Bu meşakkatli uygulama sürecine katkı sağlayan, uygulamalara ellerinden geldiğince katılan ve bana vakitlerini ayıran 2014-2015 akademik yılı bahar döneminde İlköğretim Matematik Öğretmenliği ikinci sınıf ve Fen bilgisi öğretmenliği birinci sınıf öğrencilerine teşekkür ederim. Materyallerimin ve başarı testimin geliştirilme sürecinde bana yardımcı olan Prof. Dr. Birol ERTUĞRAL'a, Doç. Dr. Çiğdem ŞAHİN-ÇAKIR'a, Doç. Dr. Eser ÜLTAY'a ve Dr. Öğr. Üyesi Müge AYGÜN'e teşekkür ederim. Tezimin yazım sürecinde beni motive ederek yardımlarını esirgemeyen ve desteklerini her zaman hissettiren arkadaşlarım Doç. Dr. Neslihan ÜLTAY'a, Doç. Dr. Eser ÜLTAY'a, Doç. Dr. Necla DÖNMEZ-USTA'ya, Doç. Dr. Çiğdem ŞAHİN-ÇAKIR'a, Arş. Gör. Ebru TURAN-GÜNTEPE'ye, Dr. Demet BATMAN'a ve Dr. Ayşegül ASLAN'a teşekkür ederim. Tez çalışmamı bitirmem için beni destekleyen, bana cesaret veren isimlerini burada saymadığım değerli hocalarıma, meslektaşlarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Tez uygulamam süresince teknik ekipmanlar konusunda beni destekleyen görev yaptığım fakülteme teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman beni okumaya yönlendiren, maddi ve manevi olarak destekleyen, cesaret veren ve her zaman bizimle gurur duyan sevgili annem Neriman İYİBİL'e ve sevgili babam Mehmet Ali İYİBİL'e; desteklerini benden esirgemeyen canım

kardeşlerim Zeynep İYİBİL'e ve Yunus Emre İYİBİL'e teşekkür ederim. Sevgili kayınvalidem Hanife DURUKAN ve sevgili kayınpederim Mustafa DURUKAN'a bana olan inançları, destek ve yardımları için teşekkür ederim.

Doktora öğrenim sürecim boyunca tezimin her aşamasında bana daima destek olan, moral veren ve toparlanıp tekrar ayağa kalkmamı sağlayan değerli eşim Av. Oğuzhan DURUKAN'a teşekkür ederim. Son olarak, bana rakamların anlamını öğreten, pek çok farklı duygunun farkına varmamı sağlayan, bir gülüşüyle bile günümü değiştirebilen, şükür sebebim canım oğlum Faruk Kağan DURUKAN'a teşekkür ederim.

Temmuz, 2019

Ümmü Gülsüm (İYİBİL) DURUKAN



İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	VI
ÖZET.....	XIII
ABSTRACT.....	XV
TABLolar LİSTESİ.....	XVII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XXII
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XXV
1. GİRİŞ.....	1
1. 1. Araştırmanın Amacı.....	4
1. 2. Araştırmanın Gereğiçesi ve Önemi.....	5
1. 3. Araştırmanın Sınırlılıkları.....	8
1. 4. Araştırmanın Varsayımları.....	8
1. 5. Tanımlar.....	9
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	12
2. 1. Araştırmanın Kuramsal Çerçevesi.....	12
2. 1. 1. Didaktik Durumlar Teorisi.....	13
2. 1. 1. 1. Didaktik Durumlar Teorisi İle Yürütölen Çalışmalar.....	16
2. 1. 2. Öğrenme Stilleri.....	17
2. 1. 2. 1. Gregorc Öğrenme Stilleri Modeli.....	18
2. 1. 2. 2. Gregorc Öğrenme Stillerinden Öğrenme Ortamlarında Yararlanılması.....	19
2. 1. 3. Zihinsel Modeller.....	22
2. 1. 3. 1. Zihinsel Model Çalışmalarının İncelenmesi.....	24
2. 1. 3. 2. Elektrik Akımı Konularına Yönelik Yapılan Zihinsel Model Çalışmalarının İncelenmesi.....	26
2. 1. 4. Elektrik Akımı Konuları ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	27
2. 2. Literatür Taramasının Sonucu.....	29
3. YÖNTEM.....	30
3. 1. Araştırma Modeli.....	31
3. 1. 1. Ön Hazırlık Analizleri.....	34

3. 1. 1. 1. Adidaktik Öğrenme Ortamına Katılacak Öğrenci Profili.....	38
3. 1. 1. 1. 1. Öğrenme Ortamına Katılacak Öğrencilerin Öğrenme Stilleri.....	38
3. 1. 1. 1. 2. Öğrenme Ortamına Katılacak Öğrencilerin Genel Fizik ve Genel Fizik Laboratuvarı Derslerine Yönelik Tutumları	40
3. 1. 1. 1. 2. 1. Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeği	41
3. 1. 1. 1. 2. 2. Fizik Laboratuvarı Dersine Yönelik Tutum Ölçeği.....	43
3. 1. 1. 1. 3. Öğrenme Ortamına Katılacak Öğrencilerin Matematik ve Fizik Arasında Kurdukları İlişkiler	44
3. 1. 1. 1. 4. Öğrencilerin Fizik Dersinin Öğrenimine ve Öğretimine Yönelik Değerlendirmeleri	46
3. 1. 1. 1. 5. Öğrenme Ortamına Katılacak Öğrencilerin Mezun Oldukları Okul Türü Bilgileri ve Üniversiteye Yerleşme Puanları	50
3. 1. 2. Tasarım ve Öncü Analiz.....	50
3. 1. 2. 1. Öğrenme Ortamlarının Değişkenlere Göre Tasarımı	52
3. 1. 2. 2. Adidaktik Öğrenme Ortamları	55
3. 1. 2. 3. Adidaktik Öğrenme Ortamlarında Yer Alan Etkinliklerin Öğrenme Stilleri Çerçevesinde Tasarımı	59
3. 1. 3. Uygulama	64
3. 1. 3. 1. Çalışma Grubu	65
3. 1. 3. 1. 1. Pilot Uygulama Çalışma Grubu	66
3. 1. 3. 1. 2. Asıl Uygulama Çalışma Grubu	67
3. 1. 3. 2. Uygulama Süreci	68
3. 1. 3. 2. 1. Pilot Uygulama Süreci.....	68
3. 1. 3. 2. 2. Asıl Uygulama Süreci.....	71
3. 1. 3. 3. Veri Toplama Araçları ve Verilerin Toplanması.....	73
3. 1. 3. 3. 1. Başarı Testi ve Klinik Mülakat Soruları.....	74
3. 1. 3. 3. 2. Bil-İste-Öğren-Hatırla Formu.....	79
3. 1. 3. 3. 3. Adidaktik Durum İçeren Öğrenme Ortamının Yürütülmesi Sırasında Kullanılan Veri Toplama Araçları.....	79
3. 1. 4. Son Analiz ve Değerlendirme	80
3. 1. 4. 1. Başarı Testinin ve Klinik Mülakatların Analiz Edilmesi	83
3. 1. 4. 1. 1. Anlama Seviyeleri Analizi.....	83
3. 1. 4. 1. 2. Akademik Başarı Puanlarının Analizi	84
3. 1. 4. 1. 3. Zihinsel Modellerin Oluşturulması ve Analizi	85

3. 1. 4. 1. 4. Alternatif Kavramların Tespit Edilmesi.....	94
3. 1. 4. 2. BİÖH Formlarının Analizi	94
3. 1. 4. 3. Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Yürütülmesi Sırasında Kullanılan Veri Toplama Araçlarının Analizi	95
3. 1. 4. 3. 1. Video Kayıtlarının Analizi	95
3. 1. 4. 3. 2. Problem Durumlarına Ait Grup Dokümanlarının ve Alan Notlarının Analizi	97
3. 2. Araştırmacının Rolü.....	98
3. 3. Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmaları.....	98
3. 3. 1. İç Geçerlik (İnandırıcılık)	99
3. 3. 2. Dış Geçerlik (Aktarılabirlik)	100
3. 3. 3. İç Güvenirlik (Tutarlık).....	101
3. 3. 4. Dış Güvenirlik (Teyit Edilebilirlik).....	101
4. BULGULAR.....	102
4. 1. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Anlama Seviyeleri ve Anlama Seviyelerindeki Değişimine Yönelik Bulgular	102
4. 1. 1. Öğrencilerin Doğru Akıma Ait Sahip Oldukları Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerdeki Değişimine Yönelik Bulgular	103
4. 1. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyona Ait Sahip Oldukları Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerdeki Değişimine Yönelik Bulgular	112
4. 1. 3. Öğrencilerin Alternatif Akıma Ait Sahip Oldukları Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerdeki Değişimine Yönelik Bulgular	122
4. 2. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Akademik Başarıları ve Akademik Başarılarındaki Değişime Yönelik Bulgular.....	132
4. 2. 1. Öğrencilerin Doğru Akıma Ait Sahip Oldukları Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişime Yönelik Bulgular.....	132
4. 2. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyona Ait Sahip Oldukları Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişime Yönelik Bulgular	135
4. 2. 3. Öğrencilerin Alternatif Akıma Ait Sahip Oldukları Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişime Yönelik Bulgular.....	137
4. 3. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konuları İçin Sahip Oldukları Zihinsel Modelleri ve Bu Zihinsel Modellerindeki Değişimine Yönelik Bulgular	139
4. 3. 1. Öğrencilerin Doğru Akım Konusuna Ait Sahip Oldukları Zihinsel Modelleri ve Bu Zihinsel Modellerindeki Değişimine Yönelik Bulgular ...	144

4. 3. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon Konusuna Ait Sahip Oldukları Zihinsel Modelleri ve Bu Zihinsel Modellerindeki Değişimine Yönelik Bulgular	150
4. 3. 3. Öğrencilerin Alternatif Akım Konusuna Ait Sahip Oldukları Zihinsel Modelleri ve Bu Zihinsel Modellerindeki Değişimine Yönelik Bulgular ...	155
4. 4. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularında Sahip Oldukları Alternatif Kavramları ve Bu Alternatif Kavramların Varlığındaki Değişimine Yönelik Bulgular.....	160
4. 4. 1. Öğrencilerin Doğru Akıma Ait Sahip Oldukları Alternatif Kavramları ve Bu Kavramların Değişimine Yönelik Bulgular	160
4. 4. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyona Ait Sahip Oldukları Alternatif Kavramları ve Bu Kavramların Değişimine Yönelik Bulgular	164
4. 4. 3. Öğrencilerin Alternatif Akıma Ait Sahip Oldukları Alternatif Kavramları ve Bu Kavramların Değişimine Yönelik Bulgular	168
4. 5. Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Öğrenme Sürecini ve Öğrencilerin Bu Süreç ile Süreç İçerisinde Kendilerini Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular	176
4. 5. 1. Adidaktik Öğrenme Ortamlarına Ait Video Kayıtları, Öğrenci Dökümanları ve Alan Notlarından Elde Edilen Bulgular	177
4. 5. 1. 1. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Doğru Akım Konusuna Ait Öğrenme Sürecine Yönelik Bulgular ...	178
4. 5. 1. 2. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Elektromanyetik İndüksiyon Konusuna Ait Öğrenme Sürecine Yönelik Bulgular	197
4. 5. 1. 3. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Alternatif Akım Konusuna Ait Öğrenme Sürecine Yönelik Bulgular	201
4. 5. 2. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Öğrenme Sürecini ve Süreç İçerisinde Kendilerini Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular	207
4. 5. 2. 1. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Doğru Akım Konusuna Ait Öğrenme Sürecini ve Süreç İçerisinde Kendilerini Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular	207

4. 5. 2. 2. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Elektromanyetik İndüksiyon Konusuna Ait Öğrenme Sürecini ve Süreç İçerisinde Kendilerini Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular	213
4. 5. 2. 3. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Alternatif Akım Konusuna Ait Öğrenme Sürecini ve Süreç İçerisinde Kendilerini Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular	217
4. 5. 3. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarına ve Bu Ortamlardaki Öğrenme Sürecine Yönelik Değerlendirmeleri	221
5. TARTIŞMA	227
5. 1. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerin Uygulama Süreci İçerisindeki Değişimine Yönelik Tartışma	227
5. 1. 1. Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerin Uygulama Süreci İçerisindeki Değişimi	227
5. 1. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerin Uygulama Süreci İçerisindeki Değişimi	231
5. 1. 3. Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerin Uygulama Süreci İçerisindeki Değişimi	234
5. 1. 4. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerin Uygulama Süreci İçerisindeki Değişiminin Bütüncül Olarak Değerlendirilmesi	237
5. 2. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişimine Yönelik Tartışma	239
5. 2. 1. Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişimi	239
5. 2. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişimi	240
5. 2. 3. Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişimi	241
5. 2. 4. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Akademik Başarıları ve Bu Başarılarının Uygulama Süreci İçerisindeki Değişiminin Bütüncül Olarak Değerlendirilmesi	241
5. 3. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Zihinsel Modellerinin Gelişimine ve Değişimine Yönelik Tartışma	242
5. 3. 1. Öğrencilerin Doğru Akım Konusu ile İlgili Zihinsel Modellerinin Gelişimi ve Değişimi	242

5. 3. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon Konusu ile İlgili Zihinsel Modellerinin Gelişimi ve Değişimi.....	244
5. 3. 3. Öğrencilerin Alternatif Akım Konusu ile İlgili Zihinsel Modellerinin Gelişimi ve Değişimi.....	245
5. 3. 4. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Zihinsel Modellerinin Gelişiminin ve Değişiminin Uygulama Süreci İçerisindeki Değişiminin Bütüncül Olarak Değerlendirilmesi	246
5. 4. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Sahip Oldukları Alternatif Kavramların Uygulama Süreci İçerisinde Giderilmesine Yönelik Tartışma	247
5. 4. 1. Öğrencilerin Doğru Akım Konusunda Sahip Oldukları Alternatif Kavramların Uygulama Süreci İçerisinde Giderilmesi.....	247
5. 4. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon Konusunda Sahip Oldukları Alternatif Kavramların Uygulama Süreci İçerisinde Giderilmesi	248
5. 4. 3. Öğrencilerin Alternatif Akım Konusunda Sahip Oldukları Alternatif Kavramların Uygulama Süreci İçerisinde Giderilmesi.....	249
5. 4. 4. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularında Sahip Oldukları Alternatif Kavramların Uygulama Süreci İçerisinde Giderilmesinin Bütüncül Olarak Değerlendirilmesi.....	251
5. 5. Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Uygulanma Sürecinin Genel Nitelikleri ile Öğrencilerin Süreç ve Ortam Hakkındaki Görüşlerine Yönelik Tartışma....	252
5. 5. 1. Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Uygulanma Sürecinin Genel Nitelikleri.....	252
5. 5. 2. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamları ve Bu Ortamlardaki Uygulama Süreci Hakkındaki Görüşleri.....	253
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	255
6. 1. Sonuçlar.....	255
6. 1. 1. Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Öğrencilerin Anlama Seviyeleri Üzerindeki Etkisi	255
6. 1. 2. Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Öğrencilerin Akademik Başarıları Üzerindeki Etkisi	256
6. 1. 3. Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Öğrencilerin Zihinsel Modelleri Üzerindeki Etkisi	257
6. 1. 4. Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Öğrencilerin Alternatif Kavramları Üzerindeki Etkisi	258
6. 1. 5. Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Uygulama Sürecinin Etkisi.....	259

6. 2. Öneriler	259
6. 2. 1. Araştırma Sonuçlarına Dayalı Öneriler.....	259
6. 2. 2. İleride Yapılabilecek Araştırmalara Yönelik Öneriler.....	260
7. KAYNAKLAR	262
8. EKLER	283
9. ÖZ GEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ.....	357



ÖZET

Elektrik Akım Konusuna Yönelik Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Lisans Öğrencilerinin Zihinsel Modellerinin Gelişimine Etkisi

Fizik dersi birçok öğrencinin korktuğu ve sevmediği; bünyesinde yer alan konuların öğrenilmesinin zorluğu ile anılan bir derstir. Fizik dersinin daha etkili işlenebilmesi, daha zevkli geçebilmesi ve öğrencilerin önyargılarının aşılabilmesi için farklı öğretim yöntem ve tekniklerinin kullanılarak fizik dersinin zenginleştirildiği birçok çalışma yürütülmektedir. Bu çalışmada da, elektrik akımı konularında öğrenme stillerine göre didaktik durumlar teorisi çerçevesinde tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının Genel Fizik II ve Genel Fizik Laboratuvarı II derslerini alan Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı lisans öğrencilerinin zihinsel modellerinin gelişimine ve değişimine etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

Öğretim mühendisliği yöntemi çerçevesinde yürütülen tez çalışması 2014-2015 öğretim yılının bahar döneminde bir devlet üniversitesinin eğitim fakültesinde Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı'nın birinci sınıfında öğrenim gören 27 öğrenci ile yürütülmüştür. Çalışmada doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım olmak üzere elektrik akımı konuları için tasarlanan adidaktik öğrenme ortamları 3 hafta boyunca uygulanmıştır. Çalışmada veri toplama araçları olarak; başarı testi, klinik mülakat, Bil-İste-Öğren-Hatırla formu, video kayıtları, öğrenci dokümanları ve alan notları kullanılmıştır. Başarı testi ve klinik mülakat verileri, anlama seviyeleri kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen anlama seviyeleri verileri kullanılarak öğrencilerin akademik başarıları ve zihinsel modelleri belirlenmiştir. Bil-İste-Öğren-Hatırla formu, video kayıtları, öğrenci dokümanları ve alan notlarından elde edilen veriler içerik analizi analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan bütün veri toplama araçlarından elde edilen veriler içerisindeki alternatif kavramlar listelenmiştir.

Öğrencilerin önemli bir kısmının elektrik akımı konuları için ön uygulamadaki cevaplarının [0] ve [1]; son uygulamadaki cevaplarının [1], [2] ve [3] ile geciktirilmiş uygulamadaki cevaplarının [0], [1] ve [2] anlama seviyelerinde yer aldığı görülmüştür. Öğrencilerin ön, son ve geciktirilmiş uygulamalarda başarı testinden elde ettikleri akademik başarı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur. Tez çalışması süreci içerisinde 3 zihinsel model türü altında 15 zihinsel model tipi belirlenmiştir. Öğrencilerin bu zihinsel modeller arasında genellikle sentez ve ilkel model türleri altında yer alan zihinsel model tiplerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Öğrencilerin ön uygulamada sahip oldukları tespit edilen birçok alternatif kavramın öğrenme süreci içerisinde giderildiği görülmüştür. Öğrencilerin tasarlanan adidaktik

öğrenme ortamları ve bu ortamların içerisindeki öğrenme süreci hakkında olumlu görüşlere sahip oldukları belirlenmiştir. Tez çalışmasından elde edilen bulgular, tasarlanan öğrenme ortamlarının öğrencilerin elektrik akımı konuları ile ilgili anlama seviyelerini, akademik başarılarını, zihinsel model gelişimini olumlu etkilediği ve alternatif kavramların giderilmesine etkili olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Hem tez çalışması sonuçlarına hem de ileride gerçekleştirilebilecek çalışmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Adidaktik Öğrenme Ortamı, Zihinsel Model, Öğrenme Stili, Elektrik Akımı Konuları, Lisans Öğrencisi



ABSTRACT

The Effect of Designed Adidactic Situations on the University Students' Development of the Mental Models about Electric Current Subjects

Physics is a course that is mentioned with the difficulty of learning the subject within, and also it is feared and disliked by many students. Many studies carried out to enrich the physics course by using different teaching methods and techniques to make the physics course more effective, more enjoyable and to overcome the students' prejudices about the course of physics. In this study, it is aimed to investigate the effect of learning environments designed based on adidactic situations according to learning styles on the development and variation of the mental models about electric current subjects of the first-year university students who take General Physics II and General Physics Laboratory II courses.

This study, which was designed within the framework of the didactical engineering method, was carried out with 27 university students studying in the first year in the science education department of an education faculty in the state university in the spring semester of the 2014-2015 academic year. The study was conducted in learning environments with adidactic situations designed for three subjects as direct current, electromagnetic induction and alternating current for 3 weeks. In the study as data collection tools; achievement test, clinical interview, Know-Want-Learn-Remember form, video records, student documents, and field notes were used. The data from the achievement test and clinical interview were analyzed using the understanding levels. Then, the students' academic achievements and mental models were determined by using these understanding levels. The data obtained from the Know-Want-Learn-Remember form, video records, student documents, and field notes were analyzed through content analysis. Alternative concepts in the data obtained from all data collection tools used in this study are listed.

An important part of the students' responses about electrical current subjects were found to be in the pre-application [0], and [1]; in the post-application [1], [2] and [3] and in the delayed-application [0], [1] and [2] understanding levels. It was found that there was a statistically significant difference between the academic achievement scores obtained from the achievement test in the pre-, post- and delayed-applications. During this study, 15 types of mental models were determined. It was determined that the students generally have synthesis and primitive model types. It has been seen that many alternative

concepts that are found to have pre-application of the students are remedied in the teaching sequence. It was determined that the students had positive views about the designed learning environments with adidactic situations and the teaching sequence in these environments. The findings obtained from the study revealed that the designed learning environments positively affected on the students' understanding levels, academic achievement, mental model development and support the remedying of the alternative concepts. Based on both the study results and the experience of the researcher, some suggestions were made for future studies.

Key Words: Adidactic Situation, Mental Model, Learning Style, Electric Current Subjects, University Student



TABLolar LİSTESİ

<u>Tablo No</u>	<u>Tablo Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
1.	Her Bir Öğrenme Stiline Yönelik Bireye Ait Öğretimsel Özellikler	20
2.	Zihinsel Modele Yönelik Ulaşılan Sonuçlar ve Dağılımı	25
3.	Prakseolojik Yaklaşımın Bileşenleri	37
4.	Çalışma Grubunda Yer Alan Öğrencilerin Öğrenme Stillere Göre Dağılımı	40
5.	Öğrencilerin Fizik Dersine Yönelik Tutum Puanları	42
6.	Öğrencilerin Fizik Laboratuvarı Dersine Yönelik Tutum Puanları	43
7.	Öğrencilerin Matematik ve Fizik Arasındaki İlişkiye Yönelik Görüşleri	45
8.	Öğrencilerin Fizik Dersine Yönelik Geliştirdikleri Çalışma Stratejileri ve Durumları	47
9.	Öğrencilerin Fizik Öğretimini Kendi Bakış Açıklarına Göre Değerlendirmeleri ve Konu Anlatımına Yönelik Önerileri	49
10.	Öğrencilerin Mezun Oldukları Okul Türü	50
11.	Öğrenme Stillere Göre Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Nitelikleri	64
12.	Pilot Çalışmada Yürütülen Etkinlikler ve Öğrencilerin Katılım Durumu	66
13.	Çalışma Grubuyla Yürütülen Uygulamalar ve Öğrencilerin Katılım Durumu	67
14.	Pilot Uygulama Planı ve Süreci	69
15.	Pilot Uygulama Sonucu Etkinliklerin Değerlendirilmesi ve Yapılan Değişiklikler	70
16.	Asıl Uygulama Planı ve Uygulama Süreci	72
17.	Çalışma Kapsamında Kullanılan Veri Toplama Araçlarının Araştırmanın Alt Problem Durumları ile İlişkisi	73
18.	Araştırma Süreci İçerisinde Veri Toplama Araçlarının Kullanım Durumları	74

19.	Zihinsel Modelin Yapısının Oluşturulması	74
20.	Başarı Testinde Yer Alan Soruların Elektrik Akımı Konularına ve Soruda İstenen Niteliklere Göre Dağılımı	76
21.	Farklı Kaynaklardan Alınan Sorular ve Kullanım Şekilleri	77
22.	Veri Toplama Aracı, Veri Analizi ve Elde Edilen Bulgular Arasındaki İlişkiler	82
23.	Soru Türlerine Göre Kullanılan Anlama Seviyeleri ve Açıklamaları	83
24.	Akademik Başarı Puanlarının Normallik Testi Sonuçları.....	85
25.	Akademik Başarı Puanlarının Homojenlik Testi Sonuçları	85
26.	Soru Türleri ile Belirlenen Spesifik Noktalar Arasındaki İlişki	86
27.	Araştırma Sürecindeki Zihinsel Modeller, Modellere Ait Özellikler ve Zihinsel Model Matrisleri	88
28.	Video Kayıtlarını Analiz Etmek İçin Geliştirilen Kriter Tablosu	97
29.	Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili Anlama Seviyeleri	104
30.	Doğru Akım ile İlgili Uygulamalar Sonucunda Öğrenci Cevaplarından Ortaya Çıkan Kavram Ağları.....	111
31.	Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Anlama Seviyeleri	113
32.	Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Uygulamalar Sonucunda Öğrenci Cevaplarından Ortaya Çıkan Kavram Ağları	121
33.	Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili Anlama Seviyeleri.....	123
34.	Alternatif Akım ile İlgili Uygulamalar Sonucunda Öğrenci Cevaplarından Ortaya Çıkan Kavram Ağları.....	131
35.	Öğrencilerin Doğru Akım Konusundaki Akademik Başarıları ve Akademik Başarılarının Değişimi.....	133
36.	Uygulamalarda Elde Edilen Akademik Başarı Puanları Arasındaki Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) Sonuçları	134
37.	Uygulamalar Arasındaki Anlamlı Farklara Yönelik Bulgular	134
38.	Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon Konusundaki Akademik Başarıları ve Akademik Başarılarının Değişimi	135
39.	Uygulamalarda Elde Edilen Akademik Başarı Puanları Arasındaki Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) Sonuçları	136
40.	Uygulamalar Arasındaki Anlamlı Farklara Yönelik Bulgular	136

41.	Öğrencilerin Alternatif Akım Konusundaki Akademik Başarıları ve Akademik Başarılarının Değişimi.....	137
42.	Uygulamalarda Elde Edilen Akademik Başarı Puanları Arasındaki Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) Sonuçları	138
43.	Uygulamalar Arasındaki Anlamlı Farklara Yönelik Bulgular	138
44.	Doğru Akım Konusu İçin Zihinsel Model Matrisleri.....	141
45.	Elektromanyetik İndüksiyon Konusu İçin Zihinsel Model Matrisleri	142
46.	Alternatif Akım Konusu İçin Zihinsel Model Matrisleri	143
47.	Öğrencilerin Uygulama Süreci İçerisinde Doğru Akım ile İlgili Sahip Oldukları Zihinsel Modellerindeki Değişimler	144
48.	Öğrencilerin Öğrenme Stilleri Dikkate Alındığında Uygulama Süreci İçerisinde Doğru Akım ile İlgili Sahip Oldukları Zihinsel Modellerindeki Değişimler	149
49.	Öğrencilerin Uygulama Süreci İçerisinde Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Sahip Oldukları Zihinsel Modellerindeki Değişimler.....	151
50.	Öğrencilerin Öğrenme Stilleri Dikkate Alındığında Uygulama Süreci İçerisinde Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Sahip Oldukları Zihinsel Modellerindeki Değişimler.....	154
51.	Öğrencilerin Uygulama Süreci İçerisinde Alternatif Akım ile İlgili Sahip Oldukları Zihinsel Modellerindeki Değişimler.....	156
52.	Öğrencilerin Öğrenme Stilleri Dikkate Alındığında Uygulama Süreci İçerisinde Alternatif Akım ile İlgili Sahip Oldukları Zihinsel Modellerindeki Değişimler	159
53.	Doğru Akımın Tanımına Yönelik Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu	161
54.	Doğru Akımın Üretilmesine ve Doğru Akım ile İlgili Diğer Kavramlara Yönelik Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu	163
55.	Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu	165
56.	Elektromanyetik İndüksiyon Konusunda Yer Alan Kavramlara Yönelik Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu	167
57.	Alternatif Akımın Tanımına Yönelik Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu	169

58.	Alternatif Akımın Üretilmesine Yönelik Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu	171
59.	Alternatif Akımda Yer Alan Kavramlara Yönelik Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu	173
60.	Doğru Akım ve Alternatif Akımı Karşılaştırırken Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu	175
61.	Adidaktik Öğrenme Ortamı-1'e Katılan Öğrenme Stili Grupları ve Öğrenciler.....	178
62.	Adidaktik Öğrenme Ortamı-1'e Katılan Öğrenme Stili Gruplarına Ait Video Kayıtlarından Elde Edilen Bulgular	179
63.	Adidaktik Öğrenme Ortamı-2'ye Katılan Öğrenme Stili Grupları ve Öğrenciler.....	197
64.	Adidaktik Öğrenme Ortamı-2'ye Katılan Öğrenme Stili Gruplarına Ait Video Kayıtlarından Elde Edilen Bulgular	198
65.	Adidaktik Öğrenme Ortamı-3'e Katılan Öğrenme Stili Grupları ve Öğrenciler.....	201
66.	Adidaktik Öğrenme Ortamı-3'e Katılan Öğrenme Stili Gruplarına Ait Video Kayıtlarından Elde Edilen Bulgular	203
67.	Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan "Ne Biliyorum?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular	208
68.	Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan "Ne Öğrenmek İstiyorum?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular.....	210
69.	Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan "Ne Öğrendim?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular.....	211
70.	Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan "Ne Hatırlıyorum?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular.....	212
71.	Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan "Ne Biliyorum?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular.....	213
72.	Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan "Ne Öğrenmek İstiyorum?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular	214

73.	Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Öğrendim?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular.....	215
74.	Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Hatırlıyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular.....	217
75.	Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Biliyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular.....	218
76.	Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Öğrenmek İstiyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular.....	219
77.	Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Öğrendim?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular.....	220
78.	Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Hatırlıyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular.....	221
79.	Öğrencilerin Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarına ve Öğrenme Sürecine Yönelik Genel Değerlendirmeleri	222
80.	Öğrencilerin Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarını ve Öğrenme Sürecine Yönelik Değerlendirmeleri.....	223
81.	Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamları ve Öğrenme Süreci İçerisinde Kendilerine Yönelik Değerlendirmeleri	225

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sekil Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
1.	Araştırmanın literatür taraması bölümünün yapısı	12
2.	Araştırmanın kuramsal çerçevesini oluşturan teorik yapılar	13
3.	Adidaktik ortamda öğrenme süreci	14
4.	Gregorc öğrenme stili modeli	18
5.	İkili Dünya modeli (Vosniadou ve Brewer, 1992)	23
6.	Zihinsel model.....	24
7.	Tez çalışması için yapılan işlemlere dair akış seması	30
8.	Öğretim mühendisliğinin aşamaları ve bu aşamalarda yapılan işlemler	34
9.	Öğrencilerin ders sırasında tuttıkları notlardan örnekler	35
10.	Öğrenciye ait örnek bir öğrenme stili profili.....	39
11.	Öğrenme ortamında 'sorumluluk aktarma' aşamasının temsili	55
12.	Öğrenme ortamında 'eylem' aşamasının temsili.....	56
13.	Öğrenme ortamında 'ifade etme' aşamasının temsili.....	57
14.	Öğrenme ortamında 'onaylama' aşamasının temsili.....	58
15.	Öğrenme ortamında 'kurumsallaştırma' aşamasının temsili	59
16.	Uygulama süreci ve verilerin toplanması.....	65
17.	Adidaktik öğrenme ortamındaki öğrenci-ortam etkileşimleri.....	96
18.	Ö16 kodlu öğrencinin empedans, etkin gerilim ve etkin akım sorularına ait	127
19.	Ö10 kodlu öğrencinin empedans, etkin gerilim ve etkin akım sorularına ait	130
20.	Somar-1 grubunun eylem aşaması bulguları	180
21.	Somar-1 grubunun ifade etme aşaması bulguları.....	181
22.	Somar-1 grubunun onaylama aşaması bulguları	181

23.	Somar-2 grubunun eylem aşaması bulguları	182
24.	Somar-2 grubunun ifade etme aşaması bulguları	183
25.	Somar-2 grubunun onaylama aşaması bulguları	183
26.	Somar-3 grubunun eylem aşaması bulguları	184
27.	Somar-3 grubunun ifade etme aşaması bulguları	184
28.	Somar-4 grubunun eylem aşaması bulguları	185
29.	Somar-4 grubunun ifade etme aşaması bulguları	186
30.	Somar-4 grubunun onaylama aşaması bulguları	186
31.	Somras-1 grubunun eylem aşaması bulguları	187
32.	Somras-1 grubunun onaylama aşaması bulguları	188
33.	Soyras-1 grubunun eylem aşaması bulguları	189
34.	Soyras-1 grubunun onaylama aşaması bulguları	190
35.	Soyras-2 grubunun eylem aşaması bulguları	191
36.	Soyras-2 grubunun onaylama aşamasına ait bulguları	192
37.	Soyras-3 grubunun eylem aşamasına ait bulgular	193
38.	Soyras-3 grubunun ifade etme aşamasına ait bulgular	193
39.	Soyras-3 grubunun onaylama aşamasına ait bulgular	194
40.	Soyras-4 grubunun eylem aşamasına ait bulguları	194
41.	Soyras-4 grubuna ait onaylama aşaması bulguları	195
42.	Soyar-1 grubunun eylem aşamasına ait bulguları	196
43.	Somar öğrenme stili gruplarının çözümlerinden örnekler	199
44.	Somras öğrenme stili grubunun çözümünden örnek	199
45.	Soyras öğrenme stili gruplarının çözümlerinden örnekler	200
46.	Soyar öğrenme stili grubunun çözümünden örnek	201
47.	Somar öğrenme stilleri gruplarının çözümlerinden örnekler	204
48.	Somras grubunun çözümüne yönelik örnek	205
49.	Soyras öğrenme stillerine sahip gruplarının çözümlerinden örnekler	206

50.	Soyar grubundaki öğrencilerin çözümünden örnek.....	207
51.	Ö19'a göre doğru akımın dolaştığı bir devre çizimi.....	209
52.	Ö25'e göre elektromanyetik indüksiyon konusuna yönelik öğrendiği bilgilere yönelik çizimi	216



KISALTMALAR LİSTESİ

AÖÖ	: Adidaktik Öğrenme Ortamı
ZM	: Zihinsel model
ÖS	: Öğrenme stili
SOYAR	: Soyut ardışık öğrenme stili
SOYRAS	: Soyut random öğrenme stili
SOMAR	: Somut ardışık öğrenme stili
SOMRAS	: Somut random öğrenme stili
BT	: Başarı testi
BiÖH	: Bil-İste-Öğren-Hatırla formu
ÖSS	: Öğrenci Seçme Sınavı
Ö1	: 1. Öğrenci [Çalışma grubundaki öğrenci: Ö1, Ö2, Ö3 vb.]
A	: Araştırmacı
Ö	: Ön uygulama
S	: Son uygulama
G	: Geciktirilmiş uygulama

1. GİRİŞ

... Öğrenme, yerinde edinilmiş bilgiyi harekete geçirmek anlamına geldiği kadar anlamak, tanımak, keşfetmek, deneyim kazanmak anlamına da gelir. ... Aynı şekilde öğrenme, toplum tarafından daha önce edinilmiş bir bilginin kişisel olarak kazanımı ve bu bilgiye yeni bir boyut kazandırmak için bir kavramı zenginleştirmek anlamına geldiği kadar özgün bilgiyi özümlemek anlamına da gelir. ... (Giordan, 1998, s. 13).

Öğrenme, “çevresi ile etkileşimi sonucu bireyde oluşan davranışsal, bilişsel, duyuşsal ve nörofizyolojik değişiklikleri vurgulayan oldukça karmaşık bir kavram” olarak nitelendirilebilir (Şahin ve Ekici, 2012, s. 189). Öğrenci bir bilgiyi yalnızca kendisine bir anlam ifade ettiğinde ve kendi düşünce sisteminin eksikliklerini gidermeye yaradığında özümser. Dolayısıyla öğrenme, bir durumu değerlendirebilmek için bu bilgilerin yeterli olup olmadığını anlamaktan ibarettir (Giordan, 1998).

Öğrenme kuramları ‘öğrenme’ kavramını kendi paradigmaları altında tanımlamıştır. Davranışçı öğrenme kuramında, öğrenme kavramı için insan ve hayvanların gözlenebilir davranışları üzerinde durulmuştur. Aynı zamanda, öğrenme sürecinde zihinsel faktörlerin önemli bir fonksiyona sahip olmadıkları savunulmuştur (Erden ve Akman, 2002). Bu kuram öğrenmeyi uyarıcı ve tepki arasındaki bağ kurma işi şeklinde açıklamıştır (Fer, 2011). Bilişsel kuramlara göre öğrenme, zihinsel bir süreç olarak görülmekte ve öğrenme sürecinde bireyin etkin katılımı gereklidir. Bilişsel öğrenme kuramcıları, davranışçı öğrenme kuramcılarının aksine öğrenmeyi, gözlenemeyen bilişsel süreçler ile açıklamaya çalışmışlardır (Fer, 2011). Yapılandırmacı öğrenme kuramında ise, bireyin yöneticisi olduğu kendi öğrenme sürecinde ön bilgileri ile yeni bilgileri arasında ilişkiler kurarak öğrendiği görüşüne dayanmaktadır. (Özmen, 2011). Bu kuram öğrenme süreci içerisinde bireyin bilgiyi nasıl yapılandırıldığını, bu yapılandırma sırasında bilgiye ne tür işlemler uyguladığını ve yapılandırma sürecini etkileyen unsurların neler olduğunu açıklamaya çalışır (Fer ve Cırık, 2007). Bu kuram çerçevesinde öğrenmeye dair genel ilkeler şu şekilde sıralanabilir (Fox, 2001’den akt., Fer ve Cırık, 2007, s.34):

(1) Öğrenme aktif bir süreçtir. (2) Bilgi, öğrenci tarafından pasif olarak alınmaz, yapılandırılır. (3) Bilgi, keşfedilmez yaratılır. (4) Bilgi, kişisel ve duruma özgüdür. (5) Bilgi, sosyal bağlamda yapılandırılır. (6) Öğrenme, dünyayı anlamlandırma sürecidir. (7) Öğrenme, öğrencinin çözeceği anlamlı, açık uçlu, çözümünü güç problemler gerektirir.

Söz konusu olan bu ilkeler, yapılandırmacı öğrenme kuramında çerçevesinde bireyin önceki deneyimlerine bağlı olarak öğrenmenin bireye özel bir bilgi yapılandırma süreci olduğunu ifade etmektedir (Fer, 2011). Öğrenme sürecinde öğrenenler

çevrelerinden (öğretim koşullarından, ilişkili olduğu kişi/kurumlardan ve sosyal bağlantılardan) bilgi ile karşılaşır ve var olan bilgi birikimi ile birleştirirler (Schunk, 2012). Yapılandırmacı öğrenme kuramı anlayışına benzer olarak, probleme dayalı öğrenme yaklaşımında, hedefler doğrultusunda eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini etkin bir şekilde kullanabilmelerine imkan sağlayan 'gerçek dünya' problemlerinden yararlanarak öğrenenlerin önemli kavramlar ile ilgili bilgileri kazanmasına ortam oluşturulur (Çoban, 2012; Sezgin-Selçuk ve Şahin, 2008). Ortaya ürün çıkarılan proje tabanlı öğrenme yaklaşımı ise, öğrenci merkezli yaklaşımlar içinde öğrencilerin belirledikleri bir yaşam sorununu işbirliği içinde çözmeye çalıştıkları, okul dışı ortamları da öğrenme sürecine kattıkları bir yaklaşımdır (Çubukçu, 2012). Öğrenci merkezli öğrenme yaklaşımlarındaki gibi, didaktik durumlar teorisi de öğretmenlerin doğrudan öğrencilere bilgi aktarmasına karşıdır (Radford, 2008). Bu teoride süreç içinde elde edilen bilgi, öğrencinin bilgi/nesne ile etkileşmesi sonucunda oluşturulur (Brousseau, 2002). Ancak didaktik durumlar teorisinde, bilginin anlamı ve kaynağı/kanıtları tartışılmaz, çünkü onlar hedef bilginin birer parçasıdır (Radford, 2008). İleri sürülen bu öğrenme kuram ve yaklaşımları bize tek bir öğrenme şeklinin olmadığını işaret etmektedir. Öğrenme durumları üzerine odaklanan çalışmalar, öğrenme sürecini daha etkili hale getirmeye çalışırken birçok farklı öğrenme kuram ve yaklaşımlarına ait uygulamalarında öğrenenlerin öğrenme durumları üzerindeki etkisini araştırmaktadır.

Didaktik durumlar teorisinin kökenleri psikoloji veya pedagojiden çok epistemoloji ile ilişkilidir (Winsløw, 2006). Bunun anlamı, bu teorinin bir alandaki temel bilgilerin nasıl gelişim gösterdiğine odaklanmasıdır. Didaktik durumlar teorisi özellikle öğrenmenin bilişsel yönünü inceleyen bir teoridir (Petersen, 2010). Bununla birlikte, didaktik durumlar teorisi ile ilgili yapılan çalışmalar, öğretmenlerin bilgi ile ilgili müdahalelerini minimuma indirgeyerek öğrenme ortamlarında öğrencilerin hedeflenen bilgiyi ortaya çıkarabileceklerini ve öğrenebileceklerini göstermiştir (Erdoğan, Özdemir Erdoğan, Garan ve Güler, 2012). Bu teori çerçevesinde yapılan az sayıdaki çalışma ise adidaktik ortamda öğrencilerin daha aktif hale geldiklerini ve yaşayarak öğrendiklerini ortaya koymaktadır (örn, Erümit, Arslan ve Fiş-Erümit, 2012). Ayrıca, öğrencilerin bu tür durumlar içeren öğrenme ortamlarına yönelik hazırlanan öğretim planlarının uygulamasının ardından derse karşı olumlu tutum geliştirdikleri ve öğrendikleri bilgilerin kalıcılığının arttığı belirtilmektedir (Altundağ, 2010). Nitekim, Altundağ (2010) adidaktik bir öğrenme ortamını yürüttüğü çalışmasında sonuç olarak, öğrencilerin bu ortamlardaki öğrenme sürecinde kendilerini bilgiye ulaştırırken bilim adamı gibi hissettikleri için özgüvenlerinin arttığını, bu sebeple derse karşı motivasyonlarının olumlu yönde etkilendiğini, bilgiye kendileri ulaştıkları için konuyu daha iyi anladıklarını, öğrendikleri bilgilerin kalıcılığının arttığını,

yanlış/hata yapma korkusunun azaldığını ve bu ortamın fikir söyleme özgürlüğüne imkan tanıdığını dile getirmişlerdir. Bununla birlikte bu çalışma, bu öğrenme ortamındaki öğrencilerin daha başarılı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Adidaktik öğrenme ortamlarında yapılacak öğretim uygulamaları, öğrencilerin kavramları somutlaştırmalarına, verilen bir problem durumuna farklı açılardan yaklaşabilme becerilerini arttırmalarına ve ezberleyerek değil yaparak-yaşayarak bilgiyi öğrenmelerine katkı sağlayacaktır (Erümit vd., 2012). Dolayısıyla bu teoriye ait uygulamaların geliştirilmesinin özellikle fizik dersi gibi öğrenciler tarafından sevilmeyen ve zor olarak nitelenen derslerde öğrencilere olumlu tutum kazandırılması ve bilginin kalıcılığının arttırılmasını sağlayabileceği düşünülmektedir.

Didaktik durumlar teorisi çerçevesinde birey ile öğrenilecek durum/nesne arasında ilişkiler kurularak bilgi alış-verişi ile hedeflenen öğrenmenin gerçekleşmesi sağlanmaktadır (Erdoğan, 2016). Benzer şekilde, öğrenme stillerinin savunduğu temel argümanlardan biri de öğrenme stillerinin öğrencilerin nasıl öğrendiği ve öğrenilecek nesne/durum ile nasıl ilişki kurulması gerektiği hususlarında etkili olduğudur (Gregorc ve Butler, 1984; Watson ve Thompson, 2001). Bu bağlamda, didaktik durumlar teorisinde yer alan, bilginin bireysel olarak yapılandırılması ile kendi öğrenme stiline göre bireyin bilgiyi yapılandırması, öğrenme ortamı ve öğrenme süreci içerisinde birbirini destekleyecek unsurlardır. Diğer bir ifadeyle, bireyin bilgiyi yapılandırırken sahip olduğu öğrenme stilinin özellikleri çerçevesinde öğrenilecek durum/nesne ile ilişki kurması beklenmektedir. Didaktik durumlar teorisi ve öğrenme stilleri yaklaşımlarının bir arada kullanılmasıyla bireye özgü öğrenme ortamının oluşumunun sağlanacağı düşünülmektedir. Bireye özgü öğrenme ortamlarının hazırlanmasının da bireyin bilgiyi zihninde daha sağlam yapılandırmasına ve kalıcı bilgiler edinmesine katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

Adidaktik öğrenme ortamlarında öğrenme sürecinin ve sahip olunan öğrenme stillerinin bilginin bireye özgü olarak yapılandırılmasını sağlayacağını ifade ederken, zihinsel modellerin bu süreçteki rolünü göz ardı etmemek gerekir. Dünya'nın içsel gösterimleri olarak zihinsel modeller; çevreyle, diğer insanlarla ve teknolojik olgularla etkileşimi sonucunda şekillenir (Norman, 1983). Ayrıca, öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modeller bir fizik olgusunu/olayını kavramaları için öğrencilerin yordama ve açıklama gücünü gösteren önemli bir unsurdur (Jelicic, Planinic ve Planinsic, 2017). Eğitsel açıdan zihinsel modeller, eğitim sürecinde olaylar, durumlar ve sistemler hakkında nasıl ve niçin soruları için bireylerin kavrama derecesini göstermek açısından kullanışlı bir bilgi olarak yorumlanabilir (Vosniadou ve Brewer, 1992). Bu sebeple, bireyin öğrenme stilini de işe koştugu bireye özgü tasarlanan öğrenme ortamlarında, bireyin bilgiye dair zihinsel modelini nasıl yapılandığına veya zihinsel modelini yapılandırırken nasıl bir

süreç yaşadığının ortaya çıkarılması, öğrenme durumları ve ortamları tasarlanırken araştırmacılara faydalı olacağı düşünülmektedir. Ancak, zihinsel modeller ile ilgili çalışmalar incelendiğinde ise bu çalışmaların genellikle zihinsel modelleri tespit etmeye yönelik olduğu (örn. Vosniadou ve Brewer, 1992, 1994; İyibil ve Sağlam-Arslan 2010) ve zihinsel modellerin gelişimini konu alan çalışmaların oldukça az olduğu (Kurnaz, 2011; Park, 2006; Taylor, Barker ve Jones, 2003) görülmektedir.

Didaktik durumlar teorisi, öğrenme stilleri ve zihinsel modeller olmak üzere bu üç yaklaşım birlikte ele alındığında, bu yaklaşımlar içerisinde bireye özgü öğrenme sürecinin vurgulandığı görülmekte ve üç yaklaşımın bir arada kullanılması ile bireye özgü bilgiyi yapılandırma sürecine ışık tutulacağı düşünülmektedir.

1. 1. Araştırmanın Amacı

Yapılan tez çalışmasında, didaktik durumlar teorisi çerçevesinde tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının öğrencilerin konuya dair öğrenme durumları üzerindeki etkisinin ortaya çıkarılması hedeflenmektedir. Bu bağlamda yapılan tez çalışmasının amacı, elektrik akımı konularında öğrenme stillerine göre didaktik durumlar teorisi çerçevesinde tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının Genel Fizik II ve Genel Fizik Laboratuvarı II derslerini alan fen bilgisi eğitimi anabilim dalı 1. sınıf öğrencilerinin zihinsel modellerinin gelişimine ve değişimine etkisinin incelenmesidir. “Elektrik akımı konularında öğrenme stillerine göre tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının Genel Fizik II ve Genel Fizik Laboratuvarı II derslerini alan Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı lisans öğrencilerinin (1.sınıf) zihinsel modellerinin gelişimini ve değişimini nasıl etkilemektedir?” sorusu bu araştırmanın problem durumunu oluşturmaktadır.

Alt araştırma problemleri;

1. Öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamları lisans öğrencilerinin elektrik akımı konularındaki anlama seviyelerini ve bu seviyelerdeki değişimini nasıl etkilemektedir?
2. Öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamları lisans öğrencilerinin elektrik akımı konularındaki akademik başarılarını ve akademik başarılarının sürekliliğini nasıl etkilemektedir?
3. Öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamları lisans öğrencilerinin elektrik akımı konularındaki zihinsel modellerinin gelişimini ve değişimini nasıl etkilemektedir?
4. Öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamları lisans öğrencilerinin elektrik akımı konularındaki sahip oldukları alternatif kavramların giderilmesini ve yeni alternatif kavram oluşumunu nasıl etkilemektedir?

5. Tasarılan adidaktik öğrenme ortamlarının uygulanma sürecinin genel nitelikleri ile öğrencilerin süreç ve ortam hakkındaki görüşleri nelerdir?

1. 2. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi

Fizik dersinin anlaşılması zor / karmaşık konu ve kavramlardan oluştuğu düşüncesi farklı öğretim kademelerindeki birçok öğrencinin (Aycan ve Yumuşak, 2003; Angell, Guttersrud, Henriksen ve Isnes, 2004; Galili, Kaplan ve Lehavi, 2006; Hammer, 1994; Mulhall ve Gunstone, 2008; Ornek, Robinson ve Haugan, 2008; Şahin ve Yağbasan, 2012; Trumper, 2006; Yeşilyurt, 2006) ifade ettiği bir durumdur. Bu durumun ortaya çıkma sebepleri arasında, derse yönelik tutum (Aycan ve Yumuşak, 2003; Kaya ve Boyuk, 2011; White ve Tyler, 2015; Yiğit, Kurnaz ve Şahinoğlu, 2015), fizik dersine karşı ön yargılı olma (Doğan, Oruncak ve Günbayı, 2002, 2003; Şahin ve Yağbasan, 2012; Woolnough, 1994), fizik kavramlarını anlamlandırmadaki bireysel farklılıklar (Ayvacı ve Bebek, 2018; Redish, 1994), fizik ders kitaplarında daha çok problem çözmek için formüllerin sunulması (Redish, Saul ve Steinberg, 1998), fizik derslerinin matematiksel formüllere ve problem çözmeye odaklı olması (Chu, Treagust ve Chandrasegaran, 2008), öğrencilerin matematiksel bilgi yetersizliği (Angell, Guttersrud, Henriksen ve Isnes, 2004; Ayvacı ve Bebek, 2018; Karakuyu, 2008; Oon ve Subramaniam, 2011), gerçek dünya olayları ve günlük yaşam ile yeterince ilişki kurulamaması (Aycan ve Yumuşak, 2003; Ayvacı ve Bebek, 2018; Hammer, 1994; Ornek, Robinson ve Haugan, 2008; Redish, Saul ve Steinberg, 1998; Şahin ve Yağbasan, 2012; Whiteleggy ve Parry, 1999), kavramların soyut yapısı (Aycan ve Yumuşak, 2003; Ayvacı ve Bebek, 2018; Hammer, 1994; Ornek, Robinson ve Haugan, 2008; Şahin ve Yağbasan, 2012; Whiteleggy ve Parry, 1999), fizik konularının öğrencinin ilgisini çekmemesi (Ornek, Robinson ve Haugan, 2008; Süzük, Çorlu ve Gürel, 2011; Şahin ve Yağbasan, 2012) gibi pek çok etken bulunmaktadır. Öğrencilerin zor ve anlaşılması güç olarak algıladıkları fizik dersine yönelik ön yargı ve tutumlarını değiştirmek ve öğrencilere fizik konu ve kavramlarını sevdirek öğretmek için öğrenme ortamlarının hazırlanmasında ve yürütülmesinde fen bilgisi ve fizik öğretmenlerine önemli sorumluluklar düşmektedir. Konunun öğretimi sırasında öğrenme ortamlarının hazırlanması ve yürütülmesi aşamalarında ise öğretmenlerin yeterli alan ve pedagojik alan bilgilerine sahip olması gereklidir (Ball, Thames ve Phelps, 2008; Beşoluk ve Horzum, 2011; Kahan, Cooper ve Bethea, 2003; Kallery ve Psillos, 2001; Karal-Eyüpoğlu, 2011; Koehler ve Mishra, 2009; Wenner, 1993). Ancak, yapılan bazı çalışmalarda öğretmenlerin hem sahip oldukları alan bilgilerinde hem de konulara yönelik kanunların uygulanması sırasında alan bilgilerinin kullanımında bir takım yetersizliklere sahip oldukları belirlenmiştir (Aycan ve Yumuşak, 2003; Ayvacı ve Bebek, 2018; Ball,

Thames ve Phelps, 2008; Kahan, Cooper ve Bethea, 2003; Karakuyu, 2008; Sadi ve Yıldız, 2012; Yip, Chung ve Mak, 1998; Yürümezoğlu, 2005; Karal-Eyüpoğlu, 2011). Bununla birlikte, literatürde yer alan pek çok çalışmada öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının elektrik akımı konuları hakkında farklı alternatif kavramlara sahip olmaları ile anlamakta zorluk yaşadıkları konu ve kavramların var olduğu ifade edilmiştir (Alev ve Karal, 2013; Dega, Kriek ve Mogese, 2013; Karal-Eyüboğlu, 2011; Karal, Alev ve Yiğit, 2009; Mulhall, McKittrick ve Gunstone, 2001; Yip vd, 1998). Özellikle öğretmen adayları ile yürütülen çalışmalar, adayların lisans eğitimleri sonunda sınırlı miktarda alan bilgisi ile mezun olduğunu (Karal, 2003) ve öğretecekleri konu ile ilgili öğrencilerin sahip olabileceği alternatif kavramlara kendilerinin de sahip olduklarını (Küçüközer ve Demirci, 2008) ortaya koymaktadır. Bu noktada, öğretmen adaylarının kendilerinin anlamakta sıkıntı yaşadıkları konu ve kavramları, öğrencilerine öğretmeleri beklenmektedir (Karal-Eyüboğlu, 2011). Bu bağlamda, öğrencilerin üniversite yıllarında gördükleri eğitimin düzenlenerek anlamlı öğrenmelerin gerçekleştirilebileceği öğrenme ortamlarının hazırlanmasının önemi ortaya çıkmaktadır.

Soyut bir doğası olan elektrik konusu içerisinde yer alan elektrik akımı konularının öğretilmesine ve öğrenimine yönelik literatürde özellikle doğru akım ile ilgili pek çok çalışma yürütülmüştür (Aykutlu ve Şen, 2011; Ateş ve Polat, 2005; Baser, 2006; Başer ve Durmuş, 2010; Chambers ve Andre, 1997; Demirezen ve Yağbasan, 2013; Engelhardt ve Beichner, 2004; İlyasoğlu ve Aydın, 2014; Jabot, 2002; Küçüközer, 2004; Kock, Taconis, Bolhuis ve Gravemeijer, 2015; Miraj, 2015; Taşlıdere, 2014; Thacker, Ganiel ve Boys, 1999; Ugur, Dilber, Senpolat ve Duzgun, 2012; Ulukök, Çelik ve Sarı, 2013; Yiğit ve Akdeniz, 2003). Alternatif akıma yönelik olarak yürütülen çok fazla çalışma bulunmamaktadır: Biswas ve diğerleri (1998) öğrencilerin alternatif akım ile ilgili kavramları anlamalarını; Biswas ve diğerleri (2001) öğrencilerin alternatif akım devreleri ile ilgili soru çözümlerinde kullandıkları problem çözme yeteneklerini; Holton, Verma ve Biswas (2008) öğrencilerin doğru akım ve alternatif akım devrelerini anlamakta yaşadıkları güçlükleri araştırmışlardır. Elektromanyetik indüksiyon ile ilgili olarak ise Dega, Kriek ve Mogese (2013) çalışmasında fizik öğretmen adaylarının elektromanyetik indüksiyon kavramına yönelik kavramsal değişimlerini; Allen (2001), Galili, Kaplan ve Lehavi (2006), Guisasola, Almudi ve Zuza (2013), Jelcic ve diğerleri (2017), Öden-Acar (2010) ile Thong ve Gunstone (2008) öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon kavramına yönelik anlamalarını; Lee (2009) ile Tural ve Tarakci (2017) kavramın simülasyonlarla öğretim durumunu; Trumper ve Gelbman (2000) bilgisayar destekli laboratuvarla öğretim durumunu; Almudi ve Ceberio (2015) öğrencilerin kavrama yönelik geliştirdikleri argümanların niteliklerini ve Yayla (2010) konuya dair bağlam temelli materyalin

geliştirilmesini ve etkililiğinin tespit edilmesini inceledikleri görülmektedir. Bu çalışmaların önemli bir kısmı yalnızca katılımcılarının kavramsal anlama düzeylerini veya sahip oldukları alternatif kavramları ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Elektrik akımı konularının birlikte ele alınarak, katılımcılarının konulara yönelik kavramsal anlamalarını ortaya çıkaracak ve sahip oldukları kavramsal anlamalarını geliştirecek bir öğrenme kuramına veya yaklaşımına dayalı öğrenme ortamı tasarımlarına yönelik literatürde az sayıda çalışmaya rastlanmıştır (Pitterson, 2015; Sert-Çıbık, 2011). Elektrik akımı konuları ile ilgili yapılan çalışmalar, proje tabanlı öğrenme (Sert-Çıbık, 2011), yapılandırmacı öğrenme (Ersoy, 2011; Yılmaz ve Huyugüzel-Çavaş, 2006), çoklu zeka kuramı (Oral, 2006), araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme (Yetişir, 2016), aktif öğrenme (Dori ve Belcher, 2005) gibi farklı öğrenme kuram ve yaklaşımları ile sınırlıdır. Bu noktada, elektrik akımı konularının öğretim durumunun didaktik durumlar teorisi gibi farklı öğrenme teorilerinden yararlanılarak araştırılması ile ilgili literatüre önemli katkılar sağlanacağı düşünülmektedir.

Didaktik durumlar teorisi, ilk kez matematik eğitimi alanında kullanılan bir teori olarak ileri sürülmüştür (Brousseau, 2002). Literatür incelendiğinde bu teoriye dayalı gerçekleştirilen ve bununla birlikte, adidaktik öğrenme ortamlarına yönelik yürütülen çalışma sayısı fazla değildir: Bu teori ile ilgili ulusal düzeyde (Arslan, Baran ve Okumuş, 2011; Arslan, Öztürk, Kirman-Bilgin ve Taşkın, 2013; Arslan, Taşkın ve Kirman-Bilgin, 2015; Çelik, Güler, Bülbül ve Özmen, 2015; Dikkartin-Övez ve Akar, 2018; Erdoğan vd., 2012; Erdoğan ve Özdemir-Erdoğan, 2013; Erdoğan, Gök ve Bozkır, 2014; Erümit vd., 2012; Gök ve Erdoğan, 2017; Turk ve Arslan, 2012; Yavuz ve Kepçeoğlu, 2016) ve uluslararası düzeyde (Bloch, 2003; González-Martín, Bloch, Durand-Guerrier ve Maschietto, 2014; Hadjerrouit, 2011; Hersant ve Perrin-Glorian, 2005; Kent, 2010; Kinslenko, 2005; Lalaude-Labayle, Gibel, Bloch ve Levi, 2018; Masøval, 2011; Miyakawa ve Winsløw, 2009; Sadovsky ve Sessa, 2005; Samaniego ve Barrera, 1999; Vankus, 2005) çalışmalar yürütülmüştür. Bahsedilen bu çalışmaların matematik eğitimi alanında yürütüldüğü görülmüş olup; bu teori ile ilgili fen eğitimi (Petersen, 2010), biyoloji eğitimi (Achiam, Sølberg ve Evans, 2013; Evans ve Winsløw, 2007) ve özellikle fizik eğitimi (Tiberghien, Vince ve Gaidioz, 2009) alanında yapılan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.

Ayrıca, didaktik durumlar teorisine yönelik uygulamaların fizik eğitimi kapsamında gerçekleştirilen eğitim öğretim uygulamalarına ve çalışmalarına yeterince yansıtılmaması, öğrenme stillerine yönelik hazırlanan öğrenme ortamlarının sayıca az olması, bireylerin sahip oldukları zihinsel modellerin gelişimine ve değişimine odaklanılmaması ile öğrenciler için oldukça soyut ve zor konular olan elektromanyetik indüksiyon, alternatif akım gibi elektrik akımı konuları hakkında yürütülen çalışmaların sınırlı olması sebebiyle, yapılan tez çalışmasının araştırma problemi; "Fen bilgisi eğitimi

anabilim dalı 1. sınıf öğrencilerinin öğrenme stillerine göre tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarında elektrik akımı konularında sahip oldukları zihinsel modellerin gelişimi ve değişimi nasıldır?” şeklinde ifade edilebilir.

1. 3. Araştırmanın Sınırlılıkları

1. Çalışma kapsamında yapılan laboratuvar faaliyetleri, fakülteye ait fen ve fizik laboratuvarlarının mevcut olanaklarıyla sınırlıdır. Örneğin, laboratuvarında osiloskop cihazı bulunmamaktadır, bu cihazın kullanıldığı deney video destekli yürütülmüştür.
2. Veri toplama araçlarının bir kısmı, veri toplama süreci içerisinde öğrencilere üç kez başarı testi olarak uygulanmış ve iki kez de klinik mülakatların yürütülmesi sırasında kullanılmıştır. Bu sebeple, bazı soruların öğrenciler tarafından hatırlanma olasılığı bulunmaktadır.
3. Tez çalışmasında, öğrenme stillerinin de yer aldığı birden fazla teorik dayanak dikkate alınarak öğrenme ortamları oluşturulmuştur. Bu sebeple konu akışı içerisinde yer alan bazı konu başlıklara (örneğin, özindüksiyon konusu) kurumsallaştırma aşamasındaki dokümanlarda yer verilirken çalışmaya ait veri toplama araçlarında soru olarak yer verilememiştir.
4. Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı lisans programının birinci sınıf bahar yarıyılında okutulan Genel Fizik –II dersinin içeriğindeki “Akım ve Direnç”, “Doğru Akım Devreleri”, “Faraday Kanunu”, “Özindüksiyon” ve “Alternatif Akım Devreleri” ünitelerinde (Serway, 1996) yer alan konular tez çalışması kapsamında “elektrik akımı konuları” başlığı altında toplanmıştır.

1. 4. Araştırmanın Varsayımları

1. Çalışmaya katılan öğrencilerin sahip oldukları öğrenme stillerinin çalışmanın yürütülmesi süreci içerisinde değişmediği kabul edilmiştir.
2. Adidaktik öğrenme ortamlarının yürütülmesi sürecinde, öğrencilerin devamsızlık yapması veya çalışma grubundan çıkarılması gibi durumlar sebebiyle her bir öğrenme ortamına katılan gruptaki öğrenci sayısı değişkendir. Bu değişkenliğin adidaktik öğrenme ortamındaki öğrenme sürecine ait verilerin sunumunu etkilemediği kabul edilmiştir.

1. 5. Tanımlar

- Didaktik durumlar teorisi¹: Guy Brousseau tarafından ortaya atılan didaktik teorilerinden biridir. Bu teori sınıfı ya da öğretimin yapılacağı ortamı, birkaç kavramın karakterize edildiği bir sistem olarak ele alır (Tiberghien, Vince ve Gaidioz, 2009). Yapılandırmacı öğrenme kuramını temel alan bu teori, konunun öğretiminin yürütüleceği öğrenme ortamlarının öğrencilere kendi bilgilerini yapılandırma imkanı verebilecek şekilde tasarlanması gerekliliği üzerinde durur (Erdoğan ve Özdemir-Erdoğan, 2013). Bu noktada, öğrenme ortamı (situation) kavramının teorisinin temel bileşenini oluşturduğu görülmektedir. Bununla birlikte, bu teorisinin içerisinde yer alan diğer kavramlar da aşağıda kısaca tanımlanmaktadır (Brousseau, 2002):

- Milieu: Öğrenme sürecindeki öğrenciye etki eden ve öğrencinin etki ettiği her şey olarak tanımlanabilir. Bireyin bilişsel ve sosyokültürel yapısı, sahip olduğu bilgiler, önceki deneyimleri ve geçmiş yaşantısı ile öğrenme ortamındaki materyaller, malzemeler ve veriler, sınıf arkadaş(lar)ı, bilgisayar gibi öğrencinin öğrenme sürecinde etkileşimde bulunduğu her şey Milieu'nün parçasıdır. Didaktik durumlar teorisi çerçevesinde Milieu öğretmen tarafından öğrencinin kendisine verilen problem durumuna ait bilgi üretebileceği şekilde tasarlanır (Mocci, Polo, Sechi ve Penna, 2012).

Bakırcıoğlu (2012) çalışmasında Fransızca olan Milieu kavramını ortam (milieu); “nesnel veya toplumsal yönlerle kimi zaman kişinin iç dünyasını da kapsayan yakın çevre” şeklinde Türkçe'ye çevirmiştir. Bu çalışmada da Milieu kavramı, 'Ortam' şeklinde Türkçe'ye çevrilerek kullanılmıştır.

- Birey: 'Ortam' ile ortamın kuralları çerçevesinde etkileşimde bulunan bireydir. Burada öğretmen veya öğrenci olabilecek olan bireyin etkisi bildikleriyle sınırlı kalacaktır.
- Etki-Dönüt: Birey, 'ortam'a bir etki gönderir. Buna karşılık olarak 'ortam'da bireye dönüt olarak bir tepki gösterir. Bu tepki birey tarafınca bir uyarı olarak algılandığında, birey cevabını kontrol ederek düzeltme yoluna gider. Bu tepki birey tarafından ödül olarak algılandığında ise birey cevabını onaylatmış olur. Problem çözme durumu bu ilişkiye örnek olarak verilebilir.
- Öğrenme ortamı (Situation): Öğretmen tarafından hedeflenen belirli öğrenmelerin gerçekleşmesi için amaçlı bir şekilde tasarlanmış ve

¹ Didaktik durumlar teorisi ve bu teoriye ait kavramlar Türkçeleştirilirken, literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Literatürde bu teoriye ait farklı çevirilerin bulunması sebebiyle, tercümeden kaynaklanabilecek problemleri en aza indirebilmek için kuram ve kavramların Fransızca ve İngilizce karşılıkları da araştırma içerisinde ilgili yerlerde okuyucuya sunulmuştur.

düzenlenmiş öğrenme bağlamıdır (Sensevy, Schubauer-Leoni, Mercier, Ligozat ve Perrot, 2005). Bu teoriye göre farklı öğrenme ortamları mevcuttur (Arslan vd., 2011; Brousseau, 2002; Erdoğan, 2016; Warfield, 2006):

1. Didaktik öğrenme ortamları (didactical situation): Öğretmenin, öğrencilerinin bilgiyi ortaya çıkarmaları, değiştirmeleri veya öğrencilerin yeni bilgiler elde etmeleri amacıyla, hedeflerini de belli ederek hazırladığı ve yürüttüğü öğrenme ortamlarıdır. Bu duruma örnek olarak, bugünkü konumuz 'üçgende açılar' şeklinde başlayan bir ders (Erdoğan ve Özdemir-Erdoğan, 2013), öğretmenin sunuş yoluyla anlattığı bir dersin veya öğrencilere bir konunun daha kapsamlı araştırılması için verdiği bir proje ödevinin öğrenciler için didaktik bir ortam oluşturduğu söylenebilir (Erdoğan, 2016).
 2. Didaktik olmayan öğrenme ortamları (non-didactical situation): Bir öğretim amacı içermeyen ve bu amaçla düzenlenmemiş öğrenme ortamlarıdır. Bir çocuğun eve gelen ürün kataloglarından rakamları öğrenmesi didaktik olmayan durum için bir örnek teşkil etmektedir (Erdoğan, 2016). Bu durumda, ne kataloglar rakamları öğretmek için hazırlanmıştır ne de çocuğun ebeveynleri tarafından bu amaçla kullanılmıştır.
 3. Adidaktik öğrenme ortamları (a-didactical situation): Öğretmen öğrencinin hedeflerden haberdar olmadığı bir öğrenme ortamı düzenlenmiştir. Belirlenen didaktik amaç belirli bir süre öğrenci ile paylaşılmayarak, bu amaca dolaylı yöntemlerle ulaşılmaya çalışılmaktadır. Öğretmenin öğrenme ortamına müdahalesi minimum düzeydedir. Bu öğrenme ortamında birey 'ortam' ile etkileşim neticesinde öğrenmeyi gerçekleştirir. Çocukların geometrik şekilleri öğrenmesi için tasarlanan bazı oyuncaklar bu duruma örnek olarak verilebilir (Erdoğan, 2016).
- Zihinsel model: Bu kavramı ilk ileri sürenlerden biri olan Johnson-Laird (1983)'e göre zihinsel modeller algıladığımız ve kavradığımız dünyanın yapısal analogileridir. Bu modeller, kavramsal modeller ile gerçek olgu veya süreç arasında bireylerin zihninde yapılandırılan ve ilgili gerçeği anlamak için açıklayıcı niteliklere sahip olan bir ara aşamadır (Nersessian, 1992) Diğer bir ifadeyle bu modeller, objelerden oluşan sisteme yönelik bireylerin zihninde oluşan içsel/bilişsel sunumlardır (Harrison ve Treagust, 1996).
 - Öğrenme stili: Bu kavramın farklı tanımlamaları bulunmakla birlikte, Gregorc (1979)'a göre öğrenme stili, bireyin dışa vurduğu davranışlarının, bireyin karakterinin, zeka niteliklerinin ve yaşam felsefesinin sistematik yapısını içeren

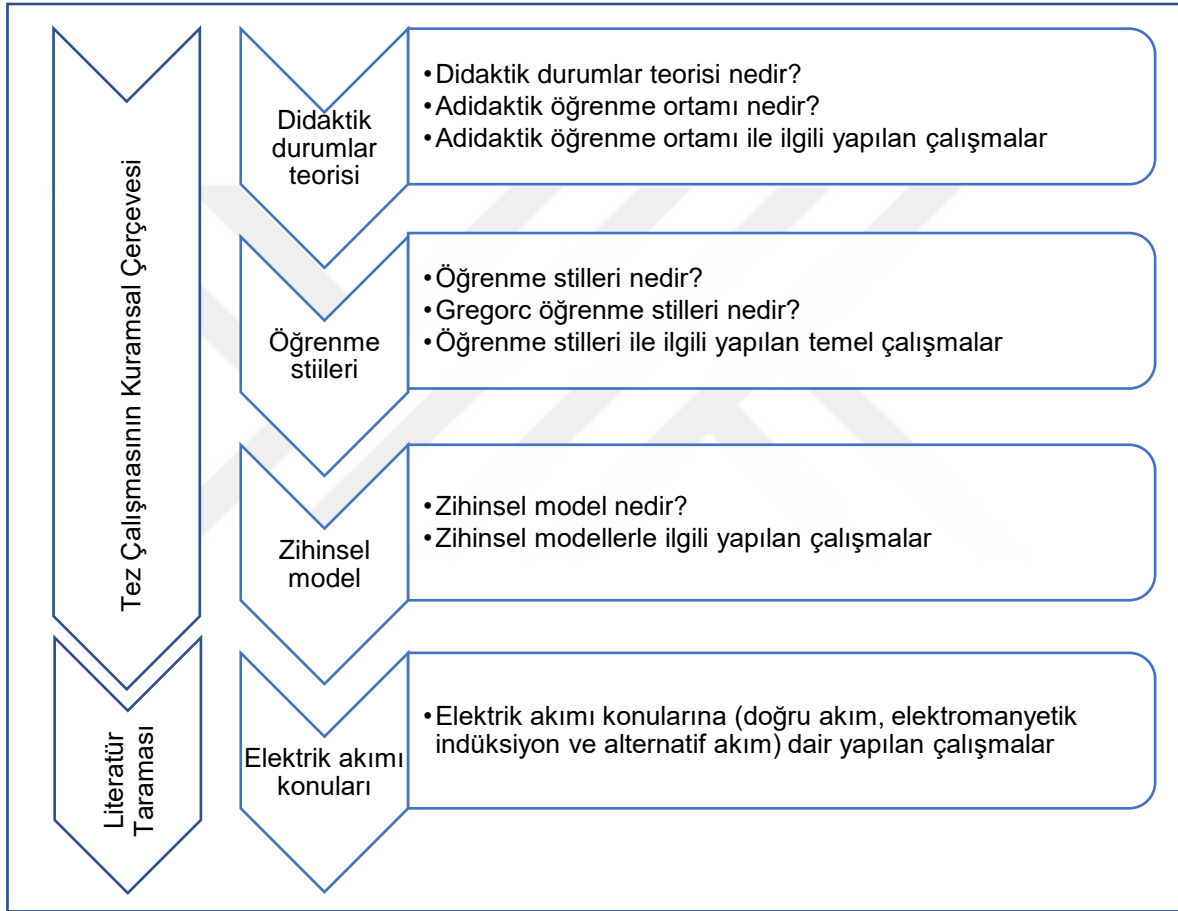
kompleks bir kavramdır. Öğrenme stili her bireyde farklılık gösteren, bireyin bilgiye odaklanma, bilgiyi alma ve zihne yerleştirme sürecinde farklı ve kendine özgü yollar kullanması şeklinde tanımlanabilir (Dunn ve Dunn, 1993). Bir başka ifadeyle, öğrenme stili, öğrencilerin öğrenme sürecindeki ve koşullarındaki tercihleri olarak ifade edilebilir (Balım ve Mutlu, 2005). Bu tez çalışmasında öğrenme stili kavramı bu çerçevede değerlendirilmiştir.

- Akademik başarı: Bu çalışmada akademik başarı kavramı, öğrencinin çalışma konusu ile ilgili belirlenen sonuçlara ulaşmakta göstermiş olduğu gelişim olarak tanımlanmıştır.



2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde tez çalışmasının kuramsal çerçevesi tanıtılmış, konu ile ilgili literatür taraması ve yapılan taramadan araştırmacının ulaştığı sonuçlar sunulmuştur. Bu bölümün yapısı Şekil 1'deki gibi özetlenebilir.



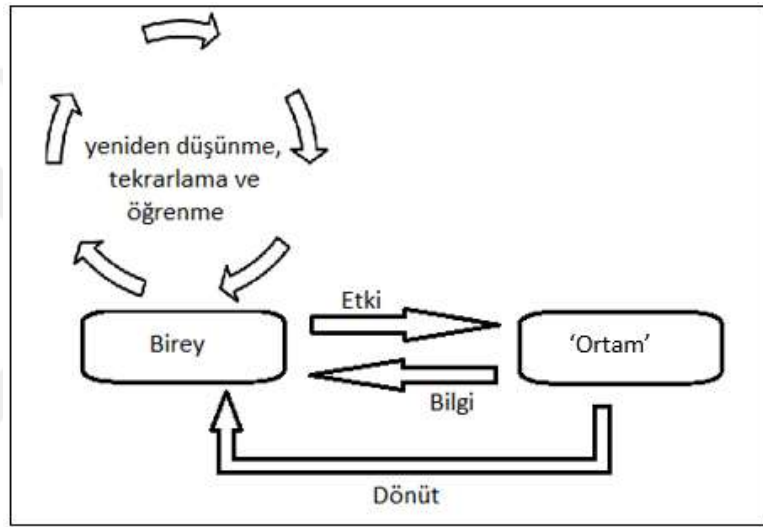
Şekil 1. Tez çalışmasının literatür taraması bölümünün yapısı

2. 1. Araştırmanın Kuramsal Çerçevesi

Yapılan tez araştırmasının kuramsal çerçevesi didaktik durumlar teorisi, zihinsel model yaklaşımı ve öğrenme stili yaklaşımı olmak üzere üç yapı birbiri ile ilişkilendirilerek oluşturulmuştur. Kuramsal çerçevenin oluşturulduğu bu yapılar hakkındaki bilgi, bu yapılardan tez araştırması çerçevesinde nasıl yararlandırıldığı hakkındaki açıklama ve bu yapılara dair yapılan çalışmalar hakkındaki literatür özeti bu başlık altında açıklanmaktadır.

uygulamalarını anlamayı, yorumlamayı ve uygulamalardaki eksik noktaları tespit ederek iyileştirmeyi amaçlar (Arslan, 2008'ten akt. Altundağ, 2010, s. 3).

Didaktik durumlar teorisi çerçevesinde üç tür öğrenme ortamı tanımlanmaktadır (Arslan vd., 2011; Brousseau, 2002; Erdoğan, 2016). Bu öğrenme ortamlarından biri olan adidaktik öğrenme ortamında birey 'ortam' ile etkileşim kurarak öğrenir. Öğrenme süreci içerisinde birey 'ortam'a bir etki gönderir ve bu etkiye karşılık olarak 'ortam' da bireye bir dönüt gönderir. Birey 'ortam'a gönderdiği tüm etkiler için 'ortam'dan onay aldığı anda öğrenmeyi gerçekleştirmiş olur. Adidaktik öğrenme ortamında öğrenme süreci Şekil 3'teki gibi özetlenebilir (Arslan vd., 2011; Brousseau, 2002).



Şekil 3. Adidaktik öğrenme ortamında öğrenme süreci

Brousseau (2002)'ye göre hazırlanacak bir adidaktik öğrenme ortamı beş evreden oluşur. Bu evrelerin sırasında değişiklik olabilir, öğrenme ortamının, bilginin ve bireyin nitelikleri açısından bazı evreler sönük geçebilir ya da bazı evreler arasında gelgitler oluşabilir (Arslan vd., 2011). Bu evreler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (Arslan vd., 2011; Brousseau 2002; Erdoğan, 2016; Warfield, 2006):

- Sorumluluk Aktarma: Öğretmen, öğrenme ortam için hazırlıklarını yapar. Bu aşamada öğretmen öğrenciye konuya dair bildiklerini hatırlatır, öğrencinin sorumluluklarını açıklar ve aradan çekilerek öğrenciyi öğrenme ortamında bilgiyi yapılandırması için bırakır. Öğrencinin bilgiyi yapılandırabilmesi için görevini anlamış ve sahiplenmiş olması gereklidir.
- Eylem: Öğrenci öğrenme ortamında kendisine sunulan problem durumu ile karşı karşıyadır. Öğrenci 'ortam' ile etkileşim halindedir ve 'ortam'a birtakım etkiler yaparak 'ortam'dan dönütler alır. Bu süreçte öğrenci aldığı dönütleri

değerlendirerek elde ettiği bilgi yanlışsa düzeltir veya bilgi de eksiklik varsa tamamlar. Öğrenci bu aşamada elde ettiği bilgilerin tam olarak farkına varmamıştır ve bu bilgileri bir başkasıyla paylaşabilecek durumda değildir. Farklı bir ifadeyle, birey farkında olmadan çözüme ulaşabilir fakat çözümü ifade edemez.

- İfade Etme: Eylem evresinde öğrenci elde ettiği örtük bilgileri başkalarıyla paylaşabilir. Eylem evresindeki gibi bu evrede de öğrenci 'ortam' ile etkileşimdedir ve 'ortam'ın bir parçası olan diğer öğrencilerle fikir alışverişinde bulunmaktadır. Bu evre sonunda bir bilgi/model ortaya çıkar. Bu bilgi/model öğrenci tarafından bilinen veya öğrenilen kurallar ile ifade edilir. Her evrede olduğu gibi öğrenci karşı taraf ile bilgi alışverişinde bulunur.
- Onaylama: Bu evrede öğrencinin önceki evrelerden elde ettiği modelin veya bilginin doğruluğunu veya yeterliğini ispat etmesi gereklidir. Bu ispatın geçerli olması için karşı taraf ikna edilmelidir. Öğrenci modeli/bilgiyi diğer öğrencilere bir iddia/tez olarak sunar ve 'ortam'dan da destek alarak modeli/bilgiyi açıklar. Öğrenme ortamındaki diğer öğrenciler ek bilgi isteyebilir, modelin/bilginin bazı kısımlarına itiraz edebilir veya modeli/bilgiyi tamamen onaylayabilir. Bu işlemler sırasında diğer öğrencilerde 'ortam' ile etkileşim halindedir ve sunulan modeli/bilgiyi test eder.
- Kurumsallaştırma: Onaylama evresinde onaylanan model/bilgi artık sınıfın bilgileri arasında olmasına rağmen henüz kurumsal bir statüye sahip olmamıştır. Kurumsallaştırma, üretilen modelin/bilginin resmileştirilerek isminin verilmesi ve genellenmesi sürecidir. Bu süreç öğretmen tarafından gerekli açıklamaların yapılıp kuralların ve tanımların verilerek modeli/bilgiyi kurumsallaştırması ile yürütülür. Model/bilgi kurumsallaşmadığı sürece öğrenci tarafından başka bir ortamda kullanılamaz.

Günümüz öğretim programlarının yapılandırmacı öğrenme kuramına göre tasarlandığı düşünülürse; didaktik durumlar teorisinin yapılandırmacı öğrenme kuramı ile kıyaslanarak ifade edilmesi teorinin yapısının daha rahat anlaşılmasını sağlayacaktır: Yapılandırmacı öğrenme kuramı gibi, didaktik durumlar teorisi de öğretmenlerin direkt olarak öğrencilere bilgi sunmasına karşıdır (Radford, 2008). Her iki kuramda süreç içinde elde edilen bilgi, öğrencinin bilgi/nesne ile etkileşmesi sonucunda oluşturulur (Radford, 2008). Ancak didaktik durumlar teorisinde, bilginin anlamı ve kaynağı/kanıtları tartışılmaz, çünkü onlar hedef bilginin birer parçasıdır (Radford, 2008). Yapılandırmacı öğrenme kuramının keşfetme aşamasında öğretmenin yönlendirmesinin ardından çözüm yollarına ulaşılır. Oysaki didaktik durumlar teorisinde öğrenci tıpkı bir bilim adamı gibi

araştırma yaparak kendi çözüm yolunu araştırır, dener ve çözüm yolu sonuca ulaştırmazsa bir başka çözüm yolu deneyebilir. Açıklama basamağında öğrencinin eksik bilgileri öğretmen tarafından tamamlanırken; didaktik durumlar teorisine göre öğrenci bilgisindeki eksikliği 'ortam' ile etkileşime geçerek algılayabilir, eksiklerini kendisi gidermeye çalışır veya arkadaşları ile grupça çalışır. Öğrenci bilgi eksikliklerini tamamlasa bile ürettiği çözümün yeterli olduğuna diğer arkadaşlarını ikna etmesi gereklidir, 'ortam' ile etkileşimi hala sürmektedir. Öğretmenin kurumsallaştırma evresini de gerçekleştirmesi öğrenci bilgisinin formal bir bilgi haline gelmesini sağlamaktadır. Bilginin formalleştirilmesi sırasında öğrenci, kendisini değerlendirme imkanını da sahip olabilir ve varsa eksikliklerini giderebilir. Bu iki öğretim modeli arasındaki en büyük fark ise, didaktik durumlar teorisinde derinleştirme aşamasının bulunmamasıdır.

2. 1. 1. 1. Didaktik Durumlar Teorisi ile Yürütülen Çalışmalar

Adidaktik öğrenme ortamı ile yaptığı çalışmada Altundağ (2010) bu ortamların öğrenci başarısı üzerine etkisini ve bu ortamlara yönelik öğrenci görüşlerini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada sonuç olarak, öğrencilerin özgüvenlerinin arttığı, derse karşı motivasyonlarının olumlu yönde etkilendiği, bilgiyi daha iyi anladıklarını ve bilginin kalıcılığının arttığını dile getirdikleri belirlenmiştir. Adidaktik öğrenme ortamında öğretim uygulamalarının yürütülmesini incelemek ve öğrencilerin bu öğrenme ortamları hakkında tutumlarını belirlemek amacıyla yürütülen diğer bir çalışmada (Erümit vd., 2012) ise, yapılan uygulama sonucunda öğrencilerin motive edilmesi sağlanarak adidaktik öğrenme ortamlarında çalışma alışkanlığı kazandırılabilirse, bilginin anlamlılığının ve kalıcılığının artırılması konusunda adidaktik öğrenme ortamlarının kullanılabileceği düşünülmektedir. Brousseau (2002) adidaktik öğrenme ortamlarının öğrencilerin matematiksel düşünme süreçlerini desteklediğini ifade etmiştir. Kent (2010) çalışmasında Brousseau'nun (2002) ifadelerini destekleyen sonuçlara ulaşmıştır. Ulusal literatürde ise Erdoğan ve Özdemir-Erdoğan (2013) ile Çelik ve diğerleri (2015) çalışmalarında benzer bir sonuca ulaşmış ve bu öğrenme ortamlarının öğrencilerin sürece aktif olarak katılmasını teşvik ettiği tespit etmişlerdir. Erdoğan ve diğerleri (2014) adidaktik öğrenme ortamı tasarımıyla kavramların öğretiminde alışlagelmiş sınıf ortamından uzaklaşarak öğrencilerin bilgiyi kendilerinin keşfedebileceği bir ortam oluşturulabildiğini belirlemiştir. Tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının öğrencilerin derslere karşı tutumlarını olumlu yönde etkilediği ortaya çıkarılmıştır (Erdoğan vd., 2013). Ayrıca Altundağ (2010) adidaktik öğrenme ortamındaki öğrencilerin daha başarılı olduğunu tespit etmiştir. Arslan ve diğerleri (2015) çalışmasında bu öğrenme ortamlarında bireysel çalışan öğrencilerin grup halinde çalışan öğrencilere oranla daha başarılı olduğunu belirlemiştir. Bununla birlikte,

Evans ve Winslow (2012) iyi yapılandırılmış adidaktik öğrenme ortamının öğrencilere hedeflenen bilgiden çok daha fazlasını kazanmasına yardımcı olacağını belirtmiştir.

Adidaktik öğrenme ortamında öğretim uygulamaları yürütülürken, öğretmenin problem durumunu açıklayarak öğrenme sorumluluğunu öğrenciye devretmesinin (Brousseau, 2002; Erdoğan vd., 2014) ve evreler arasında herhangi bir geçiş problemi yaşanması durumunda öğretmenin öğrenciye çözüme yönelik bir ipucu vermeden küçük müdahalelerde bulunmasının (Arslan vd., 2011; Erdoğan ve Özdemir-Erdoğan, 2013; Erdoğan vd., 2014) önemli arzeden durumlar olduğu ifade edilmiştir. Achiam ve diğerleri (2012) çalışmalarında adidaktik öğrenme ortamlarının öğretmenlerin sorgulama tabanlı öğrenme konusunda yaşadıkları sıkıntıları da ortadan kaldırdığını belirtmiştir. Ayrıca adidaktik öğrenme ortamlarının yapısının sınıf içi etkileşimlerin düzenlenmesini ve analiz edilmesini kolaylaştıracağı düşünülmektedir.

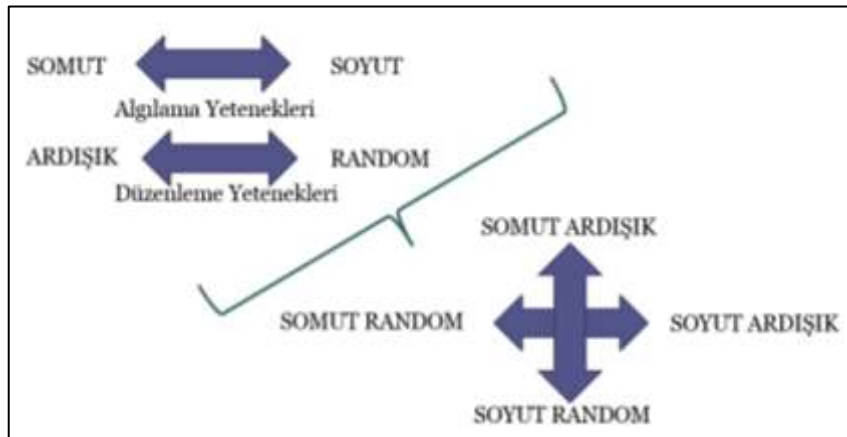
2. 1. 2. Öğrenme Stilleri

Öğrenmenin karmaşık doğası araştırmacıların yıllarca ilgisini çekmiştir. Özellikle bireylerin öğrenmesinde etkili olan unsurları belirlemeye yönelik birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu unsurlardan biri de öğrenme stilleridir. 1980'li yıllarda öğrenme stilleri konusunda pek çok araştırma yapılmış ve farklı araştırmacılar tarafından farklı öğrenme stilleri ileri sürülmüştür:

- Dunn ve Dunn'a (1993) göre, her bireyin bir parmak izi gibi kendine has bir öğrenme stili vardır. Öğrenme stili, her bir bireyin bir bilgiyi öğrenmeye hazırlanırken, öğrenirken ve öğrenilmesinden sonra hatırlarken kendilerine özgü yollar kullanmasıdır.
- Öğrenme stilini öğrenme sürecinde bireyin yeteneklerini kullanma konusundaki tercihi olarak tanımlayan Kolb'a göre, bireylerin geçmiş yaşantıları, deneyimleri ve çevresindekilerin bireyden beklentileri bireylerin sahip oldukları öğrenme stillerindeki farklılıkların nedeni olarak düşünülmektedir (Ülgen, 1995).
- Grasha (1996) ise öğrenme stilini 'öğrencinin bilgiyi edinme sürecinde yeteneğini ve öğrenme deneyimlerini bir araya getirmesi' şeklinde ifade etmiştir (akt., Diaz ve Cartnal, 1999, s. 130).
- Öğrenme stili, öğrencinin nasıl algıladığını ve öğrendiğini, öğrenme ortamıyla nasıl etkileşimlerde bulunduğunu ve bu ortama yönelik tepkilerinin neler olduğunu belirleyen bireyin bilişsel, duyuşsal ve fizyolojik davranış özellikleridir (Keefe ve Ferrell, 1990).

2. 1. 2. 1. Gregorc Öğrenme Stilleri Modeli

Öğrenme stilleri arasında Gregorc'un (1982) ileri sürdüğü öğrenme stilleri modeli, bilişsel boyut içinde kabul edilmiş bireyin bilgiyi alma, işleme, depolama, kodlama ve kodları çözme yeteneklerine odaklanan bir modeldir (Guild ve Garger, 1998'ten akt., Ekici, 2013, s. 214). Gregorc'a göre kişinin öğrenmesinde yardımcı olan; (1) varlıkların ve olayların kavranmasını sağlayan algılama yeteneği, (2) bilgiyi zihnine yerleştirmesini sağlayan düzenleme yeteneği, (3) bilgiyi kapasitesi doğrultusunda kendine göre zihinde yerleştirmesini sağlayan kendine mal etme yeteneği, ve (4) yeni öğrenilen bir kavramın daha önceden öğrenilen bir kavramla ilişkilendirerek öğrenmesini sağlayan ilişkilendirme yeteneği öğrenmenin en önemli yetenekleridir (Şahin ve Ekici, 2012). Bu bağlamda, Gregorc'a göre bireyler algılama yeteneklerine göre; Somut (concrete) ve Soyut (abstract) ile algıladıkları veriyi düzenleme (yerleştirme) yeteneklerine göre; Ardışık (sequential) ve Random (random) şeklinde gruplanabilirler. Bireyin bilgiyi algılama ve düzenleme yeteneklerine göre gerçekleştirdiği öğrenme durumları bireyin öğrenme stilini oluşturur. Bireyin bilgiyi algılama ve düzenleme yetenekleri göre Gregorc Öğrenme Stili Modeli'nde dört öğrenme stili bulunmaktadır (Gregorc, 1979): Somut ardışık, Somut random, Soyut ardışık ve Soyut random (Şekil 4). Bu öğrenme stillerine sahip bireylerin özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.



Şekil 4. Gregorc öğrenme stili modeli

İlgili literatür incelendiğinde, Gregorc öğrenme stillerine yönelik yapılan birçok çalışmanın sadece katılımcıların öğrenme stillerini belirlemek amacıyla yürütüldüğü görülmektedir (Ekici, 2003a, 2003b, 2013; Harasym, Leong, Lucier ve Lorscheider, 1995; Özdemir, Alaybeyoğlu, ve Balbal, 2018; Seidel ve England, 1999; Şahin ve Ekici, 2012; Topuz ve Karamustafaoğlu, 2013; Topuz, 2014; Watson ve Thompson, 2001; Yanık, 2016; Yenice ve Saracaloğlu, 2009). Gregorc öğrenme stilleri dikkate alınarak tasarlanan

ders planlarının veya öğrenme ortamlarının oldukça az sayıdaki çalışmanın konusu olduğu dikkat çekmektedir (Örneğin, Ekici, 2001; Terry, 2002).

2. 1. 2. 2. Gregorc Öğrenme Stillerinden Öğrenme Ortamlarında Yararlanılması

Adidaktik öğrenme ortamındaki genel didaktik değişkenlerden biri öğrenme stilleridir. Adidaktik öğrenme ortamlarında kullanılan etkinlikler tasarlanırken öğrencilerin sahip olduğu öğrenme stilleri belirlenmiş ve bu öğrenme stilleri temel alınmıştır. Öğrenme stillerine dayalı olarak adidaktik öğrenme ortamındaki evrelerde kullanılacak problem durumlarının tasarımı sırasında öğrenme stillerinin tercih edilmesinin nedenleri, öğrencilerin kendi sahip oldukları stillere yönelik etkinliklerle daha kolay öğrenme durumlarının oluşması, kendi öğrenme süreçlerini takip edebilmeleri ve de konunun farklı bakış açılarıyla değerlendirme fırsatını sunması olarak sıralanabilir. Gregorc öğrenme stili modeli kapsamında her bir öğrenme stiline yönelik öğrenci davranışları, önerilen ders tasarımı, etkinliklerin ana karakteristikleri ve öğretim yaklaşımları incelenmiştir (Butler, 1987; Ekici, 2003a; Gregorc, 1979; Sternberg ve Grigorenko, 1997). Bu etkinlik türleri Tablo 1’de sunulmaktadır.

Gregorc öğrenme stillerine sahip bireylerin öğrenme ortamındaki davranışları, özellikleri, öğrenmeye dair felsefeleri, nasıl bir ders tasarımı tercih ettikleri ve öğretim süreçleri içerisinde kullanılacak öğretim yaklaşımları Tablo 1’de bireylerin öğretimsel özellikleri çatısı altında açıklanmıştır.

Tablo 1. Her Bir Öğrenme Stiline Yönelik Bireye Ait Öğretimsel Özellikler

	Somar	Somras	Soyar	Soyras
Öğrenci davranışları ve özellikleri	<ul style="list-style-type: none"> • Öğretmen kontrolünde çalışma • Beş duyarına hitap eden faaliyetlere katılma • Canlı materyallerle çalışma • Aralıksız yoğun çalışmalar yapma • Çalışırken etraftaki seslerden rahatsız olma • Sözel uyarıcılar almamayı tercih etme • Yönergeleri adım adım izleme • Mükemmel ürünler ortaya çıkarmaya gayret etme • Çalışmalarında kararlılık gösterme • Planlı programlı çalışma 	<ul style="list-style-type: none"> • Öğrenirken birlikte çalışabilme davranışlarını gösterme • Üstün problem çözme yeteneğine sahip olma • Çalışmalarına dıştan yapılan müdahaleleri kabul etmeme • Önceden hazırlanmış hazır prosedürleri kabul etmeme • Zorunlu çalışmalarda baskı altında olduğu hissetme • Öğretmenden öğretim+rehberlik bekleme • Hem içsel hem de dışsal ödüllendirmeyi önemli görme • Orijinal ürünler ve fikirler çıkarmakta yetenekli olma • Her ortamda rahatlıkla konsantre olabilme • Belirlenmiş programlara harfiyen uymayı tercih etme 	<ul style="list-style-type: none"> • Şifre çözmekte üstün yetenekli olma • Başkalarının tecrübelerinden yararlanmak isteme • Okumakta ve dinlemekte başarılı olma • Her konuda referans göstermek isteme • Hayattan çok yüksek beklentiler içinde olma • Anlamsız rehberliği kabul etmeme • Kararlarına duygularını katmama • Konuları derin düşünmeyi tercih etme • Yetişkinlerle kolay anlaşabilme • Gördüklerini anlamakta başarılı olma 	<ul style="list-style-type: none"> • İnsanlarla ilişkilerde çok başarılı olma • Topluma hitap etmekte yetenekli olma • Kurallara uymak yerine özgürlüğü tercih etme • Teorik bilgi toplamakta yetenekli olma • Bilgileri elde etmek yönünde faaliyetleri organize etme • Başkalarının fikirlerini almaktan hoşlanma • Düzenli rehberlik hizmetinden yararlanmayı tercih etme • Başkalarının vücut dilini, duyu ve düşüncelerini anlamakta üstün yeteneğe sahip olma • Başarı için kendi kendini motive edebilme • Çok sessiz ortamlarda çalışmaya konsantre olamama
Öğrenme felsefesi	<ul style="list-style-type: none"> • Somut gerçeklere, fiziksel nesnelere ve duyarlarla geçerliliği sağlanmış fikirlere odaklanan insanlar 	<ul style="list-style-type: none"> • Sezgiyle anlaşılabilir ve içgüdüsel olarak düşünen, fikirlerin doğruluğu için kişisel kanıtlara güvenen nadiren otoriteyi kabul eden insanlar 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantığı, düşünmeyi ve formüllerle doğruluğu sağlanmış bilgileri tercih eden insanlar 	<ul style="list-style-type: none"> • Dikkatlerini duyu dünyasına odaklama eğilimi olan ve fikirlerin doğruluğunu içsel rehberleri sağlamış olan insanlar
Ders tasarımı	<p><i>İçerik:</i> Belirli bir düzende, gerçeklere ve detaylara dayalı, pratikle ilgili belirgin yönlendirmeler içeren gerçek problemlerle sunulmalıdır.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Öğretim süreci:</i> gerçeklere dayanan, gerçeğe uygun yapılandırılmış, pratik, detaylı, uygulamaya dönük olmalıdır. 	<p><i>İçerik:</i> öğrencilerin farklılığına dikkat çekecek, açık uçlu sorulara olanak sağlayacak, araştırma ve keşfetmeyi teşvik edecek ve problemler oluşturulabilecek bir yapıda tasarlanmalıdır.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Öğretim süreci:</i> Çabuk, keşfetmeye, denemeye, araştırma yapmaya, problem çözmeye, açık uçlu ve icat etmeye uygun olmalıdır. 	<p><i>İçerik:</i> Yapılandırılmış, fikir ve kavramlara dayanan, mantıksal yaklaşımı içeren, kaynaklara ve teorilere dayalı olarak hazırlanmalıdır.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Öğretim Süreci:</i> Okumaya, fikir temelli hale getirilmiş, mantıksallaştırılmış, kaynaklara dayandırılmış, analiz edilebilir ve tartışılan bir yapıdan oluşmalıdır. 	<p><i>İçerik:</i> Kişisel anlamaya, tecrübe etmeye, esnek, duyguları dikkate alan ve yaratıcılığın kullanımına imkan sağlamalıdır.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Öğretim süreci:</i> Kişisel tecrübelerin paylaşılacağı ve tartışmaların yapılabileceği, grup çalışmaları olan ve diğer öğrencilerle iletişim kurabilmesine izin vermelidir.

Tablo 1'in devamı

Etkinliklerin karakteristikleri	Yüz yüze, Yapılandırılmış, Gerçekçi, Uygulamalı, Ayrıntılandırılmış, Pratik	Açık uçlu, Araştırmacı, Problem çözme, Çeşitli, Deneysel, Özgün/Yaratıcı	Fikir temelli, Mantıksal, Okumaya dayalı, Kaynak kullanan, Tartışmacı, Analiz eden	Kişisel, Yorumlayıcı, Duygusal, İlişkili, Yaratıcı, Esnek
Öğretim yaklaşımları	<ul style="list-style-type: none"> Gerçek yaşantıları içeren faaliyetler yapma Ardışık süreçler içerisinde analiz yapma Somut materyaller kullanarak projeler yapma Arazi gezileri Simülasyon Yönergelerle belirtilmiş laboratuvar çalışmaları yapma 	<ul style="list-style-type: none"> Gerçek materyallerle deneme-yanılma aktiviteleri yapma Kısa anlatımlar yapma Bağımsız çalışma yapma Öğretmen kontrolünde beyin fırtınası yapma Örnek konu çalışmaları yapma Grupla çalışma Simülasyon 	<ul style="list-style-type: none"> Tartışmalar yapma Uzun ve ek okuma parçaları okuma Sözel kavramsal analizler yapma Anlatımlar yapma Uzun notlar tutma Kavram haritaları kullanma Araştırma yaparak ve çözümler geliştirerek modeller kurma 	<ul style="list-style-type: none"> Fikirleri, kavramları, yapıları tartışma Okuma-yazma çalışmaları yapma Rol oynama-drama çalışmaları yapma Müzik-Şiirle ilgilenme Fikir alışverişinde bulunmak amacıyla danışma yapma Sosyal yetenekleri ortaya çıkaran yöntemler kullanma (sunum yapma, ..vb)

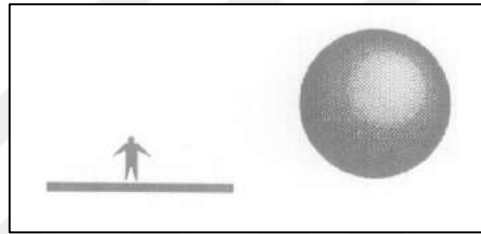
2. 1. 3. Zihinsel Modeller

Zihinsel modelin tanımı, 1983 yılında Johnson-Laird tarafından, bireylerin algıladıkları ve kavramsallaştırdıkları gerçeklere ait yapısal benzetimleri (analojileri) olarak yapılmıştır. Zihinsel modellerin bilişsel işlevler sırasında kişisel olarak üretilen analogik gösterimler ve zihinsel gösterimlerin özel bir türü olduğu şeklinde benzer bir tanımlama Vosniadou (1994) tarafından yapılmıştır. Bu modele ait tanımı biraz daha açıklamak istersek, zihinsel modellerin bireylerin Dünya'daki olay ve durumları anlamak ve algılamak için bu olay ve durumlar hakkında düşüncelerinde var olan içsel sunumları olduğunu söyleyebiliriz (Franco ve Colinvaux, 2000). Başka bir ifadeyle, modellerin işlevleri ile paralel olarak, zihinsel modeller herhangi bir olgu, olay veya durum hakkında mantık yürütme, tanımlama, açıklama, tahmin etme ve kontrol etme işlemleri için bireyin kullandığı bilişsel gösterimlerdir (Buckley ve Boulter, 2000; Ornek, 2008). Rapp (2005) zihinsel modelleri, gerçek dünyaya dair bilgi ve deneyimlerin içselleştirilmiş ve yapılandırılmış bilgi yapıları olarak tanımlamaktadır. Greca ve Moreira (2000; 2002) zihinsel modelleri durum veya süreçlerin yapısal benzeşiklerini ortaya çıkarmak için kullanılan içsel sunumlar olduğu belirtmektedir. Coll ve Treagust (2003) tarafından zihinsel modeller, bireylerin zihinlerinde bulunan ve olguları/süreçleri açıklamak ve tanımlamak için kullanılan yapılar olarak ifade edilmiştir.

Zihinsel modellerine dayalı olarak insanlar, sistemin varlığını ve sistemin nasıl göründüğünü tanımlar, sistemin nasıl çalıştığını ve mevcut durumunu açıklar ve sistemin gelecekteki durumu hakkında tahminlerde bulunurlar (Greca ve Moreira, 2000; Jonassen ve Cho, 2008; Norman, 1983; Rouse ve Morris, 1986'dan akt., Bland ve Tessmer, 1999, s. 473) ve zihinsel modellerimizi kullanma amaçlarımızı teşkil eder. Aynı zamanda Norman (1983) ve Clement (2008)'a göre insanlara düşüncelerini kullanırken rehberlik ederler. Bireylerin daha önce deneyimlenmemiş olguların anlaşılmasında ve açıklanmasında kullanıldığı soyut araçlar zihinsel modellerdir (Hanke, 2008).

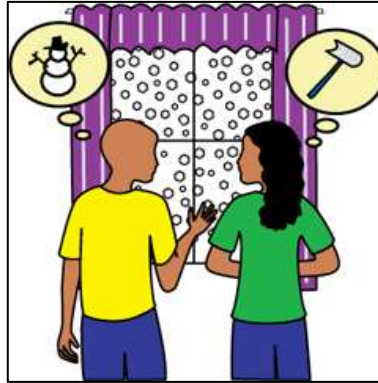
Öğrenmenin bilişsel bilim açısından merkezi olan zihinsel modellere direk olarak ulaşamaz, ancak bireylerin iletişim sırasında kullandıkları jest ve mimikler, konuşmalar ve yazılar yorumlanarak zihinsel modellere ulaşılabilir (Justi ve Gilbert, 2000). Dolayısıyla zihinsel modellerin sahip oldukları karakteristik özelliklerin bu modellerin ortaya çıkarılabilmesi için bilinmesi gereklidir (İyibil, 2010). Farklı çalışmalara dayanılarak zihinsel modellerin dört temel özelliğinden bahsedilebilir: (1) Zihinsel model sahipleri, modellerini yeni bilgilerin oluşturulması sürecinde kullanabilirler (Vosniadou ve Brewer, 1992). Zihinsel model bu süreçte yalnızca direkt olarak gözlenebilen olayları açıklamak için değil, aynı zamanda olayın tanımını, durumunu vb. direkt olarak içermeyen veya açık olmayan bilgilere sahip olayları yorumlamak için de kullanılabilir (Franco ve Colinvaux, 2000). (2)

Bireyler sahip oldukları zihinsel modellerinin ve bir olay karşısında bu zihinsel modellerini kullandıklarının farkında olmayabilirler (Ornek, 2008; Ünal-Çoban, 2009). Zihinsel modellerin 'sessiz bilgiler' içerdiği söylenebilir (Vosniadou ve Brewer, 1992). (3) Öğrencilerin sahip oldukları önbilgilerle öğrenimleri sırasında karşılaştıkları bilimsel bilgileri kullanarak kendi zihinsel modellerini oluşturdukları (Harrison ve Treagust, 2000) için zihinsel modeller genellikle sentez (Franco ve Colinvaux, 2000) bir yapıya sahiptir. Örneğin, Vosniadou ve Brewer'ın (1992) çalışmasında bazı öğrencilerin dünyanın yapısı ile araştırmacılar tarafından ikili model olarak adlandırılan zihinsel modele sahip olduklarını göstermektedir. Bu modelde öğrenciler dünya ile ilgili açıklamalarında hem önbilgilerine dayalı yeryüzünden hem de bilimsel bilgilerine dayalı Dünya gezegeninden bahsetmektedirler (Şekil 5).



Şekil 5. İkili Dünya modeli (Vosniadou ve Brewer, 1992)

(4) Bireylerin zihinsel modelleri kendi inanışlarından etkilendiği için zihinsel modeller bireylerin dünya görüşü ile sınırlıdır (Franco ve Colinvaux, 2000; Ornek, 2008). Johnson-Laird (1983) zihinsel modellerin temel kaynağının bireylerin algılama yetenekleri olduğunu belirtmiş ve bu durumu Greca ve Moreira (2000) bireylerin direk olarak dünyayı kavrayamadıklarını fakat algıları ile dünya hakkında içsel gösterimler oluşturarak zihinsel modellerini yapılandırdıkları şeklinde açıklamışlardır. Ayrıca bu özelliklere ek olarak bazı araştırmacılar içsel gösterimler olan zihinsel modellerin farklı niteliklere de sahip olduklarını belirtmişlerdir. Zihinsel modeller tamamlanmamış, kesin sınırları ve bilimsel doğruluğu olmayan, değiştirilebilir, geliştirilebilir, yeniden yapılandırılabilir, modeli oluşturan kişiye özgü ve modeli oluşturan kişi açısından kullanışlı olmalıdır (Greca ve Moreira, 2000; Buckley ve Boulter, 2000; Coll ve Treagust, 2003; Franco ve Colinvaux, 2000; Harrison ve Treagust, 2000; Norman, 1983; Ünal ve Ergin, 2006). Şekil 6'da yer alan örnek, bir zihinsel modelin özelliklerini özetler niteliktedir (URL-1, 2019): Pencereden dışarı bakan iki kişi aynı manzarayı seyrettikleri halde manzarayı endi inançları ve tecrübeleri doğrultusunda farklı şekilde yorumlayabilir; "Kar oyun demektir" vs. "Kar iş demektir!".



Şekil 6. Zihinsel model

Özetlemek gerekirse, günlük yaşantımızda deneyimlediğimiz her şeyin zihnimizde oluşum ve öğrenim sürecinde yapılandırılması ile oluşan zihinsel modeller, bu süreç sırasında birey tarafından yapılandırılır, gerektiğinde farkına bile varmadan değerlendirilir ve yeniden düzenlenir (Ünal-Çoban, 2009). Zihinsel modeller kapsamında en çok çalışmanın astronomi, mekanik gibi konuları ele aldığı ve yine bu çalışmaların çoğunlukla ilköğretim seviyesindeki öğrenciler ile yürütüldüğü görülmektedir. Bahsedilen bu çalışmalarda, katılımcıların zihinsel modellerini tespit edilmesine odaklanılmış ve zihinsel model gelişimi inceleyen çalışmaların sayısı oldukça sınırlı kalmıştır.

2. 1. 3. 1. Zihinsel Model Çalışmalarının İncelenmesi

Zihinsel modellere yönelik yürütülen çalışmalarda zihinsel modellerin etkileyen ve etkilemeyen faktörlere, zihinsel modelin yapısına ve öğretim uygulamalarının zihinsel modeller üzerindeki etkilerine yönelik ulaşılan sonuçlar Tablo 2’de özetlenmiştir.

İncelenen çalışmalarda en fazla zihinsel modellerin yapısına yönelik sonuçlara (%54,55) ulaşılmıştır. Bu sonuçlar içerisinde zihinsel modellerin yapısında bulunan bilimsel veya bilimsel olmayan öğelere ve zihinsel modellerin nasıl ortaya çıkarılabileceğine değinilmiştir. Zihinsel modelleri etkileyen ve etkilemeyen faktörlere yönelik sonuçlarda (%18,18) ise başarı, sınıf düzeyi, cinsiyet ve deneyimin zihinsel modelleri etkilemediği tespit edilirken, ders kitapları, öğretime ait elementler, yakın sınıf arkadaşı, üst-bilişsel elementler, motivasyon, inanış, kavramlara aşinalık, kavramın tarihsel gelişimi, akademik altyapı, İnternet, televizyon gibi görsel materyallerin öğrencilerin zihinsel modellerini etkilediği ortaya çıkarılmıştır. Çalışmalara ait sonuçların %18,18’inin ise tasarlanan öğretim etkinliklerinin zihinsel modeller üzerindeki etkisini belirtmektedir. Modellemeye ve kavramsal değişim stratejilerine dayalı öğretim etkinliklerinin zihinsel modellerin gelişimi üzerinde etkisi olduğu belirtilirken, bazı etkinliklerin sonunda ise atom, evren gibi kavramlara ait zihinsel modellerin modern

modelleriyle uyuşmadığı görülmüştür. Öğrencilerin sadece zihinsel modellerini belirlemeyi amaçlayan bazı çalışmaların sonucunda ise, öğrencilerin seçilen konu ile ilgili sahip oldukları zihinsel modellerinin, bilimsel bilgiler ile uyumlu ve okul bilgilerinin yeterli olduğu sonucuna varılmıştır (%9,09).

