



**MÜHENDİS ADAYI ÖĞRENCİLERİNİN İNTEGRAL PROBLEM
ÇÖZÜM SÜREÇLERİNİN BLOOM TAKSONOMİSİ İLE
KAVRAMSAL VE İŞLEMSEL BİLGİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Durhanım Şule Ünal

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ, 2021

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU

Bu tezin tüm hakları saklıdır. Kaynak göstermek koşuluyla tezin teslim tarihinden itibaren 12 (on iki) ay sonra tezden fotokopi çekilebilir.

YAZARIN

Ad : Durhanım Şule

Soyadı : ÜNAL

Bölümü : Matematik Eğitimi Bilim Dalı

İmza :

Teslim Tarihi : .../.../2021

TEZİN

Tükçe Adı : Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Problem Çözüm Süreçlerinin Bloom Taksonomisi ile Kavramsal ve İşlemsel Bilgi Açısından İncelenmesi

İngilizce Adı : Investigation of Engineer Applicant Students' Conceptual and Procedural Knowledge of Integral Problem Solving Process from The Point of Bloom Taxonomy

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Tez yazma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyduğumu, yararlandığım tüm kaynakları kaynak gösterme ilkelerine uygun olarak kaynakçada belirttiğimi ve bu bölümler dışındaki tüm ifadelerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim.

Yazarın Adı Soyadı : Durhanim Şule ÜNAL

İmza :

JÜRİ ONAY SAYFASI

Durhanım Şule ÜNAL tarafından hazırlanan “Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Problem Çözüm Süreçlerinin Bloom Taksonomisi ile Kavramsal ve İşlemsel Bilgi Açısından İncelenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Gazi Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Selami ERCAN

(Matematik Eğitimi, Gazi Üniversitesi)

.....

Başkan: Prof.Dr. Ahmet ARIKAN

(Matematik Eğitimi, Gazi Üniversitesi)

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Elçin Emre AKDOĞAN

(Matematik Eğitimi, TED Üniversitesi)

.....

Tez Savunma Tarihi: 29/06/2021

Bu tezin Matematik ve Fen Bilimleri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olması için şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Yücel GELİŞLİ

Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürü

.....

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince yardımını esirgemeyen değerli tez danışmanım Doç.Dr. Selami ERCAN'a saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Eğitim hayatım boyunca bana desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve pes ettiğim zamanlarda bana güç veren, istedikten sonra her şeyi yapabileceğime olan inancı bana aşılayan canım aileme teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Özellikle yüksek lisans öğrenimime başlamamda büyük etkisi olan canım annem Hayriye ÜNAL'a sonsuz teşekkür ediyorum. İyi ki varsınız...

**MÜHENDİS ADAYI ÖĞRENCİLERİNİN İNTEGRAL PROBLEM
ÇÖZÜM SÜREÇLERİNİN BLOOM TAKSONOMİSİ İLE
KAVRAMSAL VE İŞLEMSEL BİLGİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**
(Yüksek Lisans)

Durhanım Şule Ünal
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2021

ÖZ

Bu çalışmada mühendis aday öğrencilerinin integral konusundaki bilgileri, problem çözüm süreçleri, problemlere yaklaşımları, kavramsal ve işlemsel bilgileri arasında kurdukları ilişkileri ile bu ilişkileri nasıl kurdukları ve nasıl anlamlandırdıkları Bloom Taksonomisi ve performansları açısından araştırılmıştır. Belirli bir zaman dilimi içerisinde çeşitli veri toplama araçları (İntegral Testi, yarı yapılandırılmış görüşme tekniği) yardımı ile genelleme yapma amacı gütmeyen detaylı bir şekilde mühendis aday öğrencilerinin integral performansları ve kavramsal-işlemsel bilgilerinin incelenmesi hedeflendiğinden araştırmanın modeli nitel yorumlayıcı paradigmaya sahip özel durum çalışmasıdır. İntegral konusu ile ilgili bilgi ve becerilerin ölçülebilmesi amacıyla Bloom Taksonomisinin Bilgi ve Bilişsel Süreç Boyutu esas alınarak 25 matematik öğretmeni ve uzman görüşleri ile bir test geliştirilmiştir. Testin geçerlik ve güvenirlik çalışmaları yapıldıktan sonra farklı üniversitelerden farklı mühendislik bölümlerine ait uygun örnekleme yöntemine göre seçilen 55 mühendis aday öğrencisine uygulanmıştır. Araştırmada elde edilen nicel veriler SPSS ve Office programları kullanılarak yorumlanmıştır. Nitel veriler ise kategorileştirmeye gidilerek içerik analizi yöntemi kullanılarak yorumlanmıştır. Çalışmada

nicel verilerle elde edilen bulgular ile öğrencilerin en iyi performansı kavramsal bilgi ağırlıklı sorularda gösterdiği en düşük performansı işlemsel bilgi ağırlıklı problemlerde gösterdiği belirlenmiştir. Revize Edilen Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutuna göre sınıflandırılmış olan problemlerde öğrencilerin bilişsel basamaklar ilerledikçe performanslarının düştüğü gözlemlenmiştir. Bloom taksonomisinde en düşük performans, değerlendirme ve yaratma basamaklarında çıkmıştır. Dolayısı ile öğrencilere üst düzey öğrenme becerilerini geliştirici etkinlikler yapılması, derste çözülen soruların bu becerileri destekleyici nitelikte olması tavsiye edilmektedir. Bulgular ile elde edilen analizlerle desteklenen sonuçlara göre öğrencilerin İntegral konusunda kavramsal bilgilerinin daha güçlü olduğu, işlemsel bilgi türüne ait sorularda daha fazla hata yaparak düşük performans sergiledikleri görülmüştür. Standart olmayan gerçek hayat problemlerini çözebilmek için kavramsal-işlemsel bilginin dengeli olduğu eğitime ağırlık verilmesi gerekliliğine değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Revize Edilen Bloom Taksonomisi, Kavramsal Bilgi, İşlemsel Bilgi

Sayfa Adedi : xxiv+189

Danışman : Doç. Dr. Selami ERCAN

**INVESTIGATION OF ENGINEER APPLICANT STUDENTS'
CONCEPTUAL AND PROCEDURAL KNOWLEDGE OF INTEGRAL
PROBLEM SOLVING PROCESS FROM THE POINT OF BLOOM
TAXONOMY**

(Master Thesis)

Durhanım Şule Ünal

GAZI UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF EDUCATIONAL SCIENCES

July 2021

ABSTRACT

In this research the aim is to investigate the integral knowledge of the candidate of engineering students, process of problem solving, approaches to problems, the relationship between conceptual and procedural knowledge and how to constitute and explain those relations in terms of Bloom's Taxonomy and its performance. Because the purpose is to examine the candidate of engineering students' integral performances and conceptual-operative knowledge in detail without making generations with the help of various data collection tools (Integral Test, semistructured focus groups) in a specific time frame, the model of investigation implements qualitative paradigm. A test based on Bloom's Taxonomy Knowledge and Cognitive Process Dimension was generated with the intention of measuring knowledge and skills about integral by 25 Mathematic instructors and expert opinions. After the reliability and validity were confirmed, it was implemented to 55 engineering students who were chosen according to the suitable sampling method and they study in different universities in different engineering faculties. The qualitative data was

interpreted by using SPSS and office programs. Besides, the quantitative data was interpreted by using content analysis method with creating category. The findings of qualitative research showed that the students' best performance was in conceptual knowledge questions and the worst performance was in operative knowledge questions. It was observed that when the students' cognitive steps rises, the performance of students decreases in the problems which were categorized according to revised version of Bloom's Taxonomy with regard to cognitive process. It went down to the lowest level of performance evaluation and creation in Bloom's Taxonomy. As a result, it is suggested that students should be implemented activities that develop their high level learning skills and the exercises that are completed in classroom should be in a supporting attribute for those learning skills. According to the results that were supported by the analysis of findings the conceptual knowledge of students are stronger and it was perceived that they perform lower by making more mistakes in operative knowledge questions. When the process of students' problem solving is investigated, for the necessity of solution to the general problem even if students have the required answers for correlation and formulas, it was perceived that students make calculation and reasoning mistakes by applying their knowledge. Consequently, it was emphasized that these two conceptual and procedural knowledge should be maintained together. Furthermore, it was defined that engineering students have generated affirmative emotions and beliefs about integral.

Key Words : Revised Bloom's Taxonomy, Conceptual Knowledge, Procedural Knowledge

Page Number : xxiv+189

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Selami ERCAN

İÇİNDEKİLER

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU.....	i
ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI	ii
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZ	v
ABSTRACT.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	xvi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xxiv
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ.....	1
Problem Durumu.....	1
Araştırmanın Problem Cümlesi.....	2
Araştırmanın Amacı	3
Araştırmanın Önemi.....	4
Araştırmanın Sınırlılıkları	6
Araştırmanın Varsayımları	6
BÖLÜM II	8

KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR.....	8
Bloom Taksonomisi ve Revize Edilen Bloom Taksonomisi	8
Bloom Taksonomisi, Bloom Taksonomisinde Görülen Eksiklikler ve Yenilikler	10
Revize Edilen Bloom Taksonomisi	12
<i>Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutu</i>	<i>14</i>
<i>Hatırlama</i>	<i>16</i>
<i>Anlama.....</i>	<i>16</i>
<i>Uygulama</i>	<i>18</i>
<i>Çözümleme (Analiz Etme)</i>	<i>19</i>
<i>Değerlendirme</i>	<i>20</i>
<i>Yaratma</i>	<i>21</i>
<i>Revize Edilmiş Bloom Taksonomisi Bilgi Birikimi Boyutu</i>	<i>21</i>
<i>Olgusal Bilgi</i>	<i>23</i>
<i>Kavramsal Bilgi</i>	<i>23</i>
<i>İşlemsel Bilgi.....</i>	<i>24</i>
<i>Üstbilişsel Bilgi.....</i>	<i>25</i>
Mühendislik Eğitiminde Yapılan Çalışmalar	26
Bloom Taksonomisi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	30
Kavramsal ve İşlemsel Bilgi Bağlamında Yapılan Çalışmalar	36
BÖLÜM III.....	43
YÖNTEM	43
Araştırmanın Paradigması.....	43
Araştırmanın Modeli	44
Durum Çalışması.....	45
Araştırmanın Katılımcıları	46

Veri Toplama Araçları	47
İntegral Testi	47
Yarı Yapılandırılmış Görüşmeler	49
Verilerin Toplanması	50
Verilerin Analizi	50
İntegral Testine Verilen Cevapların Çözümlemesi	51
İntegral Testi İçerik Analizinin Yapılması	51
Araştırmanın Geçerliliği ve Güvenirliği	53
BÖLÜM IV	55
BULGULAR.....	55
Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Problemleri Performansları.....	55
Mühendis Adayı Öğrencilerinin Mühendislik Bölümlerine Göre İntegral Testi Performansları	55
<i>Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Testi Performanslarının Bloom Taksonomisi Göre Sonuçları</i>	59
<i>Öğrencilerin Hatırlama Basamağı Sorularındaki Performansları ..</i>	<i>60</i>
<i>Öğrencilerin Anlama Basamağı Sorularındaki Performansları</i>	<i>60</i>
<i>Öğrencilerin Uygulama Basamağı Sorularındaki Performansları ..</i>	<i>61</i>
<i>Öğrencilerin Analiz Etme Basamağı Sorularındaki Performansları</i>	<i>62</i>
<i>Öğrencilerin Değerlendirme Basamağı Sorularındaki Performansları</i>	<i>63</i>
<i>Öğrencilerin Yaratma Basamağı Sorularındaki Performansları</i>	<i>64</i>
<i>Öğrencilerin İntegral Testi Performanslarının Kavramsal ve İşlemsel Bilgiye Göre Sonuçları</i>	64
<i>Kavramsal Bilgi Performans İlişkisi</i>	<i>65</i>
<i>İşlemsel Bilgi Performans İlişkisi</i>	<i>65</i>

<i>Kavramsal-İşlemsel Bilgi Performans İlişkisi</i>	66
<i>Öğrencilerin İntegral Testi Performanslarının Problemin Niteliğine Göre Sonuçları.....</i>	67
<i>Cebirsel Nitelikteki Performans İlişkisi</i>	67
<i>Görsel Nitelikteki Performans İlişkisi</i>	68
<i>Gerçek Hayat Problemi Niteliğindeki Performans İlişkisi</i>	69
Tüm Bölümlerin Ayrıntılı Analizi	70
Endüstri Mühendisliği	70
Bilgisayar Mühendisliği.....	72
Makine Mühendisliği	73
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	74
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	75
Havacılık ve Uzay Mühendisliği.....	77
Diğer Mühendislikler	78
İntegral Problemlerinin Çözüm Süreçlerinin Karakteristiği.....	79
Öğrencilerin İntegral Problemleri Çözüm Süreçlerinin Bloom Taksonomisine Göre Sınıflandırılmış Problem Türleriyle İlişkisi	80
<i>Öğrencilerin Hatırlama Basamağına Ait Sorulara Verdikleri Cevapların Analizi.....</i>	<i>80</i>
<i>Öğrencilerin Anlama Basamağına Ait Sorulara Verdikleri Cevapların Analizi.....</i>	<i>83</i>
<i>Öğrencilerin Uygulama Basamağına Ait Sorulara Verdikleri Cevapların Analizi.....</i>	<i>85</i>
<i>Öğrencilerin Analiz Etme Basamağına Ait Sorulara Verdikleri Cevapların Analizi.....</i>	<i>92</i>
<i>Öğrencilerin Değerlendirme Basamağına Ait Sorulara Verdikleri Cevapların Analizi.....</i>	<i>96</i>

Öğrencilerin Yaratma Basamağına Ait Sorulara Verdikleri Cevapların Analizi.....	97
--	-----------

Öğrencilerin Kavramsal ve İşlemsel Bilgilerinin İntegral Problemlerinin Çözüm Süreçlerine Yansımaları	97
--	-----------

Öğrencilerin Kavramsal Bilgilerinin İntegral Problemlerinin Çözüm Süreçlerine Yansımaları.....	98
---	-----------

1. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	98
2. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	99
3. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	99
15. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	100
18. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	103

Öğrencilerin İşlemsel Bilgilerinin İntegral Problemlerinin Çözüm Süreçlerine Yansımaları.....	106
--	------------

6. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	106
7. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	110
10. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	112
13. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	115

Öğrencilerin Kavramsal-İşlemsel Bilgilerinin İntegral Problemlerinin Çözüm Süreçlerine Yansımaları.....	118
--	------------

4. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	118
5. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	121
8. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	126
9. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	128
11. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	132
12. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	134
14. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	137
16. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	141

17. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi.....	144
Mühendis Adayı Öğrencileri ile İntegral Konusu Hakkında Yapılan Yarı Yapılandırılmış Görüşme Bulguları	147
BÖLÜM V	151
TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER	151
Tartışma	151
Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Konusundaki Performansları.....	151
Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Problemlerinin Çözüm Süreçlerinin Karakteristiği	156
<i>Mühendis Adayı Öğrencilerinin Bloom Taksonomisine Göre İntegral Problemleri Çözüm Süreçlerinin Karakteristiği</i>	<i>156</i>
<i>Mühendis Adayı Öğrencilerinin Kavramsal ve İşlemsel Bilgilerine Göre İntegral Problemleri Çözüm Süreçlerinin Karakteristiği</i>	<i>158</i>
Sonuçlar	159
Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Konusundaki Performanslarının Bloom Taksonomisine ve Kavramsal-İşlemsel Bilgilerine Göre Sonuçları.....	159
<i>Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Konusunda Bloom Taksonomisine Göre Performansları.....</i>	<i>160</i>
<i>Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Konusunda Kavramsal-İşlemsel Bilgilerine Göre Performansları</i>	<i>160</i>
Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Konusundaki Fikir ve İnançları ...	161
Öneriler	162
EKLER	177
EK-1. Öğretmenlerin Bloom Taksonomisine Göre İntegral Ön Testini Değerlendirme Sonuçları.....	178
EK-2. Öğretmenlerin Bloom Taksonomisine Göre İntegral Testini Değerlendirme Sonuçları	179

EK-3. Seçilen Soruların Bloom Taksonomisine Göre Hangi Basamakta Olduğuna Karar Vermeye Yardımcı Öğretmen İntegral Testi	180
EK-4. Etik Kurul Raporu	189

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Revize Edilen Bloom Taksonomisinin İki Boyutlu Kategori Tablosu.....	14
Tablo 2. Revize Edilmiş Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutu Kategorileri ve Alt Kategorileri.....	15
Tablo 3. Revize Edilmiş Bloom Taksonomisinin Bilgi Birikimi Boyutu Kategorileri ve Alt Kategorileri.....	22
Tablo 4. İntegral Testi Sorularının Sınıflandırılması.....	48
Tablo 5. İntegral Testi Sorularını Değerlendirme Kriterleri.....	51
Tablo 6. İçerik Analizi İçin Oluşturulan Kodlar ve Açılımları.....	52
Tablo 7. Bölüm Bazında Sorulara Verilen Yanıtların Genel Dağılımı	56
Tablo 8. Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Hatırlama Basamağı Sorularına Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı	60
Tablo 9. Bloom Taksonomisi Anlama Basamağı Sorularına Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı	61
Tablo 10. Bloom Taksonomisi Uygulama Basamağı Sorularına Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı	62
Tablo 11. Bloom Taksonomisi Analiz Etme Basamağı Sorularına Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı.....	62
Tablo 12. Bloom Taksonomisi Değerlendirme Basamağı Sorularına Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı	63
Tablo 13. Bloom Taksonomisi Yaratma Basamağı Sorularına Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı	64

Tablo 14. Kavramsal Bilgi Ölçen Sorulara Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı.....	65
Tablo 15. İşlemsel Bilgi Ölçen Sorulara Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı.....	66
Tablo 16. Kavramsal-İşlemsel Bilgi Ölçen Sorulara Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı	67
Tablo 17. Cebirsel Nitelikteki Sorulara Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı.....	68
Tablo 18. Görsel Nitelikteki Sorulara Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı.....	68
Tablo 19. Gerçek Hayat Problemi Niteliğindeki Sorulara Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı	69
Tablo 20. Endüstri Mühendisliği Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları.....	71
Tablo 21. Bilgisayar Mühendisliği Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları.....	72
Tablo 22. Makine Mühendisliği Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları.....	73
Tablo 23. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları	75
Tablo 24. Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları	76
Tablo 25. Havacılık ve Uzay Mühendisliği Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları	77
Tablo 26. Diğer Mühendislik Bölümleri Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları	78

ŞEKİLLER LİSTESİ

<i>Şekil 1.</i> Mühendis adayı öğrencilerinin integral testine vermiş oldukları doğru yanıtların yüzdesi.....	57
<i>Şekil 2.</i> Mühendis adayı öğrencilerinin integral testine vermiş oldukları yanlış yanıtların yüzdesi.....	58
<i>Şekil 3.</i> Mühendis adayı öğrencilerinin integral testine vermiş oldukları kısmi yanıtların yüzdesi.....	58
<i>Şekil 4.</i> Mühendis adayı öğrencilerinin integral testindeki boş yanıtlarının yüzdesi	59
<i>Şekil 5.</i> 1-(i). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	80
<i>Şekil 6.</i> 1-(ii). Soruya Verilen Cevaplardaki İşlemlerin Dağılımı	81
<i>Şekil 7.</i> 1-(iii). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	81
<i>Şekil 8.</i> 1-(iv). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	82
<i>Şekil 9.</i> 1-(v). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	83
<i>Şekil 10.</i> 2. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	84
<i>Şekil 11.</i> 3-(i). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	84
<i>Şekil 12.</i> 3-(ii). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	85
<i>Şekil 13.</i> 3-(iii). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı.....	85
<i>Şekil 14.</i> 4. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	86
<i>Şekil 15.</i> 6. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	87
<i>Şekil 16.</i> 8. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	88

Şekil 17. 10. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	88
Şekil 18. 11. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	89
Şekil 19. 12-(i). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	90
Şekil 20. 12-(ii). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	90
Şekil 21. 13. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	91
Şekil 22. 17. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	91
Şekil 23. 5. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	93
Şekil 24. 7.soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	93
Şekil 25. 9. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	94
Şekil 26. 14. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	95
Şekil 27. 18. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	95
Şekil 28. 15. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	96
Şekil 29. 16. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı	97
Şekil 30. Ö7'nin 15. soruya verdiği yanıt.....	101
Şekil 31. Ö33'ün 15. soruya verdiği yanıt.....	101
Şekil 32. Ö19'un 15. soruya verdiği yanıt.....	101
Şekil 33. Ö34'ün 15. soruya verdiği yanıt.....	101
Şekil 34. Ö20'nin 15. soruya verdiği yanıt.....	102
Şekil 35. Ö51'in 15. soruya verdiği yanıt.....	102
Şekil 36. Ö55'in 15. soruya verdiği yanıt.....	103
Şekil 37. Ö12'nin 18. soruya verdiği yanıt.....	104
Şekil 38. Ö20'nin 18. soruya verdiği yanıt.....	104
Şekil 39. Ö16'nın 18. soruya verdiği yanıt.....	104
Şekil 40. Ö17'nin 18. soruya verdiği yanıt.....	105
Şekil 41. Ö55'in 18. soruya verdiği yanıt.....	105
Şekil 42. Ö2'nin 6. soruya verdiği yanıt.....	107

Şekil 43. Ö15'in 6. soruya verdiği yanıt.....	107
Şekil 44. Ö12'nin 6. soruya verdiği yanıt.....	108
Şekil 45. Ö16'in 6. soruya verdiği yanıt.....	108
Şekil 46. Ö28'in 6. soruya verdiği yanıt.....	109
Şekil 47. Ö50'nin 6. soruya verdiği yanıt.....	109
Şekil 48. Ö31'in 6. soruya verdiği yanıt.....	109
Şekil 49. Ö8'in 7. soruya verdiği yanıt.....	110
Şekil 50. Ö13'ün 7. soruya verdiği yanıt.....	111
Şekil 51. Ö41'in 7. soruya verdiği yanıt.....	111
Şekil 52. Ö2'nin 10. soruya verdiği yanıt.....	112
Şekil 53. Ö14'ün 10. soruya verdiği yanıt.....	113
Şekil 54. Ö25'in 10. soruya verdiği yanıt.....	113
Şekil 55. Ö27'nin 10. soruya verdiği yanıt.....	114
Şekil 56. Ö34'ün 10. soruya verdiği yanıt.....	114
Şekil 57. Ö43'ün 10. soruya verdiği yanıt.....	115
Şekil 58. Ö55'in 10. soruya verdiği yanıt.....	115
Şekil 59. Ö1'in 13. soruya verdiği yanıt.....	116
Şekil 60. Ö2'nin 13. soruya verdiği yanıt.....	116
Şekil 61. Ö12'nin 13. soruya verdiği yanıt.....	117
Şekil 62. Ö17'nin 13. soruya verdiği yanıt.....	117
Şekil 63. Ö41'in 13. soruya verdiği yanıt.....	118
Şekil 64. Ö10'un 4. soruya verdiği yanıt.....	119
Şekil 65. Ö6'nın 4. soruya verdiği yanıt.....	119
Şekil 66. Ö3'ün 4. soruya verdiği yanıt.....	119
Şekil 67. Ö11'in 4. soruya verdiği yanıt.....	120
Şekil 68. Ö16'nın 4. soruya verdiği yanıt.....	120

Şekil 69. Ö44'ün 4. soruya verdiği yanıt.....	121
Şekil 70. Ö1'in 5. soruya verdiği yanıt.....	122
Şekil 71.Ö48'in 5. soruya verdiği yanıt.....	122
Şekil 72. Ö8'in 5. soruya verdiği yanıt.....	123
Şekil 73. Ö13'ün 5. soruya verdiği yanıt.....	124
Şekil 74. Ö23'ün 5. soruya verdiği yanıt.....	124
Şekil 75. Ö25'in 5. soruya verdiği yanıt.....	124
Şekil 76. Ö46'nın 5. soruya verdiği yanıt.....	125
Şekil 77. Ö2'nin 5. soruya verdiği yanıt.....	125
Şekil 78. Ö55'in 5. soruya verdiği yanıt.....	125
Şekil 79. Ö1'in 8. soruya verdiği yanıt.....	126
Şekil 80. Ö6'nın 8. soruya verdiği yanıt.....	126
Şekil 81. Ö9'un 8. soruya verdiği yanıt.....	127
Şekil 82. Ö3'ün 8. soruya verdiği yanıt.....	127
Şekil 83. Ö28'in 8. soruya verdiği yanıt.....	128
Şekil 84. Ö37'nin 8. soruya verdiği yanıt.....	128
Şekil 85. Ö6'nın 9. soruya verdiği yanıt.....	129
Şekil 86. Ö29'un 9. soruya verdiği yanıt.....	129
Şekil 87. Ö44'ün 9. soruya verdiği yanıt.....	129
Şekil 88. Ö1'in 9. soruya verdiği yanıt.....	130
Şekil 89. Ö15'in 9. soruya verdiği yanıt.....	130
Şekil 90. Ö33'ün 9. soruya verdiği yanıt.....	130
Şekil 91. Ö17'nin 9. soruya verdiği yanıt.....	131
Şekil 92. Ö19'un 9. soruya verdiği yanıt.....	131
Şekil 93. Ö47'nin 9. soruya verdiği yanıt.....	131
Şekil 94. Ö2'nin 11. soruya verdiği yanıt.....	132

<i>Şekil 95.</i> Ö49'un 11. soruya verdiği yanıt.....	133
<i>Şekil 96.</i> Ö16'nın 11. soruya verdiği yanıt.....	133
<i>Şekil 97.</i> Ö29'un 11. soruya verdiği yanıt.....	133
<i>Şekil 98.</i> Ö17'nin 11. soruya verdiği yanıt.....	133
<i>Şekil 99.</i> Ö18'in 11. soruya verdiği yanıt.....	133
<i>Şekil 100.</i> Ö1'in 12. soruya verdiği yanıt.....	134
<i>Şekil 101.</i> Ö10'un 12. soruya verdiği yanıt.....	135
<i>Şekil 102.</i> Ö31'in 12. soruya verdiği yanıt.....	135
<i>Şekil 103.</i> Ö48'in 12. soruya verdiği yanıt.....	136
<i>Şekil 104.</i> Ö35'in 12. soruya verdiği yanıt.....	136
<i>Şekil 105.</i> Ö8'in 14. soruya verdiği yanıt.....	138
<i>Şekil 106.</i> Ö12'nin 14. soruya verdiği yanıt	138
<i>Şekil 107.</i> Ö46'nın 14. soruya verdiği yanıt	138
<i>Şekil 108.</i> Ö29'un 14. soruya verdiği yanıt.....	138
<i>Şekil 109.</i> Ö17'nin 14. soruya verdiği yanıt	139
<i>Şekil 110.</i> Ö55'in 14. soruya verdiği yanıt.....	139
<i>Şekil 111.</i> Ö24'ün 14. soruya verdiği yanıt.....	139
<i>Şekil 112.</i> Ö35'in 14. soruya verdiği yanıt.....	140
<i>Şekil 113.</i> Ö16'nın 14. soruya verdiği yanıt	140
<i>Şekil 114.</i> Ö50'nin 16. soruya verdiği yanıt	141
<i>Şekil 115.</i> Ö13'ün 16. soruya verdiği yanıt.....	141
<i>Şekil 116.</i> Ö40'ın 16. soruya verdiği yanıt.....	142
<i>Şekil 117.</i> Ö15'in 16. soruya verdiği yanıt.....	142
<i>Şekil 118.</i> Ö51'in 16. soruya verdiği yanıt.....	142
<i>Şekil 119.</i> Ö16'nın 16. soruya verdiği yanıt	143
<i>Şekil 120.</i> Ö29'un 16. soruya verdiği yanıt.....	143

<i>Şekil 121.</i> Ö33'ün 16. soruya verdiği yanıt.....	143
<i>Şekil 122.</i> Ö13'ün 17. soruya verdiği yanıt.....	144
<i>Şekil 123.</i> Ö10'un 17. soruya verdiği yanıt.....	144
<i>Şekil 124.</i> Ö51'in 17. soruya verdiği yanıt.....	145
<i>Şekil 125.</i> Ö7'nin 17. soruya verdiği yanıt.....	145
<i>Şekil 126.</i> Ö25'in 17. soruya verdiği yanıt.....	145
<i>Şekil 127.</i> Ö23'ün 17. soruya verdiği yanıt.....	146
<i>Şekil 128.</i> Ö24'ün 17. soruya verdiği yanıt.....	146
<i>Şekil 129.</i> Ö34'ün 17. soruya verdiği yanıt.....	146

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

REBT	Revize Edilmiş Bloom Taksonomisi
YGS	Yükseköğretime Geçiş Sınavı
LGS	Liselere Geçiş Sistemi
ÖSS	Öğrenci Seçme Sınavı
TEOG	Temel Eğitimden Ortaöğretime Geçiş Sistemi
KPSS	Kamu Personel Seçme Sınavı
PISA	Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı
TIMSS	Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması

BÖLÜM I

GİRİŞ

Bu bölümde, problem durumu, araştırmanın amacı, araştırmanın soruları, araştırmanın önemi, araştırmanın sınırlılıkları ve araştırmanın varsayımları başlıkları yer almaktadır.

Problem Durumu

Mühendislik matematik, doğa, teknik bilimler ve sosyal bilimlerin bilgilerini kullanarak insan kullanımına yönelik yeni ürünler oluşturmak için uygulama süreci olarak tanımlanabilir. Ayrıca gerçek yaşam sorunlarını çözmek ve hayatı kolaylaştırmak için tüm bu alanları birleştiren teknoloji, bilim ve matematiğe dayalı bir meslektir (Morgan, Moon & Barroso, 2008). Aynı zamanda “insanlara hizmet eden yeni eserler, algoritmalar, süreçler ve sistemler yaratmayı amaçlayan bir insan etkinliği” olarak da tanımlanmaktadır. Bir diğer ifade ile mühendislik yeni ürünler yaratmak ve gerçek yaşam sorunlarını çözmek için matematik, fen ve teknoloji alanlarının birleşimidir (Zainuri, Nopiah, Asshaari & Yaacob, 2009). Gençoğlu ve Gençoğlu (2005) çalışmalarında, mühendislik bölümlerinin matematiksel yapı ve temel bilimlerin güçlü bir yanına sahip olması gerektiğini vurgulamıştır.

Mühendisler, matematik, teknoloji ve fen bilimlerine ait bilgilere sahip aynı zamanda gerçek hayatta karşılaşılan problemlere karşı çözüm üretebilmek için bu bilgileri kullanan kişiler olarak tanımlanabilir (Güner & Çomak, 2011). Mühendisliğin bir dili olarak tanımlanan matematik bilimi, üniversitelerin mühendislik bölümlerinin birinci sınıflarında okutulan matematik, diferansiyel denklemler, lineer cebir gibi derslerde karşımıza

çıkılmaktadır. Matematiğin mühendislik eğitimdeki önemi kabul edilirken öte yandan nasıl ve ne kadar öğretilmesi gerektiği konusunda tartışmalar devam etmektedir. Yapılan araştırmalar son senelerde mühendislik fakültesine yerleşen öğrencilerin matematik bilgilerinin yeterli olmadığı yönündedir (Güner & Çomak, 2011).

Yurt dışında mühendislik eğitiminde matematik ile ilgili pek çok çalışmaya ulaşılmıştır. Mühendis aday öğrencilerinin matematik ile ilgili karşılaştığı engellerin araştırıldığı (Willcox & Bounova, 2004), matematik dersi alan mühendislik öğrencilerinin aldıkları derslerin mühendislik çalışmalarında kullanılıp kullanılmadığı yönündeki inançları (Cardella, 2007), eleştirel düşünmenin önemini ve mühendislik fakültelerinde matematik öğreten eğitimcilerin bu öğrencilerin mezun olduktan sonra kazanmaları gereken matematik odaklı becerilerin neler olduğu vb. matematik ve mühendisliğin ilişkisini ortaya koyan pek çok araştırma mevcuttur. Türkiye’de mühendislik ve matematik ile ilgili literatürde çok fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısı ile tüm bu tanımlar ve bilgiler ışığı altında mühendislik bölümleri için önem arz eden matematik dersinin konularından olan integralin, mühendis aday öğrencileri tarafından nasıl algılandığı, onlar için bu konunun ne ifade ettiği ayrıca işlemsel ve kavramsal bilgileri açısından nasıl bir bilgi birikimlerine sahip oldukları ile bilgi düzeylerinin ne olduğu tespit edilmek istenmiştir.

Araştırmanın Problem Cümlesi

Araştırmacı için iyi bir yol haritası olan araştırma sorusu açık uçlu, net, okuyucuyu yönlendirmeyen, genel ifadelerle esnek bir yapıya sahip olmalıdır.

Bu doğrultuda aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır:

- 1) Mühendis aday öğrencilerinin İntegral problemleri performansları nasıldır?
 - a) Mühendis aday öğrencilerinin integral problemleri performansları Bloom Taksonomisine göre nasıldır?
 - b) Mühendis aday öğrencilerinin integral problemleri performansları kavramsal ve işlemsel bilgiye göre nasıldır?
 - c) Mühendis aday öğrencilerinin integral problemleri performansları problem niteliğine göre nasıldır?

- d) Mühendis adayı öğrencilerinin integral problemleri performansları mühendislik branşlarına göre nasıldır?
- 2) Mühendis adayı öğrencilerin integral problemlerinin çözüm süreçlerinin karakteristiğinin incelenmesi
- a) Mühendis adayı öğrencilerinin integral problem çözüm süreçlerinin Bloom Taksonomisine göre sınıflandırılmış problem türleriyle ilişkisi nedir?
- b) Mühendis adayı öğrencilerinin integral problem çözüm süreci kavramsal ve işlemsel bilgi bağlamında nasıl değerlendirilmelidir?

Araştırmanın Amacı

Gelişmekte olan değil gelişmiş bir Türkiye olabilmek için tüketimden çok üretim yapma yeteneği önem arz etmektedir. Üretim, başta mühendislik alanlarında olmak üzere geliştirilmeli ve dışarıya bağımlılığı azaltarak araştırma yapmayı, yeni fikirler ve ürünler ortaya koymayı öğrenmeyi gerektirmektedir. Matematiği ve matematik konularını sadece dersten ibaret olarak görmek gelişimin önüne set koyacaktır.

Matematik, mühendislik uygulamalarını destekleyen temel bilgilerden biri olan bu teknolojik yeniliklerin birçoğu için anahtar temel bilgileri oluşturur. Bu teknolojik yeniliklerin birçoğundaki üstünlük, mühendisliğin birçok yönündeki sağlam matematiksel bilgi ve beceridir. Matematik ve mühendislik arasındaki bağ o kadar iyi kurulmuştur ki, mühendislikte herhangi bir yeni gelişme, yeni matematiksel teorilerin araştırılması gerektiği anlamına gelmektedir (Radzi, Abu & Mohamad, 2009).

Birbirinden farklı mühendislik alanları çağın gerekliliklerini yerine getirmeye, toplumsal ihtiyaçları karşılamaya ve geliştirmeye odaklı ilerlemeye çalışmaktadır. Matematikteki pek çok konu mühendislik alanlarına temel oluştururken aynı zamanda yol gösterici konumdadır. Mühendislik bölümünü bitirebilecek kadar matematik bilmek yerine matematik ile tasarlanan sistemler geliştirebilecek düzeyde matematik bilmek daha önem arz etmektedir. Mühendislikte çok fazla kullanım alanına sahip olan matematik otomobil yapımı için malzeme seçimi ve tasarımında, gündelik hayatta kullanılan buzdolabı, asansör ve televizyon yapımında ve daha pek çok alanda karşılaşılan ve yararlanılan bir bilim dalıdır. Dolayısıyla bir mühendisin uygulama alanlarına yönelik asgari düzeyde matematik bilgisine sahip olması beklenmektedir. İntegral, mühendislik bölümlerinin çoğunda

okutulan matematik derslerinin haricinde mühendislik alan derslerinin içerisinde de kullanılan konulardan biridir. Otomasyon sistemleri, kontrol sistemleri, sinyal ya da görüntü işleme tabanlı sistemler türlü türlü integral transformlar kullanılarak tasarlanmaktadır.

Bu çalışma matematiğin uygulama alanlarından biri olan mühendislik alanlarında alan derslerinde sık kullanılan integral konusunun mühendis adayı öğrencileri tarafından nasıl algılandığını ortaya koyarken bunu kavramsal ve işlemsel bilgi bağlamında incelemeyi hedeflemektedir. Daha detaylı ifade etmek gerekirse, mühendis adayı öğrencilerinin integral konusundaki problemlere yaklaşımları, gerçek hayat problemlerinin matematik diline çevirme, integral konusundaki kavramsal ve işlemsel bilgileri arasındaki ilişkileri, kurdukları ilişkilerin doğası ve bu ilişkileri nasıl kurdukları ile nasıl anlamlandırdıkları performans bağlamında araştırılmıştır.

Araştırmanın Önemi

‘Matematik ne işimize yarayacak?’ sorusu öğrenciler tarafından sıkça sorulmaktadır. Her şeyden önce analitik düşünme yeteneğini geliştiren, analiz yapmayı kolaylaştıran bir bilim dalıdır. Gündelik yaşamın bir parçası olan matematik aynı zamanda hayatı kolaylaştıran pek çok materyalin yapımında ve çalışmasında temel oluşturmaktadır.

Matematik sosyal yaşamın bir ürünüdür ve sosyal yaşam değiştikçe mühendislik disiplinleri de değişmektedir (Başaran, 2013). Matematik başarısı ile mühendislik alanındaki başarının doğrudan bir ilişkiye sahip olduğu Crowther, Thompson ve Cullingford (1997).’ un çalışmalarında belirtilmiştir

Günümüzde mühendisler, matematiksel ve sosyal veriler ışığı altında insanların ihtiyaç ve kullanım alanlarına hitap eden yeni sistemler üretme ve geliştirme sorumluluğuna sahiptir. Dolayısıyla mühendislerin yeni sistemler geliştirebilmek için yaratıcı düşünme yeteneğine sahip olma, sorunları giderebilmek için karmaşık matematiksel analiz yapabilme, sorunun kaynağını tanımlayabilme ve uygun çözüm yolunu bulabilme gibi pek çok özellikleri bulundurması gerekmektedir.

Mühendislik, genel olarak fizik bilimi ile iç içe olan bir kavramdır. Fizik bilimi ise matematik biliminin gerçek hayatta vücut bulmuş hali olarak düşünülebilir. Fizik biliminin kendini gösterebilmesi için bir araç olan matematik, mühendislik için de bir araçtır. Hayatı

kolaylaştıran, pratikleştiren, değiştiren her şey makine olarak adlandırılacak olursa eğer karşılaşılan problemler her seferinde tekrar tekrar çözüme kavuşturulmaya çalışılmaz fakat standartlar geliştirilebilir. Örneğin bahçesini sulayan bir adamın mühendislik problemi çözmesine gerek yoktur. Mühendisler bunun için çalışırlar ve sistem geliştirirler. İlk başta ilkel sulama kanalları ile başlayan sistem giderek içinde bulunulan çağa da ayak uydurarak tatilde iken bile bahçenin bir telefon aracılığı ile sulanabileceği seviyeye getirilmiştir. Dolayısı ile mühendislik dalları kendi alanlarına göre ihtiyaç ve talebe göre ürün ortaya koymakla yükümlüdür. Bu da mühendislerin çözüm ve sistem üretme becerileri ile yakından etkilidir.

Hayatta her şeyi bir fonksiyon ile ifade etmek karmaşık ama mümkündür. Bu fonksiyonların daha iyi anlaşılması ve işe yarar hale getirilmesi için özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Bu fonksiyonların özelliklerini, fonksiyonların grafiklerini çizerek belirleyebiliriz. Anlık durumdaki değişime veya eğime ihtiyaç olursa problemi uzun uzun çözmek yerine kısaca o noktada türev almak yeterli olacaktır. Ya da geometrik formüller yardımı ile hesap edilemeyecek bir alanı bulma ihtiyacı durumunda alanı oluşturan fonksiyonun belli bir aralıkta integrali bize sonucu verir. Güner (2008), çalışmasında integral, türev, limit uygulamaları, fonksiyon çizim grafikleri, doğrusal cebir, ikinci dereceden denklemler, logaritma, trigonometri, sinüs, kosinüs kuralları, karmaşık sayılar, olasılık, süreklilik, uzayda şekillerin özellikleri ve fonksiyonların sürekliliği konularının mühendislik eğitimi için önemli olduğunu belirtmiştir. Analizin temel kavramlarından olan limit, türev ve integral formül ve kurallardan oluşan kavramlar olarak görülse de kavramsal yapıları itibari ile matematiksel düşünce gelişiminin ve günlük hayat uygulamalarının vazgeçilmezleri arasına girmektedir (Rasslan & Tall, 2002; Tall & Vinner, 1981; Orton 1983). İntegral konusu lise matematik öğretim programlarında tanıtılan, üniversite ve üniversite sonrasına kadar hemen hemen her alanda faydalanılan matematiğin en önemli, mühendisliğin ise en çok yararlandığı konularından biridir.

Günümüzde bir bilgisayar mühendisinin matematiği ve matematikteki sayı teorilerini çok iyi biliyor olması onu daha iyi bir yazılımcı yapacaktır. Bir çevre mühendisinin nüfus projeksiyonu yapımında integrali biliyor ve kullanabiliyor olması gerekmektedir. Ayrıca akışkan maddelerin fiziksel davranışlarını inceleyen gemi ve tekne yapımı, uzay ve havacılık gibi kullanım alanlarına sahip bir bilim dalı olan akışkanlar mekaniği, hareketli yüklerin hesabını yapmayı sağlayan dinamik ve enerjinin biçim değiştirmesi veya transferi

ile ilgilenen termodinamik gibi derslerde kullanılmaktadır. İntegral konusu hem gerçek hayat ile hem de mühendislik ile ilgili problemlerin çözülmesi açısından büyük öneme sahip olup anlaşılması bakımından hem kavramsal hem de işlemsel bilginin birlikte iyi organize edilmesini gerektirmektedir (Baki & Kartal, 2004). İntegral pek çok işlemsel, kavramsal bilgi ile şema ve süreçleri barındıran bir kavramdır.

Bu çalışma mühendis adayı öğrencilerinin integral konusunda düşük performans gösterdiği becerilerin tespit edilmesi ve bu bulgulara yönelik mühendislik fakültelerinde okutulan matematik derslerinin programlarının öğrencilerin performanslarını ve kavramsal işlemsel bilgilerini artıracak şekilde revize edilebilmesi için yol gösterici niteliğe sahiptir. Ayrıca daha önceden de ifade edildiği üzere mühendislik dersleri ve uygulamalarında kullanılmakta olup mühendis adayı öğrencilerinin bu konudaki problem çözme süreçlerini, problemlere yaklaşımlarını, konu hakkındaki bakış açılarını, bilgilerini kullanabilme becerilerini ortaya koyarak matematik ve mühendislik eğitimlerinin alan yazınına katkıda bulunmaya çalışılmaktadır.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırmadan elde edilen bulgular;

1. Tüm dünyada etkisini gösteren COVID-19 virüsü sebebi ile pandemi ilan edilmesi ve üniversitelerdeki eğitime ara verilmesi, sonrasında ise eğitimin online olarak devam ettirilmesi veri toplama sürecini olumsuz etkilemiştir. Araştırmanın katılımcıları, farklı üniversitelere ait farklı mühendislik bölümü öğrencilerinden oluşmakta olup bir kısım öğrenciden online ortamda veri toplanmaya çalışılmıştır.
2. Öğrencilerin sadece integral konusundaki işlemsel ve kavramsal bilgileri ile performansa etkisi ile sınırlıdır.
3. 2019-2020 eğitim-öğretim yılının bahar dönemi ile sınırlıdır.

Araştırmanın Varsayımları

1. Test ve görüşme soruları araştırmaya katılan tüm öğrenciler tarafından samimi ve objektif olarak cevaplandırıldığı varsayımı altında çalışma yürütülmüştür.

2. Online veri toplama işlemi sürecinde öğrencilerin İntegral Testini doksan dakikalık bir süre diliminde yaptığı ve yardım almadığı varsayımı altında yürütülmüştür.

BÖLÜM II

KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Öğretim hedeflerinin belirlenmesi ve hedeflere ulaşma durumlarının uygun ölçme ve değerlendirme araçları ile ölçülmesi önem arz etmektedir. Bloom ve arkadaşlarının hazırladığı kuram hem nitelikli ölçme aracında olması gerekenleri yansıtması hem de bilgi yapısı açısından önemlidir.

Bu bölümde araştırmanın kuramsal çerçevesi; ‘Bloom Taksonomisi ve Revize Edilen Bloom Taksonomisi’, ‘Mühendislik Eğitimi Alanında Yapılan Çalışmalar’, ‘Bloom Taksonomisi ile İlgili Yapılan Çalışmalar’ ve ‘Kavramsal ve İşlemsel Bilgi Bağlamında Yapılan Çalışmalar’ olmak üzere dört ana başlık altında verilmiştir. Bloom Taksonomisi ve Revize Edilen Bloom Taksonomisi başlığı altında ‘Bloom Taksonomisi, Bloom Taksonomisinde Görülen Eksiklikler ve Yenilikler’ ve ‘Revize Edilen Bloom Taksonomisi’ ele alınmıştır. Revize Edilen Bloom Taksonomisi ise bilişsel ve bilgi olmak üzere iki boyutta detaylandırılmıştır.

Bloom Taksonomisi ve Revize Edilen Bloom Taksonomisi

Taksonomi kelimesi biyolojide sınıflandırma bilimidir ve bu sınıflamada kullanılan kurallar ve prensipler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Eğitim alanında ise istendik davranışların basitten karmaşığa, kolaydan zora, somuttan soyuta birbirinin ön koşulu olacak şekilde sıralanmasıdır (Sönmez, 2012; Yakalı, 2016). Eğitimdeki hedef davranışların bilişsel, duyuşsal ve psikomotor olmak üzere üç boyutta sınıflandırılması ilk defa Bloom (1956)’un koordinatörlüğünde Engelhart, Furst, Hill ve Krathwohl tarafından gerçekleştirilmiştir (Yakalı, 2016). Popülaritesi en yüksek olan ve kabul görmüş olan bu

Çalıřma ile Bloom ve arkadaşları tarafından hedeflerin davranıřlarda anlam bulacaėı dūřuncesini ortaya koymaktadır (Bloom, 1956; Krathwohl, 2002; Yūksel, 2007).

Duyuşsal boyut ilgi, yaklaşım, değer verme, motivasyon ve tutum gibi duygusal yōnelimleri ele alan hedefleri, duygusal faaliyetleri kapsamaktadır. Psikomotor boyut ise motor becerileri, zihin ve kas arasındaki kontrolū ele almaktadır. Bilişsel boyut genel anlamda bilginin kodlanıp işlenmesi ve geri getirilmesi ile ilgilidir. Yani zihinsel faaliyetleri kapsamaktadır (Doėan, 2006). Bu bahsi geçen ū boyut birbirinden bağımsız olmamakla beraber, bir davranışın aynı anda farklı boyutta olabileceği ifade edilirken sınıflamanın baskın olan niteliğe gōre yapıldığı belirtilmektedir (Kala, 2015, s. 42). Eėitimdeki ōlme ve değerlendirmelerde ise en çok tercih edilen bilişsel boyut tūrūdur (Vural, 2020, s. 1).

Bloom ve arkadaşlarına gōre bilişsel alan taksonomisindeki bilgi, fikirleri ve olayları hatırlama eyleminden biraz daha farklıdır. Onlara gōre bilgi, daha kompleks bir sūre içerebilir. Zihinde kalıplařmıř, řemalařmıř bilgilerin geri getirilmesi farklı soru formlarında biraz daha gū olabilmektedir. Bunun en gūzel ōrneklerinden biri ise John Dewey'in hikayesidir. John Dewey bir gūn sınıfa “Dūnya'ya bir delik açtıėınızda ne bulursunuz?” sorusunu yōneltmiřtir. Bunun ūzerine sınıf sessiz kalmıř ve cevap verememiřtir. Dewey bu sefer “Dūnya'nın merkezinde ne vardır?” sorusunu yōneltmiř ve ōėrenciler hep bir aėızdan “Magma!” yanıtını vermiřlerdir. Bu durum ise bilginin ilk olarak karřılařtıėı halinden farklı bir formda kullanılmaz ise deėersiz olacaėını ortaya koymaktadır (Bloom, 1956; řeker, 2010).

Bloom ve arkadaşları bir takım ihtiyaçlar doğrultusunda eğitim hedeflerinin sınıflandırmasını yapmıştır (Kala, 2015, s. 42). Bu sınıflamanın altında yatan temel sebepler aşağıda belirtilmiştir:

- Eėitimciler, program geliřtiriciler, ōlme deėerlendirme uzmanları, test geliřtiriciler bařta olmak ūzere eėitimle ilgilenenler arasında ortak bir dil oluřturmak ve bōylece standart bir terminoloji oluřturarak farklı tūrde eėitim programlarının karřılařtırılması ve incelenmesinde kuramsal bir ereve ortaya koymak.
- ōėrencilerde istenilen hedef davranış değişikliklerini ortaya çıkarmalarını sağlayacak eğitim durumları hazırlamayı ve bu eğitim durumlarından en uygun

olanının seçimini kolaylaştırmakla birlikte hedef davranışların ölçülmesinde en uygun olan ölçme aracının seçilmesini sağlamak.

- Kompleks ve öğrenilmesi zor olan davranışları öğretmeden bu davranışlara temel olan önkoşul davranışların öğretilmesini sağlayarak daha rahat öğrenmelerin sağlanması (Tekin, 2004).

Bloom'un bilişsel alan taksonomisi 6 seviyeden oluşmaktadır. En alt basamaktan en üst basamağa doğru olmak üzere bilgi, kavrama, uygulama, analiz, sentez ve değerlendirmedir. İlk üç basamak alt bilişsel seviye ve son üç basamak üst bilişsel seviye olarak kabul edilir. Üst basamaktaki davranışın kazandırılabilmesi için bir önceki basamağın kazandırılmış olması gerekmektedir (Arı, 2011). Bu bağlamda hangi istendik davranışlar, hedefler öğretilmek isteniliyor ise bu hiyerarşik sıraya göre düzenlenerek bir üst basamaktaki hedef davranışa alt hedef davranış öğrenilmeden geçiş yapılamamaktadır.

Bloom Taksonomisi, Bloom Taksonomisinde Görülen Eksiklikler ve Yenilikler

1948 yılının başlarında Bloom ve arkadaşları eğitimin amaçlarını ve hedeflerini sınıflama ile ilgili çalışmalara başlamışlardır. Bilişsel, duyuşsal ve psikomotor alana yönelik bir kategorileme sistemi oluşturma hedefi koymuşlardır ve nitekim 1956 yılında çalışmalarını tamamlamışlardır (Huitt, 2011). 1956 yılında bilişsel hedef düzeyleri sistematik bir çalışma ile öğrencilerin bilişsel gelişim ve bilişsel değerlendirme süreçlerini konu alan Bloom'un 'Eğitimsel Hedeflerin Aşamalı Sınıflandırılması El Kitabı 1: Bilişsel Boyut' kitabı yayınlanmıştır (Dündar, 2019, s. 14; Kala, 2015, s. 43; Şeker, 2010). Bloom'un bu bilişsel alan taksonomisine zamanla bazı konularda eleştiriler gelmiştir ve bu sebepten tekrar incelenmesi gerektiği düşünülmüştür.

Bloom Taksonomisi için bazı eksiklikler ve eleştiriler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (Dündar, 2019, s. 15):

- Bilişsel alanın tek boyutlu bir yapıya sahip olması ve basamakların her birinin birbirinin ön koşulu olması (Anderson vd., 2001).
- Bilişsel alandaki alt-üst kategorilerin, hedef ve görev durumlarında bazı çelişkilerin bulunması (Amer, 2006; Anderson, 2005). Bilgi basamağına ait bazı becerilerin analiz ve değerlendirme basamaklarından daha karmaşık yeterlilik gerektirmesi ve

sentez basamağının değerlendirme basamağını içinde barındırmasıdır (Amer, 2006; Anderson, 2005).