Tablo 2. Zihinsel Modele Yönelik Ulaşılan Sonuçlar ve Dağılımı

Temalar	f	%	Σf	Σ%	
Zihinsel modeli etkileyen ve etkilemeyen faktörlere yönelik sonuçlar	Zihinsel modeller derslerde ve sosyal çevrede farklı kişiler tarafından kullanılabilen benzeşim modellerinden ve tarihsel modellerinden etkilenmektedir.	1	12,50		
	Öğrencilerin zihinsel modelleri ders kitapları, öğretmen ve sosyal çevresi tarafından kullanılan modellerden etkilenmektedir.	1	12,50		
	Başarı ve sınıf düzeyi fen bilgisi öğretmen adaylarının arasında hangi zihinsel modellerini oluşturduğu hakkında farklılık göstermemiştir.	1	12,50		
	Öğrencilerin modelleri ders kitapları, öğretime ait elementler, konu sıralaması ve yakın sınıf arkadaşı gibi dış kaynaklardan; üst-bilişsel elementler, motivasyon, inanış (bilimin doğası), kavramlara aşinalık ve altyapı gibi iç kaynaklardan etkilenmiştir.	1	12,50	8	18,18
	Öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının zihinsel modellerinde farklılıklar olduğu ve bu farklılıkların cinsiyet, deneyim veya akademik düzey ile ilişkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.	1	12,50		
	Zihinsel modellerin, İnternet, televizyon gibi çeşitli görsel materyallerde karşımıza çıkan yanlış bilgilerle de bağlantılı olduğu görülmüştür.	3	37,50		
Zihinsel modelin yapısına yönelik sonuçlar	Ders sırasında kullanılan benzeşimlerden, her öğrenci farklı düzeyde etkilenmiştir. Bazı öğrenciler birkaç farklı benzeşimden etkilenerek yeni hibrit modeller geliştirmişlerdir.	4	16,67		
	Öğrenci seviyesi arttıkça zihinsel modellerindeki çeşitlilik artmıştır.	1	4,17		
	Öğrenciler yeni modellerle karşılaştıklar bile önceden zihinlerinde var olan modeli yeni model ile değiştirmeme konusunda ısrarcı davranmaktadırlar.	4	16,67	24	54,55
	Öğrencilerin (ilkel ve sentez modele sahip) büyük bir kısmının konu ile ilgili bilgi eksikliklerinin ve alternatif fikirlerinin oldukları tespit edilmiştir.	12	50,00		
	Öğrenciler zihinsel modellerini yapılandırırken, bilimsel ve bilimsel olmayan öğeleri kullanmaktadırlar.	2	8,33		
	Öğrencilerin zihinsel modellerini, uygun araçlarla doğruluğu yönünden tatmin oldukları kısa sürede değiştirebildiklerini göstermektedir.	1	4,17		
Öğretimin zihinsel modelin üzerindeki etkilerine yönelik sonuçlar	Modellemeye dayalı öğretimin öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirmede etkili olduğunu göstermektedir	3	37,50		
	Yapılandırmacı yaklaşım temelli kavramsal değişim stratejilerine dayalı etkinliklerle yapılan öğretimin zihinsel modelleri üzerinde olumlu etkileri olduğu görülmektedir.	1	12,50	8	18,18
	Yapılan öğretim sonrasında, öğrencilerin zihinsel modelleri kavramların (atom, evren gibi) modern modelleriyle uyuşmadığı görülmektedir.	4	50,00		
Diğer	Öğrencilerin seçilen konu ile ilgili sahip oldukları zihinsel modellerinin, bilimsel bilgiler ile uyumlu olduğu ve okul bilgilerinin yeterli olduğu sonucuna varılmıştır	4	100,00	4	9,09

2. 1. 3. 2 Elektrik Akımı Konularına Yönelik Yapılan Zihinsel Model Çalışmalarının İncelenmesi

Zihinsel modeller üzerine yapılan çalışmaların önemli bir kısmının elektrik konularını kapsadığı belirlenmiştir. Borges ve Gilbert (1999), tahmin-gözlem-açıklama yöntemine dayalı mülakatlar ile öğrencilerden ve üniversite mezunlarından veri toplamıştır. Çalışmanın sonucunda dört zihinsel model türüne ulaşılmıştır; akım modeli, karşıt akımlar modeli, hareketli yükler modeli ve alan modeli. Açık bir öğretime gerek olmadan kültürden gelen ve elektrikle günlük hayatında karşılaşan kişilerin sahip olduğu model türleri akım ve karşıt akımlar modelleri; ortaöğretim ve yükseköğretim seviyesinde alınan öğretimle paralellik gösteren ayrıntılı bir öğretimle kazanıldığı görülen hareketli yükler ve alan modelleridir. Çalışma grubunda en çok karşılaşılan model türleri; hareketli yükler ve alan modelleridir. Asami, King ve Monk (2000), deneysel yöntemle gerçekleştirdiği çalışmada doğru akım devreleri hakkında öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modelleri belirlemeye çalışmışlardır. Deney grubundaki öğrencilere zihinsel modellerin belirlenmesine izin veren bir öğretim süreci uygulanmıştır. Öğretim süreci sonunda, dört çeşit zihinsel model tanımlanmıştır: kaynak tüketen, A, B ve çarpışan akımlar. Öğrencilerden deney grubundakiler B ve çarpışan akımlar; deney grubundaki öğrenciler B modellerine yaygın olarak sahip oldukları görülmüştür. Benzer şekilde Chiu ve Lin (2005) elektrik devreleri ile ilgili ilköğretim öğrencilerinin tasarlanan öğretim uygulamaları sonunda zihinsel modellerini belirlemişlerdir. Seri devreler için altı model; tek kutuplu, çift kutuplu, azalan, bilimsel modeller ve literatürde daha önce hiç karşılaşılmayan modeller ile paralel devreler için beş model; çift kutuplu, atlayan, azalan, bilimsel ve devre (loop) modelleri belirlenmiştir. Çalışmaya katılan öğrencilerin süreç içerisinde genellikle seri devreler için çift kutuplu ve paralel devreler için devre modellerine sahip oldukları görülmüştür. Çepni ve Keleş (2006) elektrik devreleri ile ilgili ilköğretim, ortaöğretim ve yükseköğretim kademelerindeki öğrencilerin zihinsel modellerini araştırmışlardır. Öğrenci cevaplarının gruplanmasıyla literatürde de yer alan şu zihinsel model türlerine ulaşılmıştır: tek kutuplu, çarpışan akımlar, tüketilen akım ve korunan akımla bilimsel modeller. Öğretim kademelerine göre ilköğretimdeki öğrencilerin tek kutuplu ve korunan akımla bilimsel modellere; ortaöğretimdeki öğrencilerin çarpışan akımlar ve tüketilen akım modellerine ve yükseköğretimdeki öğrencilerin tüketilen akım modeline sahip oldukları tespit edilmiştir. Azaiza, Bar ve Galili (2006) çalışmada ise ilköğretim öğrencilerinin elektrik kavramıyla ilgili kavramlarını ve okuldaki öğretimin bu kavramları nasıl değiştirdiğini araştırmıştır. Tek kutuplu, sentez, çarpışan akımlar ve tek yönlü modeller olmak üzere dört çeşit zihinsel model tespit etmişlerdir. Öğretimden önce öğrencilerin genel olarak tek kutuplu modele

sahip oldukları görülürken öğretimden sonra çarpışan akımlar ve tek yönlü modeller sahip oldukları belirlenmiştir.

2. 1. 4. Elektrik Akım Konuları ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Bu başlık altında tez çalışmasında yer alan doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım konularına yönelik literatürde yer alan çalışmalar derlenmiştir. Doğru akım ile ilgili literatürde yer alan birçok çalışma yapılmış (Ateş ve Polat, 2005; Aykutlu ve Şen, 2011; Baser, 2006; Başer ve Durmuş, 2010; Chambers ve Andre, 1997; Demirezen ve Yağbasan, 2013; Engelhardt ve Beichner, 2004; İlyasoğlu ve Aydın, 2014; Jabot, 2002; Kock vd., 2015; Küçüközer, 2004; Miraj, 2015; Peşman ve Eryılmaz, 2010; Sencar ve Eryılmaz, 2002; Ugur vd., 2012; Ulukök vd., 2013; Taşlıdere, 2014;Thacker vd., 1999; Yiğit ve Akdeniz, 2003) ve bu çalışmaların önemli bir kısmı, farklı öğrenim seviyelerinde bulunan öğrencilerin konu ile ilgili çeşitli alternatif kavramlara sahip olduklarını ve öğrenme güçlüğü yaşadıklarını ortaya çıkarmıştır (Çepni ve Keleş, 2006; Engelhardt ve Beichner, 2004; Lee ve Law, 2001; McDermott ve Shaffer, 1992; Mulhall vd., 2001; Peşman ve Eryılmaz, 2010; Taşlıdere, 2014). Tespit edilen alternatif kavramlara örnek olarak, 'devrede dolaşan akımın ampul/direnç gibi devre elemanları tarafından tüketildiği' (Aykutlu ve Şen, 2012; Çepni ve Keleş, 2006; Duit ve Rhöneck, 1997; Engelhardt ve Beichner, 2004; Lee ve Law, 2001) veya 'pilin/üretcin devrede bir depo aracı olarak düşünüldüğü' (Çıldır ve Şen, 2006; Duit ve Rhöneck, 1997) ifadeleri verilebilir. Elektrik ile ilgili konu ve kavramların günlük hayatta sıklıkla kullanılması ve öğrencilerin bu konu ve kavramlar ile ilgili kavramların bilimsel anlamları ile genellikle uyuşmayan 'kendi' anlayışları ile öğrenme ortamına katılmaları (Çıldır ve Şen, 2006), öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramların ve öğrenme güçlüklerinin bir nedeni olabilir.

Elektromanyetik indüksiyon konusuna dair yapılan çalışmalar incelendiğinde, literatürde yer alan çalışmaların genellikle öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusuna yönelik anlamalarını tespit etmeye odaklandığı görülmektedir (Allen, 2001; Demirci ve Çirkinoğlu, 2004; Galili vd., 2006; Guisasola vd., 2013; Jelcic vd., 2017; Öden-Acar, 2010; Saarelainen, Laaksonen ve Hirvonen, 2007; Thong ve Gunstone, 2008). Bu çalışmalarda öğrencilerin genellikle indüklenmiş elektromotor kuvveti (emk) ile indüksiyon ile üretilmiş elektrik akımı arasındaki farkı kavrayamadıklarını (örn. Guisasola vd., 2013) ve indüklenmiş emk'yı tespit etmekte güçlükler yaşadıklarını (örn. Thong ve Gunstone, 2008) tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, öğrencilerin manyetik akı kavramına yönelik bilgi eksikliklerine sahip olduklarını (Pocovi ve Finley, 2002), manyetik alan ve manyetik akı kavramlarını birbirine karıştırdıkları ve bu nedenle elektromanyetik indüksiyona sebep olan manyetik akı değişiminin farkında olmadıklarını (Saarelainen vd., 2007; Thong ve

Gunstone, 2008) belirlemişlerdir. Manyetik akı kavramını anlayamayan öğrencilerin Faraday kanununu da anlayamadığı görülmüştür (Guisasola vd., 2013; Maloney, O'Kuma, Hieggelke ve Van Heuvelen, 2001; Thong ve Gunstone, 2008). Öğrencilerin sahip oldukları bilgi eksikliklerinin ve alternatif kavramların belirlendiği çalışmaları temel alarak ve geleneksel öğretim yönteminin öğrencilerin elektromanyetizma kavramlarını anlamaları konusunda yetersiz kaldığını ifade eden çalışmalar ışığında (Guisasola vd., 2013; Mauk ve Hingley 2005), bu konuda yer alan kavramların öğretimine yönelik farklı öğretim süreçlerinin yürütüldüğü görülmüştür (Tural ve Tarakçı, 2017; Yayla, 2010). Bu çalışmalardan Tural ve Tarakçı (2017) fiziksel (somut) model ve simülasyonlarla elektromanyetik indüksiyonun günlük hayattaki uygulamalarının öğretimine yönelik çalışmada yürütülen öğretimin öğrencilerin konuyu ve konuya ait günlük hayat uygulamalarını anlamalarında olumlu etkilere sahip olduklarını göstermiştir.

Alternatif akım ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, Biswas ve diğerleri (1998) çalışmasında doğru akım devrelerinde doğru akım kaynağı yerine alternatif akım kaynağı ekleyerek hazırlanan alternatif akım devrelerine ve kondansatör, bobin (RLC devreleri) içeren alternatif akım devrelerine dair problemleri mühendislik öğrencilerinin çözebilme durumları incelemiştir. Analizleri sonucunda, öğrencilerin doğru akım ile ilgili sahip oldukları alternatif kavramların alternatif akım ile ilgili konuları kavramaları üzerinde de etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada tespit edilen alternatif kavramlara alternatif akımda akımın yönünün değişimine veya zamana bağlı olarak alternatif akımın ve gerilim değerlerinin değişimine dair ifadeleri örnek olarak verilebilir. Bir diğer çalışmada, Holton ve diğerleri (2008), öğrencilerin doğru akım ve alternatif akım devrelerini kavrama durumlarını incelemiş ve Biswas ve diğerleri (1998) çalışmasındaki sonuçlara paralel olarak, öğrencilerin doğru akıma yönelik sahip oldukları alternatif kavramların alternatif akım ile ilgili bilgi yapılarını etkilediğini belirlemiştir. Literatürde konu ile ilgili alternatif kavramların varlığını tespit etmeye yönelik olarak yapılan çalışmaların yanı sıra devrelerin yapısına odaklanarak özellikle bilgisayar destekli öğretim süreçleri de tasarlandığı görülmektedir. Bozkurt ve Sarıkoç (2008), hazırladıkları sanal laboratuvar ortamına alternatif akımda yer alan RLC devrelerini taşıyarak simülasyonlar geliştirmişlerdir. Konunun öğretimi sırasında hazırlanan simülasyonların kullanıldığı grubun daha başarılı olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, İlyasoğlu ve Aydın (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise akım devrelerinin öğretimi için PHET simülasyonları kullanılmış ve öğretimin gerçekleştiği gruptaki öğrencilerin başarı testinde daha yüksek bir puan aldıkları, daha kısa sürede öğrendikleri ve konuya daha pozitif baktıkları tespit edilmiştir.

Farklı öğrenim seviyelerindeki öğrencilerin yanı sıra, öğretmenler ve öğretmen adaylarının da elektrik ve manyetizma konularında bilgi eksikliklerine sahip oldukları ifade

edilmiştir (Karal, 2003; Küçüközer ve Demirci, 2008; Mulhall vd. 2001; Yip vd, 1998). Bu sonuca paralel olarak, Çepni, Kaya ve Küçük (2004) çalışmasında fizik öğretmenlerinin elektromanyetizma ve alternatif akım konularına yönelik deneyleri zor olarak nitelendirdikleri ve bu deneylerin laboratuvarlara yönelik hizmet içi etkinliklerde bir uzman ile birlikte uygulama yapılmasının gerekliliğini belirttikleri ortaya çıkarılmıştır.

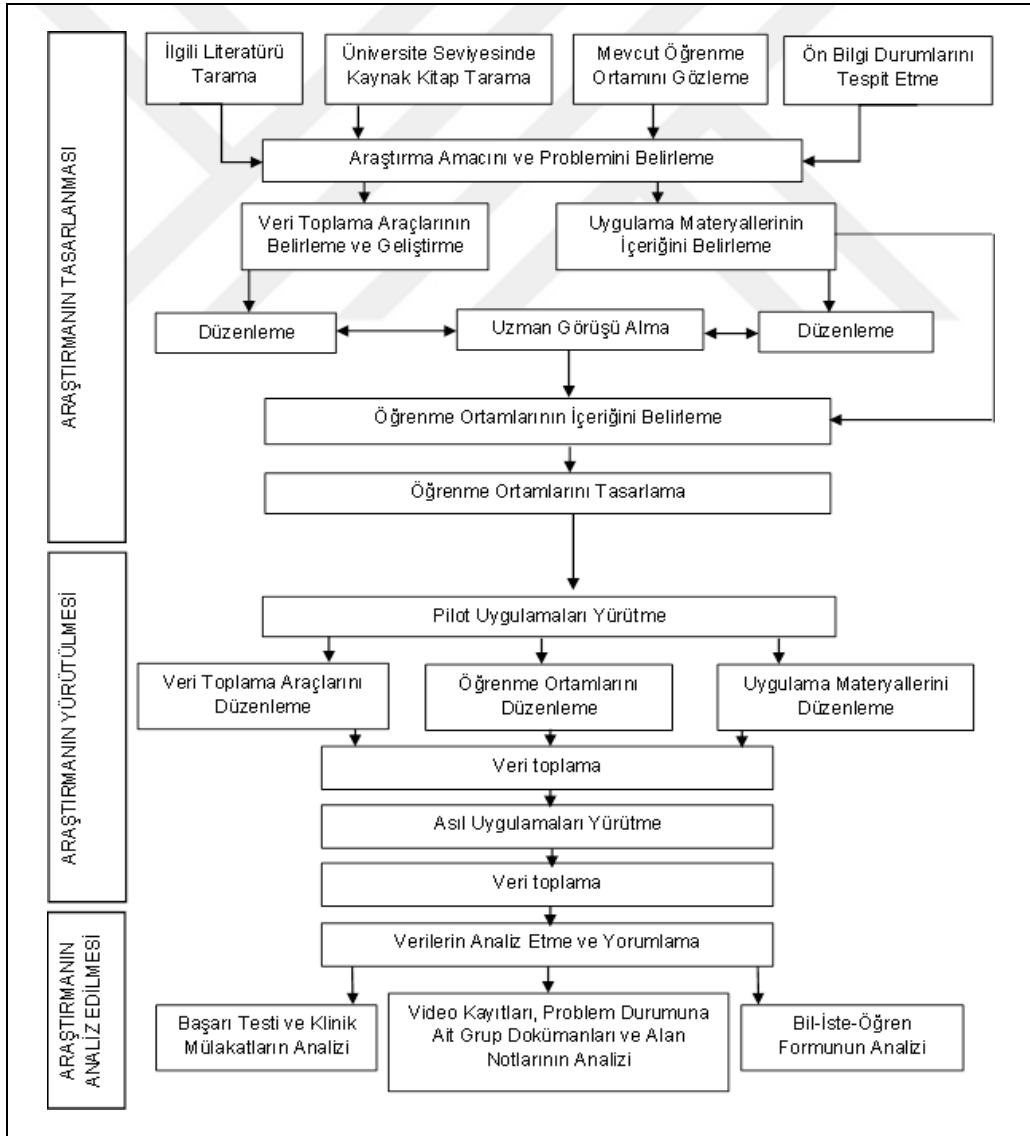
2. 2. Literatür Taramasının Sonucu

Fizik dersi içeriğinde yer alan konuların önemli bir kısmının soyut olmasından dolayı öğrenciler tarafından anlaşılmasında zorluklar yaşanmaktadır (Aycan ve Yumuşak, 2003). Birçok soyut kavram içeren elektrik konusunda yer alan akım, potansiyel fark, direnç gibi kavramlar hakkında öğrencilerin edindikleri ön bilgileri, bilimsel anlamlarıyla çoğu zaman örtüşmemektedir (Çıldır ve Şen, 2006). Literatürde yer alan birçok çalışma bu ifadeyi doğrular nitelikte olup, konu ile ilgili farklı öğretim seviyelerindeki katılımcıların alternatif kavramlarını tespit etmeye odaklanmıştır (Ateş ve Polat, 2005; Çıldır ve Şen, 2006; Duit ve Rhöneck, 1997; Engelhart ve Beichner, 2004; Lee ve Law, 2001; Küçüközer, 2003; Yıldırım, Yalçın ve Şensoy, 2008). Öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramların belirlenmesinin ardından bu alternatif kavramları giderecek öğrenme ortamlarının tasarlanması önemlidir.

Araştırmanın kuramsal çerçevesinde belirtilen üç yaklaşım birlikte ele alındığında, bireye özgü öğrenme sürecinin vurgulanarak bilgiyi yapılandırma sürecine ışık tutulacağı literatürde yapılan çalışmaların sonuçları ile anlaşılmaktadır. Ayrıca, didaktik durumlar teorisine yönelik uygulamaların fizik eğitimi kapsamında gerçekleştirilen eğitim öğretim uygulamalarına ve çalışmalarına yeterince yansıtılmaması, öğrenme stillerine yönelik hazırlanan öğrenme ortamlarının sayıca az olması, bireylerin sahip oldukları zihinsel modellerin gelişimine ve değişimine yönelik çalışmaların sayıca az olması ve öğrenciler tarafından oldukça soyut ve zor konular olan nitelendirilen elektromanyetik indüksiyon, alternatif akım gibi konular hakkında yürütülen çalışmaların sınırlı olması sebebiyle gerçekleştirilen bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

3. YÖNTEM

Fen bilgisi öğretmenliği lisans öğrencilerinin elektrik akımı konuları hakkındaki zihinsel modellerinin tespit edilmesi ve öğrenme stillerine dayalı hazırlanan adidaktik öğrenme ortamlarının zihinsel modellerin gelişimine ve değişimine etkisinin ortaya çıkarılması amacıyla yürütülen tez çalışmasının bu bölümünde, araştırma tasarımının, yönteminin, çalışma grubunun, öğrenme ortamının ve ortamda kullanılacak uygulama materyallerinin, veri toplama araçlarının ve elde edilen verilerin analizinde kullanılan yöntemlerin ayrıntılı açıklamaları yer almaktadır. Tez çalışmasının hazırlanmasına yönelik yapılan çalışmalar ve gerçekleştirilen işlemler akış diyagramında verilmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Tez çalışması için yapılan işlemlere dair akış şeması

Şekil 7'de özetlenen tez çalışması için yapılan çalışmalar ve gerçekleştirilen işlemler (öğrenme ortamları, uygulama süreci, veri toplama araçları, veri analizi) hakkında detaylı bilgiler ilgili başlıklar altında sunulmuştur.

3. 1. Araştırma Modeli

“Öğretim Mühendisliği²” kavramı, 1980'li yıllarda Fransız okullarındaki matematik didaktiği ile ortaya çıkmıştır (Artigue ve Perrin-Glorian, 1991). Öğretim mühendisliğinin temelleri, Guy Brousseau'nun Didaktik Durumlar Teorisi³ ile Yves Chevallard'ın Didaktiksel Dönüşüm Kuramı⁴'na dayanmaktadır (Artigue, 1994). Öğretim mühendisliğinin temel çıkış noktası olarak, kullanılan tüm yöntemlerin teorik çalışmalarda ortaya çıkan bilgileri sınıf içine yansıtmada yetersiz kalması gösterilmektedir (Arslan ve Sağlam-Arslan, 2016). Didaktik durumlar teorisi matematik didaktiği içerisinde hızla gelişerek, iyi tanımlanmış bir metodoloji haline gelmiştir (Artigue, 1992). Bununla birlikte, Artigue (2008) öğretim mühendisliğinin iki ihtiyaca cevaben ortaya çıktığını belirtmektedir. (1) Ağırlıklı olarak bir anket uygulanması ve laboratuvar uygulamasından oluşan bir araştırma sırasında sınıfın düzeni nasıl hesaba katılmalıdır? (2) Eğitim bilimlerinde uygulama ve araştırma arasındaki ilişki nasıl düşünülmelidir?

Öğretim mühendisliğinin literatürde yer alan farklı tanımları bulunmaktadır. Ruthven (2002, s. 586) öğretim mühendisliğini, didaktik teorileri çerçevesinde değişen ve stratejilerin sistematik analizinin yapılması ile uygun kontrollü sınıf şartları altında nitelikli öğretim tasarımlarının geliştirilmesi olarak açıklar. Öğretim mühendisliğinde, öğretmen/uygulayıcı (eğitim bilimlerinde) yürütülen araştırma tabanlı uygulamalar için bir mühendise benzetilir (Artigue, 2008). Öğretim mühendisliği, hedefler çerçevesinde tasarlanan öğrenme ortamının, uygulama süreci boyunca süreç içerisindeki öğretim uygulamalarının etkilerinden yola çıkılarak öğrenme ortamının yeniden yapılandırılmasına ve süreç içerisinde karşılaşılan eksikliklerinin giderilmesine imkân veren bir araştırma yaklaşımıdır (Artigue, 2014). Bu yaklaşım, literatürde mevcut olan teorik bilgiler ile sınıf içi

² Bu kavramın İngilizcesi *Didactical Engineering*, Fransızcası *Ingénierie Didactique* şeklindedir ve Türkçe'ye Arslan ve Sağlam-Arslan (2016) tarafından *Öğretim Mühendisliği* olarak çevrilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında da bu çeviriden yararlanılacaktır.

³ Bu çalışmada *Didaktik Durumlar Teorisi* (İngilizcesi *Theory of Didactical Situations in Mathematics*, Fransızcası *Didactique des Mathématiques*) olarak isimlendirilen kuramın ulusal literatürde farklı çevirileri ile karşılaşmak mümkündür. Bu kuramı *Matematiksel Öğrenme Ortamları Kuramı* (Arslan vd., 2011; Çelik vd., 2015) ya da *Didaktik Durumlar Teorisi* (Erdoğan ve Özdemir-Erdoğan, 2013; Erdoğan, 2016) olarak çevirmeyi tercih etmişlerdir.

⁴ *Didaktiksel Dönüşüm Kuramı* (İngilizcesi *Theory of Didactical Transposition*, Fransızcası *La Transposition Didactique*), bilimsel bilgilerin okullarda okutulan bilgilere dönüşme sürecini, bu süreçteki paydaşların nasıl ve hangi ölçütlere dayalı kararlar aldıklarını, bu kararların öğretim programlarına ve sınıflara yansımalarını ve bu süreci etkileyen bileşenleri öğretmenler, öğrenciler ve öğrenme ortamları açısından inceler (Yavuzsoy-Köse, 2016).

faaliyetlerde ortaya çıkan uygulamalı bilgileri dengeli bir şekilde ele almaya çalışan, bununla birlikte hem araştırma hem de öğretim amaçlı kullanılabilen bir yöntemdir (Arslan ve Sağlam-Arslan, 2016). Öğretim mühendisliğinin temel amacı ise literatürde şu şekilde belirtilmiştir (akt., Arslan ve Sağlam-Arslan, 2016, s. 919).

Artigue (1988)'e göre öğretim mühendisliği ile araştırmalar sonucunda elde edilen teorik bilgilerin sınıf içerisinde test edilmesini sağlanmaktadır. Öğretim mühendisliğinin tasarımı çoğu zaman bir teoriye ve teorik bilgiye dayanmakta ve uygulamadan elde edilen sonuçlar ışığında söz konusu teoriyi yeniden gözden geçirme fırsatı sağlamaktadır. ... Öğretim mühendisliği, bir grup öğrenciye yönelik bir öğretim projesi gerçekleştirmek için mühendis-öğretmen tarafından tasarlanan ve zaman içerisinde organize edilerek düzenlenen sınıf için uygulamalardan ibarettir (Douady, 1993).

Artigue (1988)'in ifadeleri öğretim mühendisliğinin araştırma amaçlı kısmını ve Douady (1993)'ün ifadeleri öğretim mühendisliğinin öğretim amaçlı kısmını ifade etmektedir. Douady (1997), öğretim mühendisliğini öğrenciler için bir öğrenme projesinin uygulanması sürecinde öğretmenlik-mühendislik ile ilgili didaktiksel eylemlerin tamamı olarak tanımlar. Bu ifadedeki öğretmen-mühendis ifadesi aslında çalışma yöntemi açısından kullanılan bir benzetmedir. Bir öğretmenin bir mühendise benzetilmesi Artigue (1988) tarafından şu şekilde açıklanmaktadır (akt., Arslan ve Sağlam-Arslan, 2016, s. 919-920).

Bir mühendis projesini gerçekleştirirken devamlı bilimsel bir kontrol altındadır, çünkü alanındaki bilimsel bilgileri dikkate alarak iş yapar. Ancak, bu mühendis zaman zaman bilimin uğraştığı ideal nesnelere çok daha karmaşık nesne ve olgularla çalışmak ve böylece bilimin dikkate al(a)madığı (veya almak istemediği) problemleri çözmek durumuyla da karşı karşıya kalabilir.

Bu durumda mühendis, sahip olduğu bilimsel bilgilerin yetersiz kaldığı bir durumla karşılaştığında, önceki saha çalışmaları sırasında elde ettiği uygulamalı bilgileri kullanmak ve sahip olduğu bilimsel bilgilerin ötesine gitmek zorundadır. Benzer şekilde, öğretim mühendisliğinin kullanılması/uygulanması, mevcut teorik bilgilerle beraber sınıf içi uygulamaları da dikkate alarak bu yöntemi kullanan bir öğretmenin/araştırmacının uygulama sırasında karşılaştığı ve teorik olarak çözemediği bir sorunu sınıftaki özel durumu dikkate alarak uygulamalı olarak çözebilir (Arslan ve Sağlam-Arslan, 2016). Artigue (1988)'in ifadeleri öğretim mühendisliğinde teorik bilginin yanı sıra uygulamalı bilginin de önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Öğretim mühendisliğinin temel özelliklerinden bir tanesi, öğrenme ortamlarının tasarlanması, uygulanması, gözlenmesi ve değerlendirilmesi gibi sınıf içi uygulamalara dayalı olmasıdır. Öğretim mühendisliğini diğer yöntemlerden ayıran en temel özelliği ise,

sahip olduğu değerlendirme biçimidir. Öğretim mühendisliğinde sürece yayılan içsel bir değerlendirme⁵ söz konusu olup, aynı grubun öncü analiz ve son analiz sonuçlarının karşılaştırılmasına dayanmaktadır (Arslan ve Sağlam-Arslan, 2016). Bu anlamda, öncü analizin bir ürünü olan öğretim mühendisliği, öğretmenin bu ürünü sınıfının özelliklerini de dikkate alarak sergileme sürecidir. Bu tanımda öğretim mühendisliğinin teorik ve uygulamalı boyutunu bir arada görmek mümkündür. Bu bakımdan öğretim mühendisliği, sınıfın ve öğrencilerin özelliklerini dikkate alan önemli bir araştırma ve öğretim yöntemidir (Arslan ve Sağlam-Arslan, 2016).

Yeni durumların yapılandırılması ve test edilmesi ile bu durumların etkililiğinin belirlenmesi için öğretim mühendisliği avantajlı bir yol olarak nitelendirilebilir (Brousseau, 2002). Öğretim mühendisliği, bir probleme hitap eden bilginin ortaya çıkma sürecini içeren durumların kontrollü olarak gözlemlemeyi, tasarlamayı ve yeniden düzenleme yapmayı içermektedir (Gonzalez-Martin vd., 2014). Zamanla öğretim mühendisliği, didaktik durumlar teorisinin teorik varsayımlarının geçerliğini test etmek için kullanılan temel bir yöntem haline gelmiştir (Artigue, 2000). Yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı, öğretim mühendisliğinin yürütülen tez çalışmasının doğasına uygun olduğu düşünülerek yapılan çalışma için araştırma yöntemi olarak tercih edilmiştir.

Yapılan tez çalışmasında, öğretim mühendisliğinin uygulanmasında Artigue'in çalışmaları dayanak noktası olarak alınmıştır. Artigue (1988) klasik bir öğretim mühendisliğinin işleyişini aşağıdaki şekilde açıklamıştır (akt., Arslan ve Sağlam-Arslan, 2016, s. 922);

... öğretim sisteminde, işleyişinde problem olan bir durumu belirler ve bu durumu mercek altına alırız. Daha sonra, yaptığımız incelemelerle bu durumu daha kabul edilebilir hale getirmek ve iyileştirmek için hangi parametrelerin değiştirmemiz gerektiğini belirleriz. Son olarak bu parametreler üzerinde oynamak suretiyle problem(ler)i ortadan kaldırır ve böylece durumu geliştirerek daha iyi hale getirmeye çalışırız. ...

Bu işleyiş süreci dikkate alındığında, öğretim mühendisliği yönteminin dört farklı aşama üzerinde yapılandırıldığı görülebilir (Arslan ve Sağlam-Arslan, 2016; Artigue, 2009, 2014); ön hazırlık analizleri, tasarım ve öncü analiz, uygulama, son analiz ve değerlendirme. Bahsedilen aşamalar ve tez çalışması kapsamında bu aşamalarda yapılan işlemler Şekil 8'de özetlenmiştir.

⁵ İçsel değerlendirme, çalışma grubunun performansının süreç içerisindeki değişiminin ölçülmesi ile yapılabilir. Dışsal değerlendirme ise, çalışma grubunun başarısının diğer gruplara kıyaslanarak (deneysel çalışmalarda olduğu gibi) değerlendirilmesidir.

<p>Ön Hazırlık Analizleri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mevcut Öğrenme Ortamını Gözlemeleme • Ön Bilgi Durumlarını Tespit Etme • İlgili Literatürü Tarama • Üniversite Seviyesinde Kaynak Kitap Tarama • Öğrenme Ortamına Katılacak Öğrencilerin Profilini Belirleme
<p>Tasarım ve Öncü Analiz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Genel (Makro) Didaktik Değişkenleri Belirleme • Yerel (Mikro) Didaktik Değişkenleri Belirleme • Öğrenme Ortamları İçin Öncü Analizin Yapılması • Veri Toplama Araçları İçin Öncü Analizin Yapılması • Veri Toplama Aracı ve Materyaller İçin Uzman Görüşü Alınması • Pilot Uygulamanın Yapılması, Değerlendirilmesi ve Gerekli Düzenlemelerin Yapılması
<p>Uygulama</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ön Uygulamaların Yapılması • Öğrenme Stillere Göre Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Yürütülmesi ve Süreç ile ilgili Veri Toplanması • Son Uygulamaların Yapılması • Geciktirilmiş Uygulamaların Yapılması
<p>Son Analiz ve Değerlendirme</p> <ul style="list-style-type: none"> • Öğrencilerin Anlama Seviyelerinin ve Bu Seviyelerindeki Değişimin Belirlenmesi • Öğrencilerin Akademik Başarılarının ve Bu Başarılarındaki Değişimin Belirlenmesi • Öğrencilerin Alternatif Kavramlarının ve Bu Kavramlarındaki Değişimin Belirlenmesi • Öğrencilerin Zihinsel Modellerinin ve Bu Modellerindeki Değişimin Tespit Edilmesi • Tasarlanan Öğrenme Ortamlarının Değerlendirilmesi • Öğrencilerin Öğrenme Sürecini ve Süreç İçinde Kendilerini Değerlendirmesi

Şekil 8. Öğretim mühendisliğinin aşamaları ve bu aşamalarda yapılan işlemler

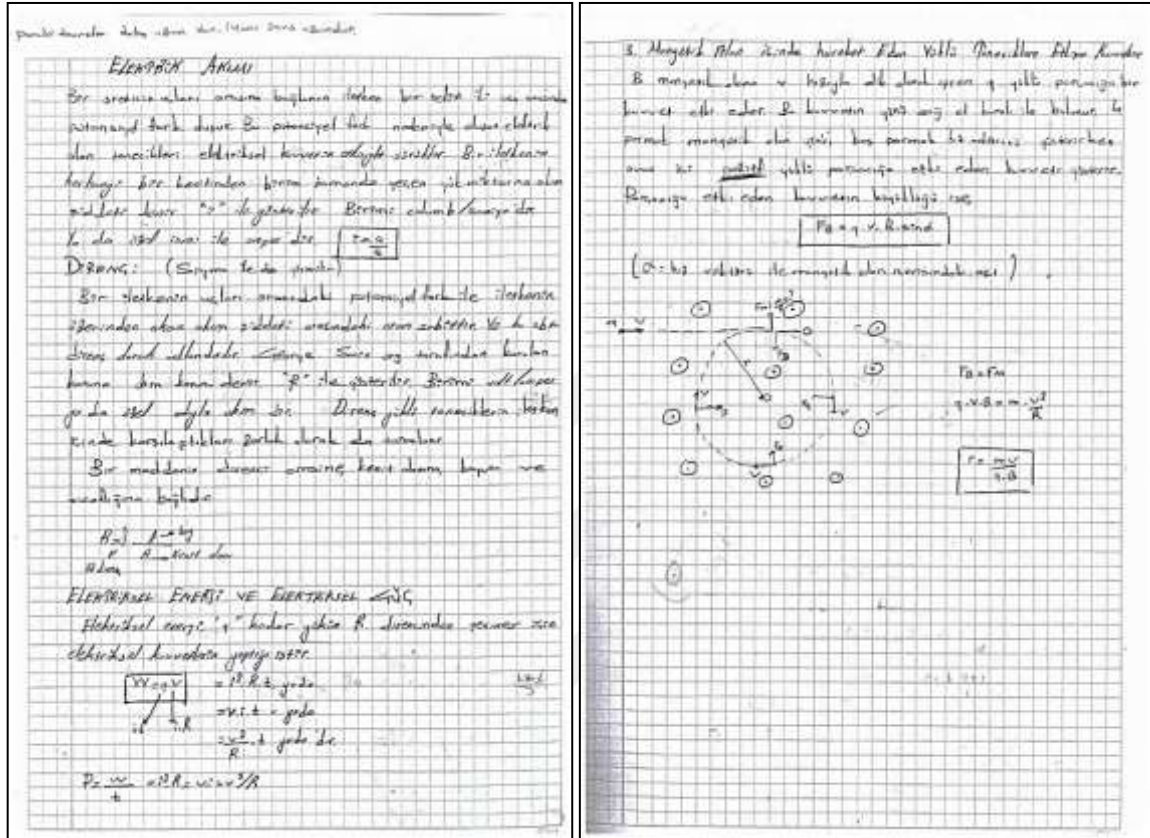
Öğretim mühendisliğinin her bir aşamasında yapılan işlemler aşağıda ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır.

3. 1. 1. Ön Hazırlık Analizleri

Bu aşamada literatürde yer alan çalışmalara ve genel bir kuramsal çerçeveye dayanan genel bir hazırlık söz konusudur. Buna göre, çalışmanın amaçlarına bağlı olarak öğrenme ortamını tasarlamak amacıyla çalışılan konu/kavram ile ilgili bilgilerin ortaya çıkarıldığı aşamadır. Tez çalışması kapsamında bu aşamada aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmiştir;

- Öğrenme ortamı hazırlanmadan önce (2013-2014 bahar döneminde) mevcut öğrenme ortamının gözlemi yapılarak bu çalışma kapsamındaki konuların derslerde nasıl işlendiği incelenmiştir.

Gözlenen öğrenme ortamında konunun teorik olarak açıklandığı ve temel problemlerin çözümünün yapıldığı tespit edilmiştir. Bu süreçte, dersin yürütülmesine ışık tutabilmek için öğrencilerin tuttuğu notlardan örnekler temin edilmiş ve Şekil 9'da bu notlardan birkaç örnek sunulmuştur.



Şekil 9. Öğrencilerin ders sırasında tuttıkları notlardan örnekler

Teorik ders (Genel Fizik II) ve bu dersin uygulamasına dayalı olması beklenen laboratuvar (Genel Fizik Laboratuvarı II) derslerinin paralel yürütülemediği gözlenmiştir. Bu durumda, ön bilgi konusunda eksiklikleri olan öğrencilerin konuyu anlamakta ve deneyleri yapmakta zorlandıkları görülmüştür. Örneğin, Genel Fizik II dersinde elektrik alanı ile ilgili konular işlenirken, Genel Fizik Laboratuvarı II dersinde doğru akım ile ilgili deneyler yürütülmektedir.

- b. Çalışma grubuna denk bir grubun (2013-2014 bahar döneminde) konular ile ilgili teorik ve pratik bilgilerini ortaya çıkaracak açık uçlu sorular ile öğrencilerin ön bilgileri ve genel anlama durumları belirlenmiştir.

Öğrencilere sorulan sorular akım türlerinin tanımlarına, akım türlerine ait devrelerin çizimlerine, var olan devrelerde dolaşan akım türlerinin belirlenmesine ve kavramlar arasında ilişki kurmalarına dayanmaktadır.

Öğrencilerin verdikleri cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin akım türleri ile ilgili bilgi eksikliklerinin bulunduğu belirlenmiştir. Doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım ile teorik bilgileri temel düzeyde olsa da pratik bilgileri bilimsel düzeyde değildir (Ayrıntılı bilgi için bkz. Ek-1).

- c. Konu ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar (içerik analizi ile) ve fizik dersi için kullanılabilir mevcut kaynak kitaplar (prakseolojik analiz ile) incelenmiştir.

Konu ile ilgili literatürde elektrik akım türlerinin öğrenimi ve öğretimi ile ilgili yapılan çalışmaların bulgu ve sonuçları içerik analizi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. İncelenen çalışmalardan ulaşılan genel durum, öğrencilerin elektrik akımı ve türlerinin soyut kavramlar olması sebebiyle anlaşılmasında güçlükler yaşadıkları ve alternatif kavramlara sahip olduklarını göstermektedir.

Genel Fizik II dersinde kullanılabilir mevcut ders kitaplarında elektrik akım türleri ile ilgili hangi konu içeriklerinin ve problem türlerinin yer aldığını belirlemek üzere prakseolojik analiz çalışması yürütülmüştür. İlk defa Chevillard (1998) tarafından kullanılan prakseolojik analiz, fizik dersindeki *kurumun öğrencilerden beklentilerinin*⁶ ortaya çıkarılması için kullanılmıştır. Bu noktada, bireyin teorik altyapısı hakkında bilgi sahibi olmak açısından prakseolojik analiz önemli bir role sahiptir (Artigue, 2009). Prakseoloji, teorik ve pratik olmak üzere iki bloktan oluşur. Prakseolojinin 4T olarak sembolize edilen bileşenleri, talep tipleri ve teknikler (pratik blok) ile teknoloji ve teorilerden (teorik blok) oluşmaktadır. Ayrıntılı bilgi Tablo 3'te yer almaktadır (Kurnaz ve Sağlam-Arslan, 2010; Yavuz, 2013).

⁶ Didaktiğin Antropolojik Kuramı'nda kurum kavramı, içinde bulunan bireylere kendine ait fikir ve bilgileri öğreten ve kendine özgü metot ve kuralları olan düzendir (Sağlam-Arslan, 2008). Okul ortamında genel olarak Objeye: bilgi, Bireye: öğrenci veya öğretmen, Kurum da sınıf, okul veya derstir. Kurumsal tanıma: "bir kurumda bilgiyle neler yapıldığını, bilginin ne işe yaradığını, bilginin nasıl işlendiğini vs. tanımlar. Daha geniş bir anlamda bir bilginin bir kurumda sürdürdüğü hayatın bütünüdür" (Chevillard, 1989 akt., Sağlam-Arslan, 2008, s. 27)

Tablo 3. Prakseolojik Yaklaşımın Bileşenleri

Prakseolojiyi oluşturan bloklar	Prakseolojiye ait bileşenler	Bileşenlere ait tanımlar ve örnekler
Pratik blok (Uygulama bilgisi)	Talep/görev tipi (T)	Genel eylemleri ifade eder. “Bir fizik problemini çözmek” görev/işlem tipine verilebilecek bir örnektir.
	Teknik (τ)	Görevleri/işlemleri başarmak için kullanılan yoldur. Görevleri/işlemlerin nasıl gerçekleştirileceğini açıklar. “Bir fizik probleminin çözümü için yapılan tüm işlemler problem çözme tekniğini” verecektir.
Teorik blok (Uygulamaların nedenlerini açıklayan içerik bilgisi)	Teknoloji (θ)	Kullanılan tekniğin ispatı niteliğindedir. Tekniği doğrulama, açıklama ve yenileme üzerinde durur. “Bir fizik problemini çözmek için neden ilk önce değişkenleri tespit ederiz?” Sorusu problem çözme tekniğine dair bir teknolojik unsuru belirlememizi sağlar.
	Teori (Θ)	Kullanılan teknolojinin ispatı niteliğindedir. İncelenen fizik probleminin çözümünün altında yatan temel teorik bilgidir. Bu fizik problemi, Dinamiğin Temel Prensipleri konusuna yönelikse, teorimiz “Bir cismin ivmesi bileşke kuvvetle doğru, cismin kütlesi ile ters orantılıdır” şeklinde verilebilir.

Pratik blok işlemsel bilgileri içerirken, teorik blok daha çok teorik ve yapısal bilgileri içerdiği Tablo 3'ten görülmektedir. Prakseolojik analiz ile elde edilen analiz sonuçları kitapların genellikle benzer konu içeriklerine ve benzer talep tiplerine sahip problemler içerdiğini göstermektedir (Kaynak kitap analizi için bkz. Ek-2).

d. Adidaktik öğrenme ortamına katılacak öğrenci profili ortaya çıkarılmıştır.

Gregorc öğrenme stilleri envanteri kullanılarak öğrencilerin öğrenme stillerine göre dağılımı belirlenmiş ve her bir öğrenme stiline yönelik öğrenme ve öğretme stratejileri tespit edilmiştir. Belirlenen bu stratejilerle adidaktik öğrenme ortamında yer alan grup görevleri tasarlanmıştır. Sürece dair ayrıntılı bilgi adidaktik öğrenme ortamları tasarımı başlığı altında verilmiştir. Ayrıca öğrencilerin, genel fizik ve genel fizik laboratuvarı derslerine yönelik tutumları, matematik ve fizik arasında kurdukları ilişkiler ile lise bilgileri ve üniversiteye yerleşme puanlarına değinilmiştir (ayrıntılı bilgi 3.1.1.1. Adidaktik Öğrenme Ortamına Katılacak Öğrenci Profili başlığı altında verilmiştir).

Bu aşamada tez çalışmasına dair konu ve kavramların mevcut durumu analiz edilerek problem durumunun çerçevesi çizilmeye çalışılmış ve bu durumun iyileştirilmesi için kullanılacak değişkenler tespit edilmiştir. Bu parametreler tasarım ve öncü analiz aşamasında açıklanmıştır.

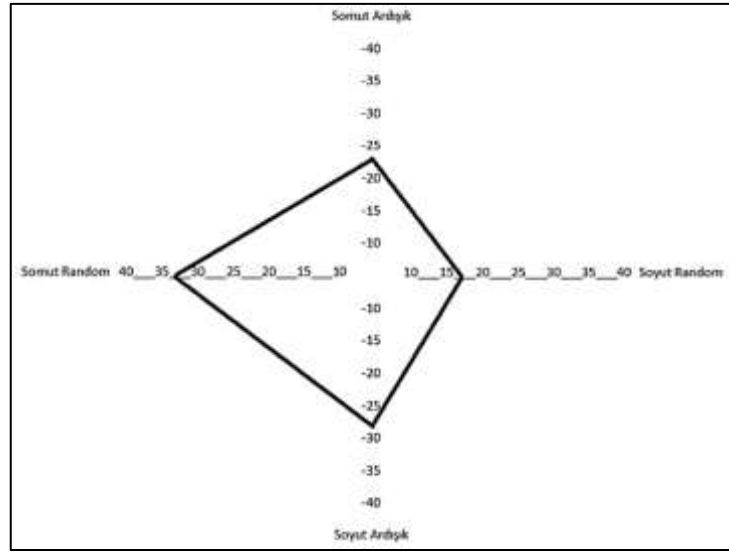
3. 1. 1. 1. Adidaktik Öğrenme Ortamına Katılacak Öğrenci Profili

Öğrenci profili, hazırlanan adidaktik öğrenme ortamının yapısı çalışmada tespit edilen genel didaktik değişkenlerden biridir. Adidaktik öğrenme ortamı içerisinde yer alacak öğrencilerin profillerinin belirlenmesi, öğrenme ortamının temel yapısını oluşturmaya dayanak sağlayacaktır. Bu amaçla, öğrenme ortamına katılacak öğrencilere ait değişkenler incelenmiş ve bunlara dayalı olarak öğrenme ortamları düzenlemiştir. Bu değişkenler, öğrencilerin öğrenme stilleri, fizik ve fizik laboratuvarı derslerine karşı tutumları, matematik ile fizik ilişkisine bakış açıları, fizik öğrenimine ve öğretimine yönelik değerlendirmeleri, mezun oldukları okul türü ile üniversiteye yerleşme puanlarıdır. Bahsedilen değişkenler aşağıda sırasıyla açıklanarak öğrencilerin profili betimlenmiştir.

3. 1. 1. 1. 1. Öğrenme Ortamına Katılacak Öğrencilerin Öğrenme Stilleri

Çalışma kapsamında katılımcıların öğrenme stillerini belirlemek amacıyla 1982 yılında Gregorc tarafından geliştirilen ve 2002 yılında Ekici tarafından Türkçe'ye uyarlanan Gregorc Öğrenme Stilleri Envanteri kullanılmıştır (Ek-3). Bu envanterde, öğrencilerin öğrenme stillerinin tanımlayan dört seçeneğe 10 madde bulunmaktadır. Envanterdeki maddelerde ifade edilen her bir seçenek dört öğrenme stiline birini ifade etmektedir (Gregorc, 1982'den akt., Ekici, 2003a, s. 44): Seçenek a, somut ardışık öğrenme stiline (somar); seçenek b, soyut ardışık öğrenme stiline (soyar), seçenek c, somut random öğrenme stiline (somras) ve seçenek d, soyut random öğrenme stiline (soyras) yönelik olarak hazırlanmıştır.

Envanter doldururken, öğrencilerden envanterde yer alan on maddeyi önem derecesine göre 4'ten 1'e doğru sıralayarak puanlandırmaları istenmektedir. Envanterden alınabilecek puan toplamda 100 olup, her bir stilden 10 ile 40 arasında puan alınabilmektedir. Maddelere verilen puanlar hesaplandığında, öğrencinin hangi öğrenme stiline ait toplam puanı daha fazla ise, o öğrenme stiline sahip olduğu kabul edilmektedir. Öğrenme stiline belirlenmesinin netleştirilmesi için aşağıdaki örnek verilebilir.



Şekil 10. Öğrenciye ait örnek bir öğrenme stili profili

Bir öğrencinin her bir öğrenme stiline dair aldığı toplam puanlar Şekil 10'da sunulmaktadır. Bu öğrenci, envanterden her bir öğrenme stili için (somut ardışık=22, soyut ardışık=28, soyut random=16 ve somut random=34) farklı puanlar almıştır. Alınan puanlara bakıldığında, öğrencinin sahip olduğu öğrenme stiline somut random öğrenme stili olduğu söylenebilir.

Öğrenme stillerine göre Cronbach-alpha güvenilirlik katsayıları; Somut ardışık öğrenme stili için 0.78, Soyut ardışık öğrenme stili için 0.89, Somut random öğrenme stili için 0.87 ve Soyut random öğrenme stili için 0.93 olarak bulunmuştur (Gregorc, 1982'ten akt., Ekici, 2002, s. 46). Türkçeye uyarlanan ölçeğin Cronbach-alpha güvenilirlik katsayıları somut ardışık öğrenme stili için 0.72, soyut ardışık öğrenme stili için 0.69, somut random öğrenme stili için 0.73 ve soyut random öğrenme stili için 0.81 olarak tespit edilmiştir (Ekici, 2002). Yine, Topuz ve Karamustafaoğlu (2013) çalışmasında dört öğrenme stiline ilişkin Cronbach-alpha katsayılarını 0.5 ile 0.8 değerleri arasında hesaplamıştır.

Asıl uygulamanın çalışma grubunu oluşturan öğrencilerin sahip oldukları öğrenme stillerine göre dağılımı Tablo 4'te sunulmaktadır. Çalışma grubundaki öğrencilerin dört öğrenme stiline de sahip oldukları görülmektedir (Tablo 4). Öğrencilerin büyük bir kısmı soyut random (%40,74) ve somut ardışık (%37,04) öğrenme stillerine sahiptirler. Bununla birlikte, çalışma grubundaki öğrencilerin %14,82'si somut random ve %7,41'i soyut ardışık öğrenme stiline sahip oldukları görülmektedir.

Tablo 4. Çalışma Grubunda Yer Alan Öğrencilerin Öğrenme Stillere Göre Dağılımı

Öğrenci	Öğrenme Stili			
	Somut ardışık	Somut random	Soyut ardışık	Soyut random
Ö1			✓	
Ö2	✓			
Ö3				✓
Ö4		✓		
Ö5				✓
Ö6	✓			
Ö7	✓			
Ö8				✓
Ö9				✓
Ö10				✓
Ö11				✓
Ö12				✓
Ö13				✓
Ö14	✓			
Ö15		✓		
Ö16				✓
Ö17		✓		
Ö18			✓	
Ö19				✓
Ö20	✓			
Ö21	✓			
Ö22		✓		
Ö23				✓
Ö24	✓			
Ö25	✓			
Ö26	✓			
Ö27	✓			
Öğrenme stiline sahip öğrenci sayısı	10 (%37,04)	4 (%14,82)	2 (%7,41)	11 (%40,74)

3. 1. 1. 1. 2. Öğrenme Ortamına Katılacak Öğrencilerin Genel Fizik ve Genel Fizik Laboratuvarı Derslerine Yönelik Tutumları

Yapılan birçok çalışma, anlaşılması zor bir ders olması sebebiyle öğrenciler tarafından sevilmeyen bir ders olarak fizik dersini belirtmektedirler (Aycan ve Yumuşak, 2003; Yeşilyurt, 2006). Adidaktik öğrenme ortamlarının uygulamaları 3 hafta boyunca toplamda 20 ders saati süresince fizik ve fizik laboratuvarı derslerinde yürütülmüştür. Bu sebeple, akla gelen sorulardan biri de bu ortamların uygulanma sürecinde öğrencilerin fizik ve fizik laboratuvarı derslerine olan tutumlarının nasıl bir role sahip olacağıdır. Öğrencilerin önyargı ile yaklaştıkları fizik gibi derslere (Cengiz, Uzoğlu ve Daşdemir, 2012;

Nuhoğlu ve Yalçın, 2004) karşı tutumlarını ortaya çıkarmak, öğrencilerin derse karşı ilgisini çekmek ve merakını canlı tutmak açısından yol gösterici olacaktır. Bu sebeple öğrencilerin derse karşı tutumları önceden bilinirse, tutumlarına göre dersi daha ilgi çekici hale getirebilecek uygun bir öğretim yöntemi seçmek kolaylaşacaktır (Nuhoğlu ve Yalçın, 2004; Tanrıverdi ve Demirbaş, 2012). Bu soruya cevap verebilmek adına, öğrencilerin tutumlarının Genel Fizik II ve Genel Fizik Laboratuvarı II derslerinde yürütölen bu uygulamalara etkisini öğrenmek için iki ölçek kullanılmıştır (ölçekler ve ölçeklerin kullanımına ait izin yazıları Ek-4'te yer almaktadır).

Öğrencilerin genel fizik ve genel fizik laboratuvarı derslerine yönelik tutumlarını tespit edebilmek için ölçekten elde edilen toplam tutum puanları ve ortalama tutum puanları incelenmiştir (ölçek verileri için Bkz. Ek-5). Ölçekten alınan toplam tutum puanları hesaplanmıştır ve ölçeklerden alınabilecek en yüksek puanlar dikkate alınarak puan aralıkları belirlenmiştir. Fizik dersine yönelik tutum ölçeği için; 0 ile 23 puan aralığı "Kesinlikle Katılmıyorum", 24 ile 47 puan aralığı "Katılmıyorum", 48 ile 71 puan aralığı "Kararsızım", 72 ile 95 puan aralığı "Katılıyorum" ve 96 ile 120 puan aralığı "Kesinlikle katılıyorum" şeklinde yorumlanmıştır. Benzer şekilde fizik laboratuvarı dersine yönelik tutum ölçeği için; 0 ile 26 puan aralığı "Kesinlikle Katılmıyorum", 27 ile 53 puan aralığı "Katılmıyorum", 54 ile 80 puan aralığı "Kararsızım", 81 ile 107 puan aralığı "Katılıyorum" ve 108 ile 135 puan aralığı "Kesinlikle katılıyorum" şeklinde yorumlanmıştır. Öğrencilerin 5'li likert tipi tutum ölçeğine verdikleri cevaplardan hesaplanan ortalama tutum puanları, ölçeğin aralık genişliği hesaplanarak değerlendirilmiştir. Ölçeğin aralık genişliği değerleri aşğıdaki şekilde belirlenmiştir (Nuhoğlu ve Yalçın, 2004; Sert-Çıbık, Bayram ve Bezci, 2015): 1.00 ile 1.80 aralığı "Kesinlikle Katılmıyorum", 1.81 ile 2.60 aralığı "Katılmıyorum", 2.61 ile 3.40 aralığı "Kararsızım", 3.41 ile 4.20 aralığı "Katılıyorum" ve 4.21 ile 5.00 aralığı "Kesinlikle Katılıyorum".

3. 1. 1. 1. 2. 1. Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeği

Fizik tutum ölçeği Özyürek ve Eryılmaz (2001) tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen beşli likert tipi tutum ölçeği, 17'si olumlu, 7'si olumsuz olmak üzere toplam 24 maddeden oluşmaktadır. Bu ölçeğin güvenilirlik katsayısı 0.85 olarak bulunmuştur. Daha sonra, ölçeğin güvenilirlik katsayısını yaptığı çalışmalarda Maskan (2004) 0.92 ve Karakoyun (2007) 0.90 olarak tespit etmiştir. Tutum ölçeğinden alınabilecek en yüksek puan 120'dir. Çalışma grubunda yer alan öğrencilerin fizik dersine yönelik toplam ve ortalama tutum puanları Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5. Öğrencilerin Fizik Dersine Yönelik Tutum Puanları

Öğrenci	Öğrenciye ait toplam tutum puanı	Öğrenciye ait ortalama tutum puanı
Ö1	83	3,46
Ö2	71	2,96
Ö3	83	3,46
Ö4	71	2,96
Ö5	63	2,63
Ö6	78	3,25
Ö7	71	2,96
Ö8	65	2,71
Ö9	82	3,42
Ö10	72	3,00
Ö11	60	2,50
Ö12	71	2,96
Ö13	66	2,75
Ö14	75	3,13
Ö15	64	2,67
Ö16	60	2,50
Ö17	71	2,96
Ö18	72	3,00
Ö19	88	3,67
Ö20	81	3,38
Ö21	67	2,79
Ö22	76	3,17
Ö23	74	3,08
Ö24	71	2,96
Ö25	64	2,67
Ö26	53	2,21
Ö27	64	2,67

Tablo 5'te yer alan öğrencilerin fizik dersine yönelik toplam tutum puanları 53 ile 88 puan aralığında değiştiği görülmektedir. Toplam tutum puanlarına göre; öğrencilerinden 16'sı 48 ile 71 puan aralığında ve 11'i 72 ile 95 puan aralığında yer almaktadır. Fizik dersine yönelik tutum maddelerinin puan ortalamaları incelendiğinde; 1.81 ile 2.60 aralığında 3, 2.61 ile 3.40 aralığında 20 ve 3.41 ile 4.20 aralığında 4 öğrencinin yer aldığı görülmektedir. Ölçekten alınan toplam tutum puanı ve ortalama tutum puanları dikkate alındığında, fen bilgisi öğretmenliği birinci sınıf öğrencilerinin fizik dersine yönelik nötr tutumlara sahip olduğu şeklinde yorumlanabilir. Benzer şekilde, literatürde yer alan çalışmalar arasında Sezgin-Selçuk, Özkan ve Demircioğlu (2015) lise öğrencilerinin fizik dersine yönelik tutumlarının nötr/tarafsız/kararsız olduğunu tespit etmiştir.

3. 1. 1. 1. 2. 2. Fizik Laboratuvarı Dersine Yönelik Tutum Ölçeği

Bu ölçek, birinci sınıf fen bilgisi öğretmen adaylarının fizik laboratuvarına olan tutumlarını belirlemek için Tanrıverdi ve Demirbaş (2012) tarafından geliştirilmiştir. Yapılan ölçek geliştirme çalışmaları sonucunda 21'i olumlu ve 6'sı olumsuz olmak üzere toplam 27 tutum maddesinden oluşan beşli likert tipi bir ölçek elde edilmiştir. Ölçeğin güvenirlik katsayısı ise 0,90 olarak bulunmuştur. Tutum ölçeğinin tüm maddelerinin açıkladığı varyans %59,143'tür. Bu durum, geliştirilen ölçeğin öğrencilerin fizik laboratuvarına karşı geliştirmiş oldukları tutumun %59'unu açıkladığını göstermektedir. Tutum ölçeğinden alınabilecek en yüksek puan 135'tir. Çalışma grubunda yer alan öğrencilerin fizik laboratuvarı dersine yönelik toplam ve ortalama tutum puanları Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6. Öğrencilerin Fizik Laboratuvarı Dersine Yönelik Tutum Puanları

Öğrenci	Öğrenciye ait toplam tutum puanı	Öğrenciye ait ortalama tutum puanı
Ö1	114	4,22
Ö2	97	3,59
Ö3	106	3,93
Ö4	122	4,52
Ö5	104	3,85
Ö6	115	4,26
Ö7	103	3,81
Ö8	107	3,96
Ö9	114	4,22
Ö10	101	3,74
Ö11	111	4,11
Ö12	118	4,37
Ö13	119	4,41
Ö14	127	4,70
Ö15	102	3,78
Ö16	96	3,56
Ö17	97	3,59
Ö18	100	3,70
Ö19	109	4,04
Ö20	96	3,56
Ö21	106	3,93
Ö22	92	3,41
Ö23	119	4,41
Ö24	107	3,96
Ö25	122	4,52
Ö26	108	4,00
Ö27	94	3,48

Tablo 6'da yer alan fizik laboratuvarı dersine yönelik toplam tutum puanları 92 ile 127 arasında değiştiği görülmektedir. Toplam tutum puanlarına göre; öğrencilerinden 15'i

81 ile 107 puan aralığında ve 12'si 108 ile 135 puan aralığında yer almaktadır. Fizik dersine yönelik tutum maddelerinin puan ortalamaları incelendiğinde; 3.41 ile 4.20 aralığında 18 ve 4.21 ile 5.00 aralığında 9 öğrencinin yer aldığı görülmektedir. Ölçekten alınan toplam tutum puanı ve ortalama tutum puanları dikkate alındığında, fen bilgisi öğretmenliği birinci sınıf öğrencilerinin fizik laboratuvarı dersine yönelik olumlu tutumlara sahip olduğu şeklinde yorumlanabilir.

3. 1. 1. 1. 3. Öğrenme Ortamına Katılacak Öğrencilerin Matematik ve Fizik Arasında Kurdukları İlişkiler

Uygulama sürecinde asıl uygulama grubundaki öğrencilerin hesaplamaya dayalı (işlemsel) soruları cevaplama konusunda güçlük yaşayabilecekleri ön hazırlık analizlerinde öngörülmüştür. Öğrencilerin fizik derslerindeki başarısızlıkların nedenlerinden biri, işlemsel problemleri çözememe ya da fizik ile matematik dersleri arasında bir ilişki olmadığını düşünmeleridir (Cengiz vd., 2012). Bununla birlikte, literatürde yer alan çalışmalar, matematik başarısı ve fen başarısı arasında pozitif bir ilişkinin varlığını ortaya koymuşlardır (Chiu, 2008; Obalı, 2009). Bu sebeple, öğrencilerin problem çözümünde özellikle matematiksel işlemlerin kullanımına karşı tutum, endişe gibi sahip oldukları değişkenler önemli rol oynamaktadır (Gök ve Sılay, 2009). Fizik dersi çatısı altında yer alan problem çözümlerinde öğrencilerin tarafından matematiksel işlemlerin kullanımı onların matematik bilgi ve becerilerini kapsamaktadır (Özsoy-Güneş, Derelioğlu ve Kırbaslar, 2011). Bir problem durumunun çözümü sürecinde matematiksel işlemler yapılırken özellikle karmaşık formüllerin kullanımında bazı matematiksel düzenlemelerin yapılması gerekebilir. Diğer bir ifadeyle, problem çözme süreci çoğunlukla matematiksel uygulamaları ve formülleri içermektedir. Bu yönüyle problem çözme sürecinde matematiksel işlemlerin kullanımı çoğu öğrenci için önemli zorlukların kaynağını oluşturmaktadır (Özsoy, 2005). Bu sebeple, tez çalışmasının yürütüldüğü araştırma yaklaşımının ışığı altında, çalışmaya aşağıda tanıtılan ölçekte yer alan sorular eklenerek öğrencilerin işlemsel sorulara karşı bakış açıları bir nebze olsun ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

İşlemsel fizik ve kimya problemlerinde matematik kullanım ölçeği (Özsoy-Güneş vd., 2011) öğrencilerin matematik ve fizik arasında kurdukları ilişkiyi ortaya çıkarmak amaçlı kullanılmıştır. Geliştirilen ölçek iki faktörlüdür: (1). İşlemsel fizik ve kimya problemlerinde matematik kaygısı, (2). İşlemsel fizik ve kimya problemlerinde kavram ve matematik bilgisi ilişkisi. Ölçek 5 maddesi fizik ve 5 maddesi kimya dersine yönelik olmak üzere 10 maddeden oluşmaktadır. Ölçeğin tümüne ait güvenilirlik katsayısı 0.71 olarak bulunmuştur. Tez çalışmasında kimya boyutunun olmaması sebebiyle, 'İşlemsel Fizik ve Kimya

Problemlerinde Matematik Kullanım Ölçeği'nde yer alan fizik ile ilgili 5 madde ele alınmıştır. Bu maddeler için, madde kökü korunarak evet/hayır şeklinde cevaplanabilecek ve cevaplarının gerekçelerini açıklayabilecek şekle dönüştürülmüştür. Öğrencilere yöneltilen sorular Ek-4'te yer almaktadır. İşlemsel Fizik ve Kimya Problemlerinde Matematik Kullanım Ölçeği'nden uyarlanan işlemsel fizik problemlerinde matematiğin kullanımına dair sorulara verilen cevapların analizi, sorular için öğrencilerin evet-hayır seçeneklerini seçme sıklıkları belirlenmiş ve seçim nedenlerine ait açıklamaları ise içerik analizi ile analiz edilmiştir. Çalışma grubunda yer alan öğrencilerin matematik ve fizik arasındaki ilişkiye yönelik görüşleri Tablo 7'de yer almaktadır.

Tablo 7. Öğrencilerin Matematik ve Fizik Arasındaki İlişkiye Yönelik Görüşleri

İfade	Cevap	f	Gereççe (çünkü, ...)	f
1. İşlemsel fizik problemlerinin çözümünde fizik bilgisinin yanında matematik bilgisinin de yeterli olması gerekir.	Evet	27	Fizikte matematik bilgisi kullanılır. "Matematik bilgisi iyi olan biri fizik problemlerinin çözümünde daha başarılı olacağından doğru sonuç bulması daha kolay olur (K14)"	18
			"Fizikte formülü kullandıktan sonra gerisi matematiksel işlem ve bilgi gerektirmektedir (K17)"	
			"Fizikte matematik işlemleri kullanılıyor. Matematik bilgim iyi olmadığı için fizik problemleri çözemiyorum (K23)"	
			Fizik ile matematik dersi ilişkilidir. "Fizik ve matematik dersi birbiriyle ilişkilidir (K9)" "Fiziğin yarısı matematiktir. Bu yüzden teorilerin kanıtlanmasında matematiksel bilgilerde kullanılmalıdır (K10)"	
	Hayır	---	---	Fizik tek başına yeterli değildir. "Fizik bir problemi çözmek için tek başına yeterli değildir (K26)"
2. Fizik dersinde işlemlerde hata yapacağımı düşünerek sözel konulara daha çok çalışırım.	Evet	9	Matematik bilgim yok "Matematikte sıkıntımdan dolayı fizikte genellikle sözel çalışırım (K7)" "İşlemleri yapamayacağım için sözellere çalışmak daha kolay olur (K23)"	7
			Not kaygım var "Sözel sorular akılda kalır ve cevapları garanti olur (K11)" "İşlem hatası yapınca sonuçta yanlış olacağından sözel konularda hata yapma oranı daha düşüktür (K21)"	2
			Sözel konular sıkıcı, işlemsel sorular daha eğlenceli "Hata yapacağımı bilsem de matematiksel işlemlerin olduğu soruya çalışmak sözel konulara çalışmaktan daha eğlenceli (K13)"	6
	Hayır	18	Pratik yaparım. "Sözel konulara çok çalışmak işlem hatalarının düzeleceği anlamına gelmez. Formül ve pratik yapmaya çalışırım (K5)"	5
			Formülleri bildikten sonra sorunun çözümüne ulaşırım "Formülleri bildikten sonra kesin sonuçlara ulaşacağımı bilirim (K24)"	4
			İkisine de çalışırım. "Sözel daha kolay kaçabilir ama her ikisini de çalışmak gerekiyor (K3)"	3
3. İşlemsel fizik problemlerini doğru çözmekle matematik bilgisi arasında bir ilişki yoktur.	Evet	---	---	---
			Matematik bilgisinin olması gerekir "İşlemsel olduğundan dolayı matematik bilgisinin tam olması gerekir (K4)" "Matematiğimiz ne kadar iyiye fizikte de en az onun kadar başarılı olabiliriz (K7)" "Matematiksel bilgisi eksik olan biri fizik problemlerini çözerken yanlış sonuca ulaşır (K15)"	21
	Hayır	27	Fizik problemleri matematik ile doğrudan ilişkilidir. "Fizik problemleri matematiksiz çözülmez (K23)" Açıklama yok	5 1

Tablo 7'nin devamı

İfade	Cevap	f	Gerekçe (çünkü, ...)	f
4. İşlemsel fizik problemlerini çözerken genellikle işlem hatasından dolayı yanlış sonuca ulaşıyorum.	Evet	14	Ufak bir hata sonucu değiştirebilir "Sorularda çok ufak bir hata ile farklı sonuçlar çıkabiliyor (K9)"	8
			Matematik bilgim yeterli değil "Matematikte sıkıntım olduğundan işlemlerde de genellikle hata yapıyorum (K7)"	4
			Açıklama yok	2
	Hayır	13	Fizik bilgim yeterli değil "İşlem hatasından dolayı değil de formül bilmediğimden dolayı (K23)" "Genelde formülleri unuttuğum ya da karıştırdığım için yanlış sonuca ulaşıyorum (K13)" "Genelde hangi formülü uygulamam gerektiğini bilmediğimden (K8)"	8
			İşlem hatası yapmam "İşlem hatası yapmamaya dikkat ederim. Formülü iyi ve doğru bildikten sonra (K24)"	5
5. Birden çok işlem gerektiren fizik problemlerini doğru sonuca ulaştırmada zorlanırım.	Evet	18	Teorik bilgim yeterli değil "Hata genellikle fizik sorularını bilmeme ve bildiğim formülleri uygulama yani nerede nasıl kullanacağımı bilmemekten kaynaklanır (K2)" "Fizik problemlerinde nerede neyi kullanacağımı bilmediğimden birçok işlem gerektiğinde çok daha zorlanırım. Ve fiziğe olan önyargımdan dolayı fizikle uğraşmak istemiyorum (K7)" "Çoğu işlemlerde bilgilerim eksik olduğu için zorlanırım (K15)"	12
			İşlemler karmaşık hale gelir "Birden çok işlem olan problemlerde karmaşıklık yaşandığından farklı sonuçlara ulaşmak mümkündür (K21)"	6
	Hayır	9	Teorik bilgim varsa zorlanmam "Konuyu kavramak önemli, konuyu anladığım sürece zorlanmam (K12)"	5
			Zorlanmam "Problem için gerekli olan çözüm yollarını izleyerek yaparım, sonuca ulaşmak zor olmayacaktır (K18)"	4

Tablo 7 incelendiğinde, çalışma grubunda yer alan öğrencilerin tamamının işlemsel fizik problemlerinin çözümünde fizik bilgisinin yanında matematik bilgisinin de yeterli olması gerektiğini düşündükleri görülmektedir. Yine, öğrencilerin tamamı, işlemsel fizik problemlerini doğru çözmek ile matematik bilgisi arasında bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Fizik dersinde işlemlerde hata yapacağını düşünerek sözel konulara daha çok çalışan öğrenci sayısı 9 (%33,3) iken bu soruya hayır diyen öğrenci sayısı 18'dir (%66,7). Öğrencilerin 14'ü (%51,9) işlemsel fizik problemlerini çözerken genellikle işlem hatasından dolayı yanlış sonuca ulaştıklarını belirtmektedir. Ayrıca öğrencilerin 18'i (%66,7) birden çok işlem gerektiren fizik problemlerini doğru sonuca ulaştırmakta zorlanacağını ifade etmiştir. Tablo 7'de yer alan bulgulardan yola çıkarak öğrencilerin fizik bilgisi ile matematik bilgisi arasında bir ilişki kurduklarını ve matematik bilgisi olmadan fizik problemlerini çözmekte zorlanacakları/zorlandıklarını ifade ettiği görülmektedir.

3. 1. 1. 1. 4. Öğrencilerin Fizik Dersinin Öğrenimine ve Öğretimine Yönelik Değerlendirmeleri

Çalışma grubunda yer alan öğrencilerin "Fizik dersine nasıl çalışıyorsunuz?" şeklindeki soru ile fizik dersinin öğrenimine ve "Fizik dersi nasıl anlatılırsa daha iyi

öğrenebilirsiniz?” şeklindeki soru ile fizik dersinin öğretimini kendi bakış açıları ile değerlendirmişlerdir. Fizik dersine çalışırken geliştirdikleri çalışma stratejilerine ve durumlarına yönelik cevapları Tablo 8’de sunulmaktadır.

Tablo 8. Öğrencilerin Fizik Dersine Yönelik Geliştirdikleri Çalışma Stratejileri ve Durumları

Tema	Kodlar	Öğrenci(ler)	Örnek öğrenci ifadeleri
... çalışıyorum	Hocanın notlarını / defteri dikkate alarak	Ö1, Ö3, Ö6, Ö7, Ö16, Ö18	
	Defterdeki soruları çözerek	Ö1, Ö4, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö15, Ö19, Ö21, Ö22, Ö23, Ö25, Ö26, Ö27	
	Farklı kaynaklardan yararlanarak	Ö1, Ö6, Ö11, Ö16	“Dershane kitaplarıma bakarım – Ö6”
	Soru çözerek	Ö1, Ö2, Ö13, Ö14, Ö20, Ö23, Ö24	“Formüllere ağırlık verip soru-örnek çözümlerine bakıyorum Ö14” “Farklı kaynaklardan soru çözerim - Ö14”
	(Renkli) not alarak	Ö6, Ö18, Ö25	“Tek tek not çıkarıyorum. ... yazarak çalışıyorum. ... -Ö25”
	Arkadaşımdan yardım alarak	Ö7, Ö25	“Konuyu bana bir arkadaşım anlatmalı – Ö7”
... çalışmıyorum	İnternetten faydalanarak / Video izleyerek	Ö1, Ö10, Ö11	“... Anlamadığım konularda İnternet’ten video şeklinde dinliyorum ... - Ö11”
	Fizik dersinden korktuğum için	Ö5	“Fizik dersinden korkuyorum Çok fazla formül var ve karıştırıyorum. Tek bir formül olsa ya da birbiriyle bağdaşsa ... bağdaştıramıyorum– Ö5”
	Fizik dersini sevmediğim için	Ö8, Ö17	“... Sevmiyorum. Hem liseden kalma hem de hocalarla yıldırım pek barışmadı bende uzaklaştım – Ö8”
	Fizik dersini başaramadığım için /öğrenmekte güçlük çektiğim için	Ö12	“Fizik alt yapım yok, fizik kavramlarını öğrenmekte sıkıntım var – Ö12”
	Öğretmenin/öğretim elemanının dersi anlatamadığını düşündüğüm için	Ö13	“Hoca bize iyi anlatamıyordu çalışmam geliyor ... - Ö13”

Tablo 8’de görüldüğü gibi, öğrencilerin genellikle fizik dersine hocanın notlarından ya da defterlerinden çalıştıkları; çalışmak için farklı kaynaklara başvurmadıkları görülmektedir. Bu duruma, “Fizik defterimdeki çözdüğüm örnekleri sürekli tekrarlayarak çalışıyorum. Çünkü her seferinde öğrendiğim bir şey oluyor. Fizikte altyapım yok. ... Kavramlarla da sıkıntım var. – Ö12” öğrenci ifadesi verilebilir. Bu öğrencinin ifadesinde de belirttiği gibi, aynı zamanda öğrencilerin birçoğu fizik kavramları hakkında pek fazla bilgiye

sahip olmadıklarını da söylemektedirler. Çalışma sıklığı olarak ise, “Sınavdan birkaç gün önce defterden çalışmıyorum defterden anlamıyorum, İnternet’ten çalışıyordum daha kalıcı oluyor, defterden çalışırken sıkıcı oluyor – Ö10” veya “... Son bir hafta çalışıyorum sınavlarına. Konuya bakıyordum sadece defterden örnek çözüyordum. Ek olarak örnek çözmüyordum. Formüllere bakıyordum. ... - Ö13” ifadelerinden de anlaşıldığı üzere genellikle sınavdan önce fizik dersine çalıştıkları görülmektedir.

Öğrencilerin bir kısmı ise, fizik dersini başaramadığı, sevmediği ya da korktuğu için bu derse çalışmadıklarını ifade etmişlerdir (Tablo 8). “Fizik dersine doğru düzgün çalışmıyorum. Çünkü fizik dersini sevmiyorum. Konunun sözel yerleri anlatılıp formüller veriliyor. ... - Ö17”, “... Kalıp soruları çözebiliyorum farklı soruları çözemiyorum. Konuyu anlıyorum formülleri öğreniyorum soruyu çözmeye gelince sıkıntı yaşıyorum. – Ö24” ve “Fizikle aram olmadığı için sınava yönelik çalışıyorum. Sınava çalışırken derste çözülen soruları sürekli çözüyorum, tekrar ediyorum. – Ö26” bu duruma örnek niteliğindeki öğrenci ifadeleridir. Böyle bir çerçevede “bu öğrencilere nasıl fizik dersini anlatmalıyız?” sorusu akla gelmektedir. Bu soru öğrencilere yönlendirilerek, “fizik dersi daha iyi anlamamız için nasıl işlenmeli” sorulmuştur. Bu soru kapsamında verdikleri cevapları, öğrencilerin fizik dersini nasıl daha iyi kavrayabileceklerine yönelik fizik öğretimini kendi bakış açılarına göre değerlendirmeleri ve konuya yönelik önerileri Tablo 9’da özetlenmiştir.

Tablo 9. Öğrencilerin Fizik Öğretimini Kendi Bakış Açıklarına Göre Değerlendirmeleri ve Konu Anlatımına Yönelik Önerileri

Tema	Kodlar	Öğrenci(ler)	Örnek öğrenci ifadeleri
Konu anlatımına yönelik değerlendirmeler	Konunun çok açık anlatılması	Ö7, Ö12, Ö19, Ö23, Ö24, Ö25	Her kavram açıklanarak ders işlenmeli – Ö12
	Konunun basit / sade anlatılması	Ö3, Ö9, Ö10, Ö14, Ö20, Ö19, Ö22,	Sade ve eğlenceli bir içerik olmalı – Ö3 ... sürekli soru üzerinden gidilip ayrıntıya fazla girmeden, ispata girmeden anlatılması daha zevkli... -Ö10 ... Kafamızı çok fazla karıştırmadan anlatılmalı – Ö9 Basitten karmaşığa doğru adım adım anlatılmalı – Ö19
	Konunun formül üzerinden anlatılması	Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö6, Ö11, Ö17, Ö18, Ö20, Ö21, Ö27	Sadece formüller verilememeli, mantığı anlatılmalı – Ö1 Formülün nereden geldiği anlatılmalı – Ö2 Konuda detaya girilmeden formül verilip anlatılabilir – Ö11 Konu formüller verilerek soru üzerinden anlatılmalı – Ö16
	Günlük hayattan örneklerle yer verilerek konunun anlatılması	Ö13, Ö14, Ö26	İşlemselden çok hangi alanlarda kullanılıyor, nasıl üretiliyor bunları öğrenmem gerektiğini düşünüyorum. ... - Ö26
	Konunun bireye özgü anlatılması	Ö8, Ö14	Benim eksikliklerime göre ders anlatılmalı – Ö8 Teorik bilgiden sonra problem çözülmeli ve gerekirse video izletilmeli – Ö14
	Konunun laboratuvar destekli anlatılması	Ö16,	Fizik dersi uygulama yapılarak laboratuvar destekli işlenmeli – Ö16
	Konunun not tutturularak anlatılması	Ö6,	Konu içerisinde sözel kısımlar varsa not tutturulmalı – Ö6
Soru çözümüne yönelik değerlendirmeler	Soru sayısı	Ö4, Ö17, Ö24, Ö25	Soru çözümü çok olmalı – Ö4
	Soru tipi	Ö5, Ö6, Ö11	Farklı tür soru çözümleri yapılmalı – Ö5 Öğrenci çeşitli soru kalıpları ile karşılaştırılmalı ... Farklı zorluk seviyelerinde sorular olmalı – Ö6

Öğrencilerin fizik dersinin işlenişine yönelik değerlendirmeleri ve öneriler genellikle konu anlatımına yöneliktir (Tablo 9). Öğrenciler, konunun açık, basit, bireye özgü, gerekirse formüller üzerinden ya da laboratuvar destekli anlatılması, günlük hayattan örneklerle yer verilmesi ve not tutturulması ile işlenmesi gerektiğinden bahsetmişlerdir. Bazı öğrenciler ise ders işlenişinde daha fazla sayıda ve farklı tür soruların yer alması gerektiğini belirtmişlerdir.

3. 1. 1. 1. 5. Öğrenme Ortamına Katılacak Öğrencilerin Mezun Oldukları Okul Türü Bilgileri ve Üniversiteye Yerleşme Puanları

Çalışma grubunda yer alan öğrencilerin mezun oldukları okul türü ile ilgili bilgiler aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 10. Öğrencilerin Mezun Oldukları Okul Türü

Mezun oldukları okul türü	Anadolu lisesi	Genel lise	Çok programlı lise	Anadolu teknik lisesi	Kız teknik meslek lisesi	Ticaret meslek lisesi
Öğrenci sayısı	10	9	5	1	1	1

Çalışmaya katılan öğrencilerin önemli bir kısmı Anadolu Lisesi veya genel lise mezunu oldukları görülmektedir. Beş öğrenci çok programlı lise ve 3 öğrenci ise meslek lisesi mezunudur. Çalışma grubunu oluşturan ve 2014-2015 akademik yılında kayıt yaptıran fen bilgisi öğretmenliği birinci sınıf öğrencilerinin üniversiteye giriş puanları Matematik-Fen-2 puan alanından 216,68697 ile 263,90294 arasında değişmektedir (Ayrıntılı bilgi için bkz. Ek-6).

3. 1. 2. Tasarım ve Öncü Analizi

Öğrenme ortamının tasarımı sırasında belirlenen değişkenler üzerinde çalışarak bir önceki aşamada tespit edilen problem durumunu ortadan kaldırmaya odaklanır. Tasarımda en önemli unsur 'öğrenciyi istenilen amaca yönlendirmek maksadıyla değiştirilebilen parametreler kümesi' şeklinde tanımlanan didaktik değişken kavramıdır (Arslan ve Sağlam-Arslan, 2016). Didaktik değişken, bir öğrenme ortamının/problemin gidişatını ve zorluk derecesini değiştirebilecek ve farklı değerler alabilecek nitelikte bir ölçüttür. Didaktik değişkenler, öğrenciye yapılabilecek yardım ve açıklamalar, verilecek yönergeler ile ilişkili olabileceği gibi kullanılacak materyallere yönelik te olabilir. İki tip değişken vardır; genel (makro) ve yerel (mikro) değişkenler. Genel (makro) değişkenler, öğretim mühendisliğinin işleyişini etkileyebilecek nitelikteki değişkenlerdir. Yerel (mikro) değişkenler ise, öğretim mühendisliğinin bir bölümünü etkileyebilecek nitelikteki değişkenlerdir.

a. Hazırlanan öğrenme ortamının genel organizasyonu ile ilişkili olan genel (makro) didaktik değişkenler belirlenmiştir:

i. Genel değişkenlerden biri adidaktik öğrenme ortamının yapısıdır. Öğrenme ortamları tasarlanırken sorumluluk öğretmenden öğrenciye

yüklenmektedir. Öğrenci genel hedeflerden haberdardır. Adidaktik öğrenme ortamının yapısı ve evreleri çerçevesinde katılımcılara yönelik görevler tasarlanmıştır. Bu görevleri sonuca erdirebilecek şekilde kullanılacak bir 'ortam' şekillendirilmiştir. Bunun için, dersler laboratuvarında işlenerek deney malzemelerine rahatça ulaşım fırsatı verilmiştir. Araştırma imkanı sağlamak için laboratuvar ortamına İnternet bağlantısı bulunan bir bilgisayar yerleştirilmiş ve fizik kaynak kitapları getirilmiştir. Öğrencilerin grup içi ve gruplar arası iletişimi sağlanarak fikir alışverişi yapma fırsatı sunulmuştur. Bu sayede öğrenme ortamında yer alan konu ile ilgili farklı görevler ve bu görevlere yönelik çözümler ile ilgili bütün katılımcıların bilgisi olması sağlanmış ve zaman zaman tartışma ortamlarına yer verilmiştir. Sürecin en son aşamasında ise, araştırmacı katılımcıların ifade ettikleri bilgileri toparlamak ve eksik kısımları gidermek amacıyla bir öğretim süreci yürütmüştür.

- ii. Bir diğer genel değişkenimiz ise konuya öğretim süreci içerisinde ayrılan zamandır. Süreci bir zaman zarfında kısıtlamak için, Genel Fizik II dersini yürütmüş ve yürütmekte olan öğretim üyelerine danışılmıştır. Öğretim üyelerinin üzerinde çalışacağımız her bir fizik konusu için ortalama bir hafta süre ayırdıkları gözlenmiştir. Bu sebeple, dersin içeriğini ve öğrencilerin diğer konular ile ilgili öğrenme durumlarını etkilemeyecek şekilde her bir elektrik akımı konusu için bir haftalık ders süreci içinde yürütülebilecek adidaktik öğrenme ortamları tasarlanmıştır.
- iii. Genel değişkenlerden bir diğeri de öğrenme stilleridir. Öğrenme stilleri dikkate alınarak adidaktik öğrenme ortamlarının yapılandırılmasıdır. Öğrenme stillerinin öğrenme ortamına adapte edilmesi sürecinde, ilk önce uygulamanın yürütüleceği katılımcıların hangi tür öğrenme stillerine sahip olduğu belirlenmiştir. Öğrenme stilleri envanteri uygulandıktan sonra, her bir öğrenme stiline sahip katılımcının bulunduğu tespit edilmiş ve öğrenme stillerine yönelik özellikleri içerecek şekilde öğrenme ortamlarının tasarlanmasına gidilmiştir. Öğrencilerin sahip oldukları öğrenme stillerinin değişme durumunun olmaması (Yiğit ve Durukan, 2016) öğrenme ortamları tasarlanırken araştırmacıya zaman kazandırmıştır.

- b. Hazırlanan ortamların yerel organizasyonu (her bir ders/seans) ile ilişkili olan yerel (mikro) didaktik değişkenler belirlenmiştir:

Öğrencilerin sahip olduğu öğrenme stilleri uyarınca teknoloji destekli materyaller (deneylere ait videolar, simülasyonlar kullanma), okuma parçaları (farklı disiplinlerden veya bilim insanlarının çalışmalarından örnekler sunma), problem çözme, düşünce deneyleri için fikir ileri sürme, kavramların tanımlarından ve kavramlar arası ilişkilerden yola çıkarak kavram haritaları oluşturma gibi öğrencilerin bilgilerini ortaya çıkaracak konulara özgü olarak hazırlanan aktiviteler mikro değişkenler olarak kullanılmıştır.

Öncü analizin temel amacı, tasarımda yapılan tercihlerin, belirlenen didaktik değişkenlerin ne derece anlamlı olduğunu, nasıl ve ne oranda öğrenci davranışlarının kontrol etme imkanı sunduğunu göstermektir (Arslan ve Sağlam-Arslan, 2016). Ön hazırlık analizine dayanan öncü analiz, öğrencilerin öğretim uygulamaları esnasında veya problemleri çözerken karşılaşılabilecekleri durumları, muhtemel tercihleri ve zorlukları ön görmeyi de amaçlar. Bu bağlamda, öncü analiz çalışma kapsamında oluşturulmuş birtakım hipotezler üzerinde kurgulanır ve bu hipotezlerin geçerliliği öncü analiz ile uygulama tamamlandıktan sonra yapılan son analiz sonuçları karşılaştırılırken ortaya konulur.

- c. Bu değişkenler bağlamında, tasarlanan adidaktik öğrenme ortamları ve veri toplama araçları için öncü analizler gerçekleştirilmiştir (Öncü analiz için bkz. Ek-7):

Tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarında verilen görevlere yönelik öncü analizler ön uygulama ve pilot uygulama sonuçları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, veri toplama araçları ile ilgili öncü analizler, yine ön uygulama ve pilot uygulama sonuçlarının yanı sıra, uzman görüşleri de dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Bu aşamada, tasarlanan ortama ait genel (makro) ve yerel (mikro) değişkenlerin belirlenmesi ile öğrenme ortamında kullanılması düşünülen materyallerin uygulanması için didaktik değişkenler analiz edilerek öncü analiz gerçekleştirilmiştir.

3. 1. 2. 1. Öğrenme Ortamlarının Değişkenlere Göre Tasarımı

Bu tez çalışması didaktik durumlar teorisinin teorik varsayımları altında öğretim mühendisliği çerçevesinde yürütülmüştür. Öğretim mühendisliği ile yürütülen bir araştırmada üç temel bileşen olmalıdır: epistemolojik bileşen, bilişsel bileşen, didaktik (öğretimsel) bileşen (Artigue, 1990'dan akt., Arslan ve Sağlam-Arslan, 2016; Arzarello ve Bartolini-Bussi, 1998; Maschietto, 2008). Bu bileşenler yapılan tez çalışması kapsamında aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir;

(a) epistemolojik bileşen: Bu bileşen, bilginin değişime açıklığı, gelişimine yönelik karakteristikleri ve şu andaki fonksiyonu ile ilgilidir (Artigue, 1994), diğer bir ifadeyle bilginin doğasına aittir. Elektrik ve manyetizmanın tarihçesi dikkate alındığında, ilk başta iki farklı alan gibi görülse de Faraday'ın çalışmaları ile aralarındaki ilişki ortaya konmuş ve elektromanyetizma ortaya çıkmıştır. Bu çalışmaya katılan öğrenciler 2007 yılında tasarlanıp 2008-2009 yılında ülkemiz genelince uygulamaya konulan fizik dersi öğretim programı çerçevesinde ortaöğretim fizik derslerini almışlardır. Bu öğretim programı çerçevesinde elektrik ve manyetizma konuları kapsamında 9.sınıfta elektrik akımı, potansiyel fark, direnç ve elektrik akımının manyetik etkisi konuları (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2011a); 10.sınıfta elektrostatik ve elektrik devreleri konuları (MEB, 2011b); 11.sınıfta manyetik alan, manyetik alan kaynakları ve elektromanyetik indüklenme konuları (MEB, 2011c); 12.sınıfta alternatif akım, kondansatörler, bobinler, transformatör ve basit elektronik devreler konuları (MEB, 2011d) yer almaktadır. Öğretim programında elektrik ve manyetizma konularının farklı sınıf seviyelerinde bulunması ve sadece belli kavramlar arasında ilişkilerin vurgulanması (doğru akım ve alternatif akım arasındaki ilişki, transformatör ile manyetizma arasındaki ilişki gibi) öğrencilerin elektrik ve manyetizma konuları birbirinden ilişkisiz olarak yorumlamalarına sebep olmuş olabilir. Bununla birlikte, teorik çalışmaların öğretim programına yansıtılma durumu ve yapılan değerlendirmeler (YGS, LYS, KPSS alan sınavı gibi) sonucunda ulaşılan bilgiler, bu konu ve kavramlara yönelik bilgilerin dönüşümü sırasında bir sorun ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bu sebeple, öğrencilerin yükseköğretime geldiklerinde sahip olmaları gereken bilgi içerikleri ile yükseköğretim seviyesinde bu konular/kavramlar için istenilen bilgi tipleri (prakseolojik analiz sonucunda elde edilen talep tipleri için bkz. Ek-2) bu çalışmanın epistemolojik bileşenleri olarak ifade edilebilir.

(b) bilişsel bileşen: Bu bileşen, kavramsallaştırma ve öğrenme süreçlerine dair daha önce yapılan çalışmalara odaklanarak öğretim yapılması hedeflenen katılımcıların durumu ile ilişki kurulmasına yardımcı olur (Artigue, 1994; Maschietto, 2008). Yapılan araştırmalar ile öğrencilerin elektrik ve elektrik akımı ile ilgili bilgilerinde eksiklikler olduğunu göstermektedir. Örneğin, öğrencilerin elektrik akımı ile ilgili farklı alternatif kavramlar içeren zihinsel modellere sahip olduğu görülmektedir (Borges ve Gilbert, 1999; Çepni ve Keleş, 2006). Bu alternatif kavramlardan birine, Yeşilyurt (2006) çalışmasında elde ettiği bulgu örnek olarak verilebilir. Bu çalışmada, konunun anlatımından sonra, konunun

derinleştirilmesi amacıyla bir elektrik devresi oluşturularak ampulün yanması sağlanmıştır. Ardından öğrencilerin akımı tarif etmeleri ve yönünü çizmeleri istenmiştir. Birçok öğrenci akımın yönü hakkında (+) ve (-) kutupların her ikisinden lambaya doğru bir akım olduğunu ifade ettikleri tespit edilmiştir. Bu durum, öğrencilerin çarpışan akımlar modeline (ampulün yanması için, her iki telden akım geçerek ampulde çarpışır ve ampul yanar) sahip olmasından kaynaklandığı görülmektedir. Öğrencilerin teorik bilgileri ifade etmekte zorlandıklarının yanı sıra, pratik bilgilerinin yetersiz olduğu şeklinde de yorumlanabilir. Öğrencilerin teorik ve pratik bilgiler arasındaki geçişlerde de öğrencilerin sıkıntılar yaşadıkları görülmektedir. Bir öğrencinin elektrik akımının tanımını yapabilirken, elektrik akımı oluşturabilecek bir devre kuramaması bu duruma örnek olarak verilebilir. Bu duruma bir başka örnek olarak, Ezberci, Kurnaz ve Bayri (2015) çalışmasında ulaştığı sonuçlar verilebilir. Bu çalışmada, elektrik konusundaki bir bilginin sunumu sırasında öğrencilerin kullandıkları farklı gösterim türleri arasındaki geçişlerin yeterli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sebeple, gerek ön analizler sonucuyla aynı seviyedeki öğrencilerin konu ve kavramlar açısından sahip oldukları bilgilerin belirlenmesi ve gerek konu ve kavramlara dair literatürde daha önce yapılan çalışmaların sonuçlarından yararlanılması bu çalışmanın bilişsel bileşenleri olarak ifade edilebilir.

- (c) didaktik (öğretimsel) bileşen: Bu bileşen, çalışmanın yapıldığı alan/konu ile ilişkili alanlar/konular dikkate alınarak öğretimin yürütüleceği sürece odaklanır (Artigue, 1994) ve öğretimsel mühendisliğin süreç içerisindeki yapılandırılması ile ilgilenir (Maschietto, 2008). Elektriğin keşfi ve elektrik akımlarının açıklanması birbirinden farklı olgularmış gibi görünmekte, öğrenciler özellikle elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akımda formüllere boğularak bu formüllerin kullanımını öğrenmeye çalışmaktadır. Bu sebeple, bu konuların öğrenciler tarafından oldukça zor olarak algılandığı düşünülmektedir. Benzer bir durum, Aycan ve Yumuşak (2003) ile Yeşilyurt (2006)'nın çalışmalarında da ifade edilmiştir. Literatürde de ifade edildiği gibi, elektrik devreleri öğrencilerin öğrenmekte güçlük yaşadıkları soyut bir konulardan biridir (Carlton, 1999). Bununla birlikte, daha kompleks olan elektromanyetizma konularına yönelik benzer görüşte oldukları görülmektedir: "...Bazen elektromanyetik indüksiyon çok soyut gelebiliyor" (Yiğit, 2004). Lisans düzeyindeki öğrencilerin de elektrik konularının soyut ve karmaşık olması sebebiyle konu ile ilgili deneyleri yapmakta sıkıntılar yaşadıkları belirlenmiştir (Çelik, Pektaş ve Demirtaş, 2012; Ulukök vd., 2013). Bu sebeple, öğretim mühendisliği çerçevesinde ön analizlerin yapılması, didaktik

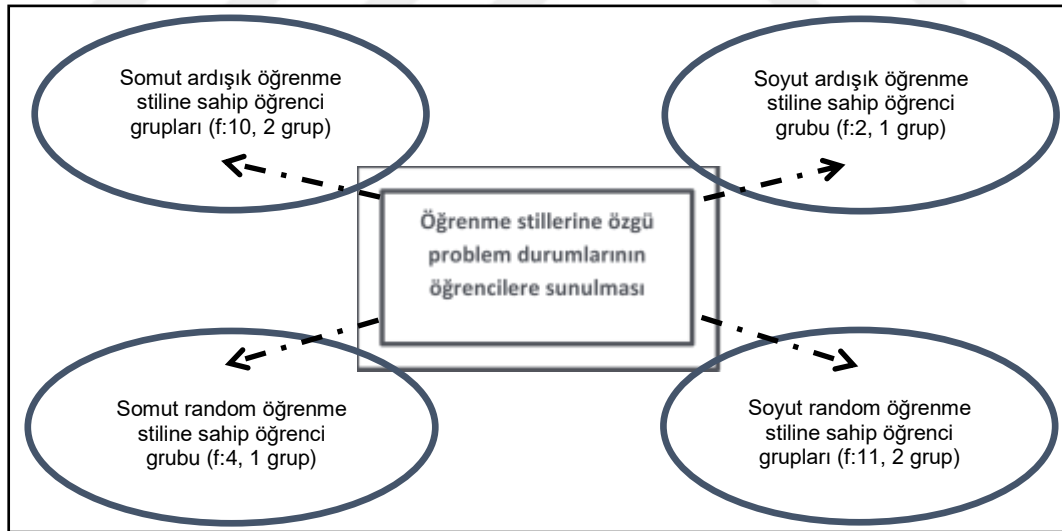
öğrenme ortamları tasarlanması ve öncü analizlerinin yapılması ve tasarım sürecinde öğrencilerin sahip oldukları öğrenme stillerinin öğrenme ortamını zenginleştirilmesi amacıyla kullanılması bu çalışmanın didaktik (öğretimsel) bileşenleri olarak ifade edilebilir.

Yapılan tez çalışması için geliştirilecek öğrenme ortamlarının tasarımının sırasında bu bileşenlere yönelik ortaya çıkan ve yukarıda açıklanan durumlar göz önüne alınmıştır. Adidaktik öğrenme ortamlarının hazırlanma süreci ve öğrenme stillerine göre hazırlanan etkinliklerin tasarımı, için yapılan çalışmalara bu başlık altında yer verilmiştir.

3. 1. 2. 2. Adidaktik Öğrenme Ortamları

Bu çalışmada Guy Brousseau tarafından ileri sürülen didaktik durumlar teorisi çerçevesinde adidaktik öğrenme ortamları tasarlanmıştır. Bu ortamlar, Brousseau (2002)'nin belirttiği beş evre dikkate alınarak hazırlanmıştır. Tasarlanan öğrenme ortamlarının yürütülüşü ve evrelere göre genel yapısı aşağıdaki gibi özetlenebilir.

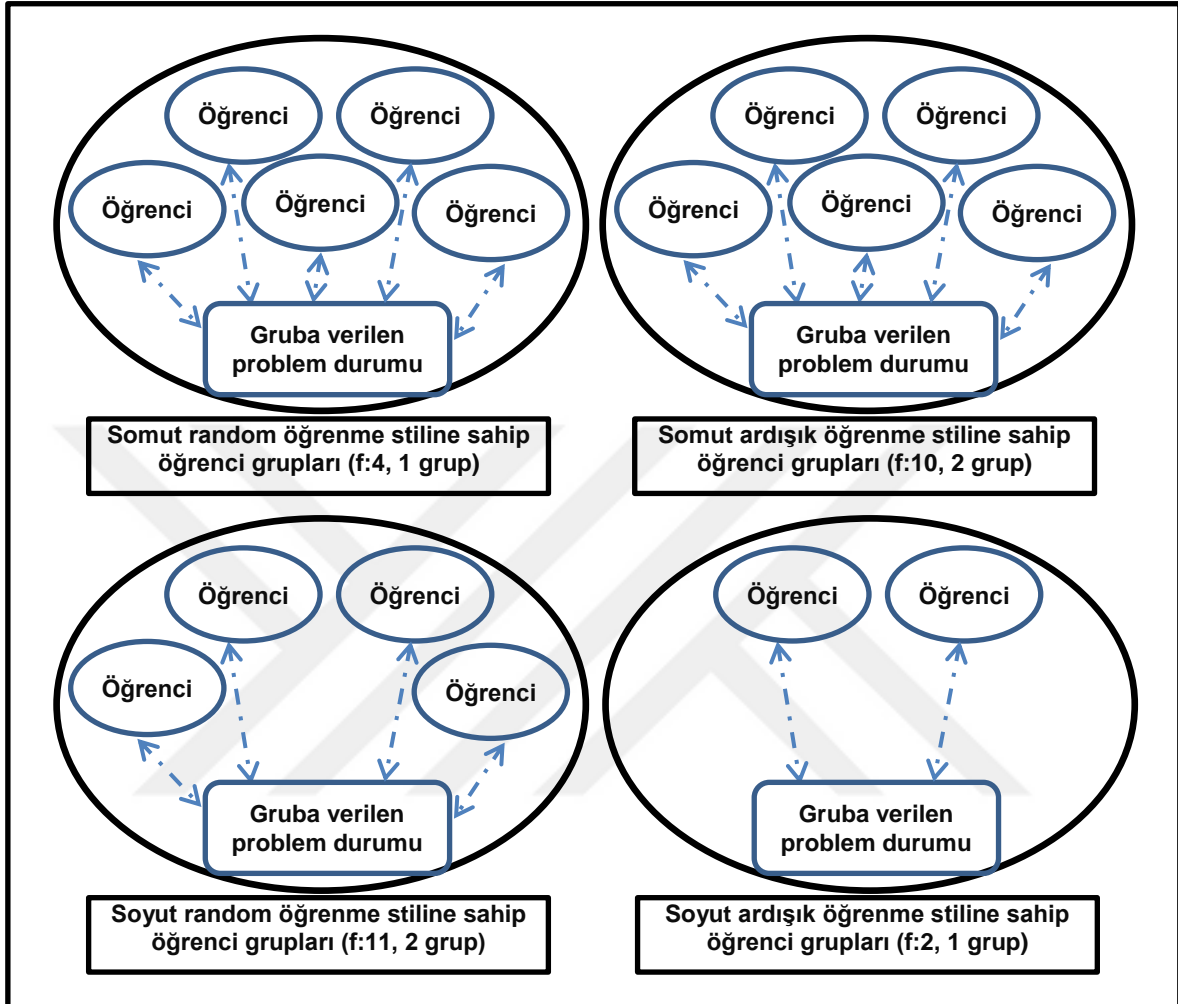
- *Sorumluluk aktarma*: Öğrenciler kendi öğrenme stillerine yönelik hazırlanmış problemler ile tanıştırılmıştır. Öğrencilerden verilen problem durumlarına grup halinde çözüm oluşturmaları istenmiştir.



Şekil 11. Öğrenme ortamında 'sorumluluk aktarma' aşamasının temsili

- *Eylem*: Gruplar problemle baş başa bırakılmıştır. Probleme çözüm arayışı sürecinde istedikleri takdirde deneyler yapabilmeleri için laboratuvar malzemelerine; teorik bilgi arayışları için farklı fizik kaynak kitapları ve İnternet bağlantısı ile her türlü kırtasiye malzemesine ulaşmaları sağlanmıştır. Bu süreç içerisinde araştırmacı gözlemci ve rehber görevlerindedir. Sınıf ortamında

dolaşarak öğrencilerin probleme çözüm üretme süreçlerini gözlemlemiş ve öğrenci sorularına doğru yanıt vermekten kaçınarak onlara sorular sormuştur.



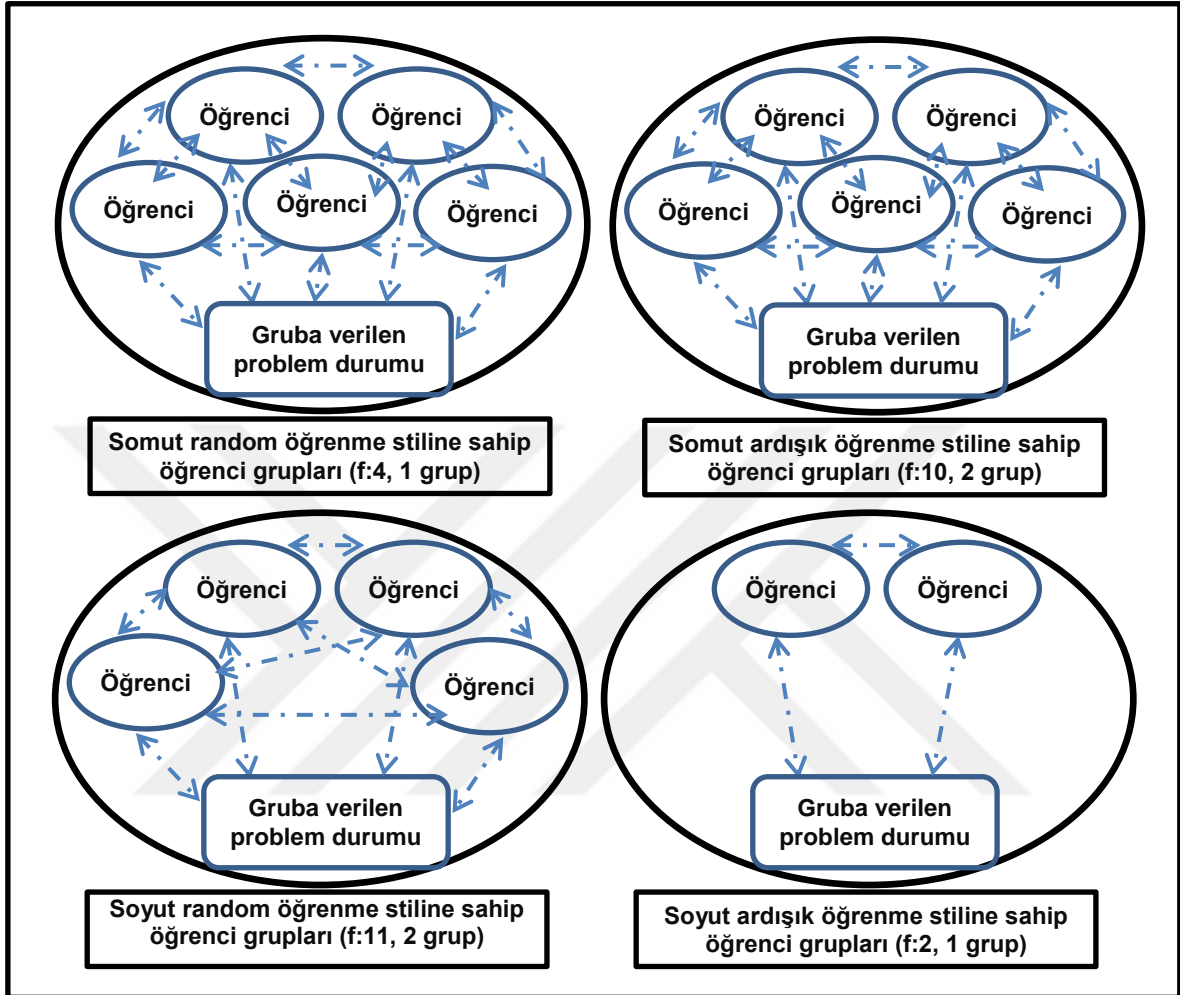
Şekil 12. Öğrenme ortamında 'eylem' aşamasının temsili⁷

- *İfade etme*: Öğrencilerin problemin çözümüne yönelik geliştirdikleri yolları çözümün türüne göre denemelerine fırsat verilmiştir. Örneğin, verilen problem durumuna çözüm olarak bir deney tasarlayan grup deneyin işleyip işlemediğini test etmiş, işlemeyen noktalar olduğunda deneyi düzenleyerek tekrar yapmalarına olanak sağlamış ve deneyin problemin çözümü için uygun olup olmadığı grup içinde tartışılması desteklenmiştir. Bu sayede, grup içinde

⁷ Öğrenci-problem durumu, öğrenci-öğrenci ve öğrenci-öğrenme stili grubu arasındaki etkileşimi gösteren oklar, geri bildirim anlamına gelmektedir.

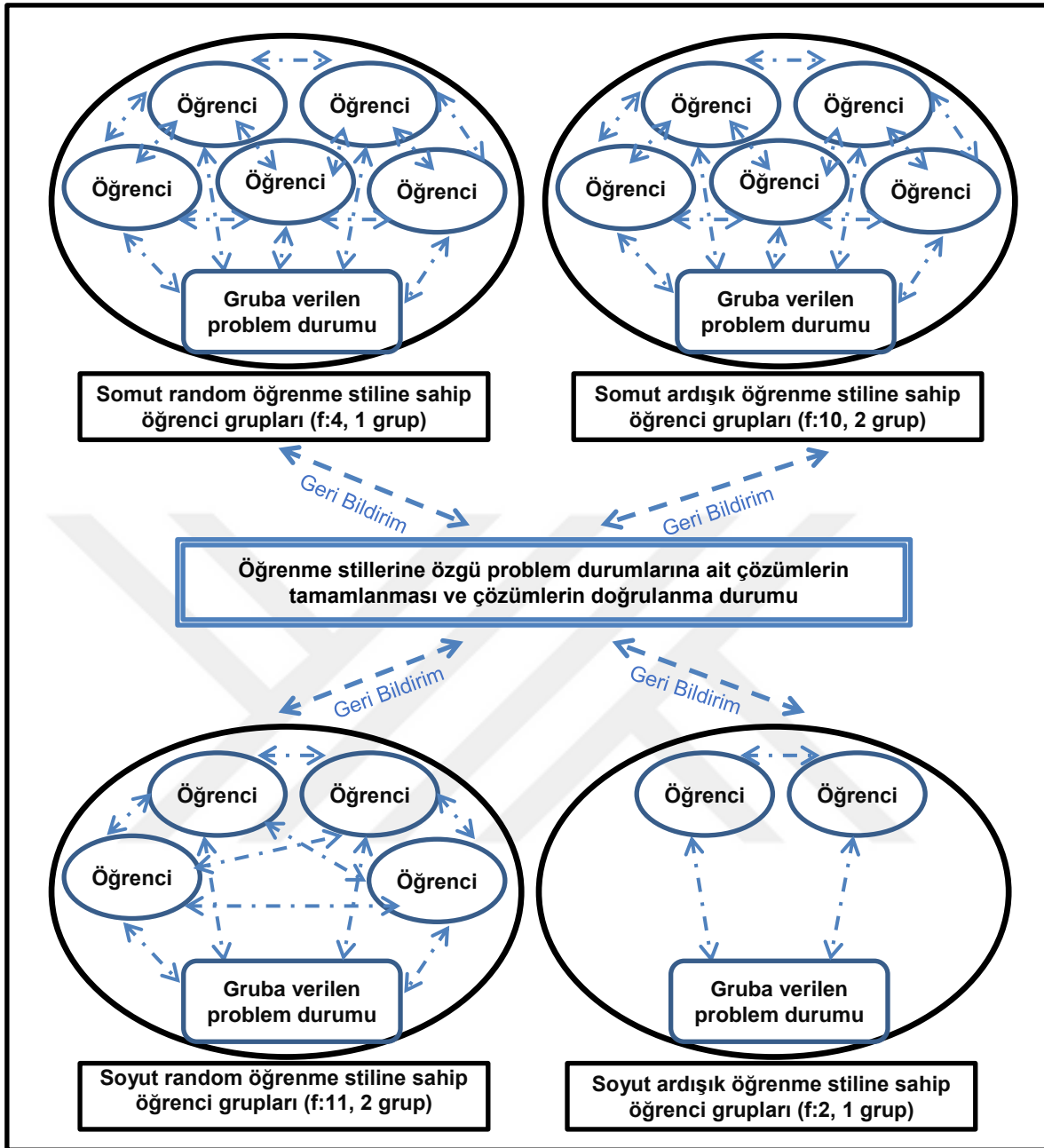


etkileşimleri ile ortak bir çözüme ulaşmaları sağlanmıştır. Bu süreçte araştırmacı yine gözlemci ve rehber görevlerindedir.