- Analiz ve değerlendirme basamaklarının tam olarak ne anlama geldiğinin netleşmemesi (Tuğrul, 2002).
- Öğrenmedeki bireyselliği, dinamikliği açıklamada yetersiz kalması (Tuğrul, 2002).
- Basamaklardaki bilgilerin hem isim hem fiil yapısı ile yer alması (Anderson vd., 2001).
- Ormell (1974)'e göre uygulama alanında bir alt basamaktaki yeterlilik kazanılmadan bir üst basamağa geçme işleminin gerçekleşmemesine aksi yönde iddia gelişmiştir. Ormell'e göre bilme basamağını içeren bazı davranışlar analiz ve değerlendirme basamaklarından daha kompleks olabilmektedir (Arı, 2011). Ayrıca yapılan eleştirilerden biri de değerlendirme basamağının sentez basamağından daha karmaşık olmamasıdır (Gökler, Aypay & Arı; 2012; Kreitzer & Madaus, 1994).

Bloom'un eski öğrencilerinden Lorin W. Anderson, Bloom Taksonomisini 21. yy. öğrenci ve öğretmen gruplarına uyarlayabilmek adına bir çalışma grubu oluşturmuştur (Anderson, 1999; Arı, 2013; Bloom, 1956; Krathwohl, 2009; Küçükahmet, 2005). Yenilenmeye gidilmesinin iki önemli sebebi olarak eğitimcilerin dikkatini yeniden Bloom Taksonomisine çekerek öğrenme ve değerlendirme süreçlerinde kullanılmasını sağlamak ve değişen ve gelişen çağa ayak uydurarak yeniliklerin Bloom Taksonomisi ile birleştirilmesine ihtiyaç duyulmasıdır (Anderson vd., 2001; Gökler, Aypay & Arı; 2012). Yapılan çalışmalar sonunda Bloom'un sınıflamasına birkaç önemli değişiklikler getirilmekle beraber köklü bir değişikliğe gidilmemiştir (Arı, 2011).

Revize edilen taksonomideki değişiklikler *terminolojik değişiklikler*, *vurgusal değişiklikler* ve *yapısal değişiklikler* olmak üzere üç başlık altında incelenebilir. Bu değişiklikler aşağıda açıklanmıştır:

Terminolojik değişiklikler; Bloom taksonomisinin ilk versiyonunda isim hali ile ifade edilen altı basamak fiil hali olarak ifade edilmiştir. Bu değişikliğin sebebini ise öğrencilerin eğitim hedeflerini yapabilir hale gelmeleri gerektiği olarak ifade edilmektedir (Dündar, 2019, s. 16). 'Bilgi, kavrama, uygulama, analiz, sentez ve değerlendirme' olarak belirtilen orijinal taksonomideki basamaklar revize edilmiş taksonomide; 'hatırlama,

anlama, uygulama, analiz etme (çözümleme), değerlendirme ve yaratma' olarak belirlenmiştir (Amer, 2006; Anderson, 2001).

Yapısal değişiklikler; Yapısal değişikliklerden şu şekilde bahsedilmektedir; orijinal taksonomide tek boyuttan oluşan bilişsel alan, revize edilmiş taksonomide 'Bilişsel Süreç Boyutu ve Bilgi Birikimi Boyutu' olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bilgi Birikimi Boyutu 'olgusal, kavramsal, işlemsel ve üstbilişsel' bilgiden oluşur ve Revize Edilmiş Bloom Taksonomisi (REBT) tablosunda dikeyde yer almaktadır. Bilişsel Süreç Boyutu ise 'hatırlama, anlama, uygulama, çözümleme (analiz etme), değerlendirme ve yaratma' kavramlarından oluşur ve REBT tablosunda yatayda yer almaktadır. Bu sayede 24 kategoriden oluşan yeni bir sınıflandırma imkânı sağlanmıştır. Bilişsel Bilgi Boyutuna bakıldığında bir basamağın adının aynı kaldığı (uygulama), üç basamağın yeniden adlandırıldığı (bilgi-hatırlama, kavrama-anlama, sentez-yaratma) iki basamağın ise yer değiştirildiği (değerlendirme ve yaratma basamakları yer değiştirilerek en üst basamağın yaratma olduğu) görülmektedir. Orijinal Taksonomideki Bilgi Birikimi Boyutunun üç bilgi türünden oluştuğu görülürken REBT'nin Bilgi Birikimi Boyutunda ise bu bilgi türleri yeniden adlandırılarak ele alınmıştır. Ayrıca yeni bir bilgi türü olan üstbilişsel bilgi türünün ortaya çıktığı görülmektedir (Amer, 2006; Anderson, 2001).

Vurgusal değişiklikler; Amer (2006) ile Anderson (2001) vurgusal değişikliklerden şu şekilde bahsetmektedir; orijinal taksonomi daha çok değerlendirmeyi vurgularken revize edilmiş taksonomi öğreti, planlama ve değerlendirme üzerinde durmaktadır. Orijinal taksonomi ana kategorileri vurgularken, revize edilmiş taksonomi alt kategorilere odaklanarak ana kategorilerin daha iyi anlamlandırılmasını sağlamaktadır. Orijinal Bloom Taksonomisi daha çok yükseköğretime hitap ederken yenilenmiş taksonomi ile tüm düzeyde çalışan eğitimcilere hitap etmektedir. Ayrıca orijinal taksonomi altı ana basamağa odaklanırken yenilenmiş taksonomi alt basamaklara daha çok odaklanmaktadır (Kala, 2015, s. 45).

Revize Edilen Bloom Taksonomisi

Orijinal Bloom Taksonomisi "Basamaklı Sınıflama" olarak da bilinmekte olup bilişsel basamaklar kolaydan zora doğru ve tek boyutlu bir yapıdadır (Sönmez, 2012). Alt kategoriler bilgi, kavrama ve uygulama; üst kategoriler ise analiz, sentez ve değerlendirme olarak kabul edilmiştir (Anderson & Krathwohl, 2001; Bloom, 1956; Küçükahmet, 2005).

Bloom Taksonomisinin bazı öğrenme alanlarında hiyerarşik sınıflama sisteminin geçerli olmaması (Hanna, 2007), daha karmaşık yapıya sahip olan sentez basamağının değerlendirme basamağından önce gelmesi (Kreitzer & Madaus, 1994) ve kompleks yapıdaki davranışlarımızın bilişsel süreçlere ait aşamalılığın tek boyutta incelenmesi gibi bir takım eksiklikler görülmüş olup eleştirilmiştir (Tutkun, Demirtaş, Gür Erdoğan & Arslan, 2015). Bazı durumlarda bilgi basamağındaki bazı amaçların, analiz ve değerlendirme basamağındakilerden daha kompleks olabilmektedir. Ayrıca, sentezin değerlendirmeyi kapsadığı ve değerlendirmenin sentez basamağından daha kompleks olmadığı öne sürülmüştür (Amer, 2006).

Orijinal Bloom Taksonomisinin yayınlandığı 1956 yıllarında davranışçı öğrenme kuramından yararlanarak eğitim ve öğretim programları hazırlanırken günümüzde aktif öğrenmeyi ve bireysel katılımı gerektiren yapılandırmacı yaklaşımdan yararlanılmaktadır (Arı, 2011). Krathwhol ve Anderson (2001) önderliğinde Richard Mayer, Paul Pintrich ve William Rohwer gibi bilişsel psikologlar, Lorin W. Anderson ve Kathleen Cruikshank gibi eğitim kuramcıları ve ölçme ve değerlendirme uzmanlarından Peter Airasian, Linda Crocker, David Krathwhol'un da katılımı ile bir çalışma ekibi oluşturulmuştur. Bu çalışma grubu yapılan değişiklikleri “Öğrenme, Öğretim ve Değerlendirme İle İlgili Bir Sınıflama” isimli kitap ile yayımlamıştır (Arı, 2011).

REBT'nin özelliklerini şu şekilde toparlamak mümkündür:

- İki boyutta ele alınmıştır. Bilişsel Süreç Boyutu; hatırla, anla, uygula, analiz et, değerlendir ve yarat kategorilerinden; Bilgi Birikimi Boyutu ise kavramsal bilgi, işlemsel bilgi, olgusal bilgi ve üstbilişsel bilgi kategorilerinden oluşmaktadır (Anderson & Krathwohl, 2001; Gezer, Şahin, Sünkür & Meral, 2014). Böylece bilişsel süreç boyutunun herhangi bir basamağında bilgi boyutuna ait dört çeşit bilgi de kullanılabilir (Tutkun, 2012).
- Bilişsel süreç boyutu hedef davranışların eylem boyutunu ifade ederken, bilgi boyutu ise daha çok hedef davranışların isim (ad) boyutunu ifade etmektedir (Anderson vd., 2001; Tutkun, 2012; Yüksel, 2007).
- Revize Edilmiş Bloom Taksonomisi bilgi sürecini kapsayan bilgi boyutu ile bilişsel süreçleri kapsayan bilişsel süreç boyutu ve bunların alt boyutları da dahil

olmak üzere 24 farklı öğrenme hedefine ulaşabilirliği mümkün kılmaktadır (Abacı & Akın, 2011; Anderson & Krathwohl, 2001).

Tablo 1’de 24 farklı öğrenme hedeflerine ulaşabilen Revize Edilmiş Bloom Taksonomisi (REBT)’nin boyutları ve alt boyutları görülmektedir.

Tablo 1

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin İki Boyutlu Kategori Tablosu

Bilgi Birikimi Boyutu	Bilişsel Süreç Boyutu					
	Hatırlama	Anlama	Uygulama	Çözümleme	Değerlendirme	Yaratma
Olgusal Bilgi						
Kavramsal Bilgi						
İşlemsel Bilgi						
Üstbilişsel Bilgi						

(Kaynak: Anderson, 2005, s. 105; Dünder, 2019, s. 17; Krathwohl, 2002, s. 216. çalışmalarından alınmıştır.)

Bu tablonun daha iyi anlamlandırılması için taksonominin boyutları hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Bu sebeple taksonominin iki boyutu da aşağıda açıklanmaktadır.

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutu

Orijinal taksonomide olduğu gibi Yenilenmiş Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu da altı ana basamaktan oluşmaktadır. Basamaklar isim halinden eylem haline dönüştürülmüş, üç basamağın ismi değiştirilmiştir ve iki basamak birbiri arasında yer değiştirmiştir. Yani Orijinal Taksonomideki “bilgi” basamağı olarak isimlendirilen sınıf “hatırlama”, “kavrama” basamağı “anlama”, “analiz ” basamağı “analiz etme (çözümleme)”, “sentez” basamağı da “yaratma” adını almıştır. “Değerlendirme” ve “yaratma” basamakları yer değiştirmiştir. Uygulama ve değerlendirme basamakları isimlerini korumuştur (Kala, 2015; Krathwohl, 2002; Yakalı, 2016; Yurdabakan, 2012).

Literatürde Bloom Taksonomisinin altı kategorili bilişsel süreç boyutunun ilk üçü düşük bilişsel seviye, son üçü ise üst düzey bilişsel öğrenme olarak kabul görmüştür (Bloom, 1956; Bümen, 2006; Krathwohl, 2002; Rawadieh, 1998).

Öğrencilerin düşünme becerilerini ölçmede öğreticilere fayda sağlayacak problemlerin geliştirilmesinde kullanılmakta olan bu taksonomi aynı zamanda bilişsel ve işlemsel becerilerin de gelişmesine katkı sağlamaktadır (Turgut, 1992). Öğrenciler, öğretmenlerden gelen soru çeşitlerine bağlı bir biçimde düşünme düzeyini inşa ederler. Dolayısıyla öğrenciler ölçme değerlendirme aşamasında bilişsel anlamda ne kadar yüksek bilişsel seviyedeki soru ile karşılaşarsa o kadar fazla zihinsel faaliyet sergilemekte ve daha sorgulayıcı ve yaratıcı olmaya eğilimli olacaktır (Çepni, Ayvacı & Keleş, 2001).

Eğitimin başlıca hedefleri arasında bilginin kalıcı hale gelmesi ve bilgi transferinin artırılması yer almaktadır (Anderson vd., 2001, s. 81). Tablo 2’de de görüldüğü üzere REBT’nin bilişsel süreç boyutu bilginin kalıcılığı, bilginin kullanılması ve transferi gibi konularla ilgilenmektedir.

Tablo 2

Revize Edilmiş Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutu Kategorileri ve Alt Kategorileri

Kategori	Alt Kategori	Alt Kategori İçin Alternatif İsim
Hatırlama	Tanıma	Belirleme
	Hatırlama	Bilgiye erişme
Anlama	Yorumlama	Açıklık getirme, başka bir ifade ile anlatma
	Örneklendirme	Somutlama
	Sınıflama	Gruplara ayırma, ilgili gruba yerleştirme
	Özetleme	Kısaca ifade etme, genelleme
	Çıkarımda bulunma	Çıkarsama, önceden kestirme
	Karşılaştırma	Benzerlik veya fark arama, eşleme, örtme
	Açıklama	Modeller Oluşturma
Uygulama	Yapma	İcra Etme
	Yararlanma	Kullanma
Analiz Etme (Çözümleme)	Ayrıştırma	Ayırt etme, ayırma, seçme
	Örgütlenme	Bütünlüğü ve bütünlüşmeyi görme, ana çizgileri belirleme, yapılandırma, özleştirme
	İrdeleme	İrdeleme, atfetme
Değerlendirme	Denetleme (Kontrol etme)	Eşgüdümleme, izleme, test etme
	Eleştirme	Yargılama
Yaratma	Oluşturma	Hipotez önerme
	Planlama	Tasarlama
	Üretme	Yapma

(Kaynak: Dünder, 2019, s. 18).

Tablo 2’de görüldüğü gibi sırasıyla; hatırlama, anlama, uygulama, analiz etme (çözümleme), değerlendirme ve yaratma kategorileri bilişsel süreç boyutunu oluşturmaktadır. Hatırlama kategorisi, tanıma, hatırlama alt kategorilerine; Anlama kategorisi, yorumlama, özetleme, örneklendirme, sınıflama, karşılaştırma, sonuç çıkarma, açıklama alt kategorilerine sahiptir. Uygulama kategorisi, yapma ve yararlanma alt kategorilerine; Analiz Etme (Çözümleme) kategorisi, ayrıştırma, örgütleme ve irdeleme alt kategorilerine sahiptir. Değerlendirme kategorisi, denetleme ve eleştirme alt kategorilerine; Yaratma kategorisi ise oluşturma, planlama, üretme alt kategorilerine ayrılmaktadır.

Hatırlama

Hatırlama kategorisi öğretilen bilgi ya da materyalin bellekte tutulması ve ihtiyaç duyulduğunda uzun süreli bellekten geri getirilmesidir (Anderson, vd., 2001, s.85). Bilişsel süreç boyutu hatırlama ve tanıma olmak üzere iki alt kategoriye ayrılmaktadır. Hatırlanacak bilgi olgusal, kavramsal, işlemsel veya üst bilişsel bilgi olabilecekken bunların karması da olabilmektedir. Anderson vd. (2001)’ ne göre bu alt kategoriler aşağıdaki gibi açıklanmaktadır (Akt. Özçelik, 2010).

- **Hatırlama:** Bir bilginin bulunması için uzun süreli belleğin taranması ve işlem yapılacak belleğin aktif hale getirilmesi işlemidir. Bu alt basamak açık uçlu sorularla ya da boşluk doldurma soruları ile ölçülebilmektedir.
- **Tanıma:** Yeni karşılaşılan bilginin eski bilgiler ile karşılaştırılıp, hangi eski bilgiye benzediğinin belirlenmesi ve uygun bilgi ile eşleştirilmesi işlemidir. Bu alt basamağın doğru yanlış, çoktan seçmeli ya da açık uçlu sorularla ölçülebildiği kabul edilmektedir.

Literatürde taksonomi tablosunda yer alan kategoriler dışında hatırlama kategorisi; listeleme, tablo oluşturma, nitelendirme, belirleme, yerleştirme, bulma ve yerleştirme gibi öğrenme hedeflerini de içermektedir (Arı, 2011; Dünder, 2019, s.19).

Anlama

Anlama kategorisi sözlü, yazılı, görsel ve teknolojik iletilerden anlam çıkarılması, fikir ve kavramların çıkarılması ve bu durumu yeni durumlara transfer edebilmesidir (Anderson,

vd., 2001, s.90). Yeni bilgiler ile önceki bilgiler arasında bağ kurularak yeni durumlara transfer edilerek kazanılan davranışlar bu düzeyde örneklendirilir, sınıflandırılır, karşılaştırılabilir, özümser ve özetlenir (Ayvaci & Türkdogan, 2010; Dündar, 2019, s.19). Yani bu seviyedeki öğrencilerin tabloları, grafikleri verilen bilgileri zihinlerinde tasvir ederek kendi cümleleri ile yeniden anlatabilmeleri beklenir (Yurtdagülen Balta, 2006, s. 27).

Anderson vd. (2001)'ne göre bilişsel süreç boyutunun anlama kategorisi; örneklendirme, sınıflama, karşılaştırma, özetleme, açıklama, yorumlama ve sonuç çıkarma olarak yedi alt kategoriye ayrılmaktadır. Aşağıdaki gibi açıklanmaktadır: (Dündar, 2019, s. 20; Vural, 2020, s. 31-32; Yakalı, 2016, s. 24-26).

- **Örneklendirme:** Genel kavram veya ilkeye özel, farklı bir örnek veya durum oluşturulmasıdır. Bu düzeyde genel kavram veya ilkenin ayırt edici özellikleri tespit edilerek özel bir örnek verildiğinde basamak gerçekleştirilmiş olur. Ders içerisinde öğrencinin daha önce karşılaşmadığı bir bilgi üzerine özel bir açıklık veya örnek bulmasıdır. Dolayısıyla açık uçlu sorular ve çoktan seçmeli testler ile bu basamağa ait durum gerçekleştirilmiş olur.
- **Sınıflama:** Bir şeyin belli bir gruba ait olduğunun tanınmasıdır. Sınıflama örneklendirmeyi tamamlamaktadır. Örneklendirmede bir ilke veya genel kavrama ait bir örnek bulunması istenirken; sınıflamada örnek veya özel bir durum ile yeni bir genel kavram veya ilkenin bulunması istenir. Örneklendirmeyi tamamlayan bir basamak olarak kabul edilebilir.
- **Karşılaştırma:** En az iki nesne arasındaki düşünce, durum, olay ya da problemin arasındaki farkların veya benzerliklerin ortaya çıkarılması, çok iyi bilinen bir olayın daha az bilinen bir olayla hangi açıdan farkların veya benzerliklerin olduğunun belirlenmesidir.
- **Özetleme:** Öğrenilen bilginin genel anlamda ana hatları ile toparlayıcı bir şekilde ifade edilmesi veya bir konunun kısa ve öz şekli ile anlatılmasıdır.
- **Açıklama:** Bir sistemi meydana getiren tüm parçalar arasındaki ilişkiyi açıklamakla birlikte sistem parçalarının herhangi birinde yapılacak değişikliğin sisteme olan etkisinin de belirlenmesidir.

- **Yorumlama:** Bir bilginin bir temsil veya ifade biçiminden başka bir biçime çevrilmesidir. Bu düzeyde kelimeler kelimelere, resimlere, sözcüklere, sayı ve grafiklere dönüşebilir. Yani yorumlama bir ifadenin alternatif bir ifadeye dönüştürülerek açıklanması, ifadelerin daha anlaşılır hale getirilmesidir. Hatırlama basamağından farkı ise bilginin olduğu gibi hali ile değil de farklı bir formda isteniyor olmasıdır.
- **Sonuç Çıkarma:** Bir grup örnek ya da olaydan yola çıkarak bir örüntü veya sıralanışın bulunması, aradaki ilişkiyi bularak bu bağlantıları açıklayan bir sonuca ulaşılmasıdır.

Literatürde taksonomi tablosunda yer alan kategoriler dışında anlama kategorisinde tanımlama, yerleştirme, farkına varma, raporlaştırma, çevirme ve dönüştürme gibi öğrenme hedeflerini de içermektedir (Arı, 2011; Dündar, 2019, s. 21).

Uygulama

Uygulama kategorisi bir işlem ya da yöntemden, bir problemin çözülmesi veya bir araştırmanın, bir alıştırmanın yapılması durumunu kapsar (Anderson vd., 2001, s.100).

Bu kategoride eldeki bilgilerden yararlanarak nicelik ve nitelik bakımından farklı problemlere gerekli teknik ve yöntemlerin kullanılması ile çözüm yolu geliştirilmektedir (Ayvaci & Türkdoğan, 2010, s.17). Bu basamakta öğrenciye verilen problem öğrencinin daha önce karşılaştığı türden ise, öğrenci hangi işlemsel bilgiyi kullanacağını bilir. Fakat daha önce karşılaşmadığı türden bir problem ise öncelikle kullanması gereken bilgiyi belirlemesi gerekmektedir.

Anderson vd. (2001)'ne göre bilişsel süreç boyutunun uygulama kategorisi; yapma ve yararlanma olmak üzere iki alt kategoriye ayrılmaktadır. Aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Dündar, 2019, s. 21; Vural, 2020, s. 33; Yakalı, 2016, s. 26):

- **Yapma:** Önceden aşına olunan bir görevin rutin olarak yapılmasıdır. Bilinen bir durum olması öğrenciye hangi teknik, yöntem ve algoritmayı kullanacağı konusunda kolaylık sağlar. Sabit bir sıra ile çözülen problemin sonucu yanlış bulunmadıysa herkes tarafından bilinir, burada görevin yerine getirilmesi için sadece bilinen işlemler uygulanır.

- **Yararlanma:** Yapma alt basamağından farklı olarak yeni karşılaşılan, aşına olunmayan bir problem durumunun çözülebilmesi için önceki bilinen işlem dizisi içerisinde uygun olanın seçilmesi ve yararlanılmasıdır. Dolayısıyla önceki işlem dizileri ve problemler hakkında bir anlayışa sahip olmak gerekir. Bu nedenle bilişsel süreç kategorilerinden anlama ve yaratma ile ilişkilidir. Bu basamakta karşılaşılan bir problemin çözümü için gerekli yöntemin seçilmesi ve seçilen yöntem ile problemin çözülmesi beklenmektedir.

Literatürde taksonomi tablosunda yer alan kategoriler dışında uygulama kategorisinde gerçekleştirme, yürütme, sergileme, gösterme, deney yapma, hesaplama, taslak oluşturma gibi öğrenme hedeflerini de içermektedir (Arı, 2011; Dünder, 2019, s. 21).

Çözümleme (Analiz Etme)

Bir bütün veya bir materyalin parçalara ayrıştırılması, düzenlenmesi, bir bütün oluşturulması farklı parçaların birbirinden ayırt edilmesi ve bu parçaların materyalin tümü ile ilişkisinin irdelenmesi gibi süreçleri içermektedir. Ayrıca anlama, çözümleme ve değerlendirme birbiri ile ilişkili basamaklardır (Anderson vd., 2001, s.103).

Anderson vd. (2001)'ne göre bilişsel süreç boyutunun çözümleme kategorisi; ayrıştırma, örgütlenme ve irdeleme olmak üzere üç alt kategoriye ayrılmaktadır. Aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Dünder, 2019, s. 22; Vural, 2020, s. 33; Yakalı, 2016, s. 27):

- **Ayrıştırma (Ayırt etme):** Bir materyalin ya da bilginin parçalarını ilişkili-ilişkisiz, önemli-önemsiz şeklinde ayrılması ve önemli-ilişkili bilgiye yön verilmesidir. Genel anlamda ayrıştırma parçaların bütün ile uyumunun ve yapısal bağlantının belirlenmesi ile ilişkilidir. Karşılaştırma alt basamağından farkı ise neyin önemli önemsiz ya da ilişkili olup olmamasının bir öneme sahip olmasıdır.
- **Örgütlenme (Organize Etme):** Bir durumu, iletişimi ya da problemi oluşturan öğelerin tespit edilmesi ve belirlenen bu öğelerin bir araya gelerek bir bütün ya da yapısal ilişkinin ortaya koyulması süreçlerini kapsar. Örgütlenme kategorisi, ayrıştırma kategorisi ile bağlantılıdır. Çünkü bütün unsurların uygun ve önemli olanlarının seçilmesi ve bunların doğru bir biçimde bir araya getirilmesi ile oluşmaktadır.

- **İrdeleme (İlişkilendirme/Dayandırma):** Herhangi bir durumda bireylerin bakış açılarını ortaya koyma, yanlışlıklarını belirleme ve değer yargılarını ortaya çıkarma gibi durumlarda gerçekleşir. Yorumlamadan farkı ise herhangi bir durum ya da olaya ait detaylı sorular ile değerlendirilmesi söz konusudur.

Literatürde taksonomi tablosunda yer alan kategoriler dışında çözümleme kategorisinde karşılaştırma, organize etme, yeniden yapılandırma, ilişki kurma, farkı görme, entegre etme, eleştirme ve sorgulama gibi öğrenme hedeflerini de içermektedir (Arı, 2011; Dündar, 2019, s. 22).

Değerlendirme

Değerlendirme kategorisi, belirli ölçütlere, kriterlere ve standartlara dayalı olarak yargıda bulunulması ya da karar verilmesi sürecini kapsamaktadır (Anderson vd., 2001, s.108). Bu kategoride belirli kıstas ve standartlara göre yargılama yapılması önem arz etmektedir.

Bir konunun ilgili tüm özelliklerinin göz önünde bulundurulması ile anlamlı yargılama ve sonuca gidilmesi olarak da tanımlanabilir (Ayvaci & Türkdogan, 2010, s.18).

Anderson vd. (2001)'ne göre bilişsel süreç boyutunun değerlendirme kategorisi; denetleme ve eleştirme olmak üzere iki alt kategoriye ayrılmaktadır. Aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Dündar, 2019, s. 23; Vural, 2020, s. 34; Yakalı, 2016, s. 27):

- **Denetleme:** Bir işlem ya da ürünün kendi içinde uyumsuzluk, tutarsızlık, yanlışlıklarının bulunup bulunmadığının kontrol edilmesidir. Ön bilgilerden yararlanarak sonucun hipotezleri destekleyip desteklemediği, çelişkilerin sınanması gibi durumlarda gerçekleşir.
- **Eleştirme:** Bir işlem ya da materyalin dış ölçütlere veya standartlara bakılarak yargıda bulunulmasıdır. Bir ürünün olumlu ve olumsuz yönlerinden yola çıkarak bir yargıda bulunmak örnek verilebilir.

Literatürde taksonomi tablosunda yer alan kategoriler dışında kıstas ve standartların kontrol edilmesi ile yargıya varma, hüküm verme işlemi olan değerlendirme kategorisinde hipotez kurma, sonuca varma, ortaya çıkarma, görüş bildirme, değerlendirme, tartışma, sorgulama, değer biçme, seçme, görüş bildirme, destekleme gibi öğrenme hedeflerini de içermektedir (Arı, 2011; Dündar, 2019, s. 23).

Yaratma

Yaratma kategorisi, parçaları bir araya getirerek, birbiri ile bağlantılı ve işlevsel bir bütünü oluşturmak üzere yapılandırılmasını içerir. Yani daha önceden var olmayan özgün bir ürün veya örüntü oluşturulmasıdır. Fakat öğrenciler yeni ve özgün bir ürün ortaya çıkarmasalar bile hedefe ulaşma sürecinde, kendi bilgilerinden yola çıkarak kendi sentezlerini oluşturmuş olurlar.

Orijinal ve tutarlı bir ürün meydana getirme süreci olan yaratma kategorisinde, yeni oluşturulan desen ya da yapının tutarlı ve fonksiyonel bir bütünlük oluşturması gerekmektedir (Anderson vd., 2001, s.111).

Anderson vd. (2001)'ne göre bilişsel süreç boyutunun yarat kategorisi; oluşturma, planlama ve üretme olmak üzere üç alt kategoriye ayrılmaktadır. Aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Dündar, 2019, s. 24; Vural, 2020, s. 35; Yakalı, 2016, s. 28):

- ***Oluşturma:*** Belirli problemle ilgili alternatif çözümlerin üretildiği alt kategoridir. Bu alt kategoride öğrencilerin problem için akla gelenin dışında çözüm yolu üretmeleri, ortaya koymaları beklenmektedir.
- ***Planlama:*** Problemlerin çözülmesine yönelik düzenlemenin yapılmasıdır. Planlama çözüm için gerekenlerin yapılarak sonuca varılması demek değildir. Planlama yaparken öğrenciden beklenen çözüm için amaç ve alt amaçları belirlemesi, görevleri ya da alt görevleri belirlemesidir.
- ***Üretme:*** Hazırlanan planın uygulanması ile problem çözümünün gerçekleştirilmesidir. Bu alt kategoride öğrenciden istenilen yaptığı planlamayı hayata geçirerek, özgün olan veya olmayan bir ürün ortaya koymasındır. Burada öğrencinin bilgi boyutundaki bilgilerini kullanması gerekebilir.

Literatürde taksonomi tablosunda yer alan kategoriler dışında yarat kategorisinde icat etme, meydana getirme, yaratma, inşa etme, tasarlama, bir araya getirme, üretme ve gerçekleştirme gibi öğrenme hedeflerini de içermektedir (Arı, 2011; Dündar, 2019, s. 24).

Revize Edilmiş Bloom Taksonomisi Bilgi Birikimi Boyutu

Bilişsel hedefler Bloom ve arkadaşlarının oluşturduğu taksonomide bilgi basamağı ile başlamaktadır. Bu basamakta hedef bilginin, anlaşılması ve kullanımını amaçlanmaktadır.

Krathwohl vd. (2002)'nin revize ettiği taksonomiye göre ise bilgi basamağının kavrama basamağı ile yaratma basamağı arasında olması gerektiği fikri yer almaktadır. REBT'de bilişsel psikolojideki gelişmelere paralel olarak bilgi birikimi boyutu olaylara ve olgulara dayanan olgusal bilgi, bilgi formları arasındaki ilişkilerin bilgisini içeren kavramsal bilgi, bir şeyin nasıl yapılacağına süreç bilgisini içeren işlemsel bilgi ve bilişle ilgili üstbilişsel bilgi olmak üzere dört ana kategori olacak şekilde düzenlenmiştir (Anderson vd., 2001). REBT'nin bilgi birikimi boyutundaki kategori ve alt kategoriler Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3

Revize Edilmiş Bloom Taksonomisinin Bilgi Birikimi Boyutu Kategorileri ve Alt Kategorileri

Kategori	Alt Kategori
Olgusal Bilgi	Terimler ve terminoloji bilgisi Özel detay ve öğeler bilgisi
Kavramsal Bilgi	Sınıflamalar ve kategoriler bilgisi İlke ve genellemeler bilgisi Teoriler, modeller ve yapılar bilgisi
İşlemsel Bilgi	Konuya özgü özel yetenekler ve algoritmalar bilgisi Konuya özgü özel teknik ve metodlar bilgisi Uygun işlemlerin hangi durumlarda kullanılacağını belirlenmesine yönelik ölçütler bilgisi
Üstbilişsel Bilgi	Stratejik bilgi Uygun bağlam ve durumlara ilişkin bilişsel görevler hakkındaki bilgi Öz Bilgi

(Kaynak: Krathwohl, 2002, s.215)

Tablo 3'te görüldüğü gibi olgusal bilgi kategorisi, terimler ve terminoloji bilgisi ile özel detay ve öğelerin bilgisi olmak üzere iki alt kategoriden; kavramsal bilgi, sınıflamalar ve kategoriler bilgisi, ilke ve genellemeler bilgisi ile teoriler, modeller ve yapılar bilgisi olmak üzere üç alt kategoriden oluşmaktadır. İşlemsel bilgi; konuya özgü özel yetenekler ve algoritmalar bilgisi, konuya özgü özel teknik ve metodlar bilgisi, uygun işlemlerin hangi durumda kullanılacağını belirlenmesine yönelik ölçütler bilgisi olmak üzere üç alt kategoriden oluşmaktadır. Üstbilişsel bilgi ise stratejik bilgi, uygun bağlam ve durumlara ilişkin bilişsel görevler hakkındaki bilgi ile öz bilgi olmak üzere üç alt kategoriden oluşmaktadır.

Olgusal Bilgi

Bir disiplinle ya da bir alanla ilgili mutlaka bilinmesi gerekenler ve bunların kullanılması ile problem çözümünü içeren temel bilgiler olarak ifade edilebilir (Anderson vd., 2001). Bu tür bilgiler uzman kişilerin kendi alanları ile ilgili bilgileri anlamaları ve sistemli bir çalışma ortaya koymaları için kullandıkları temel bilgi parçacıklarıdır. Aynı zamanda öğrencilerin bir alanla ilgili problemleri çözebilmeleri ve o alanı tanımları için sahip olmaları gereken temel bilgidir.

Olgulara dayalı bilgi, bir durumda ne olduğunun bilgisini içerir ve genellikle somut nesnelerle ilişkilendirilmiş simgeler ve ya simgeler dizisidir. Olgusal bilgi en temel bilgi parçacığdır. Kendi başına önem taşıyan olgusal bilgi özel ve özgün oluşu ile de kavramsal bilgiden ayrılmaktadır. Olgusal bilgi; terimler ve terminoloji bilgisi, özel detay ve öğeler bilgisi olmak üzere iki alt kategori ile açıklanabilir (Anderson, vd., 2001, s.58).

- **Terimler ve Terminoloji Bilgisi:** Yazılı ya da sözlü olan tanım, sembol ve birimler bilgisidir. Alanında uzman kişiler tarafından olgu ve olaylarla ilgili başkaları ile iletişime geçebilme, ilgili alanda problem çözebilme ve olgularla ilgili düşünebilme gibi oldukça düşük düzey tanım, sembol ve isimleri içeren bilgi türüdür.
- **Özel Detay ve Öğeler Bilgisi:** Uzmanların önemli olduğunu kabul ettiği her disiplinle ilgili kişi, olay, yer, zaman, kişi ve diğer önemli ayrıntıları içine alan detaylar bilgisidir.

Kavramsal Bilgi

Kavramsal bilgi, kuram, model ve şemaların nasıl yapılandırıldığı ve bütünleştirildiği aynı zamanda parçaların işlevleri ve sistematik bir biçimde nasıl birbiri ile ilişkilendirildiği ile daha kompleks ve belli bir düzene göre sistematize edilmiş bilgi formları arasındaki ilişkilerin bilgisini kapsamaktadır (Anderson vd., 2001). Kavramsal bilgi, Hiebert ve Lefevre (1986) ilişkileri bakımından kuvvetli, birbirine bağlı bilgiler ağı olarak ifade edilmekte iken Kilpatrick, Swafford ve Findell (2001) matematiksel kavramları, işlemleri ve aralarındaki ilişkileri anlamak olarak ifade etmiştir. Baroody, Feil ve Johnson (2007) ise kavramsal bilgiyi olgular ve ilkeler bilgisi olarak betimlemiştir.

Kavramsal bilgi; sınıflamalar ve kategoriler bilgisi, ilke ve genellemeler bilgisi ile teoriler, modeller ve yapılar bilgisi olmak üzere üç alt kategori ile açıklanabilir (Anderson, vd., 2001, s.62).

- ***Sınıflamalar ve Kategoriler Bilgisi:*** Belirli bir konu alanındaki temel sınıflamaları içerir. Bir disiplin alanı geliştikçe kategoriler, sınıflamalar ve düzenlemeleri içeren bilginin daha detaylı yapılandırılması gerekebilir. Olgusal bilgiye oranla daha genel ve soyut bir bilgileri kapsamaktadır.
- ***İlke ve Genellemeler Bilgisi:*** Özel olgu ve olaylarla ilgili gözlemleri özetleyen ilke ve genellemeler bir problemin çözülmesi ya da olay ve olguların incelenmesini sağlayan soyutlamalardır. Genellemeler gibi anlamlı örüntüleri oluşturabilme, tanıyabilme bu örüntülerle ilgili bilgileri çok az bilişsel çaba ile etkin hale getirilmesini sağlayan bilgidir. Ayrıca öğrencilerin konu alanı ile ilgili ilişki kurma ve organize etme becerilerinin gelişmesini sağlamaktadır.
- ***Teoriler, Modeller ve Yapılar Bilgisi:*** Çeşitli konu alanlarında olay ve olguları farklı felsefi temellerin, kuramların, modellerin ve yapıların tanımlanması, açıklanması ve tahminde bulunulmasını sağlayan bilgidir. Bu tür bilgiler soyut olmakla beraber sınıflamalar, ilke ve genellemeler arasındaki ilişkinin organize edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca bir disiplin alanı ile ilgili yorum ve açıklamaların yapılabilmesi için yeterli kuram, model ve yapı bilgisine sahip olunması gerekir.

İşlemsel Bilgi

Bazı problemler karmaşık işlemler, özel algoritmalar, teknik ve metodlar ile çözülebilirken; bazı problemler ise basit işlemler ile çözülebilmektedir (Ayvacı & Türkdoğan, 2010). Rittle-Johnson, Siegler ve Alibali (2001)'e göre çözüme gitmek için adım adım yapılan işlemler şeklinde ifade edilirken; Kilpatrick, Swafford ve Findell (2001) tarafından ise işlemleri doğru, esnek ve etkili şekilde gerçekleştirebilmek olarak tanımlanmıştır. Chinnappan ve Forrester (2014) matematiksel kuralları ve matematiğin rutinlerini bilmek olarak ifade ederken; benzer şekilde Ploger ve Hecht (2009)'e göre matematiksel sembollerin ne anlama geldiğini bilmektir.

Bir işlem ya da etkinlik yapılırken uyulması gereken kategorilerin bilinmesi olarak tanımlanabilir (Anderson vd., 2001, s.67). Genel anlamda olgusal ve kavramsal bilgide

‘ne?’ sorusuna cevap aranırken; işlemsel bilgide ‘nasıl?’ sorusuna cevap aranmaktadır. Ayrıca literatürdeki tanımlar göz önüne alınarak kavramsal bilgide kavramın altında yatan matematiksel anlam ele alınırken; işlemsel bilgide matematiksel algoritmalar ve işlemlerin nasıl yapılacağına odaklanılmaktadır.

İşlemsel bilgi; konuya özgü özel yetenekler ve algoritmalar bilgisi, konuya özgü özel teknik ve metodlar bilgisi ve uygun işlemlerin hangi durumlarda kullanılacağını belirlenmesine yönelik ölçütler bilgisi olmak üzere üç alt kategori ile açıklanabilir (Anderson vd., 2001, s.67).

- **Konuya Özgü Özel Yetenekler ve Algoritmalar Bilgisi:** Algoritma, belirli bir sıra ve komutlar dizisi ile bir sorunun sonucunu bularak belirli bir sayıyı hesaplamaktır. Bu bilgi türü adım ve sonuçları belirli olan bilgilerdir. Burada esas olan bir problemi belirli ve aynı sıralı adımlar ile çözerek aynı sonucun elde edilmesidir.
- **Konuya Özgü Özel Teknik ve Metodlar Bilgisi:** Bu tür bilgilerde problemin sonuçlarından çok alan uzmanlarının problemlere nasıl yaklaştıklarına önem vermektedir. Yani alana özel becerilerin aksine önceden belirlenmiş işlem yolları sabit sonuçlara ulaştırmayabilir. Bu alt kategoride, farklı değişkenlere farklı çözüm önerileri geliştirilmektedir.
- **Uygun İşlemlerin Hangi Durumlarda Kullanılacağını Belirlenmesine Yönelik Ölçütler Bilgisi:** Bir bilginin ne zaman kullanılacağını ve geçmişte ne zaman kullanıldığının hatırlanması bilgisidir. Bu bilgi türünde esas olan alan uzmanları tarafından sistemleştirilmiş olan bilgilerin problemin çözümünde kullanılması bilgisidir.

Üstbilişsel Bilgi

Üstbilişsel bilgi, kişinin neyi ne kadar bildiğinin farkında olması, kendi biliş seviyesinin farkında olması olarak tanımlanmaktadır (Krathwohl, 2009). Üstbilişsel bilgiye sahip birey, öğrenmek için plan yapar, bir problemi çözmek için uygun strateji ve becerileri kullanır, kendi öğrenmeleri hakkında tahminde bulunur. Bu bilgi türü Anderson vd. (2001)’ ne göre bireylerin öğrenmelerini adapte etmeleri ve bildiklerini kendi öğrenmeleri doğrultusunda aktarmaları ve düzenlemeleri açısından önemlidir. Ayrıca bireyler kendi bilgi ve düşüncelerinden daha çok sorumludur.

Üstbilişsel bilgi, stratejik bilgi, uygun bağlam ve durumlara ilişkin bilişsel görevler bilgisi ve öz bilgi olmak üzere üç alt kategoriden oluşmaktadır (Anderson vd., 2001, s.72).

- **Stratejik Bilgi:** Karşılaşılan problemlere çözüm üretmek, akıl yürütmek ve öğrenmek için kullanılan genel stratejilerin bilgisidir. Ezber yapma, kitap okuma, karşılaşılan probleme karşı nasıl bir çözüm yolunun uygulanması, düşünme gibi durumlarda kullanılan bir alt bilgi türüdür. Tekrar etmek, geliştirmek ve organize etmek gibi stratejiler olabilir.
- **Bilişsel Görevle İlgili Bilgi:** Sahip olunan bilgi ve birikimlerden yola çıkarak daha önce karşılaşılmayan bir problemin çözümlerinden birinin seçilmesidir. Bu seçimler bireylerin bilişsel görev bilgilerini ifade etmektedir.
- **Öz Bilgi:** Bireyin kendi hakkındaki bilgisidir. Bu bilgi türüne sahip birey kendi güçlü ve zayıf yönlerinin farkındadır. Birey bilmediği bir konu ile ilgili hangi stratejileri kullanması gerektiğine kendi karar verir. Burada kişinin kendi hakkındaki bilgisinin en önemli yanı öğrenme eylemini gerçekleştirmedeki doğruluk derecesidir.

Mühendislik Eğitiminde Yapılan Çalışmalar

Bilimsel üstünlüğün ve akademik yetkinliğin ağır bastığı bir ortam olan üniversitelerin görevi; çok yönlü ve farklı açılardan bakabilen, özgür düşünen ve düşüncelerini ifade edebilen bireyler yetiştirmektir (Ceylan & Ceylan, 2007). Üniversitelerde verilen bu eğitimin başlıca amaçlarından biri de araştırma yapmayı bilen, bilimsel düşünme yeteneğine sahip bireyler yetiştirerek toplumun ihtiyacı doğrultusunda bilimsel ve teknolojik gelişmelere katkıda bulunabilmektir.

Mühendislik, matematik, doğa bilimleri ve sosyal bilimler bilgisini kullanma ve bu bilgiyi insan kullanımına sunmak üzere yeni ürünler yaratmak için uygulama süreci olarak tanımlanabilir. Aynı zamanda “insanlara hizmet eden yeni yapılar, algoritmalar, süreçler ve sistemler yaratmayı amaçlayan bir insan etkinliği” olarak da tanımlanabilir. Ayrıca mühendislik, teknoloji, bilim ve matematiğe dayanan, gerçek hayattaki sorunları çözmek ve insanlar için hayatı kolaylaştırmak adına tüm bu alanları birleştiren bir meslektir (Morgan, Moon & Barroso, 2008).

Üniversitelerde verilen mühendislik eğitimi çoğunlukla teknik derslerin etrafında şekillenmektedir. İyi bir mühendisin günümüz koşullarında yenilik ve gelişmelere açık, buna uyum sağlayabilen, bugünün ve yarının gereksinimlerine çözüm oluşturabilecek niteliklere sahip olması beklenmektedir. Başka bir ifade ile mühendislik eğitiminin başlıca amacı, temel bilgi ve becerilerle kendini donatmış, çeşitli konularda derin bilgilere sahip olmakla beraber analiz, sentez ve tasarım yapabilen, yaşam boyu öğrenme alışkanlığı kazanmış bireyler yetiştirmektir (Özsoy, 2013). Mühendislik fakültelerinde içeriğinde ufak tefek farklılıklar olmakla beraber verilen matematik, lineer cebir ve diferansiyel denklemler bir mühendis adayı tarafından muhakkak öğrenilmesi gereken konulardır (Güner & Çomak, 2011).

Mühendislik eğitimi, son yıllarda mühendislik bölümlerinden eğitimciler, mühendisler ve öğretmenler arasında tartışma konusu olmuştur (Allen, 2000; Başaran, 2013; Kent & Noss, 2000). Aşağıda mühendislik eğitiminde yapılan çalışmalar ifade edilmeye çalışılmıştır.

Willcox ve Bounova (2004), Havacılık ve Uzay Bilimleri Bölümü'nde okuyan lisans öğrencilerinin ihtiyaç duyduğu matematik becerilerini yapılandırılmış bir şekilde ortaya koymak için bir çalışma başlatmışlardır. Araştırmanın temel amacı mühendislik eğitimiyle ilgili matematik konularının mühendislik öğrencilerinin eğitimdeki uygulamasında karşılaştıkları engelleri tanımlamaktır. Fonksiyonlar, lineer cebir ve vektör hesabı gibi bir takım problem yaşanan konular tespit edilmiştir. Yapılan görüşmeler sonucunda mühendislik fakültelerinin matematik müfredatlarının içeriği konusunda yetersiz olduğu ve genellikle ihtiyaç duydukları becerilerin nerede ve nasıl öğretildiğini bilmediklerini, matematik öğretmenlerinin ise matematiksel kavramların mühendislik derslerinde nasıl uygulandığına dair sınırlı bir anlayışa sahip olduğunu göstermektedir. Matematik-mühendislik fakülteleri arasındaki iletişimin artması, sorun çözümü için ortak hareket etme tavsiyelerinde bulunmuşlardır.

Cardella (2007), eğitimleri sırasınca matematik dersleri alan mühendislik öğrencilerinin bu derslerde öğrendiği matematiği mühendislik çalışmalarında kullanmadığı yönündeki inançları doğrultusunda beş farklı mühendislik disiplininde öğrencilerle yarı yapılandırılmış görüşmeler yapmıştır. Mühendislik öğrencilerinin problem çözme stratejilerini öğrendikleri, matematik ve mühendislik ile ilgili olumlu duygu ve inanış geliştirdikleri tespit edilmiş, mühendislik öğrencilerinin matematik eğitiminin mühendisliğe uygun hale getirilmesi için mühendisliğe danışılması tavsiye edilmiştir.

Güner (2008), çalışmasında lisede kazanılan matematiksel bilgi düzeylerini mühendislik öğrencilerinin algıladığı şekliyle ölçmek için bir araç geliştirmek istemiştir. Geliştirilen ölçek ile mühendislik öğrencilerinden kendi bilgi düzeylerini değerlendirmeleri istenmiştir. Üniversitenin ilk yarısında Matematik I dersini başarıyla tamamlayan öğrencilerin ölçek puan ortalamaları ile bu dersten başarısız olanların ortalama ölçek puanları arasında anlamlı bir fark bulunmuştur. Bu fark, dersi başarıyla tamamlayan öğrencilerin lehine bulunmuştur.

Mühendislik öğrencileri arasında eleştirel düşünmenin önemini vurgulamanın önemli olması ve bununla birlikte, lisans mühendisliği öğrencilerine matematik öğreten matematik eğitimcileri arasında, bu öğrencilerin mezun olduktan sonra kazanmaları gereken matematik odaklı becerilerinin tam olarak ne olduğunu bilmemeleri temel bir sorun teşkil etmektedir. Radzi, Abu ve Mohamad (2009), yaptıkları çalışmada söz konusu becerilerin belirlenmesinin önemini belirlemeyi ve mühendislik danışmanlığı firmalarındaki mühendisler arasında bu becerileri geliştirmeye yardımcı olan faktörler ve bu becerilerin oluşum yıllarında potansiyel mühendisler nasıl yansıtılabileceği konusunda farkındalık yaratmayı amaçlamaktadır. Çalışma sonucunda, mühendislik matematiği dersinde işbirlikli öğrenme ortamının öğrencileri birbirleriyle iletişim kurmaya teşvik ettiği görülmüştür. Mühendislik öğrencilerine öğretimde ilgili matematik odaklı eleştirel düşünme becerilerini belirleme ihtiyacının, mühendislik öğrencilerine eğitim veren matematik toplulukları arasında ortak bir referans olarak çok önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu ortak referans ile mühendislik öğrencilerinin söz konusu becerilerini geliştirme konusunda daha uyumlu bir çaba gösterecekleri ifade edilmektedir.

Zeidmane ve Sergejeva (2013), Mühendislik eğitiminin kalitesini artırmak amacıyla matematiğin problem çözme becerisini geliştirmekteki rolü, matematiğin spesifik karakteri, bilgi teknolojilerinin çalışma sürecindeki kazanımlarını uygulama başlıkları adı altında çalışmışlardır, dolaylı olarak matematiğin mühendislik eğitimindeki rolü ve etkisini saptamak hedeflenmiştir. Matematik öğretiminin dolaylı olarak geliştirdiği becerileri belirlemek ve matematik çalışmalarının öğrencilerin değerlendirilmesindeki önemini belirlemek amacıyla bir anket oluşturulmuştur. Anket sonuçlarının analizi, öğrencilerin bilişsel becerilerin geliştirilmesinde matematiğin rolünü olumlu olarak değerlendirdiklerini, sunulan etkileşimli çalışma materyallerini isteyerek kullandıklarını,

ancak herkesin bu yeteneğin geliştirilmesi için ciddi çaba harcamaya hazır olmadığını göstermektedir.

Wedelin ve Adawi (2014), matematiksel modelleme ve problem çözme odaklı dersleri, öğrencilere bilim ve teknolojiye gerçek dünya problemleriyle baş edebilmeleri için en uygun yeteneklere ulaşmalarını sağlamak olarak tanımlamıştır. Bu çalışmada matematiksel modelleme ve problem çözmede bir dersin tasarımı anlatılmıştır. Ayrıca mühendislik eğitimindeki rolünü ve sorgulamaya dayalı öğrenme ve bilişsel çıraklık açısından genel felsefesini anlamayı amaçlamıştır. Ders başlangıcında matematiksel modelleme ve problem çözme becerisine çok fazla sahip olmayan öğrencilerin dersin sonunda sorgulama temelli gerçekçi özgün ve zorlayıcı problemlerle karşılaştıklarından öğrencilerin kayda değer bir matematiksel düşünme gelişimi geliştirdikleri gözlenmiş bu ve benzer tarzdaki derslerin mühendislik müfredatında yer alması gerektiği önerilmiştir.

Jones (2015), matematik ve fen eğitimlerinde yapılan araştırmalarda matematik bilgilerinin bilim ve mühendislik alanına uygulanmasının öğrenciler tarafından bir güçlük durumu olduğu sonucundan yola çıkarak belirli integral konusu hakkında bir çalışma ortaya koymuşlardır. Çalışmada çarpımsal temelli toplam kavramı olarak yeniden adlandırılan parçaların toplanması sembolik formu, eğri altında kalan alan ve anti-türev de dahil olmak üzere belirli integral kavramlarının öğrencilerin integral kavramını nasıl anlamlandırdıkları incelenmiştir. Bu çalışmada bir eğri altında kalan alan ve anti türev kavramları başta olmak üzere belirli inetgralin bağlı olduğu uygulamalarında yeterli olmadığını, aksine Riemann Toplamına dayalı belirli integralin ‘parçaların toplamı’ kavramının daha yararlı ve kullanışlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmalara ek olarak lise sınav puanlarını kullanarak mühendislikte akademik performansı tahmin etme üzerine yapılan bir çalışmada ise matematiğin birinci yıl not ortalaması ile en yüksek korelasyona sahip olduğu bulunmuştur (Winter & Dodou, 2011). Bu fikirlerin yanı sıra mühendislik eğitimi, son yıllarda mühendislik bölümlerinden eğitimciler, mühendisler ve eğitmenler arasında tartışma konusu olmuştur (Allen, 2000; Kent & Noss, 2000).

Bloom Taksonomisi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde Bloom Taksonomisi ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle matematik eğitiminde kitaplardaki soruların ya da sınav sorularının öğrenme hedeflerine göre hangi düzeyde olduğunu ve bunun diğer değişkenler ile karşılaştırılması sonucunu görmeye yönelik yapılmıştır. Bu çalışmalar aşağıda ifade edilmeye çalışılmıştır.