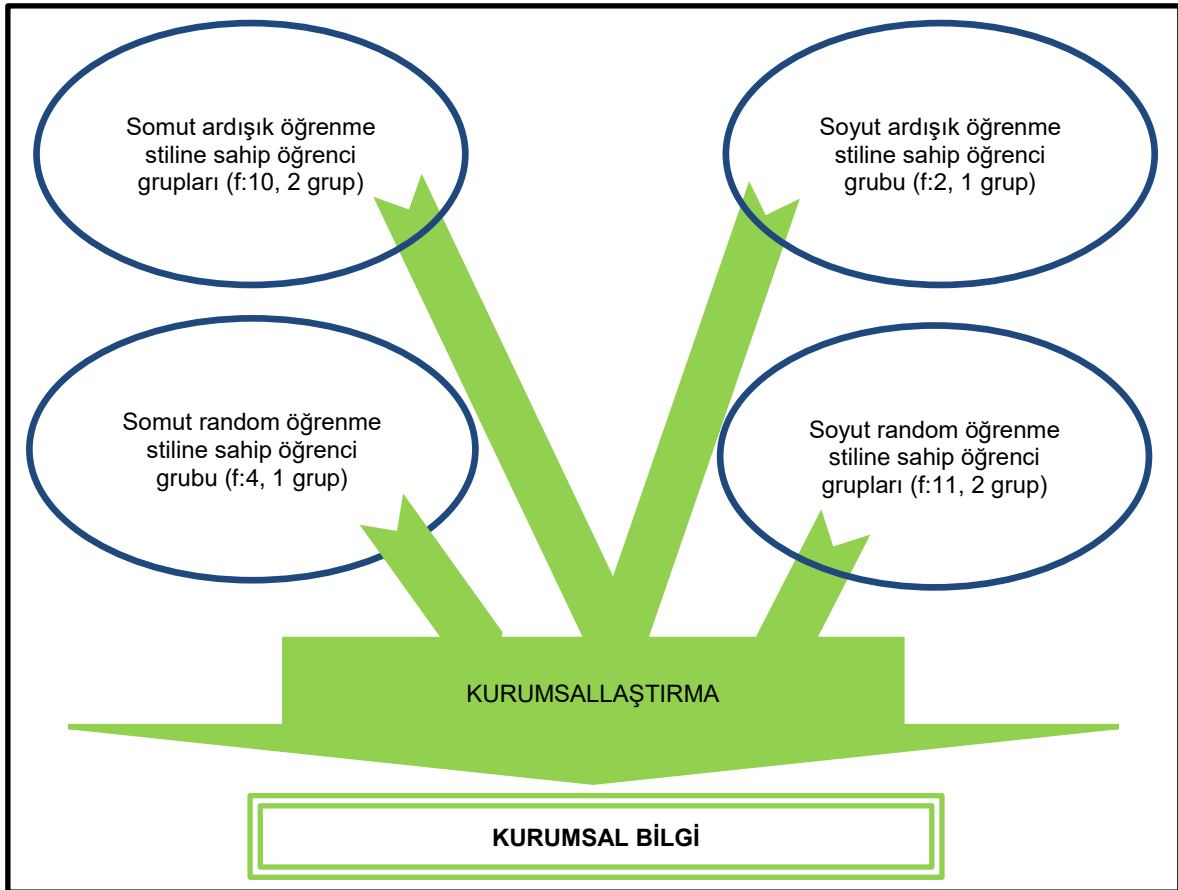
Şekil 13. Öğrenme ortamında 'ifade etme' aşamasının temsili

- **Onaylama:** Öğrencilerin ürettikleri çözümlerin doğruluğu üzerinde araştırma yapmaları ve çözümlerinin kullanılabilirliğini belirlemeleri istenmiştir. Grup çalışmasının sonunda her grup problem durumu ile birlikte oluşturduğu çözümü araştırmacıya ve diğer öğrencilere sunmuştur. Hazırladıkları çözüm için, gerekirse araştırmacı da birkaç noktaya dikkat çekerek küçük bir tartışma ortamı oluşturulmuştur. Bu tartışma süreci içerisinde sunum yapan gruptaki öğrencilerden diğer öğrencileri ikna etmeleri istenmiştir.



Şekil 14. Öğrenme ortamında 'onaylama' aşamasının temsili

- **Kurumsallaştırma:** Bu evrede, öğrencilerin elde ettikleri bilgileri araştırmacı tarafından konu içeriği kapsamında resmileştirilmesi sağlanmıştır. Resmileştirme sürecinde etkinliğin arkasında yatan teorik bilgilerin yanı sıra, uygulama alanlarının ve temel teorik bilgilerinde verildiği araştırmacı tarafından farklı fizik kaynak kitaplarından derlenerek hazırlanan ve öğrencilerin sahip oldukları öğrenme stilleri dikkate alınarak deney videosu, simülasyonlar, okuma parçaları, farklı problem türleri gibi farklı içeriklerle desteklenen ders materyalleri kullanılmıştır.



Şekil 15. Öğrenme ortamında 'kurumsallaştırma' aşamasının temsili

Bu evreler çerçevesinde doğru akım, elektromanyetik indüksiyon (indüksiyon akımı) ve alternatif akım olmak üzere üç ayrı adidaktik öğrenme ortamı hazırlanmıştır.

3. 1. 2. 3. Adidaktik Öğrenme Ortamlarında Yer Alan Etkinliklerin Öğrenme Stilleri Çerçevesinde Tasarımı

Hazırlanan adidaktik öğrenme ortamları, konu içeriğine (doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım) ve öğrencilerin öğrenme stillerine (somut ardışık, somut random, soyut ardışık, soyut random) göre farklılık göstermektedir. Adidaktik öğrenme ortamları tasarlanırken kuramda Brousseau (2002)'nin belirttiği beş evrede öğrenme stillerine hitap eden içeriklere yer verilmeye çalışılmıştır. Problem durumları öğrenme stillerine göre hazırlandığından sorumluluk aktarma evresi her öğrenme stili için farklıdır. Adidaktik öğrenme ortamları için hazırlanan problem durumları kolayca ders kaynaklarından alınıp cevaplanamayacak şekilde tasarlanmıştır. Eylem, ifade etme ve onaylama evreleri hazırlanan problem durumu dahilinde mümkün olduğunca paralel sorular ile yapılandırılmıştır. Adidaktik öğrenme ortamlarının ilk dört evresi (sorumluluk aktarma, eylem, onaylama ve ifade etme) 3-5 kişiden oluşan gruplar

halinde grup çalışmaları ile yürütülmüştür. İlk dört evre için hazırlanan problem durumu ile yönergeler Ek-8'de sunulmuştur. Her bir öğrenme stiline sahip adidaktik öğrenme ortamları aşağıda kısaca tanıtılmıştır:

- Somut ardışık öğrenme stili:

Yaparak yaşayarak öğrenmeyi seven bu öğrenme stiline sahip öğrenciler bilgilerin kendilerine adım adım ve basitten karmaşığa doğru verilmesini istemektedir. Bu öğrenciler için hazırlanan somut ardışık öğrenme stiline dayalı adidaktik öğrenme ortamlarında, Tablo 1'de yer alan öğretimsel özellikler düşünülerek etkinlikler tasarlanmıştır. Somut ardışık öğrenme stiline sahip olan öğrenciler için adidaktik öğrenme ortamı süreci;

- Sorumluluk aktarma

Bu evrede, araştırmacı öğrencilerden verilen konunun açıklamalarını dikkate alarak konu ile ilgili (ders kitaplarından/kaynaklarından farklı olmak üzere) bir deney tasarlanmasına dayanan problem durumu tanıtılır ve öğrencilerin problem durumunu net bir şekilde anlamalarıyla eylem aşamasına geçiş yapılır.

- Eylem

Eylem evresinde, öğrencilerden bir deney tasarımı yaparken izledikleri yolu adımlar halinde açıklamaları istenmiştir. Deney tasarım sürecini açıklarken öğrencilere "Tasarımınızı destekleyen önemli teorik dayanaklarınız ne(ler)dir?" gibi yönlendirme sorular bulunmaktadır. Deney tasarım süreci sonucunda ortaya çıkan deneyi/deneyleri öğrencilerin aynı öğrenme stiline sahip grup arkadaşlarına sunması istenmiştir.

- İfade etme

İfade etme evresinde, öğrencilerin grup içerisinde geliştirdikleri deney tasarımını tartışmaları ve varsa eksikliklerin/hataların giderilmesi sağlamaları istenmiştir. Tasarladıkları deneyler için, deney düzeneğini kurarak deneyin yürüyüp yürümediğini kontrol etmelerini içermektedir. Bu evrenin süreç olarak eylem evresini de kapsadığı düşünülmektedir. Bu durumun sebebi, öğrencilerin deney tasarımını hazırlarken özellikle bu iki aşamada oldukça sık fikir alışverişinde bulunmaları ve deney tasarımının çalışmadığı veya problem durumunun amacına hizmet etmediği tespit edildiğinde deney tasarımının tekrarlanmasıdır.

- Onaylama

Onaylama evresinde, bu öğrenme stiline sahip öğrenciler grupça tasarladıkları deneyi diğer öğrenme stillerine sahip öğrencilere tanıtmakta, deneyi yaparak göstermekte ve ulaştıkları sonuçları paylaşmaktadır. Bu süreçte, öğrenciler birbirlerine soru sorarak veya dönüt vererek çözümlerinin doğruluğunu konusunda birbirlerini ikna etme çabasıdadırlar. Bazı öğrenciler bu süreç sonrasında, çözümlerinin benzer gruplardan

farkını ve diğer gruplardan gelen dönütler sonrasında çözümlerini değerlendirmeleri de istenmiştir.

- Somut random öğrenme stili:

Problemleri çözmeyi, problemlerle ilgili yeni kavram ve bilgiler edinmeyi seven somut random öğrenme stiline sahip olan öğrenciler için adidaktik öğrenme ortamı süreci;

- Sorumluluk aktarma

Bu evrede, araştırmacı öğrencilerden verilen konunun açıklamaları ile ilgili bir düşünce deneyinden yola çıkılarak hazırlanan senaryoyu tanıtır ve öğrencilerin problem durumunu net bir şekilde anlamalarıyla eylem aşamasına geçiş yapılır.

- Eylem

Eylem evresinde, öğrencilerden bu senaryoda yer alan sorunun çözümüne yönelik izledikleri yolu adımlar halinde açıklamaları istenmiştir. Düşünce deneyine ait senaryonun çözüm sürecini açıklarken öğrencilere “Çözümünüzü destekleyen önemli teorik dayanaklarınız ne(ler)dir?” gibi yönlendirme soruları dâbulunmaktadır. Öğrenciler aynı öğrenme stiline sahip grup arkadaşlarına hazırladıkları çözümleri sunar.

- İfade etme

İfade etme evresinde, öğrencilerin grup içerisinde geliştirdikleri çözümleri tartışmaları ve varsa eksikliklerin/hataların giderilmesini sağlamaları istenmiştir. Önerdikleri çözümlerini test etme imkanı verilmiştir. Bu evrenin süreç olarak eylem evresini de kapsadığı düşünülmektedir. Bu durumun sebebi, öğrencilerin çözüm hazırlama sürecinde sıklıkla fikir alışverişinde bulunmaları ve çözümlerini test ederek hatalı çözümlerin düzeltilmeleri ve geliştirilmeleridir.

- Onaylama

Onaylama evresinde, bu öğrenme stiline sahip öğrenciler grupça oluşturdukları çözümü diğer öğrenme stillerine sahip öğrencilere tanıtmakta, çözümlerinin test etme sürecini göstermekte ve ulaştıkları sonuçları paylaşmaktadır. Bu süreçte, öğrenciler birbirlerine soru sorarak veya dönüt vererek çözümlerinin doğruluğunu konusunda birbirlerini ikna etme çabasıdadırlar. Bazı öğrenciler bu süreç sonrasında, çözümlerinin benzer gruplardan farkını ve diğer gruplardan gelen dönütler sonrasında çözümlerini değerlendirmeleri de istenmiştir.

- Soyut ardışık öğrenme stili:

Fikirlere ve kavramlara önem veren ve kitaptan öğrenmeyi seven soyut ardışık öğrenme stiline sahip olan öğrenciler için adidaktik öğrenme ortamı süreci;

- Sorumluluk aktarma

Bu evrede, araştırmacı öğrencilerden verilen konunun açıklamalarına ait konu içeriğini ortaya koyacak/konunun çerçevesini çizecek bir materyal (özet, poster, ...)

hazırlamaları ister ve öğrencilerin istenilen materyalin özelliklerini net bir şekilde anlamalarıyla eylem aşamasına geçiş yapılır.

- Eylem

Eylem evresinde, öğrencilerden hazırlanacak materyal için izledikleri yolu adımlar halinde açıklamaları istenmiştir. Materyalin tasarımını açıklarken öğrencilere “Materyalinizde yer verdiğiniz kavramlar nelerdir? Önemli teorik dayanaklarınız ne(ler)dir?” gibi yönlendirme soruları da bulunmaktadır. Öğrenciler aynı öğrenme stiline sahip grup arkadaşlarına fikirlerini sunarlar.

- İfade etme

İfade etme evresinde, öğrencilerin grup içerisinde hazırladıkları materyal tasarımını tartışmaları ve varsa eksikliklerin/hataların giderilmesini sağlamaları istenmiştir. Tasarlanan materyalde hataların giderilebilmesi için farklı kaynaklara erişimleri sağlanmış ve materyallerinin yapısını/içeriğini test etme imkanı verilmiştir. Bu evrenin süreç olarak eylem evresini de kapsadığı düşünülmektedir. Bu durumun sebebi, öğrencilerin materyali hazırlama sürecinde sıklıkla fikir alışverişinde bulunmalarıdır.

- Onaylama

Onaylama evresinde, bu öğrenme stiline sahip öğrenciler grupça oluşturdukları materyali diğer öğrenme stillerine sahip öğrencilere tanıtmakta ve ulaştıkları sonuçları paylaşmaktadır. Bu süreçte, öğrenciler birbirlerine soru sorarak veya dönüt vererek çözümlerinin doğruluğunu konusunda birbirlerini ikna etme çabasındadırlar. Bazı öğrenciler bu süreç sonrasında, çözümlerinin benzer gruplardan farkını ve diğer gruplardan gelen dönütler sonrasında çözümlerini değerlendirmeleri de istenmiştir.

• Soyut random öğrenme stili:

Olayları ve kavramları düzensiz bir şekilde algılayan ve birden çok duyumsal deneyimlerin bulunduğu ortamlarda öğrenmeyi seven soyut random öğrenme stiline sahip olan öğrenciler için adidantik öğrenme ortamı süreci;

- Sorumluluk aktarma

Bu evrede, araştırmacı öğrencilerden verilen konunun kavramları arasındaki ilişki/ilişkilerin ortaya konması ve bu ilişkiler için en azından bir kavram haritası hazırlamaları ister. Kavram haritalarının görseller gibi farklı içeriklerle zenginleştirilmesinin ucu açık bırakılmıştır. Öğrencilerin kavram haritasının özelliklerini net bir şekilde anlamalarıyla eylem aşamasına geçiş yapılır.

- Eylem

Eylem evresinde, öğrencilerden hazırlanacak kavram haritası için izledikleri yolu adımlar halinde açıklamaları istenmiştir. Kavram haritasının tasarımını açıklarken öğrencilere “Kavram haritanızda yer verdiğiniz kavramlar nelerdir? Bu kavramlar

arasındaki ilişkiye/ilişkilere nasıl ulaştınız?” gibi yönlendirme soruları da bulunmaktadır. Öğrenciler aynı öğrenme stiline sahip grup arkadaşlarına fikirlerini sunarlar.

- İfade etme

İfade etme evresinde, öğrencilerin grup içerisinde hazırladıkları kavram haritalarını tartışmaları ve varsa eksikliklerin/hataların giderilmesini sağlamaları istenmiştir. Hazırlanan kavram haritasındaki hataların giderilebilmesi için farklı kaynaklara erişimleri sağlanmış ve kavram haritasının yapısını/içeriğini test etme imkanı verilmiştir. Bu evrenin süreç olarak eylem evresini de kapsadığı düşünülmektedir. Bu durumun sebebi, öğrencilerin çözüm hazırlama sürecinde sıklıkla fikir alışverişinde bulunmalarıdır.

- Onaylama

Onaylama evresinde, bu öğrenme stiline sahip öğrenciler grupça oluşturdukları kavram haritasını diğer öğrenme stillerine sahip öğrencilere tanıtmakta ve oluşturdukları haritayı paylaşmaktadır. Bu süreçte, öğrenciler birbirlerine soru sorarak veya dönüt vererek çözümlerinin doğruluğunu konusunda birbirlerini ikna etme çabasındadırlar. Bazı öğrenciler bu süreç sonrasında, çözümlerinin benzer gruplardan farkını ve diğer gruplardan gelen dönütler sonrasında çözümlerini değerlendirmeleri de istenmiştir.

İlk dört evrenin ardından, öğrencilerin edindikleri bilgilerin öğretmen tarafından yapılan açıklamalarla resmileşmesi ve bağlamdan çıkarılması sağlanan adidaktik öğrenme ortamının son aşaması bütün öğrenme stillerine sahip bireylerle birlikte yürütülmüştür.

- Kurumsallaştırma

Kurumsallaştırma evresi için, hazırlanan materyallerde bütün öğrenme stili sahiplerine hitap edebilecek aktiviteler yer almaktadır. Her adidaktik öğrenme ortamının sonunda konuya bağlı olarak, farklı öğrenme stillerine hitap edebilecek simülasyon, deney, video, okuma parçası gibi öğelere sahip içeriklerle araştırmacı-öğrenci etkileşimi sağlanarak yürütülmüştür. Kurumsallaştırma aşaması bu materyaller aracılığıyla yürütülmüştür (Materyale ait örnekler için bkz. Ek-9).

Hazırlanan ortamların değerlendirilmesi, pilot çalışma öncesinde bir fizik eğitimi ve bir fen bilgisi eğitimi olmak üzere doktora derecesine sahip iki alan uzmanının görüşleri alınarak yapılmıştır. Uzmanlara materyaller verilerek çalışma hakkında bilgilendirilmiş ve materyalleri incelemeleri için süre verilmiştir. Bununla birlikte, son evrede kullanılan ders materyali için de fizik alanında doktora derecesine sahip bir uzmanın da görüşüne başvurulmuştur. Aynı ayrı ayarlanan görüşmeler ile uzmanların görüş ve dönütleri alınarak pilot çalışma öncesinde gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Bununla birlikte, uzmanların görüş ve önerileri doğrultusunda konu sıralaması doğru akım, elektromanyetik indüksiyon

ve alternatif akım olarak belirlenmiştir. Öğrenme stillerine göre tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının genel nitelikleri Tablo 11’de özetlenerek sunulmuştur.

Tablo 11. Öğrenme Stillerine Göre Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Nitelikleri

Parametreler	Öğrenme stili	Somut ardışık	Somut random	Soyut ardışık	Soyut random
Bilgiyi Algılama yetenekleri	Yaparak yaşayarak keşfederek öğrenme	✓	✓		
	Kavramlara önem verme			✓	✓
	Problem çözme		✓		
	Somut örnek verme	✓			
	Laboratuvar çalışmaları yapma	✓	✓		
	Metin hazırlama			✓	✓
	Kavram yorumlama			✓	
	Görsel araçlar kullanma			✓	✓
Bilgiyi İşleme yetenekleri	Bilgi adım adım verilmeli	✓		✓	
	Bilgi basitten karmaşığa verilmeli	✓		✓	
	Öğrenilecek bilgilerde bir düzen olmamalı		✓		✓
	Örneklerle zenginleştirme	✓			✓

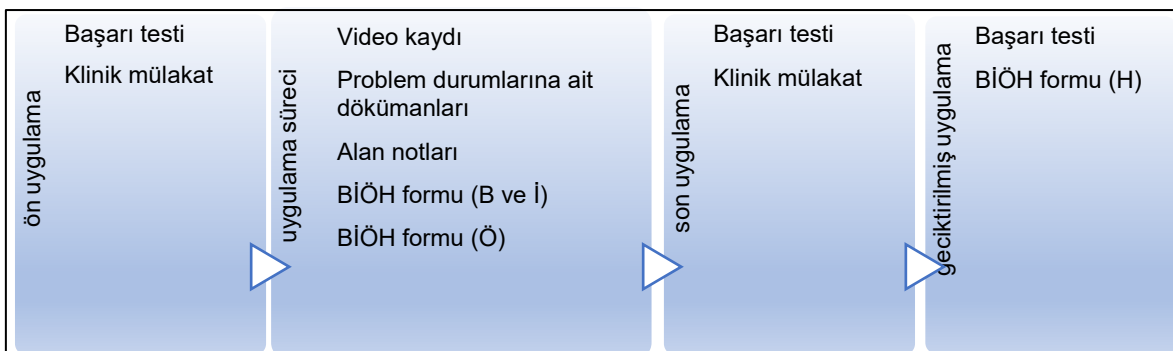
Gregorc öğrenme stilleri bilgiyi algılama ve işleme yetenekleri temel alınarak yapılandırılmıştır. Bu noktada, öğrenme stillerine göre hazırlanan öğrenme ortamlarındaki parametreler bu iki başlık altında sınıflandırılmıştır. Elektrik akımı konuları (doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım) dahilinde Tablo 11’de yer alan parametreler dikkate alınarak her bir öğrenme stiline dair öğrenme ortamları hazırlanmıştır. Bu kapsamda hazırlanan öğrenme ortamları fizik konularından bağımsız olarak ilgili öğrenme stiline ait aynı özellikleri taşımaktadır.

3. 1. 3. Uygulama

Adidaktik öğrenme ortamlarının yürütülmesi ve araştırma problem(ler)i ile ilişkili farklı veri toplama araçlarından veriler elde edilme sürecidir (Şekil 16).

- Adidaktik öğrenme ortamları uygulanmadan önce, adaylara başarı testi ve klinik mülakatların ön uygulaması yapılmıştır.
- Öğrenme stilleri envanteri çalışmanın başında uygulanarak ve öğrenciler sahip oldukları öğrenme stillerine göre gruplanmıştır. Uygulama süresince öğrenciler bu gruplarla aktivitelerini yürütmüşlerdir.

- c. Adidaktik öğrenme ortamları 3 hafta boyunca elektrik akımı konuları dikkate alınarak yürütülmüştür. Ders başlamadan önce Bil-İste-Öğren-Hatırla (BİÖH) formları dağıtılmış, öğrencilere “ne biliyorum?” ve “ne bilmek istiyorum?” kısımları doldurtulmuştur. Sonrasında öğrenme stillerine göre oluşturulmuş öğrenci gruplarına elektrik akımı konusuna göre tasarlanmış problem durumları dağıtılmış ve çözüm üretmeleri beklenmiştir. Gruplar geliştirdikleri çözüm önerilerini sınıfta sunmuş, çözümler tartışılmış ve adidaktik öğrenme ortamının kurumsallaştırma aşaması için öğrenciler hazırlanmıştır. Öğrencilerin elde ettikleri bilgileri video, deney, simülasyon, okuma parçaları, problemler yardımıyla bilimsel anlamda güncelleyerek kurumsallaştırmaları sağlanmıştır. Her bir elektrik akımı konusuna ait öğrenme ortamı sonunda, öğrenciler BİÖH formunun “ne öğrendim?” kısmını doldurmuştur. Adidaktik öğrenme ortamlarının uygulanmasının ardından, adaylara yine başarı testi ve klinik mülakatların son uygulaması yapılmıştır.
- d. Adidaktik öğrenme ortamlarının uygulanmasından yaklaşık 6 ay sonra, adaylara başarı testi ve klinik mülakatlar uygulanarak edinilen bilgilerin kalıcılık durumu tespit edilmiştir. Geciktirilmiş uygulama sırasında ise, BİÖH formunun “ne hatırlıyorum?” kısmı öğrenciler tarafından doldurulmuştur.
- e. Her bir ders/seans sonrasında o günkü uygulama değerlendirilerek uygulamada tespit edilen aksaklıkların giderilmesi amacıyla örnek soru çözümü ve/veya etkinliklere yer verilmiştir. Ayrıntılı bilgi uygulama süreci başlığı altında yer almaktadır.



Şekil 16. Uygulama Süreci ve Verilerin Toplanması

3. 1. 3. 1. Çalışma Grubu

Tez çalışmasının çalışma grubu sırasıyla ilk önce pilot uygulamadaki çalışma grubu sonrasında asıl uygulamadaki çalışma grubu olmak üzere iki aşamada açıklanmıştır.

Öğrenciler çalışmaya gönüllülük esasına dayalı olarak katılmışlardır. Tez çalışmasının yürütülmesi için gerekli izin alınmıştır (Ek-10).

Pilot ve asıl uygulamalardan önce öğrencilere, bu süreçte onlardan beklenenlerin açıklandığı ve çalışma ile ilgili akıllarına gelen sorulara cevap bulabilecekleri bir bilgilendirme toplantısı yapılmıştır. Bu toplantıda, derse devam etmelerinin önemi ve uygulama sürecinin nasıl yürütüleceği ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Ayrıca, uygulama sürecinde video kayıtlarının alınacağı ve çalışma içerisinde bu kayıtlardan nasıl yararlanılacağı açıklanmış ve gerekli durumlarda uygun zamanlar belirlenerek konu ile ilgili mülakatların yapılacağı bildirilmiştir.

3. 1. 3. 1. 1. Pilot Uygulama Çalışma Grubu

Tasarlanan öğrenme ortamlarının pilot uygulaması 2014-2015 akademik yılı bahar döneminde Giresun Üniversitesi Eğitim Fakültesi'nde İlköğretim Matematik Eğitimi Anabilim Dalı'nda öğrenim gören ve Genel Fizik II dersini alan ikinci sınıf öğrencileri ile yürütülmüştür. Genel Fizik II dersini alan toplam 67 öğrenci bulunmaktadır. Pilot uygulamada çalışma grubuyla yapılan uygulamalar ve katılan öğrenci sayısı ile ilgili ayrıntılı bilgi Tablo 12'de sunulmuştur.

Tablo 12. Pilot Çalışmada Yürütülen Etkinlikler ve Öğrencilerin Katılım Durumu

	AÖÖ-1*			AÖÖ-2*			AÖÖ-3*							
	Öğrenme stili envanteri	Başarı testi	Klinik Mülakat	İlk dört evre	Kurumsallaştırma	İlk dört evre	Kurumsallaştırma	Ek-kurumsallaştırma	İlk dört evre	Kurumsallaştırma	Ek-kurumsallaştırma	Ek kısım	Başarı testi	Klinik mülakat
Katılan öğrenci sayısı	60	51	4	41	41	46	39	30	41	33	28	47	32	4

*AÖÖ-1: adidaktik öğrenme ortamı-1; AÖÖ-2: adidaktik öğrenme ortamı-2; AÖÖ-3: adidaktik öğrenme ortamı-3

Ön ve son başarı testi uygulamalarının ikisine de katılan öğrenci sayısı yalnızca 28'dir. Adidaktik öğrenme ortamlarının uygulama seanslarındaki derslerin tamamına katılım göstermesi dikkate alındığında pilot uygulama grubunda yer alacak öğrenci sayısı toplamda 17 olarak belirlenmiştir. Bu öğrencilerin pilot uygulamanın çalışma grubu olarak seçilmesindeki temel neden; öğrenciler arasındaki etkileşimi minimum düzeye indirerek Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı'nda öğrenim gören öğrencilerin uygulama sürecindeki

etkinlikler ve içerik hakkında önceden bilgi edinmemesidir. Bununla birlikte, pilot çalışmada öğrencilerin zihinsel modelleri belirlenmemiş, etkinliklerin, öğrenme ortamının ve veri analizinin işleyip işlemediği üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

3. 1. 3. 1. 2. Asıl Uygulama Çalışma Grubu

Çalışmanın asıl uygulama grubu 2014-2015 akademik yılı bahar döneminde Genel Fizik II ve Genel Fizik Laboratuvarı II derslerini alan Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı birinci sınıf öğrencileridir. Çalışma grubunun asıl uygulamada gerçekleştirilen işlemlere ve uygulama sürecine katılım durumları Tablo 13'te sunulmuştur.

Tablo 13. Çalışma Grubuyla Yürütülen Uygulamalar ve Öğrencilerin Katılım Durumu

				AÖÖ-1**		AÖÖ-2**		AÖÖ-3**								
	Öğrenme stili envanteri	Başarı testi (Ö)*	Klinik mülakat (Ö)*	İlk dört evre	Kurumsallaştırma-1	Kurumsallaştırma-2	İlk dört evre	Kurumsallaştırma-1	Kurumsallaştırma-2	İlk dört evre	Kurumsallaştırma-1	Kurumsallaştırma-2	Ek kısım	Başarı testi (S)*	Klinik mülakat (S)*	Başarı testi (G)*
Katılan öğrenci sayısı	44	39	39	36	37	37	34	38	26	35	23	32	32	37	36	29

* (Ö): ön uygulama; (S): son uygulama; (G): geciktirilmiş uygulama;

**AÖÖ-1: adidaktik öğrenme ortamı-1; AÖÖ-2: adidaktik öğrenme ortamı-2; AÖÖ-3: adidaktik öğrenme ortamı-3

Yukarıdaki tabloda her işleme farklı sayıda öğrencinin katıldığı görülmektedir (Öğrencilerin gerçekleştirilen işlemlere ve uygulama sürecine katılım durumlarıyla ilgili ayrıntılı bilgi Ek-11'de bulunmaktadır). Çalışma grubu belirlenirken, öğrencilerin uygulama süreçlerine katılımları ile ilgili aşağıdaki kriterler esas alınmıştır:

- Öğrenme stili envanterine katılım
- Başarı testinin ve klinik mülakatların ön uygulamasına katılım
- Uygulama seansları sürecinde Genel Fizik II derslerinin %70'ine katılım
- Uygulama seansları sürecinde Genel Fizik Laboratuvarı II derslerinin tamamına katılım
- Başarı testinin ve klinik mülakatların son uygulamasına katılım
- Başarı testinin geciktirilmiş uygulamasına katılım

Bu kriterlerin tamamını sağlayan 27 öğrenci asıl uygulamanın çalışma grubu olarak belirlenmiştir. Adidaktik öğrenme ortamlarına katılacak olan öğrencilerin profillerine

adidaktik öğrenme ortamlarının tasarlanmadan önce gerçekleştirilen ön hazırlık analizleri sürecinde yer verilmiştir (Bkz. 3.1.1. Ön Hazırlık Analizleri başlığı). Ayrıca tez çalışmasına katılan öğrenciler arasından belirtilen şartları/nitelikleri taşımadıkları için araştırmaya dahil edilemeyecek olan öğrenciler çıkarılarak sınıf listesinde yer alan sıralama da dikkate alındıktan sonra Ö1, Ö2, Ö3, ..., Ö27 şeklinde etik ilkeler gözetilerek katılımcılara ait bilgilerin gizli kalması için kodlanmıştır. Bununla birlikte, her araştırma problemine yönelik alıntılama sırasında yapılan kodlamalarda temel kodlama aynı kalmakla birlikte, kodlamalar arasında küçük nüans farkları bulunmaktadır. Bu durum, her araştırma problemine ait başlığın altında detaylıca açıklanmıştır.

3. 1. 3. 2. Uygulama Süreci

Tez çalışmasına ait uygulama süreci, pilot ve asıl uygulama süreci olmak üzere iki başlık altında açıklanmıştır.

3. 1. 3. 2. 1. Pilot Uygulama Süreci

Geliştirilen ortamların pilot uygulaması ilköğretim matematik öğretmenliği öğrencileri ile haftada 4 saat olan Genel Fizik II dersinde yürütülmüştür. Pilot uygulama süreci Tablo 14'te özetlenmektedir.

Tablo 14. Pilot Uygulama Planı ve Süreci

Tarih	Yapılan işlem	Süreçte yapılanlar	Yaklaşık süre
20 Mart 2015	Bilgilendirme toplantısı	Tez uygulama sürecinin tanıtılması, öğrencilerden beklenenlerin belirtilmesi ve öğrenme stilleri envanterinin uygulanması	35-40 dk
20 Mart 2015	Ön uygulama	Başarı testinin uygulanması	35-40 dk
23-24 Mart 2015	Ön uygulama	Klinik mülakatların yürütülmesi	25-30 dk
20 Mart 2015	Ön uygulama	Tutum ölçeklerinin uygulanması	10 dk
24 Mart 2015	AÖO-1 Doğru akım ile ilgili problem durumları	AÖO-1 için ortamın ilk dört evresinin uygulanması	120 dk
25 Mart 2015	AÖO-1 Doğru akım ile ilgili ders içeriği	AÖO-1 için ortamın son evresinin uygulanması	110 dk
31 Mart 2015	AÖO-2 Elektromanyetik İndüksiyon ile ilgili problem durumları	AÖO-2 için ortamın ilk dört evresinin uygulanması	130 dk
1-2 Nisan 2015	AÖO-2 Elektromanyetik İndüksiyon ile ilgili ders içeriği	AÖO-2 için ortamın son evresinin uygulanması	100 +60 dk
7 Nisan 2015	AÖO-3 Alternatif akım ile ilgili problem durumları	AÖO-3 için ortamın ilk dört evresinin uygulanması	120 dk
8-9 Nisan 2015	AÖO-3 Alternatif akım ile ilgili ders içeriği	AÖO-3 için ortamın son evresinin uygulanması	100 +90 dk
14 Nisan 2015	Ek ders içeriği	Farklı türde problem çözümleri	60 dk
27 Nisan 2015	Son uygulama	Başarı testinin uygulanması	50-55 dk
27-28 Nisan 2015	Son uygulama	Klinik mülakatların yürütülmesi	50-55 dk

Pilot uygulamaların yürütülmesi sırasında zaman sıkıntısı ile karşılaşılmış ve öğrencilerle uygun bir zaman ayarlanarak AÖO-2 ve AÖO-3'ün kurumsallaştırma evrelerinin bir kısmı bu ek ders süresinde işlenmiştir (2 ve 9 Nisan 2015). Ayrıca, öğrencilerin isteği üzerine son adidaktik öğrenme ortamının uygulanmasından sonra farklı türde problemlerin ve çözümlerinin yer aldığı bir ek ders daha yapılmıştır. Pilot uygulama sonrasında materyalde ve veri toplama araçlarında yapılan değişiklikler, düzenlemeler ve eklemeler Tablo 15'te sunulmaktadır.

Tablo 15. Pilot Uygulama Sonucu Etkinliklerin Değerlendirilmesi ve Yapılan Değişiklikler

	Pilot uygulama karşılaşılan durumlar	Asıl uygulama için yapılan düzenlemeler	
AÖÖ-1	İlk dört evre	<ul style="list-style-type: none"> Öğrencilerin devre elemanlarını ifade edebilme, devrede tanıyabilme ve devredeki görevini bilme konularında sıkıntı yaşadıkları görülmüştür. Soyut random öğrenme stiline sahip öğrenciler için verilen kavramlar arasında ilişki kurmakta güçlük yaşamışlardır. Soyut ardışık öğrenme stiline sahip öğrenciler için konu ile ilgili hazırlanacak materyal özet olarak sınırlandırılmıştır. Öğrencilerin genlik ve şiddet kavramlarını karıştırdıkları görülmüştür. 	<ul style="list-style-type: none"> Bu AÖÖ'nün kurumsallaştırma kısmında kullanılan materyale devre elemanları ile ilgili bir bölüm eklenmiştir. Soyut random öğrenme stiline sahip öğrenciler için örnek olarak bir kavram haritası (sistemler ile ilgili) verilmiştir. Bu sınırlandırma kaldırılarak konuyu özetleyecek bir poster vb şeklinde de materyal hazırlayabilecekleri belirtilmiştir. Soyut random öğrenme stiline sahip öğrencilere verilen kavramlar arasında şiddet kavramı eklenmiştir.
	Kurumsallaştırma evresi	<ul style="list-style-type: none"> Dirençlerin seri ve paralel bağlanması ile ilgili deneyi yaparken, devreyi bağlama sorunları yaşandığı görülmüştür. Kurumsallaştırma evresi için sürenin kısıtlı olduğuna karar verilmiştir. 	<ul style="list-style-type: none"> Deney kılavuzunda yer alan devre şemalarına, devre bağlantılarının daha kolay yapılabilmesi için harflendirme yapılmıştır. Kurumsallaştırma evresi süre olarak genişletilmiştir.
AÖÖ-2	İlk dört evre	<ul style="list-style-type: none"> Soyut random öğrenme stiline sahip öğrenciler için örnek olarak verilen kavram haritası (sistemler ile ilgili) karmaşık olduğu belirtilmiştir. 	<ul style="list-style-type: none"> Örnek olarak verilen kavram haritasının karmaşık olarak nitelendirilmesi gerekçesiyle farklı bir kavram haritası (kuvvet ile ilgili) eklenmiştir.
	Kurumsallaştırma evresi	<ul style="list-style-type: none"> Öğrencilerin Lenz kanununu kavrama ve zihinlerinde canlandırma konusunda güçlük çektikleri tespit edilmiştir. Özindüksiyon ile ilgili verilen örnekte, birkaç formül kullanılarak elde edilen ve sorunun çözümünü içeren bağlantının anlaşılacağı ve örnek çözümünün öğrencilerin anlaması için zor olduğu görülmüştür. Kurumsallaştırma evresi için sürenin kısıtlı olduğuna karar verilmiştir. 	<ul style="list-style-type: none"> Bu AÖÖ'nün kurumsallaştırma kısmında kullanılan materyale Lenz kanununa ait deney videoları eklenmiştir. Özindüksiyon akımı ile ilgili bahsedilen örnek yerine daha net anlaşılacak bir örnek eklenmiştir. Kurumsallaştırma evresi süre olarak genişletilmiştir.
AÖÖ-3	İlk dört evre	<ul style="list-style-type: none"> Soyut random öğrenme stiline sahip öğrenciler için örnek olarak verilen kavram haritası (sistemler ile ilgili) karmaşık olduğu belirtilmiştir. 	<ul style="list-style-type: none"> Örnek olarak verilen kavram haritasının karmaşık olarak nitelendirilmesi gerekçesiyle farklı bir kavram haritası (kuvvet ile ilgili) eklenmiştir.
	Kurumsallaştırma evresi	<ul style="list-style-type: none"> Öğrencilerin alternatif akımı yapılan deneyde hatalı gözlemler yaptıkları görülmüştür. Alternatif akımı sadece negatif gerilimde gözleyebilecekleri gibi bir durum meydana gelmiştir. İletken tel çerçevenin dönmesi sırasındaki manyetik alan ile ilişkisini gösteren şekil ve grafik net olarak anlaşılacağı tespit edilmiştir. Kurumsallaştırma evresi için sürenin kısıtlı olduğuna karar verilmiştir. 	<ul style="list-style-type: none"> Bu AÖÖ'nün kurumsallaştırma kısmında kullanılan materyalde bulunan videonun yanısıra bir de alternatif deneyi eklendi. Öğrencilerin alternatif akımın değişken yapısını, ampermetredeki akım değişimleri ile gözlemlemesi sağlanmıştır. Bahsedilen grafik düzenlenerek elektromotor kuvvet (ϵ) ve manyetik akı (Φ_B) değişkenleri üzerinden ifade edilmiştir. Kurumsallaştırma evresi süre olarak genişletilmiştir.
Veri toplama araçları	Eklenen kısımlar	<ul style="list-style-type: none"> Öğrencilerin ihtiyacı üzerine farklı problem türlerini ve çözümlerini içeren bir ek ders düzenlenmiştir. 	<ul style="list-style-type: none"> Pilot uygulamada ortaya çıkan ek ders ihtiyacı, hazırlanan problemlerin asıl uygulamada konu sorularına eklenmesiyle giderilmiştir. Bu problemler, her üç AÖÖ içinde eklenmiştir.
	Başarı testi	<ul style="list-style-type: none"> Akım türlerine ait sorular öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkarmıştır. İndüksiyon akımında manyetik akı ve manyetik alan ilişkisi var olan sorulardan tespit edilememiştir. Akım türlerini açıklarken birbirinden net olarak ayıramadıkları durumlar (Soru no. Grid) ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte başarı testinden bazı sorularda çıkarılmıştır. Bu sorular özindüksiyon gibi konuları ele almaktadır. Başarı testinde yer alan "İndüksiyon akımı ile alternatif akımı" arasındaki ilişki sorgulayan soru net cevaplar alınmadığı için başarı testinden çıkarılmıştır. 	<ul style="list-style-type: none"> Veri analizi sırasında akım türlerini daha iyi anlamlandırabilmek için elektrik akımı kavramını ifade etmeleri istenen bir soru eklenmiştir (Soru no.1). Manyetik alan, manyetik akı ve indüksiyon emk'sı arasındaki ilişkiyi daha net ortaya çıkarabilecek iki soru eklenmiştir (Soru no. 28-29). Elektrik akımı konuları arasındaki ilişkiyi ortaya koymaları istenen açık uçlu bir soru eklenmiştir (Soru no.36). 30 sorudan oluşan başarı testi yapılan değişikliklerle 36 soru olarak son halini almıştır.
	KWL(R) formu		<ul style="list-style-type: none"> Veri toplama araçlarının arasına KWL(R) formu eklenmiştir. Bu sayede öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerinin farkına varmaları, diğer bir ifadeyle özdeğerlendirme yapabilmeleri için bir adım atılmıştır.

Pilot uygulama sırasında öğrencilerin isteği üzerine farklı problem türlerini ve çözümlerini ile yapılan ek dersin içeriği daha sonra asıl uygulamada konu sonu sorularına eklenmiştir (Pilot çalışmaya katılan öğrencilerin konular ile ilgili anlama seviyelerine ait bulgular için Ek-12'ye bakınız).

3. 1. 3. 2. 2. Asıl Uygulama Süreci

Uygulama süreci öncesinde öğrencilerden beklenenler ve sürecin içeriği hakkında kısa bir bilgilendirme toplantısı yapılmıştır. Çalışmanın uygulama süreci her bir elektrik akımı konusuna ait adidaktik öğrenme ortamı için 1 hafta olmak üzere toplam 3 hafta sürmüştür. Adidaktik öğrenme ortamı-1 (AÖÖ-1) doğru akım; adidaktik öğrenme ortamı-2 (AÖÖ-2) elektromanyetik indüksiyon ve adidaktik öğrenme ortamı-3 (AÖÖ-3) alternatif akım ile ilişkilidir. Adidaktik öğrenme ortamını oluşturan beş evre, Genel Fizik II ve Genel Fizik Laboratuvarı II dersleri içerisinde yürütülmüştür. Bu bağlamda, sorumluluk aktarma, eylem, ifade etme ve onaylama evreleri öğrencilerin 'ortam' ile etkisini de düşünülerek Genel Fizik Laboratuvarı II dersinde; öğrencilerin edindiği bilgilerin resmileşmesini sağlayan kurumsallaştırma evresi ise Genel Fizik II dersinde yürütülmüştür. Her bir öğrenci için Genel Fizik Laboratuvarı II dersi haftada 2 saat (120 dk); Genel Fizik II dersi haftada 4 saat (240 dk)dir. Adidaktik öğrenme ortamlarının tamamı fizik laboratuvarında yürütülmüştür. Dersi yürüten araştırmacı sınıf ortamına üniversiteye yönelik farklı kaynak kitapların yanı sıra birkaç üniversiteye hazırlık fizik kitabı da getirmiştir. Bununla birlikte, sınıfa bir diz üstü bilgisayar ve İnternet bağlantısı getirerek isteyen öğrencilerin yararlanmasını sağlamıştır. İlk dört evre sırasında öğrenciler serbest bırakılmış ve istedikleri deney malzemelerine ulaşabilmeleri için diğer laboratuvar sınıflarına da erişimlerine yardımcı olunmuştur. Bununla birlikte, sınıf ortamında yapacakları sunumlarda kullanabilecekleri kırtasiye malzemesi ihtiyacı da giderilmiştir. Öğrenciler öğrenme stillerine göre 3-5 kişilik gruplar oluşturmuşlar ve çalışmalarını birlikte yürütmüşlerdir. Son evre olan kurumsallaştırma evresinde ise gruplar kurulmadan normal sınıf düzenine geçilmiştir.

Öğretim mühendisliğinden uygulama süreci boyunca öğrenme ortamındaki pratiklerden yola çıkılarak tespit edilen eksikliklerin giderilmesine imkân veren bir araştırma yaklaşımı olarak faydalanılabilir (Artigue, 2014; Kurnaz, 2011). Öğretim mühendisliği ile yürütülen tez çalışmasının asıl uygulaması sırasında öğrencilerin ön bilgilerinin etkisinde kalarak elektromanyetik indüksiyon ile akım oluşumunu, elektromıknatıslık durumu ile karıştırdıkları belirlenmiştir. Bu durumun önüne geçilmesi için, bir etkinlik hazırlanmıştır (Bu etkinlik Ek-13'te yer almaktadır). Pilot uygulama süreci Tablo 16'da özetlenmektedir.

Tablo 16. Asıl Uygulama Planı ve Uygulama Süreci

Tarih	Yapılan işlem	Süreçte yapılanlar	Yaklaşık süre	Ders
20 Ocak 2015	Bilgilendirme toplantısı	Tez uygulama sürecinin tanıtılması, öğrencilerden beklenenlerin belirtilmesi ve öğrenme stilleri envanterinin uygulanması	35-40 dk	Genel Fizik I
		Tutum ölçeklerinin uygulanması	10 dk	
28 Nisan 2015	Ön uygulama	Başarı testinin uygulanması	25-30 dk	Genel Fizik Laboratuvarı II
28 Nisan-8 Mayıs 2015	Ön uygulama	Klinik mülakatların yürütülmesi	25-30 dk	---
11 Mayıs 2015	AÖO-1 Doğru akım ile ilgili problem durumları	BIÖH formlarının ilk iki sorusunun doldurulması AÖO-1 için ortamın ilk dört evresinin uygulanması	10 dk 110 dk	Genel Fizik Laboratuvarı II
12 Mayıs 2015	AÖO-1 Doğru akım ile ilgili ders içeriği	AÖO-1 için ortamın son evresinin uygulanması	120 dk	Genel Fizik II
14 Mayıs 2015	AÖO-1 Doğru akım ile ilgili ders içeriği	AÖO-1 için ortamın son evresinin uygulanması BIÖH formlarının üçüncü sorusunun doldurulması	110 dk 10 dk	Genel Fizik II
18 Mayıs 2015	AÖO-2 Doğru akım ile ilgili problem durumları	BIÖH formlarının ilk iki sorusunun doldurulması AÖO-2 için ortamın ilk dört evresinin uygulanması	10 dk 110 dk	Genel Fizik Laboratuvarı II
21 Mayıs 2015	AÖO-2 Doğru akım ile ilgili ders içeriği	AÖO-2 için ortamın son evresinin uygulanması	120 dk	Genel Fizik II
26 Mayıs 2015	AÖO-2 Doğru akım ile ilgili ders içeriği	AÖO-2 için ortamın son evresinin uygulanması BIÖH formlarının üçüncü sorusunun doldurulması	110 dk 10 dk	Genel Fizik II
25 Mayıs 2015	AÖO-3 Doğru akım ile ilgili problem durumları	BIÖH formlarının ilk iki sorusunun doldurulması AÖO-3 için ortamın ilk dört evresinin uygulanması	10 dk 110 dk	Genel Fizik Laboratuvarı II
27 Mayıs 2015	AÖO-3 Doğru akım ile ilgili ders içeriği	AÖO-3 için ortamın son evresinin uygulanması	120 dk	Genel Fizik II
28 Mayıs 2015	AÖO-3 Doğru akım ile ilgili ders içeriği	AÖO-3 için ortamın son evresinin uygulanması BIÖH formlarının üçüncü sorusunun doldurulması	110 dk 10 dk	Genel Fizik II
1 Haziran 2015	Ek ders içeriği	Elektromıknatıslık nedir?	60 dk	Genel Fizik Laboratuvarı II
4 Haziran 2015	Son uygulama	Başarı testinin uygulanması	50-55 dk	Genel Fizik II
11-25 Haziran 2015	Son uygulama	Klinik mülakatların yürütülmesi	50-55 dk	---
10 Aralık 2015	Geciktirilmiş uygulama	Başarı testinin uygulanması BIÖH formlarının son sorusunun doldurulması	55-60 dk	Genel Biyoloji Laboratuvarı I

İkinci adidaktik öğrenme ortamının son evresinin işlendiği derslerden biri resmi tatile (19 Mayıs 2015) denk geldiği için öğrencilerle görüşülerek ders programlarının izin verdiği

27 Mayıs 2015 tarihinde bir telafi dersi yapılmıştır. Telafi dersi yapılan kadar teorik içerik açısından konu sırası bozulmamıştır (Tablo 16).

3. 1. 3. 3. Veri Toplama Araçları ve Verilerin Toplanması

Bu tez çalışmasında veriler başarı testi, klinik mülakat, video kayıtları, problem durumlarına ait dokümanlar ve alan notları ile BİÖH formları aracılığıyla toplanmıştır. Başarı testi ve klinik mülakatlar öğrencilerin konu ile ilgili bilgilerini ve zihinsel modellerini belirlerken, öğrenme ortamlarına ait doküman ve video kayıtları öğrencilerin bilgi ve zihinsel model gelişimlerini takip ederken, BİÖH formları öğrencilerin kendi öğrenme durumlarını değerlendirirken kullanılmıştır. Tablo 17’de araştırma problemlerine cevap verebilmek için kullanılan veri toplama araçları sınıflandırılmış olarak sunulmuştur.

Tablo 17. Çalışma Kapsamında Kullanılan Veri Toplama Araçlarının Araştırmanın Alt Problem Durumları ile İlişkisi

Araştırmanın Alt Problem Durumları	Veri Toplama Araçları
Alt Problem Durumu 1. Öğrenme stiline dayalı adidaktik öğrenme ortamlarının öğrencilerin anlama seviyelerinin gelişimi ve değişimi üzerindeki etkisi	<ul style="list-style-type: none"> • Başarı testi • Klinik mülakatlar
Alt Problem Durumu 2. Öğrenme stiline dayalı adidaktik öğrenme ortamlarının öğrencilerin akademik başarı puanlarının gelişimi ve değişimi üzerindeki etkisi	<ul style="list-style-type: none"> • Başarı testi • Klinik mülakatlar
Alt Problem Durumu 3. Öğrenme stiline dayalı adidaktik öğrenme ortamlarının öğrencilerin zihinsel modellerinin gelişimi ve değişimi üzerindeki etkisi	<ul style="list-style-type: none"> • Başarı testi • Klinik mülakatlar
Alt Problem Durumu 4. Öğrenme stiline dayalı adidaktik öğrenme ortamlarının öğrencilerin alternatif kavramlarının gelişimi, değişimi ve giderilmesi üzerindeki etkisi	<ul style="list-style-type: none"> • Başarı testi • Klinik mülakatlar • BİÖH formları
Alt Problem Durumu 5 (1). Öğrenme stiline dayalı adidaktik öğrenme ortamlarındaki öğrenme sürecinin incelenmesi	<ul style="list-style-type: none"> • Problem durumuna ait grup dokümanları • Video kayıtları • Sınıf içi alan notları
Alt Problem Durumu 5 (2). Öğrenme stiline dayalı adidaktik öğrenme ortamlarının uygulama sürecinde öğrencilerin kendilerine ve sürece yönelik değerlendirmeleri	<ul style="list-style-type: none"> • BİÖH formları • Klinik mülakatlar

Başarı testi ve klinik mülakat öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamları uygulamalarının öncesinde ve sonrasında uygulanmıştır. BİÖH formları, problem durumunu çözüme ait dokümanlar, grup videoları ve ders kayıt videoları tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının yürütülmesi sırasında kullanılmıştır. Araştırma süreci içerisinde veri toplama araçlarının kullanımları Tablo 18’de özetlenmiştir.

Tablo 18. Araştırma Süreci İçerisinde Veri Toplama Araçlarının Kullanım Durumları

Veri toplama aracı	Araştırma süreci			
	Ön uygulama	Öğrenme ortamlarının yürütülmesi	Son uygulama	Geciktirilmiş uygulama
Başarı testi	✓		✓	✓
Klinik mülakat	✓		✓	
Bil-İste-Öğren-Hatırla formu		✓		✓
Video kaydı		✓		
Problem durumuna ait grup dokümanları		✓		
Alan notları		✓		

3. 1. 3. 3. 1. Başarı Testi ve Klinik Mülakat Soruları

Zihinsel model gerçek dünyaya dair deneyimlerin içselleştirilerek ve yapılandırılarak oluşturulan dinamik bilgi yapısı olarak tanımlanabilir (Rapp, 2005). Bir bilgi yapısı olan zihinsel model için, Hill (2006) çalışmasında bir zihinsel modelin içerik, yapısal ve işlemsel bilgiler olmak üzere üç bilgi türünden oluştuğunu ifade etmiştir. Kurnaz (2011) ise çalışmasında bu üç bilgi türünü prakseolojik yaklaşımdan (Bkz. Tablo 3) yola çıkarak sınıflandırmıştır. Zihinsel modellerin analizi sırasında ise, Hill (2006)'nın zihinsel modeli oluşturan bilgi türlerine ait tanımları ve Kurnaz (2011)'in bilgi türlerini teorik ile pratik bloklar altında sınıflandırması dikkate alınarak bu çalışma kapsamında bir zihinsel modelin yapısı Tablo 19'daki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 19. Zihinsel Modelin Yapısının Oluşturulması

Z.M. oluşturan bilgi türleri (Hill, 2006)	Yapılan tez çalışmasında kullanılan bilgi türleri ve sınıflandırılması	Bilgi türlerinin prakseolojik yaklaşıma göre sınıflandırılması (Kurnaz, 2011)
İçerik bilgisi (content knowledge), bireyin kavram, süreç, olay veya nesne gibi durumlara ilgili bilgiyi bilme	Kavramsal bilgi; konuya dair durumlara ilgili bilgiyi bilme	Teorik blok Teorik blok; modellenen gerçeğe ait içerik ve yapısal bilgiler teorik bilgi olarak bu blok altında yer almaktadır.
Yapısal bilgi (structural knowledge), durumlara ilgili özel ilişkileri ve bağlantıları belirleme- ifade etme	İlişkisel bilgi; konuya dair durumlara ilgili ve durumlar arasındaki ilişkileri bilme	
İşlemsel bilgi (procedural knowledge), bir durum (gerçek bir olay veya problem) için bireylerin içerik ve yapı bilgilerini nasıl kullandıklarının gözlenmesi	Şematik bilgi; bir durum (elektrik devresi) için yapı bilgisi bilme İşlemsel bilgi; bir durum için konuya dair içerik bilgisini (işlem veya yorum yaparak vb) kullanma	Pratik blok Pratik blok; modellenen gerçeğe ait içerik ve yapısal bilgilerin kullanılması ile ilgili bilgiler bu blok altında yer almaktadır.

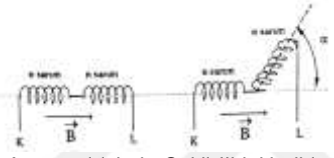
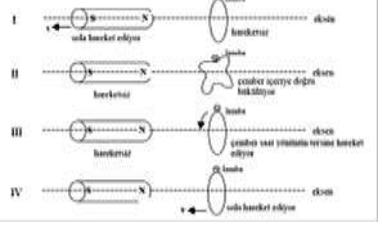
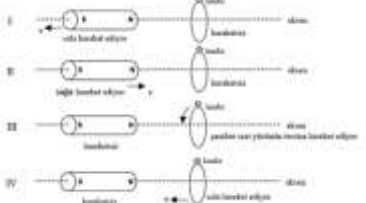

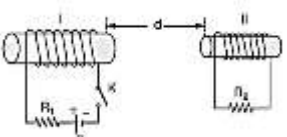
Tablo 19'a göre öğrencilerin konuya dair zihinsel modellerini ortaya çıkarabilmek için onlara kavramsal, ilişkisel, şematik ve işlemsel bilgilerini ortaya çıkarabilecek sorular sorulması gereklidir. Bu çalışma kapsamında başarı testinde yer alan sorular kavramları tanımlamaya, kavramlar arasındaki ilişkileri ortaya koymaya, akım türlerinin oluşumuna ve oluşumu için kullanılan devrelerin çalışma prensiplerini açıklamaya, konulara dair işlemsel soruların yapılmasına imkan verecek şekilde bilgi türlerine yönelik olarak hazırlanmıştır. Bilgi türlerine yönelik olarak hazırlanan sorular, başarı testinde kavramsal, ilişkisel, şematik ve işlemsel soru türleri olarak gruplandırılmıştır. Başarı testinde yer alan 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 17, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28A, 32, 35A, 35B, 35C numaralı sorular kavramsal; 8, 16, 33 ve 36 numaralı sorular ilişkisel, 7A, 7B, 15A, 15B, 26A, 26B, 34A, 34B, 34C, 34D numaralı sorular şematik ve 9A, 9B, 10, 18, 19, 20, 28B, 29, 30, 31 numaralı sorular işlemsel türdeki sorulardır. Hazırlanan başarı testinde yer alan soruların elektrik akımı konularına ve soruda istenen niteliğe göre dağılımı Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Başarı Testinde Yer Alan Soruların Elektrik Akımı Konularına ve Soruda İstlenen Niteliklere Göre Dağılımı

Kavram veya konular	Teorik blok		Pratik blok	
	Soru no	Soruda istenen nitelik	Soru no	Soruda istenen nitelik
Elektrik akımı	1	Tanımlama	34A	Elektrik akımının oluştuğu durumları tespit etme
	2	Elektrik akımının dirençten geçerken gösterdiği değişimi belirleme		
Doğru akım	3	Tanımlama	34B	Doğru akım oluşan devreyi/devreleri tespit etme
	6-35A	Kavramla ilişkili fiziksel kavramları ifade etme		
Doğru akımın üretilmesi	4	Doğru akımın elde edilmesini açıklama	34B	Doğru akım oluşan devreyi/devreleri tespit etme
			7A	Doğru akım üreten bir devre oluşturma
Doğru akım uygulamaları (Ohm kanunu)	5	Doğru akımın kullanım yerleri	9A-9B	Ohm kanunu formülünü kullanma
	8	Akım, potansiyel fark ve direnç arasındaki ilişkiyi açıklama		
Kirchoff kanunları uygulaması			10	Kirchoff kanunlarını uygulama ve devre çözümü
Alternatif akım	11	Tanımlama	34C	Alternatif akım oluşan devreyi/devreleri tespit etme
	14-35B	Kavramla ilişkili fiziksel kavramları ifade etme		
Alternatif akımın üretilmesi	12	Alternatif akımın elde edilmesini açıklama	34C	Alternatif akım oluşan devreyi/devreleri tespit etme
			15A	Alternatif akım üreten bir devre oluşturma
			15B	Alternatif akım üreten bir devrenin çalışma prensibini açıklama
Alternatif akım uygulamaları (Empedans, Etkin gerilim ve etkin akım)	13	Alternatif akımın kullanım yerleri		
	17	Empedansı açıklama	18	Empedansı çizme/hesaplama
	17	Etkin gerilimi açıklama	19	Etkin gerilimi hesaplama
	17	Etkin akımı açıklama	20	Etkin akımı hesaplama
Alternatif akım devreleri	21	Alternatif akım devrelerinde akım şiddeti-frekans arasındaki ilişkiyi yorumlama		
Elektromanyetik indüksiyon	22	Tanımlama	34D	E. İndüksiyon ile akım oluşan devreyi/devreleri tespit etme
	25-35C	Kavramla ilişkili fiziksel kavramları ifade etme		
Elektromanyetik indüksiyon ile akım üretilmesi	23	E. İndüksiyon ile akım elde edilmesini açıklama	34D	E. İndüksiyon ile akım oluşan devreyi/devreleri tespit etme
	27	Manyetik alan ve elektrik akımı arasındaki ilişki	26A	E. İndüksiyon ile akım üreten bir devre oluşturma
	28A	(Manyetik akı) Tanımlama	26B	E. İndüksiyon ile akım üreten bir devrenin çalışma prensibini açıklama
			29-30-31	Manyetik akı değişimi ile indüksiyon akımı üretimi
Elektromanyetik indüksiyon uygulamaları (Faraday Kanunu, Transformator, ..)			28B	Manyetik akı değişimi ile indüksiyon akımı üretimi
	24	Elektromanyetik indüksiyon kullanım yerleri	33	Faraday kanunu ve transformatörler
Devre türlerinin birbirinden ayrılması	32	Transformatörü açıklama	31	Manyetik akı değişimi ile indüksiyon akımı üretimi (Manyetik alandaki iletken çubuk)
			34	Elektrik akımı türlerinin oluştuğu devreleri ayırt etme
Elektrik akımı konuları arasındaki ilişkiler	16	Alternatif akım ve doğru akım arasındaki ilişki	28	Elektrik akımı türlerinin oluştuğu devreleri ayırt etme
	36	Elektrik akımı konuları arasında ilişki kurma		

Elektrik akımı konularını (doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım) içeren başarı testinin son hali 36 sorudan oluşmaktadır (Ek-14). Başarı testinde yer alan bazı sorular farklı kaynaklardan alınarak soru üzerinde bazen düzenlemeye gidilmiş bazen de soru değişiklik yapılmadan aynen kullanılmıştır. Farklı kaynaklardan yararlanılan sorular hakkındaki bilgiler Tablo 21'de yer almaktadır.

Tablo 21. Farklı Kaynaklardan Alınan Sorular ve Kullanım Şekilleri

BT'deki soru numarası	Soru ... kullanıldı	Değiştirilmeyerek Düzenlenerek	Sorunun orijinal hali	Sorunun son hali																		
28B ✓			<p>Sarım sayıları n olan iki bobin Şekil I'deki gibi eksenleri B düzgün manyetik alanına paralel olacak biçimde yerleştirilmiştir. Makaraların manyetik alanına dik kesit alanları A'dır. Makaralardan biri Δt süresi içinde Şekil II'deki gibi α açısı kadar döndürülürse, K-L uçları arasında oluşacak indüksiyon emk'sını veren bağıntı nedir? (Bilgin ve Çağıcı, 1997)</p> 	<p>Çoktan seçmeli sorudan açık uçlu soruya çevrildi. Seçenekler çıkarılarak orijinal soru kalıbı korundu.</p>																		
30 ✓			<p>Aşağıda birbirinden farklı dört şekilde silindirik mıknatis ve kapalı çembersel bakır tele bağlı lamba sistemleri verilmiştir. Kapalı tel sistemi verilen eksene dik olarak yerleştirilmiştir. Mıknatısın ve kapalı tel sisteminin hareket durumları şekilde belirtildiği gibidir. Hareket hızı V ile gösterilmiştir. Verilen şekillerin hangisinde ya da hangilerinde lamba yanar? Açıklayınız. (Demirci ve Çirkinoğlu, 2004)</p> 	<p>Soruda yer alan II seçeneği düzenlenerek aşağıdaki soruya aşağıdaki hali verilmiştir.</p> 																		
32 ✓			<p>Kalınlıkları farklı, uzunluk ve hızları belli olan K, L ve M çubukları şekildeki manyetik alanda hareket halinde. Bu çubukların uçları arasında oluşan indüksiyon emk'larını büyükten küçüğe doğru sıralayınız. (Bilgin ve Çağıcı, 1997)</p> 	<p>Çoktan seçmeli sorudan açık uçlu soruya çevrildi. Seçenekler çıkarılarak orijinal soru kalıbı korundu.</p>																		
33 ✓			<p>Şekildeki gibi karşılıklı tutulan I ve II bobinlerden oluşan düzende, I. Bobindeki K anahtarı kapatılırken II. Bobinin uçları arasında oluşan indüksiyon elektromotor kuvvetinin maksimum değeri ϵ'dir. ϵ aşağıdakilerden hangisine/hangilerine bağlıdır? Açıklayınız. (Bilgin ve Çağıcı, 1997)</p> 	<p>Çoktan seçmeli sorudan açık uçlu soruya çevrildi. Seçenekler çıkarılarak orijinal soru kalıbı korundu. Ayrıca, seçenekler tablo haline getirilerek aşağıdaki gibi sunuldu ve seçimlerinin açıklanması istendi.</p> <table border="1" data-bbox="1029 1870 1396 1960"> <thead> <tr> <th></th> <th>Bağılı</th> <th>Bağı değildir</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I. Bobinin sarım sayısı</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>II. Bobinler arasındaki d uzaklığı</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Üreticinin elektromotor kuvveti</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>II. Bobine bağlı R_2 direnci</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>I. Bobine bağlı R_1 direnci</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Bağılı	Bağı değildir	I. Bobinin sarım sayısı			II. Bobinler arasındaki d uzaklığı			Üreticinin elektromotor kuvveti			II. Bobine bağlı R_2 direnci			I. Bobine bağlı R_1 direnci		
	Bağılı	Bağı değildir																				
I. Bobinin sarım sayısı																						
II. Bobinler arasındaki d uzaklığı																						
Üreticinin elektromotor kuvveti																						
II. Bobine bağlı R_2 direnci																						
I. Bobine bağlı R_1 direnci																						

Başarı testi hazırlandıktan uzman görüşüne sunulmuştur. Doktorası fizik eğitimi alanında iki öğretim üyesi, doktorası fen bilgisi eğitimi alanında bir öğretim üyesi ve doktorası fizik alanında olan bir öğretim üyesi olmak üzere toplam dört uzmanın görüşü alınmıştır. Uzman görüşü için her bir sorunun çalışmanın amacına uygunluğu ve bilimsel açıdan doğruluğu değerlendirilmiştir. Uzman görüşleri alındıktan ve pilot uygulama yapıldıktan sonra gerekli düzenlemeler yapılarak başarı testine 36 soruluk son hali verilmiştir. Başarı testinin öğrenciler tarafından cevaplandırılması ön uygulamada 45-50 dk, son uygulamada 70-85 dk ve geciktirilmiş uygulamada 60-75 dk sürmüştür. Ayrıca uzmanlardan başarı testinde yer alan soruları kendilerinin de cevaplama istenmiştir. Bu cevaplar hazırlanan öncü analize entegre edilerek kullanılmıştır.

Tez çalışması için tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının ortama katılan öğrenciler tarafından da değerlendirilebilmesi için son uygulamada başarı testinin en sonuna "Bu tez çalışması sırasında yapılan çalışmaların size faydalı olduğunu düşünüyor musunuz? Lütfen olumlu ve olumsuz bütün düşüncelerinizi yazar mısınız?" şeklinde bir görüş sorusu eklenmiştir.

Başarı testinde yer alan sorular aynı zamanda klinik mülakatları da yürütürken kullanılmıştır. Klinik mülakatlar, cevaplanan başarı testi üzerinden gerçekleştirilmiş ve öğrencilerin verdikleri cevaplar ile bu cevapların nedenleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Cevaplarında değişiklik yapmak isteyen öğrencilere farklı renkli kalemle değişiklik yapabilecekleri belirtilmiş ve bu değişikliğin sebebi sorulmuştur. Yürütülen ön mülakatlar 25-35 dk arası sürerken son mülakatlar 40-60 dk arası sürmüştür. Klinik mülakatlar sırasında öğrencilerin verdiği bilgiler konusunda doğru ya da yanlış şeklinde yorum yapılmamış, düşüncelerini ifade etmesinde bir sorun olmayacağı (bu uygulamanın bir not ile değerlendirilmeyeceği-bilgilendirme toplantısı) belirtilmiş ve bildiklerini açıklaması konusunda desteklenmiştir. Öğrencilerle yapılan klinik mülakatlar sırasında, öğrencilerin kendini rahat hissedeceği ve düşüncelerini rahatça ifade edebileceği bir ortam oluşturulmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte, öğrencinin kendini iyi hissetmediği veya mülakata devam edemeyeceğini ifade ettiği durumlarda mülakat görüşmesi uygun bir zamana ertelenerek devam ettirilmiştir. Klinik mülakatlar veri kaybını önlemek amacıyla öğrencilerinde onayı dahilinde ses kaydı alınarak yürütülmüştür. Bu şekilde araştırmacı soru sorma ve dinleme işlevlerini daha etkili bir biçimde yerine getirebilmiştir (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Elde edilen kayıtlar transkript edilmiş ve geçerliliğinin sağlanabilmesi için transkript edildikten sonra öğrencilere sunularak doğruluğu teyit edilmiştir.

3. 1. 3. 3. 2. Bil-İste-Öğren-Hatırla Formu

Bu çalışmada Bil-İste-Öğren (Know-Want-Learn) fiillerinin ilk harflerinden oluşan bir kısaltma ile bu formlar BİÖ (KWL) şeklinde adlandırılmıştır. Şema teorisine dayanan BİÖ, tüm konular için kullanılabilecek basit ve kullanışlı bir stratejidir (Tok, 2013). Ayrıca, BİÖ, öğrencilerin konu ile ilgili sahip oldukları ön bilgilerini, kanuya dair ne öğrenmek istediklerini ve öğretim uygulamaları sürecinin sonunda ne öğrendiklerini ortaya çıkarmayı amaçlayan grafiksel bir düzenleme yaklaşımıdır (Camp, 2000). Bu strateji ile öğrenci öğretim sürecinden edindiği bilgi ile sahip olduğu önbilgileri arasında bir bağ kurarak bilgisini düzenler, birleştirir ve özetler (Headley ve Dunston, 2000). Yine bu strateji, öğrencilerin içeriğin anlamını aktif olan yapılandıran kurucular haline gelmesine yardım eden bir öğrenme çerçevesi sağlar (Ogle, 2005, s. 64). BİÖ ile önceki bilgiler harekete geçirilebilir ve ön bilgilerin harekete geçirilmesi ile öğrencilerin önceden öğrenilmiş bilgileri ve şu anda öğrendikleri bilgiler arasındaki ilişkileri anlamaları sağlanabilir (Tok, 2013). Bu strateji, öğrencilerin öğrenmesini ve hatırlamasını kolaylaştırabilir (Gammill, 2006). Bununla birlikte, BİÖ ile ilgili yapılan araştırmalar sınıf ortamında süreç hakkında farkındalık yaratmakta etkili olduğu ve başarıyı yükselttiğini göstermektedir (Akyüz 2004; Al-Khateeb ve Idrees 2010). Bu formların tez çalışmasındaki asıl kullanım amacı, öğrencilerin kendi bilgi değişimi/gelişimi süreçlerinden haberdar olmalarıdır. Ayrıca, pilot uygulama sonrasında bu formların geciktirilmiş uygulama sırasında da kullanılmasının öğrenilen bilgilerin kalıcılığını ortaya çıkarması açısından kullanışlı olacağı düşünülmüş ve forma "Ne hatırlıyorsunuz?" sorusu eklenmiş ve formun adı BİÖH [Bil-İste-Öğren-Hatırla (Know-Want-Learn-Remember)] formu olarak yeniden düzenlenmiştir. Ek-15'te kullanılan formlar yer almaktadır.

3. 1. 3. 3. 3. Adidaktik Öğrenme Ortamının Yürütülmesi Sırasında Kullanılan Veri Toplama Araçları

Bu tez çalışması kapsamında üç adidaktik öğrenme ortamı geliştirilmiş ve öğrenme süreci yürütülmüştür. Gruplara ait video kayıtları, problem durumlarına yönelik çözüm yollarını gösteren dokümanlar ve araştırmacı tarafından alınan notlar adidaktik öğrenme ortamının yürütülmesi sırasında kullanılan veri toplama araçlarıdır.

Video kayıtları, öğrenci gruplarının adidaktik öğrenme ortamının ilk dört evresi içerisinde, verilen problem durumuna çözüm arama süreci sırasında alınmıştır. Video kayıtlarının veri toplama araçları arasında alınması, sürecin zihinsel model gelişimine etkisini ortaya çıkarma amacı içermektedir. Veri kaybının olmaması adına, her grup için bir kamera hazırlanmış ve bütün gruplar süreç içinde yaptıkları işlemleri kayıt altına almıştır.

Video kayıtlarının alınması araştırmacıya da sürecin takip edilmesinde ve irdelenmesinde kolaylık sağlamaktadır. Araştırmacı aynı zamanda uygulayıcı olduğundan, sınıf ortamındaki farklı grupları aynı anda gözlemleyemeyebilir ve bu grupların çalışmalarını takip edemeyebilir. Bununla birlikte, video kayıtlarının alınmasıyla öğrencilerin hangi aşamada hangi deneyi yaptıkları, deneyi nasıl değerlendirdikleri ve gerekliyse nasıl düzenledikleri, hangi kaynaklardan nasıl yararlandıkları, çözüm sürecinin nasıl yürüttükleri bu kayıtlar sayesinde takibine olanak sağlanmıştır. Bu bağlamda, video kayıtlarının alınması ile veri kaybı yaşanmaksızın öğrenci çalışmalarına ait verileri toplayabilmesinde araştırmacıya yardımcı olur.

Öğrenciler uygulama süreci öncesinde tez araştırması hakkında bilgilendirilmiştir. Bu bilgilendirme toplantısında, video kayıtlarının ne amaçla ve nasıl alınacağı hakkında açıklamalar yapılmıştır. Kayıt sürecinde önemli olan noktalar vurgulanmıştır. İstenilen kayıt ile ilgili küçük bir uygulama yapılmış ve farklı bir konuda çekilen kayıttan örnek olarak yararlanılmıştır. Bu bilgilendirme ile öğrencilerin kamera kaydı sırasında mümkün olduğunca sakin, tecrübeli davranmaları sağlanarak bir bakıma veri kaybının en aza indirilmesine çalışılmıştır.

Bu öğrenme ortamları içerisinde öğrenci gruplarına verilen problem durumlarına ait dokümanlardan elde edilen veriler, öğrencilerin çözüme nasıl gittikleri konusunda yol göstericidir. Öğrenme sürecinin yürütülmesi sırasında, öğrencilerin çözüme ulaşırken genel olarak yaptıkları, gruplar arasındaki ilişkiler, dikkat çeken noktalar, sürecin ilerlemesi ve problem durumları ile ilgili araştırmacı alan notları tutmuştur. Bu verilerden video kayıtlarını destekleyici ve özetleyici olarak yararlanılmıştır. Video kayıtları gibi görsel veriler, belgeler, dokümanlar ve fazla göze çarpmayan diğer araçlar yapılan çalışmaya ve toplanan verilere bağlamsal boyutlar katar; ortaya konulan bulguları destekleyerek zenginleştirir ve araştırmakta olduğumuz olguya ilişkin anlayışımızı genişletir (Glesne, 2014, s. 121).

3. 1. 4. Son Analiz ve Değerlendirme

Bu aşama, öğrenme ortamının uygulanması sürecinde toplanan verilerin analizine dayanmaktadır. Öğretim mühendisliğinde değerlendirme öncü analiz ile son analizin karşılaştırılması üzerine inşa edildiğinden öncü analiz sırasında belirlenen hipotezler sınıf içinde yapılan uygulamalar ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sürecinde, öğrencilerden ne bekleniyordu-öğrenciler ne tür ürünler ortaya koydu ve tasarım aşamasında yapılan tercihler, seçilen didaktik değişkenler nasıl ve ne derecede etkili oldu gibi sorulara yanıt aranır.

Bu araştırma kapsamında, uygulama öncesi, uygulama süreci, uygulama sonrası ve uygulamadan 6 ay sonra olmak üzere farklı zaman dilimlerinde veri toplanmıştır. Yukarıda bahsedilen veri toplama araçları ile toplanan verilerin kullanım amaçları şu şekildedir:

- a. Uygulama öncesi ve sonrasında başarı testi ve klinik mülakat ile toplanan veriler öğrencilerin konu/kavramlarla ilgili anlama seviyelerinin, akademik başarılarının, alternatif kavramlarının ve zihinsel modellerinin ortaya çıkarılması ve zihinsel modellerindeki değişimin tespit edilmesi amacıyla kullanılmıştır.
- b. Grup çalışmalarına ait videolar, dokümanlar ve alan notları ile öğrencilerin zihinsel modellerindeki gelişim süreci ve adidaktik öğrenme ortamların uygulanması süreci ile ilgili veriler toplanmıştır. Grup çalışmasına ait videolar, dokümanlar ve alan notları ile adidaktik öğrenme ortamlarındaki sürecin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bununla birlikte, klinik mülakatta yer alan sorularla da öğrencilerin öğrenme ortamları hakkındaki düşünceleri ve değerlendirmeleri belirlenmiştir.
- c. BIÖH formu ile öğrencilerin kendi bilgilerini yapılandırma süreçlerinin farkına varmaları diğer bir ifadeyle özdeğerlendirme yapmaları hedeflenmiştir.

Ön hazırlık analizleri (I) ile Tasarım ve öncü analiz (II) aşamalarında yapılan çalışmalar araştırmada kullanılacak olan materyalin içeriğini sınırlandırmak ve yapılandırmak için temel alınmıştır. Materyalin geliştirilmesi ile ilgili süreç ayrıntılı olarak adidaktik öğrenme ortamlarının tasarlanması başlığı altında verilmiştir. Uygulama (III) aşamasında bahsedilen işlemler için veri toplama aracı ve uygulama süreci başlıkları altında bilgilendirme yapılmıştır. Son analiz ve değerlendirme (IV) aşamasında yapılan son analiz veri analizi ile bulgular kısmında; değerlendirme sonucunda elde edilen sonuçlar ile bu sonuçlara ve bu sonuçların iyileştirilmesine yönelik öneriler tez çalışmasının sonuçlar ve öneriler kısmında yer almaktadır. Tez çalışması kapsamında elde edilen verilerin analiz süreci, veri toplama araçlarına yönelik başlıklar altında sunulmuştur (Tablo 22).

Tablo 22. Veri Toplama Aracı, Veri Analizi ve Elde Edilen Bulgular Arasındaki İlişkiler

Veri toplama aracı / araçları	Veri analiz yöntem ve teknikleri	Elde edilen bulgular hangi başlık altında toplandı?
<ul style="list-style-type: none"> Başarı testi, Klinik mülakat 	I.Aşama: Anlama seviyeleri analizi	Anlama seviyesi
	IIa.Aşama: İstatistiksel analiz	Akademik başarı
	IIb.Aşama: Zihinsel model matrisleri	Zihinsel model
<ul style="list-style-type: none"> Başarı testi, Klinik mülakat, BIÖH formu 	İçerik analizi	Alternatif kavram
<ul style="list-style-type: none"> Video kaydı, Problem durumuna ait grup dokümanları, Alan notları 	İçerik analizi	Öğrenme sürecini ve ortamını değerlendirme
<ul style="list-style-type: none"> Klinik mülakat, BIÖH formu 	İçerik analizi	Öğrencilerin öz değerlendirmesi, Öğrencilerin süreç değerlendirmesi

Başarı testi ve klinik mülakatlardan elde edilen veriler iki aşamada analiz edilmiştir. İlk olarak elde edilen veriler anlama seviyelerine yerleştirilerek öğrenci cevaplarının hangi anlama seviyelerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Ardından anlama seviyeleri verileri kullanılarak, istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak öğrencilerin akademik başarılarına ait bulgulara ulaşılmıştır. Diğer yandan anlama seviyelerinden elde edilen veriler kullanılarak zihinsel model matrisleri oluşturulmuş ve öğrenci cevaplarının hangi zihinsel model matrisleri içerisine yer aldığı belirlenerek öğrencilerin zihinsel modelleri sınıflandırılmıştır. Başarı testi, klinik mülakat ve BIÖH formlarından elde edilen veriler içerik analizi ile analiz edilerek öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramlar ortaya çıkarılmıştır. Aynı zamanda bu veri toplama araçları öğrencilerin öğrenme süreci içerisinde öz değerlendirmeleri ve süreci değerlendirmeleri konusunda veri kaynaklarını oluşturmaktadır. Video kaydı, problem durumuna ait grup dokümanları ve araştırmacının tutmuş olduğu alan notları içerik analizi ile analiz edilerek adidaktik öğrenme ortamları değerlendirilmiştir.

Elde edilen verilerden örnek ifade ve alıntılar bulgular bölümünde okuyucuya sunulurken veriler öğrenci kodu ve ilgili uygulamanın kısaltması ile kodlanmıştır. Örneğin, Ö5 kodlu öğrencinin başarı testinin ön uygulamasındaki soruya verdiği yanıt, (Ö5-ön) şeklindedir. Video kaydından verilen örnek ifade ve görsellerde ise öğrenci kodu ile hangi öğrenme stili grubunda ve hangi adidaktik öğrenme ortamında olduğu kısaltılarak kodlanmıştır. Örneğin, soyar öğrenme stiline sahip olan Ö1 kodlu öğrencinin ikinci adidaktik öğrenme ortamında kullandığı bir ifade ya da görsel alınırken (Ö1-soyar-AÖÖ2) şeklinde kodlanmıştır.

3. 1. 4. 1. Başarı Testinin ve Klinik Mülakatların Analiz Edilmesi

Başarı testi ve klinik mülakatlardan elde edilen veriler farklı analiz yöntem ve teknikleri ile analiz edilip elde edilen bulgulara farklı başlıklar altında yer verilmiştir.

3. 1. 4. 1. 1. Anlama Seviyeleri Analizi

İlk aşamada, başarı testinin analizi sırasında kullanılan anlama seviyeleri için, Abraham, Williamson ve Westbrook (1994) çalışmasında kullandığı anlama seviyelerinden yola çıkılmıştır. Literatürde zihinsel model belirlerken anlama seviyelerinden yararlanan Park (2006), İyibil (2010), Sağlam-Arslan ve Devocioğlu (2010), Kurnaz (2011), Yıldız (2016) gibi çalışmalarda kullanılan anlama seviyeleri ve içerikleri incelenmiştir. İncelenen bu çalışmaların ışığında, belirlenen anlama seviyeleri ve içerikleri başarı testinde yer alan soru türlerine dikkate alınarak Tablo 23'te sunulmuştur.

Tablo 23. Soru Türlerine Göre Kullanılan Anlama Seviyeleri ve Açıklamaları

Soru türü	Kod	Kodlara ait açıklamalar
Kavramsal	[0]	Boş bırakılan, soru tekrarı yapılan, belirsiz ve anlaşılmaz cevaplar
	[1]	Alternatif kavram ve/veya bilimsel olmayan bilgi içeren cevaplar
	[2]	Temel düzeyde bilgi veya alternatif kavram ile birlikte bilgi içeren cevaplar
	[3]	Alternatif kavram içermeyen kabul edilebilir düzeyde bilgi içeren cevaplar
	[4]	Bilimsel düzeyde bilgi içeren cevaplar
Şematik	[0]	Boş bırakılan, soru tekrarı yapılan, belirsiz ve anlaşılmaz çizimleri içeren cevaplar
	[1]	Bilimsel olmayan unsurlar barındıran çizimler içeren cevaplar
	[2]	Bilimsel olmayan unsurlar içeren ve temel düzeyde yapılan çizimleri içeren cevaplar
	[3]	Doğru ve kabul edilebilir düzeyde yapılan çizimleri içeren cevaplar
	[4]	Bilimsel düzeyde yapılan çizimleri içeren cevaplar
İşlemsel	[0]	Boş bırakılan, soru tekrarı yapılan, belirsiz ve anlaşılmaz işlemleri içeren cevaplar
	[1]	Yanlış unsurları barındıran formül ve yapılan işlemleri içeren cevaplar
	[2]	Yanlış unsurları içeren ve temel düzeyde kullanılan formül ile yapılan işlemleri içeren cevaplar
	[3]	Doğru ve kabul edilebilir düzeyde kullanılan formül ile yapılan işlemleri içeren cevaplar
	[4]	Bilimsel düzeyde kullanılan formül ve yapılan işlemleri içeren cevaplar
İlişkisel	[0]	Boş bırakılan, soru tekrarı yapılan, belirsiz ve anlaşılmaz ilişkiler içeren cevaplar
	[1]	Yanlış ve bilimsel olmayan ilişkiler içeren cevaplar
	[2]	Yanlış ilişkiler içeren ve temel düzeyde kurulan ilişkileri içeren cevaplar
	[3]	Doğru ve kabul edilebilir düzeyde kurulan ilişkileri içeren cevaplar
	[4]	Bilimsel düzeyde kurulan ilişkileri içeren cevaplar

Anlama seviyeleri soru türlerine uygun olacak şekilde düzenlenmiştir. Kavramsal sorular için teorik bilginin bilimsel olması; şematik sorular için düzenek çizimlerinin doğru ve yeterli olması; işlemsel sorular için formül ve işlemlerin yeterli olması ve ilişkisel sorular için kurulan ilişkilerin bilimsel ve yeterli düzeyde olması kriterleri dikkate alınarak anlama

seviyeleri uyarlanmış ve analiz için kullanılmıştır. Anlama seviyelerinden 3 ve 4 öğrencinin bilimsel anlamaya sahip olduğunu, 2 öğrencinin temel bir anlamaya sahip olduğunu ancak bu anlamının yanı sıra ifadelerinde alternatif kavramların bulunabileceğini ile 0 ve 1 öğrencinin bilimsel düzeyde bir anlamaya sahip olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, öğrenci ifadelerinden alıntılar sunulmuştur.

Klinik mülakatlardan elde edilen verilerin analizi, amacı toplanan verileri açıklayabilecek kavramlara ve ilişkilere ulaşmak olan (Yıldırım ve Şimşek, 2006) içerik analizi ile yapılmıştır. Bu süreçte klinik mülakatlardan elde edilen veriler, başarı testinin analizinden elde edilen bulguları desteklemek ve bu bulguları daha açık şekilde nitelendirmek/ifade etmek için kullanılmıştır. Bu sebeple, bulgular kısmında klinik mülakatlardan elde edilen verilerin analizi, başarı testinden elde edilen verilerin analizi ile sunulmuştur. Birbirini destekleyecek şekilde sunulan bulgular sayesinde, öğrencilerin konuya/kavrama dair bilgileri açıkça sergilenmeye çalışılmıştır. Klinik mülakat bulgularının sunumunda da doğrudan alıntılara yer verilmiştir. Bazı durumlarda bu alıntılar içerisinde parantez (...) ve italik yazı stiliyle ile belirtilen ifadeler, araştırmacı tarafından öğrencilerin klinik mülakat sırasında göstermiş oldukları nesnelere veya durumları daha anlaşılır hale getirebilmek için eklenen ifadelerdir. Bununla birlikte, klinik mülakatlarda yer alan öğrenme ortamının uygulanmasına ve değerlendirilmesine yönelik sorulardan elde edilen veriler ilgili başlık altında ayrıca sunulmuştur.

3. 1. 4. 1. 2. Akademik Başarı Puanlarının Analizi

Akademik başarı kavramı, bu çalışmada öğrencinin elektrik akımı konuları ile ilgili göstermiş olduğu gelişme olarak tanımlanmıştır. Akademik başarı puanları, öğrencilere uygulanan başarı testinin anlama seviyelerine göre analiz edilmesinden sonra, her bir soru için yer aldıkları anlama seviyesi puan olarak kullanılarak bu puanların toplanmasıyla elde edilmiştir. Ön, son ve geciktirilmiş uygulamalardan elde edilen akademik başarı puanları elektrik akımı konuları dikkate alınarak oluşturulmuştur: Her bir konuya yönelik eşit sayıda soru bulunmadığı için dönüştürülmüş akademik başarı puanları veri analizi için kullanılmıştır. SPSS programı ile gerekli ön istatistiksel analizler (homojenlik, normallik, vb) yapıldıktan sonra, her bir konu için uygulamalar arasında fark olup olmadığı uygun istatistiksel yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Akademik başarı puanlarının normallik testi sonuçları Tablo 24'te sunulmuştur.

Tablo 24. Akademik Başarı Puanlarının Normallik Testi Sonuçları

Konu	Uygulama türü	İstatistik değeri	sd	p
Doğru akım	Ön	.945	27	.160
	Son	.969	27	.572
	Geciktirilmiş	.960	27	.367
Elektromanyetik indüksiyon	Ön	.965	27	.476
	Son	.951	27	.233
	Geciktirilmiş	.958	27	.337
Alternatif akım	Ön	.912	27	.052
	Son	.925	27	.053
	Geciktirilmiş	.963	27	.426

Akademik başarı puanları için elde edilen normallik testi değerleri olarak, çalışma grubunun büyüklüğünün 50'den küçük olması sebebiyle Shapiro-Wilk testinden hesaplanan değerler kullanılmıştır (Büyüköztürk, 2007). Buna göre, p değerinin 0.05'ten büyük çıkması akademik başarı puanlarının normal dağılımdan sapma göstermediği şeklinde yorumlanabilir (Tablo 24). Akademik başarı puanlarının homojenlik testi sonuçları Tablo 25'te sunulmuştur.

Tablo 25. Akademik Başarı Puanlarının Homojenlik Testi Sonuçları

Konu	Levene istatistik değeri	sd ₁	sd ₂	p
Doğru akım	1.188	2	78	.310
Elektromanyetik indüksiyon	1.547	2	78	.219
Alternatif akım	.454	2	78	.637

Akademik başarı puanlarına yönelik Levene varyansların homojenliği testinden elde edilen p değerleri 0.05'ten büyük oldukları için varyanslar homojendir (Kalaycı, 2008). Yapılan ön istatistiksel analizler sonucunda akademik başarı puanlarının normal dağılım (Tablo 24) ve homojenlik gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 25). Bu sebeple, verilerin analizi sırasında parametrik testlerden tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testinden yararlanılmıştır. Elde edilen test değerlerinin yorumlanması sırasında anlamlılık düzeyi olan p değeri 0.05 olarak alınmıştır. Ayrıca, ön, son ve geciktirilmiş uygulamalardan elde edilen puanlar arasındaki ilişki Tukey HSD testi değerleri incelenerek belirlenmiştir.

3. 1. 4. 1. 3. Zihinsel Modellerin Oluşturulması ve Analizi

Bireylerin sahip oldukları bilgileri zihinsel modeller aracılığıyla ortaya koymak için, bilgi yapılarını ortaya çıkarmak ve bu yapıları yansıtabilecek bir veri sergileme yolu

bulmak gerekir (Hill, 2006). Bireylerin zihinsel modellerini belirlemek için yapılan çalışmalar incelendiğinde; zihinsel model analizinde farklı analiz yollarının kullanıldığı görülmektedir: (a). cevapların spesifik noktalarının sınıflandırılması yolu ile zihinsel modele ulaşma (Borges, Tecnico ve Gilbert, 1998; Borges ve Gilbert, 1999; Lin ve Chiu, 2010; McBroom, 2011), (b). verilen cevapların anlama seviyelerine göre sınıflandırılması ile temellendirilmiş bir yapıdan zihinsel model matrisi oluşturularak zihinsel modele ulaşma (Sağlam 2004, İyibil ve Sağlam-Arslan, 2010; Sağlam-Arslan ve Devocioğlu, 2010; İyibil, 2010; Kurnaz, 2011). Bu tez çalışmasında sentez bir yol izlenerek öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modeller iki aşamalı analiz sonucunda ortaya çıkarılmıştır. İlk olarak başarı testinde yer alan bütün sorulara verilen cevaplar anlama seviyelerine göre sınıflandırılmıştır. Ardından, konu/kavram ile ilgili spesifik noktalar ve bu spesifik noktalarla ilişkili başarı testinde yer alan soru türleri seçilmiştir (Bkz. Tablo 20). Son olarak seçilen sorulara ait anlama seviyeleri kullanılarak zihinsel model matrisleri oluşturulmuş ve zihinsel modeller tanımlanmıştır. Spesifik noktalar, soru türleri ile ilişkilendirilerek aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 26. Soru Türleri ile Belirlenen Spesifik Noktalar Arasındaki İlişki

Soru türü	Spesifik noktalar
Teorik blok (Kavramsal ve İlişkisel sorular)	Kavrama ait tanım, Akım türünün nasıl üretilebileceği, Akım türünün günlük hayatta kullanım alanları, Akım türüne ait akla gelen kavramlar, Akım türleri arasında kurulan ilişkiler
Pratik blok (Şematik ve İşlemsel sorular)	Akım türünün oluşturduğu devreyi oluşturabilme Üretildiği devrenin çalışma prensibi, Akım türünün oluşturduğu devreyi tespit edebilme durumu, Akım türlerine yönelik işlemsel sorular

Tablo 26'da verilen soru türleri ile konuya ait spesifik noktalardan, Tablo 19'da sunulan bir zihinsel modelin yapısı dikkate alınarak, zihinsel model matrislerinin oluşturulmasında faydalanılmıştır. Bu zihinsel model matrisleri, konulara yönelik öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modellerin ortaya çıkarılmasında kullanılmıştır. Zihinsel model matrisini oluşturmak için aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmiştir:

- Anlama seviyelerinin belirlenmesi: Başarı testinde yer alan sorulara ait cevapların anlama seviyeleri ile ifade edilmesiyle nitel bulgular özelliklerine göre puanlanarak nicel bulgulara dönüştürülmüştür.
- Matrislerin oluşturulması: Matrisler, zihinsel modelin özelliği de dikkate alınarak, konu/kavram için belirlenen spesifik noktalar çerçevesinde verilen cevaplara ait anlama seviyelerinin dağılımından oluşmaktadır. Bu modelleme sistemi, Sağlam

(2004) tarafından önerilen “Algılanan Bilgilerin Tipolojisinde Öğrencilerin Zihinsel Modelleri” adlı sistemden yararlanılarak hazırlanmıştır. Öğrencilerin cevaplarının analiz edildiği anlama seviyelerinden, 0 (cevapsız bırakma), 1 (yanlış anlama) ile 2 (alternatif kavram ve bilimsel bilgi içeren anlama) numaralı seviyeler bilimsel olmayan cevaplar ve 3 (alternatif kavram içermeyen ve bilimsel bilgi içeren sınırlı anlama) ile 4 (bilimsel anlama) numaralı seviyeler bilimsel olan cevaplar olarak kabul edilmiştir. Bu sistem ile verilen öğrenci cevapları bilimsel içeriğine göre sınıflandırılmıştır. Bu işlemin ardından, başarı testinde yer alan soru türleri de dikkate alınarak teorik (kavramsal ile ilişkisel soru türleri) ile pratik (şematik ve işlemsel soru türleri) bloklardan yararlanılmış (Kurnaz, 2011) ve zihinsel modellere ait matris kalıplarına son hali verilmiştir (Tablo 27).

- Matrislerin kullanılması: Öğrencilerin konu/kavram ile ilgili tüm sorulara verdiği cevaplara uygun olan matris belirlenmiştir. Belirlenen matris kalıpları ile öğrencilerin konuya/kavrama dair sahip oldukları zihinsel modellere ulaşılmıştır.

Bu çalışma kapsamında 5 zihinsel model türü ve bunlarla ilişki 15 zihinsel model tipi tanımlanmıştır. Tablo 27’de yer alan model türleri ile bu model türlerinin altında yer alan zihinsel model tipleri aşağıda sunulmuştur:

Tablo 27. Araştırma Sürecindeki Zihinsel Modeller, Modellere Ait Özellikler ve Zihinsel Model Matrisleri

Z.M.Türü	Z.M.Tipi	Zihinsel Modelin Özellikleri (Öğrenci konuya ait ...)	Z.M.Matrisi				
			{ K	İl	Ş	İş }	
Bilimsel Model	Tam Bilimsel Model (TBM)	teorik (kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (şematik ve işlemsel) soru türlerine ait anlamalar bilimsel niteliktedir	3	3	3	3	
			4	4	4	4	
			3	3	3	0	
	Kısmi Bilimsel Model (KBM)	teorik (kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (şematik ve işlemsel) soru türlerine ait anlamalar bilimsel yakın niteliktedir	4	4	4	4	
			3	3	0	3	
			4	4		4	
			3	0	3	3	
			4	4	4	4	
			0	3	3	3	
			4	4	4	4	
Sentez/Hibrit Modeller	Tam Teorik Model (TTM)	teorik (kavramsal ve ilişkisel) soru türlerine ait anlamalar bilimsel veya bilimsel yakın; pratik (şematik ve işlemsel) soru türlerine ait anlamalar bilimsel nitelikte değildir	3	3	2	2	
			4	4	1	1	
	Teorik Model (TM)	Kavramsal Model (KavM)	teorik (kavramsal) soru türüne ait anlamalar bilimsel veya bilimsel yakın; teorik (ilişkisel) ve pratik (şematik ve işlemsel) soru türlerine ait anlamalar bilimsel olmayan niteliktedir.	3	2	2	2
				4	1	1	1
				0	0	0	0
	İlişkisel Model (İİM)	teorik (ilişkisel) soru türüne ait anlamalar bilimsel veya bilimsel yakın; teorik (kavramsal) ve pratik (şematik ve işlemsel) soru türlerine ait anlamalar bilimsel olmayan niteliktedir.	2	3	2	2	
			1	4	1	1	
			0	0	0	0	
	Pratik Model (PM)	Tam Pratik Model (TPM)	pratik (şematik ve işlemsel) soru türlerine ait anlamalar bilimsel veya bilimsel yakın; teorik (kavramsal ve ilişkisel) soru türlerine ait anlamalar bilimsel olmayan niteliktedir.	2	2	3	3
				1	1	4	4
				0	0		
	Yapısal Model (YM)	pratik (şematik) soru türüne ait anlamalar bilimsel veya bilimsel yakın; teorik (kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (işlemsel) soru türlerine ait anlamalar bilimsel olmayan niteliktedir.	2	2	3	2	
			1	1	4	1	
			0	0		0	
	İşlemsel Model (İŞM)	pratik (işlemsel) soru türüne ait anlamalar bilimsel veya bilimsel yakın; teorik (kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (şematik) soru türlerine ait anlamalar bilimsel olmayan niteliktedir.	2	2	2	3	
			1	1	1	4	
0			0	0			
Karma Model (KM)	Kavramsal-Yapısal Model (K-YM)	kavramsal (teorik) ve şematik (pratik) soru türlerine ait anlamalar bilimsel veya bilimsel yakın; ilişkisel (teorik) ve işlemsel (pratik) soru türlerine ait anlamalar bilimsel olmayan niteliktedir.	3	2	3	2	
			4	1	4	1	
	Kavramsal-İşlemsel Model (K-İŞM)	kavramsal (teorik) ve işlemsel (pratik) soru türlerine ait anlamalar bilimsel veya bilimsel yakın; ilişkisel (teorik) ve şematik (pratik) soru türlerine ait anlamalar bilimsel olmayan niteliktedir.	3	2	2	3	
			4	1	1	4	
			0	0			
İlişkisel-Yapısal Model (İl-YM)	ilişkisel (teorik) ve şematik (pratik) soru türlerine ait anlamalar bilimsel veya bilimsel yakın; kavramsal (teorik) ve işlemsel (pratik) soru türlerine ait anlamalar bilimsel olmayan niteliktedir.	2	3	3	2		
		1	4	4	1		
		0			0		
İlişkisel-İşlemsel Model (İl-İŞM)	ilişkisel (teorik) ve işlemsel (pratik) soru türlerine ait anlamalar bilimsel veya bilimsel yakın; kavramsal (teorik) ve şematik (pratik) soru türlerine ait anlamalar bilimsel olmayan niteliktedir.	2	3	2	3		
		1	4	1	4		
		0	0				

Tablo 27'nin devamı

	Z.M.Türü	Z.M.Tipi	Zihinsel Modelin Özellikleri (Öğrenci konuya ait ...)	Z.M.Matrisi			
				{ K	İl	Ş	İş }
Sentez/Hibrit Modeller	Karma Model (KM)	Geçiş Modeli (GM) ⁸	teorik (kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (şematik ve işlemsel) soru türlerine ait anlamalar zayıf bilimsel niteliktedir.	3*	3*	2	2
						1	1
						0	0
				2	3*	3*	2
				1			1
				0			0
				2	2	3*	3*
				1	1		
				0	0		
				3*	2	2	3*
	1	1					
	0	0					
3*	2	3*	2				
	1		1				
	0		0				
2	3*	2	3*				
1		1					
0		0					
İlkel modeller	Temel Model (TeM) ^{9,10}	teorik (kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (şematik ve işlemsel) soru türlerine ait anlamalar zayıf bilimsel niteliktedir.	3*	2	2	2	
				1	1	1	
				0	0	0	
			2	3*	2	2	
			1		1	1	
			0		0	0	
			2	2	3*	2	
			1	1		1	
			0	0		0	
			2	2	2	3*	
1	1	1					
0	0	0					
	Uyumsuz Model (UM)	teorik(kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (şematik ve işlemsel) soru türlerine ait anlamalar bilimsel olmayan niteliktedir.	2	2	2	2	
			1	1	1	1	
			0	0	0	0	

⁸ (3*) şeklindeki temsilin anlamı için, Geçiş Modeli'ne ait açıklamalara bakınız.

⁹ (3*) şeklindeki temsilin anlamı için, Temel Model'e ait açıklamalara bakınız.

¹⁰ Temel Model içerisinde 'Tanımsal Model' ve 'Şematik Model' olarak isimlendirilen spesifik iki zihinsel model tipi yer almaktadır. Bu model tiplerine ait açıklama için Temel Model'e ait açıklamalara bakınız.

- Bilimsel modeller: Öğrencilerin konu/kavram ile ilgili bilimsel bilgilerle uyumlu anlamalara sahip olduğu model türüdür.
 - Bilimsel model: Konuya /kavrama dair bilimsel bilgilerle uyumlu anlamaları kapsayan model tipidir. Literatürde bilimsel model (Vosniadou ve Brewer, 1992) veya ideal model (İyibil, 2010) olarak isimlendirilen ve tamamen bilimsel bileşenlerden oluşan bu zihinsel model, bu tez araştırmasında da Bilimsel Model olarak adlandırılmıştır.
 - Kısmi bilimsel model: Konuya/kavrama dair bilimsel bilgilerle önemli ölçüde örtüşen anlamaları kapsayan model tipidir. Bu model tipine sahip olan öğrencilerin konu/kavrama dayalı bilgileri sınırlı olmasına rağmen ifadeleri arasında alternatif kavram ya da yanlış bilgi/anlama olarak nitelendirilebilecek bilgiler bulunmamaktadır.
- Sentez/Hibrit modeller: Araştırma sırasında ortaya çıkan bilimsel ve bilimsel olmayan bilgi yapılarını içeren zihinsel model türleri (baskın teorik, baskın pratik ve karma modeller) sentez/hibrit model türü altında toplanmıştır. Literatürde sentez ya da hibrit model olarak adlandırılan bu modeller (Vosniadou ve Brewer, 1992, 1994; Vosniadou, 1994; Franco ve Colinvoux, 2000), bu tez araştırması kapsamında da sentez/hibrit model olarak adlandırılmıştır.

Sentez/hibrit model türleri için bilimsel bilgilerle örtüşme durumu bilimsel olarak ifade edilmiştir. İfade edilen bilgilerin bilimsel olarak yakın olma durumu, Kısmi Bilimsel Model'den farklıdır. Bu fark şu şekilde açıklanabilir: Kısmi Bilimsel Model'de ifadelerin bilimsel olarak yakın olması; yöneltilen soruların önemli bir kısmına bilimsel bilgilerle örtüşen ifadeler kullanılması ve kullanılan ifadelerin arasında alternatif kavram ya da yanlış bilgi bulunmaması söz konusuysa; sentez/hibrit modellerde kullanılan bilimsel bilgilerin yanı sıra diğer ifadelerin bilimsel bilgilerle uyumlu olmaması (alternatif kavram ya da yanlış bilgi içermesi) söz konusudur. Bu farkı özetlersek, sentez/hibrit modeller içerisinde alternatif kavramlar ve yanlış anlamalar barındırmaktadır. Sentez/hibrit modeller de kendi altında öğrenci ifadelerinin özelliklerine göre sınıflandırılmıştır:

 - Baskın teorik model: Öğrencilerin konu/kavram ile ilgili teorik olarak nitelenen soru türlerine ait anlamaları bilimsel veya bilimsel olarak yakın nitelikte; pratik olarak nitelenen soru türlerine ait anlamaları bilimsel bilgilerden uzak olduğu model tipidir.
 - Tam teorik model olarak isimlendirilen model tipinde, öğrencilerin teorik (kavramsal ve ilişkisel) olarak nitelenen soru türlerine ait anlamaları bilimsel

veya bilimsele yakın iken; pratik (şematik ve işlemsel) olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel nitelikte değildir.

- Öğrencilerin teorik (kavramsal) olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel veya bilimsele yakın iken; teorik (ilişkisel) ve pratik (şematik ve işlemsel) olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel nitelikte olmayan model tipi Kavramsal Model olarak isimlendirilmiştir.
- Öğrencilerin teorik (ilişkisel) olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel veya bilimsele yakın iken; teorik (kavramsal) ve pratik (şematik ve işlemsel) olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel nitelikte olmayan model tipi İlişkisel Model olarak isimlendirilmiştir.
- Baskın pratik model: Öğrencilerin konu/kavram ile ilgili pratik olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel veya bilimsele yakın nitelikte; teorik olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel bilgilerden uzak olduğu model tipidir.
 - Tam pratik model olarak isimlendirilen model tipinde, öğrencilerin pratik (şematik ve işlemsel) olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel veya bilimsele yakın iken; teorik (kavramsal ve ilişkisel) olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel nitelikte değildir.
 - Öğrencilerin pratik (şematik) olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel veya bilimsele yakın iken; teorik (kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (işlemsel) olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel nitelikte olmayan model tipi Yapısal Model olarak isimlendirilmiştir.
 - Öğrencilerin pratik (işlemsel) olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel veya bilimsele yakın iken; teorik (kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (şematik) olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel nitelikte olmayan model tipi İşlemsel Model olarak isimlendirilmiştir.
- Karma Model: Öğrencilerin konu/kavram ile ilgili hem teorik hem de pratik olarak nitelenen soru türlerine ait anlamları bilimsel ya da bilimsele yakın nitelikte olan model tipidir.
 - Kavramsal-İşlemsel Model olarak isimlendirilen model tipi, öğrencilerin teorik (kavramsal) ve pratik (işlemsel) soru türlerine ait anlamları bilimsel veya bilimsele yakın iken; teorik (ilişkisel) ve pratik (şematik) soru türlerine ait anlamları bilimsel nitelikte değildir
 - Kavramsal-Yapısal Model olarak isimlendirilen model tipi, öğrencilerin teorik (kavramsal) ve pratik (şematik) soru türlerine ait anlamları bilimsel veya

bilimsele yakın iken; teorik (ilişkisel) ve pratik (işlemsel) soru türlerine ait anlamaları bilimsel nitelikte değildir

- İlişkisel-Yapısal Model olarak isimlendirilen model tipi, öğrencilerin teorik (ilişkisel) ve pratik (şematik) soru türlerine ait anlamaları bilimsel veya bilimsele yakın iken; teorik (kavramsal) ve pratik (işlemsel) soru türlerine ait anlamaları bilimsel nitelikte değildir
- İlişkisel-İşlemsel Model olarak isimlendirilen model tipi, öğrencilerin teorik (ilişkisel) ve pratik (işlemsel) soru türlerine ait anlamaları bilimsel veya bilimsele yakın iken; teorik (kavramsal) ve pratik (şematik) soru türlerine ait anlamaları bilimsel nitelikte değildir.
- Geçiş modeli olarak isimlendirilen zihinsel model tipinde öğrencilerin konu/kavram ile ilgili teorik (kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (şematik ve işlemsel) soru türlerine ait anlamaları zayıf bilimsel niteliktedir. Farklı soru türlerine ait birkaç spesifik noktaya yönelik bilimsel veya bilimsele yakın anlamalara sahip olup, belirlenen spesifik noktalara yönelik diğer anlamalarının bilimsel nitelikte olmaması, öğrencinin zayıf bilimsel nitelikte anlamalara sahip olduğu şeklinde kabul edilmiştir. Bir öğrenciye ait ifadeleri örnek olarak verirsek; öğrencinin teorik (kavramsal) alanda yer alan üç spesifik noktaya ve pratik (işlemsel) alanda yer alan iki spesifik noktaya yönelik 3 (sınırlı anlama) seviyesinde ifadeler kullandığını ve teorik (kavramsal) ve pratik (işlemsel) soru türlerine ait diğer spesifik noktalar ile teorik (ilişkisel) ve pratik (şematik) soru türlerine ait spesifik noktalara ise bilimsel olmayan (2, 1 ve 0 seviyelerinde) ifadeler kullandığını kabul edelim. Bu öğrenciye ait anlamaların zayıf bilimsel nitelikte olduğu belirlenerek {3*213*} şeklinde oluşturulan zihinsel model matrisine uygun bir anlamaya sahip olduğu tespit edilmiştir. Teorik (kavramsal) ve pratik (işlemsel) alanlarına ait anlama seviyesini gösteren 3 rakamının üzerinde yer alan “*” sembolü, öğrencinin bu alanda zayıf bilimsel nitelikte anlamaya sahip olduğunu temsil etmektedir.
- İlkel modeller: Öğrencilerin konu/kavram ile ilgili bilimsel olmayan ya da zayıf bilimsel nitelikte anlamalara sahip olduğu model türüdür
 - Temel Model: Öğrencilerin konu /kavram ile ilgili teorik (kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (şematik ve işlemsel) soru türlerine ait anlamaları zayıf bilimsel niteliktedir. Farklı soru türlerine ait birkaç spesifik noktaya yönelik bilimsel veya bilimsele yakın anlamalara sahip olup, belirlenen spesifik noktalara yönelik diğer anlamalarının bilimsel nitelikte olmaması, öğrencinin zayıf bilimsel

nitelikte anlamalara sahip olduğu şeklinde kabul edilmiştir. Bir öğrenciye ait ifadeleri örnek olarak verirsek; öğrencinin teorik (kavramsal) alanda yer alan iki spesifik noktaya yönelik 3 (sınırlı anlama) seviyesinde ifadeler kullandığını ve teorik (kavramsal) soru türlerine ait diğer spesifik noktalar ile teorik (ilişkisel) ve pratik (şematik ve işlemsel) soru türlerine ait spesifik noktalara ise bilimsel olmayan (2, 1 ve 0 seviyelerinde) ifadeler kullandığını kabul edelim. Bu öğrenciye ait anlamaların zayıf bilimsel nitelikte olduğu belirlenerek {3*210} şeklinde oluşturulan zihinsel model matrisine uygun bir anlamaya sahip olduğu tespit edilmiştir. Teorik (kavramsal) alanına ait anlama seviyesini gösteren 3 rakamının üzerinde yer alan “*” sembolü, öğrencinin bu alanda zayıf bilimsel nitelikte anlamaya sahip olduğunu temsil etmektedir.