Baysen (2006), öğretmenlerin sınıfta sordukları soruları ve bu sorulara öğrenciler tarafından verilen cevapları Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu açısından hangi düzeyde olduklarını belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada sorulan soruların yüzde elli altısının bilgi düzeyinde olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca sorulan sorulara verilen cevapların düzeyinin sorulan soru düzeyleri ile aynı olduğu bazı üst düzey sorularda ise karşılaşılan cevapların daha alt düzeyde olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Matematik ve fen bilimleri dersinde sorulan soruların ağırlıklı olarak uygulama basamağında olduğu, kavrama düzeyine ait soruların ise öğrenciler tarafından toplu halde ‘evet’ ya da ‘hayır’ şeklinde yüksek bir sesle cevaplanabilen türde sorular olduğu ortaya konulmuştur.

Bekdemir ve Selim (2008), ilköğretim matematik programının cebir öğrenme alanındaki hedef davranışları, Bloom Taksonomisinin bilgi ve bilişsel süreç boyutu açısından değerlendirmişlerdir. Hedef davranışların bilgi boyutu bakımından kavramsal ve işlemsel bilgi basamaklarında geliştirildiği, bilişsel süreç boyutu bakımından ise alt düzey düşünme becerilerinden anlama ve uygulama basamağında yoğunlaştığı, üst düzey düşünme becerilerinden analiz etme ve yaratma basamağında ise genele oranla daha az kazanım bulunduğu ortaya konulmuştur.

Köğce ve Baki (2009), ÖSS matematik soruları ile matematik öğretmenlerinin yazılı sınavlarında sordukları soruların Bloom Taksonomisine göre karşılaştırmasını yapmıştır. Bu çalışma doğrultusunda matematik öğretmenleri farklı türdeki ortaöğretim kurumlarından seçilmiş olup 2003-2004 ve 2004-2005 eğitim-öğretim yıllarına ait matematik yazılı sınav soruları ile 1995-2004 yılları arasında ÖSS’lerin sayısal bölümlerinde yer alan matematik soruları incelemeye alınmıştır. Revize Edilmiş Bloom Taksonomisinin basamakları dikkate alınarak soru seviyeleri belirlenmiştir. Çalışmanın genel sonucuna bakıldığında ise anadolu ve fen liselerinde soruların yazılı sorularının ÖSS matematik sınav soruları ile bilişsel açıdan uyumlu olduğu fakat meslek lisesi, çok programlı anadolu lisesi ve genel lisedeki yazılı sınav sorularının bilişsel açıdan uyumadığı tespit edilmiştir.

Kahramanoğlu (2013), müfredat programlarındaki değişikliklerin 6. 7. ve 8. sınıf fen ders kitaplarındaki ünite sonu değerlendirme sorularına etkisini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Ayrıca fen ders kitaplarının ünite sonlarında verilen değerlendirme soruları Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç basamakları açısından incelenmiştir. Müfredat programındaki değişmelere bağlı olmaksızın ders kitaplarındaki ünite sonu değerlendirme sorularının Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç basamaklarından alt düzey düşünme becerilerini ölçtüğü belirlenmiştir. Ayrıca 2000 yılına ait fen ders kitaplarındaki soruların diğer yıllara oranla daha nitelikli hazırlandığı tespit edilmiştir.

Dursun ve Aydın-Parim (2014), Bloom Taksonomisi ve öğretim programlarına göre 2013 yılına ait YGS matematik soruları ile 9.sınıf matematik sınav sorularının karşılaştırılmasına yönelik yaptıkları çalışma, 2013 YGS matematik soruları ile örnekleme oluşturan matematik öğretmenlerinin yazılı sınav sorularının Bloom Taksonomisine göre ağırlıklı olarak uygulama basamağına ait olduğu değerlendirilmiştir. Ayrıca matematik öğretmenlerinin yapmış oldukları sınav soru adetlerinin müfredata ayrılan süre ile orantılı olmadığı tespit edilmiştir.

Toğrul (2014), lise öğrencilerinin EBOB-EKOK problem çözüm süreçlerini kavramsal ve işlemsel bilgi açısından incelemiştir ve hazırladığı EBOB-EKOK testini Bloom Taksonomisinin bilgi ve bilişsel süreç boyutunu esas alarak ortaya koymuştur. Çalışma sonunda öğrencilerin işlemsel bilgi gerektiren sorularda daha iyi performans gösterdiği, kavramsal ve işlemsel bilgi gerektiren sorularda ise daha düşük performans gösterdikleri belirlenmiştir. Bilişsel süreç boyutunun basamakları üst düzeye çıktıkça öğrencilerin performanslarının da düştüğü tespit edilmiş fakat analiz basamağına üstünde bulunan değerlendirme basamağına ait sorularda performansın analiz basamağına göre daha yüksek çıktığı belirlenmiştir.

Kala (2015), çalışmasında 2013 yılında ilk kez uygulanan Kamu Personeli Seçme Sınavı'nın oturumlarından biri olan biyoloji alan bilgisi sınavında yer alan soruların, biyoloji öğretmenliği fakültelerinin programlarına, Revize Edilmiş Bloom Taksonomisinin bilgi ve bilişsel süreç boyutuna göre incelenmesini hedeflemiştir. Bu çalışma doğrultusunda doküman incelemesi ile elde edilen verilerin analizi içerik ve betimsel analiz yöntemleri ile yapılmıştır. Yapılan bu çalışmanın sonucunda üniversitelere ait öğretim programlarının bir standartta olmadığı, bahsi geçen sınava ait biyoloji alan testinde sorulan soruların programlar ile örtüşme düzeyinin yeterli olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu basamaklarından özellikle değerlendir ve yarat basamağına ait soru olmadığı ve anla basamağında yoğunlaştığı tespit edilirken bilgi boyutundan ise üstbilişsel bilgi türüne ait soruya rastlanılmadığı bununla beraber kavramsal ve işlemsel bilgi türüne daha çok yoğunlaştığı tespit edilmiştir.

Yakalı (2016), yaptığı çalışmada 2013-2014, 2014-2015 yılları arasında güz ve bahar dönemlerine ait TEOG matematik sınav sorularının tamamını ve bu sorulara ait kazanımları Revize Edilmiş Bloom Taksonomisine göre incelemiştir. Doküman incelemesi ve hem öğretmen hem de öğrenciler ile görüşmeler yaparak elde edilen verileri betimsel analiz yöntemi ile analiz etmiştir. Bulguların değerlendirilmesi ile soruların Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutunun alt düzey öğrenmelere yoğunlaştığı, yaratma ve değerlendirme basamaklarına ait soruların olmadığını tespit etmiştir.

Çelikel ve Karakuş (2017), çalışmalarında TEOG sınav sisteminin ülkemizdeki ilk uygulamasının öğrencilerin matematik dersindeki başarı düzeyleri ile ilişkisinin ortaya konulması ve bu sınav sisteminin öğretim süreci üzerindeki etkisini belirlemek amacını gütmüşlerdir. Bu amaçla MEB okullarına bağlı rastgele örnekleme yöntemi ile sekizinci sınıf matematik dersine giren 17 öğretmen seçilmiştir. Öğretmenler ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler, öğrencilerin TEOG sınavında göstermiş olduğu başarı ile okulda gösterdiği akademik başarının uyumlu olduğunu ortaya koymuştur.

Zorluoğlu, Kızılaslan ve Sözbilir (2016), yaptıkları çalışmada doküman inceleme yöntemini kullanarak ortaöğretim kimya ders programının kazanımlarını Bloom Taksonomisinin revize edilmiş haline göre inceleme ve değerlendirmesini yapmışlardır ve öğretim programına ait bu kazanımların bütünsel anlamda anlaşılmasını sağlamayı amaçlamışlardır. 9.sınıf müfredatından seçilen bir üniteye ait kazanımlar bu iki araştırmacı tarafından Bloom Taksonomisinin basamaklarına göre analiz edilmiştir. İki çalışma karşılaştırılarak ortak bir karara varılmaya çalışılmıştır ve geri kalan kazanımlar araştırmacılar tarafından paylaştırılmıştır. Araştırmanın güvenilirliğinin testi için rastgele kazanımlar seçilerek araştırmacılar arası fikir alışverişi ile güvenilirlik hesaplaması yapılmıştır. Bilgi boyutu düzeyinde kavramsal bilgi, bilişsel süreç boyutunda ise anlama basamağına ait kazanım sayısının fazla olduğu değerlendirilmiştir.

Biber ve Tuna (2017), ortaokul matematik kitaplarındaki her bir soruyu öğrenme alanlarına ve Bloom Taksonomisine göre her sınıfa göre ayrı ayrı karşılaştırmıştır. Kitaplardaki sorular matematik öğrenme alanlarına göre sınıflandırılmış ve her bir soru Bloom

Taksonomisinin düzeylerine uygun olarak kodlama yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler betimsel istatistik tekniklerine göre analiz edilerek soruların genellikle “anlama” ve “uygulama” düzeyinde olduğu görülmüştür.

Karaman ve Bindak (2017), TEOG matematik soruları ilköğretim matematik öğretmenlerinin sınav sorularını Bloom Taksonomisinin revize edilmiş haline göre dağılımını ortaya koyabilmek amacıyla 2013-2014 ve 2014-2015 eğitim-öğretim yıllarına ait TEOG matematik soruları ile aynı hedef davranışları ölçen öğretmen yazılı sınav sorularını incelemişlerdir. Bu araştırmanın sonunda işlemsel bilgiyi ölçen soruların TEOG sınavında daha fazla olduğu, kavramsal bilgiyi ölçen soruların ise öğretmen sınav sorularında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Olgusal ve üstbilişsel bilgi türünü ölçen soru sorulmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Patil (2017), Bloom taksonomisinin bilişsel süreç boyutunun temel makine mühendisliği dersindeki farklı düşünme seviyelerini sınav kağıtlarını inceleyerek öğrenciler tarafından farklı değerlendirme araçları ile ne oranda kazanıldığını araştırmıştır. Bu doğrultuda Makine Mühendisliği dönem sonu sınav kağıtlarından sekiz soru incelenmiştir. Soru kağıtları için bilişsel süreç becerilerinden %40 hatırlama, %37 anlama, %18 uygulama ve %5 analiz basamaklarına ait soru sorulduğunu tespit etmiştir. Tüm soru kağıtlarındaki tüm sorular için genel bilişsel düzey bazında dağılım ise hatırlama, anlama, uygulama ve analiz etme basamakları için sırasıyla %37, %34, %15 ve %14 olarak tespit edilmiştir.

Çelik, Kul ve Çalık Uzun (2018) çalışmalarında, Bloom Taksonomisinin bilişsel ve bilgi boyutuna göre ortaokul matematik dersi öğretim programında yer alan hedef davranışların (kazanımların) detaylı incelenmesi hedeflenmiştir. Buna göre öğretim programında bulunan 215 kazanım üç araştırmacı tarafından değerlendirilmiştir ve doküman analizi yöntemi ile veriler analiz edilmiştir. Analiz sonucunda ise kazanımların Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutuna ait anlama ve uygulama kategorilerinde yoğunlaştığı gözlemlenirken bilgi boyutunda ise kavramsal ve işlemsel bilgi kategorilerinde yoğunlaştığı değerlendirilmiştir.

Sezer (2018), 8. sınıf fen bilimleri dersine giren öğretmenlerin yazılı sınav soruları ile TEOG fen bilimleri sınav sorularının Revize Edilmiş Bloom Taksonomisi, TIMSS 2015 ve PISA 2015 bilişsel basamaklarına göre karşılaştırma yapmayı ve 8.sınıf ortaöğretim fen bilimleri dersine ait programın kazanımları açısından değerlendirilmesini hedeflemiştir. Bu doğrultuda REBT’ye göre analiz sonucunda TEOG sınav sorularının %30’unun hatırlama,

%35'inin anlama, %20'sinin uygulama, %15'inin çözümlleme basamağında olduğu fakat değerlendirme ve yaratma basamağında sorular olmadığı tespit edilmiştir. Öğretmenlere ait yazılı sınav sorularının REBT'ye göre analizi sonucunda ise %51,97'sinin hatırlama, %24,47'sinin anlama, %19,91'inin uygulama, 0,19'unun çözümlleme ve %0,44'ünün değerlendirme basamağında olduğu fakat yaratma basamağından soruya rastlanmadığı tespit edilmiştir.

Cumhur, Çavdar ve Polat (2018), Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu basamaklarına göre matematik ve fen bilimleri öğretmen adaylarının oluşturdukları soruları incelemek amacıyla bir çalışma ortaya koymuşlardır. Üç uzmanın analizinden geçen bu çalışma sonunda öğretmen adaylarının soru hazırlarken bilişsel basamakları karıştırdıkları ve birbirinden ayırt etme konusunda zorlandıkları tespit edilmiştir. Ayrıca fen bilimleri öğretmen adaylarının matematik öğretmen adaylarına göre basamaklara uygun soru yazma açısından daha başarılı oldukları sonucuna ulaşmışlardır. Öğretmen adayları tarafından genellikle kavrama ve uygulama basamağı yerine analiz basamağının, kavrama ve yaratma basamağı yerine uygulama basamağının, analiz basamağı yerine ise yaratma ve değerlendirme basamağının kullanıldığı tespit edilmiştir.

Çil, Kuzu ve Şimşek (2019), 2018 ortaöğretim matematik programında bulunan kazanımları, Bloom Taksonomisinin revize edilmiş halinin bilişsel ve bilgi boyutu bakımından incelemişlerdir. Ayrıca programın genel amaçları ile kazanımlar arasındaki ilişkiyi 2023 Eğitim Vizyonu açısından değerlendirmişlerdir. Betimsel ve içerik analizi ile programın bilgi boyutunun kavramsal, işlemsel ve olgusal basamaklarına ait kazanımların olduğu değerlendirilirken üstbilişsel bilgi boyutunda kazanıma rastlanmadığını ortaya koymuşlardır. Bilişsel süreç boyutunda ise kazanımların anlama ve uygulama basamağında yoğunlaştığını, analiz etme ve değerlendirme basamağındaki kazanım sayısının sınırlı olduğunu, sentez basamağında ise hiçbir kazanıma rastlanmadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca programın genel amacı ile kazanımlar arasındaki uyumun sınırlı düzeyde olduğunu ortaya koymuşlardır.

Aydın, Ayyıldız ve Nakiboğlu (2019), 2018 yılına ait ortaöğretim lise kimya dersi öğretim programı ile fen lisesi kimya dersi öğretim programı kazanımlarının Bloom Taksonomisinin revize edilmiş haline göre karşılaştırmasını yapmayı hedeflemiştir. Her iki programda da kazanımların Revize Edilmiş Bloom Taksonomisinin bilgi boyutuna ait olgusal ve kavramsal bilgi basamaklarına dağılımının genel anlamda benzediği tespit

edilmiştir. Ayrıca her iki programa ait anlamlı farklılık işlemsel bilgi basamağında tüm sınıflar için, üstbilişsel bilgi basamağında ise sadece 9. ve 10. sınıflarda görülmüştür.

Ekinci ve Bal (2019), 2018 LGS’de sorulan matematik soruları ile ilköğretim matematik dersi öğretim programlarının öğrenme alanları arasındaki ilişkiyi ortaya koymak ve Revize Edilmiş Bloom Taksonomisi ile bilişsel süreçlerin ne düzeyde olduğunun ortaya koyulması hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin analizi ile LGS’ye ait sorulan matematik sorularının tüm öğrenme alanlarına hitap etmediği tespit edilmiştir. Buna karşın 8.sınıf ortaöğretim programı incelendiğinde tüm öğrenme alanlarına ait kazanımları içerdiği fakat soru dağılımı anlamında uygulama ve analiz basamağı dışında hiçbir basamaktan soruya rastlanılmadığı değerlendirilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın diğer bir sonucu da LGS’ye ait matematik sınav sorularının bilgi boyutundan işlemsel ve kavramsal bilgiye ait soruları içerdiği olgusal ve üstbilişsel bilgi türünde soruların bulunmadığı tespit edilmiştir.

Dündar (2019), çalışmasındaki amaç ilköğretim 3.sınıf fen bilimleri dersinde okutulan ders kitaplarına ait ünite sonu değerlendirme sorularının kapsam geçerliğini ve öğretim programı kazanımlarını Bloom Taksonomisinin revize edilmiş haline göre değerlendirmektir. Bu çalışmada elde edilen veriler sonucunda, kazanımların ve ünite sonu değerlendirme sorularının bilgi birikimi boyutundan olgusal bilgi ve kavramsal bilgi ile bilişsel süreç boyutunun anlama, hatırlama ve uygulama basamakları ile ilgili olduğu değerlendirilmiştir.

Aktan (2020), İlkokul matematik öğretim programının içerdiği kazanımların taksonomik seviyesini tespit etmek amacıyla Revize Edilen Bloom Taksonomisi doğrultusunda çalışma yapmış, çalışmasında verilerini dokümanlardan direkt olarak incelemiş ve içerik analizi yöntemini uygulamıştır. Çalışmasında alt düzey bilişsel basamakların yoğun olduğu ve üst düzey bilişsel basamakların yetersiz olduğu sonucuna ulaşmış ve ilkokul sınıf düzeyinde üst düzey bilişsel basamak kazanımlarına yoğunlaşılmasını tavsiye etmiştir.

Uymaz ve Çalışkan (2019), çalışmalarında sosyal bilgiler dersi öğretmenlerinin revize edilmiş olan Bloom Taksonomisinin basamaklarına göre sınavlarda sordukları soruları analiz etmeyi amaçlamışlardır. Bilişsel Süreç ve Bilgi Boyutunu ölçen bir inceleme formu oluşturulmuştur. Verilerin analizi ile soruların büyük bir kısmının hatırlama ve anlama basamaklarından oluşmakta iken bilgi boyutundan da olgusal bilgi türünün ağırlıklı kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kavramsal ve İşlemsel Bilgi Bağlamında Yapılan Çalışmalar

Türkiye’de yapılan kavramsal ve işlemsel bilgi bağlamındaki çalışmalar genellikle eğitim alanına kaymaktadır. Daha çok belli bir örneklem grubunun kavramsal ve işlemsel bilgi türlerine ait bilgi düzeylerinin ölçüldüğü görülmektedir. Yurt dışında ise eğitim alanlarının yanı sıra mühendislik eğitimlerinde kavramsal ve işlemsel bilgi türleri ve yaklaşımlarının önemi, ilişkisi ve matematiğin mühendislik eğitimindeki önemi gibi değerlerin incelendiği belirlenmiştir. Aşağıda bu çalışmalara dair özet bilgiler yer almaktadır.

İşleyen ve Işık (2005), üniversiteye gelen öğrencilerin ilköğretimden beri işlemsel öğrenme alışkanlıklarının lisans öğrenimlerinde de devam ettiğini düşünmesi sebebi ile ilköğretim matematik öğretmenliği ikinci sınıf öğrencilerinin alt vektör uzayı kavramına yönelik bilgilerinin kavramsal boyutta olup olmadığını tespit etmek istemişlerdir. Bunun için derste takip ettikleri iki kitaptan yararlanmışlardır. Öğrencilere gerekli ön bilgiler verildikten sonra alt vektör uzayının tanımı da verilerek bir örnek çözülmüştür. Bir hafta sonra öğrencilere benzer fakat veri eksikliği olan başka bir soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin probleme verdikleri cevaplar doğru, yanlış ve yanıt yok şeklinde gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Öğrencilerin hiçbirinin problemdeki veri eksikliğini fark etmediği ve bir önceki soruda olduğu gibi çözüm yapmaya çalıştıkları belirlenmiştir.

Taraban, Definis, Brown, Anderson ve Sharma (2007) çalışmalarında mühendislik öğrencilerinin kavramsal ve problem çözme bilgilerini nicelleştirebilen bir değerlendirme paradigması çalışmalarını daha fazla doğrulama sağlamak için mühendislikte lisans öğrenimi üzerine genişletmek istemişlerdir. Termodinamiğe giriş dersine kayıtlı olan sekiz öğrenci ve dersin devamına kaydolan dört öğrenci, öğretim yazılımlarını kullandıklarına dair sözlü protokol verilerini sağlamışlardır. Termodinamik dersi almamış bilim ve mühendislik dalından oluşan onbir kişilik gruptan elde edilen mevcut verilerle karşılaştırma yapmışlardır. Sonuçlar, acemi katılımcıların dahil olduğu öğretim yazılımından, bilgisayar ekranlarındaki içeriğe bağlı olarak öğrencilerin bilişlerinin sayısı ve türlerinde önemli farklılıklar ortaya çıkarmıştır. Ayrıca metain tabanlı materyallere kıyasla etkileşimli alıştırma ve sınav problemlerinin daha büyük bilişsel aktivite uyandırdığı belirlenmiştir.

Tekin (2008), lise öğrencilerinin logaritma fonksiyonu konusundaki kavramsal ve işlemsel bilgilerini araştırmak istemiştir. Bunun için Trabzon’dan 80 lise öğrencisi ile çalışmayı yürütmüştür. Bunun için açık uçlu 34 sorudan oluşan ve araştırmacı tarafından hazırlanan

bir test uygulanmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda ise öğrencilerin bu konudaki işlemsel bilgilerinin yeterli olduğunu fakat kavramsal bilgi bakımında yeterli olmadıkları ortaya koyulmuştur.

Mahir (2009), çalışmasında bir yıllık matematik dersini başarı ile bitiren öğrencilerin integral konusundaki kavramsal ve işlemsel bilgilerini incelemiştir. Araştırma grubu, Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Matematik Bölümü birinci sınıf derslerini başarıyla tamamlayan 62 öğrenciden oluşturulmuştur. Katılımcılara toplam 5 soru sorulmuştur. Öğrencilerin kavramsal bilgilerinin işlemsel bilgilerinden daha yüksek olması ve kavramsal bilgisi yüksek olan öğrencilerin işlemsel bilgilerinin de yüksek olması bakımından iki kategoride sonuçlar toplanmıştır. Bunun yanında integral konusunda öğrencilerin pek çok kavram yanlışlarını da ortaya koyan bir çalışma olmuştur.

Rayner, Pitsoulantis ve Osana (2009), çalışmalarında öğretmen adaylarındaki matematik kaygısı ile kesirler konusundaki işlemsel ve kavramsal bilgileri arasındaki ilişkiyi incelemek istemişlerdir. Bunun için matematiksel yöntemler dersine kayıtlı 32 ilköğretim matematik öğretmen adayına ‘Gözden Geçirilmiş Matematik Kaygısı Değerlendirme Ölçeği’ uygulanmıştır. Matematik kaygısı arttıkça öğretmen adaylarının vermiş olduğu işlemsel bilgi gerektiren sorulardaki doğru yanıtlanma oranının azaldığı gözlemlenmiştir. Aynı ilişki kavramsal bilgi gerektiren sorular içinde bulunmuştur.

Birgin ve Gürbüz (2009), altı, yedi ve sekizinci sınıf öğrencilerinin rasyonel sayılar konusundaki kavramsal ve işlemsel bilgi düzeylerini ölçmek istemişlerdir. Bunun için Trabzon ilinden 50’si altıncı sınıf, 50’si yedinci sınıf ve 60’ı sekizinci sınıf öğrencisi olmak üzere toplam 160 öğrenci ile çalışılmıştır. Yarı işlemsel yarı kavramsal bilgi düzeyinde olmak üzere toplam 12 adet oluşan iki aşamalı test öğrenci gruplarına uygulanmıştır. Yapılan nitel ve nicel analizler sonucunda öğrencilerin işlemsel bilgi türlerindeki sorularda, kavramsal bilgi türlerindeki sorulardan daha iyi performans gösterdikleri belirlenmiştir. Fakat iki bilgi türünde de yeterli düzeyde bilgiye sahip olunmadığı belirlenmiştir. Öğrencilerin konuya ilişkin kavramsal öğrenmelerinin yeterli olamamasının çözümlerinde de hatalara sebep olduğu tespit edilmiştir.

Leppavirta, Kettunen ve Sihvola (2011), giriş seviyesi elektromanyetik dersi sırasında karmaşık çok adımlı problem alıştırmalarına maruz kalmanın öğrencilerin kavramsal ve prosedürel bilgilerini geliştirip geliştirmediğini araştırmak istemişlerdir. Öğrencilerin bu problemlerde gösterdikleri performanslar mühendislik öncesi matematik ve fizik

sınavlarındaki başarıları ile karşılaştırılmıştır. Veriler korelasyon ve doğrusal regrasyon kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonunda karmaşık problemlerin elektromanyetik dersi için kavramsal bilgiyi geliştirmede, işlemsel bilgilerini önemli ölçüde geliştirdiği tespit edilmiştir.

Konyalıoğlu, Tortumlu, Kaplan, Işık ve Hızarcı (2011), çalışmalarında matematik öğretmen adaylarının integral kavramına yönelik kavramsal boyuttaki öğrenme düzeylerini incelemek istemişlerdir. Bu amaçla, öğretmen adaylarına soruların hatalı çözüldüğü ve hatalı olanların nedenini sorgulatan tipte doğru-yanlış sorularından oluşan bir test uygulanmıştır. Çalışma sonucunda öğretmen adaylarının integral kavramı ile ilgili kavramsal boyuttaki öğrenmelerinin yeterli olmadığı ortaya çıkmıştır.

Engelbrecht, Bergsten ve Kagesten (2012), çalışmalarında Güney Afrika ve İsveç olmak üzere iki öğretim kurumu arasında mühendislik öğrencileri için lisans matematik derslerine kavramsal odaklı öğretimin, işlemsel odaklı öğretimden daha faydalı olduğunu açığa çıkarmak istemişlerdir. Bunun için öğrenci görüşlerine ilişkin soruların yanı sıra işlemsel ve kavramsal maddelerden oluşan bir araç oluşturulmuştur ve öğrencilere uygulanarak iki grup arasındaki performans ve güven karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmadan öğrencilerin kavramsal bilgilerinden ziyade prosedürel bilgilerindeki performanslarına daha fazla güven duydukları ve her iki görev kategorisinin de mühendislik çalışmaları ile ilgili olduğu görüşleri elde edilmiştir. İki örneklem arasında kavramsal ve işlemsel bilgilerin yaygın olarak görülmesine yönelik bazı farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu da matematiğin mühendislik eğitiminde ve diğer konularda kullanımının farklı kurumlardan öğrenciler tarafından farklı deneyimlenebileceğini göstermektedir ki bu da aynı eğitim türünün farklı kurumlarda matematiğin farklı şekillerde uygulanmasını sağlayabileceğini göstermektedir.

Kollöffel ve Jong (2013) çalışmalarında mühendis öğrencileri tarafından kavramsal anlamının kazanılmasının nasıl kolaylaştırılacağını keşfetmek istemiştir. Geleneksel öğretimden ziyade laboratuvar ortamında sorgulayarak öğrenme biçiminin daha etkili olacağı düşünülmüştür. Bunun içinde örneklemine ikiye ayırarak geleneksel tabanlı öğrenme ortamı ve sanal laboratuvar ortamlarında öğrenmeler gerçekleştirilmiştir. Sanal laboratuvarlarda öğrencilerin kavramsal ve işlemsel becerilerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Ata (2013), ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının olasılık konusundaki bilgilerini kavramsal ve işlemsel açıdan incelemek istemiştir. Araştırmanın nicel verileri 100

öğretmen adayına yapılan kavramsal ve işlemsel bilgi testleri ile elde edilmiştir. Dereceli puanlama anahtarı araştırmacı tarafından oluşturulmuştur ve buna göre analizler yapılmıştır. Nitel veriler ise 20 öğretmenden elde edilen yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilmiştir ve içerik analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda kavramsal ve işlemsel bilgi düzeylerinin genel anlamda orta seviyede olduğu belirlenmiştir. Kavramsal bilgi açısından kavramları birbirleri ile karıştırmaları, permütasyon ve kombinasyon kavramını açıklamada ve bunları gerçek hayat problemlerinde uygulamada yetersiz kaldıkları belirlenmiştir. Geometri ile ilişkili olasılık hesaplarında işlemsel bilgi anlamında yetersiz oldukları görülmüştür.

Aydın (2015), çalışmasında akademisyenlerin fen eğitiminde kavramsal ve işlemsel öğrenmeler üzerine yönelik görüşlerini ele almaktadır. Bunun için iki farklı üniversitede görev yapan 8 öğretim elemanı ile görüşmeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda kavramsal ve işlemsel öğrenmelerin fen eğitiminde çok önemli olduğu, iki bilgi türünün de birbirini barındırdığı fakat kavramsal bilginin kazanılmış olması işlemsel bilgiyi etkilediği görülürken işlemsel bilginin kazanılmış olmasının kavramsal bilgiye hiçbir etkisinin olmadığı görüşleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu iki bilgi türünün öğrenmeler için dengelenmesi gerektiği ve bu sayede öğrenmelerin daha kalıcı ve daha anlamlı olacağı belirtilmiştir.

Zulnaidi ve Zamri (2017), çalışmalarında GeoGebra yazılımının öğrencilerin kavramsal ve prosedürel bilgileri üzerindeki etkilerini ve öğrencilerin matematikte özellikle fonksiyon konusundaki başarısını belirlemek istemişlerdir. Bu çalışma ayrıca kavramsal bilgi ile öğrencilerin başarısı arasında bir aracı olarak işlemsel bilginin rolünü belirlemiştir. İki gruba ayrılan 345 öğrenci üzerinden yarı deneysel bir çalışma yürütülmüştür. 169 öğrenciden oluşan bir grup GeoGebra yazılımını kullanırken, diğer 176 öğrenci Matematik öğrenmek için geleneksel yöntemi kullanmışlardır. Veriler, kavramsal ve işlemsel testler yoluyla ve fonksiyon konusundaki matematik sınavlarındaki başarılarından elde edilmiştir. Her iki deney grubu da işlemsel bilginin kavramsal bilgi ile öğrencilerin matematikteki başarısı arasında önemli bir aracı olduğunu göstermektedir. Ayrıca GeoGebra yazılımı ile öğrencilerin kavramsal ve işlemsel bilgilerini geliştirme yeteneğine sahip olduğu ve aynı zamanda öğrencilerin başarısını önemli ölçüde arttırdığı ortaya koyulmuştur.

Bergsten, Engelbrecht ve Kagesten (2017), mühendislik eğitimi müfredatındaki matematiksel bileşenlerin ideal bir tasarımı için, matematiksel çalışmanın işlemsel ve

kavramsal boyutlarının, mühendislerin eğitim ve uygulamalarından gelen farklı talepler ve bağlamlarla nasıl eşleştirilebileceğini araştırmak istemişlerdir. İkinci ve dördüncü sınıf mühendislik öğrencilerinin işlemsel ve kavramsal matematik problemlerini içeren bir ankete verdikleri cevaplardaki performans ve güveni karşılaştırma yoluna gitmişlerdir. Ayrıca bunun yanında öğrencilerin kavramsal ve işlemsel matematik problemlerinin matematik çalışmalarında ve farklı çalışmalardaki rollerine ilişkin fikirleri de incelenmek istenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda yapılan analizler ile mühendislik konuları ve mühendislik tasarımları bağlamında kavramsal matematiksel yaklaşımın işlemsel yaklaşımdan daha önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

Engelbrecht, Bergsten ve Kagesten (2017), yaptıkları başka bir çalışmada mühendislik öğrencilerinin uzmanlık eğitimleri sırasında matematik yaparken ve matematiği kullanırken kavramsal ve işlemsel boyutları açısından edinebilecekleri matematiksel bilgi türü ile ilgilidir. Çalışmalarında 25 nitelikli mühendis ile mühendislik eğitiminde matematiğin rolü hakkındaki görüşleri ve kavramsal işlemsel bilgiye yönelik düşüncelerini belirlemek için özel görüşmeler yürütmüşlerdir. Görüşmeler neticesinde iki görüşten biri olan kavramsal bilginin işlemsel bilgiye göre ağırlıklı olarak öğretilmesi ve bir mühendis tarafından bilinmesi gerektiğidir. Diğer bir görüş ise işlemsel bilgiye de ihtiyaç olduğudur dolayısı ile iki bilgi türünde dengeli olması gerektiğidir.

Bekdemir ve Baş (2017), matematik öğretmenlerinin öğrencilerin matematiksel bilgi ve becerilerini ölçmek için sınavlarda sordukları soruların kavramsal ve işlemsel bilgi boyutuna göre analizini yapmışlardır. Bunun için aynı sınıf öğrencilerini değerlendirmek amacı ile 13 matematik öğretmenin hazırlamış olduğu sınav kâğıtlarının birinci ve üçüncü sınav sorularını içeren toplam 26 sınav kağıdı incelenmiştir. Aynı zamanda öğretmenlere de açık uçlu sorulardan oluşan ve hazırladıkları sınav sorularına yönelik bilgi alabilmek amaçlı bir anket hazırlanmıştır. Elde edilen bulgular ile öğretmenlerin hazırladıkları sınav sorularının öğrencilerin kavramsal bilgilerini ölçmeye ya da kullanmaya yönelik sorularda sınırlı olduğu görülürken daha çok çoktan seçmeli sorular ve görsel nitelikteki sorulardan yararlandıkları belirlenmiştir. Ayrıca sınav sorularında öğrencilerin üst düzey bilgilerini ölçmeye yönelik sorulara rastlanmamıştır. Öğretmenlerin sınav sorularının çoğunu internet ortamından aldıkları ve benzerlerini derste çözdükleri yapılan görüşmeler sonucunda öğrenilmiştir.

Özyıldırım Gümüş ve Umay (2018), problem çözüm süreçlerinde bireylerin kavramsal ve işlemsel bilgi kullanımlarına yönelik yaklaşımlarını belirlemek istemişlerdir. Bunun için kavramsal ve işlemsel bilgi türlerine yönelik bir literatür taraması yapılmıştır ve ölçek maddesi olabilecek ifadeler belirlenerek alanlarında uzman kişilerden yardım alınarak gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Elde edilen ölçek güvenirlik açısından uygun düzeyde olup üç faktörlü ve 14 maddeli bir ölçektir.

Achmetli, Schukajlow ve Rakoczy (2019), çalışmalarında çoklu matematiksel prosedür uygulayarak gerçek hayat problemleri için çoklu çözümlerin oluşturulmasının öğrencilerin işlemsel ve kavramsal bilgilerini ve yeterlilik deneyimlerini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Elde edilen verilerin analizleri, gerçek hayat problemlerinde çoklu çözümler oluşturmanın, öğrencilerin yeterlilik duygularını artırdığını ve yeterlilik deneyimi yoluyla işlemsel ve kavramsal bilgilerini dolaylı olarak etkilediğini göstermiştir. Dahası, öğrencilerin ön bilgileri, yeterlik deneyimleri yoluyla öğrencilere uygulanan son testteki bilgilerini doğrudan ve dolaylı olarak etkilediği belirlenmiştir.

Arar (2019), çalışmasında üniversite öğrencilerinin fonksiyon kavramı ile ilgili kavramsal ve işlemsel bilgi düzeylerini ele almıştır. Bu kapsamda fonksiyon kavramı ile ilgili hedef davranışları belirleyerek kavramsal ve işlemsel bilgiyi ölçen 13 adet soru hazırlamıştır. Soruların hangi bilgi türüne ait olduğunu belirlemek için literatür taraması ile bir karakterizasyon ölçeği oluşturulmuştur ve 65 üniversite öğrencisine uygulanmıştır. Öğrencilerin fonksiyon kavramına yönelik bilgilerinde genel anlamda kavramsal bilgilerinde eksiklikler olduğu ve işlemsel bilgilerinin ezber bilgi olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca işlemsel bilgi türündeki soruların kavramsal bilgiye göre daha fazla yanıtlandığı görülmüştür.

Özyıldırım Gümüş (2019), geleceğin öğretmenleri olan ilköğretim matematik öğretmenlerinin problem çözerken işlemsel ve kavramsal yaklaşımlardan hangisini daha çok benimsediği ortaya koymak istemiştir. Bunun için 308 öğretmen adayından elde edilen veriler doğrultusunda problem çözme benlik algısı boyutunda kavramsal ve işlemsel yaklaşımlarının dengeli oldukları fakat çözüm yolunu belirlemede amaç boyutunda kavramsal yaklaşımın daha çok benimsendiği belirlenmiştir.

Sevgi ve Kartalcı (2021), çalışmalarında ilköğretim matematik öğretmenliği bölümü öğrencileri ile matematik bölümü öğrencilerinin matematiksel ispat yapmaya yönelik görüşleri ile problemlere kavramsal ve işlemsel olarak yaklaşımlarını cinsiyet, bölüm ve

sınıf bağlamında incelemişlerdir. Toplam 237 öğrenciye hazırladıkları iki ölçek uygulanmıştır. Elde edilen bulgular ise öğrencilerin ispata yönelik görüşlerinin ne olumlu ne de olumsuz olduğu ve kavramsal işlemsel bilgi türlerini kullanmaya eğilimlerinin neredeyse aynı olduğu belirlenmiştir. Cinsiyet açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Fakat matematik bölümü öğrencilerinin ispat yapmaya yönelik düşüncelerinin daha olumlu olduğu belirlenmiştir. Öğrencilerin ispat yapmaya yönelik görüşleri ile kavramsal işlemsel yaklaşımları arasında ise orta düzey bir ilişki bulunmuştur.

BÖLÜM III

YÖNTEM

Doğrulara ulaşmak ve gerçeği keşfetmek amacıyla yapılan sistematik sorgulamalara bilimsel araştırma denir (Burr,1995). Bilimsel çalışmaların önemli bölümlerinden biri olan metod ve yöntemlerin bilim dünyasında kabul görmüş olması ve bilimsel nitelik taşıması önem arz etmektedir. Bilimsel araştırmaların nasıl ilerleyeceğini, araştırma sorularının en iyi şekilde cevaplanmasını ve gerçeğe ulaşılmasını sağlayan bir yöntemin belirlenmesi gereklidir.

Bu bölüm; araştırmanın paradigması, modeli, katılımcıları, veri toplama araçları, verilerin toplanması, verilerin analizi ile geçerlik ve güvenirlik çalışmaları hakkında bilgileri içermektedir.

Araştırmanın Paradigması

Araştırmaların doğasını anlayabilmek, seçilecek yöntemlere daha doğru bir şekilde karar verebilmek için paradigmanın belirlenmesi önem arz etmektedir. Eğitim bilimlerindeki araştırmalarda ise en çok kullanılan pozitivist ve yorumlayıcı paradigma iki temel yaklaşım olarak benimsenmektedir. Pozitivist paradigma genellikle nicel çalışmalarda tercih edilmektedir. Araştırma sorusu, hipotezler, seçilecek metod ve yöntemler dahil olmak üzere tüm süreci kapsayacak önerilerde bulunur. Yorumlayıcı paradigma ise nitel çalışmalarda kullanılmakla birlikte pozitivist paradigmaya göre daha esnektir. Araştırmanın başlangıcında bazı prosedürler ve varsayımlar belirlenebilir fakat çalışma sürecinde beklenmeyen gelişmeler veya keşifler ile çalışmanın yönü değişebileceği için çalışmaya bunların da dahil edilmesi gerektiği savunulmaktadır (Ekiz, 2003).

Pozitivist yaklaşıma göre çalışmalarda nesnel yöntemler seçilmeli ve çalışma sonuçları araştırmacıdan bağımsız olmalıdır (Altunışık, Coşkun, Bayraktaroğlu & Yıldırım, 2004). Bu yaklaşımı benimseyen araştırmacılar sayısal verilerle destekleyerek objektif sonuçlara ulaşmak mümkündür. Fen bilimlerinde sıklıkla kullanılan nicel araştırma yöntemleri, eğitim ve sosyal bilimlerin konu edindiği insan davranışları ya da sosyal olaylar gibi sürekli değişim içerisinde olan ve genellemelerin pek mümkün olmadığı kanaatine ulaşılmıştır (Toğrul, 2014). Bu sebepten araştırmanın yapıldığı ortam ve gruplara göre araştırmanın farklı sonuçlar verebileceği varsayımı altında nitel araştırma yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Nitel araştırmalarda amaç genelleme yapmaktan ziyade, özel bir durum ya da konu hakkında derinlemesine inceleme yapmak ve bir yargıda bulunabilmektir (Lodico, Spaulding & Voegtle, 2006). Mutlak surette birbiri ile üstünlük konusunda kıyaslanması pek mümkün olmayan, farklı açılardan güçlü ve zayıf yönleri bulunan pozitivist ve yorumlayıcı paradigmaların bir arada kullanıldığı karma yöntemlere de rastlanmaktadır (Johnson & Onwuegbuzie, 2004; Toğrul, 2014). Bu çalışma nitel ve nicel araştırma yöntemlerinin ikisini de içeren karma bir çalışma yöntemine sahiptir. Karma yöntem, nitel ve nicel verileri bir arada kullanarak her iki yöntemin avantajlarından faydalanmak suretiyle daha detaylı ve kapsamlı bilgi vermeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın deseni ise karma araştırma yöntemi içerisinde yer alan yakınsayan desendir. Yakınsayan desen araştırmanın problem cümlesinin en iyi şekilde anlaşılmasını sağlamak amacı ile nitel ve nicel yöntemlerin ortak olmayan, farklı yönlerini bir araya getirerek (Patton, 1990) aynı konu üzerinde eşit zamanlı, farklı fakat birbirini tamamlayıcı veriler toplamak şeklinde ifade edilmektedir (Değirmenci & Doğru, 2019).

Araştırmanın Modeli

Veri toplama ve analiz etme yöntemleri bakımından araştırmanın doğasını belirleyen, nitel ve nicel yaklaşımlar önemli unsurlardır. Robson (1993), sosyal araştırmaları keşfedici, betimleyici ve açıklayıcı olmak üzere üç kısma ayırmaktadır (Kertil, 2008, s. 38). Keşfedici araştırmada üzerinde çalışılan konuda gerçekten ne olup bittiğine dair yeni ve derinlemesine bilgiler bulunmaya çalışılır. Betimsel çalışmalarda üzerinde çalışılan konunun bütün yönleri ile betimlenmesi esastır. Açıklayıcı çalışmalar ise çalışılan konunun değişkenleriyle ve değişkenler arasındaki ilişkilerin derinlemesine incelenmesidir (Kertil, 2008, s. 38). Bu çalışmanın amaçları ve araştırma soruları göz önünde bulundurulduğunda

mühendis adayı öğrencilerinin integral çözüm süreçlerini ve performanslarını ortaya koyabilmesi bakımından açıklayıcı nitelik taşımaktadır. Bu çalışmada öğrencilerin integral konusunda kavramsal ve işlemsel bilgileri, problem çözerken takındıkları tutumlar, bilgileri ve problem çözme becerileri arasındaki ilişkilerin derinlemesine incelenmesi ve bilgi edinilmesi maksadıyla araştırma hedefine daha uygun olan nitel yöntem ağırlıklı olmak üzere aynı zamanda nicel yöntemler de kullanılmıştır. Bu çalışmada integral konusu ile ilgili olan durumun kendi doğal koşulları içerisinde detaylı bir şekilde tasvir edilmeye çalışılması bakımından durum çalışması yönteminin kullanılması uygun bulunmuştur.

Durum Çalışması

Literatürde olay çalışması, örnek olay incelemesi, vaka çalışması gibi farklı isimler ile ifade edilen durum çalışması, sınırlı bir olayın, durumun ya da sistemin nasıl çalıştığı ve işlediği hakkında sistematik bilgi toplayabilmek amacıyla çoklu veri toplama araçlarından yararlanarak derinlemesine inceleme gerektiren bir yaklaşımdır (Chmiliar, 2010). Creswell (2007)'e göre durum çalışması, araştırmacının zaman içinde sınırlandırılmış bir veya birkaç durumu, çoklu kaynak içeren veri toplama araçları ile derinlemesine incelediği durumların ve durumlara bağlı temaların tanımlandığı nitel bir araştırma yaklaşımıdır.

Gerring (2007)' e göre durum çalışması, birden fazla değişken türüne göre tek bir durumun ya da olayın belli bir zaman diliminde derinlemesine çalışılmasıdır. Hancock ve Algozzine (2006), zaman ve mekân kısıtlaması altında kendi natürel ortamında oluşan olayları çeşitli veri toplama aracı kullanarak derinlemesine betimlemeyi sağlayan ve derin temellere oturtulmuş çalışmaları durum çalışması olarak tanımlamaktadır. Böylelikle bir problemi kısa sürede derinlemesine inceleme yaparak ince detayları belirleme, sebep sonuç ilişkisini ortaya koyabilme, değişkenler arasındaki ilişkileri keşfedebilme imkanı sağlamaktadır.

Yin (1984)'e göre ise araştırmada 'nasıl' ve 'niçin' sorularının üzerinde durulduğu, araştırmacının olay veya durumlar üzerinde asgari düzeyde kontrolünün olduğu ya da hiç kontrolünün olmadığı, olay, durum veya olgunun kendi doğal yaşamı sınırlarında gerçekleştiği ve olay ile gerçek yaşam arasındaki bağın yeterince açık olmadığı zamanlarda kullanılan bir araştırma yöntemidir.

Tüm bu tanımlar ışığı altında durum çalışmasını, tek bir durum ya da olayın kendi doğal çerçevesinde çeşitli veri toplama araçları yardımı ile (gözlem, görüşme, rapor tutma gibi)

sınırlı bir zaman diliminde detaylı şekilde betimlemek olarak kabul edilebilir. Ayrıca durum çalışmasının amacı genelleme yapmak ya da karşılaştırma yapmak değildir, var olan durumu detaylı bir şekilde ortaya koyabilmek, keşif yapabilmektir. Dolayısı ile bu araştırmanın amacının belirli bir süre aralığında bir grup mühendis adayı öğrencilerinin integral problemlerini kavramsal ve işlemsel bilgi bağlamında anlama becerileri ile performansları arasındaki ilişkinin ortaya konulması olduğu göz önünde bulundurulduğunda özel durum çalışmasının araştırmaya uygun bir model olduğu değerlendirilmiştir. Performans, sonuç odaklı bir değerlendirmeyi kapsamakla beraber sorulara verilen doğru yanıtların oranını ifade etmektedir. Ayrıca öğrencilerin süreç odaklı çözümlerinin karakteristiğinin belirlenebilmesi hedeflenen bir diğer durum olup her bir öğrencinin vermiş olduğu yanıtlar araştırmacı tarafından tek tek irdelenmiştir ve okuyucuya sunulmuştur.

Araştırmanın Katılımcıları

Nicel araştırmalarda örneklem ve evren kavramlarının yerini nitel araştırmalarda katılımcı veya çalışma grubu almaktadır. Cohen, Manion ve Morrison (2000)'a göre bir araştırmanın kalitesi uygun paradigma ve yöntem seçiminin yanında doğru katılımcı seçimine de bağlıdır. Bu nedenle çalışmanın doğasına uygun örnekleme yöntemi seçilmeli ve katılımcı büyüklüğüne karar verilmelidir. Nicel araştırmalarda daha çok genelleme yapabilmek için kullanılan yöntem ve örneklem büyüklüğü fazla olmalıdır. Fakat nitel araştırmalarda genelleme yapmak esas hedef değildir. İçinde bulunulan durum, enerji, organizasyon ve para, örneklemin sınırlı tutulmasına sebep olmaktadır (Yıldırım & Şimşek, 2008).

Bireylerin örneklem içerisinde yer alma şanslarının eşit olmadığı durumlarda olasılıklı olmayan örneklem yöntemleri kullanılır. Olasılıklı olmayan örnekleme yöntemlerinde araştırmacıların kişisel istekleri ve subjektif değerleri örnekleme seçiminde, büyüklüğünde etkili olmaktadır. Bu yöntemin başarısı ise araştırmacının konu ile ilgili deneyimlerine, çalışılan evrenin özellikleri hakkındaki bilgisine bağlıdır. Ayrıca bir grup ya da olay üzerinde çalışılan grubun derinlemesine araştırıldığı nitel çalışmalarda kullanılan bir yöntemdir (Cohen vd., 2000, s.102). Olasılıklı örnekleme yöntemlerinde amaç evrenin temsil kabiliyetini sağlayacak ve geçerli genellemeler yapacak bir seçim yapılması iken olasılıklı olmayan örnekleme yöntemlerinde ise zengin bilgiye sahip olduğu düşünülen durumların derinlemesine incelenmesidir (Yıldırım & Şimşek, 2008, s.113).

Bu çalışmada olasılıklı olmayan örnekleme yöntemlerinden biri olan uygun örneklem modeli kullanılmıştır. Araştırmanın katılımcıları 2019-2020 Eğitim-Öğretim yılının bahar yarıyılında, farklı üniversitelerin farklı mühendislik bölümlerinden; endüstri, bilgisayar, makine, elektrik-elektronik, gemi inşaatı ve gemi makineleri, havacılık ve uzay mühendisliği ve diğer mühendislik bölümleri olmak üzere toplam 55 öğrenciden oluşmaktadır.

Veri Toplama Araçları

Bu araştırmada, öğrencilerin integral konusunda performansları ile kavramsal ve işlemsel bilgileri arasındaki ilişkiyi derinlemesine incelemek amacıyla problem çözme becerilerini, bilgi ve düşüncelerini en iyi yansıtacakları bir veri toplama aracı seçimi araştırma açısından çok önemlidir. Nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması yönteminde veri toplama süreci standart bir yapıya sahip değildir. Araştırmacı iyi sorular sorabilmeli ve aldığı cevapları iyi yorumlayabilmelidir (Subaşı & Okumuş, 2017). Bu çalışmada öğrencilerin bilgi ve becerilerini yansıtabilecekleri Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu basamakları dikkate alınarak açık uçlu, boşluk doldurma ve çoktan seçmeli sorulardan oluşan ‘İntegral Testi’ oluşturulmuş ve öğrencilerin bilgilerini daha sağlıklı ve tutarlı değerlendirebilmek amacıyla yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır.

İntegral Testi

Öğrencilerin İntegral konusunu anlama süreçleri ve performansları ile ilgili veri toplayabilmek amacı toplam 18 adet sorudan oluşan bir İntegral Testi hazırlanmıştır. Testteki sorular Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu basamakları, kavramsal ve işlemsel bilgi türüne göre ve şekil, sembol ve gerçekçi hayat problemi olup olmamasına göre sınıflandırılmıştır.

Testin daha nitelikli bir ölçüm yapabilmesi ve bulguların daha nitelikli yorumlanabilmesi açısından Bloom Taksonomisinin tüm basamaklarından soru olmasına ve dengeli bir yapıya sahip olmasına dikkat edilmiş ve önem verilmiştir. Bunun sağlanabilmesi açısından bir ön test (EK-3) oluşturulmuştur ve soruların Bloom Taksonomisinin hangi basamağına ait olduğuna karar verilebilmesi amacıyla 25 matematik öğretmeni tarafından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmenin daha sağlıklı olması açısından testin ön kısmına

hatırlatıcı olması amacıyla Bloom Taksonomisinin basamaklarına ait özet bilgiler konulmuştur. Öğretmenlerin ön test için değerlendirme sonuçları EK-1’de ifade edilmiştir. EK-1’deki tabloya göre değerlendirme basamağına ait soru bulunmadığı tespit edilmiştir. Aynı hedef davranışı ölçtüğü düşünülen yaratma basamağına ait bir soru testten çıkartılarak iki soru daha eklenerek test, öğretmenlerin değerlendirmesine tekrar sunulmuştur. Gerekli görülen düzenlemelerden sonra İntegral Testi üçü boşluk doldurma, biri çoktan seçmeli ve geri kalanı açık uçlu olmak üzere toplam 18 ana sorudan oluşmuştur.

Tablo 4

İntegral Testi Sorularının Sınıflandırılması

Soru	Bloom Taksonomisi Bilişsel Süreç Boyutu Basamakları						Kavramsal-İşlemsel Bilgi Türleri			Problemin Niteliği		
	Hatırlama	Anlama	Uygulama	Analiz Etme	Değerlendirme	Yaratma	Kavramsal	İşlemsel	K-İ	Sözcük	Şekil	Gerçek Hayat
1	X						X			X		
2		X					X			X		
3		X					X			X		
4			X						X		X	
5				X					X		X	
6			X					X		X		
7				X				X		X		
8			X						X		X	
9				X					X		X	
10			X					X		X		
11			X						X		X	
12			X						X	X		
13			X					X		X		
14				X					X		X	
15					X		X					X
16						X			X	X		
17			X						X		X	
18				X			X				X	
Toplam	1	2	8	5	1	1	5	4	9	9	8	1

(Kaynak: Toğrul, 2014, s. 33)

Testteki soruların kavramsal ve işlemsel bilgilerinden hangi bilgiyi ağırlıklı ölçtüğü, cebirsel, görsel ve gerçekçi hayat problemi olup olmadığını belirleyebilmek adına uzman görüşü alınmıştır. Bloom Taksonomisi Bilişsel Süreç Boyutu, kavramsal-işlemsel bilgi türü ve nitelikleri bakımından soruların daha anlaşılır olması açısından Tablo 4 doldurulmuştur.