Temel modele sahip olan öğrencilerin yalnızca başarı testinde yer alan kavramın tanımı veya kavramın şekilsel yapısı gibi kavrama ait temel nitelikteki soruları bilimsel düzeyde cevaplamaları durumu zihinsel model matrisleri oluşturulurken dikkate alınmıştır. Örneğin, İyibil (2010) çalışmasında öğretmen adaylarının gezegen kavramını tanımlayamamalarına ve kavram ile ilgili diğer soruları cevaplayamamalarına rağmen gezegen kavramına ait şekli bilimsel düzeyde çizmeyi başardıklarını tespit etmiş ve bu adayların zihinsel modellerini ‘Şematik Model’ olarak adlandırmıştır. Benzer bir durumun bu tez araştırmasında da beklenmesi sebebiyle, öğrencilerin konuya/kavrama ait tanımı bilimsel düzeyde yapıp diğer sorulara bilimsel nitelikte cevap verememesi durumunda ‘Tanımsal Model (TaM)’ ve öğrencilerin konuya/kavrama ait yapısal şekli bilimsel düzeyde çizemediği ancak diğer sorulara bilimsel nitelikte cevap verememesi durumunda ‘Şematik Model (ŞM)’ olmak üzere iki alt zihinsel model tipi belirlenmiştir.

- Uyumsuz model: Öğrencilerin konu /kavram ile ilgili teorik (kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (Şematik ve işlemsel) soru türlerine ait bilimsel olmayan nitelikteki anlamaları kapsayan model tipidir. Bu model tipi bilimsellik açısından literatürde yer alan İkel Model’e (Vosniadou ve Brewer, 1992, 1994; Vosniadou, 1994) veya Uyumsuz Model’e (İyibil, 2010) benzediği söylenebilir. Bu tez araştırmasında da bu model türü Uyumsuz Model olarak adlandırılmıştır.

Öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modellere tespit edilirken, Tablo 27’de belirtilen zihinsel modeller dışında kalan öğrenci anlamaları, sahip oldukları özellikler çerçevesinde “Diğer” kategorisi altında sınıflandırılarak incelenecektir. Diğer kategorisi altında ortaya

çıkan zihinsel modellere yönelik açıklamalar araştırmanın bulgular bölümünde yer alacaktır.

3. 1. 4. 1. 4. Alternatif Kavramların Tespit Edilmesi

Alternatif kavramın literatürde yer alan pek çok tanımı bulunmaktadır. Bu tanımlardan birisinde alternatif kavram; öğrencilerin hataların sistematik bir modelinden ürettiği bir kavram olarak ifade edilmektedir (Smith, diSessa ve Roschelle, 1993). Alternatif kavramların tespit edilmesi için temel veri kaynağı olarak başarı testlerinden ve klinik mülakatların uygulamalarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu araştırmada da öğrenci cevaplarının anlama seviyeleri belirlenirken, öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramlar da ön, son ve geciktirilmiş uygulamalar için içerik analizi ile ayrı ayrı belirlenmiştir. Ön, son ve geciktirilmiş uygulamalardan elde edilen bulgular bir arada sunulurken alternatif kavramın öğretim süreci içindeki giderilme, giderilememe ve tekrar ortaya çıkma durumları sergilenmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte, BİÖH formlarından elde edilen verilerin analizi sırasında alternatif kavram tespit edildiğinde, verilerin birbirini destekleyeceği düşüncesiyle tespit edilen alternatif kavram, başarı testinden ve klinik mülakatlardan elde edilen alternatif kavramların arasına eklenmiştir.

3. 1. 4. 2. BİÖH Formlarının Analizi

Öğrencilerin kendi bilgi gelişim ve değişim süreçleri izleyebilmeleri ve öz değerlendirme yapabilmeleri için kullanılan BİÖH formları da içerik analizi kullanılarak analiz edilmiştir. İçerik analizi sırasında elde edilen veriler betimsel analize göre daha derin analiz işleme tabi tutularak, betimsel analizde fark edilemeyen kodlara ve temalara ulaşılabilir ve verilerin içinde saklı olabilecek gerçekler ortaya çıkarılabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Analiz sonrasında ortaya çıkarılan kodlar ve temalar sayesinde veriler iyi bir şekilde organize edilerek daha anlaşılır hale getirebilir. İçerik analizi yapılırken ilk önce veriler kodlanmış ve kodlara uygun temalar bulunmuştur. Kodlama ve temalandırma işlemlerinin ardından kodlar ve temalar düzenlenerek bulguların tanımlanması ve yorumlanması aşamaları yürütülmüştür. Elde edilen verilerin tamamının verilmesi yerine, sadeleştirilmesi önerilen veriler (Cohen, Manion ve Morrison, 2007) kodlar ve uygun temalar oluşturularak okuyucuya sunulmuştur. Tekrar edilen fikirler, ilişkiler ya da olaylardan meydana gelen kodlar araştırma sorularından veya araştırma sırasında kullanılan veri toplama araçlarındaki sorulardan oluşturulabilen uygun temalar altında toplanmaya çalışılmıştır (Auerbach ve Silverstein, 2003). Bireylerin ortak olan veya

olmayan görüşlerinin belirlenerek verilen cevapların bu temalar altındaki sıklıklarının belirlenmesi önerilmektedir (Yin, 2003).

Belirtilen noktalardan hareketle, bu çalışma kapsamında, öğrencilerin verdikleri cevaplar hiçbir değişime uğratmadan uygun kod ve temalarla kategorileştirilerek ifade edilme sıklıkları ile tablolarda sunulmuştur. Bununla birlikte, kodlara ve temalara dair öğrenci ifadelerinden alıntılara sıkça yer verilerek verilerin okuyucuya sunulması sağlanmıştır.

3. 1. 4. 3. Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Yürütülmesi Sırasında Kullanılan Veri Toplama Araçlarının Analizi

Bu bölümde, adidaktik öğrenme ortamının yürütülmesi sırasında elde edilen veriler; gruplara ait video kayıtlarının, problem durumlarına yönelik çözüm yollarının ve araştırmacı tarafından alınan alan notlarının analizi açıklanmaktadır.

3. 1. 4. 3. 1. Video Kayıtlarının Analizi

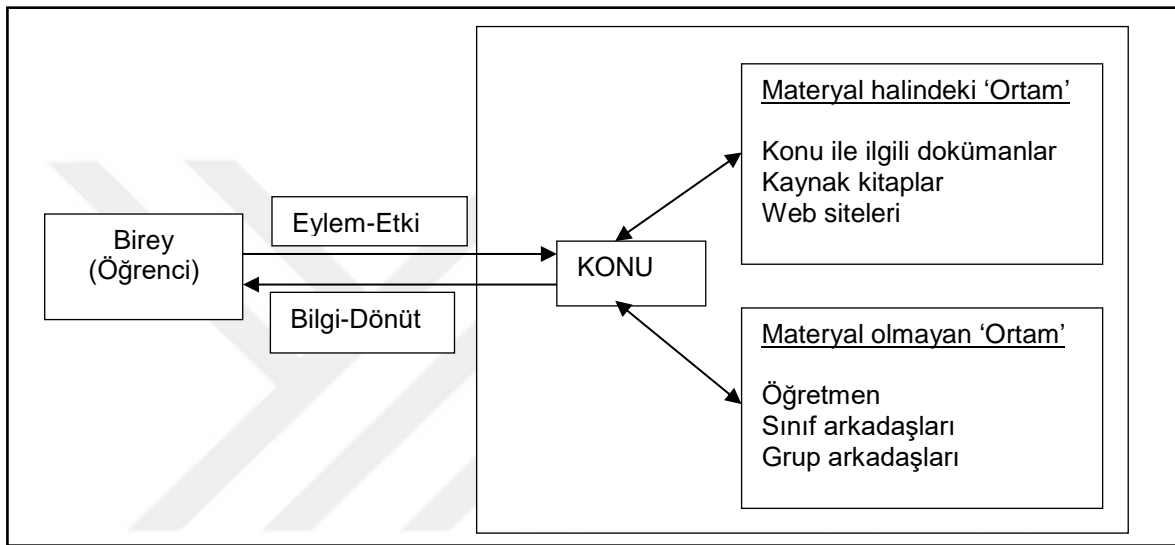
Video kayıtlarının analizi içerik analizi ile yapılmıştır. İçerik analizi sırasında verilerin anlamlandırılması için bir kriter tablosu geliştirilmiştir. Kriter tablosu geliştirilirken; çalışmanın kuramsal çerçevesinden, öğrencilerin sahip oldukları öğrenme stillerinin özelliklerinden ve pilot uygulamadaki çalışmalardan yararlanılmıştır.

Didaktik durumlar teorisine göre adidaktik bir öğrenme ortamının sahip olması gereken bazı özellikler vardır (Arslan vd., 2011):

- i) Öğrenci kendisine sunulan problem durumunu belirli bir aşamaya kadar çözebilecek önbilgilere sahip olmasına rağmen bu bilgi seviyesi problem durumuna ait çözümü tamamlayacak kadar yeterli değildir (Çözümü belirleme).
- ii) Öğrenci problemi çözmek için bir başlangıç stratejisi üretebilmelidir (Strateji geliştirme).
- iii) Öğrenci, geliştirdiği başlangıç stratejisinin problemin çözümü için uygunluğunu test etmelidir. Geliştirilen strateji problem durumunun çözümü için yetersiz kalabilir. Bu durumda, bu yetersizliğin nerede yaşandığının ortaya çıkarılması gerekir (Strateji test etme).
- iv) Öğrencinin ortaya çıkardığı her bir bilgiye onay işlemi için bir 'ortam' olmalı ve 'ortam' bireye bilgiye dair dönüt vermelidir. Öğrencinin aldığı dönütler doğrultusunda ortam tekrarlanabilir (Dönüt alıp verme).

Çalışmanın kuramsal çerçevesi kapsamında, adidaktik öğrenme ortamının sahip olması gereken özelliklerle birlikte, bu ortamda gerçekleşen öğrenme sürecindeki etkileşimler dikkate alınmıştır. Öğrenci verilen problem durumuna çözüm ararken adidaktik

öğrenme ortamında öğrenme sürecinde 'ortam' ile etkileşime girer. Bu etkileşimlerin öğrencinin öğrenme sürecinde önemli bir paya sahip olduğu düşünülerek video kayıtlarının analizi sürecinde bu etkileşimlere yer verilmiştir. 'Ortam' öğrencinin süreçte etkileşime girebileceği her şeydir. Bu sebeple, 'ortam' ile etkileşim kriterine alt kriterler belirleyebilmek için Hadjerrouit (2011)'un çalışmasından yararlanılmıştır. Bu anlamda, Hadjerrouit (2011) adidaktik öğrenme ortamındaki öğrenci-'ortam' etkileşimleri aşağıdaki gibi betimlemiştir (Şekil 17).



Şekil 17. Adidaktik öğrenme ortamındaki öğrenci-'ortam' etkileşimleri

İkinci aşamada, öğrencilerin sahip oldukları öğrenme stillerinin özelliklerinden yararlanarak ortamda öğrencilerden neler beklendiği ve öğrencilerin neler yapabileceği belirlenmiştir. Öğrenme stilinden üretilen kriterler, didaktik durumlar teorisi çerçevesinde üretilen kriterlere entegre edilmiştir. Pilot uygulamada alınan video kayıtlarının incelenmesi ile kriter tablosu düzenlenerek son halini almıştır. Pilot uygulamalardaki çalışmalardan yola çıkarak, yapılan çözümün niteliğine yönelik bir kriterinde kriter tablosunda yer alması gerektiğine karar verilmiştir. Analiz için kullanılan kriter tablosu Tablo 28'de yer almaktadır.

Tablo 28. Video Kayıtlarını Analiz Etmek İçin Geliştirilen Kriter Tablosu

Kriterler	Sürece dair açıklamalar
Sunulan probleme yönelik çözümü belirleme	Somut materyallerle çalışma
Çözüme yönelik strateji geliştirme	Deney yapma <ul style="list-style-type: none"> • Deney araç gereçlerini tanıma ve kullanma/ deney malzemelerini doğru seçebilme • Deney düzeneğini kurabilme • Amacına uygun deneyi hazırlayabilme/deney problem durumu ilişkisi • Deney çalışmıyorsa gerekli işlemleri yapabilme/ hatayı bulabilme/hataları yorumlayabilme • Deney yaptıktan sonra belirli bir sonuç ve yargıya varabilme
	Problem çözme <ul style="list-style-type: none"> • Problemi anlayabilme • Probleme yönelik değişkenleri belirleme
	Kavramların içeriklerini irdeleme <ul style="list-style-type: none"> • Belirli bir düzenle bilgileri yapılandırma • Karmaşık olarak bilgileri yapılandırma
	Kavramlar arası ilişkileri kurma <ul style="list-style-type: none"> • Kavramlar arasında hiyerarşik bir sınıflama yapabilme
Geliştirilen stratejiyi test etme	'Ortam' ile etkileşim içine girme <ul style="list-style-type: none"> • Kaynaklardan yararlanma (kaynak kitaplar, İnternet ...)
	'Ortam' ile etkileşim içine girme <ul style="list-style-type: none"> • Grup arkadaşları ile etkileşim • Sınıf arkadaşları ile etkileşim • Araştırmacı ile etkileşim
Dönüt alıp verme	'Ortam' ile etkileşim içine girme <ul style="list-style-type: none"> • Grup arkadaşları ile etkileşim • Sınıf arkadaşları ile etkileşim • Araştırmacı ile etkileşim
Yapılan çözümün niteliği	<ul style="list-style-type: none"> • Bir çözüme ulaşılmış mı? • Yapılan çözüm özgün mü? • Yapılan çözüm var olan bir çözüm mü?

Video analizinde yer alan kriterler öğrencilerden sahip oldukları öğrenme stilleri çerçevesinde beklenen davranışları ifade etmektedir. Sürece dair açıklamalar kolonunda ise, kriterler doğrultusunda yapılan işlem(ler)e dair gerekli açıklamalar yer almaktadır.

3. 1. 4. 3. 2. Problem Durumlarına Ait Grup Dokümanlarının ve Alan Notlarının Analizi

Adidaktik öğrenme ortamlarında kullanılan problem durumlarına (Ek-8) ait grup dokümanları ve bu süreçte alınan alan notları ise içerik analizi ile analiz edilmiştir. Video kayıtlarının analizi ile problem durumlarına ait dokümanların ve alan notlarının analizlerinden elde edilen veriler birbirini destekleyeceği ve daha anlamlı bir bütün ifade edeceği düşüncesiyle bulgular başlığı altında birlikte verilmiştir.

3. 2. Araştırmacının Rolü

Ön alışma olarak, araştırmacı ortamda ilk önce katılımcı gözlemci olarak yer almıştır. Bu süreçte, öğrenme ortamını, öğrenci düzeylerini, ön bilgilerini ve varsa alternatif kavramlarını belirlemiştir. Elde ettiği bilgilerden ve verilerden yola çıkarak adidaktik öğrenme ortamlarının oluşturulması için neler yapması gerektiğine karar vermiştir.

Araştırmacı tez çalışmasının yürütülmesi sırasında, adidaktik öğrenme ortamlarının uygulayıcısıdır. Uygulayıcı olarak adidaktik öğrenme ortamlarını yürütürken, araştırmacı olarak gözlemler yapmış, veri toplamış ve adidaktik öğrenme ortamların düzenlenmesini, geliştirilmesini sağlamıştır. Adidaktik öğrenme ortamlarında araştırmacı ilk dört evrede rehber ve gözlemci olarak bulunmaktadır. Son evrede ise, araştırmacı öğrencilerin ulaştıkları bilgileri doğrulayıcı, toparlayıcı ve farklı bağlamlara aktarma konusunda yardımcı olma görevi yapmaktadır. Araştırmacının rolü pilot ve asıl çalışma yürütülürken aynıdır.

Araştırmacının tez çalışmasının yürütürken aynı zamanda uygulayıcısı olmasının sebebi, Genel Fizik II ve Genel Fizik Laboratuvarı II derslerinin paralel yürütülmesi gerekliliği ile derslerin yürütülmesinden sorumlu öğretim üyelerinin farklı olmasıdır.

3. 3. Geçerlik ve Güvenirlik alışmaları

Yapılan tez çalışmasının nitel ağırlıklı olduğu söylenebilir. Bu sebeple, yapılan geçerlik ve güvenirlik çalışmaları nicel araştırmalara göre daha farklıdır. Nicel araştırmalardaki iç geçerliliğin yerine nitel araştırmalarda inandırıcılık, dış geçerlilik yerine aktarılabirlik; iç güvenirlik yerine tutarlılık ve dış güvenirlik yerine teyit edilebilirlik kavramları kullanılmaktadır (Yıldırım ve şimşek, 2006, s. 264). Bir araştırmanın geçerlik ve güvenirliğinin artırılabilmesi için, elde edilen bulguların gerçekliğine (İç Geçerlik/İnandırıcılık), ulaşılan sonuçların benzer ortamlardaki geçerliğine (Dış Geçerlik/Aktarılabirlik), süreçlerin tutarlı olmasına (İç Güvenirlik/Tutarlılık) ve nesnel bir yaklaşımla verilerin toplanarak analiz edilmesi ile sonuçların ortaya konduğuna (Dış güvenirlik/Teyit Edilebilirlik) dair kanıtlar sunulması gereklidir (Yıldırım ve şimşek, 2006, s. 265). Bu başlık altında, çalışmanın geçerliğinin ve güvenirliğinin nasıl sağlandığı ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

3. 3. 1. İç Geçerlik (İnandırıcılık)

Çalışmalarda inandırıcılığın başarılabilmesi için araştırmacıların kullanabilecekleri birtakım stratejiler önerilmiştir (Lincoln ve Guba, 1985'ten akt., Yıldırım ve Şimşek, 2006, s. 265).

- Uzun süreli etkileşim: Çalışmanın inandırıcılığını arttırmak için, araştırma modelinin dayandığı kuram çerçevesinde mevcut durumu ortaya çıkarabilmek adına ön hazırlık analizleri yapılmıştır. Araştırmacı ön analizler sırasında ve uygulama yapılmadan önceki dönemde (2013-2014 bahar dönemi) açılan ilgili Fizik derslerine katılarak ortamı ve ortamda yer alan öğrencileri gözlemlemiştir. Uygulama grubunu ise uygulama yapılmadan önceki dönemde (2014-2015 güz dönemi) açılan Fizik derslerine katılarak sınıfta yer alan öğrenci dinamiklerini ve öğrencilerin öğrenme ortamındaki davranışlarını gözleme fırsatı yakalamıştır. Ayrıca öğrencilerle etkileşim kurularak, öğrencilerin araştırmacıdan çekinmemesi doğrultusunda bir adım atılmıştır. Alanda uzun süre kalan araştırmacı olay, olgu, durum ve yorumları katılımcıların/öğrencilerin bakış açısıyla ortaya çıkarabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2006).
- Derinlik odaklı veri toplama: Bir çalışmanın geçerliğini bahsetmenin ön koşulu, araştırılan problemi tam olarak örtecek nitelikte veri toplama araçları veya araştırma metotları uygulamak olarak ifade edilmektedir (Çepni, 2010). Bu bağlamda araştırmacıdan eleştirel bir gözle bakarak topladığı verilerin çalışmanın araştırma problemlerine yanıt verebilme durumunu sorgulaması ve ulaştığı sonuçların gerçeğe uygunluğunu teyit etmesi beklenir (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Tasarlanan adidaktik öğrenme ortamındaki süreç içerisinde, araştırma kapsamındaki farklı araştırma problemlerine yönelik farklı veri toplama araçları ve farklı veri analizi metodlarından yararlanılmıştır. Öğrencilerin süreç içerisindeki durumlarının değerlendirilebilmesi için süreç video kaydına alınmış ve araştırma kapsamında geliştirilen bir değerlendirme ölçütüyle video kayıtları analiz edilmiştir.
- Çeşitleme (Üçgenleme): Veri toplamada ve veri analizinde birçok metodun kullanılmasıyla (üçgenleme) çalışmanın hem güvenilirliğini hem de inandırıcılığını, elde edilen verilerin birden fazla bakış açısıyla ortaya koyulması sebebiyle güçlendirilebilir (Çepni, 2010). Bu çalışmada güvenirliliğin ve inandırıcılığın güçlendirilebilmesi için zaman üçgenlemesi (ön-son-geciktirilmiş uygulamalar), veri üçgenlemesi (başarı testi, klinik mülakat, video kaydı) ve

analiz üçgenlemesi (anlama seviyeleri ile analiz, içerik analizi, istatistiksel analiz) kullanılmıştır.

- Uzman incelemesi: Veri toplama araçlarından başarı testinin geliştirilmesi sırasında bir fizik alanı uzmanı, bir fen eğitimi uzmanı ve iki fizik eğitimi uzmanının görüş ve önerileri alınmıştır. Toplanan verilerden elde edilen analizlerin teyit edilmesi ve bulguların geçerliğinin sağlanması açısından yapılan analizler bir fizik eğitimi uzmanı tarafından kontrol edilmiştir. Analizlerin kontrol edilmesi sırasında fikir ayrılığı yaşandığı durumlarda, fizik eğitimi uzmanı ile araştırmacı bir araya gelerek durumu incelemişler ve ortak bir karar alınarak analizde gerekli düzenlemeler yapılmıştır.
- Katılımcı teyidi: Çalışmaya katılan öğrencilerin klinik mülakatlar sırasında başarı testine verdikleri cevaplar konusunda emin olmadıkları durumlarda karşılaşıldığında, öğrencilere ifadelerini düzenleme imkanı sağlanmıştır. Eğer öğrencilerin yaptıkları düzenlemelerde büyük bir değişiklik varsa, bunun sebebini açıklamaları istenmiş ve açıklama ikna edici ise cevaplardaki düzenlemeler kabul edilmiştir. Ayrıca, klinik mülakatlar sonunda öğrencilerin verdikleri cevaplar transkript edilerek öğrencilerin verdikleri cevapları teyit etmeleri sağlanmıştır.

3. 3. 2. Dış Geçerlik (Aktarılabirlik)

Araştırmacı elde ettiği sonuçların benzer ortamlara aktarılabirliğini ortaya koyarak benzer bir araştırma yapmak isteyen ve araştırmayı okuyan bireylerin çalışma ortamı ve sürecine ilişkin farkındalığı oluşabilir ve kendi uygulamalarına daha bilinçli daha deneyimli yaklaşabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Araştırmanın aktarılabirliğini artırmak için aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır (Erlandson, Harris, Skipper ve Allen, 1993'ten akt., Yıldırım ve Şimşek, 2006, s. 270):

- Ayrıntılı betimleme: Çalışmanın aktarılabirliğini sağlamak için yapılan çalışmanın tasarlama süreci, uygulama süreci, analiz etme süreci ve bulguların sunumu gibi çalışma süresince yapılan her bir iş ve işlem ilgili başlıklar altında detaylıca açıklanmıştır. Özellikle bulguların sunumu sırasında veri kaynaklarından mümkün olduğunca ham verilerin doğrudan alıntılarına yer verilmiştir.
- Amaçlı örnekleme: Çalışmaya katılan öğrenciler amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilmiş ve çalışmada ulaşılan sonuçların daha açık yorumlanabilmesi için öğrencilerin profilleri tanımlanmaya çalışılmıştır.

3. 3. 3. İç Güvenirlik (Tutarlık)

Nitel araştırmalar çerçevesinde sürekli değişen olay ve olguların değişkenliğinin araştırmaya uygun ve tutarlı bir biçimde yansıtmak hedeflenmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Tez çalışmasında tutarlığı sağlamak için, farklı veri toplama araçları ile toplanan veriler bir bütün halinde birbiriyle ilişkilendirilerek ve birbirini destekleyecek şekilde analiz edilerek okuyucuya sunulmuştur. Ayrıca, 3.3.1. İç geçerlik (İnandırıcılık) başlığı altında da belirtildiği gibi, araştırmaya dışarıdan bir gözle bakılması ve araştırmacının gerçekleştirdiği iş ve işlemlerde tutarlı davranıp davranmadığına ilişkin durumun ortaya çıkarılması amacıyla bir alan eğitimi uzmanı tarafından gerekli kontroller ve incelemeler yapılmıştır.

3. 3. 4. Dış Güvenirlik (Teyit Edilebilirlik)

Bu çerçevede araştırmacıdan ulaştığı sonuçları elde ettiği verilerle sürekli olarak teyit etmesi ile okuyucuya mantıklı bir açıklama sunması beklenmektedir (Lincoln ve Guba, 1985'ten akt., Yıldırım ve Şimşek, 2006, s. 271). Çalışmanın teyit edilebilirliği sağlamak için ise, tüm tasarım, uygulama ve analiz süreci ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Elde edilen bulguları desteklemek için mümkün olduğunca ham veri kullanılmıştır. Öğrencilerin veri toplama araçlarına verdikleri cevaplardan örnekler ilgili bölümlerde sunulmuştur. Ayrıca iç geçerlik (inandırıcılık) ve iç güvenirlik (tutarlık) belirtildiği gibi dışarıdan bir alan uzmanı tarafından ham veriler üzerinde yapılan analizler kontrol edilerek araştırmada ulaşılan yargıların, yorumların ve önerilerin teyit edilebilirlik durumu incelenmiştir.

Ayrıca etik açıdan araştırma yapılmadan önce gerekli izinler alınmıştır. Bununla birlikte, çalışmada etik ilkeler çerçevesinde katılımcılara ait bilgilerin gizli kalması için hem çalışmaya katılan öğrenciler Ö1, Ö2, ..., Ö27 şeklinde kodlanmış hem de görsel veri kaynaklarından örnek görseller kullanılırken öğrencilerin yüzleri gizlenmiştir.

4. BULGULAR

Bu bölümde, tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarındaki öğrenme sürecini ortaya çıkarmak ve bu ortamların öğrencilerin anlama seviyelerine, akademik başarılarına, alternatif kavramlarına ve zihinsel modellerine etkisini gözlemlemek amacıyla yürütülen bu tez çalışmasında verilerin analizinden elde edilen bulgular alt araştırma problemleri çerçevesinde sırasıyla sunulmuştur.

- İlk önce başarı testi ve klinik mülakatlardan elde edilen bulgular sunulmuştur. Bu aşamada tez araştırması kapsamında elde edilen verilerin analizi için öncelikle öğrencilerin başarı testinin ön, son ve geciktirilmiş uygulamalarındaki sorular ile ön ve son klinik mülakat uygulamalarındaki sorulara verdikleri cevapların anlama seviyeleri ve süreç içerisinde anlama seviyelerindeki değişimi belirlenmiştir.
- Öğrencilerin belirlenen anlama seviyelerinden yararlanarak konuya veya kavrama dair akademik başarı puanları ve akademik başarı puanlarındaki değişimler tespit edilmiş ve ilgili istatistiksel analiz sonuçları sunulmuştur.
- Belirlenen anlama seviyelerinden yararlanarak öğrencilerin zihinsel modelleri ve zihinsel modellerindeki değişimler tespit edilmiş ve öğrencilerin sahip oldukları öğrenme stilleri de dikkate alarak değişim süreci ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.
- Öğrencilerin süreç içerisindeki performanslarını gösteren videolardan, problem durumlarına ait dokümanlardan ve alan notlarından elde edilen bulgular sunulmuştur. Bu aşamada, öğrencilerin adidaktik öğrenme ortamının ilk dört evresinde gösterdikleri performanslar ele alınmıştır.
- Son olarak, öğrencilerin öğrenme sürecini ve öğrenme süreci içerisinde kendilerini değerlendirdikleri bulgular sunulmuştur. Bu aşamada, öğrencilerin doldurdıkları Bil-İste-Öğren-Hatırla formlarından elde edilen veriler ve klinik mülakatın son uygulamasında sorulan öğrenme ortamını ve sürecini değerlendirmeye yönelik açık uçlu sorulardan elde edilen veriler kullanılmıştır.

4. 1. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Anlama Seviyeleri ve Anlama Seviyelerindeki Değişimine Yönelik Bulgular

Bu kısımda öğrencilerin başarı testinin ön, son ve geciktirilmiş uygulamaları ile klinik mülakat ön ve son uygulamalarındaki sorulara verdikleri cevapların anlama seviyelerine göre analizinden elde edilen bulgular sunulmuştur. Bulgular ön, son ve geciktirilmiş uygulama verileri karşılaştırmalı olarak akım türlerine göre düzenlenmiştir. Öğrencilerin ön, son ve geciktirilmiş uygulama sonunda her bir soruya ait cevaplarının anlama

seviyeleri bireysel olarak Ek-16'da sunulmuştur. Bulgular başarı testi ve klinik mülakat uygulamalarından alıntılarla desteklenmiştir. Bu başlık altında yer alan anlama seviyelerine öğrencilerin ifadelerinden örnek sunarken ilk önce öğrenci kodu ve sonra verilen cevabın bulunduğu anlama seviyesi verilmiştir; Ö1 olarak kodlanan öğrencinin ilgili soruya yönelik verdiği cevap [0] numaralı anlama seviyesinde ise örnek kodlama (Ö1-[0]) şeklindedir.

4. 1. 1. Öğrencilerin Doğru Akıma Ait Sahip Oldukları Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerdeki Değişimine Yönelik Bulgular

Öğrencilerin yapılan ön, son ve geciktirilmiş uygulamalar sonucundaki doğru akım ile ilgili sorulara verdikleri cevapların anlama seviyelerine ait frekans ve yüzdelik değerleri Tablo 29'da özetlenmiştir.

Tablo 29. Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili Anlama Seviyeleri

Soru no	Ön uygulama					Son uygulama					Geciktirilmiş uygulama				
	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]
3	---	10 (37.0)	17 (63.0)	---	---	---	4 (14.8)	14 (51.9)	8 (29.6)	1 (3.7)	---	7 (25.9)	16 (59.3)	4 (14.8)	---
4	10 (37.0)	8 (29.6)	7 (25.9)	1 (3.7)	1 (3.7)	1 (3.7)	7 (25.9)	8 (29.6)	8 (29.6)	3 (11.1)	9 (33.3)	6 (22.2)	9 (33.3)	2 (7.4)	1 (3.7)
5	6 (22.2)	7 (25.9)	14 (51.9)	---	---	---	2 (7.4)	19 (70.4)	6 (22.2)	---	3 (11.1)	---	23 (85.2)	1 (3.7)	---
6	2 (7.4)	3 (11.1)	20 (74.1)	2 (7.4)	---	1 (3.7)	1 (3.7)	18 (66.7)	7 (25.9)	---	5 (18.5)	---	20 (74.1)	2 (7.4)	---
7A	3 (11.1)	3 (11.1)	5 (18.5)	5 (18.5)	11 (40.7)	1 (3.7)	2 (7.4)	5 (18.5)	2 (7.4)	17 (63.0)	2 (7.4)	4 (14.8)	7 (25.9)	2 (7.4)	12 (44.4)
7B	4 (14.8)	13 (48.1)	10 (37.0)	---	---	1 (3.7)	3 (11.1)	21 (77.8)	2 (7.4)	---	3 (11.1)	6 (22.2)	18 (66.7)	---	---
8	2 (7.4)	13 (48.1)	11 (40.7)	1 (3.7)	---	---	2 (7.4)	16 (59.3)	9 (33.3)	---	9 (33.3)	5 (18.5)	10 (37.0)	3 (11.1)	---
9A	10 (37.0)	4 (14.8)	10 (37.0)	---	3 (11.1)	2 (7.4)	2 (7.4)	7 (25.9)	9 (33.3)	7 (25.9)	7 (25.9)	2 (7.4)	6 (22.2)	2 (7.4)	10 (37.0)
9B	10 (37.0)	5 (18.5)	10 (37.0)	---	2 (7.4)	4 (14.8)	1 (3.7)	6 (22.2)	10 (37.0)	6 (22.2)	10 (37.0)	2 (7.4)	4 (14.8)	2 (7.4)	9 (33.3)
10	17 (63.0)	10 (37.0)	---	---	---	5 (18.5)	18 (66.7)	3 (11.1)	1 (3.7)	---	19 (70.4)	7 (25.9)	---	1 (3.7)	---
16	3 (11.1)	15 (55.6)	9 (33.3)	---	---	---	3 (11.1)	22 (81.5)	2 (7.4)	---	---	9 (33.3)	16 (59.3)	2 (7.4)	---
34B	7 (25.9)	3 (11.1)	17 (63.0)	---	---	1 (3.7)	1 (3.7)	22 (81.5)	3 (11.1)	---	5 (18.5)	2 (7.4)	19 (70.4)	1 (3.7)	---
35A	9 (33.3)	3 (11.1)	15 (55.6)	---	---	2 (7.4)	2 (7.4)	21 (77.8)	2 (7.4)	---	5 (18.5)	1 (3.7)	20 (74.1)	1 (3.7)	---
36	3 (11.1)	21 (77.8)	3 (11.1)	---	---	1 (3.7)	14 (51.9)	12 (44.4)	---	---	13 (48.1)	7 (25.9)	7 (25.9)	---	---

*Tabloda anlama seviyelerine yönelik frekans değerleri ve parantez içinde bu frekans değerlerine ait yüzdelik değerler verilmiştir.

Doğru akım ile ilgili ön uygulamada öğrencilerin verdikleri cevapların çoğunlukla [0], [1] ve [2] numaralı anlama seviyelerinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 29). Doğru akımın tanımı sorulan üçüncü soruya öğrencilerin hepsi cevap verirken, verdikleri cevapların %37'si [1] ve %63'ü [2] numaralı anlama seviyelerindedir. “Bir devredeki verimli akım (Ö3-[1])”, “Devreden geçen akıma başka bir etki etmeden geçen akıma denir. Bu etkiler ampermetre falan olabilir. (Ö11-[1])”, “Doğru akım, bir kabloyu güç kaynağına taktığımızda doğrudan akar, zamana göre değişmez ... (Ö17-[2])” ve “Akımın artıdan eksiye doğru olması durumudur. Bir de zamana bağlı olarak değişiyor akım şiddeti ve yönü (Ö24-[2])” bu soru için farklı anlama seviyelerinde yer alan cevaplara örneklerdir. Doğru akımın nasıl elde edilebileceğine dair öğrenci cevapları ise genellikle [0] (%37), [1] (%29,6) ve [2] (%25,9) numaralı seviyelerdedir: “Doğru akım, (akımın) + kutuptan çıkıp – kutba gitmesiyle olur (Ö2-[1])” ve “Güç kaynağından pilden ya da üreteçten çıkan elektrik ile elde edilir (Ö9-[2])” örnek ifadeler olarak verilebilir. Bununla birlikte, iki öğrencinin cevapları [3] ve [4] numaralı seviyelerde yer almaktadır: “Pil ve akümülatör yardımıyla elde edilir (Ö8-[3])”. Doğru akımın günlük hayattaki kullanım alanlarına değinen beşinci soruda ise, öğrenci cevaplarının %22,2'si [0], %25,9'u [1] ve %51,9'u [2] numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır: “Elektrik devrelerinde karşımıza çıkar (Ö4-[1])” ve “Günlük hayatta normal bir binanın elektrik sisteminde karşımıza çıkabilir. Sürekli deney yapıyoruz deneylerde doğru akım kullanıyoruz (Ö27-[2])”. Doğru akım ile ilgili olduğunu düşündükleri kavramların listelenmesi istenen altıncı soruda öğrenci cevaplarının %74,1'inin [2] numaralı anlama seviyesinde olduğu görülmektedir (Bu soru ile ilgili bulgular ayrıca Tablo 30'da sunulmuştur). Doğru akım üreten bir elektrik devresinin çizilmesi ve bu devrenin çalışma prensibinin açıklanması istenen yedinci soruda, genellikle elektrik devresi çiziminin bilimsel unsurlar içerdiği görülürken (cevapların %40,7'si [4] numaralı seviyesinde); elektrik devresinin çalışma prensibini ise açıklayamadıkları görülmektedir (cevapların %48,1'i [1] ve %37'si [2] numaralı anlama seviyelerinde). Pil, ampul ve anahtardan oluşan ve [4] anlama seviyesinde bulunan bir elektrik devresi çizen Ö5 kodlu öğrenci, bu devrenin çalışma prensibini [1] numaralı anlama seviyesinde yer alan “Devrenin çalışma prensibi, anahtar, pil ve ampul olması gerekir. Devrenin çalışabilmesi için pilin çalışması ve anahtarın açık olması gerekir” şeklindeki ifadesiyle açıklamıştır. Benzer şekilde, [4] numaralı anlama seviyesinde bulunan ve direnç, pil, ampermetre ve voltmetreden oluşan bir elektrik devresi çizen Ö14 kodlu öğrenci ise, çizdiği devrenin çalışma prensibini “akım + uçtan çıkıp – uca gelir. Ampermetre devreye seri bağlanır ve voltmetre devreye paralel bağlanır [2]” şeklinde ifade etmiştir. Sekizinci soruda akım, potansiyel fark ve direnç arasındaki ilişkinin açıklanması istenmiştir. Bu soruya verilen cevapların %48,1'i [1] ve %40,7'si [2] numaralı anlama seviyelerindedir: “Akım iletken bir

şeyin üzerinden geçiyor. Potansiyel farkta elektrik devresindeki iki nokta arasındaki akım oluyor. Akımı etkileyen ters yöndeki akıma da direnç deniyor. ... [Ö26-1]" ve "V=I.R formülü yazdım. Potansiyel fark, akım ve direnç ile doğru orantılıdır. Direnç ile akım ters orantılıdır (Ö13-[2])". Dokuzuncu soruda ise, Ohm Kanunu ile ilgili sorulara yer verilmiştir. Öğrenci cevaplarının genellikle [0] ve [2] numaralı anlama seviyelerinde yer almasına rağmen, öğrencilerin 9A sorusu için %11,1'i ve 9B sorusu için %7,4'ü [4] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. Kirchoff kuralları ile ilgili olan on numaralı soruda ise verilen cevapların %63'ü cevap verememe ([0]) ve %37'si bilimsel olmayan cevaplar ([1]) seviyelerinde yer aldığı görülmektedir. Bilimsel olmayan cevaplar incelendiğinde öğrencilerin soruyu çözmek için genellikle Ohm Kanunu'ndan faydalandıkları belirlenmiştir. Doğru akım ile alternatif akım arasındaki ilişkiyi soran onaltıncı soruda verilen cevaplar genellikle bilimsel olmayan ([1]) ya da kısmi bilimsel bilgiler ([2]) içeren cevaplardır: "Doğru akımda + ve – kutuplar vardır. Alternatif akımda ise yoktur. (Ö7-[1])" ve "... doğru akımda akımın gideceği yön ve doğrultu aynıdır ama yönünü ve doğrultusunu değiştirecek şeylerde alternatif akım kullanılır. ... (Ö25-[2])". Otuz dördüncü (34B) soruda ise, öğrencilerden verilen elektrik devreleri arasından doğru akım devrelerini tespit etmesi istenmiştir. Öğrenci cevaplarının %11,1'i [1] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. Bu anlama seviyesinde yer alan ifadeler örnek olarak Ö10 kodlu öğrencinin ifadesi verilebilir:

- A : Bu soruda dokuz tane elektrik devresi var. Bu devrelerin hangilerinde elektrik akımı oluşabilir? Oluşan akımın türü nedir?
- Ö10 : 1. devre alternatif akım varsa dirençlerden dolayıdır. ... 3. Devrede akım oluşur zamana göre (direnç) azaldığından dolayı. ... 5. devrede akım oluşur, alternatif akım oluşur. ... Devre 8 de alternatif akım oluşur. Mıknatısın etkisi olur mu olmaz mı tahmin edemiyorum ama direnç olduğu için alternatif akım oluşur. ...

Doğru akım devrelerinin tespit edilmesi istenen soruya öğrencilerin önemli bir kısmı (%63'ü) [2] numaralı anlama seviyesinde yer alan cevaplar vermişlerdir. Ö14 kodlu öğrencinin [2] numaralı anlama seviyesinde yer alan ifadeleri aşağıda sunulmuştur:

- A : Bu soruda dokuz tane elektrik devresi var. Bu devrelerle ilgili olarak; birincisi bu devrelerin hangisinde ya da hangilerinde elektrik akımı oluşur? İkincisi ise devrede bulunan akımın türü nedir?
- Ö14 : Devre 1'de anahtar kapatıldığında oluşabilir. Doğru akımdır. Bizim yaptığımız deneydeki şekillere benziyor, o yüzden böyle düşündüm.
- ...
- A : Devre 3 için ne söyleyebilirsin?
- Ö14 : Direnç değeri artırılırsa akım azalır, direnç azalırsa akım artar. Ya doğru akımdır ya da alternatif akım ikinsinden biri.
- A : Hangisini tercih edersin?
- Ö14 : Doğru akım olabilir.

- A : Neden?
 Ö14 : (Devre 1'i göstererek) Benzediği için olabilir.
 ...
 A : Devre 5 için ne söyleyebilirsin?
 Ö14 : Bir fikrim yok.
 ...
 A : Devre 8 için ne söyleyebilirsin?
 Ö14 : Mıknatıs sabit duruyor. Sabit durduğu için belki aralarında kısa bir mesafe olduğu için etkilenebilir. Uzak bir mesafe varsa etkilenmeyebilir. Elektrik akımı oluşur. Doğru akım oluşabilir.
 A : Doğru akım olduğuna nasıl karar verdin?
 Ö14 : Devreden yani akım var, potansiyel fark, direnç var.

Altıncı soruya paralel olarak 35 numaralı soruda doğru akım ile ilgili aklına gelen kelime veya kavramların yanı sıra ifade ettikleri kelimeler/kavramlar arasında nasıl bir ilişki olduğu da sorulmuştur. Bu soru için, öğrenci cevaplarından %55,6'sının [2] numaralı anlama seviyesinde olduğu görülmektedir (Bu soru ile ilgili bulgular, altıncı soruya ait bulgular ile birlikte Tablo 30'da sunulmuştur). Son soruda ise, öğrencilerin tez çalışmasına ait konular arasında nasıl bir ilişki bulunabileceğini yorumlamaları istenmiştir. Öğrencilerin verdikleri cevapların önemli bir kısmı (%77,8'i) [1] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. "Sonuçta hepsi akım ile ilgili. ... direnç oluştuğunda pusula ondan etkilendiği için manyetik alan üretiyor ve indüksiyon akımı oluşuyor. Doğru akım artı eksiyle alakalıdır. Alternatif akımda tek bir yerden çıkıyor. (Ö1-[1])".

Doğru akım ile ilgili son uygulamada öğrencilerin verdikleri cevapların çoğunlukla [2] ve [3] numaralı anlama seviyelerinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 29). Doğru akımın tanımına dair soruda öğrenci cevaplarının %51,9'u [2] ve %29,6'sı [3] numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır. Doğru akımın tanımına yönelik cevapların %14,8'i de [1] seviyesinde yer almaktadır: "Elektrik yüklerinin bir iletken üzerinde bir yönde sürekli ve düzenli akması ile oluşan akımdır" (Ö7-[1]). Doğru akımın elde edilme yöntemleri ile ilgili soruya, öğrencilerin %29,6'sı [2], %29,6'sı [3] ve %11,1'i [4] numaralı anlama seviyelerinde yer alan cevaplar vermişlerdir: "Doğru akım pil (kimyasal enerji ile), akümülatör (kimyasal yolla), dinamo (hareket enerjisi ile) ve güneş pili (güneş enerjisi ile) elde edilebilir" (Ö24-[4]). Günlük hayatta doğru akımın nerede kullanılabileceğine dair soruda, öğrencilerin %70,4'ü [2] ve %22,2'si [3] numaralı anlama seviyelerinde bulunan cevaplar vermişlerdir. Doğru akım ile ilgili kelime ve kavramların sorulduğu altıncı soruya dair öğrenci cevaplarının %66,7'si [2] ve %25,9'u [3] seviyelerinde yer almaktadır. Doğru akım üreten bir elektrik devresinin çizilmesi ve bu devrenin çalışma prensibinin açıklanması istenen yedinci soruda, öğrencilerin devreye yönelik çizimlerinin genellikle [4] numaralı anlama seviyesinde (cevapların %63'ü) olduğu görülürken; elektrik devresinin çalışma prensibine yönelik açıklamalarının genellikle [2] numaralı anlama seviyesinde

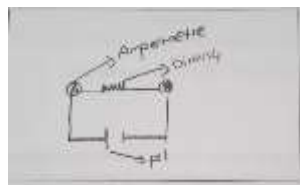
(cevapların %77,8'i) olduğu görülmektedir. Ö23 kodlu öğrenci [4] numaralı anlama seviyesinde yer alan bir ampül ve bir doğru akım kaynağından oluşan çizimindeki devrenin çalışma prensibini “Bu devrede (göstererek) doğru akım oluşması için pil kullandım. ... Akım + kutuptan çıkar ve – kutba doğru ilerler. ... [3]” şeklinde açıklamıştır. Sekizinci soruda Ohm kanunu çerçevesinde akım, potansiyel fark ve direnç arasındaki ilişkinin açıklanması istenmiş ve öğrencilerin verdikleri cevapların %59,3'ünün [2] ve %33,3'ünün [3] anlama seviyelerinde bulunduğu belirlenmiştir. Az sayıda olan [1] numaralı anlama seviyesindeki cevaplar arasında ise, “Direnç akımı engeller. Buna bağlı olarak potansiyel fark azalır (Ö10)” şeklinde ifadeler yer almaktadır. Dokuzuncu soruda ise, Ohm Kanunu ile ilgili işlemsel sorular bulunmakta ve öğrenci cevaplarının genellikle [2], [3] ve [4] numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır. Onuncu soruda Kirchoff kanunları ile çözülebilecek bir devrenin bulunduğu onuncu soruda öğrenci cevaplarının %66,7'si [1] numaralı anlama seviyesinde cevap verirken, öğrenci cevaplarının sadece %3,7'si [3] numaralı anlama seviyesinde cevap verdiği görülmektedir. Doğru akım ile alternatif akım arasındaki benzerlik veya farklılıkların ifade edilmesini isteyen onaltıncı soruda, öğrenci cevaplarının %11,1'i [1] seviyesinde, %81,5'i [2] seviyesinde ve %7,4'ü [3] seviyesinde yer almaktadır: “DC sabit frekanslı AC değişken” (Ö1-[1] ve “Zamana bağlı olarak doğru akımın yönü değişmezken alternatif akımın yönü değişir” (Ö8-[2]). Otuzdördüncü soruda öğrencilerin doğru akım devrelerini tespit etmeleri istenmiştir. Öğrencilerin %81,5'i [2] seviyesinde ve %11,1'i [3] seviyesinde yer almaktadır.

- A : Bu soruda dokuz tane elektrik devresi var. Bu devrelerle ilgili olarak; birincisi bu devrelerin hangisinde ya da hangilerinde elektrik akımı oluşur? İkincisi ise devrede bulunan akımın türü nedir?
- Ö20 : 1 numaralı devrede doğru akım üretilir çünkü normal dirençler bağlanmış. ...3 numaralı devrede doğru akım üretilir çünkü direnç değiştiriliyor ama üreteçte herhangi bir değişme yok. ... 5 numaralı devrede doğru akım üretilir. Üreteçte değişiklik yok. ... 8 numaralı devrede de doğru akım vardır. Normal dirençler bağlanmış, ampermetre, voltmeter ve üreteç var. ... [3]

Doğru akım ile ilgili kavramların ve kavramlar arasındaki ilişkilerin sorulduğu otuz beşinci soruda (35A) öğrencilerin çoğunluğu (%77,8'i) [2] anlama seviyesinde yer alan cevaplar vermişlerdir. Öğrencilerin %7,4'ünün bu soruya ait cevapları [3] anlama seviyesindedir. Son soruda ise, öğrencilerin elektrik akımı konuları arasındaki ilişkileri belirtmeleri istenmiş ve öğrencilerin verdikleri cevapların %51,9'u [1] ve %44,4'ü [2] numaralı anlama seviyelerinde yer aldığı görülmüştür: “ ... Alternatif akım ve elektromanyetik indüksiyon da manyetik alan etkisiyle akım üretilir. Doğru akım ise bir etki oluşturulmadan geçen sürekli akımdır. ...” (Ö6-[2]).

Doğru akım ile ilgili geciktirilmiş uygulamada öğrencilerin verdikleri cevapların çoğunlukla [2] numaralı anlama seviyesinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 29). Doğru akımın tanımının sorulduğu üçüncü soruda, öğrencilerin %25,9'u [1], %59,3'ü [2] ve %14,8'i [3] numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır. Farklı anlama seviyelerindeki öğrencilerin ifadelerine “-’den +’ya doğru giden elektrik akımına doğru akım denir (Ö23-[1])”, “... Değişmeden devam eden akımdır. Zamana ve şiddete bağlı değişmez. (Ö10-[2])”, “Yönü ve şiddeti değişmeyen akım (Ö5-[3])” ifadeleri örnek olarak verilebilir. Dördüncü soruda ise, doğru akımın nasıl elde edilebileceği ile ilgili öğrenci cevaplarının %33,3'ü [0], %22,2’si [1], %33,3'ü [2], %7,4'ü [3] ve %3,7’si [4] numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır. Doğru akımın elde edilmesine yönelik olarak “Devrede dirençler seri bağlanarak oluşturulabilir (Ö26-[1])”, “piller (Ö13-[2])”, “pil, dinamo, akümülatör (Ö4-[3])” ifadeleri örnek olarak sunulabilir. Beşinci soruda doğru akımın kullanım alanlarına öğrencilerin %85,2’si [2] seviyesinde yer alan cevaplar vermişlerdir (“ev elektroniği, piller, ... vb (Ö18-[2])”). Bu soruya öğrencilerin %11,1’i [0] numaralı anlama seviyesinde cevap verirken %3,7’si de [3] numaralı anlama seviyesinde yer alan cevaplar vermişlerdir. Doğru akım ile ilgili kavramların listelenmesinin istendiği altıncı soruya verilen öğrenci cevaplarının %74,1’i [2] ve %7,4'ü [3] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. Öğrenci cevaplarının %18,5’i de [0] seviyesindedir. Doğru akım üreten bir elektrik devresinin çizimine ait öğrenci cevaplarının %7,4'ü [0], %14,8’i [1], %25,9'u [2], %7,4'ü [3] ve %44,4'ü [4] numaralı anlama seviyelerinde dağıldığı görülürken, çizilen devrenin çalışma prensibine yönelik öğrenci cevaplarının %11,1’i [0], %22,2’si [1] ve %66,7’si [2] numaralı anlama seviyelerinde dağıldığı görülmektedir. Ö7 kodlu öğrencinin [4] seviyesindeki doğru akım devresine ve [2] seviyesindeki devrenin çalışma prensibine ait açıklaması örnek olarak sunulmuştur.

A : Doğru akım oluştuğunu düşündüğün bir devre çizer misin?
Ö7 :



[4]

A : Bu devreye ait çalışma prensibini açıklar mısın?
Ö7 : ... Pil üzerinden çıkan akım ampermetre ve direnç üzerinden geçer ve tekrar pile ulaşır. Bu şekilde doğru akım oluşur [2].

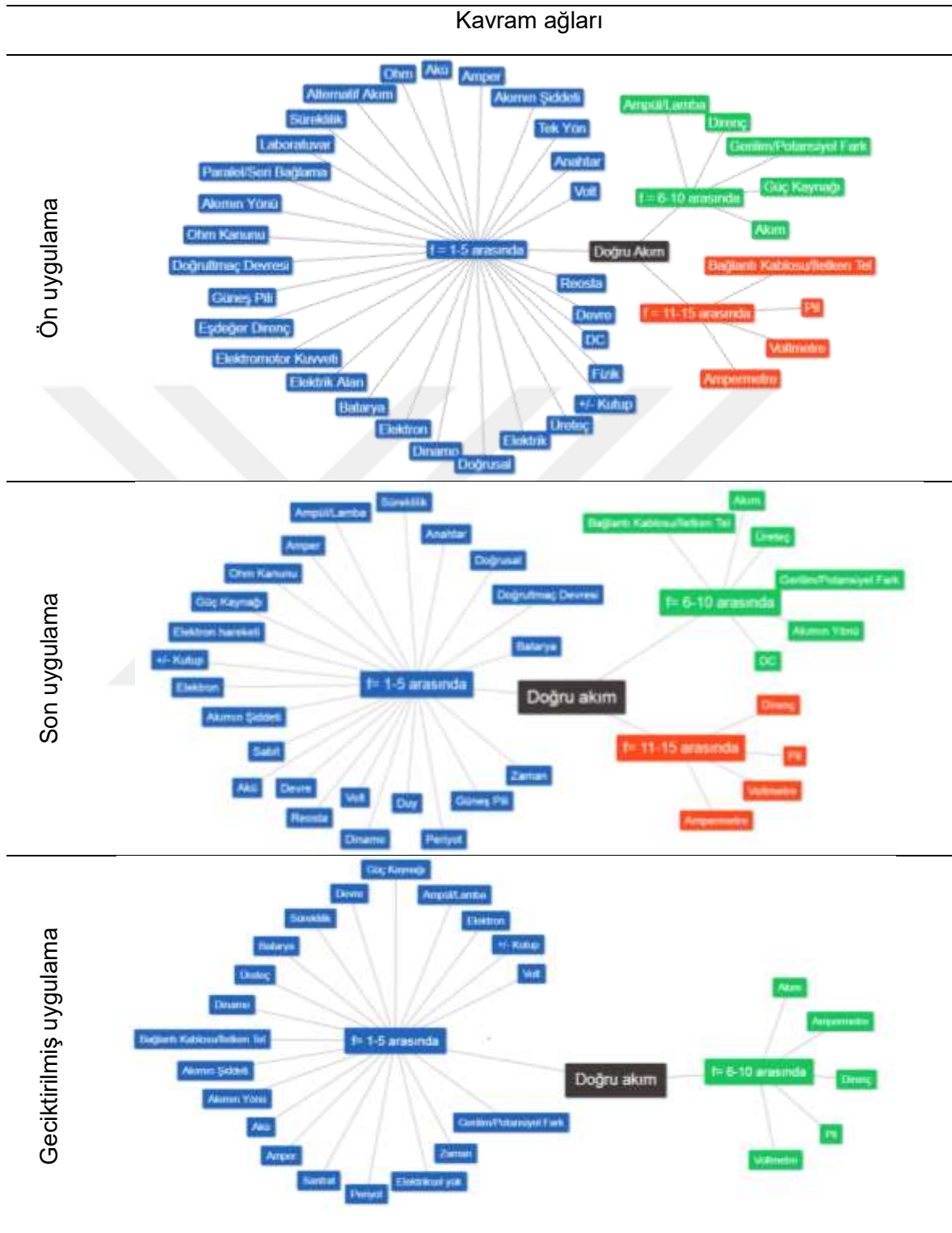
Ohm kanunu çerçevesinde akım, direnç ve potansiyel fark arasındaki ilişkilerin açıklanması istenen soruya öğrencilerin verdikleri cevaplar, %33,3'ü [0], %18,5’i [1], %37’si [2] ve %11,1’i [3] numaralı anlama seviyelerindedir. [3] numaralı anlama

seviyesinde yer alan öğrenci cevaplarının çoğu Ohm kanununa ait formülle açıklanmıştır. Ohm kanununa yönelik işlemsel sorulara verilen öğrenci cevapları [0]'dan [4]'e kadar bütün anlama seviyelerine dağılmıştır. Bu soruya ait [2] seviyesinde yer alan birçok cevapta işlem hatası yapıldığı için sonuca ulaşılammıştır. Bu duruma örnek olarak Ö11 kodlu öğrencinin cevabı verilebilir: Öğrenci direnç değerini 6,4A yerine 4A olarak işlem yapmaya çalışmıştır. Kirchoff kanunlarına yönelik olan onuncu soruda, öğrenci cevaplarının %70,4'ü [0] ve %25,9'u [1] seviyesindeyken, %3,7'si [3] seviyesinde yer almaktadır. Doğru akım ile alternatif akım arasındaki benzerlik ve farkların belirtilmesi istenen soruda, öğrenci cevaplarının %33,3'ü [1], %59,3'ü [2] ve %7,4'ü [3] anlama seviyelerindedir. Bu soru için verilen cevaplar genellikle "Doğru akım zamanla yönü ve şiddeti değişmeyen akım, alternatif akım ise zamanla yönü ve şiddeti değişen akımdır" (Ö12-[3]) şeklinde olup açıklamalarda daha çok iki akım türünün tanımları temel alındığı görülmektedir. Doğru akım devrelerini belirlenmesi istenen soruda (34B) öğrencilerin cevaplarının %18,5'i [0], %7,4'ü [1], %70,4'ü [2] ve %3,7'si [3] numaralı anlama seviyelerindedir. [2] numaralı anlama seviyesinde yer alan cevapların bir kısmında 4 numaralı elektromanyetik indüksiyona (özindüksiyon akımı ile ilgili devre) ait devrenin doğru akım devresi olarak yorumlandığı görülmektedir. Öğrencilerin doğru akım ile ilgili kavramları ve kavramları arasındaki ilişkileri belirttikleri otuz beşinci soruya verdikleri cevaplar %18,5'i [0], %3,7'si [1], %74,1'i [2] ve %3,7'si [3] numaralı anlama seviyelerinde dağılmıştır. Sunulan elektrik akımı konuları arasında nasıl bir ilişki bulunabileceğine yönelik son soruda ise, öğrenci cevaplarının %48,1'inin [0], %25,9'unun [1] ve %25,9'unun [2] numaralı anlama seviyelerinde bulunduğu görülmektedir.

Doğru akım ile ilgili anlama seviyeleri bulgularına genel olarak bakarsak, ön uygulamada öğrenci cevaplarının önemli bir kısmının [0], [1] ve [2] numaralı anlama seviyelerinde ve son uygulama ile geciktirilmiş uygulamada ise nispeten öğrenci cevaplarının önemli bir kısmının [2] ve [3] seviyelerinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 29). Ayrıca, Tablo 29 incelendiğinde son uygulamada öğrenci cevaplarının daha fazla oranda [3] ve [4] numaralı anlama seviyelerinde bulunduğu tespit edilmiştir.

Öğrencilere doğru akım ile ilişkilendirdikleri kavramların sorulduğu altıncı ve otuzbeşinci (35A) sorulara verilen cevaplar frekanslanarak tablolaştırılmıştır (Ek-17). Bu tablodan oluşturulan kavram ağları ise ön uygulama, son uygulama ve geciktirilmiş uygulama bazında Tablo 30'da sunulmuştur.

Tablo 30. Doğru Akım ile İlgili Uygulamalar Sonucunda Öğrenci Cevaplarından Ortaya Çıkan Kavram Ağları



Tablo 30'da öğrencilerin doğru akım ile ilgili ifade ettikleri kelimeler ve kavramlardan oluşan kavram ağları görülmektedir. Ön uygulamada, bağlantı kablosu/iletken tel, pil, voltmetre ve ampermetre kavramları öğrencilerin ifade sıklığı 11 ile 15 arasında olan

kavramlardır. İfade sıklığı 6 ile 10 arasında olan kavramlar ise akım, güç kaynağı, gerilim/potansiyel fark, direnç, ampul/lambadır. Öğrencilerin konu ile ilgili akıllarına gelen diğer kavramların ifade sıklığı 1 ile 5 arasındadır. Son uygulamada ise, ifade sıklığı 11 ile 15 arasında olan kavramlar arasında pil, voltmetre ve ampermetre kavramlarının yanında direnç kavramı da yer almaktadır. İfade sıklığı 6 ile 10 arasında olan kavramlar ise, bağlantı kablosu/iletken tel, akım, gerilim/potansiyel fark, üreteç, akımın yönü ve DC kavramlarıdır. Üreteç, akımın yönü ve DC kavramları ön uygulamada bu kategoride yer almazken, son uygulamada yer almaktadır. Öğrencilerin konu ile ilgili akıllarına gelen diğer kavramların ifade sıklığı ise 1 ile 5 arasındadır. Ön uygulamada ifade edilen kavramlardan farklı olarak, sadece elektron hareketi ifadesi bu kategoride yer almaktadır. Geciktirilmiş uygulamada ise, öğrenciler tarafından kavramların ifade sıklığı 1 ile 5 veya 6 ile 10 aralığındadır. İfade sıklığı 6 ile 10 arasında olan kavramlar, akım, ampermetre, direnç, pil ve voltmetredir ki, bu kavramlar daha önceki uygulamalarda ifade sıklığı 11 ile 15 arasında olduğu görülmektedir. İfade sıklığı 1 ile 5 aralığında olan kavramlar ise, diğer uygulamalardan farklı olarak, elektriksel yük, santral kavramlarıdır. Ön ve son uygulamada yer alan anahtar, DC, doğrultmaç devresi, doğrusal, güneş pili, ohm kanunu, reosta kavramlar geciktirilmiş uygulamada yer almamaktadır. Bununla birlikte ön uygulamadan farklı olarak alternatif akım, elektrik, elektrik alan, elektromotor kuvveti, eşdeğer direnç, fizik, laboratuvar, ohm, tek yön ve son uygulamadan farklı olarak elektron hareketi kavramları cevaplar arasında yer almaktadır.

4. 1. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyona Ait Sahip Oldukları Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerdeki Değişimine Yönelik Bulgular

Öğrencilerin yapılan ön, son ve geciktirilmiş uygulamalar sonucundaki elektromanyetik indüksiyon ile ilgili sorulara verdikleri cevapların anlama seviyelerine ait frekans ve yüzdelik değerleri Tablo 31'de özetlenmiştir.

Tablo 31. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Anlama Seviyeleri

Soru no	Ön uygulama					Son uygulama					Geciktirilmiş uygulama				
	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]
22	10 (37.0)	4 (14.8)	13 (48.1)	---	---	---	3 (11.1)	11 (40.7)	13 (48.1)	---	3 (11.1)	5 (18.5)	12 (44.4)	7 (25.9)	---
23	14 (51.9)	7 (25.9)	6 (22.2)	---	---	1 (3.7)	2 (7.4)	15 (55.6)	6 (22.2)	3 (11.1)	8 (29.6)	4 (14.8)	15 (55.6)	---	---
24	20 (74.1)	1 (3.7)	6 (22.2)	---	---	10 (37.0)	3 (11.1)	14 (51.9)	---	---	7 (25.9)	5 (18.5)	15 (55.6)	---	---
25	13 (48.1)	3 (11.1)	10 (37.0)	1 (3.7)	---	1 (3.7)	1 (3.7)	23 (85.2)	2 (7.4)	---	8 (29.6)	---	18 (66.7)	1 (3.7)	---
26A	14 (51.9)	10 (37.0)	3 (11.1)	---	---	---	9 (33.3)	5 (18.5)	4 (14.8)	9 (33.3)	7 (25.9)	9 (33.3)	6 (22.2)	1 (3.7)	4 (14.8)
26B	16 (59.3)	9 (33.3)	2 (7.4)	---	---	2 (7.4)	8 (29.6)	13 (48.1)	4 (14.8)	---	9 (33.3)	10 (37.0)	7 (25.9)	1 (3.7)	---
27	1 (3.7)	17 (63.0)	9 (33.3)	---	---	---	8 (29.6)	11 (40.7)	7 (25.9)	1 (3.7)	8 (29.6)	4 (14.8)	15 (55.6)	---	---
28A	17 (63.0)	9 (33.3)	1 (3.7)	---	---	4 (14.8)	11 (40.7)	5 (18.5)	2 (7.4)	5 (18.5)	12 (44.4)	11 (40.7)	---	3 (11.1)	1 (3.7)
28B	24 (88.9)	3 (11.1)	---	---	---	8 (29.6)	15 (55.6)	1 (3.7)	2 (7.4)	1 (3.7)	25 (92.6)	---	2 (7.4)	---	---
29	9 (33.3)	16 (59.3)	2 (7.4)	---	---	4 (14.8)	8 (29.6)	14 (51.9)	1 (3.7)	---	14 (51.9)	8 (29.6)	4 (14.8)	1 (3.7)	---
30	4 (14.8)	15 (55.6)	8 (29.6)	---	---	1 (3.7)	2 (7.4)	20 (74.1)	4 (14.8)	---	7 (25.9)	4 (14.8)	14 (51.9)	2 (7.4)	---
31	2 (7.4)	23 (85.2)	2 (7.4)	---	---	1 (3.7)	10 (37.0)	10 (37.0)	5 (18.5)	1 (3.7)	8 (29.6)	11 (40.7)	8 (29.6)	---	---
32	18 (66.7)	9 (33.3)	---	---	---	---	2 (7.4)	24 (88.9)	1 (3.7)	---	5 (18.5)	6 (22.2)	16 (59.3)	---	---
33	---	15 (55.6)	12 (44.4)	---	---	---	2 (7.4)	24 (88.9)	1 (3.7)	---	15 (55.6)	4 (14.8)	8 (29.6)	---	---
34D	11 (40.7)	9 (33.3)	7 (25.9)	---	---	1 (3.7)	3 (11.1)	23 (85.2)	---	---	5 (18.5)	3 (11.1)	19 (70.4)	---	---
35C	12 (44.4)	3 (11.1)	12 (44.4)	---	---	1 (3.7)	---	26 (96.3)	---	---	5 (18.5)	2 (7.4)	20 (74.1)	---	---
36	3 (11.1)	21 (77.8)	3 (11.1)	---	---	1 (3.7)	14 (51.9)	12 (44.4)	---	---	13 (48.1)	7 (25.9)	7 (25.9)	---	---

*Tabloda anlama seviyelerine yönelik frekans değerleri ve parantez içinde bu frekans değerlerine ait yüzdelik değerler verilmiştir.

Elektromanyetik indüksiyon ile ilgili ön uygulamada öğrencilerin verdikleri cevapların çoğunlukla [0], [1] ve [2] numaralı anlama seviyelerinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 31). Elektromanyetik indüksiyon ile üretilen indüksiyon akımının açıklanması için verilen cevapların %37'si [0], %14,8'i [1] ve %48,1'i [2] numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır. Örnek ifadeler “Frekansın değiştirilmesi ile oluşan akım. (Ö23-[1])” ve “Üreteç kullanılmadan mıknatıs veya manyetik alan ile oluşturulan akım (Ö10-[2])” şeklinde verilebilir. Elektromanyetik indüksiyon ile nasıl akım üretildiğinin sorulduğu yirmi üçüncü soruya verilen cevapların %51,9'u [0], %25,9'u [1] ve %22,2'si [2] numaralı anlama seviyelerindedir. “Sarımsağından elde edilir. (Ö22-[1])” ve “Dinamonun çalışma prensibiyle aynıdır... (Ö18-[2])”. Elektromanyetik indüksiyon ile üretilen akımın nerede ve nasıl kullanılabileceğine dair soruya verilen öğrenci cevaplarının çoğunluğu (%74,1'i) [0] anlama seviyesindedir. Bu soruya verilen cevapların bir kısmı da (%3,7'si) [1] ve (%22,2'si) [2] numaralı anlama seviyelerindedir. “Bobinlerde kullanılır. (Ö22-[1])” ve “Günlük hayatta büyük arabaların kaldırılmasında (Ö24-[2])”. Elektromanyetik indüksiyon ile ilgili kelime ve kavramların sorulduğu yirmi beşinci soru için öğrenci cevaplarının %48,1'i [0] ve %37'si [2] anlama seviyelerinde yer aldığı görülmektedir. Bu soru için öğrencilerin %3,7'sinin [3] numaralı anlama seviyesindedir. Elektromanyetik indüksiyon ile elektrik akımı oluşturabileceği bir devrenin çizimi ile ilgili soruya öğrenci çizimlerinin %51,9'u [0], %37'si [1] ve %11,1'i [2] seviyelerindedir. Ö24 kodlu öğrenci elektromanyetik indüksiyon ile akım üretimi için devrede karşılıklı iki mıknatıs çizerek aralarındaki manyetik alan çizgilerini ifade etmiştir [1]. Çizimi yapılan bu devrenin çalışma prensibine yönelik öğrenci cevaplarının ise %59,3'ü [0], %33,3'ü [1] ve %7,4'ü [2] seviyelerinde yer almaktadır. [1] seviyesinde yer alan ifadelerle bir örnek “... İndüksiyon akımını (çiziminde göstererek, mıknatısların) birbirini çekmesinden dolayı elde edebiliriz. Birbirini çektiği zaman manyetik alan çizgileri oluşuyor, buradan da indüksiyon akımı olduğu anlaşılıyor (Ö24-[1])” şeklinde verilebilir. Ö18 kodlu öğrencinin ifadeleri ise [2] numaralı anlama seviyesi için örnek olarak sunulabilir.

A : Elektromanyetik indüksiyon ile akım oluştuğunu düşündüğün bir devre çizer misin?

Ö18 :



[2]

A : Bu devreye ait çalışma prensibini açıklar mısın?

Ö18 : ... Manyetik kutupların bakır şeridin etrafında dönmesiyle oluşur [2].

Elektrik akımının üretilmesi için değişken bir manyetik alanın mı yoksa sabit bir manyetik alanın mı gerekli olduğu konusunda verdikleri cevapların %3,7'si [0], %63'ü [1] ve %33,3'ü [2] seviyelerinde yer aldığı görülmektedir. “Değişken manyetik alan akım üretebilir (Ö3-[2])” ve “Manyetik alan bir akım üretmez. Elektrik akımı olması için kablolar ve güç kaynağının olması gerekli (Ö5-[1])”. Manyetik akı kavramının tanımına yönelik soruya verilen cevapların %63'ü [0], %33,3'ü [1] (“Tel üzerinden geçen akım sayısı (Ö21-[1])” ve %3,7'si [2] (“Manyetik alanın oluşturduğu çizgilerin bir ölçüsüdür. Akı olması için manyetik akı çizgilerinin olması lazım (Ö5-[2])”) numaralı anlama seviyelerindedir. Manyetik akı ile ilgili indüksiyon emk'sını veren bağıntının sorulduğu soruya öğrencilerin verdikleri cevapların önemli bir kısmı (%88,9) [0] seviyesinde yer almaktadır. Öğrencilerin %11,1'i ise [1] numaralı anlama seviyesinde yer alan cevaplar verdikleri görülmektedir (=B.V.l.cosθ şeklindedir (Ö26-[1])). İndüksiyon akımını elektrik akımı ile oluşturma durumu ile ilgili soruda öğrenci cevaplarının %33,3'ü [0], %59,3'ü [1] ve %7,4'ü [2] seviyelerindedir. “Metal olduğu için elektriği iyi geçirir o yüzden akımı etkileyebilir tel. Bunun değişmesi de aynı tel ve yüzey şekli de aynıysa akımın oluşacağını düşünüyorum (Ö6-[1])”. İndüksiyon akımını manyetik akı değişimi ile oluşturma durumu ile ilgili soruda ise, öğrencilerin cevaplarının %14,8'i [0], %55,6'sı [1] ve %29,6'sı [2] numaralı anlama seviyelerinde bulunmaktadır. “1.yanmaz ama 2, 3 ve 4'teki ampuller yanar, mıknatısa yaklaşıyorlar (Ö11-[2])”. Manyetik alanda bulunan hareketli çubuklarda indüksiyon akımının oluşumuna dair soru için öğrencilerin cevaplarının %7,4'ü [0], %85,2'si [1] ve %7,4'ü [2] seviyelerinde dağılım göstermektedir. “ $M > L > K$ (Ö19-[1])” ve “ $K > M > L$, B.V.l.sin α formülünden (Ö20-[2])”. Transformatörler hakkında bilgilerini tespit etmek için sorulan soruda, öğrencilerin cevapları iki anlama seviyesinde yer almaktadır: %66,7'si [0] ve %33,3'ü [1] numaralı anlama seviyesinde. “Transformatör AC'yi DC'ye ve DC'yi AC'ye çevirir. Voltu ve akımı yükseltip indiren makine (Ö10-[1])”. Verilen düzenekteki iki bobin arasında etkileşim sonucunda oluşabilecek indüksiyon akımının bağlı olduğu faktörlerin sorulduğu soruya verilen öğrenci cevaplarının %55,6'ü [1] ve %44,4'ü [2] numaralı anlama seviyelerinde bulunmaktadır. Otuz dördüncü soruda öğrencilerinden verilen devrelerin hangisinde ya da hangilerinde elektromanyetik indüksiyon ile elektrik akımının oluşacağını tespit etmeleri istenmiştir. Öğrencilerin bu soruya verdikleri cevapların %40,7'si [0], %33,3'ü [1] ve %25,9'u [2] seviyelerindedir. Öğrencilerin [1] numaralı anlama seviyesinde yer alan ifadelerine Ö19 kodlu öğrencinin ifadesi örnek verilebilir:

A : Bu soruda 9 tane elektrik devresi var. Bu devrelerin hangisinde ya da hangilerin elektrik akımı oluşabilir? Oluşan akımın türü nedir?

Ö19 : ... Devre 5'te indüskiyon akımı oluşabilir karmaşık çünkü. Devre 6'da manyetik alan olur, elektrik akımı oluşmaz. Devre 7'de N ve S birbirlerini çekerler orada da etkileşim olur, indüksiyon akımı oluşur. ...

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon ile elektrik akımının oluşacağını devrelerin tespiti için [2] numaralı anlama seviyesinde yer alan ifadelerine Ö6 kodlu öğrencinin ifadesi örnek olarak verilebilir:

A : Bu soruda 9 tane elektrik devresi var. Bu devrelerin hangisinde ya da hangilerinde elektrik akımı oluşabilir ve oluşan akımın türü nedir?

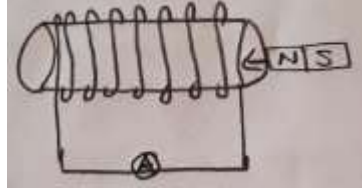
Ö6 : ... İkinci devrede manyetik alan var bu yüzden indüksiyon akımı oluşabilir. ... Devre 4'te sarım sayısı etkilidir, bu yüzden indüksiyon akımıdır. ... Devre 6'da dışarıdan gelen bir manyetik akım ölçülmeye çalışılmış indüksiyon akımı olabilir. ...

Otuz beşinci soruda, 25. soruya paralel olarak, öğrencilerden konu ile ilgili olduklarını düşündükleri kavram ve kelimeleri yazmaları istenmiş ve öğrenci cevapları [0] seviyesinde cevapların %44,4'ü, [1] seviyesinde cevapların %11,1'i ve [2] seviyesinde cevapların %44,4'ü şeklinde dağılım göstermiştir. Akım türleri arasında ilişki kurmaları istenen başarı testinin son sorusunda, öğrencilerin cevaplarının %11,1'i [0], %77,8'i [1] ve %11,1'i [2] seviyelerinde yer almaktadır

Elektromanyetik indüksiyon ile ilgili son uygulamada öğrencilerin verdikleri cevapların çoğunlukla [1], [2] ve [3] numaralı anlama seviyelerinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 31). Elektromanyetik indüksiyon ile elde edilen indüksiyon akımının tanımlanması istenen soru için, öğrenci cevaplarının %11,1'i [1] ("Manyetik akımla üretilen akım" Ö18-[1]), %40,7'si [2] ("Güç kaynağı kullanılmadan mıknatıslarla elde edilir" Ö9-[2]) ve %48,1'i [3] ("Manyetik alan etkisiyle oluşturulan akım" Ö15-[3]) numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır. Elektromanyetik indüksiyon ile akım elde etme sürecinin sorulduğu soruda öğrencilerin cevaplarının farklı anlama seviyelerinde dağılım gösterdiği görülmektedir. Bu soru için öğrenci cevaplarının %3,7'si [0], %7,4'ü [1], %55,6'sı [2], %22,2'si [3] ve %11,1'i [4] numaralı anlama seviyelerindedir. Elektromanyetik indüksiyon ile üretilen akımın günlük hayatta nerelerde ve nasıl kullanılacağına ilişkin öğrenci cevaplarının ise %37'si [0], %11,1'i [1] ve %51,9'u [2] seviyelerindedir. Elektromanyetik indüksiyon ile ilgili kelime ve kavramların ifade edilmesi istenen soruda öğrenci cevaplarının çoğunlukla [2] numaralı anlama seviyesinde yer aldığı görülmektedir (%85,2). Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon ile akım üreten bir devre için yaptıkları çizimlerin %33,3'ü [1], %18,5'i [2], %14,8'i [3] ve %33,3'ü [4] numaralı anlama seviyelerinde bulunmaktadır. Çizilen bu devrelere yönelik devrelerin nasıl akım ürettiğine yönelik açıklamaların ise %7,4'ü [0], %29,6'sı [1], %48,1'i [2] ve %14,8'i [3] seviyelerindedir. Ö9

ve Ö16 kodlu öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon ile akım üretilmesine dair ifadeleri aşağıda yer almaktadır.

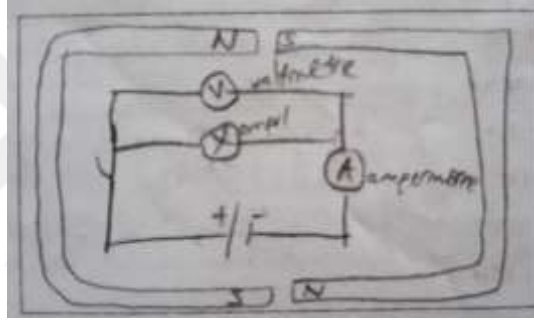
- A : Elektromanyetik indüksiyon ile akım oluştuğunu düşündüğün bir devre çizer misin?
Ö9 :



[4]

- A : Bu devreye ait çalışma prensibini açıklar mısın?
Ö9 : Bir bobin içerisinde mıknatısı yaklaştırıp uzaklaştırırsak akım üretebiliriz. ... [3].

- A : Elektromanyetik indüksiyon ile akım oluştuğunu düşündüğün bir devre çizer misin?
Ö16 :



[1]

- A : Bu devreye ait çalışma prensibini açıklar mısın?
Ö16 : Mıknatıslar sayesinde bir manyetik akım oluşacaktır. ...[1].

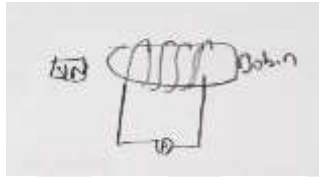
Manyetik alan kullanarak elektrik akımı üretimine dair soruya verilen cevaplar incelendiğinde; [1] seviyesinde cevapların %29,6'sı, [2] seviyesinde cevapların %40,7'si, [3] seviyesinde cevapların %25,9'u ve [4] seviyesinde %3,7'si yer almaktadır. Bu soruya Ö12 kodlu öğrenci Faraday Yasası'nı kullanarak verdiği cevap [4] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. Manyetik akı kavramının tanımına yönelik öğrenci cevapları farklı anlama seviyelerine dağılmıştır: %14,8'i [0], %40,7'si [1], %18,5'i [2], %7,4'ü [3] ve %18,5'i [4] seviyelerindedir. [1] numaralı anlama seviyesinde yer alan cevaplara Ö21 kodlu öğrencinin "Manyetik akı, tel üzerinden geçen akım sayısıdır" ifadesi örnek olarak verilebilir. Manyetik akı kavramını kullanarak oluşacak indüksiyon emk'sını veren bağıntının elde edilmesi istenen soru için öğrenci cevaplarının genellikle %29,6'sı [0] ve %55,6'sı [1] anlama seviyelerinde bulunurken, cevapların küçük bir kısmı ise %3,7'si [2], %7,4'ü [3] ve %3,7'si [4] anlama seviyelerinde bulunmaktadır. Elektrik akımı ile indüksiyon akımının oluşumunu konu alan soruya öğrencilerin cevaplarının önemli bir kısmı [1] (%29,6'sı) ve [2] (%51,9'u) numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır. Manyetik alan

kullanarak indüksiyon akımının oluşumunu konu alan soru için öğrenci cevaplarının çoğunluğunun (%74,1'inin) [2] numaralı anlama seviyesinde yer aldığı, diğer anlama seviyelerinde ise az oranda öğrenci cevaplarının (%3,7'si [0], %7,4'ü [1], ve %14,8'i [3] seviyelerinde) bulunduğu görülmektedir. Manyetik bir alan içerisinde iletken bir çubuk üzerinde oluşan indüksiyon akımı hakkındaki soruda öğrencilerin cevapları farklı anlama seviyelerine dağılmıştır: Öğrenci cevaplarının %3,7'si [0], %37'si [1], %37'si [2], %18,5'i [3] ve %3,7'si [4] numaralı anlama seviyelerindedir. Transformatörler ile ilgili soruda ise öğrenci cevaplarının %88,9'u [2] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. Verilen düzenekteki iki bobin arasında etkileşim sonucunda oluşabilecek indüksiyon akımının bağlı olduğu faktörlere dair soruda %88,9'u [2] numaralı anlama seviyesinde yer aldığı görülmektedir. Otuz dördüncü soruda verilen devrelerin arasından hangisinde ya da hangilerinde indüksiyon akımının oluşacağına dair öğrenci cevapları %3,7'si [0], %11,1'i [1] ve %85,2'si [2] numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır. Bu soru için verilen cevaplar genellikle 6 numaralı devre (bir halka tel ve mıknatıs devresi) üzerinden cevaplanmıştır. Öğrencilerin konu ile ilgili olduklarını düşündükleri kavram ve kelimeleri yazdıkları otuz beşinci soruya, 25. soruya paralel olarak, öğrenci cevaplarının büyük bir kısmı (%96,3'ü) [2] numaralı anlama seviyesindedir. Elektrik akımı konuları arasında ilişki kurmaları istenen başarı testinin son sorusunda ise öğrencilerin cevaplarının %3,7'si [0], %51,9'u [1] ve %44,4'ü [2] seviyelerinde yer almaktadır.

Elektromanyetik indüksiyon ile ilgili geciktirilmiş uygulamada başarı testine öğrencilerin verdikleri cevapların çoğunlukla [0], [1] ve [2] numaralı anlama seviyelerinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 31). Elektromanyetik indüksiyon ile elde edilen indüksiyon akımını tanımlayan öğrenci cevaplarının %11,1'i [0], %18,5'i [1], %44,4'ü [2] ve %25,9'u da [3] numaralı anlama seviyelerindedir. "Bobinle oluşturulan akımdır" (Ö20-[1]), "Üreteç ve mıknatıs kullanılarak elde edilen akımdır" (Ö9-[2]) ve "Manyetik alan ile oluşturulan akımdır" (Ö6-[3]). açıklamaları bu soruya ait farklı seviyelerdeki cevaplara örnek olarak verilebilir. İndüksiyon akımının nasıl elde edildiğine dair öğrenci cevaplarının %29,6'sı [0], %14,8'i [1] ("... mıknatısın manyetik alan çizgileri telin ucuna temas ettiğinde akım oluşur" Ö21-[1]) ve %55,6'sı [2] ("Mıknatıs yardımıyla manyetik alan oluşturularak akım elde edilir" Ö15-[2]) anlama seviyelerinde yer almaktadır. İndüksiyon akımının günlük hayatta nerede ve nasıl kullanılabileceğine dair öğrenci cevaplarının da %25,9'u [0], %18,5'i [1] ve %55,6'sı [2] anlama seviyelerinde bulunmaktadır. Elektromanyetik indüksiyonun günlük hayatta kullanımı konusunda sıklıkla hurdaların ayrılması ve vinç örnekleri verilmiştir. Elektromanyetik indüksiyon ile ilgili kelime ve kavramların ifade edildiği soruda öğrenci cevaplarının %29,6'sı [0], %66,7'si [2] ve %3,7'si [3] numaralı anlama seviyelerindedir. Elektromanyetik indüksiyon ile akım oluşturabilecek bir devre çiziminin istendiği soruda

öğrenci cevaplarının dağılımı; cevapların %25,9'u seviye [0], %33,3'ü seviye [1], %22,2'si seviye [2], %3,7'si seviye [3] ve %14,8'i seviye [4] şeklindedir. Bir önceki soruda çizilen devrenin çalışma prensibinin açıklandığı soruya verilen öğrenci cevaplarının ise %33,3'ü [0], %37'si [1], %25,9'u [2] ve %3,7'si [3] numaralı anlama seviyelerinde bulunmaktadır. Aşağıda Ö4 [4-2] ve Ö13 [1-1] kodlu öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon ile akım üretebileceğini düşündüğü devre çizimleri ve devrenin çalışma prensibine yönelik açıklamaları verilmiştir.

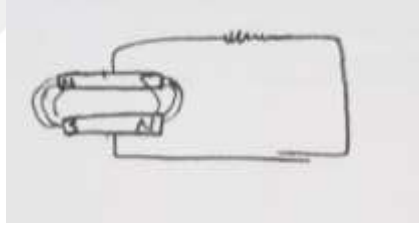
- A : Elektromanyetik indüksiyon ile akım oluştuğunu düşündüğün bir devre çizer misin?
Ö4 :



[4]

- A : Bu devreye ait çalışma prensibini açıklar mısın?
Ö4 : Mıknatis hareket ettirilerek bobin üzerinde akım oluşturulur [2].

- A : Elektromanyetik indüksiyon ile akım oluştuğunu düşündüğün bir devre çizer misin?
Ö13 :



[1]

- A : Bu devreye ait çalışma prensibini açıklar mısın?
Ö13 : Mıknatislerin oluşturduğu manyetik alan ile çalışır [1].

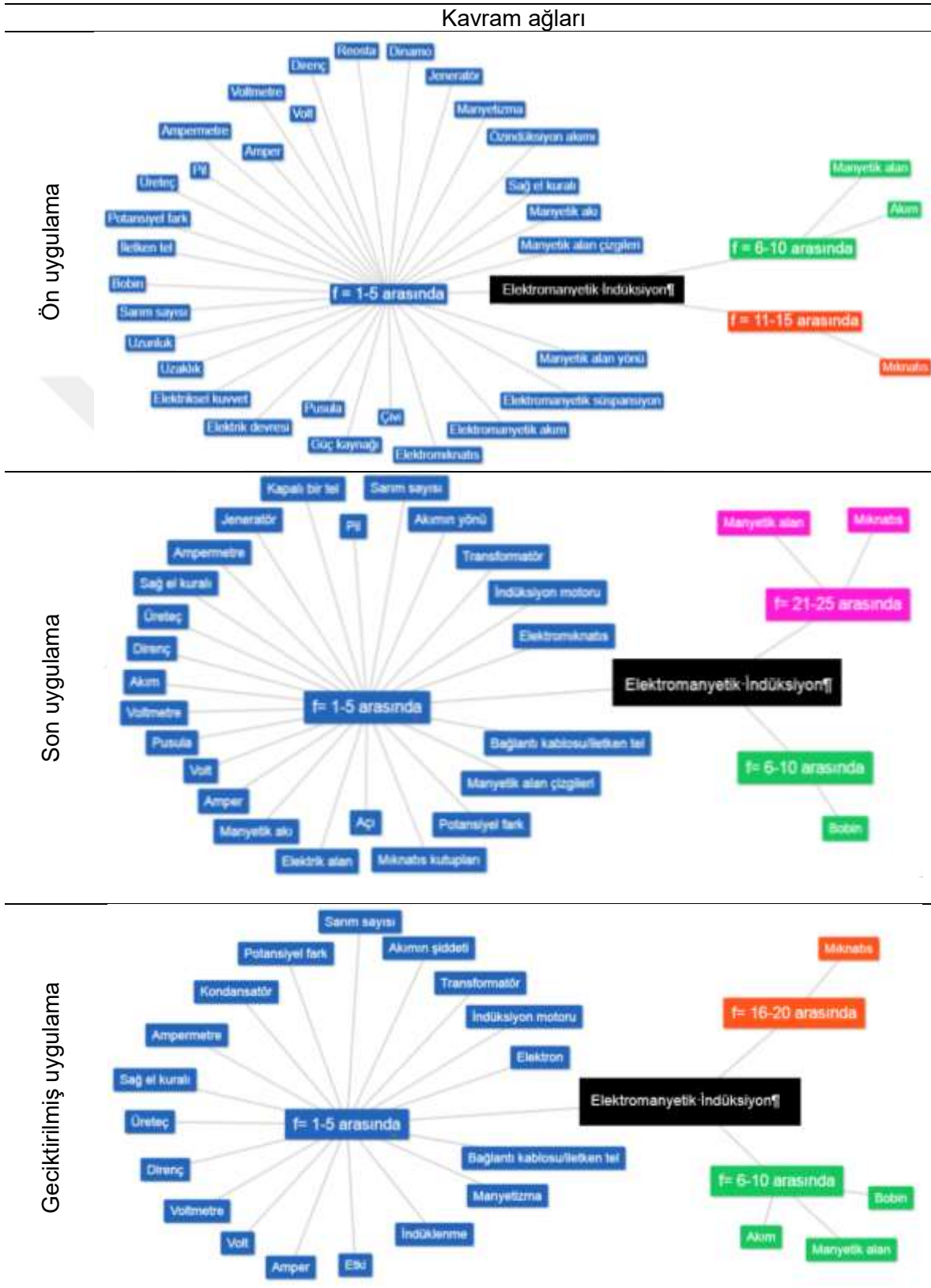
Öğrencilerin nasıl bir manyetik alan kullanarak elektrik akımı üretebileceğine dair soruya verilen cevaplar %29,6'sı [0], %14,8'i [1] ("Manyetik alan sabit olacak ancak manyetik alana giren mıknatis hareketli olacak" Ö10-[1]) ve %55,6'sı [2] ("Değişken olmalı yoksa elektronların hareketi duracaktır" Ö16-[2]) numaralı anlama seviyelerindedir. Manyetik akı kavramını tanımlanması için sorulan soruda öğrenci cevaplarının %44,4'ü [0], %40,7'si [1] ("Toplam manyetizmanın bir ölçüsüdür ..." Ö26-[1]), %11,1'i [3] ("Bir yüzeyden geçen manyetik alan çizgileri sayısının bir ölçüsüdür" Ö15-[3]) ve %3,7'si [4] seviyelerde bulunmaktadır. Bobinler arasında oluşacak etkileşimi düşünerek oluşan indüksiyon akımını verecek bağıntının yazılması istenen soruda öğrenci cevaplarının önemli bir kısmı (%92,6'sı) [0] numaralı anlama seviyesinde yer alırken, diğer öğrenci cevapları (%7,4'ü) [2] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. Elektrik akımı ile

manyetik alan oluşturarak indüksiyon akımının elde edilebilmesi durumunu içeren soruya verilen öğrenci cevaplarının %51,9'u [0], %29,6'sı [1], %14,8'i [2] ve %3,7'si [3] şeklinde anlama seviyelerine dağılmıştır. Otuzuncu soruda mıknatis ile oluşturulan manyetik alan ile indüksiyon akımının elde edilebilmesi durumunun sorulduğu soruda öğrenci cevaplarının %25,9'u [0], %14,8'i [1], %51,9'u [2] ve %7,4'ü [3] numaralı anlama seviyelerindedir. Manyetik bir alanda hareket eden bir iletken çubuk üzerinde oluşacak indüksiyon akımı ile ilgili soruda öğrencilerin verdiği cevapların [0] (cevapların %29,6'sı), [1] (cevapların %40,7'si) ve [2] (cevapların %29,6'sı) seviyelere dağılım gösterdiği görülmektedir. Öğrencilerin transformatörlerle ilgili verdikleri cevapların %18,5'i [0], %22,2'si [1] ("Elektriği daha uzak mesafelere enerji kaybı minimum olacak şekilde taşıyan araç" Ö18- [1]) ve %59,3'ü [2] ("... birbirine yakın iki bobin üzerine sarılmış iletken teller üzerinden geçen akım ile çalışır" Ö12-[2]) seviyelerinde bulunmaktadır. Verilen düzenekte oluşabilecek indüksiyon akımının bağlı olduğu faktörleri belirlenmesinin istendiği soruda öğrencilerin cevaplarının %55,6'sı [0], %14,8'i [1] ve %29,6'sı [2] seviyelerinde yer almaktadır. Gridte verilen devreler arasından elektromanyetik indüksiyon ile akım oluşan devre veya devrelerin seçilmesi istenen soruda, öğrencilerin %18,5'i [0], %11,1'i [1] ("7, 8 ve 9 numaralı devreler" Ö17-[1]) ve %70,4'ü [2] ("2,6,7 ve 9 numaralı devreler. Mıknatis hareket ettiği için" Ö1-[2]) numaralı anlama seviyelerinde yer alan cevaplar vermişlerdir. Konu ile ilgili olduğunu düşündükleri kelime ve kavramların yazılması istenen 35. soruda (25. soru ile paralel) verilen öğrenci cevaplarının [2] numaralı anlama seviyesinde yoğunlaştığı görülmektedir (%74,1). Akım türleri arasında ilişki kurmaları istenen başarı testinin son sorusunda ise öğrencilerin cevaplarının %48,1'i [0], %25,9'u [1] ve %25,9'u [2] seviyelerinde yer almaktadır.

Elektromanyetik indüksiyon konusu ile ilgili anlama seviyeleri bulgularına genel olarak bakarsak, ön ve geciktirilmiş uygulamada öğrenci cevaplarının önemli bir kısmının [0], [1] ve [2] numaralı anlama seviyelerinde ve son uygulamada ise nispeten öğrenci cevaplarının önemli bir kısmının [1], [2] ve [3] seviyelerinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 31). Ayrıca, Tablo 31 incelendiğinde son uygulamada öğrenci cevaplarının daha fazla oranda [3] ve [4] numaralı anlama seviyelerinde bulunduğu tespit edilmiştir.

Öğrencilere elektromanyetik indüksiyon konusu ile ilişkilendirdikleri kavramların sorulduğu 25 ve 35C numaralı sorulara verilen cevaplar tablolandırılmıştır (Ek-17). Bu tablodan oluşturulan kavram ağları ise ön uygulama, son uygulama ve geciktirilmiş uygulama bazında Tablo 32'de sunulmuştur.

Tablo 32. Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Uygulamalar Sonucunda Öğrenci Cevaplarından Ortaya Çıkan Kavram Ağları



Tablo 32’de öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon ile ilgili ifade ettikleri kelime ve kavramlardan oluşturulan kavram ağları yer almaktadır. Ön uygulamada, ifade sıklığı 11 ile 15 arasında olan mıknatıs ve 6 ile 10 arasında olan manyetik alan ve akım kavramlarıdır. Sağ el kuralı, manyetik akı, sarım sayısı gibi kavramların ifade sıklığı ise 1 ile 5 arasındadır. Çivi, dinamo, elektriksel kuvvet, elektrik devresi, elektromanyetik akım, elektromanyetik süspansiyon, güç kaynağı, manyetik alan yönü, özindüksiyon akımı, reosta, uzaklık ve uzunluk kavramları ise yalnızca ön uygulamada ifade edilmiştir. Bu kavramların ifade sıklığı 1-5 arasındadır. Son uygulamada ise, ifade sıklığı 21 ile 25 arasında olan manyetik alan ve mıknatıs ve 6 ile 10 arasında bobin kavramları yer almaktadır. Ön uygulamadan farklı olarak yalnızca son uygulamada ifade edilen açı, akımın yönü, elektrik alan, kapalı bir tel ve mıknatıs kutupları kavramlarının ifade sıklığı 1 ile 5 arasında değişmektedir. Geciktirilmiş uygulama için ise, ifade sıklığı 16 ile 20 arasında olan mıknatıs ve 6 ile 10 arasında olan akım, bobin ve manyetik alan kavramlarıdır. Ön ve son uygulamaya göre, geciktirilmiş uygulamada ifade sıklığı 1 ile 5 arasında olan kavramların sayısının azaldığı görülmektedir. Ön ve son uygulamada yer alan elektromıknatıs, jeneratör, manyetik akı, manyetik alan çizgileri, pil ve pusula kelime ve kavramları geciktirilmiş uygulamada yer almamaktadır. Ayrıca ön ve son uygulamada ifade edilmeyen ancak geciktirilmiş uygulamada ifade edilen akımın şiddeti, elektron, etki, indüklenme ve kondansatör kavramlarıdır. Bununla birlikte ön uygulamadan farklı olarak son ve geciktirilmiş uygulamada indüksiyon motoru ile transformatör ve son uygulamadan farklı olarak ön ve geciktirilmiş uygulamada manyetik alan kavramları cevaplar arasında yer almaktadır.

4. 1. 3. Öğrencilerin Alternatif Akıma Ait Sahip Oldukları Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerdeki Değişimine Yönelik Bulgular

Öğrencilerin yapılan ön, son ve geciktirilmiş uygulamalar sonucundaki alternatif akım ile ilgili sorulara verdikleri cevapların anlama seviyelerine ait frekans ve yüzdelik değerleri Tablo 33’de özetlenmiştir

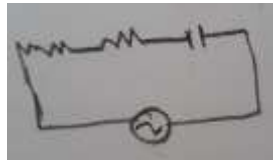
Tablo 33. Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili Anlama Seviyeleri

Soru no	Ön uygulama					Son uygulama					Geciktirilmiş uygulama				
	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]
11	5 (18.5)	13 (48.1)	9 (33.3)	---	---	---	2 (7.4)	8 (29.6)	15 (55.6)	2 (7.4)	---	7 (25.9)	10 (37.0)	9 (33.3)	1 (3.7)
12	19 (70.4)	6 (22.2)	1 (3.7)	1 (3.7)	---	3 (11.1)	9 (33.3)	7 (25.9)	6 (22.2)	2 (7.4)	15 (55.6)	3 (11.1)	9 (33.3)	---	---
13	15 (55.6)	4 (14.8)	7 (25.9)	1 (3.7)	---	1 (3.7)	3 (11.1)	21 (77.8)	1 (3.7)	1 (3.7)	9 (33.3)	2 (7.4)	16 (59.3)	---	---
14	10 (37.0)	7 (25.9)	9 (33.3)	1 (3.7)	---	1 (3.7)	1 (3.7)	25 (92.6)	---	---	8 (29.6)	---	19 (70.4)	---	---
15A	16 (59.3)	8 (29.6)	1 (3.7)	1 (3.7)	1 (3.7)	2 (7.4)	11 (40.7)	5 (18.5)	7 (25.9)	2 (7.4)	9 (33.3)	13 (48.1)	3 (11.1)	1 (3.7)	1 (3.7)
15B	16 (59.3)	9 (33.3)	2 (7.4)	---	---	10 (37.0)	8 (29.6)	7 (25.9)	2 (7.4)	---	12 (44.4)	9 (33.3)	5 (18.5)	1 (3.7)	---
16	3 (11.1)	15 (55.6)	9 (33.3)	---	---	---	3 (11.1)	22 (81.5)	2 (7.4)	---	---	9 (33.3)	16 (59.3)	2 (7.4)	---
17	19 (70.4)	8 (29.6)	---	---	---	5 (18.5)	6 (22.2)	15 (55.6)	1 (3.7)	---	15 (55.6)	5 (18.5)	5 (18.5)	2 (7.4)	---
18	24 (88.9)	2 (7.4)	1 (3.7)	---	---	19 (70.4)	1 (3.7)	2 (7.4)	2 (7.4)	3 (11.1)	23 (85.2)	2 (7.4)	2 (7.4)	---	---
19	20 (74.1)	7 (25.9)	---	---	---	12 (44.4)	6 (22.2)	5 (18.5)	4 (14.8)	---	20 (74.1)	4 (14.8)	2 (7.4)	1 (3.7)	---
20	22 (81.5)	5 (18.5)	---	---	---	11 (40.7)	5 (18.5)	1 (3.7)	1 (3.7)	9 (33.3)	22 (81.5)	1 (3.7)	1 (3.7)	1 (3.7)	2 (7.4)
21	14 (51.9)	13 (48.1)	---	---	---	11 (40.7)	5 (18.5)	10 (37.0)	1 (3.7)	---	21 (77.8)	2 (7.4)	3 (11.1)	1 (3.7)	---
34C	10 (37.0)	17 (63.0)	---	---	---	1 (3.7)	17 (63.0)	9 (33.3)	---	---	8 (29.6)	14 (51.9)	5 (18.5)	---	---
35B	9 (33.3)	11 (40.7)	7 (25.9)	---	---	---	---	26 (96.3)	1 (3.7)	---	5 (18.5)	2 (7.4)	19 (70.4)	1 (3.7)	---
36	3 (11.1)	21 (77.8)	3 (11.1)	---	---	1 (3.7)	14 (51.9)	12 (44.4)	---	---	13 (48.1)	7 (25.9)	7 (25.9)	---	---

*Tabloda anlama seviyelerine yönelik frekans değerleri ve parantez içinde bu frekans değerlerine ait yüzdeler verilmiştir.

Alternatif akım ile ilgili ön uygulamada öğrencilerin verdikleri cevapların çoğunlukla [0], [1] ve [2] numaralı anlama seviyelerinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 33). Alternatif akımın tanımının yapılmasının istendiği soruda verilen öğrenci cevaplarının %18,5'i [0], %48,1'i [1] ve %33,3'ü [2] numaralı anlama seviyelerindedir. "Alternatif akım artısı eksisi yok. Tek bir şekilde giriyor (devreye). Kullanmadığımız için bilemiyorum ama aynı kablodan geri geliyordur herhalde (Ö1-[1])" ve "Zamana göre şiddeti değişen akımdır (Ö10-[2])". Alternatif akımın nasıl elde edildiği ile ilgili soruda ise öğrenci cevaplarının çoğunluğu (%70,4'ü) [0] numaralı anlama seviyesinde bulunduğu görülmektedir. Bu soruya verilen diğer öğrenci cevaplarının ise %22,2'si [1], %3,7'si [2] ve %3,7'si [3] numaralı anlama seviyelerindedir. "Elektronların akım değerlerinde alçalma ve yükselmeler meydana gelerek oluşturulur (Ö16-[1])", "Alternatör yardımıyla manyetik etki oluşturulabilir ve kutuplar sürekli yer değiştirebilir (Ö22- [2])" ve "AC elektrik motorları elde edilir. Motorların yön değiştirmesi gibi hareketlerle akım yön değiştirir (Ö18-[3])". Alternatif akımın nerede ve nasıl kullanılabilceğine ilişkin soruya ise öğrenciler [0] (cevapların %55,6'sı), [1] (cevapların %14,8'i), [2] (cevapların %25,9'u) ve [3] (cevapların %3,7'si), anlama seviyelerinde yer alan cevaplar vermişlerdir. "Sanayilerde kullanılır (Ö8-[2])" ve "sanayide, dinamoda, jeneratörlerde kullanılabilir (Ö18-[3])". Alternatif akım ile ilişkili olduklarını düşündükleri kelime ve kavramların yazılmasının istendiği soruya verilen öğrenci cevaplarının %37'si [0], %25,9'u [1], %33,3'ü [2] ve %3,7'si [3] numaralı anlama seviyelerindedir. Alternatif akım üreten bir devre çizilmesi istenen soruda öğrenci çizimlerinin genellikle [0] ve [1] seviyelerinde topladığı görülmektedir (sırasıyla cevapların %59,3'ü ve %29,6'sı). Ayrıca cevapların %3,7'sinin [2], %3,7'sinin [3] ve %3,7'sinin [4] numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır. On beşinci soruda çizilen alternatif akım devrelerinin çalışma prensiplerinin açıklandığı soruda yine öğrenci cevaplarının [0] ve [1] seviyelerinde topladığı görülmektedir (sırasıyla cevapların %59,3'ü ve %33,3'ü). Bu soruya verilen cevapların yalnızca %7,4'ü [2] numaralı anlama seviyesindedir. Ö4 ve Ö18 kodlu öğrencilerin ifadeleri örnek olarak aşağıda yer almaktadır.

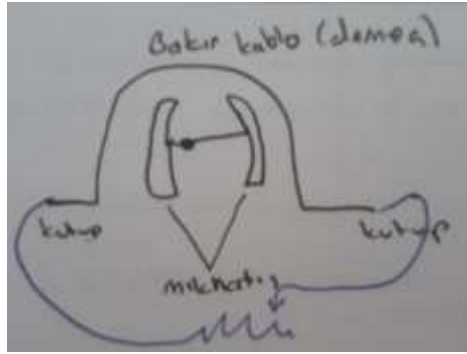
A : Alternatif akımın oluştuğunu düşündüğün bir devre çizer misin?
 Ö4 :



A : Bu devreye ait çalışma prensibini açıklar mısın?
 Ö4 : Akımın alçalıp yükselmesiyle oluşur [1].

A : Alternatif akımın oluştuğunu düşündüğün bir devre çizer misin?

Ö18 :



[3]

A : Bu devreye ait çalışma prensibini açıklar mısın?

Ö18 : Mıknatısların hareketi ile üretilir. Çok hızlı döndürülürse çok, az döndürülürse az akım elde edilir [2].

Alternatif akım ile doğru akım arasında kurulan ilişkileri (benzerlikleri ya da farklılıkları) konu alan soruda öğrenci cevaplarının %11,1'i [0], %55,6'sı [1] ve %33,3'ü [2] numaralı anlama seviyelerinde bulunmaktadır. Alternatif akım devrelerinde kullanılan empedans, etkin akım gibi kavramların açıklanması istenen soruda verilen öğrenci cevapları önemli bir kısmı (%70,4'ü) [0] numaralı anlama seviyesinde ve diğer cevaplar ise (%29,6'sı) [1] numaralı anlama seviyesindedir. Bu soruya yönelik olarak [1] numaralı anlama seviyesine örnek olarak verilebilecek Ö5'in ifadeleri aşağıdaki gibidir:

A : Alternatif akım devrelerindeki empedans, etkin akım gibi kavramlar hakkında bilgin var mı?

Ö5 : Kapasitans, tüm devreyi kapsayan akım; etkin gerilim, gerekli olduğunda ortaya çıkan akım ve etkin akım, sürekli akım. (empedans ve indüktans kavramlarına cevap vermemiştir)

A : Bu kavramları daha önce herhangi bir yerde gördün mü?

Ö5 : Hayır, görmedim.

Alternatif akım devrelerinde kullanılan empedans, etkin akım ve etkin gerilim kavramlarının işlemsel olarak değerinin belirlenmesine yönelik soruda ise öğrencilerin cevaplarının çoğunluğu (sırasıyla %88,9'u, %74,1'i ve %81,5'i) [0] numaralı anlama seviyesindedir. Öğrencilerin verdikleri diğer cevaplar ise [1] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. Empedans çizimi (soru 18) için yalnızca bir öğrencinin ifadeleri [2] numaralı anlama seviyesinde bulunmaktadır: "... hatırladığım tek şey; oklar çıkartıyorduk Pisagor'dan RLC'yi buluyorduk...(Ö3-[2])". Yirmi birinci soruda verilen alternatif akım devrelerinde frekans değişimi ile akım şiddeti değişimi arasındaki ilişkinin kurulması istenmiştir. Bu soruya ait öğrenci cevaplarının %51,9'u [0] ve %48,1'i [1] numaralı anlama seviyesindedir. Öğrencilerin bu soruya "Elektrik devresindeki akım frekanstan etkilendiği için akım değişir (Ö9-[1])" şeklinde açıklamalar yaptıkları görülmüştür. Gridte verilen devreler arasından alternatif akım devrelerinin tespit edilmesi istenen soruya verilen

öğrenci cevaplarının %37'si [0] ve %63'ü [1] seviyelerindedir. Bu soruya verilen cevaplar arasından örnek olarak Ö11'in [1] numaralı anlama seviyesinde yer alan ifadeleri verilebilir:

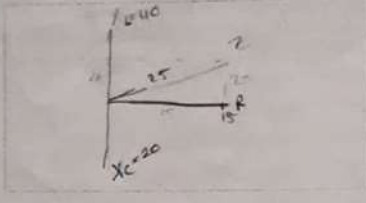
- A : Bu soruda 9 tane elektrik devresi var. Bu devrelerin hangisinde ya da hangilerin elektrik akımı oluşabilir? Oluşan akımın türü nedir? Açıklar mısın?
- Ö11 : Devre 1'de akım oluşur türü de alternatif akımdır. Çünkü ampermetre ve voltmetre kullanılmıştır. Bu yüzden onlar yardımıyla (akım) üretilmiş olabilir. ... Devre 3'te (akım) üretilir aslında. Artırıp azaltığımızda direncini değiştirmiş oluruz sadece. Direnci değişirse de alternatif akım üretilir. Devre 4'te üretilir çünkü ampermetrede akım üretiliyor. Alternatif akım üretilir. ...

On dördüncü soruya paralel olarak, otuz beşinci soruda alternatif akım ile ilgili kelime ve kavramların yazılması istenmiş ve cevapların %33,3'ü [0], %40,7'si [1] ve %25,9'u [2] seviyelerinde bulunduğu görülmüştür. Tez araştırmasında yer alan konular arasında bir ilişkinin olup olmadığı konusundaki soruya verilen cevapların büyük bir kısmı (%77,8'i) [1] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır.

Alternatif akım ile ilgili son uygulamada öğrencilerin verdikleri cevapların farklı anlama seviyelerinde dağılım gösterdiği görülmektedir (Tablo 33). Öğrencilerin alternatif akımın tanımını yaptıkları soruya verilen cevapların %7,4'ü [1] ("Alternatif akımın genliği ve periyodu değişir" Ö13-[1]), %29,6'sı [2] ("Yönü ve genliği periyodik olarak değişen akım türüdür" Ö14-[2]), %55,6'sı [3] ve %7,4'ü [4] numaralı anlama seviyesindedir. Alternatif akımın nasıl elde edilebileceği ile ilgili soruya öğrencilerin verdikleri cevapların %11,1'i [0], %33,3'ü [1], %25,9'u [2], %22,2'si [3] ve %7,4'ü [4] numaralı anlama seviyelerinde dağılım göstermiştir. Bu soruya yönelik verilen cevaplarda jeneratörlerden sıklıkla bahsedilmiştir. Öğrencilerin alternatif akımın günlük hayatta nerede ve nasıl kullanılabileceği ile ilgili açıklamalarının çoğunluğu (%77,8'i) [2] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. Diğer seviyelerde yer alan cevapların oranı ise sırasıyla %3,7, %11,1, %3,7 ve %3,7'dir. Alternatif akım ile ilgili kelime veya kavramların ifade edildiği soruya verilen cevapların neredeyse tamamı [2] numaralı anlama seviyesinde bulunmaktadır (%92,6). Alternatif akım üreten bir elektrik devresi çizmeleri istenen soruya öğrencilerin yaptıkları çizimler farklı anlama seviyelerine dağılım göstermiştir. Çizimlerin %7,4'ü [0], %40,7'si [1], %18,5'i [2], %25,9'u [3] ve %7,4'ü [4] numaralı anlama seviyelerinde yer aldığı görülmektedir. Çizdikleri elektrik devrelerinin çalışma prensiplerine yönelik öğrenci açıklamaları incelendiğinde ise, cevapların %37'si [0], %29,6'sı [1], %25,9'u [2], ve %7,4'ü [3] numaralı anlama seviyelerindedir. Ö22 kodlu öğrenci bir ampül ve bir alternatif akım kaynağı ile kurduğu [4] numaralı anlama seviyesinde yer alan devrenin çalışma prensibini "Alternatif akım kaynağının ürettiği akım ile ampül yanar [3]" şeklindedir. Alternatif akım ile doğru akım arasında kurulan ilişkileri (benzerlikleri ya da farklılıkları) konu alan soruda öğrenci

cevaplarının %11,1'i [1], %81,5'i [2] ve %7,4'ü [3] numaralı anlama seviyelerinde bulunmaktadır. Alternatif akım devrelerinde yer alan empedans gibi kavramların tanımlanmasını içeren on yedinci soruya öğrencilerin verdikleri cevapların %18,5'i [0], %22,2'si [1], %55,6'sı [2], ve %3,7'si [3] numaralı anlama seviyelerindedir. Öğrencilerin alternatif akım devrelerinde empedans çizimi ile ilgili soruda yaptıkları çizimler %70,4'ü [0], %3,7'si [1], %7,4'ü [2], %7,4'ü [3] ve %11,1'i [4] seviyelerinde yer almaktadır. Verilen alternatif akım devresinde etkin gerilimin sorulduğu soruda öğrencilerin verdikleri cevapların %44,4'ü [0], %22,2'si [1], %18,5'i [2], ve %14,8'i [3] seviyelerinde bulunduğu görülmektedir. Verilen devrenin etkin akım değerinin bulunması istenen soruda öğrenci cevaplarının farklı anlama seviyelerinde dağılım gösterdiği görülmektedir. Yapılan işlemler sonucunda verilen cevapların %40,7'si [0], %18,5'i [1], %3,7'si [2], %3,7'si [3] ve %33,3'ü [4] seviyelerindedir. Ö16 kodlu öğrencinin empedans ile ilgili diyagramı çizdiği [4], etkin gerilim değerini hesapladığı [3] ve etkin akım değerini bulduğu [4] görülmektedir.

18. Yukarıda yer alan devrenin empedansını aşağıdaki kutucuğa çizin ve açıklayınız.



19. Yukarıdaki devrede $V_A=15$ V, $V_B=20$ V ve $V_C=40$ V ise, A-B noktaları arasındaki etkin gerilim farkı kaç voltur? Gerekli matematiksel eşitlikleri açıkça yazarak bulunuz.

$$V_{et} = I_{et} \cdot Z$$

$$Z = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + R^2}$$

$$= \sqrt{400 + 225}$$

$$= 25$$

$$V_{et} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

20. Yukarıdaki devrede $R=15$ Ω , $X_L=34$ Ω , $X_C=14$ Ω ve $V_e=250$ V'tur. Devrenin empedansı 25 Ω olarak ölçülüyor. Buna göre, devreden geçen etkin akım şiddeti kaç amper olur? Gerekli matematiksel eşitlikleri açıkça yazarak bulunuz.

$$V_{et} = I_{et} \cdot Z$$

$$250 = I_{et} \cdot 25$$

$$I_{et} = \frac{250}{25} = 10 \text{ A}$$

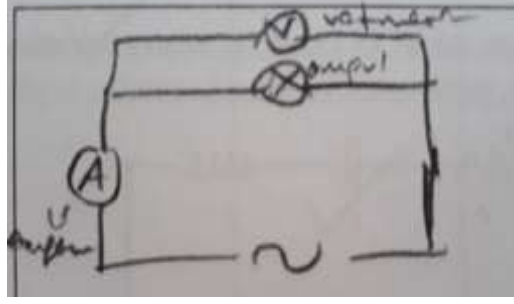
Şekil 18. Ö16 kodlu öğrencinin empedans, etkin gerilim ve etkin akım sorularına ait cevapları

Alternatif akım devrelerinde frekans ile akım şiddeti arasındaki ilişkinin sorulduğu yirmi birinci soruya öğrencilerin verdikleri cevaplar %40,7'si [0], %18,5'i [1], %37'si [2] ve %3,7'si [3] numaralı anlama seviyelerinde bulunmaktadır. Verilen devreler arasından alternatif akım üreten devrelerin seçilmesi istenen soruda öğrenci cevaplarının önemli bir kısmı (%63'ü) [1] numaralı anlama seviyesindedir. Öğrencilerin verdikleri diğer cevapların ise, %3,7'si [0] ve %33,3'ü [2] numaralı anlama seviyelerinde olduğu görülmektedir.

Alternatif akım ile ilgili kelime ve kavramların ifade edilmesinin istendiği soruda öğrencilerin neredeyse tamamı (%96,3'ü) [2] numaralı anlama seviyesinde cevaplar verdikleri görülmektedir. Tez araştırmasında yer alan konular arasında bir ilişkinin olup olmadığı konusundaki soruya verilen cevapların %3,7'si [0], %51,9'u [1] ve %44,4'ü [2] numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır.

Alternatif akım ile ilgili geciktirilmiş uygulamada öğrencilerin verdikleri cevapların çoğunlukla [0], [1] ve [2] numaralı anlama seviyelerinde dağılım gösterdiği görülmektedir (Tablo 33). Öğrencilerin alternatif akımı tanımlamaları istenen soruya verdikleri cevapların %25,9'u [1] %37'si [2], %33,3'ü [3] ve %3,7'si [4] seviyelerinde yer almaktadır. "Kutupları olmayan süresiz akımdır" (Ö2-[1]), "Zamana göre elektriksel yönü değişen akımdır" (Ö14-[2]) ve "AC ile gösterilen zamanla yönü ve şiddeti değişen akım" (Ö22-[3]) ifadeleri öğrencilerin farklı seviyelerdeki alternatif akım tanımına örnek olarak verilebilir. Alternatif akımın elde edilmesine yönelik öğrenci cevaplarının %55,6'sı [0], %11,1'i [1] ve %33,3'ü [2] numaralı anlama seviyelerindedir. Ö1 kodlu öğrenci alternatif akımın elde edilmesini "...doğru akım devresine reosta, kondansatör veya transformatör eklendiğinde alternatif akıma döner. [1]" ve Ö6 kodlu öğrenci "Jeneratörler yardımıyla [2]" şeklinde açıklamıştır. Alternatif akımın günlük hayatta nerede ve nasıl kullanılacağı ile ilgili soruya öğrencilerin verdikleri cevapların %33,3'ü [0], %7,4'ü [1] ve %59,3'ü [2] seviyelerinde yer almaktadır. [2] numaralı anlama seviyesindeki cevapların çoğunda öğrenciler güç santrallerinde ve sanayide alternatif akımın uygulama alanları olduğunu dile getirmiştir. Alternatif akım ile ilgili kelime ve kavramların ifade edilmesi istenen soruda öğrenci cevaplarının %29,6'sı [0] ve %70,4'ü [2] seviyelerinde bulunduğu görülmektedir. Alternatif akım ürettiğini düşündükleri bir devre çizilmesinin istediği soruda öğrencilerin çizimlerinin çoğunluğunun [0] (çizimlerin %33,3'ü) ve [1] (çizimlerin %48,1'i) seviyelerinde iken, diğer çizimlerin %11,1'i [2], %3,7'si [3] ve %3,7'si [4] numaralı anlama seviyelerinde bulunduğu görülmektedir. Yapılan çizimlerdeki devrelerin çalışma prensiplerine ait açıklamaları ise, %44,4'ü [0], %33,3'ü [1], %18,5'i [2] ve %3,7'si [3] anlama seviyelerinde yer almaktadır. Ö16 ve Ö3 kodlu öğrencilerin bu soruya yönelik açıklamaları aşağıda yer almaktadır.

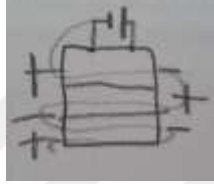
A : Alternatif akım üreten bir devre çizer misin?
Ö16 :



[4]

- A : Bu devrenin çalışma prensibi hakkında ne söyleyebilirsin?
 Ö16 : Alternatif akım kanyağından çıkan elektronların hareketi devam ettikçe ampül ışık verecektir [2].

- A : Alternatif akım üreten bir devre çizer misin?
 Ö3 :

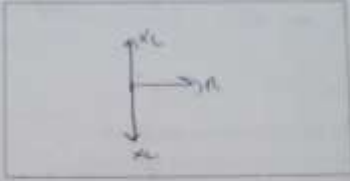


[1]

- A : Bu devrenin çalışma prensibi hakkında ne söyleyebilirsin?
 Ö3 : Paralel bağlı devrede şekildeki gibi devrede dolaşır ve alternatif akım oluşturur [1].

Alternatif akım ve doğru akım arasındaki ilişkilerin (benzerliklerin veya farklılıkların) belirtilmesi istenen soruya verilen öğrenci cevaplarının %33,3'ü [1], %59,3'ü [2] ve %7,4'ü [3] numaralı anlama seviyelerindedir. Alternatif akım devrelerinde kullanılan empedans, etkin gerilim gibi kavramların tanımlanması istenen soruda öğrenci cevaplarının %55,6'sı [0], %18,5'i [1], %18,5'i [2] ve %7,4'ü [3] seviyelerinde bulunmaktadır. Verilen bir alternatif akım devresinde (RLC devresi) empedans, etkin gerilim ve etkin akım değerlerinin bulunması istenen sorulara verilen cevapların önemli bir bölümü [0] seviyesinde yer almaktadır (sırasıyla %85,2'si, %74,1'i ve %81,5'i). Etkin gerilim için cevapların yalnızca %3,7'si [3] numaralı anlama seviyesinde iken, etkin akım için cevapların yalnızca %3,7'si [3] ve %7,4'ü [4] numaralı anlama seviyelerindedir. Ö10 kodlu öğrencinin empedans ile ilgili diyagramı tam olarak çizemediği [2], etkin gerilim değerini hesaplayamadığı [1] ancak etkin akım değerini hesapladığı [4] görülmektedir.

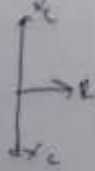
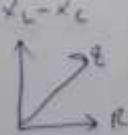
Yukarıda yer alan devrenin empedansın yağıdaki bulucuda çizimi ve açıklaması.



Yukarıdaki devrede $V_1=15$ V, $V_2=20$ V ve $V_3=40$ V ise, A-B noktaları arasındaki etkin gerilim farkı kaç voltur? Gerekli matematiksel eşitlikleri açıkça yazarak bulunuz.

$Z=5$ $V_c = 5 \cdot 5$
 $V_c = 25$

Yukarıdaki devrede $R=15$ Ω , $X_L=34$ Ω , $X_C=14$ Ω ve $V_s=250$ V'tur. Buna göre, devreden geçen etkin akım şiddeti kaç amper olur? Gerekli matematiksel eşitlikleri açıkça yazarak bulunuz.

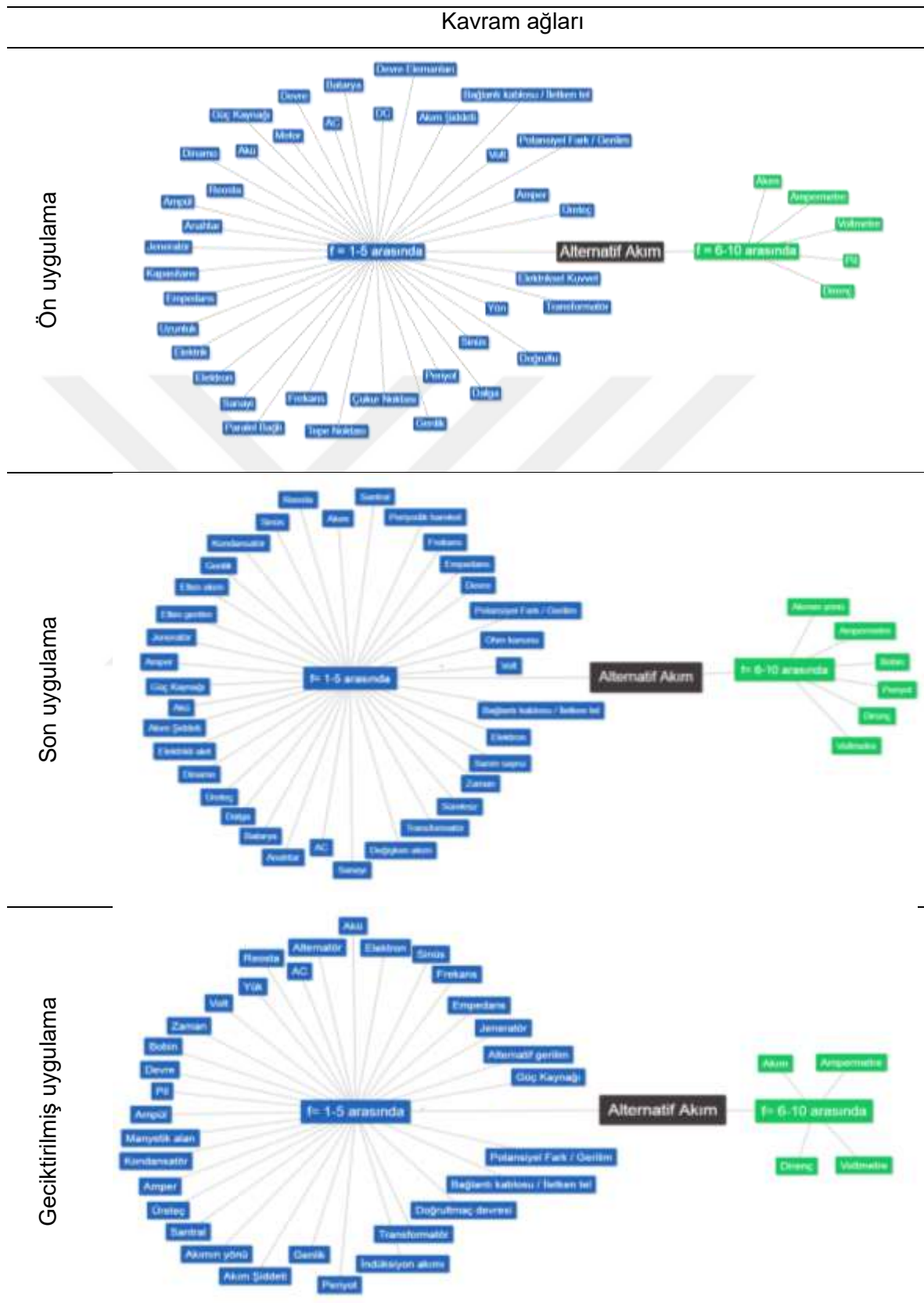
$Z=5$
 $V_c = I_c \cdot 5$
 $250 = I_c \cdot 5$
 $I_c = 50$ A

Şekil 19. Ö10 kodlu öğrencinin empedans, etkin gerilim ve etkin akım sorularına ait cevapları

Verilen elektrik devrelerinde akım şiddeti ile frekans arasındaki ilişkinin ifade edilmesi istenen yirmi birinci soruda öğrenci cevaplarının %77,8'i [0], %7,4'ü [1], %11,1'i [2] ve %3,7'si [3] seviyelerinde dağılım göstermiştir. Yapılandırılmış grid sorusunda verilen devreler arasından hangisinin ya da hangilerinin alternatif akım ürettiğine dair öğrenci cevaplarının %29,6'sı [0], %51,9'u [1] ve %18,5'i [2] seviyelerinde yer almaktadır. Alternatif akım ile ilgili kelime ve kavramların ifade edilmesi istenen soruya öğrenci cevaplarının çoğunluğu (%70,4'ü) [2] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. Tez araştırmasında verilen konular arasında bir ilişkinin var olup olmadığına dair soruya ise verilen öğrenci cevaplarının %48,1'i [0], %25,9'u [1] ve %25,9'u [2] numaralı anlama seviyelerinde bulunmaktadır.

Öğrencilere alternatif akım ile ilişkilendirdikleri kavramların sorulduğu ondördüncü ve otuzbeşinci (35C) sorulara verilen cevaplar frekanslanarak tablolaştırılmıştır (Ek-17). Bu tablodan oluşturulan kavram ağları ise ön uygulama, son uygulama ve geciktirilmiş uygulama bazında Tablo 34'te sunulmuştur.

Tablo 34. Alternatif Akım ile İlgili Uygulamalar Sonucunda Öğrenci Cevaplarından Ortaya Çıkan Kavram Ağları



Tablo 34'te öğrencilerin alternatif akım ile ilgili ön, son ve geciktirilmiş uygulamalardan elde edilen verilerden oluşturulan kavram ağları yer almaktadır. Uygulamalardan elde edilen kelime ve kavramların ifade sıklığı 1-5 veya 6-10 arasındadır (Tablo 34). Ön uygulamada, birçok kelime ve kavramın ifade sıklığı 1 ile 5 arasındadır. Akım, ampermetre, voltmetre, pil ve direnç kavramlarının ifade sıklığı ise, 6 ile 10 arasındadır. Çivi, dinamo, elektrik devresi, elektriksel kuvvet, elektromanyetik akım, elektromanyetik süspansiyon, güç kaynağı, manyetik alan yönü, özindüksiyon akımı, reosta, uzaklık ve uzunluk kelime ve kavramlarının ifade sıklığı 1 ile 5 arasında olup yalnızca ön uygulamada ortaya çıkmıştır. Son uygulamada da belirtilen kelime ve kavramların birçoğunun ifade sıklığı 1 ile 5 arasındayken; akımın yönü, ampermetre, bobin, periyot, direnç ve voltmetre kavramlarının ifade sıklığı 6 ile 10 arasındadır. Açık, akımın yönü, elektrik alan, kapalı bir tel ve mıknatıs kutupları ise yalnızca son uygulamada belirtilmiş olup ifade sıklığı 1 ile 5 arasındadır. Ayrıca, elektromıknatıs, jeneratör, manyetik akı, manyetik alan çizgileri, pil ve pusula kelime ve kavramları ön ve son uygulamada kullanılmış ancak geciktirilmiş uygulamada kullanılmamıştır. Ön ve son uygulamada oluşturulan kavram ağlarına paralel olarak, geciktirilmiş uygulamada da ifade edilen kelime ve kavramların önemli bir kısmının frekansı 1 ile 5 arasındadır. Akım, ampermetre, direnç ve voltmetre kavramlarının ifade sıklığı 6 ile 10 arasındadır. Akımın şiddeti, elektron, etki, indüklenme ve kondansatör kelime ve kavramlarının ifade sıklığı 1 ile 5 arasındadır ve yalnızca geciktirilmiş uygulamada belirtilmiştir. İndüksiyon motoru ile transformator kelimeleri son ve geciktirilmiş uygulamalarda ortaya çıkarken, manyetizma kavramı ön ve geciktirilmiş uygulamalarda ortaya çıkmıştır.

4. 2. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Akademik Başarıları ve Akademik Başarılarındaki Değişime Yönelik Bulgular

Bu kısımda öğrencilerin başarı testinin ön, son ve geciktirilmiş uygulamalarındaki sorulara verdikleri cevapların anlama seviyeleri kullanılarak elde edilen akademik başarılarına yönelik bulgular sunulmuştur. Bulgular konulara göre düzenlenerek ön, son ve geciktirilmiş uygulama verileri karşılaştırmalı bir şekilde sunulmuştur.

4. 2. 1. Öğrencilerin Doğru Akıma Ait Sahip Oldukları Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişime Yönelik Bulgular

Öğrencilerin yapılan uygulamalar sonucundaki doğru akım ile ilgili anlama seviyeleri aracılığıyla hesaplanan akademik başarı puanları ve uygulamalar sürecindeki akademik başarı puanlarındaki değişim Tablo 35'te özetlenmiştir.

Tablo 35. Öğrencilerin Doğru Akım Konusundaki Akademik Başarıları ve Akademik Başarılarının Değişimi

Öğrenci	Akademik başarı puanı*			Akademik başarı puanındaki değişim**		
	Ön uygulama	Son uygulama	Geciktirilmiş uygulama	Ön => Son	Son => Geciktirilmiş	Ön => Geciktirilmiş
Ö1	30.4	55.4	48.2	↗	↘	↗
Ö2	32.1	53.6	28.6	↗	↘	↘
Ö3	37.5	41.1	44.6	↗	↗	↗
Ö4	32.1	46.4	53.6	↗	↗	↗
Ö5	33.9	53.6	44.6	↗	↘	↗
Ö6	26.8	58.9	35.7	↗	↘	↗
Ö7	26.8	46.4	30.4	↗	↘	↗
Ö8	37.5	26.8	33.9	↘	↗	↘
Ö9	32.1	55.4	48.2	↗	↘	↗
Ö10	46.4	35.7	53.6	↘	↗	↗
Ö11	25.0	44.6	41.1	↗	↘	↗
Ö12	26.8	57.1	46.4	↗	↘	↗
Ö13	26.8	48.2	32.1	↗	↘	↗
Ö14	46.4	55.4	37.5	↗	↘	↘
Ö15	21.4	53.6	21.4	↗	↘	→
Ö16	55.4	60.7	55.4	↗	↘	→
Ö17	37.5	44.6	32.1	↗	↘	↘
Ö18	48.2	60.7	33.9	↗	↘	↘
Ö19	39.3	57.1	57.1	↗	→	↗
Ö20	23.2	51.8	30.4	↗	↘	↗
Ö21	32.1	42.9	35.7	↗	↘	↗
Ö22	41.1	69.6	44.6	↗	↘	↗
Ö23	25.0	48.2	25.0	↗	↘	→
Ö24	23.2	69.6	28.6	↗	↘	↗
Ö25	39.3	60.7	60.7	↗	→	↗
Ö26	35.7	53.6	44.6	↗	↘	↗
Ö27	28.6	64.3	32.1	↗	↘	↗

*Tabloda yer alan akademik başarı puanları dönüştürülmüş akademik başarı puanlarıdır. [dönüştürülmüş akademik başarı puanı = (akademik başarı puanı*100)/56]

**↗:artış; →:değişmemiş; ↘:azalış

Ön uygulamada öğrencilerin doğru akım ile ilgili sorulardan aldıkları akademik başarı puanları 20 ile 55 arasında değişmektedir. Son uygulamada öğrencilerin doğru akım ile ilgili sorulardan aldıkları akademik başarı puanları 40 ile 70 ve geciktirilmiş uygulama da ise öğrencilerin doğru akım ile ilgili sorulardan aldıkları akademik başarı puanları 25 ile 60 arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 35). Öğrencilerin son uygulamada konuya ait akademik başarı puanları ön uygulamada aldıkları başarı puanlarına göre daha yüksektir. Benzer şekilde, geciktirilmiş uygulamadan aldıkları başarı puanları da ön uygulamada aldıkları başarı puanlarından daha yüksektir. Ancak, geciktirilmiş uygulamadan alınan başarı puanları son uygulamadan alınan başarı puanlarından daha düşük olduğu görülmektedir. Konuya ait akademik başarı puanlarının uygulamalardan elde edilen bu değerleri birbirine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösterip göstermediği tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 36'da sunulmuştur.

Tablo 36. Uygulamalarda Elde Edilen Akademik Başarı Puanları Arasındaki Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) Sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	sd	Kareler ortalaması	F	p	Anlamlı fark
Gruplararası	4901.089	2	2450.545	26.259	.000	S-Ö, G-Ö, S-G
Gruplarıçi	7279.248	78	93.324			
Toplam	12180.337	80				

Öğrencilerin ön, son ve geciktirilmiş uygulamalarda başarı testinden doğru akım ile ilgili soruları cevaplayarak elde ettikleri akademik başarı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur [$F_{(2,78)}=26.26$, $p<.05$]. Bu bulguyu destekleyecek şekilde, son uygulamadan elde edilen akademik başarı puanı ortalaması ($X= 52.44$), ön uygulamadan elde edilen akademik başarı puanı ortalamasına ($X=33.73$) ve geciktirilmiş uygulamadan elde edilen akademik başarı puanı ortalamasına ($X=40.00$) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen akademik başarı puanları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ise, Tukey HSD testi sonuçları ile belirlenmiştir (Tablo 37).

Tablo 37. Uygulamalar Arasındaki Anlamlı Farklara Yönelik Bulgular

Aralarında anlamlı farkın bulunduğu uygulamalar	Puanlar arasındaki ortalama farkı	p
Son uygulama - Ön uygulama (S-Ö)	18.72	.000
Son uygulama - Geciktirilmiş uygulama (S-G)	12.44	.000
Geciktirilmiş uygulama - Ön uygulama (G-Ö)	6.28	.050

Bu sonuçlara göre, öğrenciler son uygulamadan aldıkları akademik başarı puanı, ön uygulamadan aldıkları başarı puanından daha yüksektir. İki uygulamadan alınan akademik başarı puanları arasındaki ortalama farkı 18.72'dir ve anlamlılık düzeyi 0.05'in altındadır. Son ve geciktirilmiş uygulamalardan alınan akademik başarı puanları karşılaştırıldığında ise, son uygulamadan alınan akademik başarı puanının daha yüksek, iki uygulamadan alınan akademik başarı puanları arasındaki ortalama farkı 12.44'tür ve anlamlılık düzeyi 0.05'in altındadır. Benzer şekilde geciktirilmiş uygulamadan alınan akademik başarı puanı ön uygulamadan alınan akademik başarı puanından yüksektir, başarı puanları arasındaki ortalama farkı 6.28'tir ve anlamlılık düzeyi 0.05'in altındadır.

4. 2. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyona Ait Sahip Oldukları Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişime Yönelik Bulgular

Öğrencilerin ön, son ve geciktirilmiş uygulamalardaki elektromanyetik indüksiyon konusunda elde ettikleri akademik başarılarına ve akademik başarılarındaki değişime yönelik bulgular aşağıda sunulmuştur.

Tablo 38. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon Konusundaki Akademik Başarıları ve Akademik Başarılarının Değişimi

Öğrenci	Akademik başarı puanı*			Akademik başarı puanındaki değişim**		
	Ön uygulama	Son uygulama	Geciktirilmiş uygulama	Ön => Son	Son => Geciktirilmiş	Ön => Geciktirilmiş
Ö1	27.9	39.7	26.5	↗	↘	↘
Ö2	14.7	35.3	17.6	↗	↘	↗
Ö3	14.7	30.9	13.2	↗	↘	↘
Ö4	33.8	44.1	39.7	↗	↘	↗
Ö5	20.6	52.9	27.9	↗	↘	↗
Ö6	14.7	45.6	22.1	↗	↘	↗
Ö7	7.4	54.4	26.5	↗	↘	↗
Ö8	29.4	36.8	33.8	↗	↘	↗
Ö9	22.1	57.4	42.6	↗	↘	↗
Ö10	35.3	29.4	33.8	↘	↗	↘
Ö11	23.5	29.4	36.8	↗	↗	↗
Ö12	22.1	58.8	23.5	↗	↘	↗
Ö13	16.2	39.7	32.4	↗	↘	↗
Ö14	19.1	41.2	19.1	↗	↘	↘
Ö15	11.8	55.9	16.2	↗	↘	↗
Ö16	19.1	52.9	39.7	↗	↘	↗
Ö17	22.1	47.1	22.1	↗	↘	↘
Ö18	33.8	39.7	30.9	↗	↘	↘
Ö19	10.3	52.9	51.5	↗	↘	↗
Ö20	13.2	48.5	14.7	↗	↘	↗
Ö21	22.1	50.0	35.3	↗	↘	↗
Ö22	26.5	51.5	26.5	↗	↘	↘
Ö23	17.6	50.0	29.4	↗	↘	↗
Ö24	22.1	41.2	19.1	↗	↘	↘
Ö25	10.3	60.3	54.4	↗	↘	↗
Ö26	25.0	60.3	35.3	↗	↘	↗
Ö27	8.8	50.0	14.7	↗	↘	↗

*Tabloda yer alan akademik başarı puanları dönüştürülmüş akademik başarı puanlarıdır. [dönüştürülmüş akademik başarı puanı = (akademik başarı puanı*100)/68]

**↗:artış; →:değişmemiş; ↘:azalış

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon ile ilgili sorulardan ön uygulamada aldıkları akademik başarı puanları 7 ile 34; son uygulamada aldıkları akademik başarı puanları 29 ile 60 ve geciktirilmiş uygulamada ise aldıkları akademik başarı puanları 13 ile 54 arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 38). Öğrencilerin son uygulamada konuya ait

akademik başarı puanları ön uygulamada ve geciktirilmiş uygulamada aldıkları başarı puanlarına göre daha yüksektir. Benzer şekilde, geciktirilmiş uygulamadan aldıkları başarı puanları da ön uygulamada aldıkları başarı puanlarından daha yüksektir. Konuya ait akademik başarı puanlarının uygulamalardan elde edilen bu değerleri birbirine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösterip göstermediği tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 39'da sunulmuştur.

Tablo 39. Uygulamalarda Elde Edilen Akademik Başarı Puanları Arasındaki Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) Sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	sd	Kareler ortalaması	F	p	Anlamlı fark
Gruplararası	9705.067	2	4852.534	55.178	.000	S-Ö, G-Ö, S-G
Gruplarıçi	6859.515	78	87.942			
Toplam	16564.582	80				

Öğrencilerin ön, son ve geciktirilmiş uygulamalarda başarı testinden elektromanyetik indüksiyon ile ilgili soruları cevaplayarak elde ettikleri akademik başarı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur [$F_{(2,78)} = 55.18, p < .05$]. Bu bulguyu destekleyecek şekilde, son uygulamadan elde edilen akademik başarı puanı ortalaması ($X = 46.52$), ön uygulamadan elde edilen akademik başarı puanı ortalamasına ($X = 20.16$) ve geciktirilmiş uygulamadan elde edilen akademik başarı puanı ortalamasına ($X = 29.09$) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen akademik başarı puanları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ise, Tukey HSD testi sonuçları ile belirlenmiştir (Tablo 40).

Tablo 40. Uygulamalar Arasındaki Anlamlı Farklara Yönelik Bulgular

Aralarında anlamlı farkın bulunduğu uygulamalar	Puanlar arasındaki ortalama farkı	p
Son uygulama - Ön uygulama (S-Ö)	26.36	.000
Son uygulama - Geciktirilmiş uygulama (S-G)	17.43	.000
Geciktirilmiş uygulama - Ön uygulama (G-Ö)	8.93	.002

Bu sonuçlara göre, öğrenciler son uygulamadan aldıkları akademik başarı puanı, ön uygulamadan aldıkları başarı puanından daha yüksektir. İki uygulamadan alınan akademik başarı puanları arasındaki ortalama farkı 26.36'dır ve anlamlılık düzeyi 0.05'in altındadır. Son ve geciktirilmiş uygulamalardan alınan akademik başarı puanları karşılaştırıldığında ise, son uygulamadan alınan akademik başarı puanının daha yüksek, iki uygulamadan alınan akademik başarı puanları arasındaki ortalama farkı 17.43'tür ve

anlamlılık düzeyi 0.05'in altındadır. Benzer şekilde geciktirilmiş uygulamadan alınan akademik başarı puanı ön uygulamadan alınan akademik başarı puanından yüksektir, başarı puanları arasındaki ortalama farkı 8.93'tür ve anlamlılık düzeyi 0.05'in altındadır.

4. 2. 3. Öğrencilerin Alternatif Akıma Ait Sahip Oldukları Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişime Yönelik Bulgular

Öğrencilerin ön, son ve geciktirilmiş uygulamalardaki alternatif akım konusunda elde ettikleri akademik başarılarına ve akademik başarılarındaki değişime yönelik bulgular aşağıda sunulmuştur.

Tablo 41. Öğrencilerin Alternatif Akım Konusundaki Akademik Başarıları ve Akademik Başarılarının Değişimi

Öğrenci	Akademik başarı puanı*			Akademik başarı puanındaki değişim**		
	Ön uygulama	Son uygulama	Geciktirilmiş uygulama	Ön => Son	Son => Geciktirilmiş	Ön => Geciktirilmiş
Ö1	6.7	33.3	23.3	↗	↘	↗
Ö2	10.0	28.3	6.7	↗	↘	↘
Ö3	11.7	36.7	25.0	↗	↘	↗
Ö4	23.3	33.3	30.0	↗	↘	↗
Ö5	13.3	50.0	30.0	↗	↘	↗
Ö6	16.7	38.3	18.3	↗	↘	↗
Ö7	6.7	30.0	11.7	↗	↘	↗
Ö8	20.0	33.3	28.3	↗	↘	↗
Ö9	23.3	53.3	33.3	↗	↘	↗
Ö10	35.0	25.0	40.0	↘	↗	↗
Ö11	15.0	28.3	18.3	↗	↘	↗
Ö12	15.0	48.3	25.0	↗	↘	↗
Ö13	13.3	31.7	20.0	↗	↘	↗
Ö14	20.0	40.0	23.3	↗	↘	↗
Ö15	3.3	38.3	13.3	↗	↘	↗
Ö16	25.0	55.0	40.0	↗	↘	↗
Ö17	20.0	43.3	18.3	↗	↘	↘
Ö18	40.0	33.3	25.0	↘	↘	↘
Ö19	10.0	35.0	35.0	↗	→	↗
Ö20	11.7	45.0	16.7	↗	↘	↗
Ö21	11.7	41.7	16.7	↗	↘	↗
Ö22	31.7	70.0	36.7	↗	↘	↗
Ö23	6.7	28.3	15.0	↗	↘	↗
Ö24	10.0	55.0	25.0	↗	↘	↗
Ö25	16.7	40.0	40.0	↗	→	↗
Ö26	13.3	48.3	30.0	↗	↘	↗
Ö27	11.7	33.3	16.7	↗	↘	↗

*Tabloda yer alan akademik başarı puanları dönüştürülmüş akademik başarı puanlarıdır. [dönüştürülmüş akademik başarı puanı = (akademik başarı puanı*100)/60]

**↗:artış; →:değişmemiş; ↘:azalış

Öğrencilerin ön uygulamada alternatif akımla ilgili akademik başarı puanlarının 3 ile 40 arasında değişmektedir. Öğrencilerin alternatif akım ile ilgili sorulardan son uygulamada aldıkları akademik başarı puanlarının 25 ile 70 ve geciktirilmiş uygulama da ise aldıkları akademik başarı puanlarının 6 ile 40 arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 41). Öğrencilerin son uygulamada konuya ait akademik başarı puanları ön uygulamada ve geciktirilmiş uygulamalarda aldıkları başarı puanlarına göre daha yüksektir. Benzer şekilde, geciktirilmiş uygulamadan aldıkları başarı puanları da ön uygulamada aldıkları başarı puanlarından daha yüksektir. Konuya ait akademik başarı puanlarının uygulamalardan elde edilen bu değerleri birbirine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösterip göstermediği tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 42’de sunulmuştur.

Tablo 42. Uygulamalarda Elde Edilen Akademik Başarı Puanları Arasındaki Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) Sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	sd	Kareler ortalaması	F	p	Anlamlı fark
Gruplararası	7689.857	2	3844.928	42.255	.000	S-Ö, G-Ö, S-G
Gruplarıçi	7097.516	78	90.994			
Toplam	14787.372	80				

Öğrencilerin ön, son ve geciktirilmiş uygulamalarda başarı testinden alternatif akım ile ilgili soruları cevaplayarak elde ettikleri akademik başarı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur [$F_{(2,78)} = 42.26, p < .05$]. Bu bulguyu destekleyecek şekilde, son uygulamadan elde edilen akademik başarı puanı ortalaması ($X = 39.86$), ön uygulamadan elde edilen akademik başarı puanı ortalamasına ($X = 16.36$) ve geciktirilmiş uygulamadan elde edilen akademik başarı puanı ortalamasına ($X = 24.50$) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen akademik başarı puanları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ise, Tukey HSD testi sonuçları ile belirlenmiştir (Tablo 43).

Tablo 43. Uygulamalar Arasındaki Anlamlı Farklara Yönelik Bulgular

Aralarında anlamlı farkın bulunduğu uygulamalar	Puanlar arasındaki ortalama farkı	p
Son uygulama - Ön uygulama (S-Ö)	23.50	.000
Son uygulama - Geciktirilmiş uygulama (S-G)	15.36	.000
Geciktirilmiş uygulama - Ön uygulama (G-Ö)	8.14	.007

Bu sonuçlara göre, öğrenciler son uygulamadan aldıkları akademik başarı puanı, ön uygulamadan aldıkları başarı puanından daha yüksektir. İki uygulamadan alınan

akademik başarı puanları arasındaki ortalama farkı 23.50'dir ve anlamlılık düzeyi 0.05'in altındadır. Son ve geciktirilmiş uygulamalardan alınan akademik başarı puanları karşılaştırıldığında ise, son uygulamadan alınan akademik başarı puanının daha yüksek, iki uygulamadan alınan akademik başarı puanları arasındaki ortalama farkı 15.36'dır ve anlamlılık düzeyi 0.05'in altındadır. Benzer şekilde geciktirilmiş uygulamadan alınan akademik başarı puanı ön uygulamadan alınan akademik başarı puanından yüksektir, başarı puanları arasındaki ortalama farkı 8.14'tür ve anlamlılık düzeyi 0.05'in altındadır.

Öğrencilerin konulara yönelik akademik başarı puanları incelendiğinde, her üç konu içinde son uygulamada alınan akademik başarı puanları ön uygulamada ve geciktirilmiş uygulamada alınan başarı puanlarından; geciktirilmiş uygulamada alınan akademik başarı puanı ise ön uygulamada alınan akademik başarı puanından daha yüksek değerlere sahiptir ve akademik başarı puanları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$).

4. 3. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konuları İçin Sahip Oldukları Zihinsel Modelleri ve Bu Zihinsel Modellerindeki Değişimine Yönelik Bulgular

Tez çalışması süreci içerisinde 15 zihinsel model tipi belirlenmiştir. Bu bölümde zihinsel modellere ait bulgular sunulmadan önce, zihinsel modellerin yapısının daha iyi anlaşılabilmesi için model türlerine ait matrisler sunulmuştur (Zihinsel model matrisleri oluşturulurken kullanılan anlama seviyeleri bireysel olarak Ek-18'de yer almaktadır). Matris kalıpları sunulurken, anlama seviyelerinin matrislere yansımalarını daha anlaşılabilir hale getirmek için, Yıldız (2016) çalışmasındaki gibi bilimsel ve bilimsel olmayan cevaplar harflendirilerek matrislerin sadeleştirilmesi sağlanmıştır¹¹.

Harflendirme yönteminde 3 ve 4 numaralı anlama seviyelerine ait cevaplar büyük harflerle gösterilirken; 0,1 ve 2 numaralı anlama seviyelerinde yer alan cevaplar ise küçük

¹¹ Matrisler harflendirme yöntemi ile sadeleştirilirken, 3 ve 4 numaralı anlama seviyelerine ait cevaplar büyük harflerle gösterilirken; 0,1 ve 2 numaralı anlama seviyelerinde yer alan cevaplar ise küçük harflerle gösterilmiştir. Eğer öğrenci ilgili soru türlerine ait 5 sorudan herhangi 2 tanesini doğru cevaplamışsa Matris-1 içerisinde değerlendirilerek yandaki sadeleştirilmiş matris kullanılmıştır. Eğer öğrenci ilgili soru türlerine ait 5 sorudan herhangi 4 tanesini doğru cevaplamışsa Matris-2 içerisinde değerlendirilerek yandaki sadeleştirilmiş matris kullanılmıştır.

Matris 1:	KAVRAMSAL	→	KAVRAMSAL																							
	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>{</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>4</td><td>4</td><td>}</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>		2	2	2	3	3	{	1	1	1	4	4	}	0	0	0					<table border="1"> <tr><td>{</td><td>a</td><td>a</td><td>a</td><td>A</td><td>A}</td></tr> </table>	{	a	a	a
2	2	2	3	3																						
{	1	1	1	4	4	}																				
0	0	0																								
{	a	a	a	A	A}																					
veya																										
Matris 2:	KAVRAMSAL	→	KAVRAMSAL																							
	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>{</td><td>1</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>}</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>		2	3	3	3	3	{	1	4	4	4	4	}	0							<table border="1"> <tr><td>{</td><td>a</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td><td>A}</td></tr> </table>	{	a	A	A
2	3	3	3	3																						
{	1	4	4	4	4	}																				
0																										
{	a	A	A	A	A}																					

harflerle gösterilmiştir. Cevapların bulunduğu anlama seviyeleri (cevapların bilimselliği) dikkate alındığında; kavramsal sorulara verilen cevaplar “a” veya “A”, ilişkisel sorulara verilen cevaplar “b” veya “B”, şematik sorulara verilen cevaplar “c” veya “C” ve işlemsel sorulara verilen cevaplar “d” veya “D” ile temsil edilmiştir. Öğrencilerin ilgili soru türüne (teorik (kavramsal ve ilişkisel) ve pratik (şematik ve işlemsel)) verdikleri cevapların bilimselliği, her soru türüne yönelik matris oluşturulmasına ve farklı soru türlerindeki matrislerin bir arada kullanılması ile de zihinsel model türüne ait matrisinin oluşturulmasına imkan sağlamıştır¹². Doğru akım konusuna ait harflendirme yöntemi kullanılarak sadeleştirilen zihinsel model matrisleri Tablo 44’te sunulmuştur.



¹² Zihinsel model matrisleri oluşturulurken, ilgili soru türlerine yönelik verilen cevaplar bilimselliğine göre büyük veya küçük harflerle gösterilmiştir. Aşağıda Matris-1’de yer alan doğru akımın kavramsal soru türlerine ait bilimsel nitelikte cevaplandırılabilen sorulara göre varyasyonları gösterilmiştir (Matris-3).

Matris 3:

KAVRAMSAL				
{a	a	a	A	A}

→

KAVRAMSAL				
{a	a	a	A	A}
{A	a	a	a	A}
{A	A	a	a	a}
{a	A	A	a	a}
{a	a	A	A	a}

Tablo 44. Doğru Akım Konusu İçin Zihinsel Model Matrisleri

	Başarı testinde yer alan soru türleri ve numaraları												
	KAVRAMSAL					İLİŞKİSEL			ŞEMATİK			İŞLEMSEL	
	3	4	5	6	35A	8	16	36	7A	7B	34B	9A	9B
Tam Bilimsel Model (TBM)	{A	A	A	A	A}	{B	B	B}	{C	C	C}	{D	D}
Kısmi Bilimsel Model (KBM)	{a	A	A	A	A}	{b	B	B}	{c	C	C}	{d	D}
Tam Teorik Model (TTM)	{a	a	A	A	A}	{b	B	B}	{c	c	c}	{d	d}
	{A	A	A	A	A}	{B	B	B}					
Kavramsal Model (KavM)	{a	a	A	A	A}	{b	b	b}	{c	c	c}	{d	d}
	{a	A	A	A	A}								
	{A	A	A	A	A}								
İlişkisel Model (İİM)	{a	a	a	a	a}	{b	B	B}	{c	c	c}	{d	d}
						{B	B	B}					
Tam Pratik Model (TPM)	{a	a	a	a	a}	{b	b	b}	{c	C	C}	{d	D}
									{C	C	C}	{D	D}
Yapısal Model (YM)	{a	a	a	a	a}	{b	b	b}	{c	C	C}	{d	d}
									{C	C	C}		
İşlemsel Model (İşM)	{a	a	a	a	a}	{b	b	b}	{c	c	c}	{d	D}
												{D	D}
Kavramsal-İşlemsel Model (K-İşM)	{a	a	A	A	A}	{b	b	b}	{c	c	c}	{d	D}
	{a	A	A	A	A}							{D	D}
	{A	A	A	A	A}								
Kavramsal-Yapısal Model (K-YM)	{a	a	A	A	A}	{b	b	b}	{c	C	C}	{d	d}
	{a	A	A	A	A}				{C	C	C}		
	{A	A	A	A	A}								
İlişkisel-Yapısal Model (İİ-YM)	{a	a	a	a	a}	{b	B	B}	{c	C	C}	{d	d}
						{B	B	B}	{C	C	C}		
İlişkisel-İşlemsel Model (İİ-İşM)	{a	a	a	a	a}	{b	B	B}	{c	c	c}	{d	D}
						{B	B	B}				{D	D}
Geçiş Modeli (GM)	{a	a	A	A	A}	{b	B	B}	{c	C	C}	{d	D}
	{a	a	a	A	A}	{b	b	b}	{c	c	c}	{d	d}
	{a	a	a	a	a}								
Temel Model (TeM)	{a	a	a	A	A}	{b	b	B}	{c	c	C}	{d	D}
	{a	a	a	a	A}	{b	b	b}	{c	c	c}	{d	d}
	{a	a	a	a	a}								
Tanımsal Model (TnmM)	{A	a	a	a	a}	{b	b	b}	{c	c	c}	{d	d}
Şematik Model (ŞM)	{a	a	a	a	a}	{b	b	b}	{C	c	c}	{d	d}
Uyumsuz Model (UM)	{a	a	a	a	a}	{b	b	b}	{c	c	c}	{d	d}
Diğer													

Zihinsel model oluşturma süreci içerisinde kullanılan matrislerde, doğru akım konusu için kavramsal soru türünde 5 soru, ilişkisel soru türünde 3 soru, şematik soru türünde 3

soru ve işlemsel soru türünde 2 soru bulunmaktadır (Tablo 44). Elektromanyetik indüksiyon konusu için harflendirme yöntemiyle sadeleştirilmiş zihinsel model matrisleri Tablo 45'te sunulmuştur.

Tablo 45. Elektromanyetik İndüksiyon Konusu İçin Zihinsel Model Matrisleri

	Başarı testinde yer alan soru türleri ve numaraları															
	KAVRAMSAL							İLİŞKİSEL		ŞEMATİK			İŞLEMSEL			
	22	23	24	25	27	28A	32	35B	33	36	26A	26B	34D	28B	30	31
Tam Bilimsel Model (TBM)	{A	A	A	A	A	A	A	A}	{B	B}	{C	C	C}	{D	D	D}
Kısmi Bilimsel Model (KBM)	{a	A	A	A	A	A	A	A}	{b	B}	{c	C	C}	{d	D	D}
Tam Teorik Model (TTM)	{a	a	A	A	A	A	A	A}	{b	B}	{c	c	c}	{d	d	d}
	{A	A	A	A	A	A	A	A}	{B	B}						
Kavramsal Model (KavM)	{a	a	A	A	A	A	A	A}	{b	b}	{c	c	c}	{d	d	d}
	{a	A	A	A	A	A	A	A}								
İlişkisel Model (İİM)	{A	A	A	A	A	A	A	A}								
	{a	a	a	a	a	a	a	a}	{b	B}	{c	c	c}	{d	d	d}
Tam Pratik Model (TPM)									{B	B}						
	{a	a	a	a	a	a	a	a}	{b	b}	{c	C	C}	{d	D	D}
Yapısal Model (YM)											{C	C	C}	{D	D	D}
	{a	a	a	a	a	a	a	a}	{b	b}	{c	C	C}	{d	d	d}
İşlemsel Model (İşM)											{C	C	C}			
	{a	a	a	a	a	a	a	a}	{b	b}	{c	c	c}	{d	D	D}
Kavramsal-İşlemsel Model (K-İşM)														{D	D	D}
	{a	a	A	A	A	A	A	A}	{b	b}	{c	c	c}	{d	D	D}
Kavramsal-Yapısal Model (K-YM)	{a	A	A	A	A	A	A	A}								
	{a	A	A	A	A	A	A	A}	{b	b}	{c	C	C}	{d	d	d}
İlişkisel-Yapısal Model (İİ-YM)	{A	A	A	A	A	A	A	A}			{C	C	C}			
	{a	a	a	a	a	a	a	a}	{b	B}	{c	C	C}	{d	d	d}
İlişkisel-İşlemsel Model (İİ-İşM)									{B	B}				{D	D	D}
	{a	a	a	a	a	A	A	A}	{B	B}	{c	C	C}	{d	D	D}
Geçiş Modeli (GM)	{a	a	a	a	a	A	A	A}	{b	b}	{c	c	c}	{d	d	d}
	{a	a	a	a	a	a	a	a}								
Temel Model (TeM)	{a	a	a	a	a	a	a	A}	{b	B}	{c	c	C}	{d	d	D}
	{a	a	a	a	a	a	a	a}	{b	b}	{c	c	c}	{d	d	d}
Tanımsal Model (TnmM)	{A	a	a	a	a	a	a	a}	{b	b}	{c	c	c}	{d	d	d}
Şematik Model (ŞM)	{a	a	a	a	a	a	a	a}	{b	b}	{C	c	c}	{d	d	d}
Uyumsuz Model (UM)	{a	a	a	a	a	a	a	a}	{b	b}	{c	c	c}	{d	d	d}
Diğer																

Zihinsel model oluşturma süreci içerisinde kullanılan matrislerde, elektromanyetik indüksiyon konusu için kavramsal soru türünde 8 soru, ilişkisel soru türünde 2 soru, şematik soru türünde 3 soru ve işlemsel soru türünde 3 soru bulunmaktadır (Tablo 45).

Aşağıdaki tabloda alternatif akım için harflendirme yöntemiyle sadeleştirilmiş zihinsel model matrisleri sunulmuştur.

Tablo 46. Alternatif Akım Konusu İçin Zihinsel Model Matrisleri

	Başarı testinde yer alan soru türleri ve numaraları													
	KAVRAMSAL						İLİŞKİSEL		ŞEMATİK			İŞLEMSEL		
	11	12	13	14	17	35B	16	36	15A	15B	34C	18	19	20
Tam Bilimsel Model (TBM)	{A	A	A	A	A	A}	{B	B}	{C	C	C}	{D	D	D}
Kısmi Bilimsel Model (KBM)	{a	A	A	A	A	A}	{b	B}	{c	C	C}	{d	D	D}
Tam Teorik Model (TTM)	{a	a	A	A	A	A}	{b	B}	{c	c	c}	{d	d	d}
	{A	A	A	A	A	A}	{B	B}						
Kavramsal Model (KavM)	{a	a	A	A	A	A}	{b	b}	{c	c	c}	{d	d	d}
	{a	A	A	A	A	A}								
	{A	A	A	A	A	A}								
İlişkisel Model (İİM)	{a	a	a	a	a	a}	{b	B}	{c	c	c}	{d	d	d}
							{B	B}						
Tam Pratik Model (TPM)	{a	a	a	a	a	a}	{b	b}	{c	C	C}	{d	D	D}
									{C	C	C}	{D	D	D}
Yapısal Model (YM)	{a	a	a	a	a	a}	{b	b}	{c	C	C}	{d	d	d}
									{C	C	C}			
İşlemsel Model (İşM)	{a	a	a	a	a	a}	{b	b}	{c	c	c}	{d	D	D}
												{D	D	D}
Kavramsal-İşlemsel Model (K-İşM)	{a	a	A	A	A	A}	{b	b}	{c	c	c}	{d	D	D}
	{a	A	A	A	A	A}						{D	D	D}
	{A	A	A	A	A	A}								
Kavramsal-Yapısal Model (K-YM)	{a	a	A	A	A	A}	{b	b}	{c	C	C}	{d	d	d}
	{a	A	A	A	A	A}			{C	C	C}			
	{A	A	A	A	A	A}								
İlişkisel-Yapısal Model (İl-YM)	{a	a	a	a	a	a}	{b	B}	{c	C	C}	{d	d	d}
							{B	B}	{C	C	C}			
İlişkisel-İşlemsel Model (İl-İşM)	{a	a	a	a	a	a}	{b	B}	{c	c	c}	{d	D	D}
							{B	B}				{D	D	D}
Geçiş Modeli (GM)	{a	a	a	A	A	A}	{B	B}	{c	C	C}	{d	D	D}
	{a	a	a	a	A	A}	{b	b}	{c	c	c}	{d	d	d}
	{a	a	a	a	a	a}								
Temel Model (TeM)	{a	a	a	a	A	A}	{b	B}	{c	c	C}	{d	d	D}
	{a	a	a	a	a	A}	{b	b}	{c	c	c}	{d	d	d}
	{a	a	a	a	a	a}								
Tanımsal Model (TnmM)	{A	a	a	a	a	a}	{b	b}	{c	c	c}	{d	d	d}
Şematik Model (ŞM)	{a	a	a	a	a	a}	{b	b}	{C	c	c}	{d	d	d}
Uyumsuz Model (UM)	{a	a	a	a	a	a}	{b	b}	{c	c	c}	{d	d	d}
Diğer														

Zihinsel model oluşturma süreci içerisinde kullanılan matrislerde, alternatif akım için kavramsal soru türünde 6 soru, ilişkisel soru türünde 2 soru, şematik soru türünde 3 soru ve işlemsel soru türünde 3 soru bulunmaktadır (Tablo 46). Öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modellerin tespit edilmesi sırasında Tablo 27'de belirlenen matris kalıpları dışında

kalan zihinsel modeller 'diğer' zihinsel modeller olarak adlandırılmıştır. 'Diğer' zihinsel modeller altında toplanan modellere ait matrisler için Ek-18'de yer alan ve başarı testinde bulunan soruların cevaplarına ait bireysel anlama seviyeleri tabloları incelenebilir. Ayrıca, zihinsel model matrislerinde konulara/kavramlara göre kavramsal, ilişkisel, şematik ve işlemsel soru türlerindeki soru sayılarında farklılıklar bulunmaktadır. Soru türlerine ait soru sayıları değişim gösterse de zihinsel model özelliklerinde bir değişim bulunmamaktadır. Zihinsel modellerin oluşturulma sürecinin ve yapısının daha iyi anlaşılabilmesi için, bu bölümde farklı konular için belirlenen zihinsel model türlerine ait örnekler sunulmuştur. Ayrıca öğrenci cevaplarının yerleştirildiği anlama seviyeleri, öğrenci cevabının sonunda köşeli parantez içerisinde belirtilmiştir.

4. 3. 1. Öğrencilerin Doğru Akıma Ait Sahip Oldukları Zihinsel Modelleri ve Bu Zihinsel Modellerindeki Değişimine Yönelik Bulgular

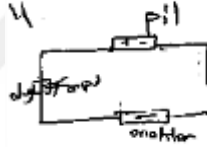
Öğrencilerin yapılan uygulamalar sonucundaki doğru akım ile ilgili sahip oldukları zihinsel modelleri ve modellerindeki değişim aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 47. Öğrencilerin Uygulama Süreci İçerisinde Doğru Akım ile İlgili Sahip Oldukları Zihinsel Modellerindeki Değişimler

Zihinsel Model Türü	Uygulama süreci					
	Ön Uygulama		Son Uygulama		Geciktirilmiş Uygulama	
	f	%	f	%	f	%
Tam Bilimsel Model (TBM)	---	---	---	---	---	---
Kısmi Bilimsel Model (KBM)	---	---	---	---	---	---
Tam Teorik Model (TTM)	---	---	---	---	---	---
Kavramsal Model (KavM)	---	---	---	---	---	---
İlişkisel Model (İİM)	---	---	---	---	---	---
Tam Pratik Model (TPM)	1	3.70	---	---	---	---
Yapısal Model (YM)	---	---	---	---	---	---
İşlemsel Model (İŞM)	---	---	1	3.70	3	11.11
Kavramsal-İşlemsel Model (K-İŞM)	---	---	---	---	---	---
Kavramsal-Yapısal Model (K-YM)	---	---	---	---	---	---
İlişkisel-Yapısal Model (İİ-YM)	---	---	---	---	---	---
İlişkisel-İşlemsel Model (İİ-İŞM)	---	---	---	---	---	---
Geçiş Modeli (GM)	---	---	3	11.11	2	7.41
Temel Model (TeM)	5	18.52	6	22.22	3	11.11
Tanımsal Model (TnmM)	---	---	---	---	---	---
Şematik Model (ŞM)	10	37.04	2	7.41	8	29.63
Uyumsuz Model (UM)	10	37.04	2	7.41	4	14.81
Diğer	1	3.70	13	48.15	7	25.93

Tablo 47'de görüldüğü gibi, ön uygulamada öğrencilerin %18.52'si doğru akıma yönelik birkaç soruya bilimsel nitelikte cevap verilen temel modele, %37.04'ü yalnızca bilimsel düzeyde çizilmiş doğru akım devresi içeren şematik modele, %37.04'ü bilimsel olmayan cevapların yer aldığı uyumsuz modele ve %3.70'i diğer zihinsel modele sahip olduğu görülmektedir. Aşağıda ön uygulamada tespit edilen doğru akıma ait bir Şematik Model örneği yer almaktadır (Ö5-ön).

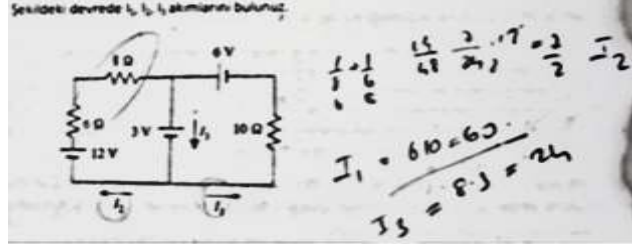
- A : Doğru akımı tanımlayınız?
 Ö5 : Zamana bağlı olarak yönü değişmeyen ama şiddeti değişen akım [2].
 A : Doğru akımı nasıl elde edebilirsiniz?
 Ö5 : Üreteç ve pil kullanarak [2].
 A : Doğru akım günlük hayatta nerede ve nasıl kullanılabilir?
 Ö5 : Evet kullanılır ama nerelerde kullanılır bilmiyorum [0].
 A : Doğru akım hakkında aklına herhangi bir kavram geliyor mu?
 Ö5 : Yön ve şiddet [2].
 A : Yön ve şiddet kavramları doğru akım kavramı ile nasıl ilişki kurdun?
 Ö5 : Tanımından dolayı bir ilişki kurdum.
 A : Doğru akım oluşturduğunu düşündüğün bir devre çizdin. Bu devre nasıl doğru akım üretir açıklayabilir misin?



[4]

- Ö5 : Pil bağladım. Anahtarı açıp kapatmayla üzerinden akım geçer [1].
 A : Peki, bu geçen akımın doğru akım olup olmadığını nasıl anlarsın?
 Ö5 : Ampulün yanıp yanmamasıyla anlayabiliriz. Akım geçiyor ama doğru akım da olabilir alternatif akım da olabilir.
 A : Bu akım türlerini birbirinden nasıl ayırt edebilirsin?
 Ö5 : Hiçbir engelle uğramamasından ayırt edebilirim.
 A : Engelden kastın nedir?
 Ö5 : Anahtar. Anahtar bir engeldir.
 A : Akım, potansiyel fark ve direnç arasında herhangi bir ilişki var mıdır?
 Ö5 : Potansiyel fark, devreden geçen elektrik akımının iki nokta arasındaki farkıdır. Akım elektrik devresi için gerekli olan bir şeydir. Direnç te geçen akımı kontrol eden şeydir [1].
 A : Bu üç kavram arasında nasıl bir ilişki olabilir?
 Ö5 : Akım olmadan direnç olmaz. Zaten akım varsa iki nokta olacak yani potansiyel fark vardır.
 A : Bir sonraki soru matematiksel bir soru, çözüme ulaşırken nasıl bir yol izlediğini kısaca açıklayabilir misin?

- Ö5 : Az çok formülü hatırlıyordum. Voltu akıma bölmüşüm ama direnci hiç kullanmamışım [1-1].
 A : Bir sonraki soruda yine bir devre var. Bu devredeki akım değerlerini nasıl bulabilirsin? Nasıl bir yol izledin?



Ö5 : Bunlar seri bağlanmış. Seri bağlandığı zaman $1/R_{\text{eş}}$ formülünden yaptım. Burada da aynı şey var. Sonra volta böldüm [1].

A : Potansiyel fark değeri (volt değeri) olarak hangisini kullandın?

Ö5 : 12. Burada saçma bir şey yapmışım.

A : Bu yoldan başka bir çözüm yolu tercih eder miydin?

Ö5 : Evet ederdim.

A : Hangi yolu izledin?

Ö5 : Harflendirerek yapardım ama diğer harflerle karışacağı için yapmadım.

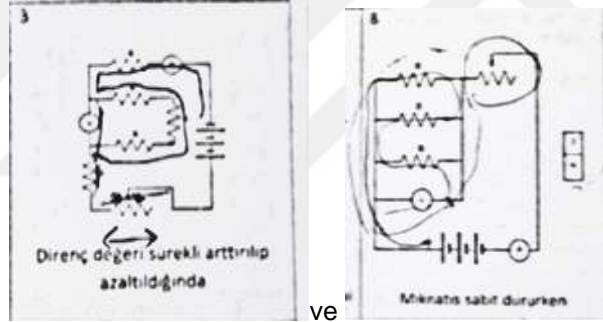
...

A : Alternatif akım ile doğru akım kavramlarını karşılaştırdığında bu kavramlar hakkında ne söyleyebilirsin?

Ö5 : Farklı kavramlardır. Doğru akımın sadece şiddeti değişiyor ama alternatif akımın hiç biri değişmiyor, hep aynı kalıyor [1].

...

A : Bu soruda dokuz tane devre var. Bu devrelerle ilgili sana iki sorum olacak. Birincisi bu devrelerin hangisinde ya da hangilerinde elektrik akımı oluşur, elektrik akımı dolandır. Diğeri ise, dolanan bu akımın türü sence nedir?



Ö5 : ... Akımın buradan değil de şuradan dolandığını düşünürsen (devre üzerinde devreyi takip ediyor), evet akım gider. Üçüncü devre için akım dolaşır.

A : Peki hangi tür akım oluşur?

Ö5 : Doğru akım olur. Yönü değişiyor (devre üzerindeki köşeleri göstererek).

A : Yönü değiştiği için mi doğru akım oluştuğunu düşünüyorsun?

Ö5 : Evet, alternatif akımın yönü değişmiyor o yüzden böyle giden akım olmaz herhalde. ...

A : Sekizinci devre için ne söyleyebilirsin?

Ö5 : Burada oluşabilir. Dolaşan akımın yönü böyledir (devre üzerinde devreyi takip ediyor).

A : Peki bu devrede dolaşan akımın türü ne olabilir? Neden?

Ö5 : Doğru akımdır. Çünkü yönü değişiyor (devre üzerindeki köşeleri göstererek) [2].

...

A : Akım türleri ile ilgili kavramları sınıflandırmanı istesem doğru akım ile ilgili hangi kavramları yazabilirsin?

Ö5 : Aklıma gelmiyor [0].

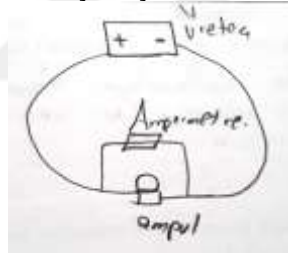
...

A : Akım türleri arasında olabilecek ilişkiler hakkında kısaca bilgi verebilir misin?

Ö5 : Doğru akım ile alternatif akımın olduğu devrelerde pil veya mıknatıs kullanmıyoruz, doğrudan üretece bağlıyoruz. [1]...

Son uygulamada öğrencilerin doğru akım ile ilgili sahip oldukları zihinsel modellerin %3.70'i işleme dayalı soruların bilimsel nitelikte cevaplandığı işlemsel model, %11.11'i geçiş modeli, %22.22'si konuya ait birkaç soruya bilimsel nitelikte cevap içeren temel model, %7.41'i yalnızca bilimsel nitelikteki doğru akım devresi çizimi içeren şematik model, %7.41'i uyumsuz model ve %48.15'i diğer kategorisi altında toplanmıştır (Tablo 47). Aşağıda son uygulamada tespit edilen doğru akıma ait bir İşlemsel Model örneği yer almaktadır (Ö26-son).

- A : Doğru akım nedir? Tanımlayınız.
 Ö26 : Bir elektrik devresindeki üreteçten çıkan akımın hiçbir şeye bağlı olmayan, yönü ve doğrultusu değişmeyen akımdır [2].
 A : Doğru akım nasıl üretilebilir?
 Ö26 : Her türlü basit devre doğru akımı oluşturur. Pil, iletken kablo basit elektrik elemanlarından oluşan devredir [2].
 A : Doğru akımın nerede ve nasıl kullanılabileceğini ifade ediniz.
 Ö26 : Doğru akım her türlü basit elektrik devrelerinde kullanılır. Örneğin, evlerde aydınlatma amacıyla kullanılır [2].
 A : Doğru akım denilince aklına gelen kelime ya da kavramlar nelerdir?
 Ö26 : Potansiyel fark, direnç, ampermetre, voltmetre geliyor.
 A : Doğru akımla bu kavramlar arasında nasıl ilişki kurulabilir?
 Ö26 : Doğru akımdaki potansiyel farkı voltmetre ölçüyor. Gerilimi de ampermetre ölçüyor [2].
 A : Doğru akım üreten bir devre çizmişsin. Bu devreyi kısaca açıklar mısın?



[2]

- Ö26 : Üreteçten çıkan akım, iletken tel yardımıyla ampulden geçer, tekrar üretece döner. Ampermetrede akımı ölçer.
 A : Bu devreden doğru akım geçtiğini nasıl anladın?
 Ö26 : Ampermetrede sabit bir değer görünüyor. Periyodik bir hareket göstermiyor [2].
 A : Akım, potansiyel fark ve direnç arasında bir ilişki var mıdır? Açıklayınız.
 Ö26 : Akım üreteçten çıkıyor. Potansiyel fark da devredeki iki nokta arasındaki akım farkına deniliyordu. Potansiyel farkı akım oluşturuyor. Dirençte devredeki akıma karşı çıkan kuvvettir. Direnç artarsa akım da artar. Çünkü direnç akıma bağlıdır. Potansiyel fark da akıma göre değişir. Hepsinin arasında doğru orantı vardır [2].
 A : Bir işlem sorusu var. Nasıl bir çözüm yolu izledin?

120 V'lık üretece bağlanan devrede 6.4A'lık akım dolayınca.

(a) gerilim 96 V'a inerse akımın değeri nedir?

120 V	6.4 A	$x = 9.12 \text{ A}$
96 V	x A	

(b) gerilim 144 V'a yükselirse akımın değeri nedir?

120 V	6.4 A	$x = 7.68 \text{ A}$
144 V	x A	

- Ö26 : Doğru orantı kurdum [3-3]
 A : Şekildeki devre üzerinden geçen akımların değerlerini nasıl bulabilirsin?

Ö26 : Bölümleri ayrı ayrı alıp bir denklem ortaya çıkarıyoruz (denklem için bir yön belirliyor). O denklemleri toplayıp tek bir bilinmeyen bırakıp, o bilinmeyeni bulup diğerini yerine koyup yapıyorduk (denklemini kuramadı) [2].

...

A : Alternatif akım ile doğru akım kavramlarını karşılaştırdığında bu kavramlar hakkında ne söyleyebilirsin?

Ö26 : Tanımları tamamen farklı olduğu için ikisi arasında bir benzerlik yoktur. Alternatif akım sürekli değişiyor, sabit değer göstermiyor. Doğru akım ise, akım neyse onu gösteriyor [2].

...

A : Bu soruda dokuz tane devre var. Bu devrelerle ilgili sana iki sorum olacak. Birincisi bu devrelerin hangisinde ya da hangilerinde elektrik akımı oluşur, elektrik akımı dolandır. Diğeri ise, dolanan bu akımın türü sence nedir?

Ö26 : Burada (1.devrede) anahtar kapatıldığında akım gerçekleşir. Doğru akım vardır. Karışık değil sırasıyla yerleştirilmiş (devre elemanları) olduğu için doğru akımdır. ... 5.devrede de doğru akım vardır. Manyetik alan yok sadece anahtar kapatılıyor. ... 9. Devrede doğru akım oluşur. Üreteçten çıkıyor değeri değişmiyor. [2]...

A : Akım türleri ile ilgili kavramları sınıflandırmanı istesem doğru akım ile ilgili hangi kavramları yazabilirsin?

Ö26 : Doğru akım denilince aklıma kapasitans geliyor, çünkü elektrik enerjisini depoluyor [1].

...

A : Akım türleri arasında olabilecek ilişkiler hakkında kısaca bilgi verebilir misin?

Ö26 : Hiçbir ilişki yoktur. Doğru akım doğru akımdır. Alternatif akım değeri değişip duruyor. İndüksiyon akımında ise manyetik alan olması gerekiyor. Belki doğru akım ile indüksiyon akım arasında bir ilişki olabilir, ampermetrede sabit değer okunabilir. [1]...

Geciktirilmiş uygulamada ise, öğrencilerin %11.11'i işlemsel modele, %7.41'i geçiş modeline, %11.11'i temel modele, %29.63'ü şematik modele, %14.81'i uyumsuz modele ve %25.93'ü diğer kategorisinde toplanan zihinsel modele sahip oldukları belirlenmiştir. Doğru akım ile ilgili ortaya çıkarılan zihinsel modeller incelendiğinde; öğrencilerin önemli bir kısmının ön uygulamada şematik modele ve uyumsuz modele, son uygulamada temel modele ve diğer kategorisi altında yer alan zihinsel modellere ve geciktirilmiş uygulamada şematik modele ve diğer kategorisi altında yer alan zihinsel modellere sahip oldukları görülmektedir (Tablo 47). Yapılan uygulamalar çerçevesinde ve sahip oldukları öğrenme stilleri de dikkate alınarak öğrencilerin bireysel olarak doğru akım ile ilgili sahip oldukları zihinsel modeller ve uygulama süreci içerisinde bu zihinsel modellerindeki değişimler Tablo 48'de sunulmuştur.

Tablo 48. Öğrencilerin Öğrenme Stilleri Dikkate Alındığında Uygulama Süreci İçerisinde Doğru Akım ile İlgili Sahip Oldukları Zihinsel Modellerindeki Değişimler

Öğrenme Stili	Öğrenci	Öğrencinin Sahip Olduğu Zihinsel Model		
		Ön Uygulama	Son Uygulama	Geciktirilmiş Uygulama
Soyut Ardışık	Ö1	Temel Model (TeM)	Diğer ZM	Diğer ZM
	Ö18	Temel Model (TeM)	Diğer ZM	Temel Model (TeM)
	Ö2	Şematik Model (ŞM)	Diğer ZM	Şematik Model (ŞM)
	Ö6	Uyumsuz Model (UM)	Diğer ZM	Diğer ZM
	Ö7	Şematik Model (ŞM)	Temel Model (TeM)	Şematik Model (ŞM)
	Ö14	Diğer ZM	Diğer ZM	Diğer ZM
Somut Ardışık	Ö20	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Şematik Model (ŞM)
	Ö21	Şematik Model (ŞM)	Temel Model (TeM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö24	Şematik Model (ŞM)	Diğer ZM	Şematik Model (ŞM)
	Ö25	Şematik Model (ŞM)	Temel Model (TeM)	Temel Model (TeM)
	Ö26	Uyumsuz Model (UM)	İşlemsel Model (İŞM)	İşlemsel Model (İŞM)
	Ö27	Şematik Model (ŞM)	Diğer ZM	Şematik Model (ŞM)
	Ö3	Temel Model (TeM)	Şematik Model (ŞM)	Diğer ZM
	Ö5	Şematik Model (ŞM)	Diğer ZM	Diğer ZM
	Ö8	Temel Model (TeM)	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö9	Şematik Model (ŞM)	Diğer ZM	Temel Model (TeM)
Soyut Random	Ö10	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)	İşlemsel Model (İŞM)
	Ö11	Şematik Model (ŞM)	Diğer ZM	Şematik Model (ŞM)
	Ö12	Uyumsuz Model (UM)	Diğer ZM	Diğer ZM
	Ö13	Uyumsuz Model (UM)	Şematik Model (ŞM)	Şematik Model (ŞM)
	Ö16	Tam Pratik Model (TPM)	Geçiş Modeli (GM)	Diğer ZM
	Ö19	Şematik Model (ŞM)	Geçiş Modeli (GM)	Geçiş Modeli (GM)
	Ö23	Uyumsuz Model (UM)	Geçiş Modeli (GM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö4	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Geçiş Modeli (GM)
Somut Random	Ö15	Uyumsuz Model (UM)	Diğer ZM	Şematik Model (ŞM)
	Ö17	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö22	Şematik Model (ŞM)	Diğer ZM	İşlemsel Model (İŞM)

Tablo 48’de soyut ardışık öğrenme stiline sahip öğrencilerin ikisi de ön uygulamada doğru akıma yönelik temel zihinsel modele sahip oldukları görülmektedir. Bu öğrencilerin son uygulamada diğer kategorisi altında sınıflanan zihinsel modellere sahip oldukları görülürken geciktirilmiş uygulamada ise Ö1 kodlu öğrencinin diğer zihinsel model türüne sahip olmaya devam ettiği ancak Ö18 kodlu öğrencisinin ön uygulamada da sahip olduğu temel modele sahip olduğu görülmektedir. Somut ardışık öğrenme stiline sahip olan öğrencilerin genellikle konuya dair ön uygulamada şematik modele; son uygulamada temel modele ve diğer kategorisi altında toplanan zihinsel modele ve geciktirilmiş uygulama da ise şematik modele sahip oldukları görülmektedir. Bu öğrenme stiline sahip olan öğrencilerin ön uygulamada ve son uygulamada farklı zihinsel modellere sahiptirler. Buna karşın, ön ve geciktirilmiş uygulamalar sonucunda, Ö2, Ö7, Ö14, Ö24 ve Ö27 kodlu

beş öğrencinin sahip olduğu zihinsel modeller değişiklik göstermemiştir. Ö6, Ö20 ve Ö26 kodlu öğrenciler ön uygulamada uyumsuz modele sahipken geciktirilmiş uygulamada farklı zihinsel model türlerine sahip oldukları görülmüştür. Ayrıca Ö6, Ö25 ve Ö26 son ve geciktirilmiş uygulamalar sonucunda aynı zihinsel modele sahip olmaya devam ettiği belirlenmiştir. Soyut random öğrenme stiline sahip öğrenciler genellikle ön uygulamada şematik ve uyumsuz modellere; son uygulamada geçiş modeline ve diğer kategorisi altında yer alan zihinsel modellere ve geciktirilmiş uygulamada da diğer kategorisi altında yer alan zihinsel modellere sahip oldukları görülmektedir. Bu öğrenme stiline sahip olan öğrencilerin tamamının ön uygulamada sahip oldukları zihinsel modellerin son uygulamada değiştiği görülmektedir. Son uygulama ile geciktirilmiş uygulamada sahip oldukları zihinsel model türünde değişiklik olmayan Ö5, Ö8, Ö12, Ö13 ve Ö19 kodlu öğrencilerdir. Ön uygulama ile geciktirilmiş uygulama arasında sahip oldukları zihinsel model türü değişmeyen öğrenciler ise, Ö11 ve Ö23'tür. Somut random öğrenme stiline sahip öğrencilerin ön uygulamada çoğunlukla uyumsuz modele ve son uygulamada ise temel ve diğer kategorisi altında sınıflanan zihinsel modellere sahiptirler. Ö17 kodlu öğrencinin ön ve geciktirilmiş uygulamada aynı zihinsel modele sahip olmasının dışında, bu öğrenme stiline sahip olan öğrencilerin uygulama süreci boyunca farklı zihinsel model türlerine sahip oldukları görülmektedir.

4. 3. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon Konusuna Ait Sahip Oldukları Zihinsel Modelleri ve Bu Zihinsel Modellerindeki Değişimine Yönelik Bulgular

Öğrencilerin yapılan uygulamalar sonucundaki elektromanyetik indüksiyon konusunda dair sahip oldukları zihinsel modelleri aşağıdaki Tablo 49'da özetlenmiştir.

Tablo 49. Öğrencilerin Uygulama Süreci İçerisinde Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Sahip Oldukları Zihinsel Modellerindeki Değişimler

Zihinsel Model Türü	Uygulama süreci					
	Ön Uygulama		Son Uygulama		Geciktirilmiş Uygulama	
	f	%	f	%	f	%
Tam Bilimsel Model (TBM)	---	---	---	---	---	---
Kısmi Bilimsel Model (KBM)	---	---	---	---	---	---
Tam Teorik Model (TTM)	---	---	---	---	---	---
Kavramsal Model (KavM)	---	---	1	3.70	---	---
İlişkisel Model (İİM)	---	---	---	---	---	---
Tam Pratik Model (TPM)	---	---	---	---	---	---
Yapısal Model (YM)	---	---	---	---	---	---
İşlemsel Model (İŞM)	---	---	---	---	---	---
Kavramsal-İşlemsel Model (K-İŞM)	---	---	---	---	---	---
Kavramsal-Yapısal Model (K-YM)	---	---	---	---	---	---
İlişkisel-Yapısal Model (İl-YM)	---	---	---	---	---	---
İlişkisel-İşlemsel Model (İl-İŞM)	---	---	---	---	---	---
Geçiş Modeli (GM)	---	---	5	18.52	---	---
Temel Model (TeM)	1	3.70	11	40.75	7	25.93
Tanımsal Model (TnmM)	---	---	1	3.70	3	11.11
Şematik Model (ŞM)	---	---	1	3.70	3	11.11
Uyumsuz Model (UM)	26	96.30	6	22.22	13	48.15
Diğer	---	---	2	7.41	1	3.70

Tablo 49'de görüldüğü gibi, ön uygulamada elektromanyetik indüksiyon ile ilgili öğrencilerin %3.70'i temel modele sahipken geri kalan öğrencilerin tamamı uyumsuz modele sahiptir (%96.30). Son ve geciktirilmiş uygulamalar sonucunda öğrencilerin konu ile ilgili sahip oldukları zihinsel modellerin çeşitlendiği görülmüştür. Son uygulamada öğrencilerin %3.70'i kavramsal soruların bilimsel nitelikte cevaplandırıldığı kavramsal modele, %18.52'si geçiş modeline, %40.75'i temel modele, %3.70'i yalnızca kavrama dair tanımın bilimsel nitelikte yapıldığı tanımsal modele, %3.70'i yalnızca kavrama dair elektrik devresinin bilimsel nitelikte çizildiği şematik modele, %22.22'si uyumsuz modele ve %7.41'i diğer kategorisi altında yer alan zihinsel model türlerine sahiptir. Aşağıda elektromanyetik indüksiyon konusu için son uygulamada tespit edilen bir Kavramsal Model örneği yer almaktadır (Ö16-son).

- A : İndüksiyon akımı nedir?
 Ö16 : Üreteç kullanılmadan mıknatıs ya da manyetik bir alan kullanılarak elde edilen akımdır[3].
 A : Elektromanyetik indüksiyon ile nasıl akım elde edilebilir?
 Ö16 : Bir iletken telden elektrik akımı geçirildiğinde, iletken tel etrafında manyetik alan oluşur. Manyetik alan sayesinde de iletken telde elektrik akımı oluşur. ...[3].
 A : Elektromanyetik indüksiyon nerede kullanılabilir?

- Ö16 : Sanayide, evde, hurdacılarda [2].
A : Konu ile ilişkili olduğunu düşündüğün kavramlar nelerdir?
Ö16 : Ampermetre, voltmetre, mıknatıs, bobin, sarım sayısı, akım, gerilim, manyetik alan, iletken tel, ... [3].
A : Elektromanyetik indüksiyon ile akım oluşurabileceğin bir devre çizerek bu devrenin nasıl çalıştığını açıklar mısın?
Ö16 : [1]. Mıknatıslar sayesinde bir manyetik akım oluşacaktır. Üreteç sayesinde bir akım oluşturursam, pil bitse dahi mıknatıstan kaynaklanan manyetik alan nedeniyle ampül ışık vermeye devam edecektir [1].
A : Değişken bir manyetik alan mı yoksa sabit bir manyetik alan mı elektrik akımı üretebilir?
Ö16 : Değişken bir manyetik alan elektrik akımı üretir. ... [2].
A : Manyetik akı nedir?
Ö16 : Bir yüzeyden geçen manyetik alan çizgilerinin bir ölçüsüdür. ... [4].
A : Şekil I ve Şekil II'yi incelediğin zaman K-L uçları arasında oluşacak indüksiyon emk'sını veren bağıntı için ne söyleyebilirsin?
Ö16 : [2].
A : Büyük bir telden sabit bir akım geçiyor. Kapalı dikdörtgen bir metal sistemi de V hızı ile telin yanında hareket ettiriliyor. Hangisinde ya da hangilerinde kapalı sistemde indüksiyon akımı oluşur?
Ö16 : VI akım oluşur [1].
A : Silindirik mıknatıs ve kapalı çembersel bakır telden oluşan lamba sistemleri verilmiştir. Verilen şekillerin hangisinde ya da hangilerinde lamba yanar?
Ö16 : I'de lamba çok az ışık verir. II'de lamba daha çok ışık verir. III ve IV'te lamba ışık vermez [2].
A : K, L ve M çubukları manyetik alanda hareket halindedir. Bu çubukların uçları arasında oluşan indüksiyon emk'larını büyükten küçüğe sıralar mısın?
Ö16 : $L > M > K$. Boy uzadıkça akım azalır ve kesit büyüdükçe akım artar [1].
A : Transformator nedir?
Ö16 : Elektrik enerjisini işimize yarayacak voltaja düşürmek için kullandığımız alettir. ... [3].
A : Karşılıklı tutulan I ve II numaralı bobinlerden oluşan düzenekte, ϵ aşağıdakilerden hangisine/hangilerine bağlıdır?
Ö16 : Hepsine bağlıdır [2].
A : Şekildeki devrelerden hangisinde ya da hangilerin elektromanyetik indüksiyon ile akım oluşur?
Ö16 : 2, 6, 7, 8 ve 9 numaralı devrelerde [2].
A : Elektromanyetik indüksiyon ile ilgili olduğunu düşündüğün kavramlar nelerdir?
Ö16 : Mıknatıs, bobin, tel, sarım sayısı, ampermetre, voltmetre [2].
A : Gördüğünüz elektrik akımı konuları arasında bir ilişki olabilir mi?
Ö16 : ... Üretiliş şekilleri farklıdır. [2].

Geciktirilmiş uygulamada öğrencilerin %25.93'ü temel modele, %11.11'i tanımsal modele, %11.11'i şematik modele, %48.15'i uyumsuz modele ve %3.70'i diğer kategorisi altında sınıflanan zihinsel model türüne sahiptir (Tablo 49). Aşağıda elektromanyetik indüksiyon konusu için geciktirilmiş uygulamada tespit edilen bir Uyumsuz Model örneği yer almaktadır (Ö10-geç).

- A : İndüksiyon akımı nedir? İndüksiyon akımı denildiğinde aklınıza ne(ler) geliyor? Açıklayınız.
Ö10 : Manyetik alanla oluşan akım [2].
A : Elektromanyetik indüksiyon ile nasıl akım elde edildiğini yazınız.
Ö10 : Bobin etrafına sarılı iletken bir telden elde edilir. Manyetik alan ile oluşur [2].
A : Elektromanyetik indüksiyon nerede ve nasıl kullanılabilirliğini ifade ediniz
Ö10 : Hurda araçları kaldırmak için mıknatıslarda [2].

- A : Elektromanyetik indüksiyon ile ilişkili olduğunu düşündüğünüz en az 5 tane fiziksel kavram yazınız.
- Ö10 : Bobin, sarım sayısı, manyetik alan, manyetizma, akım, şiddet, amper, volt [2].
- A : Elektromanyetik indüksiyon ile akım (İndüksiyon akımı) oluşturduğunu düşündüğünüz bir elektrik devresini aşağıdaki kutucuğa çizin. Çizdiğiniz devrenin kısaca nasıl çalıştığını açıklayınız.
- Ö10 : [2]. Bobine sarılı telden geçen elektronlar akım meydana getirir [2].
- A : Değişken bir manyetik alan mı yoksa sabit bir manyetik alan mı bir elektrik akımı üretebilir? Açıklayınız.
- Ö10 : Manyetik alan sabit olacak fakat manyetik alana göre mıknatis hareket ahlinde olacak [1].
- A : Manyetik akı kavramını kısaca açıklayınız.
- Ö10 : Toplam manyetizmanın bir ölçüsüdür [1].
- A : Sarım sayıları n olan iki bobin Şekil I'deki gibi eksenleri B düzgün manyetik alanına paralel olacak biçimde yerleştirilmiştir. Makaraların manyetik alanına dik kesit alanları A'dır. Makaralardan biri Δt süresi içinde Şekil II'deki gibi α açısı kadar döndürülürse, K-L uçları arasında oluşacak indüksiyon emk'sını veren bağıntı nedir?
- Ö10 : [0].
- A : Büyük bir telden değişmeyen sabit bir i akımı geçmektedir. Tel ile aynı düzlemde bulunan kapalı dikdörtgen metal sistemi şekillerde belirtildiği gibi ayrı ayrı V hızı ile bu telin yanında hareket ettiriliyor. Hangi durumda veya durumlarda kapalı sistemde indüksiyon akımı oluşur? Açıklayınız.
- Ö10 : [0].
- A : Aşağıda birbirinden farklı dört şekilde silindirik mıknatis ve kapalı çembersel bakır tele bağlı lamba sistemleri verilmiştir. Kapalı tel sistemi verilen eksene dik olarak yerleştirilmiştir. Mıknatisin ve kapalı tel sisteminin hareket durumları şekilde belirtildiği gibidir. Hareket hızı V ile gösterilmiştir. Verilen şekillerin hangisinde ya da hangilerinde lamba yanar? Açıklayınız.
- Ö10 : II, III ve IV [2].
- A : Kalınlıkları farklı, uzunluk ve hızları belli olan K, L ve M çubukları şekildeki manyetik alanda hareket halindedir. Bu çubukların uçları arasında oluşan indüksiyon emk'larını büyükten küçüğe doğru sıralayınız.
- Ö10 : $K > L > M$ [2].
- A : Transformator nedir? Transformatorün çalışma prensibini düşünerek kısaca açıklayınız.
- Ö10 : [0].
- A : Şekildeki gibi karşılıklı tutulan I ve II bobinlerden oluşan düzende, I. Bobindeki K anahtarı kapatılırken II. Bobinin uçları arasında oluşan indüksiyon elektromotor kuvvetinin maksimum değeri ϵ 'dir. ϵ aşağıdakilerden hangisine/hangilerine bağlıdır? Açıklayınız.
- Ö10 : [0].
- A : Yukarıdaki kutucuklarda yer alan devrelerin hangisinde/hangilerinde elektromanyetik indüksiyon ile akım (indüksiyon akımı) üretilir? Seçtiğiniz kutucukları nedenleri ile açıklayınız
- Ö10 : 8 numaralı devrede [1].
- A : Aşağıdaki kutucuklara akım türleri ile ilgili olduğunuz kavramları sıralayınız. Bu kavramlarla ilgili kısa bir açıklamayı aşağıdaki boşluğa yazabilirsiniz.
- Ö10 : Uzaklık, akım, manyetizma, manyetik alan, bobin, sarım sayısı [2].
- A : Bu uygulama sürecinde gördüğünüz elektrik akımı konuları arasında bir ilişki var mıdır? Kurduğunuz bu ilişkiyi açıklayınız
- Ö10 : Alternatif akım ve elektromanyetik indüksiyon arasındaki ilişki değişken manyetik alana bağlıdır [2].

Elektromanyetik indüksiyon konusuna dair ortaya çıkarılan zihinsel modeller incelendiğinde; öğrencilerin önemli bir kısmının ön uygulamada, son uygulamada ve

geciktirilmiş uygulamada uyumsuz model ve temel model türlerindeki zihinsel modellere sahip oldukları görülmektedir (Tablo 49). Yapılan uygulamalar çerçevesinde ve sahip oldukları öğrenme stilleri de dikkate alınarak öğrencilerin bireysel olarak elektromanyetik indüksiyon konusuna yönelik sahip oldukları zihinsel modeller ve uygulama süreci içerisinde zihinsel modellerindeki değişimler Tablo 50’de sunulmuştur.

Tablo 50. Öğrencilerin Öğrenme Stilleri Dikkate Alındığında Uygulama Süreci İçerisinde Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Sahip Oldukları Zihinsel Modellerindeki Değişimler

Öğrenme Stili	Öğrenci	Öğrencinin Sahip Olduğu Zihinsel Model		
		Ön Uygulama	Son Uygulama	Geciktirilmiş Uygulama
Soyut Ardışık	Ö1	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)
	Ö18	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Şematik Model (ŞM)
Somut Ardışık	Ö2	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö6	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Temel Model (TeM)
	Ö7	Uyumsuz Model (UM)	Geçiş Modeli (GM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö14	Uyumsuz Model (UM)	Şematik Model (ŞM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö20	Uyumsuz Model (UM)	Geçiş Modeli (GM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö21	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Temel Model (TeM)
	Ö24	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö25	Uyumsuz Model (UM)	Diğer ZM	Temel Model (TeM)
	Ö26	Uyumsuz Model (UM)	Diğer ZM	Uyumsuz Model (UM)
	Ö27	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Uyumsuz Model (UM)
Soyut Random	Ö3	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö5	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Şematik Model (ŞM)
	Ö8	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)	Tanımsal Model (TnmM)
	Ö9	Uyumsuz Model (UM)	Geçiş Modeli (GM)	Diğer ZM
	Ö10	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö11	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö12	Temel Model (TeM)	Temel Model (TeM)	Tanımsal Model (TnmM)
	Ö13	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Tanımsal Model (TnmM)
	Ö16	Uyumsuz Model (UM)	Kavramsal Model (KavM)	Temel Model (TeM)
	Ö19	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Temel Model (TeM)
Somut Random	Ö23	Uyumsuz Model (UM)	Geçiş Modeli (GM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö4	Uyumsuz Model (UM)	Tanımsal Model (TnmM)	Şematik Model (ŞM)
	Ö15	Uyumsuz Model (UM)	Geçiş Modeli (GM)	Temel Model (TeM)
	Ö17	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö22	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Uyumsuz Model (UM)

Öğrencilerin öğrenme stillerine göre uygulama süreci içerisinde konuya dair sahip oldukları zihinsel modelleri Tablo 50’de sunulmuştur. Soyut ardışık öğrenme stiline sahip olan öğrencilerin ön uygulamada uyumsuz modele, son uygulamada uyumsuz ile temel modellere ve geciktirilmiş uygulamada temel ile şematik modellere sahiptirler. Ö1 kodlu öğrenci ön ve son uygulamada uyumsuz modele sahipken geciktirilmiş uygulamada temel

modele sahiptir. Bu öğrenme stiline sahip diğer öğrenci, Ö18, ön uygulamada uyumsuz, son uygulamada temel ve geciktirilmiş uygulamada şematik modele sahip olduğu görülmektedir. Somut ardışık öğrenme stiline sahip öğrencilerin tamamı konuyla ilgili ön uygulamada uyumsuz modele sahiptir. Bu öğrenme stiline sahip öğrencilerin son uygulamada çoğunlukla temel model olmak üzere farklı öğrenme stillerine sahip olduğu görülmektedir. Son uygulama ile geciktirilmiş uygulama sonunda Ö6 ve Ö21 kodlu öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modellerinin değişmediği görülmüştür. Ön uygulama ile geciktirilmiş uygulamaların sonunda Ö2, Ö7, Ö14, Ö20, Ö24, Ö26 ve Ö27 kodlu öğrencilerin aynı zihinsel modellere sahip oldukları belirlenmiştir. Soyut random öğrenme stiline sahip öğrencilerin ön uygulamada neredeyse tamamının (Ö12 kodlu öğrenci hariç) uyumsuz modele; son uygulamada ise çoğunlukla temel modele ve uyumsuz modele ve geciktirilmiş uygulamada tanımsal ve uyumsuz modele sahip olduğu görülmüştür.

Son uygulama ile geciktirilmiş uygulama sonunda Ö3, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12 ve Ö19 kodlu öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modellerde bir değişme belirlenmemiştir (Tablo 49). Ön uygulama ile geciktirilmiş uygulama sonucunda ise Ö3, Ö10, Ö11 ve Ö23 kodlu öğrencilerin konuya dair zihinsel modelleri değişmemiştir. Somut random öğrenme stiline sahip öğrencilerin ön uygulamada tamamı uyumsuz modele, öğrencilerin önemli bir kısmının son uygulamada temel modele ve geciktirilmiş uygulamada ise uyumsuz modele sahip olduğu tespit edilmiştir. Ö17 ile Ö22 kodlu öğrencilerin ön ile geciktirilmiş uygulama sonucunda zihinsel modellerinin değişmediği görülmüştür. Somut ardışık öğrenme stiline sahip Ö2 kodlu öğrenci ile soyut random öğrenme stiline sahip Ö3, Ö10 ve Ö11 kodlu öğrencilerin uygulama süresince zihinsel modelinde bir değişiklik olmamıştır.

4. 3. 3. Öğrencilerin Alternatif Akıma Ait Sahip Oldukları Zihinsel Modelleri ve Bu Zihinsel Modellerindeki Değişimine Yönelik Bulgular

Öğrencilerin yapılan uygulamalar sonucundaki alternatif akım konusunda dair sahip oldukları zihinsel modelleri aşağıdaki Tablo 51'de özetlenmiştir.

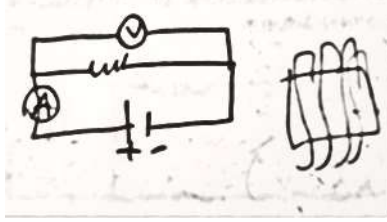
Tablo 51. Öğrencilerin Uygulama Süreci İçerisinde Alternatif Akım ile İlgili Sahip Oldukları Zihinsel Modellerindeki Değişimler

Zihinsel Model Türü	Uygulama süreci					
	Ön Uygulama		Son Uygulama		Geciktirilmiş Uygulama	
	f	%	f	%	f	%
Tam Bilimsel Model (TBM)	---	---	---	---	---	---
Kısmi Bilimsel Model (KBM)	---	---	---	---	---	---
Tam Teorik Model (TTM)	---	---	---	---	---	---
Kavramsal Model (KavM)	---	---	---	---	---	---
İlişkisel Model (İİM)	---	---	---	---	---	---
Tam Pratik Model (TPM)	---	---	---	---	---	---
Yapısal Model (YM)	---	---	---	---	---	---
İşlemsel Model (İŞM)	---	---	2	7.41	---	---
Kavramsal-İşlemsel Model (K-İŞM)	---	---	1	3.70	---	---
Kavramsal-Yapısal Model (K-YM)	---	---	---	---	---	---
İlişkisel-Yapısal Model (İİ-YM)	---	---	---	---	---	---
İlişkisel-İşlemsel Model (İİ-İŞM)	---	---	---	---	---	---
Geçiş Modeli (GM)	---	---	---	---	---	---
Temel Model (TeM)	2	7.41	11	40.75	4	14.81
Tanımsal Model (TnmM)	---	---	5	18.52	8	29.63
Şematik Model (ŞM)	---	---	1	3.70	---	---
Uyumsuz Model (UM)	25	92.59	3	11.11	13	48.15
Diğer	---	---	4	14.81	2	7.41

Tablo 51’de görüldüğü gibi, ön uygulamada alternatif akım ile ilgili öğrencilerin %7.41’i temel modele ve diğer öğrencilerin (%92.59’unun) uyumsuz modele sahip olduğu görülmüştür. Son uygulamada ise öğrencilerin %7.41’i işlemsel modele, %3.70’i kavramsal-işlemsel modele, %40.75’i temel modele, %18.52’si tanımsal modele, %3.70’i şematik modele, %11.11’i uyumsuz modele ve %14.81’i diğer kategorisi altında toplanan zihinsel modellere sahiptir. Öğrencilerin sadece kavrama yönelik tanımı bilimsel olarak ifade ettiği “Tanımsal Model” olarak isimlendirilebilecek model türü için alternatif akıma yönelik örnek aşağıda yer almaktadır (Ö19-son).

- A : Alternatif akım nedir? Tanımlayınız.
 Ö19 : Zamana göre yönü ve şiddeti sürekli olarak değişen akımdır. AC ile gösterilir [3].
 A : Alternatif akım nasıl üretilir?
 Ö19 : Bobinlerle olabilir sanırım.
 A : Bobinlerle nasıl alternatif akım elde edilebilir?
 Ö19 : Bobin olduğu zaman bobinin yönü sürekli değişecek yani sarım sayılarına göre bakacağım. ...
 A : Bobini nasıl bir güç kaynağına bağlarsın?
 Ö19 : Alternatif akım güç kaynağına bağlarım. [2].
 A : Alternatif akım günlük hayatta nerelerde kullanılabilir?

- Ö19 : Ütü, buzdolabı gibi elektrikle çalışan ürünlerde olabilir mesela. ... Elektrik telleri olabilir. Santrallerden evlerimize elektrik gelirken alternatif akım kullanılıyor [2].
 A : Alternatif akım denilince aklına hangi kavram ya da kelimeler geliyor?
 Ö19 : Direnç, ampermetre, voltmetre, üreteç, reosta, bobin, kondansatör
 A : Alternatif akım ile bu devre elemanları arasında nasıl bir ilişki kurdun?
 Ö19 : Alternatif akım devresi oluştururken hepsi birbiriyle alakalı [2].
 A : Alternatif akım ürettiğini düşündüğün bir devre çizmişsin. Bu devreyi kısaca açıklayabilir misin?



[1].

- Ö19 : Bu devrede diğer devreler gibi aynıdır. Sadece artıdan eksiye ilerliyor, voltmetre ve ampermetre ile ölçüm yapılıyor. Oraya bobini de ekleyebilirim.
 A : Bobini eklersen nasıl bir devre çizebilirsin?
 Ö19 : (Bobini devre üzerinde ekleyemiyor) Bobini eklersem sarım sayıları oluşur. Buna göre akımın yönünü ve manyetik alanını ölçebilirim. ... Ampermetre bağlarsam manyetik alanda oluşan elektrik akımını ölçebilirim. ...
 A : Ölçtüğün bu akım alternatif akım mıdır?
 Ö19 : Evet [2].
 A : Alternatif akım ile doğru akım kavramlarını karşılaştırdığında bu kavramlar hakkında ne söyleyebilirsin?
 Ö19 : Alternatif akım sürekli değişim var periyodik olarak değişiyor. Doğru akım sürekli aynı şekilde ilerliyor. Aralarındaki fark bu; biri sürekli değişirken diğeri hep aynı kalıyor [2].
 A : Bu soruda alternatif akım devreleri ile ilgili bazı kavramlar var, bunların hakkında ne söyleyebilirsin?
 Ö19 : Etkin gerilimle ilgili aklıma $V_{etkin} = i_{etkin} \times R$ şeklinde bir denklem aklıma geliyor. Etkin akımda da $i_{etkin} = i_{max} \times R$ aklıma geliyor. ...
 A : Empedans, indüktans ve kapasitans denildiğinde aklına herhangi bir şey geliyor mu?
 Ö19 : Hayır [1].
 A : Bir sonraki soruda bir RLC devresi verilmiş ve bu devreyle ilgili üç soru var. Bunların hakkında bir fikrin var mı?
 Ö19 : Bir fikrim yok [0].
 ...
 A : Bu soruda dokuz tane devre var. Bu devrelerle ilgili sana iki sorum olacak. Birincisi bu devrelerin hangisinde ya da hangilerinde elektrik akımı oluşur, elektrik akımı dolanır. Diğeri ise, dolanan bu akımın türü sence nedir?
 Ö19 : (Kağıt üzerinde 1,2,5,6,7 ve 9 numaralı devrelerde alternatif akımı oluşacağını belirtmiş) ... Üç numaralı devrede alternatif akım oluşur. Çünkü şiddeti sürekli değişiyor [1]. ...
 ...
 A : Akım türleri ile ilgili kavramları sınıflandırmanı istesem alternatif akım ile ilgili hangi kavramları yazabilirsin?
 Ö19 : ... Alternatif akım için periyodik, sürekli değişim, direnç, üreteç, reosta, ampermetre ve voltmetre gibi kavramlar geliyor [2].
 ...
 A : Akım türleri arasında olabilecek ilişkiler hakkında kısaca bilgi verebilir misin?
 Ö19 : evet var. Hep bir devrede ilişkili biçimde oluşuyorlar. ... Yalnızca tanımları farklı [1].

Öğrencilerin zihinsel model matris sınıflandırması dışında kalan matrisler 'Diğer zihinsel modeller' olarak bir grup altında toplanmıştır. Öğrencilerin bu model sınıflaması

altında sahip olduğu alternatif akıma yönelik zihinsel model için bir örnek aşağıda yer almaktadır (Ö22-son).

- A : Alternatif akım nedir? Tanımlayınız.
- Ö22 : Yönü ve şiddeti zamana bağlı olarak sürekli olarak değişen akımdır [3].
- A : Alternatif akım nasıl elde edilir?
- Ö22 : İki mıknatısın arasında döndürülen tel levha ile oluşturulur [3].
- A : Alternatif akım günlük hayatta nerelerde kullanılır?
- Ö22 : Evlerde, sanayide, elektronik aletlerde. Alternatif akım depolanamayacağı için genelde evlerde, sanayilerde kullanıyoruz. Elektronik aletlerde doğrultmaç devresi kullanıp doğru akıma çevirip öyle kullanıyoruz [3].
- A : Alternatif akım denilince aklına hangi kavram veya kelimeler geliyor?
- Ö22 : Direnç, akım, gerilim, priz, ev, sanayi [2].
- A : Alternatif akım üreten bir devre çizimi yapmışsın. Bu devreyi tanıtabilir misin? [3]
- Ö22 : Güç kaynağı alternatif akım kaynağı. Devre bu kaynakla çalışıyor. Alternatif akım devreyi dolaşarak ampulü yakıyor [3].
- A : Alternatif akım ve doğru akım kavramlarını karşılaştırdığında ne söyleyebilirsin?
- Ö22 : Doğru akımın yönü ve şiddeti sabitken alternatif akımın yönü ve şiddeti değişkendir. ... Birisi depolanabilir, diğeri depolanamaz [3].
- A : Alternatif akım konusu içerisinde bazı kavramlar var. Aşağıdaki bu kavramlar hakkında ne söyleyebilirsin?
- Ö22 : Empedans RLC devresinde Pisagor üçgeni ile bulduğumuz öz direnci, Z ile gösterilir. Kapasitans kondansatör ile (X_C) ve indüktans bobin ile (X_L). Etkin gerilim ampermetre ve voltmetreden geçen gerilimdir. Etkin akım ampermetre ve voltmetreden geçen akımdır [2].
- A : Burada bir RLC devresi verilmiş. Bu devrenin empedansı hakkında ne söyleyebilirsin?
- Ö22 : X yönünde yatayda R direnç olur. X_L ve X_C birbirlerine zıt olarak çıkartılıp Pisagor teoremi ile empedans bulunabilir [4].
- A : Bu devrede etkin gerilimi nasıl bulabiliriz?
- Ö22 : $V_{etkin} = V_{max} \cdot \sqrt{2}$ diye hatırlıyorum. ... [3].
- A : Etkin akımı nasıl bulabilirsin?
- Ö22 : R, X_L , X_C Pisagor teoremi ile empedansı 25 buldum. $V_{etkin} = I_{etkin} \cdot Z$ formülünden akımı 10 amper bulmuşum [4].
- ...
- A : Bu soruda 9 tane devre var. Bu devrelerden hangisinde ya da hangilerinde elektrik akımı oluşur ve oluşan akımın türü nedir?
- Ö22 : ... 5.devrede pil, direnç, ampermetre, voltmetreden dolayı alternatif akımdır. 6. ve 7. devrede mıknatısın ileri geri hareketinden alternatif akım oluşabilir. Devre 8'de mıknatıs sabit dururken doğru akım, mıknatıs hareket etseydi alternatif akım diyebilirdim. Devre 9'da kendi etrafında dönüyor, alternatif akım olabilir [2].

Geciktirilmiş uygulamada öğrencilerin 4 zihinsel model türüne sahip oldukları belirlenmiştir: Temel model (%14.81), tanımsal model (%29.63), uyumsuz model (%48.15) ve diğer zihinsel modeller (%7.41). Alternatif akım ile ilgili ortaya çıkarılan zihinsel modeller incelendiğinde; öğrencilerin ön uygulamada neredeyse tamamının uyumsuz modele, son uygulamada öğrencilerin önemli bir kısmının temel modele ve geciktirilmiş uygulamada öğrencilerin çoğunluğunun uyumsuz ve tanımsal modellere sahip oldukları görülmektedir (Tablo 51). Yapılan uygulamalar çerçevesinde ve sahip oldukları öğrenme stilleri de dikkate alınarak öğrencilerin bireysel olarak alternatif akım ile ilgili sahip oldukları

zihinsel modeller ve uygulama süreci içerisinde bu zihinsel modellerindeki değişimler Tablo 52'de sunulmuştur.

Tablo 52. Öğrencilerin Öğrenme Stilleri Dikkate Alındığında Uygulama Süreci İçerisinde Alternatif Akım ile İlgili Sahip Oldukları Zihinsel Modellerindeki Değişimler

Öğrenme Stili	Öğrenci	Öğrencinin Sahip Olduğu Zihinsel Model		
		Ön Uygulama	Son Uygulama	Geciktirilmiş Uygulama
Soyut Ardışık	Ö1	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)	Tanımsal Model (TnmM)
	Ö18	Temel Model (TeM)	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö2	Uyumsuz Model (UM)	Tanımsal Model (TnmM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö6	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Tanımsal Model (TnmM)
	Ö7	Uyumsuz Model (UM)	Tanımsal Model (TnmM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö14	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Temel Model (TeM)
Somut Ardışık	Ö20	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö21	Uyumsuz Model (UM)	Diğer ZM	Uyumsuz Model (UM)
	Ö24	Uyumsuz Model (UM)	Kavramsal-İşlemsel Model (K-İŞM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö25	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Temel Model (TeM)
	Ö26	Uyumsuz Model (UM)	İşlemsel Model (İŞM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö27	Uyumsuz Model (UM)	Tanımsal Model (TnmM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö3	Uyumsuz Model (UM)	İşlemsel Model (İŞM)	Tanımsal Model (TnmM)
	Ö5	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Diğer ZM
	Ö8	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö9	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Tanımsal Model (TnmM)
Soyut Random	Ö10	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Temel Model (TeM)
	Ö11	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö12	Uyumsuz Model (UM)	Diğer ZM	Temel Model (TeM)
	Ö13	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö16	Temel Model (TeM)	Diğer ZM	Diğer ZM
	Ö19	Uyumsuz Model (UM)	Tanımsal Model (TnmM)	Tanımsal Model (TnmM)
	Ö23	Uyumsuz Model (UM)	Şematik Model (ŞM)	Uyumsuz Model (UM)
Somut Random	Ö4	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Tanımsal Model (TnmM)
	Ö15	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Uyumsuz Model (UM)
	Ö17	Uyumsuz Model (UM)	Temel Model (TeM)	Tanımsal Model (TnmM)
	Ö22	Uyumsuz Model (UM)	Diğer ZM	Tanımsal Model (TnmM)

Öğrencilerin alternatif akım konusuna yönelik sahip oldukları zihinsel modellerin uygulama süreci içerisindeki değişim durumu Tablo 52'de sunulmaktadır. Soyut ardışık öğrenme stiline sahip olan öğrencilerden Ö1 kodlu öğrenci ön ve son uygulamada uyumsuz modele sahipken Ö18 kodlu öğrenci son ve geciktirilmiş uygulamada uyumsuz modele sahiptir. Somut ardışık öğrenme stiline sahip olan ön uygulamada öğrencilerin tamamı uyumsuz modele; son uygulamada öğrencilerin çoğunluğu temel ve tanımsal modellere ve geciktirilmiş uygulamada öğrencilerin önemli bir kısmı uyumsuz modele sahip olduğu belirlenmiştir. Bu öğrenme stiline sahip öğrencilerin uygulama süreci

sonunda yapılan son uygulama sonucunda ön uygulamaya göre sahip oldukları zihinsel modeller değiştiği görülmektedir. Son ve geciktirilmiş uygulamalarda sahip oldukları zihinsel modelleri değişmeyen Ö14 ve Ö25 kodlu öğrencilerdir. Ön uygulama ile geciktirilmiş uygulamada aynı zihinsel modellere sahip olan öğrenciler ise, Ö2, Ö7, Ö20, Ö21, Ö24, Ö26 ve Ö27'dir. Soyut random öğrenme stiline sahip öğrencilerin çoğunluğu, Ö16 kodlu öğrenci hariç, ön uygulamada alternatif akım için uyumsuz modele sahiptir. Bu öğrenme stiline sahip öğrenciler son uygulamada genellikle temel modele ve geciktirilmiş uygulamada ise uyumsuz ve tanımsal modellere sahip oldukları görülmektedir. Ön uygulama ile son uygulama sonucunda Ö8 kodlu öğrencinin zihinsel modeli değişmemiştir. Son ile geciktirilmiş uygulamalar sonucunda ise Ö8, Ö10, Ö16 ve Ö19 kodlu öğrencilerin zihinsel modellerinde değişim tespit edilmemiştir. Ön uygulama ve geciktirilmiş uygulamalarda tespit edilen zihinsel modeller incelendiğinde Ö8, Ö11, Ö13 ve Ö23 kodlu öğrencilerin zihinsel modellerinde bir değişiklik görülmemiştir. Somut random öğrenme stiline sahip öğrencilerin ön uygulamada uyumsuz modele, son uygulamada temel modele ve geciktirilmiş uygulamada ise tanımsal modele sahip oldukları görülmektedir. Ö15 kodlu öğrencinin ön uygulamadaki ve geciktirilmiş uygulamada sahip olduğu zihinsel model türü aynıdır. Ön uygulamadan geciktirilmiş uygulama sonuna kadar uygulama süreci içerisinde zihinsel modeli değişmeyen tek öğrenci Ö8 kodlu öğrencidir.

4. 4. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularında Sahip oldukları Alternatif Kavramları ve Bu Alternatif Kavramların Varlığındaki Değişimine Yönelik Bulgular

Öğrencilerin uygulamalar sürecinde, başarı testinde yer alan sorulara verdikleri cevapların genellikle [1] ve [2] numaralı anlama seviyelerinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 29, 31 ve 33). Bu anlama seviyelerinde yer alan cevaplarda öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramlar da tespit edilmiş ve aşağıda yer alan tablolar aracılığıyla gruplanarak sunulmuştur. Ayrıca bu tablolarda bu alternatif kavramların süreç içerisindeki durumu da tespit edilmiştir. Araştırma çerçevesinde öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramlar, akımın tanımına, akımın üretilmesine ve potansiyel fark, empedans gibi akım ile ilgili kavramlara ait alternatif kavramlar olarak gruplandırılmıştır.

4. 4. 1. Öğrencilerin Doğru Akıma Ait Sahip oldukları Alternatif Kavramları ve Bu Kavramların Değişimine Yönelik Bulgular

Tablo 53'te öğrencilerin doğru akımın tanımına yönelik sahip oldukları alternatif kavramları özetlemektedir.