Mühendis adayı öğrencilerine uygulanmak için hazırlanan ‘İntegral Testi’ 1 adet hatırlama, 2 adet anlama, 8 adet uygulama, 5 adet analiz etme, 1 adet hatırlama ve 1 adet yaratma basamaklarına ait sorudan oluşmaktadır. Bu soruların 5’i kavramsal bilgi türüne, 4’ü işlemsel bilgi türüne ve 9’u hem kavramsal hem işlemsel bilgi türüne ait bilgileri ölçmektedir.

Yarı Yapılandırılmış Görüşmeler

Görüşme ve mülakat nitel araştırmalarda en çok tercih edilen veri toplama araçlarından biridir. Patton (1990) kolay gibi görünen görüşme yöntemini aslında beceri, duyarlılık, yoğunlaşma, bireyler arası anlayış, disiplin, zihinsel uyanıklık gibi pek çok boyutu kapsamaması bakımından bir sanat ve bilim olarak ele almaktadır (Yıldırım & Şimşek, 2008).

Görüşme teknikleri yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış görüşme teknikleri olmak üzere üç alt başlıkta incelenebilir. Yapılandırılmış görüşme türünde, görüşme yapılan her kişiye aynı sorular sorulur ve görüşme esnasında bu soruların dışına çıkılmamaktadır. Ayrıca soruların hangi sırada sorulacağı da daha önceden belirlenmiştir ve görüşmeyi gerçekleştiren kişi değişiklik yapma hakkına sahip değildir. Yarı yapılandırılmış görüşme türünde ise görüşmeden önce her kişiye sorulacak sorular daha önceden hazırlanmıştır fakat yapılandırılmış görüşmeden farklı olarak görüşme esnasında görüşülen kişiye öğrenmek istenilen, ihtiyaç duyulan, merak edilen konular hakkında soru sorabilme esnekliği tanınmaktadır.

Görüşmelerde öğrencilerin integral konusundaki bilgileri, bilgileri kullanma, karar verme süreçlerinin incelenmesi hedeflenerek bu çalışmada görüşme türleri arasından yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır. Ayrıca öğrencilerin integral konusundaki kavramsal ve işlemsel bilgilerine odaklanıldığından amaçlı örnekleme ile öğrencilerin testteki performansları ve bölümleri dikkate alınarak 7 öğrenci ile görüşme yapılmıştır. Öğrencilere görüşmeler esnasında sorulacak sorular uzman görüşü alınarak hazırlanmıştır. Yapılan görüşmeler ile mühendis adayı öğrencilerinin integral konusundaki kavram

yanılgılarını ortaya çıkarmak amacıyla bu konuya ait bilgileri, bu bilgileri kullanabilme beceri ve süreçlerinin incelenmesi hedeflenmiştir.

Verilerin Toplanması

Araştırmanın verileri, katılımcılara uygulanan İntegral Testi ve katılımcılardan seçilen 7 öğrenci ile yapılan görüşmelerden elde edilmiştir. Geliştirilen İntegral Testi 2019-2020 bahar döneminde Türkiye’de bulunan üniversitelerin mühendislik fakültelerinden seçilen 55 öğrenciye uygulanmıştır. Covid-19 salgını sebebi ile öğrencilere birebir test uygulama imkanı bulunamadığından öğrencilere internet ortamı üzerinden ulaşılmış ve her birinden 90 dakikalık bir zaman dilimi içerisinde çözülmesi istenmiştir.

İntegral konusunda öğrencilerin kavramsal ve işlemsel bilgilerinin performans bağlamında incelendiği bu araştırma nitel ağırlıklı bir çalışma olduğundan genelleme kaygısı taşımamaktadır. Bu sebeple amaçlı örnekleme ve detaylı betimlemelerden yararlanılmaktadır. Testten elde edilen veriler doğrultusunda performansı düşük ve yüksek olarak bir sınıflandırma yapılarak amaçlı örnekleme ile kavramsal ve işlemsel bilgileri incelenmek istenmiştir. Öğrencilerin integral kavramına ait bilgi ve performansları arasındaki ilişki detaylı bir şekilde betimlenmeye çalışılmıştır.

Verilerin Analizi

Verilerin analizi, veri toplama işlemi ile elde edilen ham verilere anlam kazandırma işi olarak adlandırılabilir (Altunışık vd, 2004). Bogdan ve Biklen (1992)’e göre ise araştırmacının verileri düzenleyerek analiz ettiği, sentezlediği, önemli faktörleri fark ettiği ve hangi bilgileri rapora yansıtacağına karar verme sürecidir. Bir araştırmada verilerin toplanması kadar verilerin çözümlenmesi de önem arz etmektedir. Toplanan veriler ile araştırma problemine kuramsal ya da pratik yönden çözüm önerileri geliştirilerek yorumlanması, çözümlenmesi ve değerlendirilmesi de önemlidir (Karasar, 2010). Bu çalışma da bir durum çalışması olduğundan birden fazla analiz yöntemi kullanılmıştır. Mühendis adayı öğrencileri ile yapılan görüşmeler sonunda elde edilen verilerin analizi ve integral testine vermiş oldukları yanıtların karakteristiği betimsel analiz yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu analiz öğrencilerin kavramsal ve işlemsel bilgilerine göre yapılmış olup öğrencilerin bu bilgi türüne göre göstermeleri gereken hedef davranışlar belirlenerek

yanıtlar yorumlanmıştır. İntegral Testinden elde edilen nitel verilerin çözümlenebilmesi için ise içerik analizi yönteminden yararlanılmıştır. Betimsel analiz yönteminde, çalışmadan elde edilen verilerin araştırmacı tarafından düzenlenip yorumlanarak okuyucuya sunulması amaçlanmaktadır (Yıldırım & Şimşek, 2008, s. 224).

İntegral Testine Verilen Cevapların Çözümlemesi

İntegral Testine verilen cevaplar öğrencilerin sonuca ulaşabilme niteliğine göre değerlendirme amacı ile “Doğru Yanıt”, “Yanlış Yanıt”, “Kısmi Yanıt” ve “Yanıt Yok” şeklinde kategoriler oluşturulmuştur ve cevaplar değerlendirmeye alınmıştır. Elde edilen veriler mühendis adayı öğrencilerinin Bloom Taksonomisine, kavramsal ve işlemsel bilgisine ve mühendislik bölümlerine göre performansları bağlamında analiz edilmiştir.

Tablo 5

İntegral Testi Sorularını Değerlendirme Kriterleri

Kategoriler	Açıklama
Doğru Cevap	Çözüm yolu ve çözüm sonucunun doğru olması.
Yanlış Cevap	Çözüm yolunun da sonucunda yanlış olması.
Kısmi Cevap	Çözüm yolu doğru olduğu halde sonucun yanlış bulunması.
Cevap Yok	Sorunun aynısını yazma, boş bırakma ya da ‘hatırlamıyorum’ gibi yanıtların yazılması.

İntegral Testi İçerik Analizinin Yapılması

İçerik analizi, kodlamalar yardımı ile herhangi bir davranışın, sistematik ve sayısal olarak tanımlanmasıdır. Başka bir tanımlama ise verilerden araştırmanın içeriğine uygun tekrarlanabilir ve geçerli sonuçlar elde edebilmek amacı ile kullanılan bir araştırma tekniğidir (Krippendorff, 1980, s. 25). Ya da herhangi bir metinden elde edilen verilerin sistematik ve sıralı işlemlerden geçirerek sonucun ortaya koyulması olarak da değerlendirilmektedir (Weber, 1989, s. 5). Bu tanımlar birbirinden farklı olsa da ortak noktaları tarafsız ve sistematik olmasıdır (Koçak & Özgür, 2006).

Durum çalışmalarında mümkün olduğunca farklı veri toplama ve veri analizi yöntemlerinden yararlanılması önerilmektedir (Yıldırım & Şimşek, 2008, s. 285). Bu çalışmada veri çeşitliliğini artırmak amacı ile testler ve görüşmelerden yararlanılmıştır. Araştırmacı içerik analizine başlamadan önce elde edilen verilerden yola çıkarak bir

çerçeve oluşturur ve belirli kurallara dayalı kodlamalar ve kategoriler oluşturur (Patton, 1990).

Bu çalışmada mühendis adayı öğrencilerinin integral testine vermiş oldukları yanıtların sonuçlarından ziyade özellikle çözüm süreçlerinin incelenmesi amaçlandığından araştırmacı tarafından kodlar ve kategoriler oluşturulmuştur. Dolayısı ile içerik analizi yöntemlerinden olan ‘kategorisel analiz’ ile veriler çözümlenmiştir (Tablo 6). Kategorisel analiz sürecinde, veriler ilk olarak birimlere bölünerek bu birimlerin kodlanması, kategorileştirilmesi, kategorilerin düzenlenmesi ve bulguların tanımlanıp, yorumlanması işlemleri yapılır (Toğrul, 2014, s. 37). Burada öğrencilerin integral testine vermiş olduğu yanıtlar tek tek incelenerek doğru ve yanlış yanıtlar belirlenmiştir ve daha sonrasında ise doğru yanıtlarda en çok hangi yöntemler kullanılmış ve en çok hangi hatalara düşülmüş bunlar keşfedilmiştir. Bunlara göre de kodlamalar yapılarak içerik analizi yapılmıştır.

Tablo 6

İçerik Analizi İçin Oluşturulan Kodlar ve Açılımları

Kod	Kodun Açılımı
AH:	Belirli İntegral Yardımı ile Alan Hesabı(16.soruda geometrik alan hesabı için kullanılmıştır.)
ATT:	Analizin Temel Teoremi
Bİ:	Belirli İntegral Çözebilme
BSİZİ:	Belirsiz İntegral Çözebilme
BY	Boş Yanıt
DDY	Değişken Değiştirme Yöntemi
DY	Doğru Yanıt
GÇ	Grafik Çizimi
İH	İşlem Hatası
İOK	İntegrallenebilir Olma Koşullarına Hakim Olma
KİY	Kısmi İntegrasyon Yöntemi
RT	Riemann Toplamı
RTEF	Riemann Toplamını Etkileyen Faktörler
SDD	İntegral Sınır Değerlerini Değiştirme
SMH	Shell Metodu ile Hacim Hesabı
Tİ	Trigonometrik Fonksiyonların İntegrali
WMH	Washer Metodu ile Hacim Hesabı
YY	Yanlış Yanıt

Mühendis adayı öğrencilerinin İntegral Testine vermiş oldukları yanıtlar yardımcı bir matematik öğretmeni ve araştırmacılar tarafından değerlendirilerek ‘fikir birliği’ ne varılarak kodlar oluşturulmuştur. Fikir ayrılığının olduğu durumlarda ise uzman görüşüne başvurulmuştur. Yarı yapılandırılmış görüşmeler örneklemde seçilen 7 katılımcı ile

gerçekleştirilmiştir. Öğrencilere sorulan sorular testten elde edilen veriler doğrultusunda integral konusundaki düşüncelerini betimleyebilmek maksadı ile hazırlanmıştır.

Araştırmanın Geçerliliği ve Güvenirliği

Bilimsel araştırmalarda çalışmanın inandırıcılığı ve nitelikli olması, bilimsellik açısından en önemli ölçütlerden biri olarak ifade edilebilir. Bu noktada en yaygın olarak kullanılan ölçütlerin başında geçerlik ve güvenirlilik çalışmaları gelmektedir. Fakat nicel ve nitel araştırmalarda bu iki ölçüt biraz farklı işlemektedir (Yıldırım & Şimşek, 2008). Nitel araştırma yöntemi istatistiksel veya ampirik hesaplamalara dayanmaz (Brink, 1991). Nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlilik kavramlarının yerine araştırmanın doğruluğu, inanılabilirliği gibi ifadeleri kullanmak çok daha fazla tercih edilmektedir (Krefting, 1991). Lincoln ve Guba (1986) tarafından pozitivist yaklaşımın kesinlik varsayımına paralel olarak güvendiuyulabilirlik kavramının genel kabul gördüğü ifade edilmektedir. Bu kavram, temelinde araştırmanın niteliğini ve kalitesini arttıracak ölçüt ve teknikler ile araştırmacılar tarafından düşülen kavramsal karmaşanın ortadan kaldırılabileceğini düşündürmektedir. (Arastaman, Öztürk Fidan & Fidan, 2018). Guba ve Lincoln nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlikten ziyade güvendiuyulabilirlik kavramı ile inandırıcılık, güvenilebilirlik, onaylanabilirlik ve aktarılabilirlik olmak üzere dört temel kriterden söz etmektedir (Whittemore, Chase & Mandle, 2001). Bir araştırmanın doğruluğunu test edebilmek için bu kriterlerden bir ya da daha fazlasının belirtilmesi önerilmektedir (Başkale, 2016; Creswell, 2007).

Lincoln ve Guba (1982), pozitivist yaklaşımın güvenirlilik kavramına karşılık nitel araştırmalarda güvenilebilirlik kavramının kullanılmasının daha doğru olacağını düşünmektedir. Güvenilebilirlik ölçütü ile süreç içerisinde tutarlı bulgu ve yorumlamaların olması, sürecin mümkün olduğunca açık ifade edilmesi ve tekrarlanabilir olması gibi hususlar mevcuttur. Dolayısı ile araştırmanın güvenilebilirliğini artırmak amacı ile süreç detaylı bir şekilde betimlenmeye çalışılmıştır.

İnanırlığı artırmak amacı ile katılımcı teyidi, uzman incelemesi, çeşitleme, meslektaş değerlendirmesi gibi tekniklerden yararlanılmıştır. Katılımcı teyidi için mühendis adayı öğrencilerinden kendi görüşlerine dair raporlar okutulmuş onay alınmıştır. Bu çalışma farklı açılardan incelenmesi, analiz ve sonuçlar kısmının yorumlanması gibi süreçlere eleştirel bir gözle bakılabilmesi adına bir uzman değerlendirmesine sunulmuştur. Gerekli

geri bildirimler alınmıştır ve bunlardan yararlanılmıştır. İki ya da daha fazla veri toplama veya veri kaynağının kullanılması nitel araştırmaların güvenilirliğini destekleyebilmesi açısından önemlidir (Başkale, 2016; Streubert & Carpenter, 2011). Bu çalışmada İntegral testi ve yarı yapılandırılmış görüşmelerden yararlanılarak inanırlık çeşitleme tekniği ile arttırılmak istenmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşmeler ile elde edilen verilerin güvenilirliği arttırılmak istenmiştir ve nicel verilerle elde edilen veriler arasındaki ilişki ortaya konulabilmiştir. Testin geçerliği kapsam ve görünüş geçerliği bağlamında ele alınmıştır. Üniversitelerin mühendislik fakültelerinin birinci sınıf müfredatında bulunan matematik derslerinin integral konusu kazanımları esas alınarak hazırlanmıştır. Test hazırlanırken öncelikle integrallenebilir olma koşulları ile ilgili temel kavramlar, analizin temel teoremi, Riemann toplamı ve bu toplamı etkileyen temel faktörler, bir eğri altında kalan alan hesabı, integral alma yöntemleri, hacim hesabı temel beceriler üzerine odaklanmıştır. Ayrıca fonksiyon kavramı, türev ve integral arasındaki ilişki, Riemann toplamı ile alan tahmini, Riemann toplamını gerçek hayat probleminde kullanma, parçaları birleştirerek eşit alanlardan yararlanma gibi üst düzey düşünme becerilerini ölçecek sorular da yer almaktadır. Oluşturulan testte yer alan soruların Revize Edilen Bloom Taksonomisine göre 25 meslektaş değerlendirmesi sonucunda hangi basamaklara ait oldukları belirlenmiştir. Fakat aynı beceriyi ölçen iki sorunun bulunması ve değerlendirme basamağına ait bir soru bulunmaması sebebi ile teste iki soru daha eklenerek, öğretmenlerin değerlendirmesine tekrar sunulmuştur. Uzman görüşleri ile testin geçerliği yeterli olarak kabul edilmiştir.

Tüm bunların yanında veri analizleri araştırmacı ve iki uzman tarafından yapılarak veri analizinin güvenilirliği sağlanmak istenmiştir. Verilerin analizinden elde edilen bulgulara ait yorumlar başka bir araştırmacıya sunularak yorum ve tavsiyeleri alınmıştır.

BÖLÜM IV

BULGULAR

Bu bölümde araştırma süresince mühendis adayı öğrencilerine uygulanan integral testi ve yarı yapılandırılmış görüşmeler ile elde edilen bulgular açıklanmıştır. Nitel veriler içerik analizi, nicel veriler ise SPSS ve Office programları kullanılarak analiz edilerek elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Problemleri Performansları

İntegral testi, cebir bilgisi kaynaklı yapılan hatalar ve zorlanılan durumları da ortaya koyacak bir şekilde hazırlanan 18 adet sorudan oluşmaktadır. Öğrencilerin bu teste verdikleri cevaplar Bloom Taksonomisi, Kavramsal-İşlemsel Bilgi Türleri ve Problemin Niteliği olmak üzere üç kategoride incelenmiştir. Cevaplar öğrencilerin integral konusu ile ilgili performansını belirlemek için, her bir çözümü sonuca ulaşma becerilerine göre, “Doğru Yanıt”, “Yanlış Yanıt”, “Kısmi Yanıt”, ve “Yanıt Yok” kategorilerine göre gruplandırılarak değerlendirilmiştir.

Mühendis Adayı Öğrencilerinin Mühendislik Bölümlerine Göre İntegral Testi Performansları

İntegral Testindeki 18 soruya mühendis adayı 55 öğrencinin verdikleri yanıtların mühendislik bölümlerine göre ortalamaları Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7

Bölüm Bazında Sorulara Verilen Yanıtların Genel Dağılımı

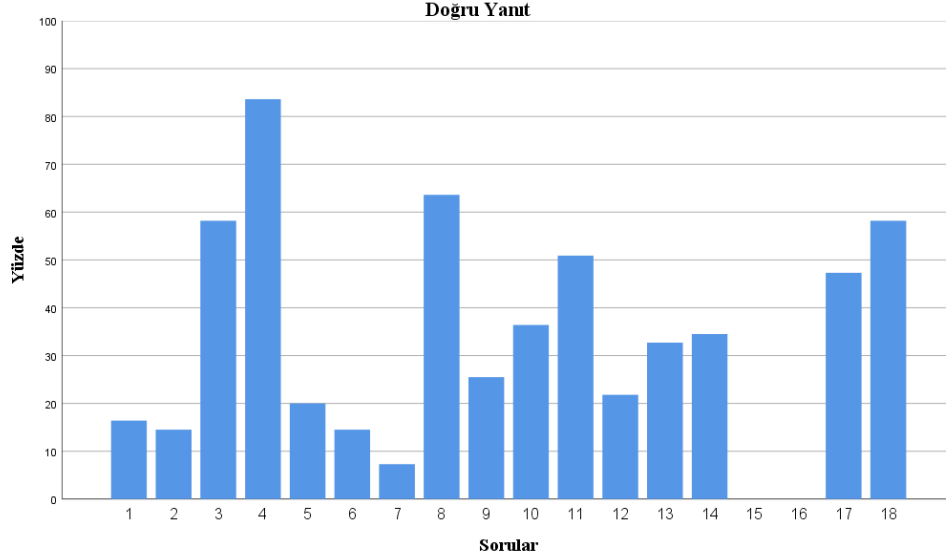
Bölüm	Doğru Yanıt		Yanlış Yanıt		Kısmi Yanıt		Yanıt Yok	
	Ortalama	%	Ortalama	%	Ortalama	%	Ortalama	%
Endüstri Mühendisliği	5,4	30	4,5	25	3,4	18,9	4,8	26,7
Bilgisayar Mühendisliği	5,1	28,3	2,8	15,6	4,9	27,2	5,2	28,9
Makine Mühendisliği	5,6	31,1	2,8	15,6	4,5	25	5,1	28,3
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	7,2	40	3,5	19,4	4,2	23,3	3,1	17,2
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	6,3	35	2,7	15	4,3	23,9	4,7	26,1
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	8,3	46,1	4,5	25	4	22,2	1,3	7,2
Diğer Mühendislikler	3,25	18	4,75	26,3	4,75	26,3	5,25	29
Genel	5,4	30,0	4	22,2	4,4	24,4	4,3	23,9

İntegral Testi sorularına verilen yanıtların ortalamaları “doğru yanıt 5,4”, “yanlış yanıt 4”, “kısmi yanıt 4,4” ve “yanıt yok 4,3” olarak ölçülmüştür. Verileri daha sağlıklı yorumlamak için İntegral Testine verilen yanıtların yüzdelik dağılımları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Diğer mühendislik grubu öğrencilerinin soruları %18 oranında doğru yanıtlaması, havacılık ve uzay mühendisliği grubundaki öğrencilerin ise soruları %46,1 oranında doğru yanıtlaması dikkat çekmektedir. Yine diğer mühendislik öğrencilerinin soruların %29’unun sorulara yanıt vermediği ve bilgisayar mühendisliği öğrencilerinin %27,2’sinin soruları kısmi yanıtladığı görülmektedir. En fazla yanlış %26,3 ile diğer mühendis aday öğrenci grubundan elde edilmiştir. Bunu ise en fazla doğru yanıt veren havacılık ve uzay mühendisliği öğrenci grubunun %25 oran ile takip etmesi dikkat çekmektedir (Tablo 7).

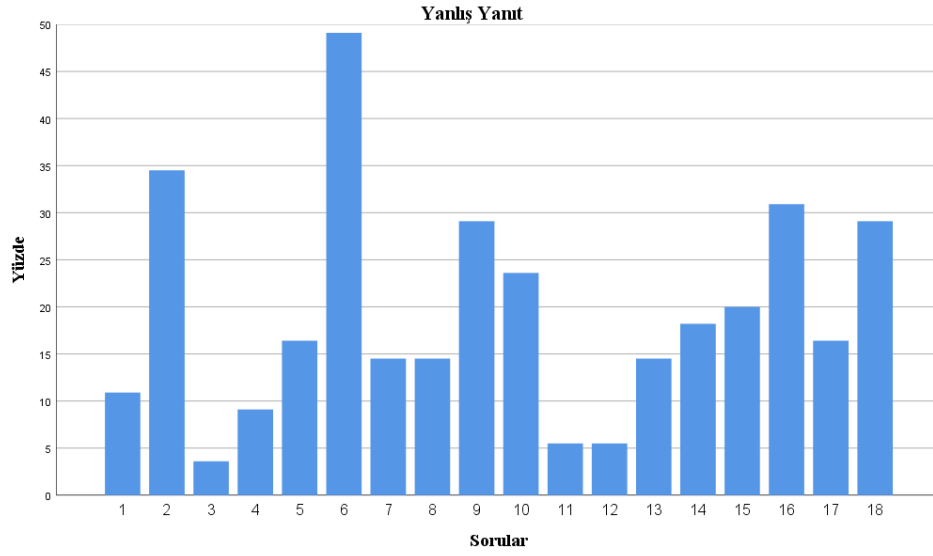
Soru bazında yanıtlarına bakıldığında 3. 4. 8. 11. ve 18. soruları mühendis aday öğrencilerinin %50’den fazlasının doğru yanıtladığı görülmektedir. 3. soru Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutuna göre Anlama basamağında; 4. 8. ve 11. sorular Uygulama basamağında ve 18. soru Analiz Etme (Çözümleme) basamağında yer almaktadır. 3. ve 18. soru kavramsal bilgiyi ölçen sorular olmakla birlikte 4. 8. 11. sorular kavramsal-işlemsel bilgiyi ölçen sorulardır. Ayrıca Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutunun değerlendirme basamağında ve kavramsal bilgiyi ölçen gerçek

hayat problemi türündeki 15. soru ile yaratma basamağına ait ve kavramsal-işlemsel bilgiyi ölçen cebirsel bilgi türündeki 16. soruyu doğru yanıtlayan öğrencinin bulunmadığı tespit edilmiştir (Şekil 1).



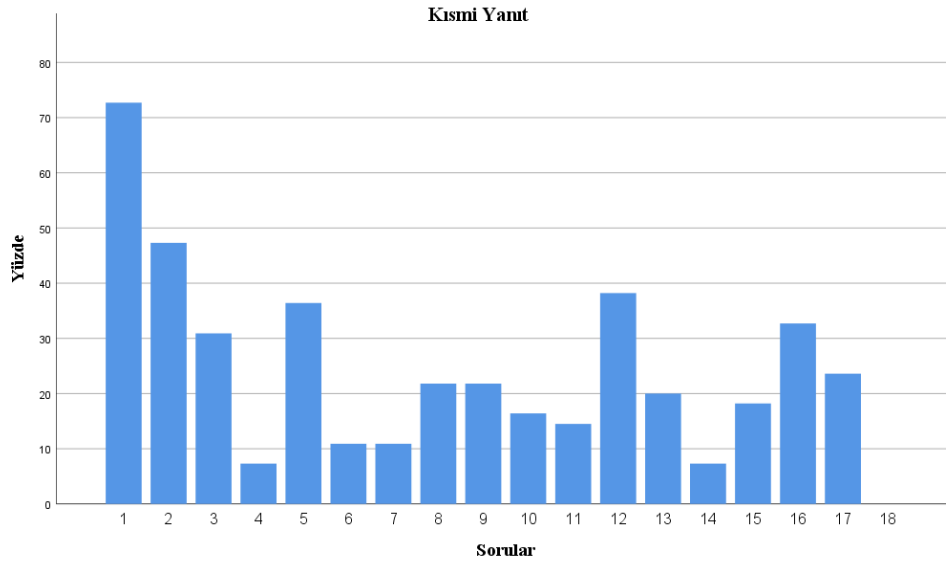
Şekil 1. Mühendis adayı öğrencilerinin integral testine vermiş oldukları doğru yanıtların yüzdesi

En fazla yanlış yanıtlanan soruların %49 ile 6. soru ve ardından %34 ile 2. soru olduğu tespit edilmiştir. 6. sorunun Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutunda uygulama basamağına ait, işlemsel bilgiyi ölçen ve problemin niteliğine göre cebirsel türde bir soru olduğu bilinmektedir. 2. soru ise Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutunda anlama basamağına ait, kavramsal bilgiyi ölçen ve problemin niteliğine göre cebirsel bir sorudur. Ayrıca en az yanlış yanıtlanan soruların 3. 11. ve 12. sorular olduğu gözlemlenmektedir. 3. soru Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutunun anlama basamağına ait, kavramsal bilgiyi ölçen ve cebirsel bilgi türündedir. Görsel bilgi türüne ait 11. soru ile cebirsel bilgi türüne ait 12. sorunun Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutunun uygulama basamağına ait olduğu ve kavramsal-işlemsel bilgi türü oldukları bilinmektedir (Şekil 2).