Tablo 53. Doğru Akımın Tanımına Yönelik Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu

(Doğru akım, ...)	Ön uygulama		Son uygulama		Geciktirilmiş uygulama	
	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f
doğrudan geçen / direk iletilen akım	Ö1, Ö4, Ö5, Ö13, Ö17, Ö19, Ö20, Ö22, Ö23, Ö25	10	Ö19,	1	Ö9	1
aynı doğrultuda ilerleyen/ hiçbir yöne sapmadan geçen akım	Ö8, Ö12, Ö14, Ö16, Ö18, Ö25	6	Ö3*, Ö16*,	2	---	---
hiçbir engele uğramadan geçen akım	Ö3, Ö9, Ö11, Ö13 Ö26, Ö27	6	---	---	---	---
+kutuptan – kutba akan akım	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö12, Ö14, Ö19, Ö21, Ö22, Ö24, Ö25, Ö26,	14	---	---	Ö2, Ö20, Ö21, Ö23	4
devreden geçen sürekli akım	Ö2, Ö6, Ö10, Ö22	4	---	---	Ö15	1
- kutuptan + kutba akan akım	Ö8, Ö13, Ö16, Ö18, Ö23,	5	---	---	---	---
bir devredeki verimli akım	Ö3,	1	---	---	---	---
devreden geçen sabit bir enerji	Ö6, Ö15	2	---	---	---	---
kendiliğinden oluşan akım (üreteç gerekmez)	Ö20	1	---	---	---	---
zamanla yönü, şiddeti ve doğrultusu değişmeyen akım	---	---	Ö4	1	---	---
yönü ve doğrultusu değişmeyen akım	---	---	Ö12, Ö26	2	---	---
frekansı değişmeyen akım	---	---	---	---	Ö1	1
potansiyel şeyin az olan yerden çok olan yere gitmesi	Ö23	1	---	---	---	---
akımın çok olduğu yerden az olduğu yere doğru gitmesi	Ö3,	1	---	---	---	---
zamana ve şiddete bağlı olarak değişmeden ilerleyen akım	---	---	---	---	Ö22	1

Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde doğru akımın tanımına yönelik sahip oldukları alternatif kavramlar ve bu kavramların süreç içerisindeki değişim durumu Tablo 53'te sunulmuştur. Öğrencilerin ön uygulamada doğru akımın tanımına yönelik alternatif kavramlar içeren açıklamalar yaptıkları görülürken, son uygulamada ve geciktirilmiş uygulamada alternatif kavram içeren açıklamaların ön uygulamaya nispeten oldukça azaldığı görülmüştür. Ön uygulamada öğrencilerin önemli bir kısmı (f=10) doğru akımı "Doğru akım, akımın yönünün ve doğrultusunun değişmeden iletilmesi (Ö4, Ö20)" gibi doğrudan geçen veya direk iletilen akım olarak tanımlamışlardır. Bu kod altında yer alan ifadeler son uygulamada ve geciktirilmiş uygulamada yalnızca bir öğrenci tarafından kullanılmıştır. Ön uygulamada öğrencilerin bir kısmı (f=6) doğru akımı "Doğru akımın yönü doğrusaldır (Ö8)" ve "Sabit teller üzerinden giderse doğru akım oluşur (Ö25)" gibi aynı doğrultuda ilerleyen veya hiçbir yöne sapmadan geçen akım olarak tanımlarken; öğrencilerin bir kısmı (f=6) ise doğru akımı "Doğru akım, hiç dirençle karşılaşmadan geçen akım (Ö13)" şeklinde hiçbir engele uğramadan geçen akım olarak tanımladığı görülmektedir. Doğru akımın aynı doğrultuda ilerlemesi /hiçbir yöne sapmadan geçmesi son uygulamada iki öğrenci tarafından ifade edilirken geciktirilmiş uygulamada hiçbir öğrenci tarafından ifade edilmemiştir. Son uygulamada ve geciktirilmiş uygulamada doğru akımı hiçbir engele uğramadan geçen akım olarak tanımlayan öğrenci bulunmamaktadır. Ön uygulamada öğrencilerin önemli bir kısmı doğru akımı '+' kutuptan '-' kutba (f=14) ya da '-' kutuptan '+' kutba (f=5) akan akım olarak ifade ettikleri görülmektedir. Bu ifadeler öğrenciler tarafından son uygulamada kullanılmazken, geciktirilmiş uygulamada dört öğrenci doğru akımı '+' kutuptan '-' kutba akan akım olarak ifade etmektedir. Doğru akımı devreden geçen sürekli akım olarak ifade eden öğrenci sayısı ön uygulama beş öğrenci ve geciktirilmiş uygulamada bir öğrencidir. Doğru akıma yönelik devredeki verimli akım (f=1), devreden geçen sabit enerji (f=1) ve kendiliğinden oluşan akım (f=1) şeklindeki tanımlamalar yalnızca ön uygulamada tespit edilmiştir. Son uygulamada doğru akımın tanımına yönelik yapılan açıklamalarda ise, doğru akımın zamanla yönü, şiddeti ve doğrultusu değişmeyen (f=1) ve yönü ve doğrultusu değişmeyen (f=2) akım olarak ifade edildiği görülmektedir. Doğru akım geciktirilmiş uygulamada ise bir öğrenci tarafından frekansı değişmeyen akım olarak ifade edilmektedir. Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde doğru akımın üretilmesine yönelik alternatif kavramları Tablo 54'te sunulmuştur.

Tablo 54. Doğru Akımın Üretilmesine ve Doğru Akım ile İlgili Diğer Kavramlara Yönelik Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu

Tema	Alternatif kavramlar	Ön uygulama		Son uygulama		Geciktirilmiş uygulama	
		Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f
Doğru akımın üretilmesine yönelik alternatif kavramlar (Doğru akım, ...)	seri bağlanmış devre ile üretilebilir	Ö3, Ö13	2	---	---	---	---
	direncin artırılıp azaltılmasıyla elde edilir	Ö4,	1	---	---	---	---
	üretmek için + ve – kutup olması yeterlidir	---	---	Ö21	1	---	---
	devre elemanlarıyla üretilebilir	Ö3, Ö7, Ö17, Ö19, Ö27	5	Ö3,	1	---	---
Doğru akım konusunda yer alan kavramlara yönelik alternatif kavramlar	Potansiyel fark, iki direnç arasından geçen gerilimdir	Ö2,	1	---	---	---	---
	Potansiyel fark akımlar arası bir şeydir (kavramdır)	Ö3,	1	---	---	---	---
	Potansiyel fark +dan –ye doğru gider	---	---	Ö20	1	---	---
	Potansiyel fark, iki direnç arasındaki farka denir	---	---	---	---	Ö5	1
	Potansiyel fark devredeki iki nokta arasındaki akım farkıdır	Ö26, Ö27	2	---	---	---	---
	Potansiyel fark ve gerilim farklı kavramlardır	---	---	Ö26	1	---	---
	Direnç voltmetre ile ölçülür	Ö21	1	---	---	---	---
	Direnç akımı harcar	Ö21	1	---	---	---	---
	Devredeki bağlantının yönü değişince akımın yönü değişir	---	---	Ö24	1	---	---

Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde doğru akımın üretilmesine ve doğru akım konusundaki diğer kavramlara yönelik sahip oldukları alternatif kavramlar ve bu kavramların süreç içerisindeki değişim durumu Tablo 54'te sunulmuştur. Doğru akımın üretilmesine yönelik alternatif kavramlar ön uygulamada öğrenciler doğru akımın seri bağlı devre ile ($f=2$) veya direncin artırılıp azaltılmasıyla ($f=1$) elde edilebileceğini belirtmiştir. Ayrıca "Devredeki bütün elemanlar çalışıyor ve hepsi tamsa doğru akım üretilir Ö7" ifadesinde de görülebileceği gibi devre elemanlarının doğru bir şekilde kullanılması ($f=5$) ile doğru akımın üretililebileceğini ifade etmiştir. Son uygulamada ise bu alternatif kavrama sahip öğrencilerden birinde kavramın varlığının devam ettiği görülmüştür. Yine, son uygulamada doğru akımın üretilmesi için '+' ve '-' kutbun olmasının yeterli olacağı ($f=1$) söylenmiştir. Geciktirilmiş uygulamada ise, doğru akımın üretilmesine yönelik bir alternatif kavram tespit edilmemiştir.

Doğru akım konusundaki diğer kavramlara yönelik sahip oldukları alternatif kavramlar ve bu kavramların süreç içerisindeki değişim durumu incelendiğinde, öğrencilerin genellikle potansiyel fark ile ilgili alternatif kavramlara sahip oldukları görülmektedir. Öğrencilerin ön uygulamada potansiyel fark kavramına ait iki direnç arasından geçen gerilim ($f=1$), devredeki iki nokta arasındaki akım farkı ($f=2$), akımlar arası bir kavram ($f=1$) olduğu şeklindeki alternatif kavram içeren açıklamalarına son ve geciktirilmiş uygulamadaki açıklamalarında rastlanmamıştır. Ancak son uygulamada potansiyel farkın akış yönüne (+'dan -'ye) ($f=1$) ve bu kavram ile gerilim kavramı arasındaki ilişkiye ($f=1$) yönelik alternatif kavram içeren açıklamalar yaptıkları görülürken, geciktirilmiş uygulamada potansiyel farkın iki direnç arasındaki fark olduğuna dair alternatif kavram içeren açıklama yapan bir öğrenci görülmektedir. Doğru akım konusunda yer alan kavramlardan olan direnç kavramına yönelik olarak, yalnızca ön uygulamada direncin ölçülmesi ($f=1$) ve direnç ile akım arasındaki ilişkiye ($f=1$) dair alternatif kavramlara rastlanmıştır. Son uygulamada ise, doğru akım üreten devreye yönelik bir alternatif kavram bir öğrenci tarafından ifade edilmiştir. Ö24 kodlu öğrenci, doğru akım devresinde bağlantının yönü değiştiği zaman akımında yönünün değişeceğine dair düşüncesini belirtmiştir.

4. 4. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyona Ait Sahip Oldukları Alternatif Kavramları ve Bu Kavramların Değişimine Yönelik Bulgular

Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde elektromanyetik indüksiyon konusunda üretilen indüksiyon akımının tanımına yönelik alternatif kavramlar Tablo 55'te sunulmuştur.

Tablo 55. Elektromanyetik İndüksiyon ile Akım Üretilmesine Yönelik Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu

	Ön uygulama		Son uygulama		Geciktirilmiş uygulama	
	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f
güç kaynağı/üreteç olmadan üretilen akım	Ö1, Ö4, Ö5, Ö10, Ö11, Ö17	6	Ö17	1	---	---
bobin akımıdır / bobinle oluşturulan akım	Ö17, Ö20, Ö22	3	---	---	Ö22	1
mıknatısların çekim kuvveti olduğundan oluşur	Ö5, Ö6, Ö10	3	---	---	---	---
manyetik alan varsa oluşur	Ö1, Ö5, Ö6	3	---	---	---	---
manyetik alan ve elektrik alan sadece oluşur	---	---	Ö1,	1	---	---
mıknatıs varsa oluşur	Ö2, Ö8, Ö9, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö20, Ö23, Ö25	11	Ö2, Ö8, Ö15*, Ö23	4	---	---
kutuplara (+/-) bağlı olarak üretilir	Ö4, Ö11	2	---	---	---	---
iki mıknatısın birbirini çekmesinden dolayı elde edilir	Ö24*	1	---	---	---	---
oluşması için yalnızca mıknatısın hareketli olması gerekli	Ö4	1	---	---	---	---
direnç kullanılmaz	Ö5	1	---	---	---	---

Tablo 55'te öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusunda üretilen indüksiyon akımının tanımına yönelik alternatif kavramlar sahip oldukları alternatif kavramlar yer almaktadır. Üretilen indüksiyon akımına yönelik öğrencilerin ön uygulama da farklı alternatif kavramlara sahip oldukları görülürken son ve geciktirilmiş uygulamalarda alternatif kavramların sayısının oldukça azaldığı görülmektedir. Ön uygulamada öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramların önemli bir kısmı mıknatıslarla ilgilidir. Mıknatıs varsa devrede akım oluşacağına (f=11), devredeki akımın mıknatısların çekim kuvveti ile üretildiğine (f=3) ve manyetik alan varsa akım oluşacağına (f=3) yönelik açıklamalar yaptıkları görülmektedir. Ön uygulamada öğrencilerin 'Üreteç yoksa devrede indüksiyon akımı oluşur (Ö10-Ö)' ifadesindeki gibi örneklendirilebilen indüksiyon akımının üreteç olmadan üretildiğine dair alternatif kavrama sahip oldukları belirlenmiştir (f=6). Benzer olarak devrede bobin bulunmasıyla devrede indüksiyon akımı dolaşacağını ifade eden öğrenciler bulunmaktadır (f=3). Akımın kutuplara bağlı olarak üretilebileceğine (f=2) yönelik açıklamalar yapan öğrencilerin ifadelerine 'Kutuplar değişince manyetik alan değişir ve indüksiyon akımı oluşur Ö4' şeklinde örnek verilebilir. Son uygulamada ise, özellikle mıknatısın varlığı ile indüksiyon akımı oluşabileceğine dair alternatif kavrama sahip olan öğrencilerin sayısının azaldığı ancak bu alternatif kavramın tamamen giderilemediği görülmüştür (f=4). Benzer şekilde, Ö17 kodlu öğrenci 'Güç kaynağı kullanılmadan elde edilen akım türü' şeklindeki alternatif kavrama sahip olma durumunun devam ettiği görülmektedir. Ayrıca, son uygulamada manyetik alan ve elektrik alanın birlikte varlığı ile indüksiyon akımı oluşturabilir şeklinde yeni bir alternatif kavram ortaya çıkmıştır. Geciktirilmiş uygulamada ise, Ö22 kodlu öğrenci bu konuya yönelik bobinle üretilen akım olduğuna dair sahip olduğu alternatif kavramın tekrar ortaya çıktığı görülmüştür. Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde elektromanyetik indüksiyon konusunda yer alan kavramlara yönelik sahip oldukları alternatif kavramları Tablo 56'da sunulmuştur.

Tablo 56. Elektromanyetik İndüksiyon Konusunda Yer Alan Kavramlara Yönelik Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu

	Ön uygulama		Son uygulama		Geciktirilmiş uygulama	
	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f
Transformatör, DC'yi AC'ye ya da AC'yi DC'ye çeviren araç	Ö10, Ö22	2	---	---	---	---
Transformatör direnci artırıp azaltan araç	Ö17,	1	---	---	---	---
Transformatör elektriği uzun mesafelere taşıyan araç	---	---	---	---	Ö18,	1
Transformatör, büyük bir üreteç	Ö1	1	---	---	---	---
Transformatör elektriği depolayan araç	Ö20	1	---	---	---	---
Transformatör, bir enerjiyi başka bir enerjiye çeviren araç	---	---	---	---	Ö21	1
Manyetik akı, manyetik alanda taşınan/geçen akım	Ö16, Ö26	2	Ö26	1	---	---
Manyetik akı, bir pusulaya mıknatıs yaklaştırıldığında oluşur	Ö7,	1	---	---	---	---
Manyetik akı, elektronların manyetik alan boyunca hareketi	---	---	---	---	Ö16	1
Manyetik akı, toplam manyetik alanda oluşan akım	---	---	Ö4, Ö17	2	Ö17	1
Manyetik akı, bir devreden geçen manyetik alan	---	---	---	---	Ö2*	1
Manyetik akı, sürece bağlı olarak devreden geçen akım	Ö11, Ö21	2	---	---	Ö11	1
Manyetik akı, toplam manyetizmanın ölçüsüdür	Ö6, Ö10, Ö22, Ö24	4	Ö22	1	Ö22, Ö24	2
Sabit bir manyetik alan ile elektrik akımı üretilebilir	Ö1, Ö2, Ö8	3	Ö2	1	Ö8	1
Mıknatıs manyetik alan kaynağı değildir	Ö10	1	---	---	---	---
Tek bir mıknatıs ile manyetik alan oluşturulamaz	Ö1,	1	---	---	---	---
Mıknatıs devrede güç kaynağı olarak kullanılabilir	Ö13, Ö16	2	---	---	---	---
Devredeki direnç artarsa manyetik alan artar	Ö19	1	---	---	---	---
Sarım sayısı arttıkça elektrik akımı da artar	Ö10, Ö11, Ö13, Ö15, Ö19, Ö21, Ö26	7	---	---	---	---
Sarım sayısını artırırsak direnç artar	Ö24	---	---	---	---	---
İndüksiyon emk, çubuğun boyu ile orantılıdır	---	---	---	---	Ö2, Ö7	2

Elektromanyetik indüksiyon konusunda yer alan kavramlara yönelik alternatif kavramlar ve bu kavramların süreç içerisindeki durumu Tablo 56'da sunulmuştur. Bu tabloda yer alan alternatif kavramların genellikle transformatör, manyetik akı, manyetik alan ve sarım sayısı ile ilgili olduğu görülmektedir. Ön uygulamada transformatörü doğru akımla alternatif akım arasında dönüşüm yapana araç (f=2), direnci azaltıp artıran araç (f=1), büyük bir üreteç (f=1) ve elektriği depolayan araç (f=1) şeklinde ifade ettikleri görülürken geciktirilmiş uygulamada transformatörü bir enerjiyi başka bir enerjiye çeviren araç (f=1) ve elektriği uzun mesafelere taşıyan araç (f=1) şeklinde ifade ettikleri görülmektedir. Manyetik akıya dair olarak, ön uygulamada manyetik alanda geçen akım (f=2), sürece bağlı olarak devreden geçen akım (f=2), toplam manyetizmanın ölçüsü (f=4) ve bir pusulaya mıknatıs yaklaştırıldığında oluşur (f=1) şeklinde farklı tanımlar yapılmıştır. Son uygulamada manyetik akı manyetik alanda geçen akım (f=1), toplam manyetik alanda oluşan akım (f=2) ve toplam manyetizmanın bir ölçüsü (f=1) olarak açıklanmıştır. Geciktirilmiş uygulamada ise, ortaya çıkan yeni alternatif kavramlarla birlikte, manyetik akı elektronların manyetik alan boyunca hareketi (f=1), toplam manyetik alanda oluşan akım (f=1), bir devreden geçen manyetik alan (f=1), sürece bağlı olarak devreden geçen akım (f=1) ve toplam manyetik alanın ölçüsü (f=2) olarak ifade edilmiştir. Sabit bir manyetik alanda elektrik akım üretilebileceği (f=3), mıknatısın manyetik alan kaynağı olmadığı (f=1), tek bir mıknatıs ile manyetik alan oluşturulamayacağı (f=1), mıknatısın devrede pil gibi bir güç kaynağı olarak kullanılabileceği (f=2) ve devredeki direnç artarsa manyetik alanın artacağı (f=1) şeklindeki ifadeler ön uygulamada tespit edilen manyetik alan ile ilgili alternatif kavramlardır. Son uygulamada ve geciktirilmiş uygulamada manyetik alan kavramı ile ilgili ortaya çıkan tek alternatif kavram sabit bir manyetik alan ile elektrik akımı üretilebileceğidir (sırasıyla $f_{son}=1$, $f_{gec}=1$). Öğrencilerin ön uygulamada en çok sahip oldukları alternatif kavramlardan biri de "Sarım sayısı arttıkça akımın iletken üzerinden geçtiği alanda artar ve manyetik alanda artar. Ö10" ifadesinden görüldüğü gibi sarım sayısı arttıkça elektrik akımının artmasıdır (f=7). Bununla birlikte, ön uygulamada bir öğrencinin sarım sayısı arttıkça direncin artacağına dair ifadesi alternatif kavram olarak değerlendirilmiştir. Son olarak, indüksiyon emk'sı çubuğun boyu ile orantılı olduğu ifadesi geciktirilmiş uygulamada ortaya çıkan alternatif kavramlar arasındadır (f=2).

4. 4. 3. Öğrencilerin Alternatif Akıma Ait Sahip Oldukları Alternatif Kavramları ve Bu Kavramların Değişimine Yönelik Bulgular

Tablo 57'de öğrencilerin alternatif akımın tanımına yönelik sahip oldukları alternatif kavramlar özetlemektedir.

Tablo 57. Alternatif Akımın Tanımına Yönelik Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu

(Alternatif akım, ...)	Ön uygulama		Son uygulama		Geciktirilmiş uygulama	
	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f
genliği ve yönü periyodik olarak değişen akım	Ö8, Ö10, Ö14, Ö16, Ö23	5	Ö8, Ö23	2	Ö8	1
devreden değişmeden çıkan akım	Ö12	1	---	---	---	---
yönü ve doğrultusu değişen akım	Ö4, Ö21, Ö24, Ö25, Ö26	5	---	---	---	---
elektronların dalga şeklinde hareket ettiği akım	Ö8, Ö16	2	---	---	---	---
potansiyel farkın eksiden artıya gittiği akım	Ö23	1	---	---	---	---
bobinle oluşturulan akım	Ö10, Ö25	2	---	---	---	---
kutup bulunmayan akım	Ö1, Ö2, Ö7,	3	---	---	Ö2,	1
her türlü devreye bağlanabilen akım	Ö21	1	---	---	---	---
sürekli kendini yenileyebilen akım	Ö27	1	---	---	---	---
yönü ve doğrultusu zaman bağlı olarak değişen akım	---	---	Ö26	1	---	---
yönü ve periyodu sürekli değişen akım	---	---	Ö3	1	---	---
genliği ve periyodu değişen akım	---	---	Ö13	1	---	---
yönü ve periyodu zamana bağlı olarak değişen akım	---	---	---	---	Ö21	1
elektrik yüklerinin farklı yönlerde hareket ettiği akım	---	---	---	---	Ö23	1

Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde alternatif akımın tanımına yönelik sahip oldukları alternatif kavramlar ve bu kavramların süreç içerisindeki değişim durumu Tablo 57'de sunulmuştur. Alternatif akım için genliği ve yönü periyodik olarak değişen akım ($f=5$), yönü ve doğrultusu değişen akım ($f=5$), devreden değişmeden çıkan akım ($f=1$), elektronların dalga şeklinde hareket ettiği akım ($f=2$), potansiyel farkın eksiden artıya gittiği akım ($f=1$), bobin ile oluşturulan akım ($f=2$), kutbu bulunmayan akım ($f=3$), her türlü devreye bağlanabilen akım ($f=1$) ve sürekli kendini yenileyebilen akım ($f=1$) ön uygulamada öğrencilerin yapmış olduğu açıklamalarda yer alan alternatif kavramlardır.

Ön uygulamada tespit edilen alternatif kavramlardan biri olan 'genliği ve yönü periyodik olarak değişen akım' şeklindeki tanımı son uygulamada ($f=2$) ve geciktirilmiş uygulamada ($f=1$) yapılan açıklamalarda da rastlanmıştır. Yine ön uygulamada tespit edilen alternatif kavramlardan biri olan 'kutbu bulunmayan akım' şeklindeki ifadenin varlığı geciktirilmiş uygulamada ($f=1$) belirlenmiştir. Ön uygulamada tespit edilmeyen ancak son uygulamada varlığı tespit edilen üç alternatif kavram bulunmaktadır: yönü ve doğrultusu zamana bağlı olarak değişen akım ($f=1$), yönü ve periyodu değişene akım ($f=1$) ve genliği ve periyodu değişen akım ($f=1$). Bu alternatif kavramlar geciktirilmiş uygulamada tespit edilmemiştir. Ancak, ön ve son uygulamada bulunmayıp geciktirilmiş uygulamada yönü ve periyodu zamana bağlı olarak değişen akım ($f=1$) ve elektrik yüklerinin farklı yönlerde hareket ettiği akım ($f=1$) şeklindeki alternatif kavramların varlığı tespit edilmiştir. Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde alternatif akımın üretilmesine yönelik sahip oldukları alternatif kavramları Tablo 58'de sunulmuştur.

Tablo 58. Alternatif Akımın Üretilmesine Yönelik Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu

	Ön uygulama		Son uygulama		Geciktirilmiş uygulama	
	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f
Devredeki direnç değiştirilirse /artırılıp azaltılırsa alternatif akım oluşur	Ö3, Ö6, Ö8, Ö11, Ö12, Ö22, Ö23, Ö26, Ö27	9	Ö3*, Ö23, Ö27	3	Ö3, Ö8, Ö23, Ö27	4
Devrede reosta varsa alternatif akım vardır	Ö1, Ö2, Ö7, Ö8, Ö11, Ö13, Ö15, Ö18, Ö21, Ö24	10	Ö1, Ö15, Ö24*(grid)	3	Ö1, Ö24	2
Devredeki akım değerinde alçalma ve yükselme meydana gelirse alternatif akım oluşur	Ö16	1	---	---	---	---
Devre tek bir kablodan oluşuyorsa alternatif akım vardır	Ö1, Ö16	2	---	---	---	---
Devrenin tek girişi varsa veya açık devreyse alternatif akım oluşur	Ö8, Ö13,	2	---	---	---	---
Alternatif akım paralel bağlı devrede üretilebilir	Ö13	1	---	---	---	---
Alternatif akımın üretilmesi için üreteç kullanılır	Ö3, Ö9, Ö20	3	---	---	---	---
Alternatif akımın üretilmesi için ömrü uzun güç kaynakları (Örn jeneratör) kullanılır	Ö27	1	---	---	---	---
Alternatif akımın üretilmesi için kondansatör kullanılır	---	---	Ö4	1	---	---
Bir devrede akımın yönü belli değil ve kutuplar yoksa alternatif akım oluşur	Ö2	1	---	---	---	---
Alternatif akım yönü ve şiddeti değişen akım olduğu için akım değeri ölçülemez	Ö12	1	---	---	---	---

Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde alternatif akımın üretilmesine yönelik sahip oldukları alternatif kavramlar ve bu kavramların süreç içerisindeki değişim durumu Tablo 58'de sunulmuştur. Bu tabloda öğrencilerin sıklıkla sahip oldukları iki alternatif kavram göze çarpmaktadır. Bu kavramlardan ilkinde direnç değişimi ile alternatif akımın oluşması arasında ilişki kurulmuştur. Bu alternatif kavrama ön uygulamada 9 öğrenci sahip olduğu görülürken, uygulama süreci sonrasında ise son uygulamada 3 öğrencinin ve geciktirilmiş uygulamada 4 öğrencinin hala daha bu alternatif kavrama sahip olduğu görülmektedir. Bir diğer sıklıkla ifade edilen alternatif kavram ise, yine direnç değişimi ile ilişkilidir. Bu alternatif kavramda, öğrenciler devrede reosta'yı gördüklerinde direnç değişimi olacağını düşündükleri için devrede dolanan akımın alternatif akım olacağını ifade etmişlerdir. Ön uygulamada 10 öğrencinin, son uygulamada 3 öğrencinin ve geciktirilmiş uygulamada 2 öğrencinin bu alternatif kavrama sahip oldukları görülmektedir. Bununla birlikte, yalnızca ön uygulamada Ö16 kodlu öğrenci devredeki akım değerinin değişmesi ile alternatif akım üretilebileceğini ifade etmiştir.

Alternatif akım devresi ile ilgili öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramlara bakıldığında, devre tek bir kablodan oluşuyorsa ("Akım, tek bir şekilde aynı kablodan geliyor Ö1", "Devrede alternatif akım kullanırsak tek bir kabloda kullanabiliriz Ö16"; f=2), devre açık bir devre ya da tek girişli ise (f=2) ve devre paralel bağlı bir devre (f=1) ise alternatif akım oluştuğu ön uygulamada ifade edilmiştir. Yine ön uygulamada alternatif akımın üretilmesi için üreteç kullanımından ("Alternatif akım, üreteçlerle elde edilir Ö9" "Alternatif akımı, pil bağladığımız bir devreden elde edebiliriz Ö3"; f=3), uzun ömürlü güç kaynakları kullanımından (f=1) ve son uygulamada kondansatör kullanımından (f=1) bahsedilmektedir. Ayrıca ön uygulamada bir devrede akımın yönünün belli olmaması ve kutupların bulunmaması o devrede alternatif akımın bulunacağına (f=1) ve alternatif akımın yönü ve şiddeti değiştiği için akım değerinin ölçülemeyeceğine (f=1) şeklindeki alternatif kavramlarında ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde alternatif akım konusunda yer alan kavramlara yönelik sahip oldukları alternatif kavramları Tablo 59'da sunulmuştur.

Tablo 59. Alternatif Akımda Yer Alan Kavramlara Yönelik Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu

	Ön uygulama		Son uygulama		Geciktirilmiş uygulama	
	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f
Frekans, saniyede geçen akım	Ö4	1	---	---	---	---
Frekans değişirse akımda değişir	Ö9, Ö11, Ö14, Ö20, Ö22	5	Ö14, Ö22	2	---	---
Frekansın akıma etkisi yoktur	Ö2,	1	---	---	---	---
Akımı artırırsak frekansta artar /frekans arttıkça akım artar	Ö4, Ö10, Ö17, Ö23, Ö24	5	---	---	---	---
Frekans artarsa akım şiddeti artar	Ö6, Ö19	2	Ö19, Ö21	2	Ö19,	1
Etkin akım, devrede etkin olan/gezinen akım	Ö4	1	---	---	---	---
Empedans öz direnç ile ilgili bir kavramdır	Ö4, Ö8, Ö10, Ö13, Ö20, Ö22	6	Ö8, Ö22	2	Ö22	1

Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde alternatif akım konusundaki diğer kavramlara yönelik sahip oldukları alternatif kavramlar ve bu kavramların süreç içerisindeki değişim durumu Tablo 59'da sunulmuştur. Bu tabloda yer alan alternatif kavramlar genellikle frekans ile akım ilişkisi, etkin akım ve empedans ile ilgilidir. Ön uygulamada öğrenciler tarafından kurulan frekans ve akım ilişkisi; frekans değişirse akım değişir (f=5), akımı artırırsak frekans artar (f=5), frekans artarsa akım şiddeti artar (f=2) ve frekansın akıma etkisi yoktur (f=1) şeklinde alternatif kavramlar içermektedir. Bu alternatif kavramlardan biri olan frekans değişirse akımın değişeceğine yönelik alternatif kavram son uygulamada da (f=2) görülürken, bir diğer alternatif kavram olan frekans artarsa akım şiddeti artacağına yönelik alternatif kavram son uygulama da (f=2) ve geciktirilmiş uygulamada (f=1) öğrenciler tarafından dile getirilmiştir. Ayrıca frekansın tanımına yönelik bir alternatif kavram da bulunmaktadır (Frekans saniyede geçen akımdır, Ö4). Etkin akıma yönelik alternatif kavramı ise bir öğrencinin ön uygulamada ifade ettiği ve bu alternatif kavramın son ve geciktirilmiş uygulamada ortaya çıkmadığı görülmüştür. Empedans kavramı ise öz direnç ile ilgili bir kavram olarak ön uygulamada (f=6), son uygulamada (f=2) ve geciktirilmiş uygulamada (f=1) öğrenciler tarafından kullanılmıştır. Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde doğru akım ve alternatif akımı karşılaştırırken ortaya çıkan alternatif kavramlar Tablo 60'da sunulmuştur.

Tablo 60. Doğru Akım ve Alternatif Akımı Karşılaştırırken Tespit Edilen Alternatif Kavramlar ve Bu Kavramların Süreç İçerisindeki Durumu

(DC,; AC,)	Ön uygulama		Son uygulama		Geciktirilmiş uygulama	
	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f	Öğrenci kodu	f
seri bağlı devrede; paralel bağlı devrede oluşur	Ö3, Ö6, Ö7, Ö9, Ö15	5	---	---	---	---
akım '+' dan '-' ye; '-' den '+' ya gider	Ö15	1	---	---	---	---
yön, şiddet ve doğrultu değişmezken; değişiyor	---	---	Ö20	1	---	---
genliği ve yönü değişmeyen akım; genliği ve yönü değişen akımdır	---	---	Ö14	1	---	---
kutuplar vardır; kutuplar yoktur	Ö7	1	---	---	Ö7,	1
elektrik yüklerinin hep aynı yönde; elektrik yüklerinin farklı yönde hareket eder	Ö13	1	---	---	---	---
doğrusal akım; sinüzoidal akımdır	Ö16, Ö17, Ö22	3	---	---	Ö16	1
bir etken olmadan yoluna devam eden akım; akım yönüne etki eden bir etkenin olduğu akım	Ö11	1	---	---	Ö11	1
yönü ve doğrultusu değişmeyen akım; yönü ve doğrultusu değişebilen akım	---	---	---	---	Ö20, Ö24	2
eğimi ve frekansı değişmeyen akım; eğimi ve frekansı değişen akım	---	---	---	---	Ö18	1
Doğru akım alternatif akıma göre daha güçlü bir akımdır	Ö16,	1	---	---	---	---
Doğru akımın frekansı değişirse alternatif akım oluşur	Ö8, Ö18	2	---	---	---	---
Doğru akım kaynakları çeşitli şekillerde bağlanarak devrede alternatif akım üretilebilir	Ö18	1	---	---	---	---
Doğru akım devresine reosta gibi bazı devre elemanları eklenirse alternatif akım devresine döner	---	---	Ö1	1	---	---

Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde doğru akım ile alternatif akımın karşılaştırılmasına yönelik sahip oldukları alternatif kavramlar ve bu kavramların süreç içerisindeki değişim durumu Tablo 60'da sunulmuştur. Ön uygulamada alternatif kavramlara sahip olan öğrencilerin önemli bir kısmı doğru akımın seri bağlı devrede, alternatif akımın paralel bağlı devrede oluştuğunu belirttikleri (f=5) görülmüştür. Bu alternatif kavramın varlığına son ve geciktirilmiş uygulamada rastlanılmamıştır. Doğru akımın frekansı değişirse alternatif akımın oluşması (f=2), doğru akım '+' dan '-' ye ve alternatif akım '-' den '+' ya gider (f=1), doğru akımda elektrik yüklerinin hep aynı yönde ve alternatif akımda elektrik yüklerinin farklı yönde hareket eder (f=1), doğru akım kaynaklarının devreye çeşitli şekillerde bağlanarak alternatif akımın üretilmesi (f=1) ile doğru akım alternatif akıma göre daha güçlü bir akımdır (f=1) gibi alternatif kavramlar yalnızca öğrencilerin ön uygulamadaki ifadelerinde tespit edilmiştir. Doğru akım doğrusal akım iken alternatif akımın sinüzoidal akım oluşu (f=3); doğru akımda kutupların varlığı ve alternatif akımda kutupların bulunmayışı (f=1) ve doğru akım bir etken olmadan devam eden akım iken alternatif akımın yönüne etki eden bir etkenin olduğu (f=1) şeklindeki alternatif kavramlar öğrencilerin ön uygulamadaki ifadeleri arasında tespit edilmesinin yanında geciktirilmiş uygulamadaki ifadelerinin arasında da tespit edilmiştir. Sadece son uygulamada tespit edilen alternatif kavramlar olarak doğru akımda yön, şiddet ve doğrultunun değişmeyeceğini ancak alternatif akımda değişeceğini (f=1), doğru akımda genliğin ve yönün değişmediği ancak alternatif akımda değiştiğini (f=1) ve doğru akım devresine reosta gibi bazı devre elemanları eklenirse alternatif akım devresinin oluşacağını (f=1) ifade ettikleri görülmüştür. Geciktirilmiş uygulamadaki öğrenci açıklamalarında ise doğru akımın yönü ve doğrultusu değişmeyen ve alternatif akımın yönü ve doğrultusu değişen (f=2) ve doğru akımın eğimi ve frekansı değişmeyen ve alternatif akımın eğimi ve frekansı değişen (f=1) şeklindeki alternatif kavramlar tespit edilmiştir.

4. 5. Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Öğrenme Sürecini ve Öğrencilerin Bu Süreç ile Süreç İçerisinde Kendilerini Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular

Bu başlık altında tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarındaki uygulama sürecinin, öğrencilerin öğrenme sürecinin ve öğrenciler arasındaki etkileşimlerin incelenmesine ait bulgular sunulmuştur.

4. 5. 1. Adidaktik Öğrenme Ortamına Ait Video Kayıtları, Öğrenci Dökümanları ve Alan Notlarından Elde Edilen Bulgular

Tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarında alınan video kayıtlarına, öğrencilerin adidaktik öğrenme ortamının ilk dört evresinde kullandıkları dökümanlar ve araştırmacının aldığı alan notlarından elde edilen bulgular konu sırasına göre sunulmuştur.

- Adidaktik öğrenme ortamına ait sorumluluk aktarma aşamasında ise, öğrenciler problem durumu ile tanıştırılmış ve bu öğrenme ortamlarındaki uygulama süreci hakkında bilgi verilmiştir. Adidaktik öğrenme ortamlarında öğrencilerden sahip oldukları öğrenme stillerine göre 3-5 kişilik gruplar oluşturmaları ve sunulan problem durumuna çözüm geliştirmeleri istenmiştir. Problem durumuna ait çözüm geliştirme sürecinde uygulamanın/öğrenmenin sorumluluğu öğrencilere bırakılmıştır. Araştırmacı süreç içerisinde yalnızca gözlemci olarak bulunmaktadır.
- Adidaktik öğrenme ortamlarına ait bulgular, ortamın eylem, ifade etme ve onaylama aşamalarında yer alan her bir grup için video kayıtları, öğrenci dökümanları ve alan notlarından elde edilen verilerin derlenmesi ile oluşturulmuştur. Öğrenme ortamlarına ait bulgular, konu sırasına göre (doğru akım için Adidaktik Öğrenme Ortamı-1, elektromanyetik indüksiyon için Adidaktik Öğrenme Ortamı-2 ve alternatif akım için Adidaktik Öğrenme Ortamı-3) sunulmuştur.
- Adidaktik öğrenme ortamına ait kurumsallaştırma aşamasında öğrenci grupları tarafından geliştirilen ve sınıfça onaylanan çözümler için araştırmacı tarafından konuya dair açıklamalar yapılarak öğrencilerin süreç içerisinde elde ettiği bilgilere resmi bir statü kazandırılmıştır.

Çalışma grubundan elenen öğrencilerin bulunması ve adidaktik öğrenme ortamına katılan öğrenci sayısının değişken olması sebebiyle öğrenme stili grupları değişken bir yapıdadır. Araştırmada yer alan her konu için öğrenme stilleri grupları tanıtılmıştır. Öğrenciler arasındaki iletişimin ortaya çıkarılabilmesi için, veri analizi sırasında çalışma grubu oluşturulurken belirlenen kriterlere uygun olmadığı tespit edilen (elenen) öğrencilere ait ifadeler 'Ö' kodu ile alıntılarda sunulmuştur.

4. 5. 1. 1. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Doğru Akım Konusuna Ait Öğrenme Sürecine Yönelik Bulgular

Öğrencilerin doğru akım konusuna yönelik öğrenme süreci Adidaktik Öğrenme Ortamı-1 (AÖO-1)'de yürütülmüştür. Adidaktik öğrenme ortamına öğrencilerin öğrenme stillerine ait gruplar içerisindeki dağılımı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 61. Adidaktik Öğrenme Ortamı-1'e Katılan Öğrenme Stili Grupları ve Öğrenciler

Öğrenme stili grubu	Grupta yer alan öğrenci kodları*	Grupta yer alan öğrenci sayısı
Somar 1	Ö2, Ö7, Ö25	4 (1 öğrenci elenmiş)
Somar 2	Ö20, Ö27	4 (2 öğrenci elenmiş)
Somar 3	Ö21, Ö24, Ö26	3
Somar 4	Ö6, Ö14	3 (1 öğrenci elenmiş)
Somras 1	Ö4, Ö15, Ö17, Ö22	4
Soyras 1	Ö5, Ö8, Ö9, Ö11	4
Soyras 2	Ö16	2 (1 öğrenci elenmiş)
Soyras 3	Ö3, Ö10, Ö12, Ö13	5 (1 öğrenci elenmiş)
Soyras 4	Ö19, Ö23	4 (2 öğrenci elenmiş)
Soyar 1	Ö1, Ö18	3 (1 öğrenci elenmiş)

*Öğrenci kodları asıl çalışma grubunda yer alan öğrenciler bazında hazırlanmış, elenen öğrenciler eklenmemiştir. Graplardan elenen öğrenci sayısı, grupta yer alan öğrenci sayısı sütununda belirtilmiştir.

Doğru akım konusuna yönelik Adidaktik Öğrenme Ortamı-1 (AÖO-1)'de dördü somut ardışık, biri somut random, dördü soyut random ve biri soyut ardışık öğrenme stillerine sahip olmak üzere 10 öğrenme stili grubu ve 36 öğrenci bulunmaktadır (Tablo 61). Bu öğrenci gruplarına ait video kayıtlarından elde edilen bulgular Tablo 62'de özetlenmiştir.

Tablo 62. Adidaktik Öğrenme Ortamı-1'e Katılan Öğrenme Stili Gruplarına Ait Video Kayıtlarından Elde Edilen Bulgular

Kriterler	Somar 1	Somar 2	Somar 3	Somar 4	Somras 1	Soyras 1	Soyras 2	Soyras 3	Soyras 4	Soyar 1
Sunulan probleme yönelik çözümü belirleme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Somut materyallerle çalışma	✓	✓	✓	✓						✓
Deney yapma	✓	✓	✓	✓						✓
• Deney araç gereçlerini tanıma ve kullanma/ deney malzemelerini doğru seçebilme	✓	✓	✓	✓						✓
• Deney düzeneğini kurabilme	✓	✓	✓	✓						✓
• Amacına uygun deneyi hazırlayabilme/deney problem durumu ilişkisi	✓	✓	✓	✓						✓
• Deney çalışmıyorsa gerekli işlemleri yapabilme/ hatayı bulabilme/hataları yorumlayabilme	✓	✓	✓	✓						✓
• Deney yaptıktan sonra belirli bir sonuç ve yargıya varabilme	✓	✓	✓	✓						✓
Çözüme yönelik strateji geliştirme					✓					
Problem çözme					✓					
• Problemi anlayabilme					✓					
• Probleme yönelik değişkenleri belirleme					✓					
Kavramların içeriklerini irdeleme						✓	✓	✓	✓	
• Belirli bir düzenle bilgileri yapılandırma						✓	✓	✓	✓	
• Karmaşık olarak bilgileri yapılandırma						✓	✓	✓	✓	
Kavramlar arası ilişkileri kurma						✓	✓	✓	✓	
• Kavramlar arasında hiyerarşik bir sınıflama yapabilme						✓	✓	✓	✓	
'Ortam' ile etkileşim içine girme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Kaynaklardan yararlanma	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
'Ortam' ile etkileşim içine girme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Geliştirilen stratejiyi test etme										
• Grup arkadaşları ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Sınıf arkadaşları ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Araştırmacı ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓					✓
'Ortam' ile etkileşim içine girme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dönüt alıp verme										
• Grup arkadaşları ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Sınıf arkadaşları ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Araştırmacı ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Yapılan çözümün niteliği										
• Bir çözüme ulaşılmış mı?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Yapılan çözüm özgün mü?						✓	✓	✓	✓	✓
• Yapılan çözüm var olan bir çözüm mü?	✓	✓	✓	✓	✓					

Adidaktik öğrenme ortamına somut ardışık öğrenme stiline sahip dört grup içindeki 16 öğrenciden 10'u katılmıştır. Bu sayı çalışma grubunda yer alan somut ardışık öğrenme stiline sahip öğrenci sayısının tamamıdır. Bu öğrenme stiline sahip öğrenciler için hazırlanan problem durumu olarak doğru akımın ne olduğuna dair ifadeler verilmiştir ve doğru akımın üretilebileceği bir deney düzeneği tasarımlar istenmiştir. Somar-1 grubunun geliştirdiği çözüm yolu öğrenme ortamına ait aşamalar çerçevesinde aşağıda sunulmuştur.

Eylem aşaması: Somar-1 grubu bu aşamada doğru akım ile ilgili fikirlerini yazarak deneylerini tasarlamaya odaklandılar. Deney tasarlama aşamasında doğru akımın ne olduğunu ortamda bulunan kaynak kitaplardan ve İnternet kaynaklarından araştırdılar. Yine, bu kaynaklardan faydalanarak doğru akımın nasıl üretildiğini buldular. Bu kaynaklardan elde ettikleri bilgileri toparlayarak teorik dayanaklarını oluşturdular (Şekil 20).

<p>Aklınıza gelen ilk fikirleri yazınız.</p> <p>Doğru akımın sürekli olduğu ve değişmediği geliyor- Her aynı yönde olduğu- Bunlara göre deney tasarlayacağız-</p>
<p>Deney tasarlarken izlediğiniz yolu adımlar halinde açıklayınız (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.)</p> <p>*Doğru akımı araştırdık - *Kitaplardan internetten yararlandık - *Nasıl çalıştığını öğrendik -</p>
<p>Deney tasarlarken yararlandığınız önemli teorik dayanaklarınız nelerdir? Açıklayınız.</p> <p>Zamanla yönü ve şiddeti değişmeyen akıma doğru akım denir- Pil; kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren araçlara denir- Akümülatör; kimyasal yolla elektrik enerjisi üretir araçtır- Dinamo; Hareket enerjisini DC elektrik enerjisine çeviren araçlardır-</p>

Şekil 20. Somar-1 grubunun eylem aşaması bulguları

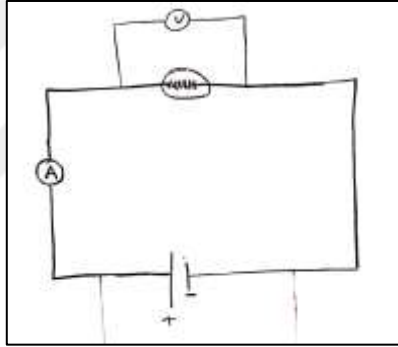
İfade etme aşaması: Somar-1 grubu, grup içinde bir devre kurdular ancak kurdukları bu devrede bulunan ampermetreden bir değer okuyamadılar. Devreyi yanlış kurduklarını düşünerek birkaç kez daha devreyi kurmayı denediler. Sonrasında Ö25 kodlu öğrenci güç kaynağındaki gerilim değerini artırmayı teklif etti. Gerilimi bir üst seviyeye çıkardıklarında

ampermetrede bir değer gözlemlenildi. Bu sürece ait öğrenci dökümanındaki ifadeler Şekil 21'de sunulmuştur.

Doğru akımı gözlemleyemediyse, nerede hata yapmış olabileceğinizi tartışınız. (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.)
 İlk başta devreyi kurduğumda devre 0-3V arasında idi. Devre çalışmadı. 0-15V arasında olacak şekilde düzenlediğimde devre çalıştı. Doğru Akımı gösterdik.

Şekil 21. Somar-1 grubunun ifade etme aşaması bulguları

Onaylama aşaması: Somar-1 grubu kurdukları devreyi arkadaşlarına tanıttılar. Ortamdaki tahtaya Şekil 22'de bulunan devre çizimini yaptılar ve devrenin nasıl çalıştığını çizim üzerinde gösterdiler.



Şekil 22. Somar-1 grubunun onaylama aşaması bulguları

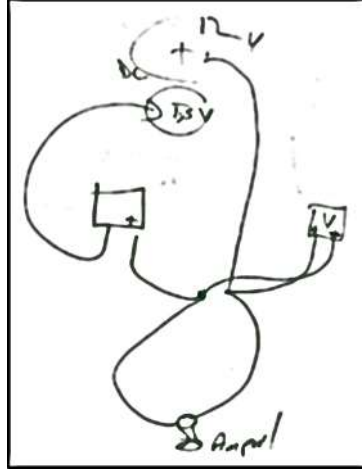
Somar-1 grubuna ait alan notlarından elde edilen bulgularda, grubun ilk olarak yaptıkları eylem doğru akım ile ilgili bilgi toplamak ve deney düzeneği tasarlamaktı. Öğrenciler deney düzeneğini birkaç defa kurmaya çalıştı. Araştırmacı bu grubun deney düzeneğini kurmakta güçlük yaşadığını gözlemlendi. Denemelerden sonra kurulan deney düzeneğinin çalıştığını, devreden doğru akım geçtiğini ve deney düzeneğinde hata bulunmadığını ifade ettikleri belirlendi. Bir diğer grup olan Somar-2 grubunun geliştirdiği çözüm yolu ortama ait aşamalar çerçevesinde aşağıda sunulmuştur.

Eylem aşaması: Somar-2 grubu doğru akım ile ilgili akıllarına ilk gelen ve doğru akımın ne olduğuna dair fikirlerini belirtmişlerdir. Deney tasarımında ise, devreyi nasıl kurduklarını ifade etmişlerdir. Tasarladıkları deney için yararlandıkları teorik dayanakları ise bir İnternet'ten yardım alarak sıralamışlardır.

<p>Aklınıza gelen ilk fikirleri yazınız.</p> <p>Dünya akım basit bir devre elemanı ile kutuplar arasında geçen akımdır.</p> <p>Akım her zaman sabit ve aynı yönde akımlardır.</p> <p>Akım varsa ve sabitse dirençte voltaj ve direnç sabittir.</p>
<p>Deney tasarlarken izlediğiniz yolu adımlar halinde açıklayınız (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.)</p> <p>Basit devre elemanları ile devre kurulduğunda devreye akım kurduktan sonra aralıklarla kendi fikirlerini sunup ampermetre ve voltmetre ile devre hakkında çıktı.</p>
<p>Deney tasarlarken yararlandığınız önemli teorik dayanaktan nelerdir? Açıklayınız.</p> <p>Ampermetre devreye katılmadan seri bağlanmalıdır, voltaj ölçümü için paralel bağlanmalıdır.</p> <p>Akımın her zaman sabit olması gerektiğini</p> <p>Akımın her zaman "+" kutuptan "-" kutuba gittiğini</p>

Şekil 23. Somar-2 grubunun eylem aşaması bulguları

İfade etme aşaması: Grup Şekil 23'te bulunan devreyi kurmaya çalıştılar ancak devreden akım geçmediğini farkettiler. Devre elemanlarını yanlış bağladıkları farkettilerinde devreyi kurabildiler.



Tasarladığınız deney düzeneği ile doğru akımı gözlemleyebildiniz mi?

Gözetimledik sonra deneyde bir sikinti olmadı.

Doğru akımı gözlemleyemediyse, nerede hata yapmış olabileceğinizi tartışınız. (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.)

Deneyde yanlış kurmuş olduğumuzu düşündük ama hocamızdan da yardım aldığımızda deney düzeneğinin doğru olduğunu öğrendik.

Şekil 24. Somar-2 grubunun ifade etme aşaması bulguları

Onaylama aşaması: Kurdukları devreyi arkadaşlarına tanıttılar ve nasıl çalıştığını anlattılar. Bu aşamada diğer grupların sunumlarından (soyar grubu) doğru akım ile elektromanyetik indüksiyon konuları arasında bir ilişki kurdukları görüldü.

Grupça deney tasarımınızı sınıf arkadaşlarınıza tanıtmak için kısa bir sunum hazırlayınız. Diğer grupların önerilerini dinleyiniz. Tasarımınızla diğer grupların önerilerini karşılaştırınız. Tasarımınızın hangi noktası/noktaları diğer gruplarınkinden farklıdır? Açıklayınız.

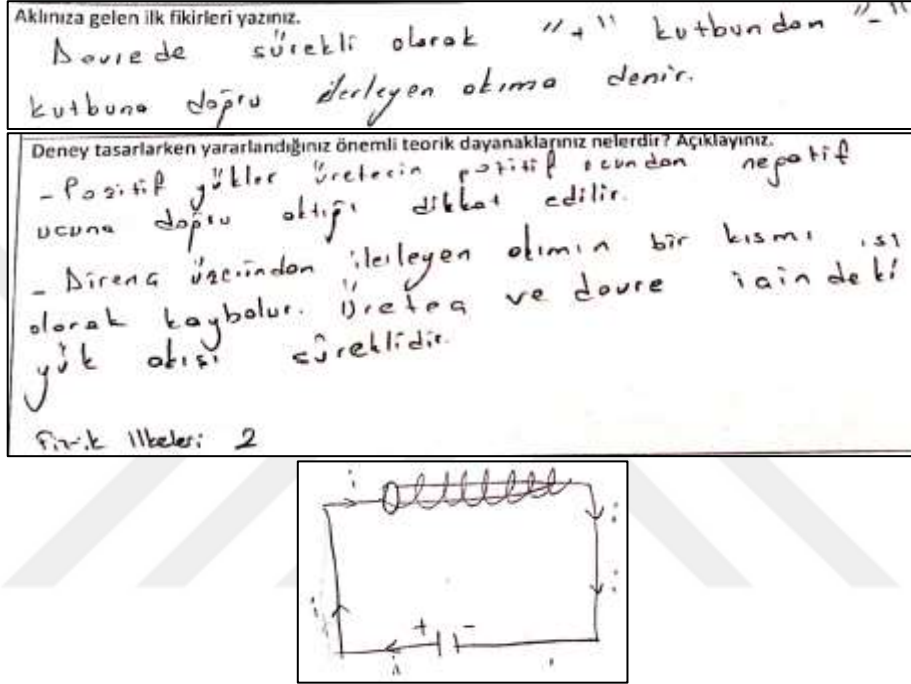
Doğru akımın indüksiyon akımıyla elde edilebilirliği ve bunun sayesinde borçlardan ücretsiz enerjiden doğru akımın elde edilmesini öğrenmek.

Şekil 25. Somar-2 grubunun onaylama aşaması bulguları

Somar-2 grubuna ait alan notlarından elde edilen bulgularda, ilk olarak doğru akım kavramını tanımlamaya ve tanımlarına uygun bir deney düzeneği geliştirmeye çalıştılar. Teorik olarak doğru akımın nasıl üretilebileceğini tespit etmişlerdi. Bu grupta yer alan öğrenciler, kaynak olarak İnternet kullandıkları gözlemlendi. Deney düzeneğini kurarken bu gruptaki öğrencilerin devre elemanlarını bağlarken sıkıntı çektikleri tespit edildi. Deney

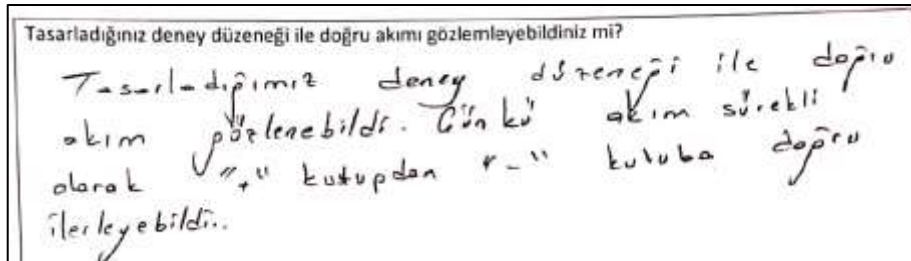
düzeneğini kurarken yaptıkları hataların güç kaynağına bağlama noktasında yaptıklarını ifade ettiler. Somar-3 grubunun geliştirdiği çözüm yolu ortama ait aşamalar çerçevesinde aşağıda sunulmuştur.

Eylem aşaması: Somar-3 grubu ilk önce birlikte doğru akım ile ilgili bir tanım oluşturaya çalıştılar. Bir üreteç, bir çivi ve bir tel kullanarak bir devre kurdular. Kurdukları devrede akımın nasıl davranacağına dair bir kaynak kitaptan edindikleri bilgileri yazdılar.



Şekil 26. Somar-3 grubunun eylem aşaması bulguları

İfade etme aşaması: Devre kurulumunda grup biraz kararsız kaldı. Ancak Ö24'ün ısrarı ile Şekil 26'da yer alan devreyi kurdular.



Şekil 27. Somar-3 grubunun ifade etme aşaması bulguları

Onaylama aşaması: Somar-3 grubu tasarladıkları deneyin sunumunu yaptıktan sonra, diğer gruplardan farklı olarak elektromıknatis üzerinden doğru akım ürettiklerini

ifade ettiler. Somar-3 grubuna ait alan notlarından elde edilen bulgularda, elektromıknatis deneyinde kullanılan devrenin doğru akım üretmek için doğru devre olduğunu düşünüyorlar. Grup üyelerinden biri (Ö24), bu devrede üreteç olmaması gerektiğini düşünüyor. Grubun diğer üyeleri bu konuda kararsız kalıyor. Ancak, Ö24'ün ısrarıyla devreyi kuruyorlar. Çivi iğneleri çektiğinde devrenin doğru akım ürettiğine inanıyorlar. Somar-4 grubunun geliştirdiği çözüm yolu ortama ait aşamalar çerçevesinde aşağıda sunulmuştur.

Eylem aşaması: Somar-4 grubu bir devre oluşturarak devredeki akımın varlığını ampermetre kurarak tespit edeceklerini belirtmişlerdir. Bu devrede seri ve paralel bağlama durumları ise ampermetre ve voltmetre ile ilgili olduğu deney tasarımına ait adımlardan ve devre çiziminden anlaşılmaktadır. Ortamda bulunan kaynak kitaplardan yararlanarak doru akım ve dirençlerin bağlanmasına dair teorik bilgiye ulaşmaya çalışmışlardır.

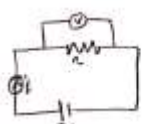
Aklınıza gelen ilk fikirleri yazınız.

Basit bir elektrik devresi kurularak doğru akım üretilmesini sağlarız. Bunu Ampermetre yardımıyla tespit ederiz. Seri ve paralel bağlayarak akımın değişikliğinin kanıtlanmaya çalışacağız.

Deney tasarlarken izlediğiniz yolu adımlar halinde açıklayınız (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.)

Bağlantı kabloları
Ampermetre
Üreteç
- Voltmetre
- Direnç

1) Doğru akımın + ucundan girip ampermetre devreye seri olarak bağlanır.
2) Akım, voltmetre ile dirençe seri, direnç ile voltmetrede paralel olarak bağlanır.
3) Doğru akımın - ucuda voltmetrenin diğer ucuna bağlanarak devre tamamlanır.



Deney tasarlarken yararlandığınız önemli teorik dayanaklarınız nelerdir? Açıklayınız.

Genel Fizik II
Klasik Elektrik ve Manyetizma Teorisine Giriş
→ Doğru Akım
→ Doğru Akım Devrelerinde Dirençlerin Bağlanması
→ Dirençlerin Seri ve Paralel Bağlanması

Şekil 28. Somar-4 grubunun eylem aşaması bulguları

İfade etme aşaması: devre elemanlarını devreye bağlarken yaşadıkları güçlükler nedeniyle devreyi kurmakta zorlandılar. Öğrenciler özellikle devre elemanlarını paralel bağlama konusunda grupta yer alan öğrenci ile konuştular. Devreyi tamamladıklarında ampermetreden geçen akımın değerinin değişmediği gördüklerinde Ö6 kodlu öğrenci doğru akımın sürekli olması ile ilgili bir açıklama yaptı (Şekil 29).

Tasarladığınız deney düzeneği ile doğru akımı gözlemleyebildiniz mi?
 Devreye bağlanan Ampermetre yardımıyla akımın sürekli olduğunu gözlemledik.

Şekil 29. Somar-4 grubunun ifade etme aşaması bulguları

Onaylama aşaması: Kurdukları devreyi diğer arkadaşlarına tanıtarak, devreden geçen akımın sürekli olduğunu nasıl tespit ettiklerini anlattılar. Ayrıca bir diğer grubun (somar-3) doğru akımı elde ettikleri elektromıknatis deneyi bu grubun dikkati çaktı.

Grupça deney tasarınızı sınıf arkadaşlarınıza tanıtmak için kısa bir sunum hazırlayınız. Diğer grupların önerilerini dinleyiniz. Tasarımınızla diğer grupların önerilerini karşılaştırınız. Tasarımınızın hangi noktası/noktaları diğer gruplarınkinden farklıdır? Açıklayınız.
 Başta gruptaki arkadaşlarımızda deneyimizde düzenlediğimiz doğru akımı aiviye tel sararak pil ve pil yatağı kullanarak toplu işle yaptık. Doğru akımın farklı yollarla tespit edildiğini gözlemledik.

Şekil 30. Somar-4 grubunun onaylama aşaması bulguları

Somar-4 grubuna ait alan notlarından elde edilen bulgularda, bu grubun üyeleri devreye devre elemanlarının seri veya paralel olarak nasıl bağlayabileceklerini konusunda grup içerisinde oldukça fikir alışverişinde bulundular.

Adidaktik öğrenme ortamında somut random öğrenme stiline sahip bir grup öğrenci bulunmaktadır. Somut random öğrenme stiline sahip öğrenciler için hazırlanan problem durumunda wheatstone köprüsüne ait bir devre verilmiş ve devre üzerindeki direnç değeri nasıl hesapladığını açıklanması istenmiştir. Somras-1 grubunun geliştirdiği çözüm yolu ortama ait aşamalar çerçevesinde aşağıda sunulmuştur.

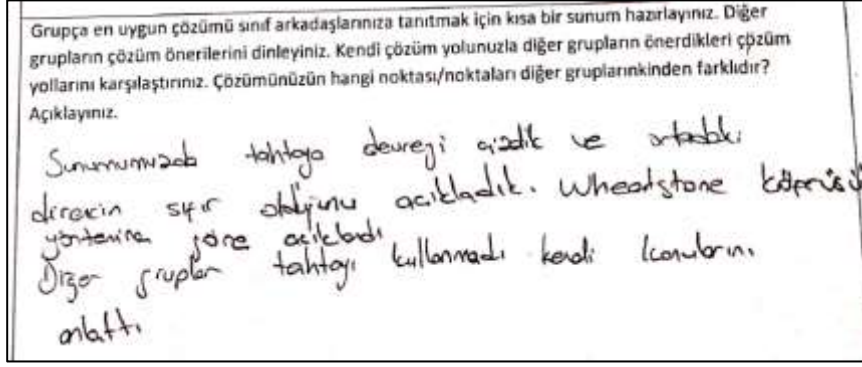
Eylem aşaması: Bu grupta yer alan öğrencilerin ilk önce dirençlerin karşılıklı olarak birbirini dengelemesi gerektiğini düşündüler. R_3 direncinin değerini bulmak yerine, karşılıklı dirençlerin çarpımının birbirine eşit olduğuna dair bir videodan bilgi edindikleri görülmüştür. Bu videodan yola çıkarak R_3 direncinin sıfır olacağını ve R_3 'ün yerine bağlanacak bir voltmetrenin de sıfır gerilim göstereceğini ifade etmişlerdir. Teorik dayanak olarak ise, videodan elde ettikleri bilgileri göstermişlerdir.

<p>Aklınıza gelen ilk cevap nedir?</p> <p>Karşılıklı dirençler var birbirini dengelemesi lazım Dirençlerin eşitliği var. Wheatstone köprüsü. $R_{11} \cdot R_{22} = R_{33} \cdot R_{44}$ eşitliğinde dirençlerin kesitli değeri bulunur.</p>
<p>Bu soruya ait bir çözümü nasıl bulabilirsiniz? Çözüm yolu/yolları hakkında kısaca düşüncelerinizi belirtiniz (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.) Açıklayınız.</p> <p>$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$ eşitliği kullanılarak kore zeklindeki dirençlerden istenilen bulunabilir. NOT: Videodaki bilgilere göre R_3 direnci sıfır olur. Denge durumunda R_3 dirençlerinin göre 1 voltta köprüden akım sıfır akımını gösterir.</p>
<p>Yaptığınız çözüm için önemli teorik dayanaklarınız nelerdir? Açıklayınız.</p> <p>internet, Wheatstone köprüsü yöntemi Bu yöntemle göre dirençler kore olduğunda ve oradaki direnç istendiğinde bu yöntem kullanılır.</p>

Şekil 31. Somras-1 grubunun eylem aşaması bulguları

İfade etme aşaması: Bu aşamada ise, öğrencilerin videodan edindikleri bilgileri kullanarak (dirençlerin bağlanması) Wheatson köprüsüne ait bir formül elde ettiklerini ifade etmişlerdir.

Onaylama aşaması: Somras-1 grubu onaylama aşamasında tahtaya problem durumlarını oluşturan devreyi çizdiler ve bu devre üzerinde nasıl bir işlem yaptıklarını anlattılar. Bu formülün İnternet'teki kaynaklardan yararlanarak Wheatson köprüsü ile ilgili olduğunu tespit ettiklerini belirttiler.



Şekil 32. Somras-1 grubunun onaylama aşaması bulguları

Somras-1 grubuna ait alan notlarından elde edilen bulgularda, öğrencilerin buldukları ilk bilgiler içinde karşılıklı dirençlerin birbirini dengeleyeceği ve dirençlerin eşit olması gerektiğini buldular. Bilgi kaynağı olarak web sitelerinden yararlandığı gözlemlendi. İnternet'teki bilgiler arasında buldukları devrelerde hesaplanması istenen direnç yerinde ampermetre olduğunu gördüler. Potansiyel farkın sıfır olması gerektiği buldular ama nedeni hakkında bilgileri bulunmuyordu. Buldukları çözümü seri ve paralel bağlı devrelerden yola çıkarak direnç değerini bulabileceklerini tespit ettiler. Ayrıca bu grubun bir üyesi olan Ö22'nin sık sık somar grubundan Ö3 ile fikir alışverişinde bulunduğu görüldü.

Adıdaki öğrenme ortamında soyut random öğrenme stiline sahip dört gruptaki 15 öğrenciden 11'i bulunmaktadır. Bu sayı çalışma grubunda yer alan soyut random öğrenme stiline sahip öğrenci sayısının tamamıdır. Soyut random öğrenme stiline sahip öğrenciler için hazırlanan problem durumu olarak doğru akım konusu içerisinde yer alan 15 kavram verilmiş ve bu kavramları kullanarak bir harita hazırlamaları istenmiştir. Soyras-1 grubunun geliştirdiği çözüm yolu ortama ait aşamalar çerçevesinde aşağıda sunulmuştur.

Eylem aşaması: Öğrencilerin verilen her bir kavram için Şekil 31'de yer alan örnekte olduğu gibi tek tek bütün kavramlar hakkında bilgi topladıkları görüldü. Kavramlar arasında ilişki kurmaya çalışarak kavramlar arası bağlantıları oluşturdu ve kavram haritasını çizdiler. Bu gruptaki öğrenciler teorik dayanaklarını İnternet'ten ve bir kaynak kitaptan bulduklarını ifade etmişlerdir.

Kavram haritasını oluştururken izlediğiniz yolu adımlar halinde açıklayınız (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.)

→ Herbir kavramın tek tek araştırıldı.
 → Terimler arasındaki bağlantılar incelendi.
 → Bağlantıdan yola çıkarak kavram haritası oluşturuldu.

Doğru akım
 Elektrik yüklerinin yüksek potansiyalden düşük olana doğru sabit olarak akmasıdır. Doğru akımda, elektrik yüklerinin aynı yönde akması doğru akımı alternatif akımından ayırır. Doğru akım zamanla kutbu değişmeyen akım türüdür.

Akım Nedir
 Alandan birim zamanda geçen elektrik yükü miktarına akım denir.

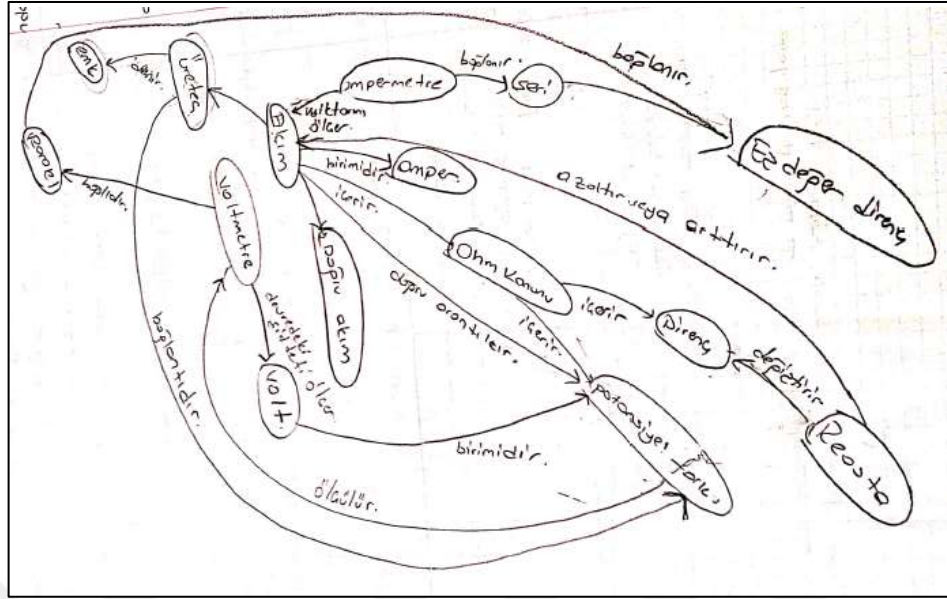
Amper Nedir
 Elektrikte akım şiddet birimi. → Seri bağlantı.
 Bir iletkenin belli bir kesitinden saniyede bir kulonluk elektrik yükü geçerse akım şiddeti bir amper olur.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Şekil 33. Soyra-1 grubunun eylem aşaması bulguları

İfade etme aşaması: Öğrencilerin görev paylaşımı yaparak kavramları tek tek araştırıp not aldıkları ve bilgi bulamadıkları kavramlarda birbirlerinden yardım istedikleri izlendi.

Onaylama aşaması: Öğrenciler oluşturdukları kavram haritasını sınıfa sundular. Kavramlar arasında kurdukları ilişkileri ve bağlantıları açıkladılar (Şekil 34). Diğer grupların sunumundan ise, elektromanyetik indüksiyon ile akım oluşturup doğru akım üretilebildiğini öğrendiklerini belirtmiştir.



Grupça hazırladığınız kavram haritasını sınıf arkadaşlarınıza tanıtmak için kısa bir sunum hazırlayınız. Diğer gruplara önerilerini dinleyiniz. Kavram haritanızın hangi noktası/noktaları diğer gruplarınkinden farklıdır? Açıklayınız.

farklı kavramlar eklemedik. Deney düzeniği kurmadık. Sadece kavram haritası hazırladık. İndüksiyon akımı kullanarak doğru akımı elde edildiğini göreceğ.

Şekil 34. Soyras-1 grubunun onaylama aşaması bulguları

Soyras-1 grubuna ait alan notlarından elde edilen bulgularda, öğrenci grubu da verilen kavramları İnternet'ten ve yazılı kaynaklardan kapsamlı bir şekilde tarandı. Tanımlar ve kavramlar arasındaki bağlantılar incelendi ve kavram haritası taslağı hazırlandı. Soyras-1 grubu verilen kavramlara kavram eklememiştir. Soyras-2 grubunun geliştirdiği çözüm yolu ortama ait aşamalar çerçevesinde aşağıda sunulmuştur.

Eylem aşaması: Soyras-2 grubu kavram haritası hazırlamak için ilk önce kavramlar hakkında tarama yaptıklarını, tarama sonucu elde ettikleri bilgileri değerlendirdiklerini ve sonrasında kavram haritası çizmeye hazırlandıkları görülmüştür.

Kavram haritasını oluştururken izlediğiniz yolu adımlar halinde açıklayınız (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.)

- 1-) internet ve kaynak kitaplardan yararlandık.
- 2-) Daha sonra edindiğimiz bilgileri değerlendirdik.
- 3-) Değerlendirme sonuçlarına göre kavram haritasını oluşturmayı başladık.
- 4-) Elimizde bulunan errakları doğru bir şekilde doldurduk.

Kavram haritasını oluştururken yararlandığınız önemli teorik dayanaklarınız nelerdir? Açıklayınız.

- 1- internetten yararlandı.
- 2- Kaynak kitaptan yararlandı.
- 3- Kendi edinmiş olduğumuz bilgilerde bakıldı.

Şekil 35. Soyra-2 grubunun eylem aşaması bulguları

İfade etme aşaması: Grup arkadaşları ile birlikte kavramları birbiri ile ilişkilendirdikleri görülmüştür.

Onaylama aşaması: Oluşturdukları kavram haritasındaki (Şekil 36) kavramları nasıl ilişkilendirdiklerini açıklamışlardır. Diğer grupların sunumlarını dinledikten sonra kavram haritasına kavram ekledikleri görülmüştür.

<p>Kavram haritasını oluştururken izlediğiniz yolu adımlar halinde açıklayınız (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.)</p> <p>İlk olarak grup arkadaşlarımızla internet ve kitap üzerinden kapsamlı bir araştırma yaptık. Kavramlara uygun bir şekilde kavram haritamızın taslağını oluşturduk. Şimdiye yerleştirilen kavramları yukarıdan eleedik.</p>
<p>Kavram haritasını oluştururken yararlandığınız önemli teorik dayanaklarınız nelerdir?</p> <p>Arkadaş Yayınları Tenel Fizik Kitabı Sayfa 729 (Direnci) internet (Ohm Yasası, reosta, EMK)</p>

Şekil 37. Soyras-3 grubunun eylem aşamasına ait bulgular

İfade etme aşaması: Grubun ilk önce kavram haritasını çizmeye Ohm yasasından başlamışlardı. Ancak sonrasında daha merkezi bir kavram bularak elektrik kavramını kullanarak kavram haritasını çizdiler.

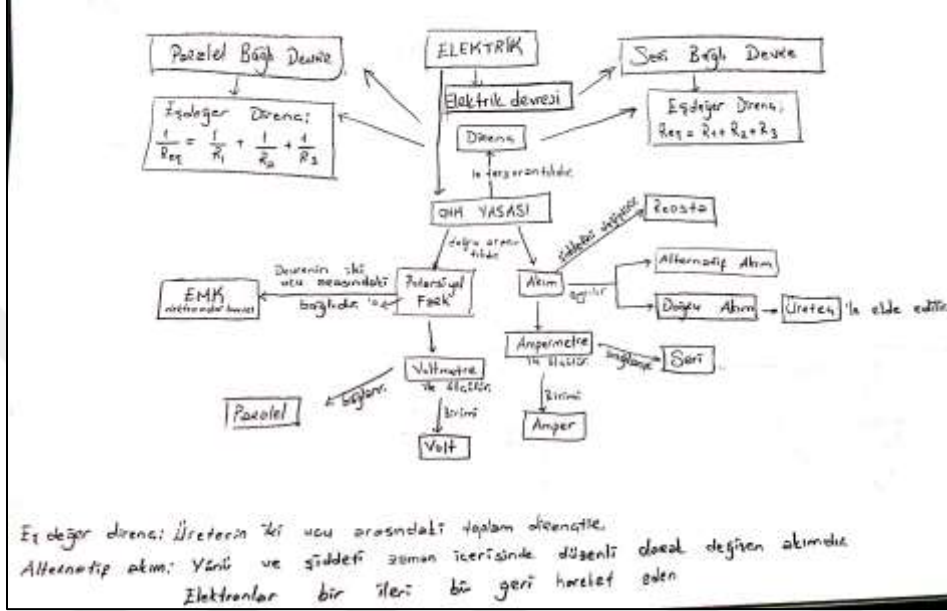
<p>Oluşturduğunuz kavram haritasının içerisinde değiştirilmesi gerektiğini ifadenizi/nadelerin var olduğunu düşünüyor musunuz? (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.) Açıklayınız.</p> <p>Ohm Yasasını merkeze aldık fakat verilen kavram lar doğrultusunda Elektrik kavramını merkeze aldık</p>

Şekil 38. Soyras-3 grubunun ifade etme aşamasına ait bulgular

Onaylama aşaması: Soyras-3 grubu çizdikleri kavram haritasını açıkladılar. Ancak onaylama aşamasından sonra kendi kavram haritalarına bir ekleme yapmamışlardır.

Grupça hazırladığınız kavram haritasını sınıf arkadaşlarınıza tanıtmak için kısa bir sunum hazırlayınız. Diğer grupların önerilerini dinleyiniz. Kavram haritanızın hangi noktası/noktaları diğer gruplarınkinden farklıdır? Açıklayınız.

Bizim yaptığımız sunumda tüm kavramlar kullanıldı. Daha ayrıntılı ve açıklayıcı bir sunum olduğunu düşünüyoruz.



Şekil 39. Soyras-3 grubunun onaylama aşamasına ait bulgular

Soyras-3 grubuna ait alan notlarından elde edilen bulgularda, bu grupta yer alan öğrencilerin onaylama aşamasına kadar diğer gruplarla fazla iletişime geçmeden kendi kavram haritalarını hazırlamaya odaklandıkları görülmüştür. Soyras-4 grubunun geliştirdiği çözüm yolu ortama ait aşamalar çerçevesinde aşağıda sunulmuştur.

Eylem aşaması: Soyras-4 grubu kavram haritası hazırlarken bir merkez kavram belirlemişlerdir. Diğer kavramları araştırıp bu merkez kavram ile ilişkisini tespit etmişlerdir.

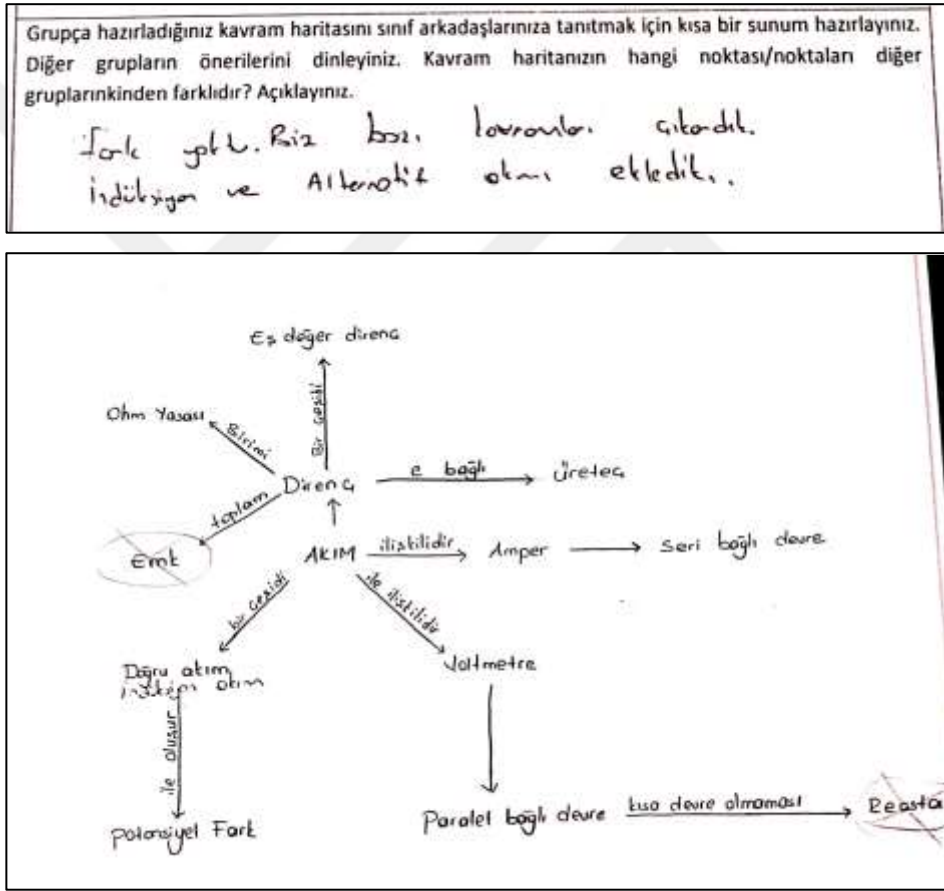
Kavram haritasını oluştururken izlediğiniz yolu adımlar halinde açıklayınız (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.)

Bir tane paralel tanım ele aldık. Bu tanımdan yola çıkarak kavram haritasını tanımları ilişkilerle oluşturduk.

Şekil 40. Soyras-4 grubunun eylem aşamasına ait bulguları

İfade etme aşaması: Kavram haritası hazırlanırken öğrenciler elektromotor kuvvet ve reosta kavramlarını kavram haritasına nasıl yerleştireceklerini tartışmışlardır. Grup arasında ortak bir fikir oluşturamayınca onaylama aşamasında diğer öğrencilerin görüşlerini almayı umut ettiler.

Onaylama aşaması: Oluşturdukları kavram haritasını diğer gruplara sundular. Sunum sırasında bir önceki aşamada kavram haritasına yerleştirmekte güçlük yaşadıkları kavramları ifade ettiler. Diğer gruplardan da net bir yaklaşım gelmeyince Soyra-4 grubu bu kavramları kavram haritalarından çıkardılar. Bu kavramların yerine alternatif akım gibi kavramlar eklediler.

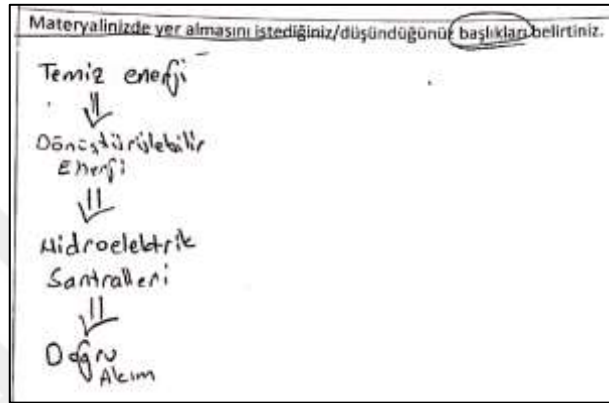


Şekil 41. Soyra-4 grubuna ait onaylama aşaması bulguları

Soyra-4 grubuna ait alan notlarından elde edilen bulgularda, grubun bazı kavramlar için hangi kaynaktan faydalanabileceklerini bilmedikleri ve bu sebeple bu kavramları net olarak kavrayamadıkları görülmüştür. Diğer gruplarda yer alan öğrencilerden de bekledikleri dönütleri alamayınca bu kavramları kavram haritalarından çıkarmaya karar verdiler.

Adidaktik öğrenme ortamında soyut ardışık öğrenme stiline sahip bir grup öğrenci bulunmaktadır. Soyut random öğrenme stiline sahip öğrenciler için hazırlanan problem durumu olarak doğru akım konusu için içeriğin ve şeklini kendilerinin belirleyecekleri bir materyal hazırlamaları istenmiştir. Soyar-1 grubunun geliştirdiği çözüm yolu ortama ait aşamalar çerçevesinde aşağıda sunulmuştur.

Eylem aşaması: Bu grup ilk önce barajlardaki elektrik üretimini düşünerek doğru akım üretilmesine yönelik bir devre kurmayı amaçladılar.



Materyalinizi hazırlarken izlediğiniz yolu adımlar halinde açıklayınız (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.)

• İlk olarak halkın tanıdığı ünlü bir kişiliği kapak olarak seçebiliriz.

• Posterin küçük bir kısmında hidroelektrik santrallerin ve barajların dönüştürülebilir bir enerji olduğunu sergileyen zarar vermeden üretebilen bir enerji olduğunu açıklayabiliriz.

Düşünceler

• Ünlü bir kişilik yardımı ile halka yakın bir şekilde panel düzenleyebiliriz.

• Paneli resimlerle ve resimlerle destekleyebiliriz.

Şekil 42. Soyar-1 grubunun eylem aşamasına ait bulguları

İfade etme aşaması: Grup üyeleri planladıkları bu deneyi gerçekleştirmenin araştırmaları sonucunda uzun ve zahmetli bir iş olacağını düşünerek daha basit bir devre ile akım üretmeye karar verdiler. Elektromanyetik indüksiyon ile akım üretecek ve bu akımın doğru akım olduğunu ifade ettiler.

Onaylama aşaması: Grup üyeleri yaptıkları deneyi sundular ve diğer grupların bu grubun çalışmasına yönelik bir öneriler olmadı. Soyar-1 grubuna ait alan notlarından elde edilen bulgularda, öğrencilerin barajda üretilen doğru akımı gösteren bir deney tasarlamayı planlamışlardı. Ancak barajdan elektrik akımı elde edebilmek için indüksiyon

bobini kullanıldı ve devreyi kurarken devre uçlarından birini DC'ye birini AC'ye bağladığı görüldü.

4. 5. 1. 2. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Elektromanyetik İndüksiyon Konusuna Ait Öğrenme Sürecine Yönelik Bulgular

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusuna yönelik öğrenme süreci Adidaktik Öğrenme Ortamı-2 (AÖO-2)'de yürütülmüştür. Adidaktik öğrenme ortamına öğrencilerin öğrenme stillerine ait gruplar içerisindeki dağılımı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 63. Adidaktik Öğrenme Ortamı-2'ye Katılan Öğrenme Stili Grupları ve Öğrenciler

Öğrenme stili grubu	Grupta yer alan öğrenci kodları*	Grupta yer alan öğrenci sayısı
Somar 1	Ö2, Ö7, Ö25	4 (1 öğrenci elenmiş)
Somar 2	Ö20, Ö27	4 (2 öğrenci elenmiş)
Somar 3	Ö21, Ö24, Ö26	4 (1 öğrenci elenmiş)
Somar 4	Ö6, Ö14	3 (1 öğrenci elenmiş)
Somras 1	Ö4, Ö15, Ö17, Ö22	4
Soyras 1	Ö5, Ö8, Ö9, Ö11	4
Soyras 2	Ö13, Ö16, Ö23	3
Soyras 3	Ö3, Ö10, Ö12	4 (1 öğrenci elenmiş)
Soyras 4	Ö19,	2 (1 öğrenci elenmiş)
Soyar 1	Ö1, Ö18	2

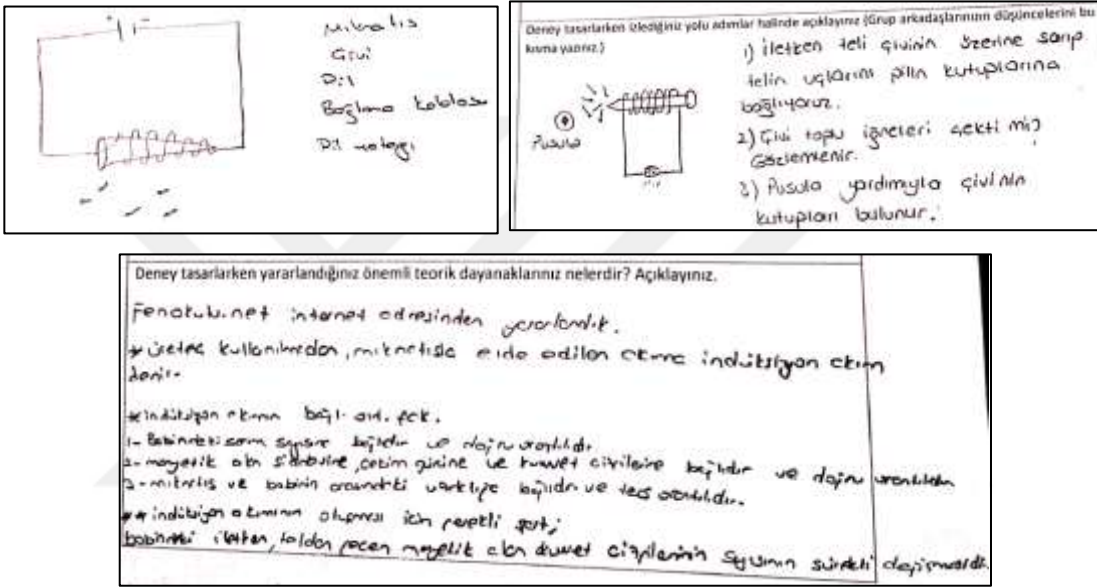
*Öğrenci kodları asıl çalışma grubunda yer alan öğrenciler bazında hazırlanmış, elenen öğrenciler eklenmemiştir. Gruplardan elenen öğrenci sayısı, grupta yer alan öğrenci sayısı sütununda belirtilmiştir.

Elektromanyetik indüksiyon konusuna yönelik tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamı-2 (AÖO-2)'de 10 öğrenme stili grubu ve 34 öğrenci bulunmaktadır. Bu grupların ikisi somut ardışık, biri somut random, ikisi soyut random ve biri soyut ardışık öğrenme stillerine sahip öğrencilerdir (Tablo 63). Bu öğrenci gruplarına ait video kayıtlarından elde edilen bulgular Tablo 64'te sunulmuştur.

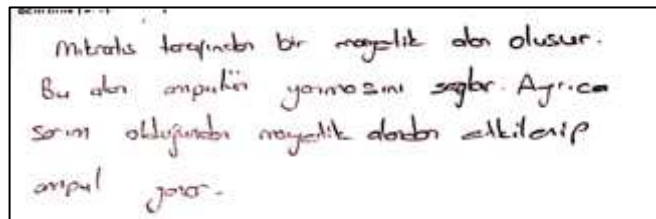
Tablo 64. Adidaktik Öğrenme Ortamı-2'ye Katılan Öğrenme Stili Gruplarına Ait Video Kayıtlarından Elde Edilen Bulgular

Kriterler	Somar 1	Somar 2	Somar 3	Somar 4	Somras 1	Soyras 1	Soyras 2	Soyras 3	Soyras 4	Soyar 1
Sunulan probleme yönelik çözümü belirleme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Somut materyallerle çalışma	✓	✓	✓	✓						✓
Deney yapma	✓	✓	✓	✓						✓
• Deney araç gereçlerini tanıma ve kullanma/ deney malzemelerini doğru seçebilme	✓	✓	✓	✓						✓
• Deney düzeneğini kurabilme	✓	✓	✓	✓						✓
• Amacına uygun deneyi hazırlayabilme/deney problem durumu ilişkisi	✓	✓	✓	✓						✓
• Deney çalışmıyorsa gerekli işlemleri yapabilme/hatayı bulabilme/hataları yorumlayabilme	✓	✓	✓	✓						✓
• Deney yaptıktan sonra belirli bir sonuç ve yargıya varabilme	✓	✓	✓	✓						✓
Çözümü yönelik strateji geliştirme					✓					
Problem çözme					✓					
• Problemi anlayabilme					✓					
• Probleme yönelik değişkenleri belirleme					✓					
Kavramların içeriklerini irdeleme						✓	✓	✓	✓	
• Belirli bir düzenle bilgileri yapılandırma						✓	✓	✓	✓	
• Karmaşık olarak bilgileri yapılandırma						✓	✓	✓	✓	
Kavramlar arası ilişkileri kurma						✓	✓	✓	✓	
• Kavramlar arasında hiyerarşik bir sınıflama yapabilme						✓	✓	✓	✓	
'Ortam' ile etkileşim içine girme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Kaynaklardan yararlanma	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
'Ortam' ile etkileşim içine girme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Grup arkadaşları ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Sınıf arkadaşları ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Araştırmacı ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓					✓
'Ortam' ile etkileşim içine girme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Grup arkadaşları ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Sınıf arkadaşları ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Araştırmacı ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Yapılan çözümün niteliği										
• Bir çözüme ulaşılmış mı?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Yapılan çözüm özgün mü?						✓	✓	✓	✓	✓
• Yapılan çözüm var olan bir çözüm mü?	✓	✓	✓	✓	✓					

Adidaktik öğrenme ortamına somut ardışık öğrenme stiline sahip dört grup içindeki 16 öğrenciden 10'u katılmıştır. Adidaktik öğrenme ortamında somut ardışık öğrenme stiline sahip 4 grup öğrenci bulunmaktadır. Somut ardışık öğrenme stiline sahip öğrenciler için hazırlanan problem durumu olarak elektromanyetik indüksiyon konusuna dair ifadeler verilmiştir ve elektromanyetik indüksiyon ile akımın üretilebileceği bir deney düzeneği tasarımlar istenmiştir. Konu ile ilgili devreleri araştırdıkları ve özellikle bobin kullanılarak devre kurmaya çalıştıkları görüldü. Somar öğrenme stili gruplarının geliştirdiği çözüm yolları aşağıda sunulmuştur.

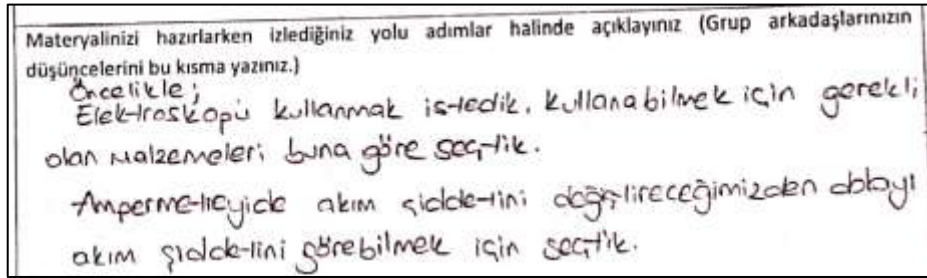


Adidaktik öğrenme ortamında somut random öğrenme stiline sahip bir grup öğrenci bulunmaktadır. Somut random öğrenme stiline sahip öğrenciler için hazırlanan problem durumunda mıknatısla ampul bağlanmış demir bir arabada verilmiş ve ampulün yanma durumunun açıklanması istenmiştir. Öğrenciler manyetik alan sebebiyle ampulün yanacağını belirttikleri görüldü. Somras-1 grubunun geliştirdiği çözüm yolu aşağıda sunulmuştur.



Şekil 44. Somras öğrenme stili grubunun çözümünden örnek

Adidaktik öğrenme ortamında soyut ardışık öğrenme stiline sahip bir grup öğrenci bulunmaktadır. Soyut ardışık öğrenme stiline sahip öğrenciler için hazırlanan problem durumu olarak elektromanyetik indüksiyon konusu için içeriğin ve şeklini kendilerinin belirleyecekleri bir materyal hazırlamaları istenmiştir. Soyar-1 grubunun geliştirdiği çözüm yolu aşağıda sunulmuştur.



Şekil 46. Soyar öğrenme stili grubunun çözümünden örnek

4. 5. 1. 3. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Alternatif Akım Konusunu Öğrenme Sürecine Yönelik Bulgular

Öğrencilerin alternatif akım konusuna yönelik öğrenme süreci Adidaktik Öğrenme Ortamı-3 (AÖO-3)'te yürütülmüştür. Adidaktik öğrenme ortamına öğrencilerin öğrenme stillerine ait gruplar içerisindeki dağılımı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 65. Adidaktik Öğrenme Ortamı-3'e Katılan Öğrenme Stili Grupları ve Öğrenciler

Öğrenme stili grubu	Grupta yer alan öğrenci kodları*	Grupta yer alan öğrenci sayısı
Somar 1	Ö2, Ö7, Ö25	3
Somar 2	Ö20, Ö27	5 (3 öğrenci elenmiş)
Somar 3	Ö21, Ö24, Ö26	4 (1 öğrenci elenmiş)
Somar 4	Ö6, Ö14	4 (2 öğrenci elenmiş)
Somras 1	Ö4, Ö15, Ö17, Ö22	4
Soyras 1	Ö5, Ö8, Ö9, Ö11	4
Soyras 2	Ö13, Ö16, Ö23	3
Soyras 3	Ö3, Ö10, Ö12	3
Soyras 4	Ö19,	3 (2 öğrenci elenmiş)
Soyar 1	Ö1, Ö18	2

*Öğrenci kodları asıl çalışma grubunda yer alan öğrenciler bazında hazırlanmış, elenen öğrenciler eklenmemiştir. Gruplardan elenen öğrenci sayısı, grupta yer alan öğrenci sayısı sütununda belirtilmiştir.

Alternatif akım konusuna yönelik Adidaktik Öğrenme Ortamı-3 (AÖO-3)'de 10 öğrenme stili grubu ve 35 öğrenci bulunmaktadır. Bu grupların ikisi somut ardışık, biri

somut random, ikisi soyut random ve biri soyut ardışık öğrenme stillerine sahip öğrencilerdir (Tablo 65). Bu öğrenci gruplarına ait video kayıtlarından elde edilen bulgular Tablo 66'da sunulmuştur.



Tablo 66. Adidaktik Öğrenme Ortamı-3'e Katılan Öğrenme Stili Gruplarına Ait Video Kayıtlarından Elde Edilen Bulgular

Kriterler	Somar 1	Somar 2	Somar 3	Somar 4	Somras 1	Soyras 1	Soyras 2	Soyras 3	Soyras 4	Soyar 1
Sunulan probleme yönelik çözümü belirleme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Somut materyallerle çalışma	✓	✓	✓	✓						✓
Deney yapma	✓	✓	✓	✓						✓
• Deney araç gereçlerini tanıma ve kullanma/ deney malzemelerini doğru seçebilme	✓	✓	✓	✓						✓
• Deney düzeneğini kurabilme	✓	✓	✓	✓						✓
• Amacına uygun deneyi hazırlayabilme/deney problem durumu ilişkisi	✓	✓	✓	✓						✓
• Deney çalışmıyorsa gerekli işlemleri yapabilme/hatayı bulabilme/hataları yorumlayabilme	✓	✓	✓	✓						✓
• Deney yaptıktan sonra belirli bir sonuç ve yargıya varabilme	✓	✓	✓	✓						✓
Çözümeye yönelik strateji geliştirme					✓					
• Problemi anlayabilme					✓					
• Probleme yönelik değişkenleri belirleme					✓					
Kavramların içeriklerini irdeleme						✓	✓	✓	✓	
• Belirli bir düzenle bilgileri yapılandırma						✓	✓	✓	✓	
• Karmaşık olarak bilgileri yapılandırma						✓	✓	✓	✓	
Kavramlar arası ilişkileri kurma						✓	✓	✓	✓	
• Kavramlar arasında hiyerarşik bir sınıflama yapabilme						✓	✓	✓	✓	
'Ortam' ile etkileşim içine girme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Kaynaklardan yararlanma	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Geliştirilen stratejiyi test etme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Grup arkadaşları ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Sınıf arkadaşları ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Araştırmacı ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓					✓
'Ortam' ile etkileşim içine girme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Grup arkadaşları ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Sınıf arkadaşları ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Araştırmacı ile etkileşim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Yapılan çözümün niteliği										
• Bir çözüme ulaşılmış mı?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Yapılan çözüm özgün mü?						✓	✓	✓	✓	✓
• Yapılan çözüm var olan bir çözüm mü?	✓	✓	✓	✓	✓					

Adidaktik öğrenme ortamına somut ardışık öğrenme stiline sahip dört grup içindeki 16 öğrenciden 10'u katılmıştır. Adidaktik öğrenme ortamında somut ardışık öğrenme stiline sahip 4 grup öğrenci bulunmaktadır. Somut ardışık öğrenme stiline sahip öğrenciler için hazırlanan problem durumu olarak alternatif akım konusuna dair ifadeler verilmiştir ve akımın üretilebileceği bir deney düzeneği tasarımlar istenmiştir. Konu ile ilgili devreleri araştırdıkları ve özellikle bobin kullanılarak devre kurmaya çalıştıkları görüldü. Somar öğrenme stili gruplarının geliştirdiği çözüm yolları aşağıda sunulmuştur.

Grupça deney tasarımını sınıf arkadaşlarınıza tanıtmak için kısa bir sunum hazırlayınız. Diğer grupların önerilerini dinleyiniz. Tasarımınızla diğer grupların önerilerini karşılaştırınız. Tasarımınızın hangi noktası/noktaları diğer gruplarınkinden farklıdır? Açıklayınız.

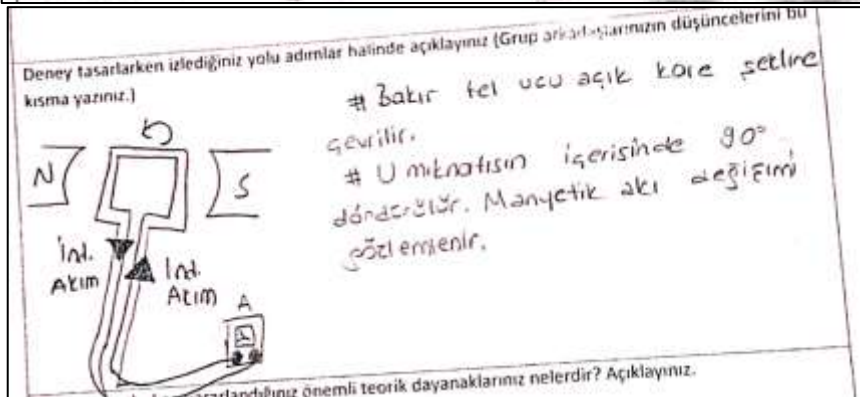
Alternatif akım frekansla bağlı birim Hertz'dir. Alternatif akım yönü ve şiddeti değişmeyen akım.



Deney tasarlarken izlediğiniz yolu adımlar halinde açıklayınız (Grup arkadaşlarınızın düşüncelerini bu kısma yazınız.)

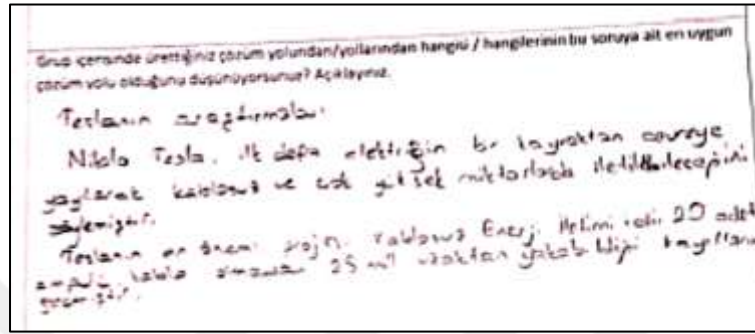
* bağlantı kabloları (2 adet)
* Sarın haline getirilmiş kablo
* Pusula

=> Güç kaynağının çıkan bağlantı kabloları sarın haline getirilmiş kabloya bağlandı. Pusulalar yan yana getirildi ve ortasına kablolarla bağlanmış sarımsı kablo koyuldu. Pusula Güç kaynağının çıkışına pusulanın ibresi karşı.



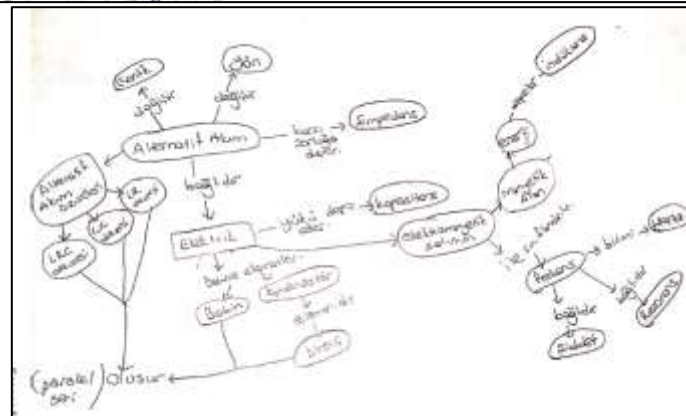
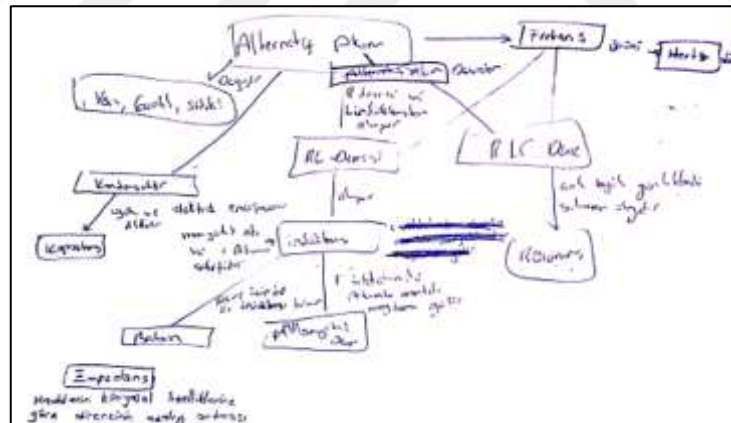
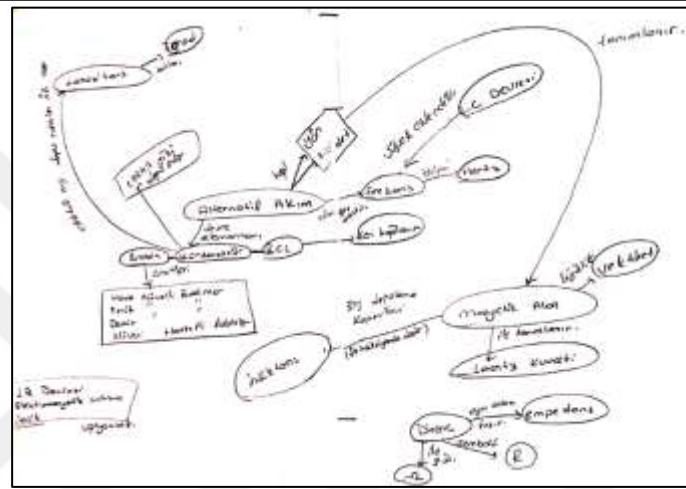
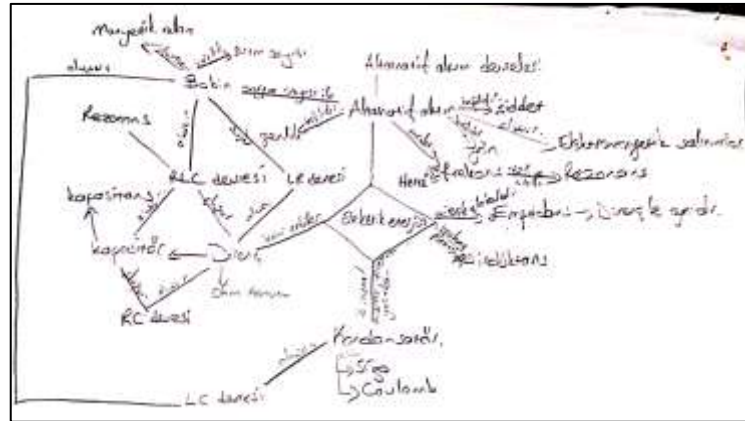
Şekil 47. Somar öğrenme stilleri gruplarının çözümlerinden örnekler

Adidaktik öğrenme ortamında somut random öğrenme stiline sahip bir grup öğrenci bulunmaktadır. Somut random öğrenme stiline sahip öğrenciler için hazırlanan problem durumunda Tesla'nın çalışmalarından kablosuz enerji aktarımı ile ilgili bir örnek verilmiş ve bu örneğin açıklanması istenmiştir. Somras-1 grubunun geliştirdiği çözüm yolu aşağıda sunulmuştur.



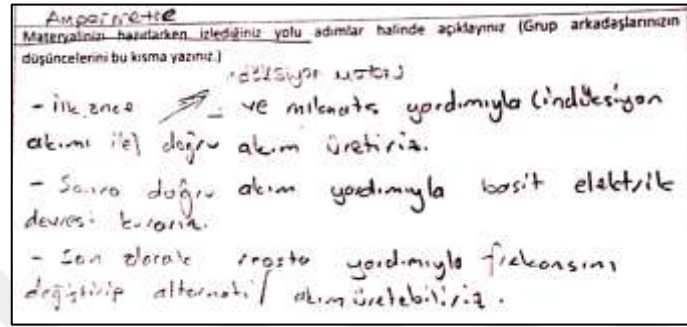
Şekil 48. Somras grubunun çözümüne yönelik örnek

Adidaktik öğrenme ortamında soyut random öğrenme stiline sahip 4 grup öğrenci bulunmaktadır. Soyut random öğrenme stiline sahip öğrenciler için hazırlanan problem durumu olarak alternatif akım konusu içerisinde yer alan 20 kavram verilmiş ve bu kavramları kullanarak bir harita hazırlamaları istenmiştir. Her iki öğrenci grubu da verilen kavramları İnternet'ten ve yazılı kaynaklardan kapsamlı bir şekilde tarandı. Tanımlar ve kavramlar arasındaki bağlantılar incelendi ve kavram haritası taslağı hazırlandı. Soyras öğrenme stili gruplarının geliştirdiği çözüm yolları aşağıda sunulmuştur.



Şekil 49. Soyras öğrenme stillerine sahip gruplarının çözümlerinden örnekler

Adidaktik öğrenme ortamında soyut ardışık öğrenme stiline sahip bir grup öğrenci bulunmaktadır. Soyut ardışık öğrenme stiline sahip öğrenciler için hazırlanan problem durumu olarak alternatif akım konusu için içeriğin ve şeklini kendilerinin belirleyecekleri bir materyal hazırlamaları istenmiştir. Soyar-1 grubunun geliştirdiği çözüm yolu aşağıda sunulmuştur.



Şekil 50. Soyar grubundaki öğrencilerin çözümünden örnek

4. 5. 2. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Öğrenme Sürecini ve Süreç İçerisinde Kendilerini Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular

Öğrencilerin BİÖH formunda yer alan sorulara verdikleri cevaplar konular çerçevesinde düşünülerek sırayla açıklanmıştır: Örneğin, doğru akım için BİÖH formunda yer alan “Ne biliyorum?”, “Ne öğrenmek istiyorum?”, “Ne öğrendim?” ve “Ne hatırlıyorum?” sorularına verilen cevaplar sırasıyla sunulmuştur.

4. 5. 2. 1. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Doğru Akım Konusuna Ait Öğrenme Sürecini ve Süreç İçerisinde Kendilerini Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular

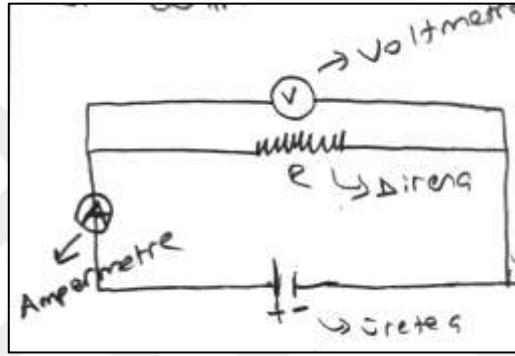
Tablo 67’de öğrencilerin doğru akım ile ilgili “Ne biliyorum?” sorusuna verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

Tablo 67. Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Biliyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

<i>Kodlar (...biliyorum.)</i>	<i>Öğrenci kodu</i>	<i>f*</i>
doğrudan/sapma olmadan geçen bir akım olduğunu	Ö3, Ö5, Ö16, Ö20,	4
zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişmeyen/sabit olan bir akım olduğunu	Ö8, Ö10, Ö22, Ö24,	4
sürekli bir akım olduğunu	Ö2, Ö6, Ö22,	3
+ ve – kutba sahip olan bir akım olduğunu	Ö1, Ö2	2
zamana bağlı olarak yönü ve doğrultusu değişmeyen bir akım olduğunu	Ö5, Ö11,	2
aynı doğrultu ve yönde akan akım/yönü ve doğrultusu sabit olan bir akım olduğunu	Ö12, Ö26,	2
doğrudan aktarılan bir akım olduğunu	Ö19,	1
akımın yönü ve doğrultusu değiştirilmeden iletilen bir akım olduğunu	Ö15	1
kablodan akımın yönünün ve doğrultusunun değişmeden iletilen bir akım olduğunu	Ö4	1
- kutuptan + kutba doğru bir kablo yardımıyla iletilen bir akım olduğunu	Ö17	1
zamana göre yönünün değişmeyen bir akım olduğunu	Ö17	1
sabit doğrultudaki yönü belli olan sabit olan bir akım olduğunu	Ö25,	1
zamana bağlı olarak yönü değişmeyen şiddeti değişebilen bir akım olduğunu	Ö9,	1
akım şiddeti ve yönü değişmeyen, sabit kalan bir akım olduğunu	Ö13,	1
genliği ve yönü değişmeyen bir akım olduğunu	Ö14,	1
basit devre elemanları ile kurulan bir akım olduğunu	Ö27	1
kesintisiz doğrudan frekans değiştirmeden akan bir akım olduğunu	Ö18,	1
Akımın + kutuptan – kutba gittiğini ilerlediğini	Ö2, Ö6, Ö16, Ö21, Ö24, Ö26,	6
Elektrik yüklerinin + kutuptan – kutba ilerlediğini	Ö1, Ö4,	2
Potansiyel farkın – yönden + yöne ilerlediğini	Ö23,	1
Elektrik yüklerinin yüksek potansiyelden alçak olana (sabit bir şekilde) ilerlediğini	Ö8, Ö12, Ö14,	3
Elektrik yüklerinin yüksek potansiyelden alçak / düşük potansiyele ilerlediğini	Ö13, Ö27	2
Elektrik yüklerinin yüksek enerjiden alçağa (sabit bir şekilde) ilerlediğini	Ö15,	1
Yüklerin çoktan aza ilerlediğini	Ö3,	1
DC ile gösterildiğini	Ö1, Ö3, Ö10, Ö17, Ö22,	5
Elektrik yüklerinin aynı yönde akışı olduğunu	Ö14, Ö27	2
Devreden geçen akımın hep aynı yönde ilerlediğini	Ö20,	1
Elektronların sabit bir yönde düzgün hareketi olduğunu	Ö16,	1
Pillerin iki ucuna kablo bağlandığında doğru akımlı bir devre oluştuğunu	Ö1	1
Akımın + ve – kutuptan çıktığını	Ö7,	1
Kutbun zamanla değişmediğini	Ö24,	1
Enerji aktarımını	Ö7,	1
Küçük akım değerleri taşıdığını	Ö20,	1
Thomas Edison tarafından bulunduğunu	Ö22,	1
Sanayide kullanıldığını	Ö8,	1

*Bir öğrenci birden fazla cevap verebildiği için toplam frekans değeri öğrenci sayısından fazla olabilmektedir.

Doğru akım ile ilgili BİÖH formunda yer alan “Ne biliyorum?” sorusuna öğrencilerin verdikleri yanıtlarda genellikle öğrencilerin doğru akıma yönelik kullandıkları tanımsal ifadeler yer almaktadır. Öğrencilerin 28’i doğru akımın doğrudan ya da sapma olmadan geçen akım veya akımın yönü, doğrultusu, şiddeti, genliği, frekansı gibi niteliklerinden birinin ya da birkaçının değişmeden akan akım olduğunu ifade etmişlerdir. Akımın doğrudan ya da sapma olmadan geçtiğine dair açıklamalara örnek ifadeler; “Doğrudan geçen yani hiçbir engele takılmadan ilerleyen akıma doğru akım denir. ... (Ö3)”, “İletken bir telden elektronların herhangi bir yöne sapmadan doğrultusunu değiştirmeden üreticinin – kutbundan + kutbuna ilerleyişidir. ... (Ö16)” ve “Doğrudan aktarılan akıma doğru akım denir. Devre elemanları; ampermetre, voltmetre, üretici, tel, direnç. (Ö19)” şeklindedir.



Şekil 51. Ö19'a göre doğru akımın dolaştığı bir devre çizimi

Ayrıca öğrencilerin 16'sı akımın, elektrik yüklerinin ve potansiyel farkın nasıl hareket ettiğini ya da ilerlediğini bildiklerini belirtmişlerdir. Öğrencilerin akımın ve elektrik yüklerinin hareketine dair ifadelerine; “Elektrik devresinden geçen sürekli bir akımdır. + yönünden – yönüne doğrudur (Ö6) “Aynı doğrultu ve yönde pilin + ucundan – ucuna doğru akan akımdır. Elektronlar – kutuptan +kutba doğru ilerler (Ö12)” ve “Yüklerin pozitif ucundan negatif ucuna aynı doğrultuda aynı yönde iletilmesidir. Akım geldiği gibi iletilir (Ö4)” örnek olarak verilebilir. Bu bilgilerinde dışında öğrencilerin doğru akımın DC ile gösterildiği, kutbun zamanla değişmediği ve Thomas Edison tarafından bulunduğu gibi bilgilere sahip olduklarını açıklamışlardır. Örnek öğrenci ifadeleri “Zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişmez sürekli aynı seviyede gelen akıma ‘doğru akım’ denir. DC ile gösterilir. Thomas Edison bulmuştur (Ö22)” ve “Akım + ve – kutuptan çıkarak sürekli olarak enerjiyi oluşturur. Devredeki enerji aktarımına denir (Ö7)” şeklindedir. Tablo 68’de öğrencilerin doğru akım ile ilgili “Ne öğrenmek istiyorum?” sorusuna verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

Tablo 68. Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Öğrenmek İstiyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Kodlar (... öğrenmeyi istiyorum.)	Öğrenci kodu	f*
Nerede kullanıldığını	Ö1, Ö5, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö12, Ö13, Ö15, Ö16, Ö17, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö25, Ö26, Ö27,	19
Nasıl üretildiğini	Ö1, Ö5, Ö7, Ö11, Ö13, Ö20, Ö21, Ö23, Ö26,	9
Ne olduğunu	Ö2, Ö13, Ö16, Ö20, Ö24,	5
Çalışma prensibini	Ö11, Ö16, Ö17,	3
Nasıl çalıştığını	Ö2, Ö21,	2
Devrede hangi elemanların kullanıldığını	Ö2, Ö26,	2
Nelere bağlı olduğunu	Ö4, Ö24,	2
Özelliklerini	Ö4, Ö15	2
Hangi etmenlerle değiştiğini	Ö4	1
Nasıl bulunduğunu	Ö4	1
Seri/paralel bağlantıda akımın özelliklerini	Ö6,	1
Akımda yön nelere bağlı olarak değiştiğini	Ö9,	1
Devrede tespit edebilmeyi	Ö5,	1
DC devresi kurabilmeyi	Ö16,	1
Hangi tür elektrik devrelerinde kullanıldığını	Ö25,	1
Diğer akım türleri ile arasındaki fark(lar)ı	Ö15	1
Doğru akımı diğer akımlara çevirmeyi	Ö18,	1
Diğer hususları	Ö3, Ö8, Ö14, Ö18, Ö19,	5

*Bir öğrenci birden fazla cevap verebildiği için toplam frekans değeri, katılımcı öğrenci sayısından fazla olabilmektedir.

Doğru akım ile ilgili BİÖH formunda yer alan “Ne öğrenmek istiyorum?” sorusuna öğrencilerin verdikleri yanıtlarda genellikle öğrencilerin doğru akımın nerede kullanıldığını, nasıl üretildiğini, ne olduğunu ve çalışma prensibini öğrenmek istediklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca öğrenciler doğru akımın özelliklerini, doğru akım devresini tespit edebilmeyi, doğru akım üreten bir devrenin nasıl kurulduğunu ve doğru akımı diğer akım türlerine nasıl çevrileceği gibi konular hakkında bilgi sahibi olmak istediklerini belirtmişlerdir. Öğrencilerin öğrenmek istedikleri bilgilere dair açıklamalarına örnek olarak “...Devreye bakınca doğru akım mı var yoksa başka akım mı var olduğunu öğrenmek istiyorum (Ö5)” ve “Doğru akımı diğer akımlara çevirmeyi öğrenmek istiyorum ... (Ö18)” şeklindeki öğrenci ifadeleri verilebilir. “Unuttuklarımı hatırlamak ve pekiştirmek istiyorum. Daha detaylı öğrenme istiyorum (Ö3)” gibi öğrenci ifadeleri ise diğer kategorisi altında yer almaktadır. Tablo 69’da öğrencilerin doğru akım ile ilgili “Ne öğrendim?” sorusuna verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

Tablo 69. Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Öğrendim?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Kodlar (...öğrendim.)	Öğrenci kodu	f*
Günlük yaşantımızda nerelerde kullanıldığını	Ö1, Ö2, Ö9, Ö10, Ö12, Ö13, Ö16, Ö17, Ö19, Ö20, Ö21, Ö24, Ö25, Ö27	14
Akımın zamanla yönü ve şiddetinin değişmediğini	Ö2, Ö5, Ö7, Ö9, Ö10, Ö14, Ö15, Ö16, Ö23, Ö24, Ö25, Ö26, Ö27	13
Doğru akım üretmeyi/üreten kaynakların hangileri olduğunu	Ö5, Ö9, Ö11, Ö17, Ö18, Ö22, Ö25,	7
+ kutuptan – kutba hareket ettiğini/ilerlediğini	Ö15, Ö21, Ö24,	3
+ ve – kutba sahip olan akım olduğunu	Ö2, Ö7,	2
DC ile gösterildiğini	Ö4, Ö6	2
Güç kaynağı tarafından oluşturulduğunu	Ö4, Ö13,	2
Doğru akım devrelerini	Ö17, Ö26,	2
Elektrik yüklerinin yüksek potansiyelden alçak olan potansiyele doğru sabit olarak aktığını	Ö20,	1
Zamanla kutbu değişmediğini	Ö20	1
Frekansı olmadığını	Ö16,	1
Dışarıdan bir etki olmadan oluştuğunu	Ö6	1
Alternatif akımdan farkını	Ö12,	1
Kullanılan devre elemanlarını	Ö19,	1
Ohm kanununu	Ö19,	1
Diğer akım türleri ile arasındaki fark(lar)ı	Ö22,	1
Diğer	Ö3, Ö8, Ö22,	3

*Bir öğrenci birden fazla cevap verebildiği için toplam frekans değeri, katılımcı öğrenci sayısından fazla olabilmektedir.

Öğrenciler doğru akım ile ilgili “Ne öğrendim?” sorusuna doğru akımın sıklıkla günlük yaşantımızda nerelerde kullanıldığını ve zamanla yönünün ve şiddetinin değişmediğini öğrendikleri şeklinde cevap verdikleri görülmektedir. Bu kodlara yönelik öğrenci düşünceleri “... Günlük hayatta pil, televizyon ve dinamoda vardır. (Ö2)”, “doğru akımın nerede, nasıl ve ne şekilde kullanıldığını ... günlük yaşamda nerelerde karşıma çıkacağını ... doğru akımla ilgili çıkan soruları nasıl çözeceğimi öğrendim (Ö8).” ve “... yapılan deneylerde ampermetre ibresinin sabit kaldığını gördüm. Bu da doğru akımın özelliğinden kaynaklanıyor (Ö14)” şeklindeki ifadelerde görülmektedir. Doğru akım üretmeyi ya da doğru akım üreten kaynakların hangileri olduğunu öğrendiklerini beyan eden 7 öğrenci bulunmaktadır. Bu öğrencilerin örnek ifadeleri “... pil, akü, dinamo gibi kaynaklarla doğru akım üretilebildiğini öğrendim, ... (Ö17)” ve “... doğru akım üreten birkaç kaynak; dinamo, jeneratör, doğrultmaç devresi, batarya, akü, güneş pilleri olarak sıralanabilir (Ö18)” şeklindedir. Ayrıca, öğrencilerin bir kısmı doğru akımla devrelerini, devrede kullanılan devre elemanlarını ve ohm kanununu öğrendiklerini belirtmektedirler: “Kullanılan devre elemanları; direnç, üreteç, voltmetre, ampermetre, ampul, anahtar, reosta. ... $V=I.R$ (Ö19)”. “Doğru akımı öğrendik ve onla ilgili deneyler yaptık (Ö3)”

şeklindeki ifadeler diğer kodu altında toplanmıştır. Tablo 70’de öğrencilerin doğru akım ile ilgili “Ne hatırlıyorum?” sorusuna verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

Tablo 70. Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Hatırlıyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Kodlar (... hatırlıyorum.)	Öğrenci kodu	f*
Zamanla yönü ve şiddeti değişmeyen akım olduğunu	Ö4, Ö5, Ö6, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö14, Ö15, Ö17, Ö21, Ö22, Ö24, Ö26,	14
Nerelerde kullanıldığını	Ö2, Ö4, Ö9, Ö10, Ö12, Ö22,	6
Sürekli olduğunu	Ö2, Ö6, Ö7, Ö15,	4
DC ile gösterildiğini	Ö10, Ö12, Ö14, Ö22,	4
(+) ve (-) kutupları olduğunu	Ö2, Ö7, Ö15,	3
akımın yönü (+)'dan (-)'ye doğru olduğunu	Ö2, Ö24, Ö26,	3
Elektrik yüklerinin aynı yönde hareket ettiğini / Zamanla yönü değişmeyen akım olduğunu	Ö13, Ö16, Ö23,	3
Yüksek potansiyelden alçak potansiyele geçiş olduğunu	Ö8, Ö27,	2
Akımın değişime uğramadan doğru olarak kullanıldığını	Ö1,	1
Güç kaynağı olarak pil kullanıldığını	Ö17,	1
Frekans sabit olan akım olduğunu	Ö18	1
Depolanabildiğini	Ö22	1
Açıklama yok	Ö3, Ö19, Ö20, Ö25	4

*Bir öğrenci birden fazla cevap verebildiği için toplam frekans değeri, katılımcı öğrenci sayısından fazla olabilmektedir.

Öğrenciler doğru akımla ilgili ne hatırladıklarına yönelik soruya sıklıkla zamanla yönü ve şiddeti değişmeyen akım olarak ifade ettikleri görülmektedir (Tablo 70). Bununla birlikte, doğru akımın nerelerde kullanıldığını yönelik ifadeler de bulunmaktadır. Ö4 kodlu öğrencinin ifadesi doğru akım ile ilgili öğrencilerin hatırladıkları noktaları göstermesi bakımından örnek olarak verilebilir; “zamanla yönü ve şiddeti değişmeyen akımdır. Bir üreteç kullanılarak elde edilir. Elektrik yüklerinin yüksek potansiyelden alçak potansiyele doğru akmasıdır. Akü (Ö4)”. Ayrıca, öğrenciler doğru akımın sürekli olduğunu, DC ile gösterildiğini, kutuplarının olduğunu ve akımın (+)'dan (-)'ye doğru ilerlediği ifade etmiştir. “Bir elektrik akımının değişime uğramadan doğru olarak kullanılması (Ö1)”, “elektrik yüklerinin aynı yönde hareket etmesi (Ö13)” ve “elektronların akım yönü boyunca herhangi bir dirence takılmadan doğrusal hareket etmesi (Ö16)” gibi ifadeler de öğrencilerin konu ile ilgili hatırladıkları bilgilerden bazılarıdır.

4. 5. 2. 2. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Elektromanyetik İndüksiyon Konusuna Ait Öğrenme Sürecini ve Süreç İçerisinde Kendilerini Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular

Tablo 71’de öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusu ile ilgili “Ne biliyorum?” sorusuna verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

Tablo 71. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Biliyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Kodlar (... biliyorum.)	Öğrenci kodu	f*
Üreteç olmadan manyetik alan veya mıknatısla elde edilen akım olduğunu	Ö1,Ö5, Ö8, Ö9, Ö11, Ö13, Ö14, Ö15, Ö17, Ö22, Ö23, Ö24, Ö26, Ö27,	14
Bir etki olmadan manyetik alan etkisiyle oluşan akım olduğunu	Ö3, Ö10,	2
Herhangi bir güç kaynağı kullanılmadan üretilen akım olduğunu	Ö4, Ö12,	2
Mıknatıs ile ürettiğini	Ö4, Ö15,	2
Sağ el kuralını	Ö2,	1
Bir elektrik devresinde manyetik alan oluşturularak geçen akım olduğunu	Ö6	1
Üreteç kullanılmadan kendi güç kaynağımızı kendimiz elde ettiğimiz akım olduğunu	Ö12,	1
Üreteç kullanmadan sadece manyetik alan kullanarak elde edilen akım olduğunu	Ö18	1
Manyetik alan etkisiyle oluşan akım olduğunu	Ö21,	1
İndükleme de denildiği	Ö22,	1
Bobin prensibine dayandığını	Ö22,	1
Açıklama yok/hiçbir bilgim yok	Ö7, Ö19, Ö20, Ö25	4

*Bir öğrenci birden fazla cevap verebildiği için toplam frekans değeri, katılımcı öğrenci sayısından fazla olabilmektedir.

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusuna dair ne bildikleri sorulduğunda öğrencilerin önemli bir bölümü üreteç kullanılmadan manyetik alan veya mıknatısla elde edilen akıma dair bilgileri bulunduğunu belirtmiştir (Tablo 71). “Üreteç kullanılmadan mıknatıs yardımıyla manyetik alan oluşturularak üretilen akımdır (Ö5)”, “herhangi bir güç kaynağı olmadan kendi kendine manyetik alan etkisiyle oluşturulan akım (Ö10)” “bir devrede mıknatısların yardımıyla oluşturulan akıma indüksiyon akımı denir (Ö15)”, “yapay ya da doğal bir mıknatıs yardımıyla oluşturulan manyetik alandan geçen akımdır. Manyetik alan çizgilerinin artması indüksiyon akımının artmasına neden olacaktır. (Ö16)”, “üreteç kullanmadan sadece manyetizma (manyetik alan) kullanılarak elde edilen akımdır. Çalışma prensibi bakır bir iletkenin etrafında (yuvarlak ya da silindir bir şekle sarılmış) ya da içinde bir manyetik alan oluşmasıyla oluşur (mıknatısın dönmesi) Örn. Jeneratör, dinamo bunlara örnektir. (Ö18)” ve “hareketsiz yüklerin etrafından akım geçirildiğinde elektriksel alan oluşur. Hareketli yüklerin etrafından akım geçirildiğinde manyetik alan

oluşur. Bu da indüksiyon akımını oluşturur (Ö21)” gibi öğrenci ifadeleri öğrencilerin genellikle konuya yönelik indüksiyon akımının nasıl oluşturabileceklerine dair fikir sahibi olduklarını göstermektedir. Öğrencilerin sahip oldukları diğer bilgilere örnek olarak “sağ el kuralı var. Baş parmak akımın yönünü, 4 parmak manyetik akımı gösterir (Ö2)” ve “İndükleme de denir. Bobin prensibine dayanır. Sarım sayısı ve tel kalınlığına göre manyetik alanda oluşan akıma indüksiyon akımı denir. Φ ile gösterilir. (Ö22)” gibi ifadeler verilebilir. Tablo 72’de öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusu ile ilgili “Ne öğrenme istiyorum?” sorusuna verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

Tablo 72. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Öğrenmek İstiyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Kodlar (... öğrenmek istiyorum.)	Öğrenci kodu	f*
Nerelerde kullanıldığını	Ö2, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö15, Ö17, Ö19, Ö20, Ö21, Ö22, Ö24, Ö25, Ö26, Ö27,	20
Nasıl üretildiğini	Ö1, Ö2, Ö5, Ö9, Ö11, Ö17, Ö19, Ö21, Ö23, Ö26, Ö27,	11
Ne olduğunu	Ö3, Ö7, Ö19, Ö20, Ö25, Ö27,	6
Devrenin nasıl kurulduğunu	Ö14, Ö16, Ö19, Ö20,	4
Nelere bağlı olduğunu	Ö4, Ö5, Ö6, Ö24,	4
Devrenin şeklinin nasıl olduğunu	Ö1, Ö2,	2
Özelliklerinin neler olduğunu	Ö4, Ö24,	2
Çalışma prensibini	Ö11, Ö27,	2
Devre elemanlarının ne olduğunu	Ö19, Ö22	2
Devresini	Ö25,	1
Kutuplar nasıl belli olduğunu	Ö2,	1
Formüllerin ne olduğunu	Ö5,	1
Doğru akım ile indüksiyon akımı arasındaki fark(lar)ı	Ö6	1
Diğer	Ö3, Ö8, Ö13, Ö18,	4

*Bir öğrenci birden fazla cevap verebildiği için toplam frekans değeri, katılımcı öğrenci sayısından fazla olabilmektedir.

Öğrenciler elektromanyetik indüksiyon ile ilgili en fazla nerelerde kullanıldığını, nasıl üretildiğini ve ne olduğunu öğrenmek istediklerini belirtmişlerdir (Tablo 72). Ayrıca öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon devrelerinin nasıl bir devre olduğunu, nasıl kurulduğunu, hangi devre elemanlarını içerdiğini ve elektromanyetik indüksiyonun nelere bağlı olduğunu, özelliklerini ve çalışma prensibini öğrenmek istedikleri görülmektedir. Öğrencilerin öğrenmek istedikleri bu bilgilere yönelik ifadelerine; “Nasıl üretilir? Mesela 230V’luk normal bir cihazı çalıştırmak için nasıl bir sistem lazım? (Ö1)”, “indüksiyon akımı nelere bağlıdır, nasıl değişir, hangi maddeler akım üretir? (Ö4)”, “bu akımı nasıl üretebiliriz. Mıknatis kullanılmadan da oluşturulabilir mi? ... (Ö5)”, “... manyetik alandaki

akım farklı devrelerde etki eder mi? (Ö6)”, “akımın nasıl elde edildiğini, nasıl uygulandığını, manyetik alanı nasıl oluşturduğumuzu, indüksiyon akımını başka hangi konularda bize yardımcı olacağını, indüksiyon akımının kullanıldığı yerleri, indüksiyon akımını kullanmaya neden gerek duyarız ... (Ö9)”, “devrenin nasıl kurulacağını, devreyi kurarken gerekli bilgileri ve derste kullanabileceğim işime yarayacak bilgileri öğrenmek istiyorum (Ö14)”, “indüksiyon akımını günlük hayatta uygulayabilecek devreler kurmak ve manyetizma kuramını kavramak (Ö16)”, “... sadece mıknatıslarla / mıknatısları kullanarak mı indüksiyon akımı oluşur? (Ö17)” ve “indüksiyon akımının özelliklerini, nelere bağlı olarak değiştiğini ve günlük hayatta nerelerde karşılaşabileceğimizi öğrenmek istiyorum (Ö24)” şeklinde örnekler verilebilir. Diğer kodu altında yer alan ifadelere ise, “... indüksiyon akımı hakkında daha detaylı bilgi (Ö8)” ve “konu hakkında daha detaylı bilgi öğrenmek (Ö18)” ifadeleri örnek olarak sunulabilir. Tablo 73’te öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusu ile ilgili “Ne öğrendim?” sorusuna verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

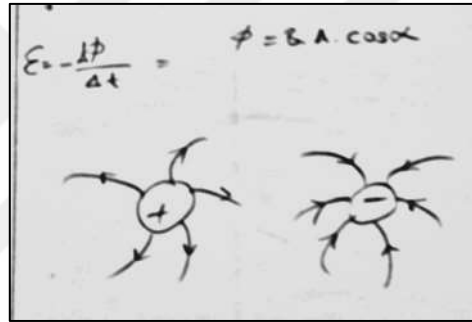
Tablo 73. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Öğrendim?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Kodlar (... öğrendim.)	Öğrenci kodu	f*
Manyetik alan etkisiyle oluşan akım olduğunu	Ö4, Ö5, Ö6, Ö8, Ö10, Ö12, Ö13, Ö14, Ö17, Ö19, Ö27,	11
Üreteç olmadan manyetik alan veya mıknatısla elde edilen akım olduğunu	Ö4, Ö10, Ö13, Ö21, Ö23, Ö24, Ö26,	7
Nerelerde kullanıldığını	Ö8, Ö11, Ö17, Ö22,	4
Konu içeriğindeki kavramları (bobin, sarım sayısı... vb)	Ö3, Ö20, Ö25,	3
Mıknatıslarla üretildiğini	Ö1, Ö2, Ö15	3
Sağ el kuralını	Ö2, Ö7,	2
Manyetik alan çizgilerini	Ö21, Ö24	2
Bağlı olduğu faktörlerin ne olduğunu	Ö18	1
Devre elemanlarını	Ö19,	1
Nasıl üretildiğini	Ö20,	1
Çalışma prensibini	Ö22	1
Diğer	Ö3, Ö9, Ö18,	3

*Bir öğrenci birden fazla cevap verebildiği için toplam frekans değeri, katılımcı öğrenci sayısından fazla olabilmektedir.

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon ile ilgili indüksiyon akımının nasıl üretildiği, nerelerde kullanıldığı ve konu ile ilgili bobin, sarım sayısı gibi kavramları öğrendiklerini ifade etmişlerdir (Tablo 73). İndüksiyon akımının nasıl üretildiğine ve kullanıldığına dair öğrenci ifadeleri; “ortamda bulunan manyetik alan ile manyetik akı yardımıyla oluşturulan akım (Ö6)”, “laboratuvarda indüksiyon akımının nasıl üretildiğini öğrendim ... (Ö9)”, “... tam olarak nasıl üretildiğini, nerelerde kullanıldığını öğrendim (Ö11)”, “elektrik akımı

kullanarak bir manyetik alan elde edildiğini öğrendim.... (Ö12)”, “güç kaynağı kullanılmadan manyetik alan ile oluşturulan akımdır. Mıknatıslarla vb kaynaklarla oluşturulur (Ö13)”, “Mıknatıslarla indüksiyon akımının gerçekleştiğini öğrendim ... (Ö15)”, “mıknatısların bir manyetik alan oluşturduklarını ve bu manyetik alan sayesinde elektronların hareket ettiğini ve elektrik akımı oluşturduğunu öğrendim. Ayrıca mıknatısın manyetik alan oluşturabilmesi için hareket ettirilmesi gerektiğini öğrendim. (Ö16)” ve “manyetik alan ile üretilen akımdır. Mıknatıslarla kurulan deneyler en basit örneğidir(Ö27)” şeklindedir. Konu ile ilgili kavramları öğrendiklerini belirten öğrencilerin ifadelerinden örnek olarak; “Bobin, sarım sayısı vs kavramları öğrendik ve konuyla ilgili deney yaptık (Ö3)”, “üreteç kullanılmadan kurulan devrelerde gözlemlenir. Reosta, kondansatör, empedans gibi kavramları öğrendim (Ö20)” ve “... manyetik alanı, manyetik akıyı, elektrik alanı ve elektrik akısını öğrendim. Elektrik alan çizgilerini öğrendim. (Ö25)” şeklinde sunulabilir.



Şekil 52. Ö25'e göre elektromanyetik indüksiyon konusuna yönelik öğrendiği bilgilere yönelik çizimi

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyonun bağlı olduğu faktörleri “bobinin sarım sayısı, alan şiddeti (kuvvet çizgileri), mıknatısın dönme hızı, mıknatıs ve bobinin uzaklığı (Ö18)” ve manyetik alan çizgilerini “... Mıknatısın N ve S kutupları bir araya geldiğinde üzerine demir tozları dökülünce manyetik alan çizgileri şeklinde demir tozları sıralanır (Ö21)” öğrendiklerini de eklemişlerdir. Tablo 74'te öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusu ile ilgili “Ne hatırlıyorum?” sorusuna verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

Tablo 74. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Hatırlıyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Kodlar (... hatırlıyorum.)	Öğrenci kodu	f*
Üreteç kullanılmadan manyetik alan veya mıknatısla oluşan akım olduğunu	Ö1, Ö5, Ö6, Ö12, Ö14, Ö17, Ö18, Ö24, Ö26,	9
Manyetik alan veya mıknatısla kullanılarak oluşan akım olduğunu	Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö13, Ö15, Ö21, Ö22, Ö27	9
Manyetik alan değişimi ile oluşan akım olduğunu	Ö4, Ö16, Ö23,	3
Sağ el kuralını	Ö2, Ö7,	2
Nerelerde kullanıldığını (transformatörler gibi)	Ö7,	1
Açıklama yok	Ö3, Ö19, Ö20, Ö25	4

*Bir öğrenci birden fazla cevap verebildiği için toplam frekans değeri, katılımcı öğrenci sayısından fazla olabilmektedir.

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon ile ilgili ne hatırladıklarına dair verdikleri cevaplarda genellikle indüksiyon akımının nasıl üretileceğini hatırladıkları görülmektedir. Bu duruma Ö4 kodlu öğrencinin ifadesi örnek olarak verilebilir; “belli bir üreteç kullanılmadan manyetik alandaki değişimden oluşan akım türüdür”. Ayrıca, “sağ el kuralı ile bulunur. Bobinde sağ elde baş parmak akımı 4 parmakta yönü gösterir. ... (Ö2)” şeklinde öğrenci ifadesinde de görüldüğü gibi birkaç öğrencinin sağ el kuralını hatırladığı görülmektedir.

4. 5. 2. 3. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Alternatif Akım Konusuna Ait Öğrenme Sürecini ve Süreç İçerisinde Kendilerini Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular

Tablo 75’te öğrencilerin alternatif akım ile ilgili “Ne biliyorum?” sorusuna verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

Tablo 75. Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Biliyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Kodlar (... biliyorum.)	Öğrenci kodu	f*
AC ile gösterildiğini	Ö3, Ö10, Ö13, Ö14, Ö17, Ö19, Ö22,	7
Genliği ve yönü periyodik olarak değişen akım olduğunu	Ö5, Ö8, Ö13, Ö14, Ö23	5
Yönü ve şiddeti zamana göre değişen akım olduğunu	Ö9, Ö11, Ö20, Ö22, Ö24,	5
Yönü ve doğrultusu değişebilen akım olduğunu	Ö3, Ö4, Ö21, Ö26,	4
Yönü ve doğrultusu zamana göre değişen akım olduğunu	Ö10, Ö15, Ö17,	3
+ ve – kutbu olmayan akım olduğunu	Ö2, Ö7,	2
Doğru akımdan farklı bir akım olduğunu	Ö1,	1
Genliği ve yönü sürekli değişen akım olduğunu	Ö1	1
Genliği ve yönü olan elektriksel akım olduğunu	Ö12	1
Yönü ve doğrultusu sabit olmayan akım olduğunu	Ö25,	1
Yönü ve şiddeti değişen akım olduğunu	Ö2,	1
Yönü ve şiddeti belli bir doğrultuda değişen akım olduğunu	Ö12	1
Sürekli bir akım olmadığını	Ö2	1
Türkiye’deki elektrik şebekelerinde kullanıldığını	Ö3,	1
Yüklerin akış yönünün değişmesi ile oluşan akım olduğunu	Ö4,	1
Elektrik devresinde akım zaman içerisinde değişiklik gösteriyorsa alternatif akım olduğunu	Ö6,	1
Sanayi ve konutlarda kullanıldığını	Ö8,	1
Santrallerde üretildiğini	Ö8,	1
Elektrik yüklerinin yüksek enerjiden alçağa doğru ters bir şekilde ilerlediğini	Ö15,	1
Frekans olduğunu	Ö16,	1
Sinüzoidal akım olduğunu	Ö16	1
Doğru akımın frekansı değiştirildiğinde oluşan akım olduğunu	Ö18,	1
Büyük akım değerleri taşıdığını	Ö20	1
Nikola Tesla tarafından bulunduğunu	Ö22	1
Doğru akımın değiştirilmesi ile oluşan akım olduğunu	Ö27	1
Diğer	Ö19	1

*Bir öğrenci birden fazla cevap verebildiği için toplam frekans değeri, katılımcı öğrenci sayısından fazla olabilmektedir.

Öğrencilerin alternatif akım ile ilgili bildiklerini ifade ettikleri bilgiler genellikle alternatif akımı tanımlamaya yönelik bilgilerdir (Tablo 75). “ + ve – kutbu olmayan akıma denir. Enerji aktarımı bir kutuptan diğer bir kutba doğru değildir (Ö7)”, “yönü ve şiddeti belli bir doğrultuda değişen akımdır. Elektronlar bir ileri bir geri hareket ederler (Ö12)”, “doğru akımın tersine elektronlar sinüs eksenini etrafında dalga hareketi yaparak ilerler. ... Sinüzoidal akım olarak ta bilinen akımın bir doğru boyunca değil, dalgalar halinde ilerleyişidir. Koordinat düzleminde sinüs eksenini boyunca hareketi incelendiği için sinüzoidal akım denir. ... (Ö16).”, “kesintisiz akıma etki olmadan sürekli olana doğru akım denir. Bu akımı belli aralıklarla değiştirdiğimizde alternatif akım oluşur. Yani, doğru akımın frekansı değiştirildiğinde oluşan akıma denir. (Ö18)”, “zamana bağlı olarak yönü ve şiddetinde değişme olan sinüzoidal dalga yapan akıma alternatif akım denir ... (Ö22)”,

“yönü belli olmayan doğrultusu belli aralıklarla değişen akıma denir ... (Ö25)”, “üreteçten geçen akımın iletken tel boyunca herhangi bir sebepten dolayı yönü ve doğrultusu değişen akıma denir (Ö26)” ve “alternatif akım frekansı değiştirilebilen akımdır. Yani doğru akımın değiştirilmesi ile oluşur. (Ö27)” şeklinde öğrenci ifadeleri, öğrencilerin alternatif akım tanımına yükledikleri anlamları göstermektedir. Bununla birlikte, az sayıdaki öğrenci alternatif akımın özelliklerine (“... şiddeti kullanılan maddenin cinsine bağlı olup bazen değişir, bazen değişmez. ... (Ö5)”) ve nasıl üretildiğine (“Üretim şekli; dinamometre, akü, kısaca doğru akım üreten kaynaklardır (Ö18)”) dair ifadeler kullandıkları görülmektedir. Bir öğrenci ise alternatif akım ile ilgili ‘hiçbirşey bilmediğini (Ö19)’ ifade etmiştir. Tablo 76’da öğrencilerin alternatif akım ile ilgili “Ne öğrenmek istiyorum?” sorusuna verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

Tablo 76. Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Öğrenmek İstiyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Kodlar (... öğrenmek istiyorum)	Öğrenci kodu	f*
Nerede kullanıldığını	Ö1, Ö5, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö25, Ö26, Ö27,	21
Nasıl üretildiğini	Ö1, Ö2, Ö5, Ö7, Ö8, Ö19, Ö21, Ö25, Ö26, Ö27,	10
Ne olduğunu	Ö2, Ö19, Ö20, Ö24, Ö25,	5
Özelliklerini	Ö4, Ö15, Ö24,	3
Nelere bağlı olduğunu	Ö4, Ö11, Ö24,	3
Alternatif akım devrelerini	Ö16, Ö21, Ö25	3
Doğru akım ile arasındaki fark(lar)ı	Ö1, Ö6	2
AC nasıl hesaplandığını	Ö4, Ö22,	2
Yön ve doğrultusu neye göre değiştiğini	Ö4, Ö9,	2
Nasıl bulunduğunu	Ö2,	1
Şiddetinin değişip değişmediği nasıl anlaşıldığını	Ö5	1
Enerji aktarımı nasıl olduğunu	Ö7,	1
Hangi tür devrelerde alternatif akım bulunduğunu	Ö10,	1
Çalışma prensibini	Ö11	1
Akım çeşitleri arasındaki fark(lar)ı	Ö17	1
Nasıl devre kurulduğunu	Ö20,	1
Alternatif akım ile ilgili deney yapmayı	Ö24,	1
Hangi devre elemanları bulunduğunu	Ö26,	1
Diğer	Ö3, Ö11, Ö12, Ö13, Ö18, Ö19,	6

*Bir öğrenci birden fazla cevap verebildiği için toplam frekans değeri, katılımcı öğrenci sayısından fazla olabilmektedir.

Öğrencilerin alternatif akım konusuna dair en çok öğrenmek istedikleri hususlar; alternatif akımın nerelerde kullanıldığı, nasıl üretildiği ve alternatif akımın ne olduğu ile özellikleridir (Tablo 76). Öğrencilerin en çok öğrenmek istedikleri konular ile ilgili

ifadelerine; "... + ve – kutbu olmayan devrede enerji aktarımı nasıl olur (Ö7)", "Nasıl elde edildiğini, daha derin bilgiler öğrenmek istiyorum. Ne kadar önemi olduğunu, bize sağladığı faydaları, yararlarını öğrenmek istiyorum (Ö11)", "Günlük yaşamda nerelerde kullanıldığını öğrenmek istiyorum (Ö12)", "... doğru akımda, indüksiyon akımda ve alternatif akımda, akım çeşitleri arasındaki en büyük fark nedir? (Ö17)", "... devrelerde nasıl kullanıldığını öğrenmek. (Ö21)" ve "alternatif akımın ne olduğunu, nelere bağlı değişip değişmediğini, günlük yaşamda nerelerde karşılaşılabileceğimizi ve bunları deney yoluyla öğrenmek istiyorum (Ö24)" şeklinde örnekler verilebilir. Diğer kodu altında yer alan öğrenci ifadeleri ise "daha kapsamlı bilgiler öğrenmek istiyorum (Ö3, Ö18)", "... bilmediklerimi öğrenmek. Nasıl elde edildiğini, daha derin bilgiler öğrenmek istiyorum. (Ö11)", "Alternatif akımla ilgili daha fazla akılda kalıcı bilgiler öğrenmek istiyorum. (Ö12)" ve "... bilgilerim bu konuda tam değil, o yüzden alternatif akımı daha iyi öğrenmek istiyorum (Ö19)" gibi konu ile ilgili daha ayrıntılı bilgi edinmek istediklerini belirtmektedir. Tablo 77'de öğrencilerin alternatif akım ile ilgili "Ne öğrendim?" sorusuna verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

Tablo 77. Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili İlgili BİÖH Formunda Yer Alan "Ne Öğrendim?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Kodlar (... öğrendim)	Öğrenci kodu	f*
Zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişen akım olduğunu	Ö2, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö9, Ö13, Ö15, Ö16, Ö19, Ö20, Ö21, Ö23, Ö24, Ö25, Ö26, Ö27	17
Nerelerde kullanıldığını	Ö9, Ö10, Ö11, Ö20, Ö22, Ö25,	6
Akımın yön değiştirdiğini	Ö3, Ö4, Ö12, Ö14,	4
Nasıl üretildiğini	Ö9, Ö10, Ö11, Ö22,	4
Devre elemanlarını (bobin, kondansatör gibi)	Ö3, Ö4, Ö17,	3
Kutupların hareketini (bir + bir – olup durduğunu)	Ö2, Ö19,	2
Devreleri	Ö17, Ö27	2
Sürekli değişen frekansla üretildiğini	Ö1	1
Bir genlik ve frekansı olduğunu	Ö16,	1
Dalga boyları sayesinde akımın frekansını ölçebildiğimizi	Ö16	1
Nikola Tesla tarafından bulunduğunu	Ö21	1
Diğer	Ö3, Ö8, Ö11, Ö18	4

*Bir öğrenci birden fazla cevap verebildiği için toplam frekans değeri, katılımcı öğrenci sayısından fazla olabilmektedir.

Öğrencilerin alternatif akım ile ilgili öğrendikleri bilgilerin genellikle alternatif akımın tanımına, nerelerde üretildiğine, nasıl üretildiğine ve özelliklerine yönelik bilgiler oldukları görülmektedir (Tablo 77). "... akü ve batarya gibi aletlerin doldurulmasında kullanıldığını, nasıl elde edildiğini öğrendim. Günlük yaşamla ilişkilendirebildim. Sanayide kullanımı olduğunu öğrendim (Ö9).", "alternatif akımla ilgili deney yaptık ve ampermetredeki ibre

sürekli saptığını gördük. Böylece akımın sürekli değiştiğini yani sabit olmadığını öğrendim (Ö12)”, “alternatif akım zamana göre şiddeti ve yönü periyodik olarak değişen akımdır. Alternatif gerilim kaynağı bulunan bir devrede kaynağın sabit bir + veya – kutbu yoktur. Kutuplar sürekli yer değiştirir. AC ile gösterilir. ... (Ö19)” ve “... Nikola Tesla AC akımının savunucusudur (Ö21)” gibi ifadeler öğrencilerin öğrendikleri bilgilerin durumunu özetlemektedir. Diğer kodu altında yer alan ifadeler ise, “... deneylerle somutlaştırdık (Ö3)” ve “alternatif akımla ilgili nasıl kullanıldığı, sorularda nasıl karşımıza çıkacağı ve çözümünün nasıl olacağını öğrendim (Ö8)” öğrenme sürecinin içerisinde, öğrencilerin nasıl öğrendiğini ifade etmektedir. Tablo 78’de öğrencilerin alternatif akım ile ilgili “Ne Hatırlıyorum?” sorusuna verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

Tablo 78. Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili İlgili BİÖH Formunda Yer Alan “Ne Hatırlıyorum?” Sorusuna Verdikleri Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Kodlar (... hatırlıyorum)	Öğrenci kodu	f*
Zamanla yönü ve şiddeti değişen akım olduğunu	Ö4, Ö5, Ö6, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö14, Ö15, Ö17, Ö21, Ö22, Ö24, Ö26,	15
Nerelerde kullanıldığını	Ö2, Ö4, Ö9, Ö10, Ö17, Ö22,	6
AC ile gösterildiğini	Ö10, Ö12, Ö14, Ö22	4
Frekans düzenli olarak değişen akım olduğunu	Ö1, Ö7, Ö18,	3
Elektrik yüklerinin farklı yönde hareket ettiğini	Ö13, Ö16, Ö23,	3
+ ve - kutupları olmadığını	Ö2, Ö7	2
Süresiz olduğunu	Ö2,	1
Depolanamaz olduğunu	Ö22	1
Büyük enerji üretmek için kullanıldığını	Ö27	1
Açıklama yok	Ö3, Ö19, Ö20, Ö25	4

*Bir öğrenci birden fazla cevap verebildiği için toplam frekans değeri, katılımcı öğrenci sayısından fazla olabilmektedir.

Öğrencilerin öğretimden sonra alternatif akım ile ilgili hangi bilgileri hatırladıkları sorulduğunda, öğrenciler genellikle alternatif akımın tanımını hatırladıklarını ifade etmişlerdir (Tablo 78). Ö16 kodlu öğrencinin ifadesi bu duruma örnek olarak verilebilir; “akım boyunca belirli aralıklarla elektron hareketindeki değişimdir. Sinüzoidal akım olarak bilinir”. Bununla birlikte, alternatif akımın nerelerde kullanıldığını, nasıl gösterildiğini ve bazı özelliklerini hatırladıkları görülmektedir.

4. 5. 3. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamlarına ve Bu Ortamlardaki Öğrenme Sürecine Yönelik Değerlendirmeleri

Öğrencilerin son uygulamada başarı testinin ve klinik mülakat protokolünde yer alan tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarını ve öğrenme sürecini değerlendirmeleri istenen

soruya verdikleri yanıtlar bu başlık altında sunulmuştur. Öğrencilerin yapılan tez çalışmasına ve tasarlanan öğrenme ortamlarında yürütülen öğrenme sürecine yönelik genel değerlendirmeleri Tablo 79'da özetlenmiştir.

Tablo 79. Öğrencilerin Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarına ve Öğrenme Sürecine Yönelik Genel Değerlendirmeleri

Değerlendirme türü	Değerlendirme yönü	f	%
Öğrenme Sürecini ve Ortamını Değerlendirme	Olumlu	24	88,89
	Olumsuz	2	7,41
	Açıklama yok	1	3,70
Öğrenme Süreci ve Öğrenme Ortamı İçerisinde Kendini Değerlendirme	Olumlu	21	77,78
	Olumsuz	2	7,41
	Açıklama yok	4	14,81

Öğrencilerin adidaktik öğrenme ortamlarını, bu ortamlardaki öğrenme sürecini ve süreç içerisinde kendilerini genel çerçevede değerlendirmelerine dair bulgular Tablo 79'da sunulmaktadır. Öğrenme ortamını ve öğrenme sürecini öğrencilerin %88,89'u olumlu ve %7,41'i olumsuz olarak değerlendirdikleri görülmektedir. Öğrencilerin ifadeleri 12 kod altında toplanmıştır. Bu kodlardan 9 tanesi olumlu değerlendirmeye yönelik görüşleri içerirken 3 tanesi olumsuz değerlendirmeye yönelik görüşleri içermektedir. Öğrenme süreci ve öğrenme ortamı içerisinde kendilerini değerlendirdiklerinde öğrencilerin %77,78'i olumlu ve %7,41'i olumsuz değerlendirme yapmışlardır. Öğrencilerin öğrenme ortamı ve süreci içerisindeki kendilerini değerlendirmelerine yönelik görüşleri 9 kod altında toplanırken bu kodlardan 7'si olumlu ve 2'si olumsuz görüşler içeren kodlardır. Öğrencilerin sergiledikleri olumlu ve olumsuz değerlendirmelere dair ayrıntılı bulgular ilgili Tablo 80 ve Tablo 81'de sunulmuştur.

Tablo 80. Öğrencilerin Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarını ve Öğrenme Sürecine Yönelik Değerlendirmeleri

Kodlar		Öğrenci kodu	f
1	Deney yaparak ve kendimiz tecrübe ederek öğrenmenin etkisi	Ö1, Ö2, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö12, Ö14, Ö20	9
2	Laboratuvarda uygulamanın ardından derste konunun işlenmesinin etkisi	Ö1, Ö3, Ö8, Ö12, Ö14, Ö16, Ö25	7
3	Konu hakkında yorum yapabilecek kadar bilgi sahibi olma	Ö5, Ö9, Ö13	3
4	Öğrenme süreci içerisinde birçok farklı materyalin (simülasyon, video ... vb) kullanılmasının etkisi	Ö14, Ö16, Ö18	3
5	Deney tasarımı ile dersin zevkli hale gelmesi	Ö1, Ö25	2
6	Eski bilgilerin tekrar edilmesi	Ö3, Ö22	2
7	Verilen ders notlarının kullanışlı olması	Ö6, Ö17	2
8	Sürecin günlük hayattan örnekler içermesinin etkisi	Ö6, Ö24	2
9	Konu içeriğinin basitten zora doğru sıralanışının etkisi	Ö27	1
10	Form doldurma sürecinin uzun sürmesi	Ö7, Ö8, Ö17, Ö18, Ö23	5
11	Sınıf içerisinde herkesin farklı etkinliği yapması	Ö9, Ö11, Ö12	3
12	Öğrenciye fazla iş yükü düşmesi	Ö21	1

Öğrencilerin adidaktik öğrenme ortamlarına ve bu ortamlardaki öğrenme sürecine dair olumlu değerlendirmeleri 9 kod (Kod 1-9) altında toplanarak Tablo 80'de sunulmaktadır. Öğrencilerin en çok deney yaparak ve kendimiz tecrübe ederek öğrenmenin etkisi (9 öğrenci) kodu altında olumlu değerlendirme yaptıkları görülmektedir. "... Deneyler olarak güzel bir süreçti ... deneyler olduğu zaman daha güzel anlaşıldığını düşünüyorum. ... Laboratuvarda işlenen dersler benim aklımda daha kalıcı oluyor... (Ö20-Kod1)" şeklindeki öğrenci ifadesi süreç içerisinde deneylerin yapılmasına etkisine yönelik ifadelerine örnektir. Laboratuvarda uygulamanın ardından derste konunun işlenmesinin etkisi (7 öğrenci), öğrenme süreci içerisinde birçok farklı materyalin kullanılmasının etkisi (3 öğrenci) ve sürecin günlük hayattan örnekler içermesinin etkisi (2 öğrenci) ve konu içeriğinin basitten zora doğru sıralanışının etkisi (1 öğrenci) kodları altında öğrencilerin sürecin ve konunun işleniş şeklinin etkisini ortaya çıkaran ifadelerdir. "Dersimizi laboratuvarda işledik. Malzemelerle deney yaparak görsel açıdan da görüyoruz bu benim açımdan çok önemli anlayıp anlamamamı hatırlayıp hatırlamamamı etkiliyor, bu yüzden olumlu oldu. ... (Ö12-Kod2)", "... Sürekli fotokopiler dağıtılması, ders hakkında bilgi verilmesi ... konulara yoğunlaştığımız için daha yararlı olduğunu düşünüyorum. ... Tabi ki simülasyonlar ve videolar izliyorduk onlarda etkiliydi. Sorularda çözerek sürecin daha iyi olduğunu düşünüyorum. ... (Ö14-Kod4)", "... Bana en yararlı olan kısmı daha çok günlük hayattan örneklerle gittiğiniz için ... ve üstünde durduğunuz için benim için daha çok yararlı oldu. (Ö24-Kod8)" ve "... bir konu hakkında siz çalışma kağıdı vererek soru çözerken oradaki soruları kolaydan zora doğru çözmeye çalışırdınız o yüzden etkili oldu.

... (Ö27-Kod9)" şeklindeki öğrenci ifadeleri konunun işleniş şeklinin etkisini örnekleyen ifadelerdir. Öğrencilerin bir kısmının ifadeleri "Olumlu yönü çok fazla çünkü bilmediğim çoğu şeyi öğrendiğimi düşünüyorum. İşlemsel olarak olsun ya da tanım olarak olsun. Daha önce bu kadar çok yorum yapamıyordum ya da yorum yaparken aradaki ilişkiyi bu kadar çok kuramadığımı düşünüyorum ama şu anda aralarındaki ilişkiyi kurabildiğimi düşünüyorum. ... (Ö9-Kod3)" ve "... Verdiğiniz kağıtlarda ne diyeceğim diye araştırırken bilgi edindik. En başta yaptığım yorumlarla şimdiki yorumlarım aynı değil. ... (Ö13-Kod3)" şeklinde değerlendirme yaparak konu hakkında yorum yapabilecek kadar bilgi sahibi olma (3 öğrenci) kodunun altında yer almaktadır. Benzer şekilde, "... birçok formül ve bilgiyi hafızamızda kalacak şekilde tekrar etmiş olduk ... (Ö22-Kod6)" gibi ifadeler kullanan öğrencilerin de eski bilgilerin tekrar edilmesi (2 öğrenci) kodu altında yer alan değerlendirmeler yaptıkları görülmüştür. Öğrenme ortamının ve sürecinin olumlu değerlendirildiği bir başka kod ise, deney tasarımı ile dersin zevkli hale gelmesi (2 öğrenci)'dir. "Kendi yaptığımız deneyler için ilk başta biz nasıl deney oluştururuz diyordum. O deneyleri yapmasak sınavda ben asla o şekilleri çizemezdim. ... Çok faydalı oldu bizim için. Önceden sadece yapmak için geliyorduk böyle kendimiz araştırıp kendimiz buluyoruz yapacağımız deneyi. ... (Ö1-Kod5)" şeklindeki öğrenci ifadesi ilgili kodu özetler niteliktedir. Verilen ders notlarının kullanışlı olması (2 öğrenci) kodu da öğrencilerin öğrenme ortamına ve sürecine dair olumlu değerlendirmelerinin altında yer almaktadır. Öğrencilerden birinin "... Sizin verdiğiniz notlarda kısa ve öz olduğundan bana fayda sağladığınız düşünüyorum. ... (Ö6-Kod7)" şeklindeki ifadesi bu duruma örnek olarak verilebilir.

Öğrencilerin adidantik öğrenme ortamlarına ve bu ortamlardaki öğrenme sürecine dair olumsuz değerlendirmeleri 3 kod (Kod 10-12) altında toplanmıştır. Formların (veri toplama araçlarının) doldurma sürecinin uzun sürmesi (5 öğrenci) öğrenciler tarafından en fazla yapılan olumsuz değerlendirme. "... Kısa değil, çok sıkıcı demiştim. Bu formu doldururken çok sıkıldığım için öyle dedim. (Ö18-Kod10)" şeklindeki öğrenci ifadesi, öğrencilerin form doldurma sürecini neden olumsuz olarak değerlendirdiklerini açıklar nitelikte bir örnektir. "...sunumlarda hep kavram haritası oluşturduk diğer deneylerle ilgili o kadar bilgimiz olmadı. ... Herkes aynı etkinliği yapsa daha etkili olabilirdi (Ö11-Kod11)" ve "... Her birimize farklı şeyler verip kamera kaydı falan olunca herkes direkt kendi yaptığı şeye odaklandı bence. Deneyleri çok az hatırlıyorum ... arkadaşlarım yaptığı için onların daha iyi kavradığını düşünüyorum. Fizik laboratuvarındaki gibi herkes aynı deneyi aynı anda yapsa olabilirdi ama o zamanda çok zaman alırdı. (Ö12-Kod11)" öğrenci ifadelerinden de görüldüğü gibi sınıf içerisinde herkesin farklı etkinliği yapması (3 öğrenci) da olumsuz bir değerlendirme olarak yansımıştır. Öğrenciye fazla iş yükü düşmesi (1

öğrenci) kodunun altında ise, "... Çok yoğun bir süreç oldu. Biraz az çalışsaydık olurdu. Öğrencinin çok işi vardı ... (Ö21-Kod12)" ifadesi öğrencinin öğrenme ortamına ve sürecine dair olumsuz değerlendirme sebebini açıklamaktadır. Öğrencilerin öğrenme ortamı ve öğrenme süreci içerisinde kendilerini değerlendirmelerine yönelik bulgular Tablo 81'de yer almaktadır.

Tablo 81. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamları ve Öğrenme Süreci İçerisinde Kendilerine Yönelik Değerlendirmeleri

Kodlar	Öğrenci kodu	f
1 Akım türleri hakkında bilmediklerimizi öğrendim	Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö25, Ö26, Ö27	26
2 Akım türlerinin günlük yaşamda nerelerde kullanıldığını öğrendim	Ö3, Ö6, Ö8, Ö9, Ö20, Ö23, Ö24, Ö25	8
3 Akım türlerinin nasıl elde edildiğini öğrendim	Ö1, Ö4, Ö9, Ö17, Ö19, Ö20, Ö21	7
4 Akım devreleri kurmayı öğrendim ve devre çizimini kavradım	Ö2, Ö6, Ö9, Ö19, Ö27	5
5 Akım türlerine ait kavramlar arasındaki ilişkileri öğrendim	Ö8, Ö9	2
6 Akım türlerinin birbirine dönüştürülebileceğini öğrendim	Ö1	1
7 Akım türleri hakkındaki yanlış bilgilerimi düzelttim	Ö15	1
8 Formülleri tam kavrayamadım/ işlem yapma kısımlarını anlayamadım	Ö4, Ö14	2
9 Akım türlerine yönelik devreleri ayırt edemiyorum, anlayamadım	Ö11	1

Öğrencilerin adidaktik öğrenme ortamları ve öğrenme süreci içerisinde kendilerine yönelik olumlu değerlendirmeleri 7 kod altında (Kod 1-7) Tablo 81'de yer almaktadır. Bu değerlendirme sonucunda "... 'doğru akım nedir?', 'alternatif akım nedir?' diye bilmiyordum. (Akım) çeşitlerini, nerede kullanıldıklarını öğrendim. ... (Ö23-Kod1)" ve "... Bilmediğim kavramları öğrendim. Mesela doğru akımın nasıl elde edilmiş olduğunu öğrendim. ... İndüksiyon akımda bir örnek biliyordum (çivi ile yapılan elektromanyetik mıknatis deneyi), indüksiyon akımının onunla çeliştiğini öğrendim. (Ö17-Kod1)" gibi ifadelerde de görüldüğü gibi öğrencilerin en fazla akım türleri hakkında bilmedikleri konuları (26 öğrenci) öğrendiklerini belirtmişlerdir. "... Günlük yaşamda akım türlerinin nasıl kullanıldığını öğrendim. Transformator aklımda kaldı, nasıl çalıştığını, akımın alçaltılabileceğini veya yükseltebileceğini bilmiyordum gösterdiniz... (Ö25-Kod2)" gibi akım türlerinin günlük hayatta nerelerde kullanıldığını (8 öğrenci) ve "... (akımların) nasıl devrelerde oluştuğunu öğrendim genel hatlarıyla. Az da olsa çalışma prensiplerini öğrendiğimi düşünüyorum. ... (Ö20-Kod3)" gibi akım türlerinin nasıl elde edildiğini (7

öğrenci) kodları altında yer alan ifadelerde sıkça yapılan değerlendirmeler arasındadır. Öğrencilerin bir kısmı devre kurmayı ve devre çizimini (5 öğrenci) öğrendiklerini ifade etmiştir: “İlkokulda bize elektrik devresi yaptırıyorduk biz hemen babamıza koşuyorduk. Büyüdüğümde de yine bunu yapabilecek durumda değildim. Çünkü bir kız olarak hiç elimize bir şey alıp onu birleştirmemiştir ama şimdi bir elektrik devresini kendim oluşturabilecek düzeydeyim. ... (Ö6-Kod4)”. Akım türlerine ait kavramlar arasındaki ilişkileri (2 öğrenci) öğrendiklerini “... kavram haritası hazırlarken kavramların tanımlarını yaparak aralarındaki ilişkileri öğrendim. (Ö8-Kod5)” şeklindeki ifadelerle belirtmişlerdir. Bir öğrenci “... Doğru akımın alternatif ve indüksiyon akımına (transformatörlerdeki gibi) çevrilebileceğiniz öğrendim. (Ö1-Kod6)” şeklinde akım türlerinin birbirine dönüştürülebileceğini öğrendiğini ifade ederken; bir diğer öğrenci akım türlerine dair yanlış bilgilerini düzelttiğini söylemiştir.

Öğrencilerin adidantik öğrenme ortamları ve öğrenme süreci içerisinde kendilerine yönelik olumsuz değerlendirmeleri 2 kod altında (Kod 8-9) yer almaktadır. Süreç içerisinde kendisi için olumsuz değerlendirmede bulunan öğrenciler ise, formülleri tam kavrayamadığı için işlem kısımlarını anlayamadığını (2 öğrenci) ve akım türlerine yönelik devreleri ayırt edemediğini (1 öğrenci) ifade etmişlerdir. “... Sayısal kısımları pek anlamadım, formüle dökme kısımlarını. Tanım olarak biliyorum ancak işlem yaparken biraz sıkıntı oluyor... (Ö4-Kod8)” ve “... Hala bir şekle (devreye) baktığımda emin olarak söyleyemiyorum doğru akım mı alternatif akım mı? O yönden bir faydası olmadı o da benim ilgisizliğimden kaynaklanıyor ... (Ö11-Kod9)” şeklindeki öğrenci ifadeleri olumsuz olarak yapılan değerlendirmelere örnektir.

5. TARTIŞMA

Bu tez araştırmasında, elektrik akımı türleri konusunda öğrenme stillerine göre didaktik durumlar teorisi çerçevesinde tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının Genel Fizik II ve Genel Fizik Laboratuvarı II derslerini alan fen bilgisi eğitimi anabilim dalı 1. sınıf öğrencilerinin zihinsel modellerinin gelişimine ve değişimine etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç dahilinde, elde edilen bulgular ile kuramsal bilgi ve literatürde yer alan çalışmaların sonuçları bu bölüm başlığı altında alt araştırma problemleri çerçevesinde tartışılmıştır.

5. 1. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerin Uygulama Süreci İçerisindeki Değişimine Yönelik Tartışma

Öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamlarının lisans öğrencilerinin anlama seviyeleri ve bu seviyelerin uygulama süreci içerisindeki değişimine yönelik tartışma doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım konu başlıkları dahilinde sunulmuştur.

5. 1. 1. Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerin Uygulama Süreci İçerisindeki Değişimi

Öğrencilerin doğru akıma yönelik anlama seviyeleri başarı testinde (BT) yer alan kavramsal, ilişkisel, işlemsel ve şematik soru türlerine ait sorular çerçevesinde ön, son ve geciktirilmiş uygulama sonuçları karşılaştırılarak bu başlık altında değerlendirilmiştir.

Öğrencilerin doğru akıma yönelik kavramsal anlamaları kavramın tanımına (BT 3.soru), nasıl elde edildiğine (BT 4.soru), akımın nerelerde kullanıldığına (BT 5.soru), bu kavram ile ilişkilendirilen kavramların yapısına (BT 6.soru- BT 35A.soru) dair sorulara verilen cevaplarla ortaya çıkarılmıştır (Bkz. Tablo 29). Öğrencilerin ön uygulamada kavramın tanımına yönelik açıklamalarının %37'si [1] ve %63'ü [2] numaralı anlama seviyelerinde yer alırken [3] ve [4] numaralı anlama seviyelerinde yer alan cevaplar bulunmamaktadır. Son uygulamada ise doğru akımın tanımına yönelik [1] numaralı anlama seviyesinde yer alan açıklamaları %14,8'e ve [2] numaralı anlama seviyesinde yer alan açıklamaları %51,9'a gerilerken, [3] numaralı anlama seviyesinde açıklama yapan 8 öğrenciye (%29,6'ya) ve [4] numaralı anlama seviyesinde açıklama yapan bir öğrenciye (%3,70'e) ulaşmıştır. Geciktirilmiş uygulamada ise, doğru akımın tanımına yönelik açıklamalarının %25,9'u [1] numaralı anlama seviyesinde ve %59,3'ü [2] numaralı anlama seviyesinde yer aldığı görülürken, bu değerlerin ön uygulama sonuçlarına göre azaldığı

ancak son uygulama sonuçlarına göre arttığı görülmektedir. Doğru akımın nasıl elde edildiğine yönelik soru için ön uygulamada yapılan açıklamaların %37'si [0], %29,6'sı [1], %25,9'u [2], %3,7'si [3] ve %3,7'si [4] seviyesinde; son uygulamada yapılan açıklamaların %3,7'si [0], %25,9'u [1] %26,9'u [2], %26,9'u [3] ve %11,1'i [4] seviyelerinde yer alırken geciktirilmiş uygulamada yapılan açıklamaların %33,3'ü [0], %22,2'si [1], %33,3'u [2], %7,4'ü [3] ve %3,7'si [4] seviyelerinde yer almaktadır. Son uygulama sonuçları ve ön uygulama sonuçları karşılaştırıldığında bu seviyelerde yer alan açıklamaların oranlarının azaldığı, son uygulama sonuçları ile geciktirilmiş uygulama sonuçları karşılaştırıldığında bu seviyelerde yer alan açıklamaların oranlarının arttığı tespit edilmiştir. Bu seviyelerde yer alan cevapların ön uygulama ve geciktirilmiş uygulama sonuçları incelendiğinde, geciktirilmiş uygulama sonuçları ön uygulama sonuçlarına göre bir nebze daha azaldığı görülmektedir. Doğru akım ile günlük hayatta nerelerde karşılaşılabileceğimize dair soruya verilen cevapların ön uygulamada %22,2'si [0], %25,9'u [1] ve %51,9'u [2] numaralı anlama seviyelerinde; son uygulamada %7,4'ü [1], %70,4'ü [2] ve %22,2'si [3] numaralı anlama seviyelerinde ve geciktirilmiş uygulamada %11,1'i [0], %85,2'si [2] ve %3,7'si [3] numaralı anlama seviyelerindedir. Öğrencilerin uygulama süreci içerisinde doğru akım ile günlük hayatta nerede karşılaşılabileceklerine dair bir farkındalık oluştuğu gözlenmektedir. Doğru akım kavramı ile ilgili kavramların ifade edilmesinin istendiği sorularda (BT 6.soru ve BT 35A.soru) ön uygulamada öğrenci cevaplarının önemli bir kısmı sırasıyla %74,1'i ve %55,6'sı [2] numaralı anlama seviyesinde; son uygulamada öğrenci cevaplarının önemli bir kısmı sırasıyla %66,7'si ve %77,8'i [2] numaralı anlama seviyesinde ve geciktirilmiş uygulamada öğrenci cevaplarının önemli bir kısmı sırasıyla %74,1'i ve %74,1'i [2] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. Son uygulamada öğrenci cevaplarının oranlarının değişmesinin en önemli sebebi öğrencilerin cevaplarının [3] numaralı anlama seviyesine doğru artmasıdır: Altıncı soru için yapılan açıklamaların ön uygulamada %7,4'ü; son uygulamada %25,9'u ve geciktirilmiş uygulamada ise %7,4'ü [3] numaralı seviyede yer almaktadır.

Öğrencilerin doğru akıma yönelik ilişkisel anlamaları için kavram hakkında ohm kanunu açısından ilişki kurma (BT 8.soru), doğru akım ile alternatif akım arasında ilişki kurma (BT 16.soru) ve tez çalışmasında yer alan konular arasında ilişki kurma (BT 36.soru) dair sorulara verilen cevaplarla ortaya çıkarılmıştır (Bkz. Tablo 29). Ohm kanunu ile ilgili başarı testinin sekizinci sorusuna ön uygulamada öğrenci açıklamalarının %48,1'i [1], %40,7'si [2] ve %3,7'si [3] seviyelerinde; son uygulamada öğrenci açıklamalarının %7,4'ü [1], %59,3'ü [2] ve %33,3'ü [3] seviyelerinde ve geciktirilmiş uygulamada öğrenci açıklamalarının %18,5'i [1], %37'si [2] ve %11,1'i [3] seviyelerinde yer aldığı görülmektedir. Öğrencilerin uygulama süreci sonunda ohm kanunu ile ilgili daha bilimsel

içeriğe sahip anlama seviyelerinde yer alan açıklamalar yaptıkları görülmektedir. Doğru akım ile alternatif akım arasındaki farkların veya benzerliklerin ifade edilmesinin istediği soru için ön uygulamada öğrenci cevaplarının %55,6'sı [1] numaralı anlama seviyesinde; son uygulamada öğrenci cevaplarının %81,5'i [2] numaralı anlama seviyesinde ve geciktirilmiş uygulamada öğrenci cevaplarının %59,3'ü [2] numaralı anlama seviyesindedir. Öğrencilerin doğru akım ile alternatif akım arasındaki benzerlik ve farkları tespit edebildiğine dair bir gösterge olarak düşünülebilir. Ancak öğrenci açıklamalarının alternatif kavram içermesi durumunun devam etmesi, alternatif kavramların değişime dirençli doğası (Çalık, 2006; Şahin ve Çepni, 2012) ile de açıklanabilir. Tez çalışmasında yer alan konular arasında bir bağlantı olup olmadığına dair başarı testinin otuzaltıncı sorusu için ön uygulamada öğrencilerin cevaplarının önemli bir kısmı (%77,8'i) [1] numaralı anlama seviyesinde, son uygulamada öğrencilerin cevaplarının %51,9'u [1] ve %44,4 [2] numaralı anlama seviyelerinde ve geciktirilmiş uygulamada öğrencilerin cevaplarının %48,1'i [0], %25,9'u [1] ve %25,9'u [2] seviyelerinde yer almaktadır. Bu durum, öğrencilerin başlangıçta tez çalışmasını oluşturan konular arasında ilişki kuramamasına rağmen uygulama süreci sonunda konular arasında bir ilişki kurabildiklerini gösterebilir.

Öğrencilerin doğru akıma yönelik işlemsel anlamaları için kavram hakkında ohm kanununa yönelik uygulamalar (BT 9A. ve 9B sorusu) ve Kirchoff kanunlarına yönelik uygulama (BT 10.soru) içeren sorulara verilen cevaplarla ortaya çıkarılmıştır (Bkz. Tablo 29). Ohm kanununa yönelik işlemsel sorularda öğrencilerden verilen değerler çerçevesinde gerilimin düşmesi veya yükselmesinin dikkate alınarak akım değerini bulmaları istenmektedir. Çözüm süreci benzer olan bu iki soru için öğrenci cevaplarının yer aldığı anlama seviyeleri de benzerlik göstermektedir. Başarı testinin dokuzuncu sorusu için öğrenci cevaplarının ön uygulamada [0], [1] ve [2] numaralı anlama seviyelerinde; son uygulamada [2], [3] ve [4] numaralı anlama seviyelerinde ve geciktirilmiş uygulamada [0], [2] ve [4] numaralı anlama seviyelerinde toplandığı görülmektedir. Öğrencilerin ohm kanununa ait matematiksel ifadeyi kullanmak yerine, genellikle oran orantı yoluyla soruyu cevaplamaya çalıştıkları görülmüştür. Yapılan uygulamalar sırasında, öğrencilerin özellikle işlemsel olan bu iki soruya [2] anlama seviyelerinde yer alan cevaplar verdikleri dikkat çekmektedir. Bu durumun sebebi olarak, öğrencilerin soruları cevaplarken bir takım işlemsel hatalar yapmaları veya matematiksel işlemleri sonuca ulaştıramamaları gibi matematik temelli güçlükler yaşamaları düşünülmektedir. Benzer şekilde Şahin ve Yağbasan (2012) fizik öğretmen adaylarının fizik konularında kendilerini başarısız olarak görmelerinin nedeni olarak, matematiksel bilgi ve beceriler açısından kendilerini yetersiz olarak gördüklerini belirlemiştir. Bütüner ve Uzun (2011), fen bilgisi öğretmenlerinin

yürüttükleri öğretim süreci içerisinde öğrencilerinin de matematiksel işlemleri doğru olarak yapamama gibi matematik temelli güçlükler yaşadıklarını tespit etmiştir. Howe, Nunes ve Byrant (2011) ile Cebesoy ve Yeniterzi (2016) öğrencilerin de fen/fizik kavramlarını öğrenirken matematiksel zorluklar yaşadıklarını ortaya çıkarmıştır. Aycan ve Yumuşak (2003) fizik konularının anlaşılması için matematiksel bilgi ve becerilerin önemini vurgulamıştır. Bu noktada çalışmaya katılan öğrencilerin matematik ve fizik dersleri arasındaki kurdukları ilişkiler de dikkate alındığında (Bkz. Tablo 11), matematiksel olarak yaşadıkları güçlüklerin fizik konularının öğrenim süreçlerini etkilediğini göstermektedir. Bu durumda, fizik öğretimi sürecinde öğrencilerin temel matematiksel bilgi ve becerilerine sahip olmaları bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, başarı testinde yer alan dokuzuncu soruda, bazı öğrencilerin 6,4 Ω 'luk direnç değerini 4 Ω olarak aldıkları ve buna bağlı olarak doğru sonuca ulaşamadıkları görülmektedir. Bu durum öğrencilerin soruları dikkatli bir şekilde okumadıklarına işaret edebilir.

Öğrencilerin doğru akıma yönelik şematik anlamaları için kavram hakkında doğru akım üreten bir devreye yönelik çizimi ve açıklamayı (BT 7A. ve 7B sorusu) ile verilen devreler arasından doğru akım üreten devrelerin tespitini (BT 34B.soru) içeren sorulara verilen cevaplarla ortaya çıkarılmıştır (Bkz. Tablo 29). Doğru akım üreten bir devre çizimine yönelik soruya verilen cevaplar farklı anlama seviyelerine dağılım gösterirken, cevapların önemli bir kısmı [4] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır (ön uygulamada %40,7'si; son uygulamada %63'ü ve geciktirilmiş uygulamada %44,4'ü). Buna karşın, öğrencilere ait cevapların ön uygulamada %18,5'i, son uygulamada %18,5'i ve geciktirilmiş uygulamada %25,9'u [2] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. Öğrencilerin çizdikleri doğru akım üreten devreye yönelik açıklamaları ise, ön uygulamada %48,1'i [1] ve %37'si [2], son uygulamada %77,8'i [2] ile geciktirilmiş uygulamada %22,2'si [1] ve %66,7'si [2] numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır. Yürütülen tez çalışmasında da öğrencilerin doğru akım üreten bir devreyi çizebildikleri ancak bu devreye ait çalışma prensibine yönelik açıklama yapamadıkları ifade edilebilir. Benzer bir sonuç, Yürümezoğlu ve Çökelez (2010)'in 6.,7. ve 8. sınıf öğrencileri ile yürüttüğü çalışmasının sonucunda da elde edilmiştir. Bu çalışmada, ortaokul öğrencilerine bir ampul, bir pil ve yeterli uzunlukta bir kablo verilerek öğrencilerden ampulün yandığı bir devre oluşturmaları istenmiştir. Çalışmaya katılan ortaokul öğrencilerinin yaklaşık 2/3'ü bu soruya istenen cevabı vererek doğru bir doğru akım devresi çizmişlerdir. Ampulün nasıl yandığını açıklamaları istendiğinde ise, ortaokul öğrencilerinin enerji ve pil kavramlarını sıklıkla kullandıkları ancak ampulü yakan etkenin kaynağının tam olarak ifade edilemediği tespit edilmiştir. Verilen devreler arasından doğru akım üreten devrelerin tespit edilebilmesini amaçlayan otuzdördüncü soruda ise öğrencilerin cevaplarının genellikle [2] numaralı

anlama seviyesinde yer aldığı görülmektedir (ön uygulamada %63'ü; son uygulamada %81,5'i ve geciktirilmiş uygulamada %70,4'ü). Yapılandırılmış grid sorusu olan bu soruda 1,3, 5 ve 8 numaralı devreler doğru akım devresi olarak tasarlanmıştır. Öğrencilerin bu soruya verdikleri cevaplar incelendiğinde, 1 ve 5 numaralı devreleri doğru akım devresi, 3 numaralı devreyi genellikle alternatif akım devresi olarak belirledikleri ancak, 8 numaralı devreyi doğru akım devresi olarak gösteremedikleri belirlenmiştir. Bu durum, 8 numaralı devrenin yanına konulan mıknatıs ile ilişkilendirerek indüksiyon akımının oluştuğunu ya da devrenin takip edilmesi sırasında akım yönünün değiştiği düşünülerek alternatif akım devresi olarak nitelendirilmiştir. Benzer şekilde 3 numaralı devre de reosta bulunduğu için ya da devrenin takip edilmesi sırasında akım yönünün değiştirildiğini düşünülerek doğru akım devresi olmasına rağmen lisans öğrencileri tarafından özellikle de ön uygulamada alternatif akım devresi olarak değerlendirilmiştir.

5. 1. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerin Uygulama Süreci İçerisindeki Değişimi

Öğrencilerinin elektromanyetik indüksiyon konusuna yönelik anlama seviyeleri başarı testinde (BT) yer alan kavramsal, ilişkisel, işlemsel ve şematik soru türlerine ait sorular çerçevesinde ön, son ve geciktirilmiş uygulama sonuçları karşılaştırılarak bu başlık altında değerlendirilmiştir.

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusuna ait kavramsal anlamalarının tespit edilmesi için, elektromanyetik indüksiyon ile elde edilen akımın açıklanması (BT 22. ve 23. soruları), elektromanyetik indüksiyondan günlük hayatta nasıl yararlanılabileceği (BT 24.sorusu), elektromanyetik indüksiyon ile ilgili kelime ve kavramların listelenmesi (BT 25 ve 35C soruları), manyetik alan ile elektrik akımı ilişkisinin açıklanması (BT 27.sorusu), manyetik akı kavramının ifade edilmesi (BT 28A sorusu) ve transformatörün çalışma prensibinin açıklanması (BT 32.Sorusu) istenen sorulara verilen cevaplarla ortaya çıkarılmıştır (Bkz. Tablo 31). Elektromanyetik indüksiyon ile elde edilen akımın açıklanmasına dair verilen öğrenci cevapları ön uygulamada [0], [1] ve [2], son uygulamada [2], [3] ve [4] ve geciktirilmiş uygulamada [0], [1], [2] ve [3] numaralı anlama seviyelerinde dağılım göstermiştir. Elektromanyetik indüksiyonun günlük hayatta kullanımı ile ilgili öğrenci cevapları uygulama süresince [0], [1] ve [2] anlama seviyelerinde bulunduğu görülürken, [0] seviyesinde yer alan cevapların azaldığı (sırasıyla, %74,1, %37, %25,9) ve [2] seviyesinde verilen cevapların arttığı (sırasıyla, %22,2, %51,9, %55,6) görülmektedir. Elektromanyetik indüksiyon kavram ve konuları mekanik gibi fizik dallarına göre genellikle öğrencilerin günlük hayat tecrübelerinde ve kullandıkları dilde yer almaması sebebiyle öğrencilerin bu konuya dair ön bilgilerinin yeterli olmadığı

düşünülmektedir (Jelicic vd., 2017). Ayrıca, Tural ve Tarakçı (2017) öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusunun günlük hayattaki uygulamaları ile ilişki kurularak öğretilmesinin konunun anlaşılmasını kolaylaştırdığını ifade ettiklerini belirlemiştir. Elektromanyetik indüksiyon ile ilgili kelime ve kavramların ifade edilmesi istene sorularda ise, öğrenci cevaplarının ön uygulamada [0] ve [2] numaralı anlama seviyeleri ile son ve geciktirilmiş uygulamalarda genellikle [2] numaralı anlama seviyesindedir. Manyetik alan ile elektrik akımının üretilmesine dair soru da ise öğrencilerin ön uygulamadaki cevaplarının [1] (%63), son uygulamadaki cevaplarının [2] (%40,7) ve [3] (%25,9) ile geciktirilmiş uygulamadaki cevaplarının [2] (%55,6) numaralı anlama seviyelerinde toplandığı görülmektedir. Başarı testinde elektromanyetik indüksiyonun elde edilmesi ile ilişkilendirilebilecek kavramsal sorulara yönelik öğrenci cevapları incelendiğinde, manyetik alan değişimi kullanılarak elektrik akımı üretilmesi hakkında anlama seviyeleri bakımından öğrenci cevaplarında yer alan bilimsel içeriğin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Başarı testinin 28A numaralı sorusunda öğrencilerin manyetik akı kavramını ön uygulamada bilmedikleri (cevapların %63'ü [0] seviyesinde), son uygulamada (cevapların %18,5'i [4] seviyesinde) ve geciktirilmiş uygulamada (cevapların %11,1'i [3] seviyesinde) ise kavram hakkında nispeten bilimsel bir görüş geliştirdikleri görülmüştür. Bu soru için öğrenci cevaplarında manyetik akının tanımlanırken manyetik alan kavramı ile alternatif kavram oluşturacak şekilde ilişkiler kurulduğu görülmüştür. Bu durum öğrencilerin manyetik alan çizgileri ile manyetik alan kavramlarını eşdeğer gördükleri şeklinde yorumlanabilir. Bununla birlikte, bu çalışmada öğrencilerin Faraday kanununa yönelik bilgi düzeylerinin de yeterli olmadığı görülmüştür. Öğrencilerin Faraday kanununa yönelik eksik bilgileri manyetik akı kavramını anlayamamalarından kaynaklanabilir (Guisasola vd., 2013; Thong ve Gunstone, 2008). Elektromanyetik indüksiyonun günlük hayatta yer alan uygulamalarından biri olan transformatörler için, öğrencilerin ön uygulamada bilgi sahibi olmadıkları (cevapların %66,7'si [0] ve %33,3'ü [1] seviyelerinde) söylenebilir. Bu soru için öğrencilerin son uygulama ve geciktirilmiş uygulamada verdikleri cevapların önemli bir kısmı [2] numaralı anlama seviyesindedir (sırasıyla, %88,9 ve %59,3). Bu durum, öğrencilerin transformatörler hakkında bilgi edindiklerini gösterse de öğrencilerin önemli bir kısmı akımın değerinin yanı sıra enerji aktarımının da gerçekleştiğini düşündükleri görülmektedir. Bu durum, transformatörlerin kullanılmasının somutlaştırılması adına elektriğin üretilmesinden evlerimize ulaşması sürecinde yüksek gerilim hatları örneğinin verilmesi sebebiyle gerçekleşmiş olabilir. Nitekim yüksek gerilim hatları halk arasında enerji nakil hattı olarak ta isimlendirilmesi bu kavram kargaşasına sebep olmuş olabilir. Diğer bir ifadeyle, Kıryak ve Çepni (2015)'in çalışmasında tespit edildiği gibi, öğrencilerin

fizik kavram ve terimlerini açıklarken bilimsel dil yerine günlük hayatta kullandıkları dili tercih etmiş oldukları düşünülmektedir.

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusuna yönelik ilişki kurma (BT 33.soru) ve tez çalışmasında yer alan konular arasında ilişki kurma (BT 36.soru) dair sorulara verilen cevaplarla ortaya çıkarılmıştır (Bkz. Tablo 31). İndüksiyon elektromotor kuvvetinin bağlı olduğu kavramların tespit edilmesi ve kavramlar arası ilişkinin kurulması istenen soruda öğrencilerin ön uygulamada [1], son uygulamada [2] ve geciktirilmiş uygulamada [0] numaralı anlama seviyelerinde yer alan cevaplar vermişlerdir. Bu durum, konu içerisinde yer alan kavramlar arasında öğrencilerin ilişki kurmakta yetersiz oldukları şeklinde yorumlanabilir. Bir başka açıdan düşünüldüğünde bu durum, öğrencilerin öğretim sırasında karşılaştıkları kavramları günlük hayatta karşılaştıkları durum ve olaylarla ilişkilendiremediğinin de göstergesi olabilir. Kurumsallaştırma aşamasında, elektromanyetik indüksiyonun günlük hayattaki uygulamaları arasında verilen örneklerden biri olan jeneratörler ile elektromotor kuvvet kavramı arasında bir ilişkinin kurulamamış olması bu tespit için örnek olarak verilebilir. Benzer şekilde, Kocakülâh (1999), Jones (2003), Demirci ve Çirkinöğlü (2004) ile Tanel (2006) çalışmalarında öğrencilerin elektromotor kavramı ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmadıklarını ve elektromotor kuvveti gibi kavramların soyut yapısı sebebiyle öğrencilerin kavramı anlamalarının zorlaştırdığı belirlenmiştir.

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusuna yönelik işlemsel anlamaları için konu içerisindeki manyetik akı kavramına yönelik uygulama (BT 28B sorusu) ve elektromanyetik indüksiyon ile indüksiyon akımının oluşumuna dair uygulamalar (BT 29, 30 ve 31.sorular) içeren sorulara verilen cevaplarla ortaya çıkarılmıştır (Bkz. Tablo 31). Mıknatıs kullanılarak manyetik alan değişimi ile elektrik akımı (indüksiyon akımı) elde edebildikleri ancak, elektrik akımı kullanarak farklı bir kapalı bir metal sistemde manyetik alan değişimi sağlanarak elektrik akımı üretebileceklerini tam olarak kavrayamadıkları başarı testinin 29. ve 30. sorularına verilen öğrenci cevaplarından anlaşılmaktadır (cevapların önemli bir kısmı ön uygulamadaki [1] ve son uygulamada [2] seviyesinde). Konum değiştiren bobinlerin bulunduğu bir sistemde indüksiyon elektromotor kuvvetini veren bağıntının bulunması istenen 28B sorusu için verilen cevapların ön uygulamada %88,9'u [0], son uygulamada %29,6'sı [0] ile %55,6'sı [1] ve geciktirilmiş uygulamada %92,6'sı [0] numaralı anlama seviyelerindedir. Manyetik alan içerisinde bulunan çubukların uçları arasında oluşan indüksiyon elektromotor kuvvetinin sıralanması istenen soruda öğrenci cevapların ön uygulamada %85,2'si [1], son uygulamada %37'si [2] ile %18,5'i [3] ve geciktirilmiş uygulamada %40,7'si [1] numaralı anlama seviyelerindedir. Bu iki soruya verilen öğrenci cevapları incelendiğinde, öğrencilerin konu ile ilgili formülleri

anlamlandıramadıkları ve kavramlar arasında yeterince ilişki kuramadıkları için yoruma dayalı olan bu tür soruları cevaplayamadıkları düşünülmektedir. Benzer bir sonuca, Yiğit ve Alev (2019) serbest düşme için gerçekleştirdikleri çalışmada ulaşmıştır. Yiğit ve Alev (2019)'a göre fizik konularına ait matematiksel modeller öğrenciler tarafından ezberlenerek kullanılabilir formüller olarak görülmesi, bu modellerin anlamlandırılmaması ve konu içerisinde yer alan kavramların yeterince ilişkilendirilememesi sebebiyle öğrencilerin bu modelleri kavrayamaması sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusuna ait şematik anlamaları için kavram hakkında elektromanyetik indüksiyon ile akım üreten bir devreye yönelik çizimi ve açıklamayı (BT 26A. ve 26B sorusu) ile verilen devreler arasından elektromanyetik indüksiyon ile akım üreten devrelerin tespitini (BT 34D.soru) içeren sorulara verilen cevaplarla ortaya çıkarılmıştır (Bkz. Tablo 31). Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon ile akım üretebilecek bir devre çizimi için verilen öğrenci cevaplarının ön uygulamada %51,9'u [0] ve %37'si [1] numaralı anlama seviyesinde iken, son uygulamada %14,8'i [3] ve %33,3'ü [4] numaralı anlama seviyesinde yer aldığı görülmektedir. Geciktirilmiş uygulamada ise, öğrenci cevaplarının %3,7'si [3] ve %14,8'i [4] numaralı anlama seviyesindedir. Başarı testinin 26B sorusuna verilen öğrenci cevapları incelendiğinde öğrencilerin ilgili devreyi çizebildikleri ancak devrenin çalışma prensibine ait bilimsel nitelikte açıklama yapamadıkları görülmektedir. Yapılandırılmış grid sorusunda ise elektromanyetik indüksiyon ile akım üreten devrelerin tespit edilmesini amaçlayan soruya öğrencilerin ön uygulamada verdikleri cevaplar [0] ve [1] anlama seviyelerinde iken, son ve geciktirilmiş uygulamada verdikleri cevaplar [2] numaralı anlama seviyesinde toplanmıştır. Öğrencilerin şematik alanda yer alan öğrenci cevapları incelendiğinde, elektromanyetik indüksiyon ile akım üreten devreleri ayırt etme konusunda gelişim gösterdikleri ancak yapılandırılmış gride bulunan 4 numaralı özindüksiyon akımının olduğu devreyi tespit edemedikleri ve bu devreyi alternatif akım devresi gibi düşündükleri görülmüştür. Bu durum, öğrencilerin özindüksiyon akımını kavramadıklarına işaret etmektedir.

5. 1. 3. Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerin Uygulama Süreci İçerisindeki Değişimi

Öğrencilerin alternatif akımla ilgili anlama seviyeleri başarı testinde (BT) yer alan kavramsal, ilişkisel, işlemsel ve şematik soru türlerine ait sorular çerçevesinde ön, son ve geciktirilmiş uygulama sonuçları karşılaştırılarak bu başlık altında değerlendirilmiştir.

Öğrencilerin alternatif akım konusuna ait kavramsal anlamalarının tespit edilmesi için, alternatif akımın tanımlanması (BT 11. sorusu), alternatif akımın elde edilmesi (BT 12. sorusu), alternatif akımın günlük hayatta kullanılması (BT 13. sorusu), alternatif akım ile ilgili kelime ve kavramların ifade edilmesi (BT 14. ve 35B soruları) ve alternatif akım ile ilgili temel kavramların açıklanması (BT 17.sorusu) istenen sorulara verilen cevaplarla ortaya çıkarılmıştır (Bkz. Tablo 33). Ön uygulamada öğrencilerin alternatif akıma ait tanımlamalarının %48,1'i [1] ve %33,3'ü [2] numaralı anlama seviyelerinde yer alırken, son uygulamada kavram ait tanımlamaların %7,4'ü [1] ve %29,6'sı [2] ile geciktirilmiş uygulamada kavram ait tanımların %25,9'u [1] ve %37'si [2] numaralı anlama seviyelerindedir. Tanıma ait ön uygulamada [3] ve [4] numaralı anlama seviyelerinde yer alan ifadeler bulunmamasına karşın, son uygulamada cevapların %55,6'sı [3] ve %7,4'ü [4] ile geciktirilmiş uygulamada cevapların %33,3'ü [3] ve %3,7'si [4] numaralı anlama seviyelerinde yer almaktadır. Ön uygulamaya göre son ve geciktirilmiş uygulamalarda öğrencilerin kavramın tanımına dair daha üst anlama düzeylerinde yer alan tanımlamalar yapılabildiği ifade edilebilir. Alternatif akımın elde edilmesine yönelik soruya ait açıklamalar ise, ön uygulamada öğrenci cevaplarının %70,4'ü [0] numaralı anlama seviyesinde cevap verirken, son uygulamada bu seviyede cevap veren öğrenci sayısı gerilemiş (%11,1) ancak geciktirilmiş uygulamada bu seviyede cevap veren aday sayısı yeniden %55,6'ya yükselmiştir. Öğrenci cevaplarının ön uygulamada %3,7'si [3], son uygulamada %22,2'si [3] ve %7,4'ü [4] numaralı anlama seviyelerinde iken geciktirilmiş uygulamada [3] ve [4] numaralı anlama seviyelerinde yer alan cevap bulunmamaktadır. Alternatif akımın günlük hayattaki kullanımı ile ilgili öğrenci cevaplarının önemli bir kısmının ön uygulamada (%55,6'sı) [1] numaralı anlama seviyesinde iken, son uygulamada (%77,8'i) ve geciktirilmiş uygulamada ise (%59,3'ü) [2] numaralı anlama seviyesinde bulunduğu görülmektedir. Bu noktada, kurumsallaştırma aşamasında kullanılan materyallerin alternatif akımın günlük hayattaki kullanımına yönelik verilen örnekler ile zenginleştirilmesinin etkili olduğu düşünülebilir. Alternatif akım ile ilgili kelime ve kavramların ifade edilmesi istenen altıncı soruda öğrenci cevaplarının ön uygulama için %37'si [0] ile %33,3'ü [2], son uygulama için %92,6'sı [2] ve geciktirilmiş uygulama için %29,6'sı [0] ile %70,4'ü [2] anlama seviyelerinde toplandığı görülmektedir. Otuzbeşinci soruda ise öğrencilerin cevaplarının ön uygulamada %40,7'si [1], son uygulamada %96,3'ü [2] ve geciktirilmiş uygulamada %70,4'ü [2] seviyelerinde yer almaktadır. Bu iki soruya verilen cevaplar birlikte değerlendirildiğinde öğrencilerin alternatif akım ile ilgili kavramları sınıflamakta gelişim gösterdiği söylenebilir.

Öğrencilerin alternatif akıma ait işlemsel anlamaları için kavram hakkında empedans (BT 18. sorusu), etkin gerilim (BT 19. sorusu) ve etkin akım (BT 20. sorusu) hesaplamaya

yönelik uygulamalar içeren sorulara verilen cevaplarla ortaya çıkarılmıştır (Bkz. Tablo 33). Öğrencilerin alternatif akım ile ilgili işlemsel sorulara ön uygulamada [0] ve [1] numaralı anlama seviyelerinde cevaplar verdikleri görülmektedir. Bu durum öğrencilerin empedansın bulunması, etkin akım ve etkin gerilim hesaplanması gibi alternatif akım ile ilgili işlemsel sorular konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıklarını gösterebilir. Bu sorular için uygulama süreci sonunda son ve geciktirilmiş uygulamalarda [2], [3] ve [4] seviyelerde yer alan cevapların oranı artmıştır. Verilen devreye ait empedansın bulunması istenen soruda son uygulamada öğrenci cevaplarının %7,4'ü [2], %7,4'ü [3] ve %11,1'i [4] ile geciktirilmiş uygulamada öğrenci cevaplarının %7,4'ü [2] numaralı anlama seviyesindedir. Etkin gerilimin hesaplanması istenen soruda ise, öğrenci cevaplarının son uygulamada %18,5'i [2] ve %14,8'i [3] ile geciktirilmiş uygulamada %7,4'ü [2] ve %3,7'si [3] numaralı anlama seviyelerindedir. Ayrıca, öğrencilerin önemli bir kısmının bu soruyu çözüme ulaştıramadığı görülmüştür. Etkin akımın hesaplanması istenen soru da ise, son uygulamada %3,7'si [2], %3,7'si [3] ve %33,3'ü [4] ile geciktirilmiş uygulamada %3,7'si [2], %3,7'si [3] ve %7,4'ü [4] numaralı anlama seviyelerindedir. Öğrencilerin etkin akıma yönelik bu soruyu cevaplarken, etkin akım kavramı ile ohm kanunu arasında bir ilişki kurabildikleri görülmüştür. Ayrıca etkin akımın hesaplanmasına yönelik bu sorunun daha fazla öğrenci tarafından cevaplanabilmesi durumu etkin akım kavramının etkin gerilim kavramına oranla daha iyi anlaşıldığı şeklinde yorumlanabilir.

Öğrencilerin alternatif akıma yönelik şematik anlamaları için kavram hakkında alternatif akım üreten bir devreye yönelik çizimi ve açıklamayı (BT 15A. ve 15B sorusu), alternatif akım devreleri ile frekans kavramı arasında ilişkiyi açıklamayı (BT 21. sorusu) ile verilen devreler arasından alternatif akım üreten devrelerin tespitini (BT 34C.sorusu) içeren sorulara verilen cevaplarla ortaya çıkarılmıştır (Bkz. Tablo 33). Alternatif akım üretebilen bir devre için öğrencilerin çizimleri ön uygulamada %3,7'si [3] ve %3,7'si [4], son uygulamada %25,9'u [3] ve %7,4'ü [4] ve geciktirilmiş uygulamada %3,7'si [3] ve %3,7'si [4] numaralı anlama seviyesinde yer almaktadır. Öğrencilerin alternatif akım üreten bir devreye ait bilimsel nitelikteki çizimlerinin artış göstermesine rağmen, bu devreye ait çalışma prensibi hakkında bilimsel nitelikte açıklama yapma konusunda yeterli olmadıkları görülmektedir. Alternatif akım devreleri ile frekans arasındaki ilişkiyi açıklamayı hedefleyen soruda ise öğrenci cevaplarının ön uygulamada %51,9'u [0] ve %48,1'i [1] seviyelerinde iken, son ve geciktirilmiş uygulamada [2] ve [3] numaralı anlama seviyelerinde yer alan cevaplar bulunmaktadır. Bu durumun, öğrencilerin alternatif akım devrelerinde frekans ile ilişki kurmaya başladıklarının göstergesi olduğu düşünülmektedir. Yapılandırılmış grid sorusunda verilen devreler arasından alternatif akım üreten devrelerin tespit edilmesi hususunda ise, öğrencilerin cevaplarının ön uygulamada [0], [1] ve [2]

numaralı anlama seviyelerinde, son uygulamada [2] ve [3] ile geciktirilmiş uygulamada [0], [1], [2] ve [3] numaralı anlama seviyelerinde olduğu görülmektedir. Bu noktada, bu soruya verilen cevapların durumu ile öğrencilerin kendilerine sorulan alternatif akım üreten bir devre çizilmesine yönelik soruya verilen cevapların durumu birbirini destekler nitelikteki bulgulardır. Bu bulgu, öğrencilerin alternatif akım devresini tespit edebildikleri şeklinde yorumlanabilir.

5. 1. 4. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Anlama Seviyeleri ve Bu Seviyelerin Uygulama Süreci İçerisindeki Değişiminin Bütüncül Olarak Değerlendirilmesi

Öğrencilerin elektrik akımı ile ilgili konulardaki anlama seviyeleri ve bu seviyelerin uygulama süreci içerisindeki değişimi, başarı testinde yer alan sorulara bütüncül olarak bakıldığında öğrencilerin uygulama süreci içerisinde bir gelişme kaydettikleri söylenebilir. Öğrencilerin doğru akım ile ilgili ön uygulamadaki cevapları genellikle [0], [1] ve [2] anlama seviyelerinde, son uygulamadaki cevaplarının genellikle [1], [2] ve [3] anlama seviyelerinde ve geciktirilmiş uygulamadaki cevapları genellikle [0], [1] ve [2] anlama seviyelerinde yer aldığı görülmüştür. Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusu ile ilgili cevapları ise; ön uygulamada genellikle [0], [1] ve [2] anlama seviyelerinde, son uygulamada genellikle [1], [2] ve [3] anlama seviyelerinde ve geciktirilmiş uygulamada genellikle [0], [1] ve [2] anlama seviyelerinde bulunduğu görülmüştür. Öğrencilerin alternatif akım ile ilgili cevapları genellikle ön uygulamada [0], [1] ve [2], son uygulamada [1], [2] ve [3] ve geciktirilmiş uygulamada [0], [1] ve [2] anlama seviyelerinde bulunduğu görülmüştür. Bu durumda, ön ve son uygulamalardaki anlama seviyeleri bulguları incelendiğinde öğrencilerin uygulama süreci içerisinde bir öğrenme gerçekleştirdikleri ancak altı ay sonra yapılan geciktirilmiş uygulamaya ait anlama seviyeleri bulguları dikkate alındığında anlama seviyelerinde bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Uygulama süreci sonunda uygulanan son uygulama sonuçlarının uygulamanın bitiminin ardından yaklaşık altı ay sonra uygulanan geciktirilmiş uygulama sonuçlarından daha yüksek anlama seviyelerinde bulunması durumu, öğrenme sürecinin doğasıyla açıklanabilir bir durum olarak düşünülmektedir. Bilişsel kuramlar çerçevesinde düşünüldüğünde öğrenme karşısındaki duruma bir anlam yükleme çabası olarak değerlendirilmektedir (Özden, 2011; Fer ve Cırık, 2007). Eğer öğretim sonucunda bireylere öğrendiklerini kullanmak için değişik fırsatlar sunulamazsa, bireylerin anlam oluşturma mücadelesi kaybolur (Özden, 2011) ve öğrenilen bilginin kullanılmaması sebebiyle uzun süreli bellekte saklanma

durumu da azalır (Kılıç, 2018). Bu durumda, öğrenilen bilgilerin (kullanılmadıkça) zamanla unutulabileceği şeklinde yorumlanabilir. Benzer şekilde, Çepni ve Şenel-Çoruhlu (2014), Önder (2012) ve Er-Nas ve Çepni (2016) çalışmalarında yapılan geciktirilmiş uygulama sonuçlarının son uygulama sonuçlarına göre düşüş gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bir başka açıdan bu durum, öğrencilerin elektrik akımı konularında başarı testinde yer alan soruları cevaplarırken güçlükler yaşamalarının bir sebebi de katılımcı profilinde yer alan bilgiler çerçevesinde öğrencilerin mezun oldukları lise türleri düşünüldüğünde ortaöğretim hayatlarında bu kavramlarla karşılaşmadıkları olarak yorumlanabilir. Öğrencilerin doğru akım ile ilgili verdikleri cevapların elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım konularına göre daha bilimsel içeriğe sahip olması da bu durum ile ilişkili olabilir. Nitekim, öğrencilerin doğru akım konularına ortaokul fen bilgisi derslerinden ve ortaöğretim temel fizik derslerinden (ortaöğretim 9-10 fizik konularından) aşına olmaları buna karşın elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım konularının daha üst sınıf düzeylerinde yer alması doğru akıma yönelik sorulara ait cevapların daha üst anlama seviyelerinde bulunmasının bir sebebi olabilir. Bu durum ile paralel olarak, literatürde elektromanyetik indüksiyon (Bagno ve Eylon, 1997; Guisasola vd., 2013; Jelcic vd., 2017; Loftus, 1996; Pocovi ve Finley, 2002; Saarelainen vd., 2007; Thong ve Gunstone, 2008) ve alternatif akım (Biswas vd., 1998; Holton vd., 2008) ile ilgili yapılan çalışmalarda öğrencilerin bu konuları anlamakta zorlandıklarını göstermektedir.

Yapılan tez çalışmasında elde edilen bulgular, öğrencilerin akım türlerine dair teorik soruları daha bilimsel içeriğe sahip anlama seviyelerinde cevapladığını gösterirken, pratiğe dayanan soruları bilimsel olmayan içeriğe sahip anlama seviyelerinde cevaplandıkları ve bu soruları cevaplandırırken zorlandıkları görülmektedir. Bu durum, tasarlanan öğrenme ortamlarının teorik bilgi bloğu adına iyi işlediği ancak pratik bloğunun geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğunu gösterebilir. Bu anlamda, pratik blokta eksikliklerin deney yapmak gibi uygulamalardan değil problem çözme ile ilgili uygulamalar konusunda geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu düşüncenin altında yatan sebep ise, öğrencilerin matematiksel işlemler ile fizik arasında kurdukları bağların ifade edildiği bulgulardır. Öğrencilerin fiziğin zor bir ders olduğunu düşündükleri ve matematiğin ise fizik dersi içerisinde nasıl kullanılacağını bilmedikleri düşünülebilir. Bu durum öğrencilerin sahip oldukları öğrenme stilleri ve bu stillerin öğretimsel özellikleri ile de açıklanabilir (bkz. Tablo 1). Sözel yeteneği daha fazla olan öğrenciler teorik bilgiyi kalıcı olarak öğrenme konusunda daha başarılı olabilirler. Bu durum, teorik blokta yer alan soruların daha çok cevaplanmasının sebebi olabilir. Bununla birlikte, öğrencilerin pratik blokta nispeten başarısız olmalarının sebebi problem çözme yetenekleri ile de ilişkilendirilebilir.

Öğrencilerin başarı testindeki şematik sorularda yer alan devreleri yorumlama sürecinde zorluk yaşadıkları belirlenmiştir. Bu durumun, öğrencilerin daha önceki öğretim süreçlerinde elektrik devreleri ile yeterince karşılaşmadıklarından devre elemanlarını tanımamaları ile ilişkili olduğu söylenebilir. Örneğin, öğrencilerin başarı testi üzerinden yürütülen klinik mülakatlar esnasında reostayı alternatif devre elemanı olarak görmeleri, direncin değiştirilmesi ile alternatif akım elde ettiklerini ve reosta gördükleri her devrede alternatif akım olduğunu ifade etmeleri bu sonucu destekler niteliktedir. Bir başka örnek ise, verilen devrelerdeki akımın yönünü takip ederken pilin/güç kaynağının artı ucundan çıkarak devreyi izlemeleri sırasında bağlantı kablosunun aşağıya döndürülmesi ile akımın yönünün aşağıya döndüğü, akım yönünün değiştiği için devrede alternatif akımın dolaştığının ifade edilmesi öğrencilerin elektrik devreleri ile ilgili yeterince bilgi sahibi olmadığına işaret etmektedir. Nitekim öğrencilerin seri bağlı devrelerde doğru akım ve paralel bağlı devrelerde alternatif akım oluşmasına dair sahip oldukları alternatif kavramlar bu tespiti destekleyen klinik mülakat bulguları arasındadır.

Öğrencilere yöneltilen konu/kavram ile ilgili ifade ettikleri kelime veya kavramların analizinden elde edilen bulgular incelendiğinde, öğrencilerin daha çok devre elemanlarına veya formül bileşenlerine yönelik kelime ve kavramlar ifade ettikleri belirlenmiştir. Örneğin, elektromanyetik indüksiyon konusunda öğrencilerin genellikle mıknatıs kavramını ifade ederken, manyetik alan kavramını yeterince ifade etmedikleri görülmüştür. Bu durum öğrencilerin uygulama sürecindeki deneylerden hafızalarında bazı kavramlar kaldığını ancak bu kavramlar ile konu arasında ilişkiyi yeterince kuramadıklarını gösterebilir.

5. 2. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişimine Yönelik Tartışma

Öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamlarının fen bilgisi eğitimi lisans öğrencilerinin elektrik akımı konularına ait akademik başarılarını ve akademik başarılarının uygulama süreci içerisindeki değişimine yönelik tartışma doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım konu başlıkları altında sunulmuştur.

5. 2. 1. Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişimi

Öğrencilerin doğru akıma yönelik akademik başarıları ön, son ve geciktirilmiş uygulama sonuçları karşılaştırılarak bu başlık altında değerlendirilmiştir. Öğrencilerin doğru akım ile ilgili akademik başarı puanları incelendiğinde (Tablo 35), ön uygulamadaki akademik başarı puanları ile son uygulamadaki akademik başarı puanları karşılaştırıldığında 25 öğrencinin başarı puanlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Son

uygulamadaki akademik başarı puanları ile geciktirilmiş uygulamadaki akademik başarı puanları karşılaştırıldığında 21 öğrencinin başarı puanlarında düşüş gözlenmiştir. Ön uygulama puanları ile geciktirilmiş uygulama puanları karşılaştırıldığında ise, 19 öğrencinin başarı puanında artış olduğu görülmüştür. Bu durum, öğrencilerin öğretim süreci içerisinde edindikleri bilgilerin, akademik başarı çerçevesinden bakıldığında nispeten kalıcı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Öğrencilerin doğru akıma yönelik akademik başarı puanları arasındaki en büyük fark, ön ve son uygulamalara ait akademik başarı puanlarının arasında tespit edilmesi, tasarlanan öğretim sürecinin öğrencilerin öğrenme durumları üzerinde etkili olduğu şeklinde düşünülebilir. İlyasoğlu ve Aydın (2014), doğru akım devrelerine yönelik tasarlanan bilgisayar destekli öğretimin fen bilgisi öğretmen adaylarının konu ile ilgili akademik başarısı üzerinde geleneksel öğretime göre daha etkili olduğunu tespit etmiştir. Bu noktadan yola çıkarak, öğrenme ortamlarının tasarlanması sırasında öğrenme stillerinin öğretimsel özelliklerinin dikkate alınması öğrenci başarısı üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, ön uygulama ile geciktirilmiş uygulama elde edilen akademik başarı puanları arasındaki fark, öğrencilerin tasarlanan öğrenme ortamı içerisinde doğru akım ile ilgili kalıcı öğrenmeler de gerçekleştirdiklerine işaret etmektedir. Ayrıca, öğrencilerin ön, son ve geciktirilmiş uygulamalardan elde ettikleri akademik başarı puanları arasında anlamlı bir farkın olduğu tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları ile istatistiksel olarak da desteklenmiştir (Tablo 36-37).

5. 2. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişimi

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusunda yönelik akademik başarıları ön, son ve geciktirilmiş uygulama sonuçları karşılaştırılarak bu başlık altında değerlendirilmiştir. Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusunda akademik başarı puanları incelendiğinde (Tablo 38), ön uygulama ile son uygulama başarı puanları karşılaştırıldığında 26 öğrencinin ve ön uygulama ile geciktirilmiş uygulama başarı puanları karşılaştırıldığında 19 öğrencinin başarı puanlarında artış tespit edilirken, son uygulama ile geciktirilmiş uygulama başarı puanları karşılaştırıldığında 25 öğrencinin başarı puanlarında düşüş gözlenmiştir. Yapılan Tukey HSD testi sonuçları istatistiksel olarak bu durumun anlamlı olduğunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 40). Ön uygulama ile son uygulama başarı puanları arasındaki fark ile ön uygulama ile geciktirilmiş uygulama başarı puanları arasındaki fark tasarlanan öğrenme ortamlarının öğrencilerin öğrenme sürecini desteklediği şeklinde yorumlanabilir. Öğrencilerin ön, son ve geciktirilmiş uygulamalardan elde ettikleri akademik başarı puanları arasında anlamlı bir farkın olduğu tek yönlü

varyans analizi (ANOVA) sonuçları (Tablo 39) bu yorumu istatistiksel olarak destekler niteliktedir.

5. 2. 3. Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili Akademik Başarıları ve Bu Başarılarındaki Değişimi

Öğrencilerin alternatif akıma yönelik akademik başarıları ön, son ve geciktirilmiş uygulama sonuçları karşılaştırılarak bu başlık altında değerlendirilmiştir. Öğrencilerin alternatif akıma yönelik ön uygulama ile son uygulama başarı puanları karşılaştırıldığında 25 ve ön uygulama ile geciktirilmiş uygulama başarı puanları karşılaştırıldığında 24 öğrencinin akademik başarı puanında artış olduğu görülürken, son uygulama ile geciktirilmiş uygulama başarı puanları karşılaştırıldığında 24 öğrencinin başarı puanında düşüş olduğu görülmüştür (Tablo 41). Öğrencilerin ön, son ve geciktirilmiş uygulamalardan elde ettikleri akademik başarı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın varlığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey HSD sonuçları ile tespit edilmiştir (Tablo 42-43). Ayrıca, ön uygulama ile son uygulama başarı puanları arasındaki fark ile ön uygulama ile geciktirilmiş uygulama başarı puanları arasındaki fark tasarlanan öğrenme ortamlarının öğrencilerin alternatif akıma dair öğrenme sürecini desteklediği şeklinde yorumlanabilir. Aynı zamanda, öğrenme stillerine göre tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarında video, simülasyon gibi farklı içeriklerin kullanılmasının öğrenci başarısını etkilediği düşünülmektedir. Benzer şekilde, Bozkurt ve Sarıkoç (2008) çalışmasında seri bağlı bir alternatif akım devresi (RLC devresi) için hazırlanan sanal laboratuvar uygulamasının gerçek laboratuvar uygulamalarına göre öğrenci başarısı üzerinde daha etkili olduğunu ortaya çıkarmıştır.

5. 2. 4. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Akademik Başarıları ve Bu Başarılarının Uygulama Süreci İçerisindeki Değişiminin Bütüncül Olarak Değerlendirilmesi

Öğrencilerin ön, son ve geciktirilmiş uygulamalarda başarı testinden doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım ile ilgili soruları cevaplayarak elde ettikleri akademik başarı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur. Test puanları arasındaki farklılıklar incelendiğinde son test puanlarının ön test ve geciktirilmiş test puanlarından ve geciktirilmiş test puanlarının ise ön test puanlarından daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, öğrenme stillerine dayalı adidaktik öğrenme ortamlarının öğrencilerin akademik başarılarını arttırdığı şeklinde yorumlanabilir. Son uygulama puanlarının ön uygulama puanlarına göre anlamlı farklılık göstermesi yürütülen öğrenme stillerine dayalı adidaktik öğrenme ortamlarının öğrenme

sürecini desteklediğine işaret etmektedir. Benzer şekilde, fen bilgisi, sosyal bilgiler gibi farklı branşlarda farklı öğrenme stilleri yaklaşımlarına dayalı gerçekleştirilen öğretim sürecinin öğrencilerin başarı düzeyini artırdığı (Yüksel, 2013; Ural-Alşan, 2009; Bozkurt, 2005) ve kontrol gruplu desenlerde bu sürecin öğrencilerin akademik başarılarında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir (Özbek, 2006).

5. 3. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konuları ile İlgili Konulardaki Zihinsel Modellerinin Gelişimini ve Değişimine Yönelik Tartışma

Öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamlarının lisans öğrencilerinin uygulama süreci içerisindeki konulara ait zihinsel modellerinin gelişimini ve değişimine yönelik tartışma doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım konu başlıkları altında sunulmuştur.

5. 3. 1. Öğrencilerin Doğru Akım Konusu ile İlgili Konulardaki Zihinsel Modellerinin Gelişimi ve Değişimi

Öğrencilerin ön uygulamada doğru akım ile ilgili 5 farklı zihinsel model tipine sahip oldukları görülmektedir (Bkz. Tablo 55). Bu zihinsel modellerin önemli bir kısmının bilimsel bilgi içermeyen ilkel modeller altında sınıflandırılmıştır. Öğrencilerin ön uygulamada en çok sahip oldukları zihinsel model tipleri şematik ve uyumsuz modellerdir (sırasıyla %37.04, %37,04). Şematik modele sahip öğrencilerin yalnızca doğru akım üretebilen bir devreyi bilimsel nitelikte çizdikleri, doğru akım ile ilgili başarı testinde yer alan diğer sorulara ise bilimsel nitelikte cevaplar veremedikleri tespit edilmiştir. İyibil (2010) çalışmasında birçok öğretmen adayının astronomi kavramlarına dair yalnızca şekilsel düzeyde bilimsel bilgiye ve dolayısıyla şematik model tipinde bir zihinsel modele sahip olduklarını belirlemiştir. Öğrencilerin doğru akım üretebilen bir devre çizebilmesi ve aynı zamanda yapılandırılmış gride yer alan doğru akım ile ilgili devreleri belirleyememesi onların doğru akım devresi ile ilgili sadece pil/üreteç ve ampul/direnç kullanılarak oluşturulan bir devre imajına sahip olduklarını ve bu imaj dışındaki devreleri yorumlayamadıklarını gösterebilir. Ön uygulamada öğrencilerin önemli bir kısmı da uyumsuz model tipine sahip oldukları ve doğru akım ile ilgili sorulara bilimsel nitelikte cevaplar veremedikleri görülmüştür. Öğrencilerin öğrenme ortamına konu ile ilgili ön bilgileri ile geldiği göz önüne alındığında, bu durum bu model tipine sahip olan öğrencilerin öğretim hayatları süresince konuya dair bilimsel bilgi edinemediklerini düşündürmektedir. Son uygulamada öğrencilerin doğru akım ile ilgili 6 farklı zihinsel model tipine sahip oldukları ve bu zihinsel modellerin birçoğunun ilkel modeller altında toplandığı görülmektedir (Bkz. Tablo 55). Son uygulama sonrasında öğrencilerin özellikle tez

araştırması için oluşturulan zihinsel model matris kriterlerinin dışında kalan diğer zihinsel model içeriklerine sahip oldukları (%48,15) tespit edilmiştir. Bu durum, öğrencilerin uygulama süreci içerisinde sadece kendi öğrenme stiline yönelik içeriklerden değil diğer içeriklerden de etkilendiği ve farklı bilgi içeriklerinin birçok kombinasyon ile bir araya gelmesi sebebiyle öğrencilerin tespit edilen kriterler dışındaki zihinsel modeller oluşturduğu şeklinde yorumlanabilir. Geciktirilmiş uygulamada ise, öğrencilerin çoğunluğu ilkel model altında sınıflanan 6 farklı farklı zihinsel model türüne sahip olduğu belirlenmiştir (Bkz. Tablo 55). Zihinsel model türleri arasında öğrencilerin en çok Şematik Model (%29,63) ve diğer zihinsel model (%25,93) türlerine sahip olduğu görülmektedir. Öğrencilerin son ve geciktirilmiş uygulamalar sonunda özellikle sahip oldukları uyumsuz modellerin yerine diğer zihinsel model tiplerinin yer alması, uygulama süreci içerisinde doğru akım konusuna yönelik sahip oldukları öğrenme stilleri doğrultusunda kendilerini geliştirdikleri şeklinde yorum yapılabilir.

Öğrencilerin öğrenme stilleri dikkate alındığında doğru akım ile ilgili sahip oldukları zihinsel modellerindeki değişimler incelendiğinde öğrencilerin önemli bir kısmı (7 öğrenci) ön uygulamada uyumsuz zihinsel modellere sahipken, son ve geciktirilmiş uygulamalarda daha farklı zihinsel model tiplerine sahip oldukları görülmektedir (Bkz. Tablo 56). Soyut ardışık öğrenme stiline sahip öğrencilerin ikisinin (Ö1 ve Ö18) de ön uygulama sonunda konu ile ilgili temel modele ve son uygulama sonunda diğer zihinsel model türüne sahip oldukları görülmektedir. Bu öğrenme stillerine sahip öğrenciler için fikir ve kavramlara dayanan okumaya dayalı kaynakların kullanıldığı bir ders tasarımı önerilmiştir (Butler, 1987; Gregorc, 1979). Öğrenme stillerinin de dikkate alındığında bu öğrenme stiline sahip öğrencilerin daha çok teorik zihinsel modellere sahip olması beklenmiştir. Bu sebeple, ilgili öğrencilerin sahip oldukları öğrenme stilinin özellikleri düşünüldüğünde, uygulama sonunda sahip oldukları zihinsel modellerin çeşitliliği incelendiğinde ve önerilen ders tasarımı da göz önüne alındığında tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarında öğrencilerin daha etkili şekilde kaynaklardan yararlanma durumunun teşvik edilmesi gerekli olabilir. Somut ardışık öğrenme stiline sahip öğrencilerinden (Ö6, Ö20 ve Ö26) ön uygulamada uyumsuz modele sahipken, son uygulamada Ö6 kodlu öğrencinin diğer zihinsel modele, Ö20 kodlu öğrencinin temel modele ve Ö26 kodlu öğrencinin işlemsel modele sahip oldukları tespit edilmiştir. Ön uygulama verilen cevaplar ile şematik zihinsel modele sahip olduğu anlaşılan bu öğrenme stilindeki öğrencilerin (Ö2, Ö7, Ö21, Ö24, Ö25 ve Ö27), son uygulamada genellikle temel modele ve geciktirilmiş uygulamada genellikle şematik modele sahip olduğu belirlenmiştir. Bu öğrenme stiline sahip öğrencilerin pratik uygulamaların daha bilimsel nitelikte cevaplandırıldığı şematik, işlemsel veya temel model tiplerine sahip olmaları, pratikle ilgili gerçek problem durumları içeren ders tasarımının

somut ardışık öğrenme stiline sahip olan öğrenciler için etkili olduğuna dair Butler (1987) ve Gregorc (1979) görüşlerini destekler niteliktedir. Soyut random öğrenme stiline sahip öğrenciler ise, ön uygulamada temel, şematik ve uyumsuz modellere sahipken; son uygulamada genellikle geçiş ve diğer zihinsel model türlerine sahiptirler. Bu öğrenme stili için öğrencilere kavramlar arasındaki ilişkileri ve konu yapısını derinlemesine araştırmaya dayalı problem durumları içeren tasarım yapılmıştır (Butler, 1987; Gregorc, 1999). Tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının bu öğrenme stiline sahip öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirme amacını desteklediği söylenebilir. Somut random öğrenme stiline sahip öğrencilerin ön uygulamada doğru akım için genellikle uyumsuz modele, son ve geciktirilmiş uygulamalarda ise çeşitli zihinsel model tiplerine sahip oldukları görülmektedir (Bkz. Tablo 56). Öğrencilere öğrenme stili özellikleri kapsamında açık uçlu, araştırma ve sorgulamaya dayalı problem durumları sunulmuştur ve öğrencilerin uygulama süreci sonunda konuya dair karma modellere sahip olması beklenmiştir. Bu öğrenme stili grubundaki Ö15 ve Ö22 kodlu öğrencilerin son uygulamada sahip oldukları diğer zihinsel model türü ile karma modellere sahip olmaya yaklaşmıştır.

5. 3. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon Konusu ile İlgili Konulardaki Zihinsel Modellerinin Gelişimi ve Değişimi

Ön uygulamada öğrencilerin neredeyse tamamının elektromanyetik indüksiyon ile ilgili uyumsuz modellere sahip oldukları görülmektedir (Bkz. Tablo 57.). Ön uygulamada yalnızca bir öğrenci (Ö12) konuya dair temel modele sahiptir. Ön uygulamada öğrencilerin sahip oldukları tespit edilen bütün zihinsel modeller ilkel model altında yer almaktadır. Yürütülen öğretim sürecinden sonra uygulanan son uygulamada ise öğrencilerin çoğunluğu (%40,75'i) temel model olmak üzere 7 farklı zihinsel model tipine sahip olduğu belirlenmiştir. Belirlenen zihinsel model tipleri sentez/hibrit ve ilkel modeller altında sınıflandırılmıştır. Geciktirilmiş uygulamada ise öğrencilerin %48,15'i uyumsuz modele ve %25,93'ü temel modele sahiptir. Öğrencilerin sahip oldukları zihinsel model tipleri ilkel modellerdir. Uygulama sürecinin genel olarak değerlendirildiğinde bu konuya yönelik uyumsuz modele sahip olan öğrenci sayısı ön uygulamada 26 öğrenci iken geciktirilmiş uygulama sonunda 13 öğrenciye gerilemiştir. Bu noktada öğrencilerin süreç içerisinde elektromanyetik indüksiyon konusu ile ilgili öğrencilerin bilimsel nitelikte bilgiler kazanarak, tasarlanan öğrenme ortamlarının zihinsel model değişimini desteklediği söylenebilir. Bu çalışmanın aksine, Jelcic ve diğerleri (2017) çalışmasında elektromanyetik indüksiyon ile ilgili yürüttükleri bir aylık geleneksel öğretim sürecinin ardından öğrencilerin konuya yönelik yetersiz modeller geliştirebildiklerini tespit etmiştir.

Öğrencilerin öğrenme stilleri dikkate alındığında elektromanyetik indüksiyon ile ilgili sahip oldukları zihinsel modellerindeki değişimler incelendiğinde 14 öğrencinin ön uygulamada uyumsuz zihinsel modele sahip olduğu görülürken, son ve geciktirilmiş uygulamalarda daha temel model gibi farklı zihinsel model tiplerine sahip oldukları görülmektedir (Bkz. Tablo 58). Soyut ardışık öğrenme stiline sahip Ö1 ve Ö18 kodlu öğrencilerin ön uygulamada uyumsuz modele sahip oldukları ve uygulama süreci sonunda Ö1 kodlu öğrencinin uyumsuz modele sahip olmaya devam ederken Ö18 kodlu öğrenci temel modele sahiptir. Bu noktada Ö1 kodlu öğrencinin sürece adapte olamadığını gösterebilir. Somut ardışık öğrenme stiline sahip çalışma grubundaki 10 öğrencinin ön uygulamada tamamının uyumsuz modele sahip olduğu görülürken geciktirilmiş uygulama sonunda 7 öğrencinin (Ö2, Ö7, Ö14, Ö20, Ö24, Ö26 ve Ö27) uyumsuz modele sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, öğrencilerin konu ile ilgili kendi ön bilgi eksikliklerini yeterince fark edememiş ve uygulama süreci içerisinde konu ile ilgili bilgi yapısını yetersiz kaldığı düşünülmektedir. Ayrıca, bu öğrenme stiline sahip öğrenciler için hazırlanan problem durumu da öğrencilerin kendi ön bilgi eksikliklerini onlara hissettirecek nitelikte tasarlanmadığı şeklinde de yorumlanabilir. Soyut random öğrenme stiline sahip olan öğrencilerden, ön uygulamada sahip oldukları uyumsuz modellere, son uygulamada Ö8'in ve geciktirilmiş uygulamada ise Ö23'ün sahip olduğu görülmektedir. Bu öğrenme stiline sahip olan 11 öğrenci arasından Ö3, Ö10 ve Ö11 kodlu öğrencilerin uygulama süreci boyunca sahip oldukları zihinsel modellerin değişmediği tespit edilmiştir (Bkz. Tablo 58). Öğrencilerin uygulama süreci boyunca genellikle ilkel model olduğu yalnızca Ö9 ve Ö16 kodlu öğrencilerin son uygulama sonunda karma modellere sahip oldukları görülmektedir. Bu durum konunun soyut yapısının öğrencinin zihninde yeterince somutlaştırılmadığını düşündürebilir. Somut random öğrenme stiline sahip öğrenciler ise ön uygulamada uyumsuz modellere sahip oldukları belirlendikten sonra, son uygulamada farklı zihinsel model tiplerine ve geciktirilmiş uygulamada ise şematik, temel, uyumsuz model gibi ilkel model türlerine sahip oldukları görülmektedir.

5. 3. 3. Öğrencilerin Alternatif Akım Konusu ile İlgili Konulardaki Zihinsel Modellerinin Gelişimi ve Değişimi

Ön uygulamada öğrencilerin tamamı ilkel model altında toplanan zihinsel modellere sahipken, temel modele sahip öğrenciler dışında öğrencilerin %92,59'unun alternatif akım ile ilgili uyumsuz modellere sahiptir (Bkz. Tablo 59.). Son uygulamada, 7 farklı zihinsel model tipi belirlenmiş ve öğrencilerin %40,75'inin temel modele sahip olduğu görülmüştür. Geciktirilmiş uygulama da ise öğrencilerin sahip olduğu 4 farklı zihinsel modelin de ilkel model altında toplandığı ve %29,63'ünün tanımsal modele sahip olduğu belirlenmiştir.

Öğrencilerin genellikle ilkel modeller altında toplanan zihinsel model tiplerine sahip olmaları, onları konu ile yeni tanıştıkları ve uygulama süreci içerisinde ilk defa gördükleri bu soyut ve karmaşık konu hakkındaki zihinsel yapılarını yeterince geliştirecek motivasyona sahip olmadıkları düşünülebilir.

Öğrencilerin öğrenme stilleri dikkate alınarak alternatif akım ile ilgili sahip oldukları zihinsel modellerindeki değişimler incelendiğinde 13 öğrencinin ön uygulamada uyumsuz zihinsel modellere sahipken, son ve geciktirilmiş uygulamalarda daha farklı zihinsel model tiplerine sahip oldukları görülmektedir (Bkz. Tablo 60). Ayrıca, 12 öğrencinin son uygulamada zihinsel modelleri değişse bile geciktirilmiş uygulamada ön uygulamada sahip oldukları zihinsel modele (uyumsuz modele) sahip oldukları belirlenmiştir. Somut ardışık öğrenme stiline sahip öğrenciler arasından 7 öğrencinin (Ö2, Ö7, Ö20, Ö21, Ö24, Ö26 ve Ö27) geciktirilmiş uygulama sonunda ön uygulama sonundaki zihinsel modelleri olan uyumsuz modellere sahiptirler. Öğretim süreci içerisinde öğrenci motivasyonlarının yeterince sağlanamaması ve öğrencilerin konu hakkındaki ön bilgi yetersizliklerinin bulunması sebebiyle öğretim sürecine etkili bir şekilde katılamadıkları için bu durum ortaya çıkmış olabilir. Soyut random öğrenme stiline sahip öğrencilerin uygulama süreci sonrasında genellikle temel model gibi ilkel modellere sahip oldukları görülmektedir. Bu durum bu öğrenme stiline sahip öğrencilerin problem durumlarını ön bilgileri sebebiyle yeterince içselleştiremedikleri için gerçekleşmiş olabilir. Somut random öğrenme stiline sahip öğrenciler ise son uygulama sonunda temel modele ve geciktirilmiş uygulama sonunda tanımsal modele sahip oldukları görülmektedir.

5. 3. 4. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularındaki Zihinsel Modellerinin Gelişiminin ve Değişiminin Bütüncül Olarak Değerlendirilmesi

Öğrencilerin sahip oldukları belirlenen zihinsel modeller literatürde yer alan çalışmalarda incelenerek bilimsel bilgi içermesi durumuna göre bilimsel model, sentez/hibrit model ve ilkel model olarak sınıflandırılmış (Vosniadou, 1992; İyibil, 2010; Kurnaz, 2011) ve öğrencilerin zihinsel modelleri, modellerin sahip oldukları özellikler dikkate alınarak bu sınıflamanın altında alt sınıflarda (kısmi bilimsel model, temel model gibi) toplanmıştır.

Bu çalışma çerçevesinde tespit edilen zihinsel modellerin ön uygulamada genellikle bilimsel olmayan ilkel modeller ile son ve geciktirilmiş uygulamalarda ise modellerin içeriğindeki bilimsel niteliğinin arttığı ve sentez/hibrit modellere sahip görülmektedir. Öğrenciler tasarlanan öğretim süreci sonunda bilimsel zihinsel modellere sahip olmasalar da tasarlanan öğretim süreci sonunda öğrencilerin bilgi düzeylerinin arttığı (Bkz. Tablo 29, 31 ve 33) ve sahip oldukları alternatif kavramların azaldığı (Bkz. Tablo 43-

51) görülmüştür. Bu durum, öğretim sürecinin biraz daha geliştirilmesi/zenginleştirilmesi gerektiğine işaret ettiği gibi, süreç içerisinde öğrencilerinde öğrenme konusunda daha fazla motivasyona ve kendi öğrenme sürecine dair sorumluluğa sahip olmaları gerektiği şeklinde de yorumlanabilir.

5. 4. Öğrencilerin Elektrik Akım Konularındaki Sahip Oldukları Alternatif Kavramların Uygulama Süreci İçerisinde Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamlarının lisans öğrencilerinin uygulama süreci içerisinde konulara ait sahip oldukları alternatif kavramların giderilmesine ve yeni alternatif kavram oluşumuna yönelik tartışma doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım konu başlıkları altında sunulmuştur.

5. 4. 1. Öğrencilerin Doğru Akım ile İlgili Konulardaki Sahip Oldukları Alternatif Kavramların Uygulama Süreci İçerisinde Giderilmesi

Öğrencilerin doğru akımın tanımına, üretilmesine, doğru akımın içinde yer alan kavramlara yönelik alternatif kavramlara sahip oldukları görülmüştür (Tablo 53-54). Ön uygulamada öğrencilerin doğru akımın tanımına yönelik doğrudan geçen akım, hiçbir yöne sapmadan geçen akım, hiçbir engelle uğramadan geçen akım gibi sahip oldukları alternatif kavramların önemli bir kısmının adidaktik öğrenme ortamının yürütülmesinden sonra yapılan son ve geciktirilmiş uygulamalarda hemen hemen giderildiği görülmektedir. Buna karşın uygulama süreci sonrasında (son ve geciktirilmiş uygulamalarda) öğrencilerin kavramın tanımına yönelik sahip oldukları birkaç yeni alternatif kavramda bulunmaktadır.

Öğrencilerin doğru akımın tanımına yönelik sahip oldukları alternatif kavramlar incelendiğinde genellikle doğru akımda bazı değişkenlerin sabit kaldığını bildikleri ama bu değişkenleri ifade ederken farklı kavramlar kullandıkları görülmüştür (Tablo 53). Örneğin, doğru akımın tanımında akımın yönünün ve akımın şiddetinin sabit kalacağını ifade etmeye çalışırken, akımın doğrultusunun, akımın genliğinin gibi kavramların sabit kalacağını ifade ettikleri belirlenmiştir. Diğer bir ifade ile, öğrenciler kavramları birbiri yerine kullandıkları tespit edilmiştir. Bu durum, öğrencilerin bu kavramlar hakkında yeterli bilgiye sahip olmadıklarını gösterebilir. Buna karşın, Yeşilyurt (2006) çalışmasında ise, ortaokul ve lise öğrencilerinin doğru akım kavramını tanımlarken $V = I \cdot R$ formülünden yola çıkarak yorum yapmaya çalıştıklarını tespit etmiştir.

Öğrenciler ön uygulamada doğru akımın üretilmesi için devrede direnç, üreteç, ampermetre, voltmeter gibi devre elemanlarının bulunmasının gerekliliğinden bahsetmesi ve yine ön uygulamada öğrencilerin doğru akımın yalnızca seri bağlı devrelerde

üretilebileceğini ifade etmesi, öğrencilerin devrelerin yapısı konusunda bilgi eksikliğine sahip olduklarını gösterebilir. Nitekim, başarı testinde yer alan yapılandırılmış grid sorusuna verilen cevaplarda öğrencilerin doğru akım üreten devreleri tespit edememeleri ve tespit ederken yaşadıkları güçlükler bu bulguyu destekler niteliktedir.

Öğrencilerin doğru akım konusunda yer alan potansiyel fark, direnç gibi kavramlar için bazı alternatif kavramlara sahip oldukları görülmektedir. Özellikle potansiyel fark kavramını direnç ile akım kavramlarını kullanarak açıklamaya çalıştıkları tespit edilmiştir. Bu durum, öğrencilerin kavramın tanımını yaparken Ohm kanunu'ndan yararlanmaya çalıştıklarını düşündürmektedir. Ancak, Ohm kanununa ait matematiksel ifadenin ezberlenecek bir formül olarak görülmesi ve bu ifadenin fiziksel anlamlarının kavranılmaması öğrencilerin kavram hakkında alternatif kavramlara sahip olmalarına neden olmuş olabilir. Yiğit ve Alev (2019) çalışmasında, benzer şekilde, fizik derslerinde matematiksel modellerin/ifadelerin, genellikle öğrenciler tarafından ezberlenecek salt formüller olarak görüldüğünü ve bu modellerin/ifadelerin fiziksel anlamlarının kavranılmadığını tespit etmiştir.

5. 4. 2. Öğrencilerin Elektromanyetik İndüksiyon ile İlgili Konulardaki Sahip Oldukları Alternatif Kavramların Uygulama Süreci İçerisinde Giderilmesi

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusuna yönelik özellikle ön uygulamada sahip oldukları alternatif kavramların önemli bir kısmının uygulama süreci sonunda yapılan son ve geciktirilmiş uygulamalarda giderildiği görülmektedir (Tablo 55-56). Öğrenciler tarafından, elektromanyetik indüksiyon konusunda indüksiyon akımı üreteç veya herhangi bir güç kaynağı kullanılmadan üretilen bir akım olarak tanımlanmaktadır (Tablo 55). Bu tanımlı kullanan öğrencilerin, indüksiyon akımının oluşması sırasında, elektrik akımının etkisini/rolünü düşünmediklerini gösterebilir. Bu durum onların kavram ile ilgili oluşturdukları şemalarında yalnızca mıknatısın varlığı ile indüksiyon akımı oluşturulabileceğinin yer aldığına işaret etmektedir. Nitekim çalışmaya katılan 11 öğrencide mıknatıs varsa elektromanyetik indüksiyon ile akım oluşturulabileceğini ifade ettiği belirlenmiştir (Tablo 55). Bu durum onların oluşturulan devrede mıknatısın varlığı ile indüksiyon akımı ilişkilendirdiklerini ortaya koymaktadır. Ancak, tek başına mıknatısın varlığının elektrik akımı oluşturmaya yetmediğinin, mıknatısın hareket etmesi ile manyetik akıdaki değişimin oluşturulması sayesinde indüksiyon akımı oluşturulabileceğinin farkında olmadıkları söylenebilir. Benzer şekilde indüklenmiş akımın oluşumu ile ilgili olarak, Jelacic ve diğerleri (2017) öğrencilerin indüklenmiş akımın nedenlerini ve indüklenmiş emk ile indüklenmiş akım arasındaki farkları kavrayamadıklarını belirlenmiştir. Bagno ve Eylon

(1997) ise çalışmasına katılan öğrencilerin yalnızca %10'u indüklenmiş akımın nedeni olarak manyetik alanın değişimini ifade edebilmiştir. Bu durumu daha net bir şekilde tespit etmek amacıyla, bu çalışmada yer alan başarı testindeki yapılandırılmış gridteki sekizinci kutuda sabit duran bir mıknatısın doğru akım devresinin yanında verilerek oluşacak elektrik akımının türü sorulmuştur. Bu soruyu cevaplandıran öğrencilerin de benzer bir çelişki içerisinde kaldıkları görülmektedir.

Öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon konusunda yer alan kavramlara yönelik ise, genellikle transformatör ve manyetik akı ile ilgili alternatif kavrama sahip oldukları görülmektedir (Tablo 56). Öğrencilerin transformatörün nasıl bir araç olduğu ve hangi amaç ile kullanıldığına dair bilgi eksiklikleri bulunmaktadır. Benzer şekilde, Yeşilyurt (2003)'ün çalışmasında, fizik laboratuvarı dersine katılan öğrencilerin önemli bir kısmının transformatörlere yönelik ön bilgilerinin yeterli olmadığını tespit edilmiştir. Manyetik akı kavramı ise, genellikle akım kavramı ile karıştırılmış ve öğrenciler tarafından açıklanamamıştır. Özellikle geciktirilmiş uygulamada manyetik akı kavramına yönelik birçok alternatif kavramın varlığını sürdürdüğü tespit edilmiştir. Benzer şekilde literatürdeki çalışmalarda da (Jelicic vd., 2017; Maloney vd., 2001; Pocovi ve Finley, 2002; Saarelainen vd., 2007; Thong ve Gunstone, 2008) öğrencilerin manyetik akı ile manyetik alan kavramını karıştırdıklarını tespit edilmiştir. Bir başka sık rastlanılan alternatif kavram ise, sarım sayısı arttıkça elektrik akımının artacağı şeklindedir. Bu alternatif kavramın varlığı yalnızca ön uygulamada tespit edilmiş ve uygulama sonunda giderildiği görülmüştür. Elektromanyetik indüksiyon ile akım elde edilmesi sırasında farklı sarım sayılarına sahip bobinlerin kullanılması ile, öğrencilerin bu durumu gözlemledikleri / denedikleri ve bu alternatif kavramı kendi tecrübeleri ile giderdikleri söylenebilir.

5. 4. 3. Öğrencilerin Alternatif Akım ile İlgili Konulardaki Sahip Oldukları Alternatif Kavramların Uygulama Süreci İçerisinde Giderilmesi

Çalışmaya katılan öğrencilerin özellikle ön uygulamada alternatif akıma yönelik birçok alternatif kavrama sahip oldukları bu kavramların önemli bir kısmının uygulama süreci sonunda giderildiği görülmektedir (Tablo 57-60). Doğru akım konusuna ait tanımlara benzer şekilde, alternatif akımı tanımlarken öğrencilerin tanımda yer alacak değişkenleri ifade ederken genlik, doğrultu, periyot gibi farklı kavramlar içeren ifadeler kullandıkları görülmüştür. Benzer şekilde, Biswas ve diğerleri (1998) çalışmasında gerilim, akım ve güç kaynağı gibi konunun anahtar kavramlarını yanlış veya eksik anlamlandırılmasından dolayı öğrencilerin alternatif akımı tanımlarken zorlandıklarını ifade etmiştir. Bu çalışmada ise öğrencilerin alternatif akımı tanımlarken doğru akım ile ilgili bilgilerini kullandıkları görülmektedir: Örneğin, bir öğrenci doğru akımın genliğinin ve

şiddetinin değişmeyen akım olarak ifade ederken alternatif akımı ise genliğinin ve şiddetinin değiştiği akım olarak tanımlamaktadır. Bu örnekte de olduğu gibi, öğrencilerin doğru akımın tanımında kullandıkları ifadelerin aksini alternatif akımı tanımlarken kullandıkları görülmüştür: Doğru akımda sabit/değişmeyen olarak belirtilen değişkenlerin, alternatif akımda ise sabit kalmadığı/değiştiği şeklinde ifade ettikleri belirlenmiştir. Uygulama süreci sonunda tespit edilen alternatif kavramların birçoğu bu tarzda bir yapıya sahip olan alternatif kavramlardır. Bu durum, öğrencilerin alternatif akımı doğru akım ile ilişkilendirerek tanımlayabildikleri şeklinde yorumlanabilir. Alternatif akımın üretilmesine dair alternatif kavramlar için ise sıklıkla öğrencilerin direnç değişimini veya devrede reosta kullanılmasının alternatif akım oluşturacağını düşündükleri görülmüştür (Tablo 58). Bu alternatif kavramın oluşumunda devredeki direnç değişiminin akım değerini de değiştireceği ve akım değerinin değişiminin ise alternatif akım oluşturacağı düşüncesinin etkili olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde, başarı testinde yer alan yapılandırılmış grid sorusundaki devrede reosta gördüklerinde o devrede alternatif akımın var olduğunu ifade ettikleri görülmektedir. Biswas ve diğerleri (1998) ile Holton ve diğerleri (2008) çalışmalarında ise, alternatif akım oluşumunun anlaşılması sürecinde öğrencilerin negatif akım ve negatif gerilim kavramlarının anlamını kavrayamamaları sebebiyle zorlandıkları belirlenmiştir. Bununla birlikte, bu çalışmada öğrencilerin devre elemanlarını yeteri düzeyde tanıyamamasının bir sonucu olarak, doğru akım devresine reosta gibi bir devre elemanı eklenirse, devrede alternatif akım oluşabileceği ifade edilmiştir (Tablo 60). Ayrıca alternatif akımın tek girişli veya açık bir devrede oluşabileceğine dair alternatif kavrama sahip olan öğrencilerin uygulama süreci sonunda bu alternatif kavramlarının giderildiği görülmektedir. Benzer şekilde, devrenin yapısının alternatif akımın oluşmasında etkili olduğunu düşünen öğrenci ön uygulamada alternatif akımın paralel bağlı bir devrede oluşabildiğini ifade ettiği görülmektedir. Alternatif akım konusunda yer alan kavramlara yönelik alternatif kavramlarının büyük bir kısmı frekans ve empedans kavramları ile ilgilidir. Frekans kavramına dair alternatif kavramlar frekansın akıma olan etkisine odaklanmıştır. Empedans kavramının ise, bir direnç değeri olarak ifade edildiği ancak bu direnç değerinin öz direnç ile açıklandığı görülmektedir (Tablo 59). Biswas ve diğerleri (1998)'in çalışmasında ise bir radyodaki RLC devresini kullanarak öğrencilerin empedans kavramı hakkındaki bilgilerini sınamıştır. Öğrencilerin önemli bir kısmını bu soruda R, L ve C değerleri için doğru empedans diyagramını çizerek empedans kavramını kavradıkları tespit edilmiştir.

Öğrenciler doğru akım ile alternatif akımı karşılaştırırken tespit edilen alternatif kavramların önemli bir kısmı, çalışma içerisinde doğru akım ve alternatif akım için ayrı ayrı tespit edilen alternatif kavramların bir karşılaştırması şeklinde ifade edilmesine

dayanmaktadır (Tablo 60). Bu alternatif kavramlardan en çok ifade edileni, doğru akımın seri bağlı ve alternatif akımın paralel bağlı devrelerde oluşması ile ilgili olan alternatif kavramdır. Bu durum, öğrencilerin akımın oluşacağı devre yapılarına dair bilgi eksikliklerinin bulunması, akım türlerine ait devre elemanlarının sunulan devrelerde tespit edilememesi ve akım türlerine ait özelliklerin içselleştirilememesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bir diğer sıklıkla ifade edilen alternatif kavram ise, doğru akımın doğrusal ve alternatif akımın sinüzoidal akım olarak ifade edilmesidir. Bu alternatif kavram altında, doğru akımın yön değiştirmemesi ve alternatif akımın dalgalar halinde ilerlemesi görüşü yer almaktadır.

5. 4. 4. Öğrencilerin Elektrik Akımı Konularında Sahip Oldukları Alternatif Kavramların Uygulama Süreci İçerisinde Giderilmesinin Bütüncül Olarak Değerlendirilmesi

Öğrencilerin uygulama sürecinin öncesinde sahip oldukları alternatif kavramların birçoğuna uygulama sonunda sahip olmadıkları, diğer bir ifadeyle uygulama öncesinde sahip oldukları birçok alternatif kavramın öğretim süreci içerisinde giderildiği görülmektedir. Ancak az sayıdaki öğrencilerin “doğru akım, direk iletilen akım”, “indüksiyon akımı bobin akımıdır” ve “alternatif akım kutbu bulunmayan akımdır” gibi bazı alternatif kavramlara geciktirilmiş uygulama sonucunda da ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu durum, öğrencilerin öğrenme ortamında gerçekleştirdiği öğrenmenin kalıcı olmaması/yüzeysel olması ile açıklanabileceği gibi alternatif kavramların değişime dirençli doğası (Çalık, 2006; Şahin ve Çepni, 2012) ile de açıklanabilir. Literatürde yer alan çalışmaların bazıları da alternatif kavramların öğretim süreci sonunda bile yok olmadığını tespit etmiştir (Çalık, 2006; Çalik, Okur ve Taylor, 2011; Jelicic vd., 2017; Şahin, 2010; Şahin, Bülbül ve Durukan, 2013; Treagust ve Duit, 2008; Taşlıdere, 2014).

Öğrencilerin elektrik akımı konusunda alternatif kavramlara sahip olması, bu öğrencilerin elektrik akımı devrede dolaşması sırasında elektron geçişini gözlemleyememesi sebebiyle bu kavramın öğrenciler için soyut düzeyde kalması ile de açıklanabilir (Yeşilyurt, 2006). Bu durum, bu çalışmada öğrencilerin akımın yönünü tespit etmek konusunda yaşadıkları sıkıntıların sebebi olarak düşünülebilir. Bu çalışmaya katılan öğrencilerin devrede dolaşan akımın hangisi olduğunu (Doğru akım mı?, Alternatif akım mı?) tespit ederken sadece akımın yönüne bakarak karar vermeleri de daha önce ezberledikleri bu bilgileri kullandıklarına işaret etmektedir.

Öğrencilerin akım türlerine ait tanımların sorulduğu sorulara son uygulamada verdikleri cevapların ön uygulamadaki cevaplarına oranla daha fazla bilimsel içeriğe sahip olduğu söylenebilir. Ancak, bazı öğrencilerin özellikle ön uygulamada yaptıkları tanımlarda

uygun kavramlara yer veremedikleri görülmektedir. Akımın şiddeti ve akımın yönü kavramları yerine, genlik, doğrultu, frekans, eğim gibi kavramlar kullandıkları görülmektedir (Bkz. Tablo 53-60). Bu durum, Bil-İste-Öğren-Hatırla formundan elde edilen bulgularla da desteklenmektedir. Öğrencilerin formda yer alan 'Ne Biliyorum?' sorusunda konuya veya kavrama ait tanım yaparken benzer güçlükler yaşadıkları tespit edilmiştir. Bu durum öğrenciler tarafından akım kavramı ile fizik biliminde yer alan genlik, doğrultu gibi kavramların içeriğinin tam olarak kavranamadığını gösterebilir. Bu durum, öğrencilerin anlamlarını ayıramadığı kavramları birbiri yerine kullanabildiklerine işaret etmektedir (Yürümezoğlu ve Çökelez, 2010).

5. 5. Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Uygulanma Sürecinin Genel Nitelikleri ile Öğrencilerin Süreç ve Ortam Hakkındaki Görüşlerine Yönelik Tartışma

Son araştırma sorusuna dair elde edilen bulgular, tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının sürecin genel niteliklerine göre değerlendirilmesi ve bu öğrenme ortamlarında bulunan öğrenciler tarafından öğretim süreci ile öğrenme ortamlarının değerlendirilmesi olmak üzere iki başlık altında tartışılmıştır.

5. 5. 1. Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Uygulanma Sürecinin Genel Nitelikleri

Öğrencilerin, verilen problem durumuna yönelik çözüm oluştururken soyut ardışık öğrenme stiline sahip olan öğrencilerin oluşturdukları gruplarda öğrenciler arası iş bölümünün ve diğer öğrenme stillerine sahip olan öğrenciler arasında ise bilgi alışverişi ile öğrencileri arasındaki etkileşimin daha aktif olduğu söylenebilir (Tablo 62, 64 ve 66). Öğrencilerin genellikle kendi öğrenme stillerine yönelik çözümler ürettikleri görülürken soyut ardışık öğrenme stiline sahip öğrencilerin diğer grupların çözümlerinden oldukça etkilendikleri ve bunun sonucunda çözümleri üzerinde kendi öğrenme stillerinden beklenmeyecek içerikte çözümler oluşturdukları görülmüştür. Öğrenme stillerine dayalı adidaktik öğrenme ortamı içerisinde öğrencilere sunulan problem durumlarına öğrencilerin kendi çözüm yolu bulmalarına, bu çözüm yolunun geçerliliğine yönelik çözümü test etmelerine ve arkadaşları ile iletişime geçerek çözüm yoluna ulaşmalarına dair tartışmaları öğrenme sürecinin öğrenciler tarafından beğenilen/olumlu görülen noktalarıdır. Öğrencilerin birbiri ile iletişim halinde bulunarak öğrenmesi onların akran öğretiminden faydalanmasını ve öğrenme motivasyonlarının nispeten artmasını sağlamıştır. Bu durum, öğrencilerin çekinme duygusunu göz ardı ederek fikirlerini özgürce ifade etmelerini ve belki de bazı alternatif kavramlarının giderilmesine veya eksik bilgilerinin düzeltmelerine

de imkan sağlamış olabilir. Ayrıca farklı problem durumu ile öğrenme stillerine sahip olan grupların yaptıkları çözümleri eylem ve ifade etme aşamalarında izlemeleri ve bazen bu çözümlerin bir kısmına kendi çözümleri içerisinde de yer vermeleri sebebiyle öğrencilerin verilen problem durumuna yönelik çözümlerinin beğenilmemesi veya yanlış olmasına yönelik kaygılar taşıdıkları söylenebilir. Öğrencilerin problem durumlarına ve problem durumlarına yönelik geliştirilen çözümlerin sunumunda çözüm yollarına dair sorgulama düzeylerinin yeterli olmadığı düşünülmektedir.

5. 5. 2. Öğrencilerin Adidaktik Öğrenme Ortamları ve Bu Ortamlardaki Uygulama Süreci Hakkındaki Görüşleri

Öğrencilerin tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarına ve uygulama sürecine dair olumlu değerlendirmelere sahip oldukları belirlenmiştir (Tablo 79). Öğrenme ortamlarını ve öğrenme sürecini bizzat deney yaparak kendilerinin tecrübe etmesi, labortuvar dersinden sonra hemen konuya dair teorik dersin işlenmesi ve ders süresince farklı materyallerin kullanılması gibi durumların öğrenme sürecini olumlu etkilediği şeklinde değerlendirmelerde bulunmuşlardır (Tablo 80). Tasarlanan öğrenme ortamları ile geleneksel sınıf ortamından uzaklaşarak öğrencilerin bilgiyi keşfedip yapılandırabileceği bir öğrenme ortamı olduğu görülmüştür (Erdoğan vd., 2014). Ayrıca, öğrencilerin öğrenme sürecine aktif olarak katılmalarını teşvik ettiği gözlenmiştir (Erdoğan ve Özdemir-Erdoğan, 2013; Çelik vd., 2015). Öğrenciler süreç içerisindeki öz değerlendirmeleri ise, sürecin onlara çok fazla bilgi kattığını, deneyleri kendilerinin tasarlayabilme ve yapabilme özgürlüğü sunduğu belirterek şu ana kadar aldıkları fizik derslerinin dışında bir ders işledikleri ve bu uygulamanın fizik dersine yönelik tutumlarını biraz değiştirdiğini ifade ettikleri görülmektedir (Tablo 81). Benzer şekilde, adidaktik öğrenme ortamlarında yürütülen öğretim uygulamalarının öğrencilerin derse yönelik tutumlarını da olumlu yönde etkilediği Erdoğan ve diğerleri (2013) tarafından tespit edilmiştir.

Öğrencilerin süreç içerisinde doldurdıkları Bil-İste-Öğren-Hatırla formlarından elde edilen bulgular ise, uygulamalar sonucunda anlama seviyelerine ve alternatif kavramlara dair bulgularla paralel ifadeler içerdiği görülmektedir. Örneğin, öğrencilerin doğru akımını açıklarken tanımlarında uygun kavramlara yer veremedikleri ve akımın şiddeti, akımın yönü kavramları yerine, genlik, doğrultu gibi kavramlar kullandıkları bu formlarda da tespit edilmiştir. Ayrıca bu formlarda, ampermetre ve voltmeter gibi ölçü aletlerinin sadece doğru akım devrelerinde yer alabileceğini düşündükleri tespit edilmiş ve bu durum yine öğrencilerin elektrik devreleri konusunda yeterince bilgi sahibi olmadığı şeklinde yorumlanmıştır.

BİÖH formlarından öğrencilerin genellikle akımların günlük hayattaki uygulama/kullanım yerlerini öğrenmek istedikleri ve ne öğrendiklerini ifade ettikleri kısımda da bu duruma yönelik cevaplar verdikleri görülmektedir. Bu durum, sadece konunun teorik kısımlarına değil, tasarlanan öğrenme sürecinin öğrencilerin öğrenmek istedikleri konulara/noktalara da değindiğinin göstergesidir.



6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Elektrik akımı konularında öğrenme stillerine göre tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının Genel Fizik II ve Genel Fizik Laboratuvarı II derslerini alan Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı (lisans) 1. sınıf öğrencilerinin zihinsel modellerinin gelişimine ve değişimine etkisinin incelenmesini amaçlayan çalışmanın bu bölümünde çalışmadan elde edilen bulgulara dayanılarak ulaşılan sonuçlar alt araştırma problemleri çerçevesinde özetlenmiştir. Ulaşılan bu sonuçlar dahilinde araştırma sonuçlarına ve ileride yapılabilecek çalışmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

6. 1. Sonuçlar

6. 1. 1. Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Lisans Öğrencilerinin Anlama Seviyeleri Üzerindeki Etkisi

Tez çalışmasının birinci alt araştırma problemi “Öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamları, lisans öğrencilerinin elektrik akımı konularındaki anlama seviyelerini ve bu seviyelerdeki değişimi nasıl etkilemektedir?” şeklindedir. Bu alt araştırma problemi için ulaşılan sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Bu çalışma kapsamında elektrik akım konularına yönelik başarı testinin ön, son ve geciktirilmiş uygulama verilerinin analizinden elde edilen bulgular, öğrencilerin konu ile ilgili sorulara öğretim süreci sonunda öğretim süreci öncesine göre daha bilimsel nitelikte cevaplar verdiklerini ve buna göre anlama seviyelerinde artış olduğunu göstermektedir. Bu durum, çalışma kapsamında etkililiği test edilen adidaktik öğrenme ortamlarının öğrencilerin elektrik akım konuları ile ilgili anlama seviyelerinin gelişimini desteklediğini göstermektedir. Öğrencilerin anlama seviyelerindeki gelişimin, adidaktik öğrenme ortamlarında bireysel farklılıklar ön planda tutulması ve öğretim süreci boyunca iç değerlendirmeler kapsamında revize edilerek uygulanması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.
2. Başarı testinin ön uygulamasında öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım için belirlenen anlama seviyelerinin oldukça düşük olup cevapların neredeyse tamamının bilimsel olmayan düzeyde yer almasının öğrencilerin yükseköğretime geldiklerinde elektrik akımı konuları ile ilgili yetersiz bilgilere sahip olmaları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma kapsamında yürütülen uygulamalarla elektrik akımı konuları için öğrencilerin son uygulamadaki anlama seviyelerinin bilimsel düzeyde önemli bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu artış, adidaktik öğrenme ortamlarında yürütülen öğretim süreci

içerisinde öğrenme stillerine yönelik farklı ders içeriklerine yer verilmesi ile ilişkilendirilebilir.

3. Elektrik akım konularına yönelik başarı testinin ön, son ve geciktirilmiş uygulama verilerinin analizinden elde edilen bulgular incelendiğinde doğru akım konusundaki anlama seviyelerinde, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım konularındaki anlama seviyelerine göre bilimsel içerik açısından daha üst seviyede cevapların verildiği tespit edilmiştir. Bu bulgu, elektrik akım konuları ile ilgili anlama seviyelerindeki gelişimin doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım için farklılaştığını göstermektedir. Aynı zamanda bu durum, doğru akım ile ilgili konuların ortaokul düzeyinde fen bilimleri dersi öğretim programında ve elektromanyetik indüksiyon ile alternatif akım ile ilgili konuların ortaöğretim düzeyinde fizik dersi öğretim programında yer almaya başlaması ile öğrencilerin alan bilgisi açısından bu konulara aşinalığı ile ilişkilendirilebilir.
4. Anlama seviyeleri için elde edilen bulgular, öğrencilerin başarı testinde yer alan teorik, şematik ve işlemsel soru türlerine bilimsel içerik açısından daha üst seviyede cevaplar verdiği ve anlama seviyelerinin belirgin bir şekilde arttığı belirlenmiştir. Bu bulgu, adidaktik öğrenme ortamlarında bireysel farklılıkların dikkate alınmasının ve yürütülen öğretim sürecinde kullanılan içeriğin öğrencilerin anlama seviyeleri üzerinde olumlu katkı yaptığını gösterebilir.

6. 1. 2. Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Lisans Öğrencilerinin Akademik Başarıları Üzerindeki Etkisi

Tez çalışmasının ikinci alt araştırma problemi “Öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamları, lisans öğrencilerinin elektrik akımı konularındaki akademik başarılarını ve akademik başarılarının sürekliliğini nasıl etkilemektedir?” şeklindedir. Bu alt araştırma problemi için ulaşılan sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Öğrencilerin elektrik akım konuları ile ilgili başarı puanlarının öğretim sürecindeki gelişiminin analizine dayalı istatistiksel bulgular, ön, son ve geciktirilmiş uygulamalardan elde edilen akademik başarı puanları arasında anlamlı farklılıkların olduğunu göstermektedir. Bu durum, çalışma kapsamında uygulamaya konulan adidaktik öğrenme ortamlarının çalışma grubunun akademik başarısını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Tez çalışması kapsamında yürütülen uygulamalarda tüm öğrencilerin aynı tip öğretim süreci içerisine dahil edilmemesinin ve belirli özelliklere sahip olan (fizik dersine ilgi duyan, deneyerek öğrenen, vb.) öğrencilere odaklanılmasının grup başarısının artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

2. Öğrencilerin ön ve geciktirilmiş uygulamalardan elde ettikleri akademik başarı puanları karşılaştırıldığında, geciktirilmiş uygulama başarı puanlarının ön uygulama başarı puanlarına göre daha yüksek olması, öğrencilerin elektrik akımı konularına yönelik kalıcı öğrenme gerçekleştirdiği şeklinde değerlendirilmektedir. Bu bulgu ile öğrencilerin öğrenme stillerine ve bu stiller çerçevesinde öğretim sürecine odaklanılmasının öğrencilerin elektrik akımı konularına dair kalıcı öğrenmeleri üzerinde etkili olduğu söylenebilir.
3. Ön, son ve geciktirilmiş uygulamalarda elde edilen akademik başarı puanları arasındaki farklara yönelik bulgular, elektrik akım konuları ile ilgili akademik başarı puanlarının doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım için farklılaştığını göstermektedir. Elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım konuları için öğrencilerin öğrenme ortamına yetersiz bilgiler ile geldiği ve öğrenme stillerine dikkate alınarak tasarlanan öğrenme ortamlarının ve ilgili içeriğin akademik başarının artmasına katkı sağladığı şeklinde yorumlanabilir.

6. 1. 3. Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Lisans Öğrencilerinin Zihinsel Modelleri Üzerindeki Etkisi

Tez çalışmasının üçüncü alt araştırma problemi “Öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamları, lisans öğrencilerinin elektrik akımı konularındaki zihinsel modellerinin gelişimini ve değişimini nasıl etkilemektedir?” şeklindedir. Bu alt araştırma problemi için ulaşılan sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Öğrencilerin elektrik akımı konularıyla ilgili sahip oldukları zihinsel modelleri zihinsel model tiplerine açısından ön uygulamaya göre son ve geciktirilmiş uygulamalarda çeşitlenmesi ile son ve geciktirilmiş uygulamalarda tespit edilen zihinsel model türlerinin içeriğinde yer alan bilimsel nitelikteki ifadelerin artması, öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modellerin gelişim gösterdiği sonucunu ortaya koymaktadır. Bu durum, öğrenme stillerine göre tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının ve bu ortamlarda yürütülen öğretim uygulamalarının öğrencilerin zihinsel modellerini yapılandırma sürecinde etkili olduğuna işaret etmektedir.
2. Öğrencilerin elektrik akımı konuları (özellikle elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım için) ile ilgili ön uygulamada tespit edilen zihinsel modellerinin bilimsel yeterlilikten uzak olması, öğrencilerin elektrik akımı konuları ile ilgili yetersiz bilgilere ve bilimsel olmayan zihinsel modellere sahip olarak üniversiteye gelmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

3. Öğrencilerin yürütülen uygulamalar içerisinde elektrik akımı konuları arasından doğru akım konusuna dair sahip oldukları zihinsel modellerin, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım konularına dair sahip oldukları zihinsel modellere oranla daha fazla zihinsel model tipine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, doğru akım konusuna ait içeriğin diğer elektrik akımı konularına yönelik içeriklere göre öğrencilere daha tanıdık gelmesi ile açıklanabilir.
4. Öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modeller öğrenme stilleri açısından incelendiğinde, doğru akım konusu için dört öğrenme stilindeki öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modellerinde ve elektromanyetik indüksiyon ile alternatif akım konularında soyut random ile somut ardışık öğrenme stillerine sahip öğrencilerin zihinsel modellerinde bilimsel nitelikteki ifadelerin artış gösterdiği gözlenmiştir. Bu durum, yürütülen öğretim uygulamalarının konular bazında öğrenme stillerinin özelliklerine göre farklılaştığı şeklinde yorumlanabilir.

6. 1. 4. Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarının Lisans Öğrencilerinin Alternatif Kavramları Üzerindeki Etkisi

Tez çalışmasının dördüncü alt araştırma problemi “Öğrenme stillerine göre tasarlanmış adidaktik öğrenme ortamları lisans öğrencilerinin elektrik akımı konularındaki sahip oldukları alternatif kavramların giderilmesini ve yeni alternatif kavram oluşumunu nasıl etkilemektedir?” şeklindedir. Bu alt araştırma problemi için ulaşılan sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Adidaktik öğrenme ortamlarına katılmadan önce öğrencilerin elektrik akımı konuları ile ilgili sahip oldukları alternatif kavramlarının önemli bir kısmının yürütülen öğretim uygulamalarının ardından giderildiği tespit edilmiştir. Bu durumun, öğrenme sürecinin bireyselleştirilmesine odaklanılmasından, öğrenme stillerine göre konu içeriğine farklı bilgi içerikleri (simülasyon, okuma parçaları vb) eklenmesinden ve öğrencilerin bilgiyi yapılandırma süreçlerinin desteklenmesinden kaynaklandığı şeklinde ifade edilebilir. Ayrıca, öğrenme stillerine göre tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının yapısının öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramların giderilmesinde etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir.
2. Öğrencilerin öğretim sürecinin ardından az sayıda yeni alternatif kavrama sahip oldukları tespit edilmiştir. Aynı zamanda, öğretim sürecinin ardından giderildiği tespit edilen bazı alternatif kavramların da geciktirilmiş uygulama sonucunda tekrar ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu durum, yürütülen öğretim uygulamaları

sonucunda öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramların tamamının giderilemediğine işaret etmektedir.

6. 1. 5. Tasarlanan Adidaktik Öğrenme Ortamlarındaki Uygulama Sürecinin Etkisine Yönelik Sonuçlar

Tez çalışmasının beşinci alt araştırma problemi “Tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının uygulanma sürecinin genel nitelikleri ile öğrencilerin süreç ve ortam hakkındaki görüşleri nelerdir?” şeklindedir. Bu alt araştırma problemi için ulaşılan sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Adidaktik öğrenme ortamlarının uygulanması süresince öğrencilerin sahip oldukları öğrenme stillerinin dışındaki gruplarla da sıklıkla iletişim kurdukları ve süreç içerisindeki öğrenme süreçlerinde farklı gruplardan etkilendikleri bulgusuna ulaşılmıştır. Bu durum, öğrencilerin kendi öğrenme stillerinin dışındaki farklı problem durumları ile ilgilendikleri veya bu problem durumlarını merak ettikleri için öğrenmelerinin çeşitli materyal ve durumlarla desteklendiği şeklinde yorumlanabilir.
2. Öğrencilerin adidaktik öğrenme ortamındaki öğrenme süreci ile ilgili olumlu görüşlere sahip oldukları belirlenmiştir. Öğrencilerin tasarlanan öğrenme ortamının yapısının kendi öğrenmelerini desteklediğini düşündükleri ve öğrenme ortamında kendi merak ettikleri bilgileri elde etmek için daha içten çalıştıklarını ifade ettikleri tespit edilmiştir. Buradan hareketle yürütülen öğretim uygulamalarının ve adidaktik öğrenme ortamlarının konu ve kavram öğretimi sırasında uygulanabilecek uygun bir öğrenme ortamı olduğu düşünülmektedir. Bu durum, tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının, öğrenciler tarafından öğrenmeyi tetikleyici ve motive edici bir öğrenme ortamı olarak değerlendirildiği şeklinde yorumlanabilir.

6. 2. Öneriler

Bu kısımda, çalışma süresince elde edilen bulgulara dayanarak varılan araştırma sonuçlarına, araştırmacının deneyimlerine ve ileride konu ile ilgili yapılabilecek çalışmalara yönelik yapılan öneriler aşağıda verilmiştir.

6. 2. 1. Araştırma Sonuçlarına Dayalı Öneriler

1. Öğrenme stillerine göre tasarlanan adidaktik öğrenme ortamlarının öğrencilerin anlama seviyeleri ile akademi başarılarının artmasında, zihinsel model

gelişiminde ve sahip oldukları alternatif kavramların giderilmesinde olumlu yönde katkılarının belirlenmesi, öğretim sürecinde bireysel farklılıkların dikkate alınmasının ve öğrenme stillerine dayalı bir öğretim gerçekleştirilmesinin önemli olduğunu bir kez daha ortaya çıkarmıştır. Bu sebeple, çalışma kapsamında tasarlanan öğrenme ortamlarından elektrik akımı konularının öğretimi sırasında yararlanılabilir. Aynı zamanda, tasarlanan bu adidaktik öğrenme ortamları farklı konu ve kavramların öğretimi sırasında kullanılacak öğrenme ortamlarının tasarlanması sürecinde araştırmacılara örnek teşkil edebilir.

2. Öğretim faaliyetlerinin, bu faaliyetlere katılan öğrencilerin zihinsel modellerinin tespit edilerek yapılandırılması öğrenme sürecinin iyileştirilmesi açısından kullanışlı olduğu düşünülmektedir. Öğrencilerin zihinsel modellerinin tespit edilmesinde, bu çalışmada da olduğu gibi, öğretim sürecinin öncesinde konuya dair spesifik noktaların tespit edilerek bu noktalara yönelik farklı soru alanlarından (teorik, işlemsel gibi) sorulacak olan açık uçlu sorulardan yararlanılabilir.
3. Hazırlanan öğrenme ortamlarının ve içeriklerin soyut random ve somut ardışık öğrenme stillerine sahip öğrenciler için daha kullanışlı olduğunun tespit edilmesi sonucunda bu öğrenme ortamlarının diğer öğrenme stillerine sahip öğrenciler açısından biraz daha geliştirilmesi ve zenginleştirilmesi önerilebilir. .

6. 2. 2. İleride Yapılabilecek Araştırmalara Yönelik Öneriler

1. Tasarlanan öğrenme ortamlarında öğrencilerin akademik ihtiyaçlarına da dikkat edilmesi önem taşımaktadır. Öğrenme ortamları tasarlanırken, öğrencilerin akademik ihtiyaçlarına/önbilgilerine yönelik didaktik değişkenler de ele alınmalıdır. Bu konudaki temel ihtiyaç durumu öğrencilerin ön bilgilerinin daha ayrıntılı belirlenmesi, sadece öğretim programlarından gelen ön bilgilerin değil, sahip oldukları kişisel bilgi düzeylerinin de dikkate alınması anlamına gelebilir. Bu noktada, çalışmanın yürütüldüğü çalışma grubundaki öğrencilerin profil bilgilerinin ortaya çıkarılması daha nitelikli bir öğrenme ortamı tasarlanmasına katkı sağlayacaktır.
2. Öğrencilerin derse karşı sahip oldukları tutumlar, derse ait başarılarını etkilemektedir. Şengören ve diğerleri'nin (2007) ifade ettiği gibi bireyin "aynı disiplin içerisindeki farklı konulara yönelik farklı tutumlar sergileyebileceği" fikrinden esinlenilerek, öğrencilerin yalnızca derse yönelik tutumlarının değil, ders içerisindeki farklı konular bazında da tutumlarının tespit edilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda, öğrencilerin fizik dersine yönelik genel

tutumlarının değerlendirilmesi yerine, konu temelli tutum değerlendirmelerinin fizik eğitimi alanındaki çalışmalara onemli katkılar sağlayacağına inanılmaktadır. Bu sebeple renci tutumlarının sadece derse yonelik değil çalışmanın gerçekleştirdiği konular üzerinde de gerekli ölçeklerin geliştirilmesi önerilebilir. Bu bağlamda, benzer bir çalışma yapacak araştırmacılara, doğru akım, elektromanyetik indüksiyon ve alternatif akım konularında rencilerin konuya yonelik tutumlarını ortaya çıkarabilecek ölçekler geliştirmesi tavsiye edilmektedir.

3. Katılımcı sayısı ve zaman sınırlılığı sebebiyle rencilerin bireysel performansları çok fazla ön plana çıkarılamamıştır. Bu bağlamda, katılımcı sayısının azaltılıp bireysel performansa dayalı çalışmaların yapılması önerilebilir.
4. Bu çalışmada rencilerin başarı testine ve klinik mülakata verdikleri cevaplarının önemli bir kısmı [1] ve [2] seviyelerinde yer almaktadır. rencilerin bu seviyelerde yer alan cevaplarının nedenleri arasında alternatif kavramlarla birlikte yaptıkları hatalar da bulunmaktadır. rencilerin hataları üzerine klinik mülakatlarda soru sorulmamış ve hataların kaynakları derinlemesine araştırılmamıştır. Bu noktada, rencilerin hatalarına yonelik daha ayrıntılı bir hata analizi yapılarak olası hata kaynakları belirlenebilir. Hataların kaynakları tespit edilerek giderilmesine yonelik aktiviteler düzenlenebilir.
5. Yapılan çalışmada elektrik akımı konularına yonelik zihinsel modellere odaklanıldığı için elektrik akımının genel tanımına dair başarı testinde yalnızca birkaç soruya yer verilmiştir. rencilerin elektrik akımı konularına ait tespit edilen zihinsel modellerinin, yine rencilerin elektrik akımına yükledikleri anlamın ortaya çıkarılması ile elektrik akımı çatısı altında toplanarak bütüncül bir zihinsel model yapısı oluşturulabilir.

7. KAYNAKLAR

- Abraham, M. R., Williamson, V. M. and Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Achiam, M., Sølberg, J. and Evans, R. (2013). Dragons and dinosaurs: Directing inquiry in biology using the notions of 'milieu' and 'validation'. *Journal of Biological Education*, 47(1), 39-45.
- Akyüz, V. (2004). *The effects of textbook style and reading strategy on students' achievement and attitudes towards heat and temperature* (Unpublished master's thesis). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Al-Khateeb, O. S. M. and Idrees, M. W. K. (2010). The impact of using KWL strategy on grade ten female students' reading comprehension of religious concepts in Ma'an city. *European Journal of Social Sciences*, 12, 471-489.
- Alev, N. ve Karal, I. S. (2013). Fizik öğretmenlerinin elektrik ve manyetizma konusuna ilişkin pedagojik alan bilgilerinin belirlenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9(2), 88-108.
- Allen, L. D. (2001). *An investigation into student understanding of magnetic induction* (Unpublished doctoral dissertation). Ohio State University, Ohio.
- Almudi, J. M. and Ceberio, M. (2015). Analysis of arguments constructed by first-year engineering students addressing electromagnetic induction problems. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(1), 215-236.
- Altundağ, R. (2010). *Adidaktik öğrenme ortamlarının öğrenci başarısı üzerine etkisi ve ortama yönelik öğrenci görüşleri* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K. and Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, but fun, pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Science Education*, 88, 683-706.
- Arslan, S., Baran, D. ve Okumuş, S. (2011). Brousseau'nun matematiksel öğrenme ortamları kuramı ve adidaktik ortamın bir uygulaması. Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi, 5(1), 204-224.
- Arslan, S. ve Sağlam-Arslan, A. (2016). Öğretim mühendisliği, öğretim tasarımı ve öğretim deneyi. E. Bingölbali, S. Arslan ve İ.Ö. Zembat (Eds.), *Matematik Eğitiminde Teoriler içinde* (s. 917-936). Ankara: Pegem Akademi Yayınları.
- Arslan, S., Öztürk, M., Kirman-Bilgin, A. ve Taşkın, D. (2013). Geometri dersinde adidaktik öğrenme ortamları uygulamaları. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 1-12.
- Arslan, S., Taşkın, D. and Kirman-Bilgin, A. (2015). Effect of individual and group works on students' success in adidactical situations. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 6(1), 47-67.

- Artigue, M. (1992). Functions from an algebraic and graphic point of view: Cognitive difficulties and teaching practices. *The Concept of Function: Aspects of Epistemology and Pedagogy*, 25, 109-132.
- Artigue, M. (1994). Didactical engineering as a framework for the conception of teaching products. In R. Biehler, R. W. Scholz, R. StraBer, & B. Winkelmann (Eds.), *Didactics of mathematics as a scientific discipline* (pp. 27-39). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Artigue, M. (2000). Instrumentation issues and the integration of computer technologies into secondary mathematics teaching. In H. G. Weigand, N. Neill, A. Peter-Koop, K. Reiss, G. Törner, & B. Wollring (Eds.), *Proceedings of the Annual Meeting of the GDM, Selected Papers from the Annual Conference on Didactics of Mathematics* (pp. 7-17). Potsdam.
- Artigue, M. (2009). Didactical design in mathematics education. In C. Winsløw (Ed.), *Nordic research in mathematics education* (pp. 7–16). Rotterdam: Sense.
- Artigue, M. (2014). Didactic engineering in mathematics education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 159-162). Dordrecht: Springer.
- Artigue, M. and Perrin-Glorian, M. J. (1991). Didactic engineering, research and development tool: some theoretical problems linked to this duality. *For the learning of Mathematics*, 11(1), 13-18.
- Arzarello, F. and Bartolini-Bussi, M. G. (1998). Italian trends in research in mathematical education: A national case study from an international perspective. In A. Sierpiska, & J. Kilpatrick (Eds.) *Mathematics education as a research domain: A search for identity* (pp. 243-262). Dordrecht: Springer.
- Asami, N., King, J. and Monk, M. (2000). Tuition and memory: Mental models and cognitive processing in Japanese children's work on DC electrical circuits. *Research in Science & Technological Education*, 18(2), 141-154.
- Ateş, S. ve Polat, M. (2005). Elektrik devreleri konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesinde öğrenme evreleri metodunun etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, -(28), 39-47.
- Auerbach, C. and Silverstein, L. B. (2003). *Qualitative data: An introduction to coding and analysis*. New York: NYU press.
- Aycan, Ş. ve Yumuşak, A. (2003). Lise müfredatındaki fizik konularının anlaşılma düzeyleri üzerine bir araştırma. *Milli Eğitim Dergisi*, 159, 171-180.
- Aykutlu, I. ve Şen, A. İ. (2011). Lise öğrencilerinin elektrik akımı konusundaki kavram yanlışlarının belirlenmesinde ve giderilmesinde analogilerin kullanılması. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 5(2), 221-250.
- Aykutlu, I. ve Şen, A. İ. (2012). Üç aşamalı test, kavram haritası ve analogi kullanılarak lise öğrencilerinin elektrik akımı konusundaki kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 37(166), 275-288.
- Ayvacı, H. Ş. ve Bebek, G. (2018). Fizik öğretimi sürecinde yaşanan sorunların değerlendirilmesine yönelik bir çalışma. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(1), 125-134.

- Azaiza, I., Bar, V. and Galili, I. (2006). Learning electricity in elementary school. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4(1), 45-71.
- Bagno, E., and Eylon, B. S. (1997). From problem solving to a knowledge structure: An example from the domain of electromagnetism. *American Journal of Physics*, 65(8), 726-736.
- Bakırcıoğlu, R. (2012). *Ansiklopedik eğitim ve psikoloji s3zluğu*. Ankara: Anı yayıncılık.
- Balım, A. G. ve Mutlu, M. (2005). İlk3đretim fen ve teknoloji sınıflarında 3đrenme-3đretme yaklaşımları. M. Aydoğdu ve T. Kesercioğlu (Eds.), *İlk3đretim fen ve teknoloji 3đretimi* içinde (s. 71-120). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Ball, D. L., Thames, M. H. and Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching. *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407.
- Baser, M. (2006). Fostering conceptual change by cognitive conflict based instruction on students' understanding of heat and temperature concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(2), 96-114.
- Başer, M. and Durmuş, S. (2010). The effectiveness of computer supported versus real laboratory inquiry learning environments on the understanding of direct current electricity among pre-service elementary school teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science ve Technology Education*, 6(1), 47-61.
- Beşoluk, Ş. ve Horzum, M. B. (2011). 3đretmen adaylarının meslek bilgisi, alan bilgisi dersleri ve 3đretmen olma isteğine ilişkin g3rüşleri. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakóltesi Dergisi*, 44(1), 17-50.
- Bilgin, N. ve Çağıcı, K (1997). *3đSS-3đYS Fizik-2 T¼m Elektrik* (4. baskı). Ankara: Tekişik A.Ş. ve Web Ofset Tesisleri.
- Biswas, G., Schwartz, D., Bhuvu, B., Bransford, J., Brophy, S., Balac, T., and Katzlberger, T. (1998). *Analysis of student understanding of basic AC concepts*. (Technical Report (TR-CS-98-07)). Nashville, TN: Vanderbilt University.
- Biswas, G., Schwartz, D., Bhuvu, B., Bransford, J., Holton, D. Verma, A., and Pfaffman, J. (2001). *Assessing student understanding of concepts in electricity to inform instructional decisions*. (Technical Report). Nashville, TN: Vanderbilt University.
- Bland, R. and Tessmer, M. (1999). Student model construction: An interactive strategy for mental models learning. In *Proceedings of Selected Research and Development Papers Presented at the National Convention of the Association for Educational Communications and Technology* (pp. 473-477). Retrieved January 11, 2017 from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED436177.pdf>.
- Bloch, I. (2003). Teaching functions in a graphic milieu: What forms of knowledge enable students to conjecture and prove? *Educational Studies in Mathematics*, 52(1), 3-28.
- Borges, A. T. and Gilbert, J. K. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education*, 21(1), 95-117.

- Borges, A. T., Tecnico, C. and Gilbert, J. K. (1998). Models of magnetism. *International Journal of Science Education*, 20(3), 361-378.
- Bozkurt, O. (2005). *İlköğretim 6. sınıf fen bilgisi dersinin Dunn ve Dunn öğrenme stili modeli kullanılarak öğretilmesinin öğrencilerin akademik başarı, tutum ve bilimsel süreç becerileri üzerine etkisi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bozkurt, E. ve Sarıkoç, A. (2008). Fizik eğitiminde sanal laboratuvar, geleneksel laboratuvarın yerini tutabilir mi? *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 89-100.
- Brousseau, G. (2002). *Theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathématiques, 1970–1990* (N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland & V. Warfield, Trans.). Dordrecht: Kluwer academic publishers.
- Buckley, B. C. and Boulter, C. J. (2000). Investigating the role of representations and expressed models in building mental models. In J. K. Gilbert, & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 119-135). New York: Springer.
- Butler, K. (1987). *Learning and teaching Style. In theory and practice* (Unpublished doctoral dissertation). Connecticut University, Colombia.
- Bütüner, S. Ö. ve Uzun, S. (2011). Fen öğretiminde karşılaşılan matematik temelli sıkıntılar: Fen ve teknoloji öğretmenlerinin tecrübelerinden yansımalar. *Kuramsal Eğitim Bilim Dergisi*, 4(2), 262-272.
- Büyükoztürk, Ş. (2007). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Camp, D. (2000). It takes two: Teaching with twin text of fact and fiction. *The Reading Teacher*, 53, 400–408
- Carlton, K. (1999). Teaching electric current and electrical potential. *Physics Education*, 34(6), 341-345.
- Cebesoy, Ü. B. and Yeniterzi, B. (2016). 7th grade students' mathematical difficulties in force and motion unit. *Turkish Journal of Education*, 5(1), 18-32.
- Cengiz, E., Uzoğlu, M. ve Daşdemir, İ. (2012). Öğretmenlere göre fen ve teknoloji dersindeki başarısızlık nedenleri ve çözüm önerileri. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(2), 393-418.
- Chambers, S. K. and Andre, T. (1997). Gender, prior knowledge, interest, and experience in electricity and conceptual change text manipulations in learning about direct current. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 107-123.
- Chiu, M. S. (2008). Achievements and self-concepts in a comparison of math and science. Exploring the internal/external frame of reference model across 28 countries. *Educational Research and Evaluation*, 14(3), 235–254

- Chiu, M. H. and Lin, J. W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 429-464.
- Chu, H. E., Treagust, D. F. and Chandrasegaran, A. L. (2008). Naïve students' conceptual development and beliefs: The need for multiple analyses to determine what contributes to student success in a university introductory physics course. *Research in Science Education*, 38(1), 111-125.
- Clement, J. (2008). *Creative model construction in scientists and students: The role of imagery, analogy, and mental simulation*. Dordrecht: Springer.
- Cohen, L. Manion. L. and Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed.). London: Routledge.
- Coll, R. K. and Treagust, D. F. (2003). Learners' mental models of metallic bonding: A cross-age study. *Science Education*, 87(5), 685-707.
- Çalık, M. (2006). *Bütünleştirici öğrenme kuramına göre Lise 1 çözümler konusunda materyal geliştirilmesi ve uygulanması* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çalık, M., Okur, M. and Taylor, N. (2011). A comparison of different conceptual change pedagogies employed within the topic of "sound propagation". *Journal of Science education and Technology*, 20(6), 729-742.
- Çelik, D., Güler, M., Bülbül, B. Ö. ve Özmen, Z. M. (2015). Matematiksel düşünme sürecini belirlemeye yönelik tasarlanmış bir öğrenme ortamından yansımalar. *International Journal of Educational Studies in Mathematics*, 2(1), 11-23.
- Çelik, H., Pektaş, H. M. ve Demirtaş, M. (2012). Sınıf öğretmenliği öğrencilerinin elektrik devrelerini kurma ve şematize etme durumlarının incelenmesi. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 35(35), 85-103.
- Çepni, S. (2010). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş*. Trabzon: Celepler Matbaacılık.
- Çepni, S. and Keleş, E. (2006). Turkish students' conceptions about the simple electric circuits. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4(2), 269-291.
- Çepni, S. ve Şenel-Çoruhlu, T. (2014). Güneş sistemi ve ötesi: Uzay bilimcisi ünitesinde zenginleştirilmiş 5E öğretim modeline uygun hazırlanan öğrenme ortamlarının öğrenci başarısı üzerine etkisinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(2), 343-370.
- Çıldır, I. ve Şen, A. İ. (2006). Lise öğrencilerinin elektrik akımı konusundaki kavram yanlışlarının kavram haritalarıyla belirlenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, -(30), 92-101.
- Çoban, A. (2012). Öğrenme-öğretmede yeni yönelimler (Probleme dayalı öğrenme). B. Oral (Ed.), *Öğrenme Öğretme Kuram ve Yaklaşımları* (2. baskı) içinde (s. 479-508). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

- Çubukçu, Z. (2012). Teachers' evaluation of student-centered learning environments. *Education*, 133(1), 49-66.
- Dega, B. G., Kriek, J. and Mogese, T. F. (2013). Students' conceptual change in electricity and magnetism using simulations: A comparison of cognitive perturbation and cognitive conflict. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(6), 677-698.
- Demirci, N. ve Çirkinoğlu, A. (2004). Öğrencilerin elektrik ve manyetizma konularında sahip oldukları ön bilgi ve kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 1(2), 116-138.
- Demirezen, S. ve Yağbasan, R. (2013). 7E modelinin basit elektrik devreleri konusundaki kavram yanlışları üzerine etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(2), 132-151.
- Diaz, D. P. and Cartnal, R. B. (1999). Students' learning styles in two classes: Online distance learning and equivalent on-campus. *College Teaching*, 47(4), 130-135.
- Dikkartin-Övez, F. T. and Akar, N. (2018). The investigation of process of teaching function concept in an adidactic learning environment. *Pegem Journal of Education and Instruction (PEGEGOG)*, 8(3), 469-502.
- Doğan, M., Oruncak, B., and Günbayı, İ. (2002). Teachers and students' approach to the problems in physics education at high school level. *Physics Education*, 37, 543-546.
- Doğan, M., Oruncak, B., and Günbayı, İ. (2003). Ortaöğretim fizik eğitiminde karşılaşılan sorunlar üzerine bir araştırma. *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, III (1-2), 99-110.
- Dori, Y. J. and Belcher, J. (2005). How does technology-enabled active learning affect undergraduate students' understanding of electromagnetism concepts? *The Journal of the Learning Sciences*, 14(2), 243-279.
- Douady, R. (1997). Didactic engineering. In T. Nunes and P. Bryant (Eds.), *Learning and teaching mathematics: An international perspective* (pp. 373-401). East Sussex: Psychology Press.
- Duit, R. and Rhöneck, C. V. (1997). Learning and understanding key concepts of electricity. In A. Tiberghien, E. L. Jossem, & J. Barojas (Eds.), *Connecting research in physics education with teacher education* (pp. 1-6). Ohio: The International Commission on Physics Education.
- Dunn, R. and Dunn, K. (1993). *Teaching secondary students through their individual learning styles: Practical approaches for grades 7-12*. Boston: Allyn & Bacon.
- Ekici, G. (2001). *Öğrenme stiline dayalı biyoloji öğretiminin analizi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ekici, G. (2002). Gregorc öğrenme stili ölçeği. *Eğitim ve Bilim*, 27(123), 42-47.
- Ekici, G. (2003a). *Öğrenme Stiline Dayalı Öğretim ve Biyoloji Dersine Öğretimine Yönelik Ders Planı Örnekleri*. Ankara: Gazi Kitabevi.

- Ekici, G. (2003b). Uzaktan eğitim ortamlarının seçiminde öğrencilerin öğrenme stillerinin önemi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, -(24), 48-55.
- Ekici, G. (2013). Gregorc ve Kolb öğrenme stili modellerine göre öğretmen adaylarının öğrenme stillerinin cinsiyet ve genel akademik başarı açısından incelenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 38(167),211-225.
- Engelhardt, P. V. and Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115.
- Erden, M. ve Akman, Y. (2002). *Gelişim ve öğrenme* (11. baskı). Ankara: Arkadaş Yayınevi.
- Erdoğan, A. (2016). Didaktik durumlar teorisi. E. Bingölbali, S. Arslan ve İ.Ö. Zembat (Eds.), *Matematik Eğitiminde Teoriler* içinde (s. 413-445). Ankara: Pegem Akademi Yayınları.
- Erdoğan, A., Gök, M. ve Bozkır, M. (2014). Orantı kavramının adidaktik bir ortamda öğretimi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(3), 535-562.
- Erdoğan, A. ve Özdemir-Erdoğan, E. (2013). Didaktik durumlar teorisi ışığında ilköğretim öğrencilerine matematiksel süreçlerin yaşatılması. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 17-34.
- Erdoğan, A., Özdemir-Erdoğan, E., Garan, Ö. ve Güler, M. (2012). Matematiğin popülerleştirilmesine yönelik tasarlanan bir eğitim-öğretim ortamının değerlendirilmesi. *İlköğretim Online*, 11(1), 51-74.
- Er-Nas, S. ve Çepni, S. (2016). Rehber materyallerin öğrencilerin olayları nedenleri ile açıklamaları üzerine etkisi: "Madde ve ısı" örneği. *Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 27-42.
- Ersoy, İ. (2011). *Elektrik-manyetizma konusunun işlenişinde, 5E modelinin derinleşme aşamasına yönelik geliştirilen materyallerin öğrenci başarısına etkisinin değerlendirilmesi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Erümit, A. K., Arslan, S. ve Fiş-Erümit, S. (2012). Bir matematik probleminin adidaktik ortamdaki çözüm süreci. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 1(4), 75-81.
- Evans, R. and Winsløw, C. (2012). Fundamental situations in teaching biology: The case of parthenogenesis. *Nordic Studies in Science Education*, 3(2), 132-145.
- Ezberci, E., Kurnaz, M. A. ve Bayri, N. G. (2015). Ortaokul öğrencilerinin elektrik konusuna ilişkin gösterim türleri arasındaki geçiş yapabilme durumlarının belirlenmesi. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 5(5), 607-624.
- Fer, S. (2011). Öğrenme öğretme kuram ve yaklaşımlarına giriş. S. Fer. (Ed.), *Öğrenme öğretme kuram ve yaklaşımları* içinde (s. vi). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Fer, S. ve Cırık, İ. (2007). *Yapılandırmacı öğrenme: Kuramdan uygulamaya*. İstanbul: Morpa Yayınları.

- Franco, C. and Colinvaux, D. (2000). Grasping mental models. In J. K. Gilbert, & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 93-118). New York: Springer.
- Galili, I., Kaplan, D. and Lehavi, Y. (2006). Teaching Faraday's law of electromagnetic induction in an introductory physics course. *American journal of physics*, 74(4), 337-343.
- Gamill, D. M. (2006). Learning to write way. *The Reading Teacher*, 59, 754–762.
- Giordan, A. (1998). *Öğrenme (Apprendre)*. Ankara: De Ki Basım Yayım Ltd. Şti.
- Glesne, C. (2014). *Nitel araştırmaya giriş* (4. baskı).(çev. Ali Ersoy ve Pelin Yalçinoğlu) Ankara: Anı Yayıncılık.
- González-Martín, A. S., Bloch, I., Durand-Guerrier, V. and Maschietto, M. (2014). Didactic situations and didactical engineering in university mathematics: Cases from the study of calculus and proof. *Research in Mathematics Education*, 16(2), 117-134.
- Gök, M. ve Erdoğan, A. (2017). Sınıf ortamında rutin olmayan matematik problemi çözme: Didaktik durumlar teorisine dayalı bir uygulama örneği. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14, 140-18.
- Gök, T. ve Sılay, İ. (2009). İşbirlikli problem çözme stratejileri öğretiminin öğrencilerin başarısı ve başarı güdüsü üzerindeki etkileri. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(1), 13-27.
- Greca, I. M. and Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.
- Greca, I. M. and Moreira, M. A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86(1), 106-121.
- Gregorc, A. F. (1979). Learning/teaching styles: Potent forces behind them. *Educational Leadership*, 5, 234-237.
- Gregorc, A. F. and Butler, K. A. (1984). Learning is a matter of style. *Vocational Education*, 59(3), 27-29.
- Guisasola, J., Almudi, J. M. and Zuza, K. (2013). University students' understanding of electromagnetic induction. *International Journal of Science Education*, 35(16), 2692-2717.
- Hadjerrouit, S. (2011). Using the interactive learning environment Aplusix for teaching and learning school algebra: a research experiment in a middle school. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(4), 384-389.
- Hammer, D. (1994). Students' beliefs about conceptual knowledge in introductory physics. *International Journal of Science Education*, 16(4), 385-403.
- Hanke, U. (2008) Realizing Model-Based Instruction. In D. Ifenthaler, P. Pirnay-Dummer, & J. M. Spector (Eds.), *Understanding Models for Learning and Instruction* (pp. 175-186). Boston, MA: Springer.

- Harasym, P. H., Leong, E. J., Lucier, G. E. and Lorscheider, F. L. (1995). Gregorc learning styles and achievement in anatomy and physiology. *Advances in Physiology Education*, 13(1), 56-60.
- Harrison, A. G. and Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, A. G. and Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Headley, K. N. and Dunston, P. J. (2000). Teachers' choices books and comprehension strategies as transactions tools. *The Reading Teacher*, 54, 260-268.
- Hersant, M. and Perrin-Glorian, M. J. (2005). Characterization of an ordinary teaching practice with the help of the theory of didactic situations. In C. Laborde, M. J. Perrin-Glorian, & A. Sierpinska (Eds.), *Beyond the apparent banality of the mathematics classroom* (pp. 113-151). Boston, MA: Springer.
- Hestenes, D. (2006). Notes for a modeling theory of science, cognition, and instruction. In E. van den Berg, T. Ellermeijer, & O. Slooten (Eds.), *Proceedings of 2006 GIREP conference: Modelling in physics and physics education* (pp. 34- 65). Amsterdam: University of Amsterdam.
- Hill, B. R. (2006). *Eliciting, analyzing, and comparing mental models of complex audio recording systems between professional and novice recording engineers* (Unpublished doctoral dissertation). Pennsylvania State University, Pennsylvania.
- Holton, D. Verma, A. and Biswas, G. (2008, June). Assessing student difficulties in understanding the behavior of AC and DC circuits. Paper presented at ASEE Annual Conference and Exposition, Pittsburgh. Retrieved June 21, 2017 from <https://works.bepress.com/edtechdev/15/>.
- Howe, C., Nunes, T. and Bryant, P. (2011). Rational number and proportional reasoning: Using intensive quantities to promote achievement in mathematics and science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(2), 391-417.
- İlyasoğlu, U. ve Aydın, A. (2014). Doğru akım devreleri konusunun öğretiminde bilgisayar destekli öğretimin fen ve teknoloji öğretmen adaylarının başarısına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 22(1), 223-240.
- İyibil, Ü. G. (2010). *Farklı programlarda öğrenim gören öğretmen adaylarının temel astronomi kavramlarını anlama düzeylerinin ve ilgili kavramlara ait zihinsel modellerinin analizi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- İyibil, Ü. G. ve Sağlam-Arslan, A. (2010). Fizik öğretmen adaylarının yıldız kavramına dair zihinsel modelleri. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 4(2), 25-46.
- Jabot, M. E. (2002). *Teacher pedagogical content knowledge as a predictor of student learning gains in direct current circuits* (Unpublished doctoral dissertation). Syracuse University, New York.

- Jelacic, K., Planinic, M. and Planinsic, G. (2017). Analyzing high school students' reasoning about electromagnetic induction. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010112.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Jonassen, D. and Cho, Y. H. (2008). Externalizing mental models with mindtools. In *Understanding models for learning and instruction* (pp. 145-159). Boston, MA: Springer.
- Jones, C. (2003). Understanding and using the minus sign in Faraday's Law. *Physics Education*, 38(6), 526-530
- Justi, R. and Gilbert, J. (2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of 'the atom'. *International Journal of Science Education*, 22(9), 993-1009.
- Kahan, J. A., Cooper, D. A. and Bethea, K. A. (2003). The role of mathematics teachers' content knowledge in their teaching: A framework for research applied to a study of student teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 6(3), 223-252.
- Kalaycı, Ş. (2008). *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri* (3. baskı). Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- Kallery, M. and Psillos, D. (2001). Pre-school teachers' content knowledge in science: their understanding of elementary science concepts and of issues raised by children's questions. *International Journal of Early Years Education*, 9(3), 165-179.
- Karakoyun, F. (2007). *Bilimsel araştırmalarda veri toplama aracı olarak web anketlerin kullanılması, sınırlılıkları ve fizik tutum ölçeğine uygulanması* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Karakuyu, Y. (2008). Fizik öğretmenlerinin fizik eğitiminde karşılaştığı sorunlar: Afyonkarahisar örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(10), 147-159.
- Karal, I. S. (2003). *Fizik öğretmeni adaylarının konu alanı bilgi düzeylerinin belirlenmesi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Karal-Eyüboğlu, I. S. (2011). *Fizik öğretmenlerinin pedagojik alan bilgi (PAB) gelişimi* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karal, I. S., Alev, N. ve Yiğit, N. (2009). Öğretmen adaylarının elektrikte alan bilgisi. *Education Sciences (e-Journal of New World Sciences Academy)*, 4(4), 1450-1567.
- Kaya, A., Çepni, S. ve Küçük, M. (2004). Fizik öğretmenlerinin laboratuarlara yönelik hizmet içi ihtiyaçları için bir program geliştirme çalışması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 12(1), 41-56.

- Kaya, H. and Boyuk, U. (2011). Attitude towards physics lessons and physical experiments of the high school students. *European Journal of Physics Education*, 2(1), 23-31.
- Keefe, J. W. and Ferrell, B. G. (1990). Developing a defensible learning style paradigm. *Educational Leadership*, 48(2), 57-61.
- Kent, M. R. (2010). *An analysis of Brousseau's milieu in a community college's calculus laboratory* (Unpublished doctoral dissertation). Columbia University, New York.
- Kılıç, M. (2018). Öğrenmenin doğası. B. Yeşilyaprak (Ed.), *Eğitim psikolojisi. Gelişim, öğrenme, öğretim* (17. baskı) içinde (s. 165-196). Ankara: Pegem Akademi yayınları.
- Kıryak, Z. ve Çepni, S. (2015). Fen bilimleri ders kitabında kullanılan fizik dilinin 7. sınıf öğrencileri tarafından algılanma biçimleri. *Milli Eğitim*, 44, 145-168.
- Kinslenko, K. (2005). Student's beliefs about mathematics from the perspective of the theory of didactical situations. In C. Winslow (Ed.), *Didactic of mathematics-the French way* (Texts from a Nordic Ph.D.-Course at the University of Copenhagen) (pp. 83-96). Copenhagen: Københavns Universitet.
- Kocakülah, M. S. (1999). *A study of the development of Turkish first year university students' understanding of electromagnetism and the implications for instruction* (Unpublished doctoral dissertation). University of Leeds, Leeds.
- Kock, Z. J., Taconis, R., Bolhuis, S. and Gravemeijer, K. (2015). Creating a culture of inquiry in the classroom while fostering an understanding of theoretical concepts in direct current electric circuits: A balanced approach. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(1), 45-69.
- Koehler, M. and Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Kurnaz, M. A. and Sağlam Arslan, A. (2010). Praxeological analysis of the teaching conditions of the energy concept. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 5, 233-242.
- Kurnaz, M. A. (2011). *Enerji konusunda model tabanlı öğrenme yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamlarının zihinsel model gelişimine etkisi* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Küçüközer, H. (2003). Lise 1 öğrencilerinin basit elektrik devreleri konusunda ilgili kavram yanılgıları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, -(25), 142-148.
- Küçüközer, H. (2004). *Yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı olarak geliştirilen öğretim modelinin lise 1. sınıf öğrencilerinin basit elektrik devrelerine ilişkin kavramsal anlamalarına etkisi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Küçüközer, H. and Demirci, N. (2008). Pre-service and in-service physics teachers' ideas about simple electric circuits. *Eurasia Journal of Mathematics, Science ve Technology Education*, 4(3), 303-311.

- Lalaude-Labayle, M., Gibel, P., Bloch, I. and Levi, L. (2018, April). A TDS analytical framework to study students' mathematical activity (An example: Linear transformations at university). In V. Durand-Guerrier, R. Hochmuth, S. Goodchild, & N. M. Hogstad (Eds.), *Proceedings of INDRUM 2018 second conference of the International Network for Didactic Research in University Mathematics* (pp. 234-243). Kristiansand, Norway: University of Agder and INDRUM.
- Lee, Y. F. (2009). *Using computer simulations to facilitate conceptual understanding of electromagnetic induction* (Unpublished doctoral dissertation). State University of New York, Buffalo.
- Lee, Y. and Law, N. (2001). Explorations in promoting conceptual change in electrical concepts via ontological category shift. *International Journal of Science Education*, 23(2), 111-149.
- Lin, J. W. and Chiu, M. H. (2010). The mismatch between students' mental models of acids/bases and their sources and their teacher's anticipations thereof. *International Journal of Science Education*, 32(12), 1617-1646.
- Loftus, M. (1996). Students' ideas about electromagnetism. *School Science Review*, 77, 93-94.
- Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J. and Van Heuvelen, A. (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69(7), 12-23.
- Maschietto, M. (2008). Graphic calculators and micro-straightness: Analysis of a didactic engineering. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 13(3), 207-230.
- Maskan, A. K. (2004). Üniversite öğrencilerinin temel fizik, biyofizik ve medikal fizik derslerine yönelik tutumlarının değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. *VI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi* içinde (s. 143). İstanbul: Marmara Üniversitesi.
- Masøval, H. S. (2011). *Factors constraining students' appropriation of algebraic generality in shape patterns: A case study of didactical situations in mathematics at a university college* (Unpublished doctoral dissertation). University of Agder, Kristiansand, Norway.
- Mauk, H. V. and Hingley, D. (2005). Student understanding of induced current: Using tutorials in introductory physics to teach electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 73(12), 1164-1171.
- McBroom, R. A. (2011). *Pre-service science teachers' mental models regarding dissolution and precipitation reactions* (Unpublished doctoral dissertation). North Carolina State University, North Carolina.
- McDermott, L. C. and Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60(11), 994-1003.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], (2011a). *Ortaöğretim 9. sınıf fizik dersi öğretim programı*. Ankara: Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı Fizik Dersi Öğretim Programı Komisyonu.

- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], (2011b). *Ortaöğretim 10. sınıf fizik dersi öğretim programı*. Ankara: Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı Fizik Dersi Öğretim Programı Komisyonu.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], (2011c). *Ortaöğretim 11. sınıf fizik dersi öğretim programı*. Ankara: Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı Fizik Dersi Öğretim Programı Komisyonu.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], (2011d). *Ortaöğretim 12. sınıf fizik dersi öğretim programı*. Ankara: Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı Fizik Dersi Öğretim Programı Komisyonu.
- Miraj, L. (2015). *The effects of computer simulations on students' conceptual understanding of direct current resistive electric circuits* (Unpublished doctoral dissertation). Pace University, New York.
- Miyakawa, T. and Winsløw, C. (2009). Didactical designs for students' proportional reasoning: An "open approach" lesson and a "fundamental situation". *Educational Studies in Mathematics*, 72(2), 199-218.
- Mocci, S., Polo, M., Sechi, C. and Penna, M. P. (2012). The systemic nature of the theory of didactic situations in mathematics (TDSM). In G. Minati, M. Abram & E. Pessa (Eds.), *Proceeding of the Fifth National Conference on System Science* (pp. 323-335). Singapore: World Scientific Publishing.
- Mulhall, P. and Gunstone, R. (2008). Views about physics held by physics teachers with differing approaches to teaching physics. *Research in Science Education*, 38(4), 435-462.
- Mulhall, P., McKittrick, B. and Gunstone, R. (2001). A perspective on the resolution of confusions in the teaching of electricity. *Research in Science Education*, 31(4), 575-587.
- Nersessian, N. J. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In R. N. Giere (Ed.), *Cognitive models of science* (pp. 3-44). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner and A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 7-14). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Nuhoğlu, H. ve Yalçın, N. (2004). Fizik laboratuvarına yönelik bir tutum ölçeğinin geliştirilmesi ve öğretmen adaylarının fizik laboratuvarına yönelik tutumlarının değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(2), 317-327.
- Obalı, B. (2009). *Öğrencilerin fen ve teknoloji akademik başarısıyla Türkçede okuduğunu anlama ve matematik başarıları arasındaki ilişki* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Ogle, D. (2005). K-W-L + in action. In H. Daniels and M. Bizar (Eds.), *Teaching the best practice way: Methods that matter, K-12* (pp. 63-70). Portland: Stenhouse.
- Oon, P. T and Subramaniam, R. (2011). On the declining interest in physics among students from the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*, 33(5), 727-746.

- Oral, İ. (2006). *Ortaöğretimde çoklu zekâ kuramının elektrik konularını öğrenme sürecine etkisinin araştırılması* (Yayınlanmamış doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ornek, F. (2008). Models in science education: Applications of models in learning and teaching science. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(2), 35-45.
- Ornek, F., Robinson, W. R. and Haugan, M. P. (2008). What makes physics difficult? *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(1), 30-34.
- Öden-Acar, A. (2010). *Öğretmen adaylarının elektromanyetik indüksiyon konusunda kavramsal anlamalarının ontolojik yaklaşıma göre tespiti* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Önder, F. (2012). *İşbirlikli gruplarda öğrenme stillerinin fizik dersi başarısı ile hatırd tutma düzeyine etkisinin incelenmesi* (Unpublished doctoral dissertation). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Özbek, Ö. (2006). *Öğrenme stiline uygun olarak düzenlenen öğretim etkinliklerinin akademik başarı, hatırd tutma düzeyi ve tutumlara etkisi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Özdemir, A., Alaybeyoğlu, A. ve Balbal, K. F. (2018). Gregorc öğrenme stili modeli ile öğrenme stili tespiti: Mühendislik fakültesi örneği. *Bilim Eğitim Sanat ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 115-123.
- Özden, Y. (2011). *Öğrenme ve öğretme*. (11.baskı) Ankara: Pegem akademi yayınları
- Özmen, H. (2011). Öğrenme kuramları ve fen bilimleri öğretimindeki uygulamaları. S. Çepni (Ed.), *Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi* içinde (s. 33-98). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Özsoy, G. (2005). Problem çözme becerisi ile matematik başarısı arasındaki ilişki. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(3), 179-190.
- Özsoy-Güneş, Z., Derelioğlu, Y. ve Kırbaşlar, F. G. (2011). İşlemsel fizik ve kimya problemlerinde matematik kullanım ölçeği geliştirilmesi, geçerlik ve güvenilirliği çalışması. *Hasan Âli Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 23-38.
- Özyürek, A. ve Eryılmaz, A. (2001). Öğrencilerin fizik dersine yönelik tutumlarını etkileyen etmenler. *Eğitim ve Bilim*, 26(120), 21-28.
- Park, E. J. (2006). *Student perception and conceptual development as represented by student mental models of atomic structure* (Unpublished doctoral dissertation). Ohio State University, Ohio.
- Peşman, H. and Eryılmaz, A. (2010). Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The Journal of Educational Research*, 103(3), 208-222.

- Petersen, M. R. (2010). Transferring ‘the Theory of Didactical Situations’ from mathematics to science education by the use of observations. In C. Winslow & R. Evans (Eds.), *Didactics as design science* (Peer reviewed papers from a PhD course at the University of Copenhagen) (pp. 45-52). Copenhagen: Københavns Universitet.
- Pitterson, N. P. (2015). *Undergraduate engineering students' understanding of complex circuits: An investigation of the intersection of students' prior knowledge, design of learning environments and the nature of the content* (Unpublished doctoral dissertation). Purdue University, Indiana.
- Pocovi, M. C. and Finley, F. (2002). Lines of force: Faraday's and students' views. *Science & Education*, 11(5), 459-474.
- Radford, L. (2008). Theories in mathematics education: A brief inquiry into their conceptual differences. (Working paper: Prepared for the ICMI Survey Team 7, The notion and role of theory in mathematics education research). Ontario, Canada. Retrieved May 15, 2015 from http://www.luisradford.ca/pub/31_radfordicmist7_EN.pdf.
- Rapp, D. N. (2005). Mental models: Theoretical issues for visualizations in science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education* (pp. 43-60). Dordrecht: Springer.
- Redish, E. F. (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, 62(9), 796-803.
- Redish, E. F., Saul, J. M. and Steinberg, R. N. (1998). Student expectations in introductory physics. *American Journal of Physics*, 66(3), 212-224.
- Ruthven, K. (2002). Instrumenting mathematical activity: Reflections on key studies of the educational use of computer algebra systems. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7(3), 275-291.
- Saarelainen, M., Laaksonen, A. and Hirvonen P. E. (2007). Students' initial knowledge of electric and magnetic fields—more profound explanations and reasoning models for undesired conceptions. *European Journal of Physics*, 28, 51–60.
- Sadi, Ö. ve Yıldız, M. (2012). Fizik öğretmenlerinin 2010-2011 öğretim döneminde ilk defa uygulanan 11. sınıf fizik dersi müfredatına bakışı. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 20(3), 869-882.
- Sadovsky, P. and Sessa, C. (2005). The didactic interaction with the procedures of peers in the transition from arithmetic to algebra: A milieu for the emergence of new questions. *Educational Studies in Mathematics*, 59(1-3), 85-112.
- Saglam, A. (2004). Les équations différentielles en mathématiques et en physique: étude des conditions de leur enseignement et caractérisation des rapports personnels des étudiants de première année d'université à cet objet de savoir (Unpublished doctoral dissertation). Université Joseph Fourier, Grenoble.
- Saglam-Arslan, A. and Devecioglu, Y. (2010). Student teachers' levels of understanding and model of understanding about Newton's laws of motion. *Asia-Pacific Forum on Science Learning ve Teaching*, 11(1), 1-20.

- Sağlam-Arslan, A. (2008). Didaktikte antropolojik kuram ve kullanımına yönelik örnekler. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(2), 19-36.
- Samaniego, A. H. F. and Barrera, S. V. (1999). Brousseau in action: Didactical situation for learning how to graph functions. In W. C. Yang, D. Wang, S. C. Chu, & G. Fitzgerald (Eds.), *Proceedings of the Fourth Asian Technology Conference in Mathematics* (pp. 35-41). Retrieved June 19, 2014 from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED451036.pdf>.
- Schunk, D. H. (2012). *Learning theories an educational perspective* (6th ed.). Boston, MA: Pearson.
- Seidel, L. E. and England, E. M. (1999). Gregorc's cognitive styles: College students' preferences for teaching methods and testing techniques. *Perceptual and Motor Skills*, 88(3), 859-875.
- Sencar, S. ve Eryılmaz, A. (2002). *Dokuzuncu sınıf öğrencilerinin basit elektrik devreleri konusuna ilişkin kavram yanlışları*. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, ODTÜ, Ankara.
- Sensevy, G., Schubauer-Leoni, M. L., Mercier, A., Ligozat, F. and Perrot, G. (2005). An attempt to model the teacher's action in the mathematics class. In C. Laborde, M. J. Perrin-Glorian, & A. Sierpiska (Eds.), *Beyond the apparent banality of the mathematics classroom* (pp. 153-181). Boston, MA: Springer.
- Sert-Çıbık, A. (2011). *Elektrik akımı konusunda yanlış kavramalar ve bunların giderilmesinde analogilerle desteklenmiş proje tabanlı öğrenme yönteminin etkisi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sert-Çıbık, A., Bayram, S. and Bezci, K. (2015). Investigation of the secondary education students' conceptual understanding levels and attitudes towards force and motion. *Pegem Journal of Education and Instruction (PEGEGOG)*, 5(3), 291-312.
- Serway, R. A. (1996). *Fen ve mühendislik için fizik II* (K. Çolakoğlu (Ed.), Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Sezgin-Selçuk, G. ve Şahin, M. (2008). Probleme dayalı öğrenme ve öğretmen eğitimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 12-19.
- Sezgin-Selçuk, G., Özkan, G. ve Demircioğlu, S. (2015). Lise öğrencilerinin fizik dersine yönelik tutumlarının karşılaştırılması: İzmir ve Gaziantep örneği. *Electronic Turkish Studies*, 10(11), 1333-1346.
- Smith, J. P., diSessa, A. A. and Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *Journal of the Learning Sciences*, 3(2), 115-163.
- Sternberg, R. J. and Grigorenko, E. L. (1997). Are cognitive styles still in style? *American Psychologist*, 52(7), 700-712.
- Süzük, E., Çorlu, M. A. and Gürel, C. (2011). Students' perceptions of learning efficiency of introductory physics course. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education, Jan* (Special Issue), 65-71.

- Şahin, Ç. (2010). *İlköğretim 8. sınıf 'kuvvet ve hareket' ünitesinde 'zenginleştirilmiş 5E öğretim modeli'ne göre rehber materyaller tasarlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Şahin, Ç., Bülbül, E. ve Durukan, Ü. G. (2013). Öğrencilerin gök cisimleri konusundaki alternatif kavramlarının giderilmesinde kavramsal değişim metinlerinin etkisi. *Journal of Computer and Education Research*, 1(2), 38-64.
- Şahin, Ç. ve Çepni, S. (2012). 5E öğretim modeline dayalı öğretimin öğrencilerin gaz basıncı ile ilgili kavramsal anlamalarına etkisi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 6(1), 220-264.
- Şahin, H. ve Ekici, G. (2012). Teknik öğretmen adaylarının öğrenme stillerinin Gregorc öğrenme stili modeliyle incelenmesi (Gazi Üniversitesi örneği). *Milli Eğitim Dergisi*, 42(196), 188-210.
- Şahin, E. and Yağbasan, R. (2012). Determining which introductory physics topics pre-service physics teachers have difficulty understanding and what accounts for these difficulties. *European Journal of Physics*, 33(2), 315-325.
- Şengören, K. S., Tanel, R. ve Kavcar, N. (2007). Optik dersine yönelik tutum ölçeği geliştirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 86-94.
- Tanel, Z. (2006). *Manyetizma konularının lisans düzeyindeki öğretiminde, geleneksel öğretim yöntemi ile işbirlikli öğrenme yönteminin etkilerinin karşılaştırılması* (Unpublished doctoral dissertation). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Tanrıverdi, G. ve Demirbaş, M. (2012). Fizik laboratuvarına yönelik tutum ölçeği geliştirme: Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(3), 83-101.
- Taşlıdere, E. (2014). Kavramsal değişim yaklaşımının doğru akım devreleri konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesine etkisi. *Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(1), 200-223.
- Taylor, I., Barker, M. and Jones, A. (2003). Promoting mental model building in astronomy education. *International Journal of Science Education*, 25(10), 1205-1225.
- Terry, M. (2002). Translating learning style theory into developmental education practice: An article based on Gregorc's cognitive learning styles. *Journal of College Reading and Learning*, 32(2), 154-176.
- Thacker, B. A., Ganiel, U. and Boys, D. (1999). Macroscopic phenomena and microscopic processes: Student understanding of transients in direct current electric circuits. *American Journal of Physics*, 67(7), 25-31.
- Thong, W. M. and Gunstone, R. (2008). Some student conceptions of electromagnetic induction. *Research in Science Education*, 38(1), 31-44.
- Tiberghien, A., Vince, J. and Gaidioz, P. (2009). Design-based research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2275-2314.

- Tok, Ş. (2013). Effects of the know-want-learn strategy on students' mathematics achievement, anxiety and metacognitive skills. *Metacognition and Learning*, 8(2), 193-212.
- Topuz, F. G. ve Karamustafaoğlu, O. (2013). Öğrenme stillerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi: Fen bilgisi öğretmen adayları. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21, 30-46.
- Topuz, F. G. (2014). Öğrenme stillerinin ve eleştirel düşünme becerilerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi: Fen bilgisi öğretmen adayları (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Amasya.
- Treagust, D. F. and Duit, R. (2008). Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3(2), 297-328.
- Trumper, R. (2006). Factors affecting junior high school students' interest in physics. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 47-58.
- Trumper, R. and Gelbman, M. (2000). Investigating electromagnetic induction through a microcomputer-based laboratory. *Physics Education*, 35(2), 90-95.
- Tural, G. and Tarakçı, D. (2017). Effects of physical models and simulations to understand daily life applications of electromagnetic induction. *Research in Science ve Technological Education*, 35(3), 292-307.
- Türk, Y. and Arslan, S. (2012). Examining creative drama based mathematics course with respect to theory of didactical situations in mathematics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 4782-4785.
- Uğur, G., Dilber, R., Senpolat, Y. and Duzgun, B. (2012). The effects of analogy on students' understanding of direct current circuits and attitudes towards physics lessons. *European Journal of Educational Research*, 1(3), 211-223.
- Ulukök, Ş., Çelik, H. ve Sarı, U. (2013). Basit elektrik devreleriyle ilgili bilgisayar destekli uygulamaların deneysel süreç becerilerinin gelişimine etkisi. *Kuramsal Eğitim Bilim Dergisi*, 6(1), 77-101.
- Ural-Alşan, E. (2009). *Kimya öğretmen adaylarının akademik başarılarına öğrenme stili tercihleri, öz kontrollü öğrenme ve motivasyon faktörlerinin etkisi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- URL-1, (2019). <https://www.watersfoundation.org/webed/habits/mentalmodels.htm> Mental Models. 20 Haziran 2019.
- Ülgen, G. (1995). *Eğitim psikolojisi: Birey ve öğrenme*. Ankara: Bilim Yayınları.
- Ünal-Çoban, G. (2009). *Modellemeye dayalı fen öğretiminin öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerine, bilimsel süreç becerilerine, bilimsel bilgi ve varlık anlayışlarına etkisi: 7. sınıf ışık ünitesi örneği* (Yayınlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Vankus, P. (2005). Efficacy of teaching mathematics with method of didactical games in a-didactic situation. *Quaderni di ricerca in Didattica*, 15, 90-105.

- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S. and Brewer, W. F. (1992). Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology*, 24(4), 535-585.
- Vosniadou, S. and Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183
- Warfield, V. M. (2006) Invitation to Didactique. Retrieved October 21, 2015, from <http://www.math.washington.edu/~warfield/Didactique.html>.
- Watson, S. A. and Thompson, C. (2001). Learning styles of interior design students as assessed by the Gregorc Style Delineator. *Journal of Interior Design*, 27(1), 12-19.
- Wenner, G. (1993). Relationship between science knowledge levels and beliefs toward science instruction held by preservice elementary teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 2(3), 461-468.
- White, S. and Tyler, J. (2015). Who's teaching what in high school physics? *The Physics Teacher*, 53(3), 155-157.
- Whiteleggy, E. and Parry, M. (1999). Real-life contexts for learning physics: Meanings, issues and practice. *Physics Education*, 34(2), 68-72.
- Winsløw, C. (2006). Research and development of university level teaching: The interaction of didactical and mathematical organisations. In M. Bosch (Ed), *Proceedings of the Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 1821-1830). Barcelona: Universitat Ramon Llull.
- Woolnough, E. B. (1994). Why students choose physics or reject it? *Physics Education*, 29, 368-374.
- Yanık, M. (2016). Evaluation of the school of physical education and sports students' learning styles according to the Gregorc learning style. *SSTB International Refereed Academic Journal of Sports, Health & Medical Sciences*, 19, 32-43.
- Yavuz, A. (2013). Ders kitaplarında prakseolojik organizasyonlar. M. Ş. Bülbül, H. Peşman ve C. Ünal (Eds.), *Tüm yönleriyle fizik ders kitapları* içinde (s. 11-20), Ankara: Pegem A Yayınları.
- Yavuz, İ. ve Kepçeoğlu, İ. (2016). Matematik öğretmenlerinin sınıf içi faaliyetlerinin didaktiksel durum teorisi kapsamında incelenmesi. *Uluslararası Sosyal ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(5), 13-27.
- Yavuzsoy-Köse, N. (2016). Didaktik dönüşüm teorisi. E. Bingölbali, S. Arslan ve İ.Ö. Zembat (Eds.), *Matematik Eğitiminde Teoriler* içinde (s. 393-412). Ankara: Pegem Akademi Yayınları.
- Yayla, K. (2010). *Elektromanyetik indüksiyon konusuna yönelik bağlam temelli materyal geliştirilmesi ve etkililiğinin araştırılması* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Yenice, N. ve Saracaloğlu, A. S. (2009). Sınıf öğretmenleri adaylarının öğrenme stilleri ile fen başarıları arasındaki ilişki. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(1), 162-173.
- Yeşilyurt, M. (2006). İlköğretim ve lise öğrencilerinin elektrik kavramı ile ilgili düşünceleri. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(17), 41-59.
- Yetişir, M. İ. (2016). Rehberli araştırma-sorgulamaya dayalı fizik öğretimi: öğretmen adaylarının akademik başarıları ve uygulama hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 49(1), 159-182.
- Yıldırım, H. İ., Yalçın, N. ve Şensoy, Ö. (2008). İlköğretim 6., 7. ve 8. sınıf öğrencilerinin elektrik akımı konusunda sahip oldukları kavram yanlışları. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 16(1), 67-82.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2008). *Nitel araştırma yöntemleri* (7. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, S. (2016). *Isı ve aktarımıyla ilgili sekizinci sınıf öğrencilerinin zihinsel modellerinin incelenmesi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Yılmaz, H. ve Huyugüzel-Çavaş, P. (2006). 4-E öğrenme döngüsü yönteminin öğrencilerin elektrik konusunu anlamalarına olan etkisi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 3(1), 2-18.
- Yiğit, N. ve Akdeniz, A. R. (2003). Fizik öğretiminde bilgisayar destekli etkinliklerin öğrenci kazanımları üzerine etkisi elektrik devreleri örneği. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(3), 99-113.
- Yiğit, N. (2004). Fizik öğretim programı ve uygulamalarının öğretmen-öğrenci görüşleri açısından değerlendirilmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(1), 96-104.
- Yiğit, N. ve Alev, N. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının ilk hızlı serbest düşme hareketinin matematiksel modelini anlamaları. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(1), 128-146.
- Yiğit, N., Kurnaz, M. A. ve Şahinoğlu, A. (2015). Ortaöğretim öğrencilerinin fizik dersine karşı tutumlarının incelenmesi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(1), 223-236.
- Yiğit, N. and Durukan, Ü. G. (2016, May). *The relationship between student teachers learning styles and success of the physics course*. Paper presented at the International Conference on Research in Education and Science, Bodrum/Muğla.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Yip, D. Y., Chung, C. M. and Mak, S. Y. (1998). The subject matter knowledge in physics related topics of Hong Kong junior secondary science teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 7(4), 319-328.
- Yüksel, G. (2013). *Flüt öğretiminde psikolojik tip kuramına dayalı öğrenme stili odaklı öğretim uygulamalarının öğrenci başarı düzeyine etkisi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Yürümezoğlu, K. (2005). Modern fizikte öğrencilerin ve öğretmen adaylarının algılama ve mantık yürütme biçimleri üzerine bir çalışma. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 52-61.
- Yürümezoğlu, K. ve Çökelez, A. (2010). Akım geçiren basit bir elektrik devresinde neler olduğu konusunda öğrenci görüşleri. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 7(3), 147-166.





8. EKLER

9. ÖZ GEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ

1984 yılında Bursa-Yıldırım'da doğdu. Ortaöğrenimini Sinop Anadolu Öğretmen Lisesi'nde 2002 yılında tamamladı. Aynı yıl kazandığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi Fizik Öğretmenliği Programı'ndan 2007 yılında mezun oldu. 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Eğitimi Bilim Dalı'nda yüksek lisans programını kazandı ve 2010 yılında sayın Yrd. Doç. Dr. Ayşegül SAĞLAM-ARSLAN'ın danışmanlığında "*Farklı Programlarda Öğrenim Gören Öğretmen Adaylarının Temel Astronomi Kavramlarını Anlama Düzeylerinin ve İlgili Kavramlara Ait Zihinsel Modellerinin Analizi*" başlıklı tezi ile programı tamamladı. 2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nün Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Eğitimi Bilim Dalı'nda doktora programına başladı. 2011 yılından itibaren Giresun Üniversitesi Eğitim Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yabancı dili İngilizce'dir. Evli ve bir çocuk annesidir.

İLETİŞİM BİLGİLERİ:

Adres : Ümmü Gülsüm (İYİBİL) DURUKAN, Giresun Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Fen Bilgisi Eğitimi ABD, Güre Yerleşkesi, GİRESUN

E-mail : ummugulsum.durukan@giresun.edu.tr / u.g.durukan@gmail.com

Telefon : 0454-3101200 / 1274

Araştırmacının tez çalışmasının farklı aşamalarından (ön, pilot ve asıl uygulamalardan) ürettiği ulusal ve uluslararası düzeydeki toplantılarda sunulmuş sözlü bildiriler aşağıda listelenmiştir;

• Durukan, Ü. G. and Sağlam-Arslan, A. (2017, May). *Determination of the Pre-Service Science Teachers' Knowledge on Electric Current Types*. Paper presented at the International Conference on Education in Mathematics, Science ve Technology (ICEMST), Kuşadası/Aydın.

• Durukan, Ü. G. ve Sağlam-Arslan, A. (2016, Eylül). *Fizik Eğitiminde Öğrenme Ortamları Kuramına Yönelik Öğrenme Ortamı Tasarlama Çalışması*. XII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi (UFBMEK)'nde sunulan bildiri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi, Trabzon.

- Sağlam-Arslan, A. and Durukan, Ü. G. (2016, May). *Une Ingénieure Didactique Basée sur les styles d'Apprentissage des Etudiants*. Paper presented at The XVIII. International Congress of AMSE-AMCE-WAER, Eskişehir.
- Durukan, Ü. G. and Sağlam-Arslan, A. (2016, May). *The Effect of Adidactical Situations on Student Teachers' Learning of Electric Current Types*. Paper presented at the International Conference on Education in Mathematics, Science ve Technology (ICEMST), Bodrum/Muğla.
- Durukan, Ü. G. ve Sağlam-Arslan, A. (2014, Ekim). *Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Elektrik Akımı ile ilgili Kavramlar Hakkındaki Önbilgilerinin Belirlenmesi*. 9. Uluslararası Balkan Eğitim ve Bilim Kongresi (BES)'nde sunulan bildiri, Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Durukan, Ü. G. ve Sağlam-Arslan, A. (2014, Eylül). *Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Elektrik Akım Türlerini Tespit Edebilme Durumları*. XI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi (UFBMEK)'nde sunulan bildiri, Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Adana.
- Durukan, Ü. G. ve Sağlam-Arslan, A. (2014, Mayıs). *Elektrik Akımı ve ilgili Konulara ait Öğretme Durumlarının Prakseolojik Analizi*. International Conference on Education in Mathematics, Science and Technology (ICEMST) sunulan bildiri, Konya.