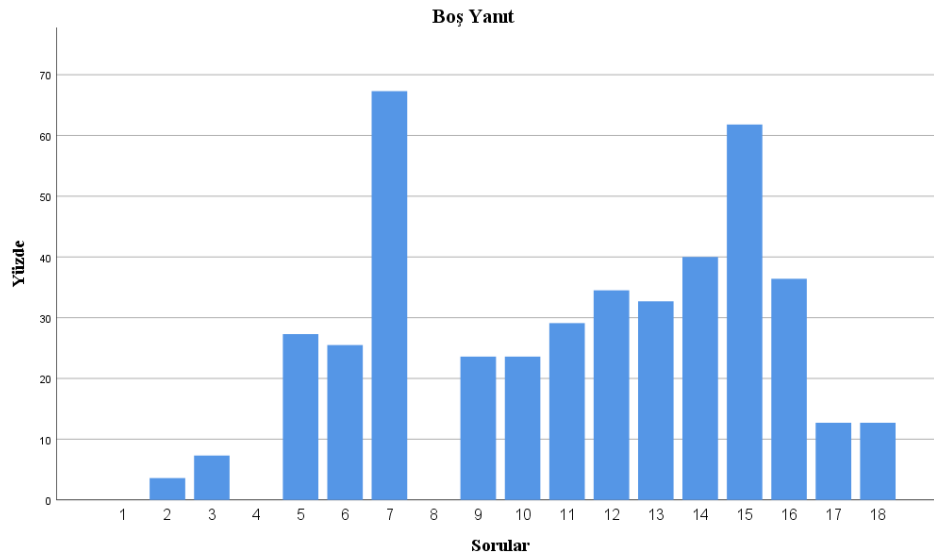
Şekil 2. Mühendis adayı öğrencilerinin integral testine vermiş oldukları yanlış yanıtların yüzdesi

Kısmi yanıtların en fazla olduğu soru %72 ile 1. soru olurken bu soruyu %48 ile 2. soru takip etmektedir. 1. soru Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutunun hatırlama basamağında yer alırken 2. soru anlama basamağında yer almaktadır. Her ikisi de kavramsal bilgiyi ölçen ve problemin niteliği bakımından cebirsel soru türüdür (Şekil 3).



Şekil 3. Mühendis adayı öğrencilerinin integral testine vermiş oldukları kısmi yanıtların yüzdesi

En çok yanıtsız bırakılan sorular ise %68 ile 7. soru olurken bunu %62 ile 15. soru takip etmektedir. 7. soru Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutunun analiz etme basamağında yer almakta iken 15. soru değerlendirme basamağında yer almaktadır. 7. soru işlemsel bilgiyi, 15. soru kavramsal bilgiyi ölçen soru türüdür. Problemin niteliğinde ise 7. soru cebirsel, 15. soru gerçek hayat problemi kategorisinde yer almaktadır. Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutunun hatırlama basamağına ait olan kavramsal bilgiyi ölçen ve cebirsel nitelikte olan 1. soruyu, uygulama basamağına ait olan kavramsal-bilişsel bilgiyi ölçen ve problem niteliği bakımından görsel olan 4. ve 8. soruları öğrencilerin yanıtsız bırakmadığı görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Mühendis aday öğrencilerinin integral testindeki boş yanıtlarının yüzdesi

Mühendis Aday Öğrencilerinin İntegral Testi Performanslarının Bloom Taksonomisi Göre Sonuçları

İntegral Testi, 22 öğretmen ve uzman değerlendirmesi sonucu Revize Edilen Bloom Taksonomisine göre; hatırlama, anlama, uygulama, analiz etme, değerlendirme ve yaratma basamakları olmak üzere gruplandırılmıştır ve bu test 3 adet doğru-yanlış, 1 adet çoktan seçmeli ve 14 adet açık uçlu olmak üzere toplam 18 adet sorudan oluşmaktadır. Aşağıda Mühendis aday öğrencilerinin Revize Edilen Bloom Taksonomisi basamaklarına ve mühendislik bölümlerine göre performansları verilmiştir.

Öğrencilerin Hatırlama Basamağı Sorularındaki Performansları

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin hatırlama basamağındaki bilgileri ölçmek amacıyla İntegral Testinde öğrencilere 1 soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin sorulara verdikleri cevaplar Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Hatırlama Basamağı Sorularına Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı

Bölüm	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Endüstri Mühendisliği	13	0	87	0
Bilgisayar Mühendisliği	0	10	90	0
Makine Mühendisliği	20	13	67	0
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	9	9	82	0
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	67	0	33	0
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	25	50	25	0
Diğer Mühendislikler	25	0	75	0
Genel Ortalama	26	9	65	0

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin hatırlama basamağındaki soruları öğrencilerin %26’sı doğru yanıtlamıştır, %9’u yanlış yanıtlamıştır ve %65’i kısmi yanıtlarken soruyu boş bırakan öğrencinin olmadığı görülmektedir. En yüksek doğru yanıt ortalaması gemi inşaatı ve gemi makineleri mühendisliği öğrencileri tarafından %67 oran iken en çok yanlış yanıt verenlerin %50 oran ile havacılık ve uzay mühendisliği grubu öğrencileri olduğu görülmektedir. Endüstri, gemi inşaatı ve gemi makineleri ile diğer mühendislik bölümü öğrencilerinin ise bu soruya yanlış yanıt vermediği dikkat çekmektedir. Bilgisayar mühendisi öğrenci grubunun tüm üyeleri ise bu soruya doğru yanıt verememekle dikkat çekmektedir. Buna karşılık en yüksek oranda kısmi yanıt veren öğrenci grubu %90 ile bilgisayar mühendisliği öğrencileri olurken bunu %87 oran ile endüstri mühendisliği öğrenci grubu takip etmiştir.

Öğrencilerin Anlama Basamağı Sorularındaki Performansları

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin anlama basamağındaki bilgileri ölçmek amacıyla İntegral testinde öğrencilere 2 soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin sorulara verdikleri cevaplar Tablo 9’da gösterilmiştir.

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin anlama basamağındaki soruları öğrencilerin %36'sı doğru yanıtlamıştır, %23'ü yanlış yanıtlamıştır ve %34'ü kısmi yanıtlarken %7'si yanıt vermemiştir. En yüksek doğru yanıt ortalaması %75 ile havacılık ve uzay mühendisliği öğrencileri, en yüksek kısmi yanıt ortalaması %55 ile bilgisayar mühendisliği öğrencileri tarafından oluşturulmuştur. Diğer mühendislik grubu öğrencileri %38 oran ile anlama basamağına ait sorulara en çok yanlış yanıt veren grup olmuştur. Sorular genel anlamda öğrenciler tarafından yanıtlanmıştır, boş bırakılmamıştır. Makine mühendisliği, elektrik elektronik mühendisliği ile havacılık ve uzay mühendisliği grubu öğrencilerinin bu basamaktaki soruların tamamına yanıt verdiği görülmektedir.

Tablo 9

Bloom Taksonomisi Anlama Basamağı Sorularına Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı

Bölüm	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Endüstri Mühendisliği	44	6	38	12
Bilgisayar Mühendisliği	15	20	55	10
Makine Mühendisliği	35	25	40	0
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	45	20	35	0
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	35	15	35	15
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	75	0	25	0
Diğer Mühendislikler	25	38	25	12
Genel Ortalama	36	23	34	7

Öğrencilerin Uygulama Basamağı Sorularındaki Performansları

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin uygulama basamağındaki bilgileri ölçmek amacıyla İntegral Testinde öğrencilere 8 soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin sorulara verdikleri cevaplar Tablo 10'da gösterilmiştir.

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin uygulama basamağındaki soruları öğrencilerin %40'ı doğru yanıtlamıştır, %23'ü yanlış yanıtlamıştır ve %19'u kısmi yanıtlarken %18'i ise sorulara yanıt vermemiştir. En yüksek doğru yanıt oranı %60 ile havacılık ve uzay mühendisliği öğrencileri grubundan elde edilmiştir. En yüksek kısmi yanıt, %23 oran ile makine mühendisliği grubundaki öğrencilere aittir. En yüksek yanlış yanıt oranı ise %34 ile diğer mühendislik öğrenci grubundan elde edilmiştir. Sorulara yanıt vermeyenlerin en yüksek ortalaması ise %26 ile endüstri mühendisliği grubundaki öğrenciler iken bunu %25 oran ile gemi inşaatı ve gemi makineleri ile bilgisayar mühendisliği öğrenci grupları takip

etmektedir. Diğer mühendislik grubu öğrencileri uygulama basamağına ait soruların tamamını yanıtlamaları ile dikkat çekmektedir.

Tablo 10

Bloom Taksonomisi Uygulama Basamağı Sorularına Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı

Bölüm	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Endüstri Mühendisliği	41	20	13	26
Bilgisayar Mühendisliği	40	16	19	25
Makine Mühendisliği	41	15	23	21
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	55	13	18	14
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	42	16	17	25
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	60	18	22	0
Diğer Mühendislikler	25	34	22	19
Genel Ortalama	40	23	19	18

Öğrencilerin Analiz Etme Basamağı Sorularındaki Performansları

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin analiz etme basamağındaki bilgileri ölçmek amacıyla İntegral testinde öğrencilere 5 soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin sorulara verdikleri cevaplar Tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11

Bloom Taksonomisi Analiz Etme Basamağı Sorularına Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı

Bölüm	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Endüstri Mühendisliği	22	38	8	32
Bilgisayar Mühendisliği	32	10	24	34
Makine Mühendisliği	30	18	10	42
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	34	28	10	28
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	34	6	26	34
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	35	30	20	15
Diğer Mühendislikler	10	20	25	45
Genel Ortalama	24	21	19	36

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin analiz etme basamağındaki soruları öğrencilerin %24’ü doğru yanıtlamıştır, %21’i yanlış yanıtlamıştır ve %19’u kısmi yanıtlarken %36’sı bu basamaktaki soruları yanıtlamamıştır. Bu basamakta en yüksek doğru yanıt oranı %35 ile havacılık ve uzay mühendisliği grubundaki öğrenciler tarafından oluşturulmuştur. Bunu

elektrik elektronik mühendisliği ile gemi inşaatı ve gemi makineleri mühendisliği öğrenci grupları %34 oran ile takip etmektedir. En yüksek kısmi yanıt gemi inşaatı ve gemi makineleri mühendisliği öğrenci grubu tarafından %26 ile sağlanmıştır. Diğer mühendislik grubundaki öğrencilerin %45'i analiz etme basamağına ait sorulara yanıt vermemiştir. En yüksek yanlış yanıt ise %38 oran ile endüstri mühendisliği grubundaki öğrenciler tarafından verilmiştir.

Öğrencilerin Değerlendirme Basamağı Sorularındaki Performansları

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin değerlendirme basamağındaki bilgileri ölçmek amacıyla İntegral testinde öğrencilere 1 soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin verdikleri cevaplar Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12

Bloom Taksonomisi Değerlendirme Basamağı Sorularına Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı

Bölüm	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Endüstri Mühendisliği	0	40	10	50
Bilgisayar Mühendisliği	0	10	0	90
Makine Mühendisliği	0	0	30	70
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	0	37	13	50
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	0	30	30	40
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	0	25	25	50
Diğer Mühendislikler	0	25	25	50
Genel Ortalama	0	27	23	50

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin değerlendirme basamağında soruya doğru yanıt veren hiçbir öğrenci grubu yoktur. Öğrencilerin %50'sinin soruya yanıt vermemesi dikkat çekmektedir. Ayrıca mühendis adayı öğrencilerinin %27 oran ile yanlış yanıt, %23 oran ile kısmi yanıt verdiği görülmektedir. Bu basamaktaki soruya en çok yanlış yanıt veren öğrenci grubu %40 oran ile endüstri mühendisliği olmuştur. Bilgisayar mühendisliği öğrenci grubu ise %90 oran ile soruya yanıt vermemesi ile dikkat çekmektedir. Bilgisayar mühendisliği hariç diğer mühendislik öğrenci gruplarında soru kısmi doğru yanıtlanabilmiştir.

Öğrencilerin Yaratma Basamağı Sorularındaki Performansları

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin yaratma basamağındaki bilgileri ölçmek amacıyla İntegral testinde öğrencilere 1 soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin verdikleri cevaplar Tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 13

Bloom Taksonomisi Yaratma Basamağı Sorularına Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı

Bölüm	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Endüstri Mühendisliği	0	46	24	30
Bilgisayar Mühendisliği	0	40	20	40
Makine Mühendisliği	0	10	40	50
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	0	34	46	20
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	0	30	40	30
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	0	75	25	0
Diğer Mühendislikler	0	0	25	75
Genel Ortalama	0	26	33	41

Revize Edilen Bloom Taksonomisinin yaratma basamağındaki soru, değerlendirme basamağındaki soruda olduğu gibi hiçbir öğrenci grubu tarafından doğru yanıtlanmamıştır. Bu sorudaki kısmi yanıt oranı yanlış yanıt oranından yüksek olmakla beraber %33 olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu soru %41 oran ile bu soru mühendis adayı öğrencileri tarafından yanıtı bırakılmıştır. Havacılık ve uzay mühendisliği grubundaki öğrencilerin %75'i soruya en yüksek yanlış yanıtı vermesi bakımından dikkat çekmektedir. Bu soruyu %75 oran ile en çok yanıtı bırakarak öğrenci grubu ise diğer mühendislik bölümü öğrencileri olmuştur. Buna karşılık havacılık ve uzay mühendisliği grubundaki her öğrenci tarafından bu soru yanıtlanmış, boş bırakılmamıştır. En fazla kısmi yanıt ise %46 oran ile elektrik elektronik mühendisliği grubundaki öğrenciler tarafından verilmiştir.

Öğrencilerin İntegral Testi Performanslarının Kavramsal ve İşlemsel Bilgiye Göre Sonuçları

İntegral Testi soruları uzman görüşleri alınarak problemin çözümü için gerekli veya problem çözümünde kullanılacak bilginin doğasına uygun olarak kavramsal, işlemsel, kavramsal-işlemsel bilgi türü olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Aşağıda çalışmanın

örneklemini oluşturan mühendis adayı öğrencilerinin kavramsal, işlemsel, kavramsal-
işlemsel bilgilerine ait performansları verilmiştir.

Kavramsal Bilgi Performans İlişkisi

Mühendis adayı öğrencilerinin kavramsal bilgileri ile performansları arasındaki ilişkiyi ölçmek amacıyla İntegral Testinde öğrencilere 5 soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin verdikleri cevaplara ilişkin bölüm bazında yüzdelik dağılımı Tablo 14’te gösterilmiştir.

Tablo 14

Kavramsal Bilgi Ölçen Sorulara Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı

Bölüm	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Endüstri Mühendisliği	33	26	25	16
Bilgisayar Mühendisliği	25	21	31	23
Makine Mühendisliği	35	23	26	16
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	43	20	30	7
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	41	13	21	25
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	50	35	15	0
Diğer Mühendislik	25	28	22	25
Genel Ortalama	34	26	24	16

Kavramsal bilgiyi ölçmeye yönelik soruları öğrencilerin %34’ü doğru yanıtlamıştır, %24’ü kısmi yanıtlamıştır. %26’sı yanlış yanıtlarken %16’sı yanıt vermemiştir. En yüksek doğru yanıt sırası ile %50 oranla havacılık ve uzay mühendisliği öğrenci grubu ve %43 oranla elektrik-elektronik mühendisliği öğrenci grubu tarafından oluşturulmuştur. En yüksek yanlış yanıt ise yine havacılık ve uzay mühendisliği grubundaki öğrencilerden %35 oran ile elde edilmiştir. Ayrıca havacılık ve uzay mühendisliği öğrenci grubundaki tüm öğrencilerin kavramsal bilgiyi ölçen soruların tamamına cevap vermiş olduğu dikkat çekmektedir. En fazla kısmi yanıt %31 ile bilgisayar mühendisliği öğrenci grubundan elde edilmiştir bunu %30 ile elektrik elektronik mühendisliği öğrenci grubu takip etmektedir.

İşlemsel Bilgi Performans İlişkisi

Mühendis adayı öğrencilerinin işlemsel bilgileri ile performansları arasındaki ilişkiyi ölçmek amacıyla İntegral Testinde öğrencilere 4 soru yöneltilmiştir. Öğrenci gruplarının sorulara verdikleri cevaplar Tablo 15’te gösterilmiştir.

Tablo 15

İşlemsel Bilgi Ölçen Sorulara Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı

Bölüm	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Endüstri Mühendisliği	0	17	17	66
Bilgisayar Mühendisliği	23	7	27	43
Makine Mühendisliği	24	10	23	43
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	27	17	13	43
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	24	0	33	43
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	42	0	32	26
Diğer Mühendislikler	8	25	33	34
Genel Ortalama	17	13	27	43

İşlemsel bilgi ölçmeye yönelik soruları öğrencilerin %17'si doğru yanıtlamıştır, %27'si kısmen doğru yanıtlamıştır ve %13'ü yanlış yanıtlarken %43'ü ise yanıt vermemiştir. Endüstri mühendisliği grubundaki öğrencilerin tümü tarafından soruların doğru yanıtlanamaması dikkat çekmektedir. Ayrıca bu gruptaki öğrencilerin %66'sının soruya yanıt vermediği görülmektedir. En fazla doğru yanıt havacılık ve uzay mühendisliği grubundaki öğrenciler %42 oran ile vermişlerdir. Gemi inşaatı ve gemi makineleri mühendisliği ile havacılık ve uzay mühendisliği öğrenci grubu bu sorulara doğru yanıt vermişlerdir, kısmi yanıt vermişlerdir ya da cevapsız bırakmışlardır ancak hiçbirine yanlış yanıt vermemişlerdir ve bu durum dikkat çekmektedir. Bu bilgi türündeki sorulara en fazla yanlış yanıt %25 ile diğer mühendislik öğrenci grupları tarafından oluşmaktadır. Genel anlamda yakın oranlarla kısmi yanıtların verildiği göze çarpmaktadır.

Kavramsal-İşlemsel Bilgi Performans İlişkisi

Mühendis aday öğrencilerinin kavramsal-işlemsel bilgi performans ilişkisini ölçmek amacıyla İntegral Testinde öğrencilere 9 soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin sorulara verdikleri cevaplar Tablo16'da gösterilmiştir.

Kavramsal-işlemsel bilgi ölçmeye yönelik soruları öğrencilerin %30'u doğru yanıtlarken %24'ü kısmi yanıtlamıştır. %21'i yanlış yanıtlarken %25'i yanıt vermemeyi tercih etmiştir. En yüksek doğru yanıt ortalaması %43 ile havacılık ve uzay mühendisliği ile elektrik-elektronik mühendisliği grubundaki öğrenciler tarafından oluşturulmuştur. Bu soruları en çok yanıtsız bırakan öğrenci grubu ise %36 ile makine mühendisliği olmuştur. Soruların genel anlamda yakın ortalamalar ile kısmi yanıtladıkları görülürken en fazla kısmi yanıtın

%29 ile diğer mühendislik bölümü öğrencileri tarafından elde edildiği belirlenmiştir. En az doğru yanıt veren diğer mühendislik bölümü ile en fazla doğru yanıt veren havacılık ve uzay mühendisliği bölümü öğrencilerinin bu bilgi türündeki sorulara en fazla yanlış yanıt veren öğrenci grupları olması bakımından dikkat çekmektedir.

Tablo 16

Kavramsal-İşlemsel Bilgi Ölçen Sorulara Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı

Bölüm	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Endüstri Mühendisliği	40	27	13	20
Bilgisayar Mühendisliği	34	13	23	30
Makine Mühendisliği	30	10	24	36
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	43	20	20	17
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	33	24	24	19
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	43	25	25	7
Diğer Mühendislikler	14	25	29	32
Genel Ortalama	30	21	24	25

Öğrencilerin İntegral Testi Performanslarının Problemin Niteliğine Göre Sonuçları

İntegral Testi soruları uzman görüşleri alınarak problemin niteliğine göre problem çözümünde kullanılacak bilginin doğasına uygun olarak cebirsel, görsel, gerçek hayat olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Aşağıda mühendis adayı öğrencilerinin integral testi performanslarının problemlerin niteliği ile ilişkileri ifade edilmiştir.

Cebirsel Nitelikteki Performans İlişkisi

Cebirsel nitelikteki problemlere ait performans ilişkisini ölçmek amacıyla İntegral Testinde öğrencilere 9 soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin sorulara verdikleri cevaplar Tablo 17’de gösterilmiştir.

Cebirsel nitelikteki problemlere bakıldığında öğrencilerin %29’u sorulara doğru yanıt vermiş, %27’si ise kısmi yanıt vermiştir. %22’si yanlış yanıt verirken yine %22’si yanıt vermemiştir. En fazla doğru yanıt %49 ile havacılık ve uzay mühendisliği grubundaki öğrenciler tarafından verilirken bunu %41 ile elektrik-elektronik mühendisliği öğrencileri takip etmektedir. Diğer mühendislik bölümü öğrencileri %29 ile en çok yanlış yanıt veren

grup olurken endüstri mühendisliği grubundaki öğrenciler %27 ile bu soruyu en çok yanıtı bırakarak grup olmuştur. Cebirsel nitelikteki problemlere bilgisayar mühendisliği grubundaki öğrenciler %34 ile en çok kısmi cevabı veren grup olmuştur.

Tablo 17

Cebirsel Nitelikteki Sorulara Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı

Bölüm	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Endüstri Mühendisliği	29	22	22	27
Bilgisayar Mühendisliği	26	16	34	24
Makine Mühendisliği	30	17	27	26
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	41	18	25	16
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	34	16	26	24
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	49	20	26	5
Diğer Mühendislikler	16	29	30	25
Genel Ortalama	29	22	27	22

Görsel Nitelikteki Performans İlişkisi

Görsel nitelikteki problemlere ait performans ilişkisini ölçmek amacıyla İntegral Testinde öğrencilere 8 soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin sorulara verdikleri cevaplar Tablo 18’de gösterilmiştir.

Tablo 18

Görsel Nitelikteki Sorulara Verilen Cevapların Bölüm Bazında Yüzdelik Dağılımı

Bölüm	Doğru yanıt	Yanlış yanıt	Kısmi yanıt	Yanıt yok
Endüstri Mühendisliği	40	32	10	18
Bilgisayar Mühendisliği	37	18	19	26
Makine Mühendisliği	37	17	18	28
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	49	20	19	12
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	39	18	18	25
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	48	34	18	0
Diğer Mühendislikler	20	27	21	32
Genel Ortalama	35	25	18	22

Görsel nitelikteki problemlere bakıldığında öğrencilerin %35’i soruları doğru yanıtlamış, %25’i yanlış yanıtlamıştır. Ayrıca %18’i kısmen yanıtlamış olup %22’si ise sorulara yanıt vermemiştir. En fazla doğru yanıtı %49 ile elektrik elektronik mühendisliği grubundaki öğrenciler verirken bunu %48 ile havacılık ve uzay mühendisliği grubu öğrencileri takip etmektedir. Havacılık ve uzay mühendisliği öğrenci grubundaki tüm öğrencilerin görsel

nitelikteki soruların hepsine yanıt vermiş olması ve %34 ile en fazla yanlış yanıtı veren grup olması bakımından dikkat çekmektedir. Öğrencilerin geneli yakın oranlar ile kısmi yanıt verirken bu alandaki en fazla kısmi yanıtı veren %21 ile diğer mühendislik grubundaki öğrenciler olmuştur. Ayrıca diğer mühendislik grubundaki öğrencilerin %32'si bu nitelikteki soruları en çok yanıtsız bırakan grup olmuştur.

Gerçek Hayat Problemi Niteliğindeki Performans İlişkisi

Gerçek hayat problemi niteliğindeki performans ilişkisini ölçmek amacıyla İntegral testinde öğrencilere 1 soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin sorulara verdikleri cevaplar Tablo19'da gösterilmiştir.

Tablo 19

Gerçek Hayat Problemi Niteliğindeki Sorulara Verilen Cevapların Bölüm Bazında

Yüzdelik Dağılımı

Bölüm	Doğru yanıt	Yanlış yanıt	Kısmi yanıt	Yanıt yok
Endüstri Mühendisliği	0	40	10	50
Bilgisayar Mühendisliği	0	10	0	90
Makine Mühendisliği	0	0	30	70
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	0	30	20	50
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	0	30	30	40
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	0	25	25	50
Diğer Mühendislikler	0	25	25	50
Genel Ortalama	0	26	24	50

Gerçek hayat problemi niteliğindeki soruya verilen cevaplara bakıldığında hiçbir öğrencinin soruya doğru yanıt veremediği görülmektedir. Mühendis adayı öğrencilerinin %50'si soruyu cevap vermeden geçerken sadece %24'ü kısmi yanıtlayabilmiştir. %26'sının ise yanlış yanıt verdiği görülmektedir. Bu alanda en fazla yanlış yanıtı veren %40 ortalama endüstri mühendisliği grubu öğrencileri olmuştur. En çok kısmi doğru yanıtı %30 ile makine mühendisliği ile gemi inşaatı ve gemi makineleri mühendisliği grubundaki öğrenciler vermiştir. Ayrıca makine mühendisliği öğrenci grubundaki hiçbir öğrenci bu nitelikteki sorulara yanlış yanıt vermemiştir. Bilgisayar mühendisliği bölümü öğrencilerinin bu soru için kısmi de olsa doğru bir yanıtı sahip olamadıkları dikkat çekmektedir. Yine en fazla soruyu yanıtsız bırakan %90 ortalama ile bilgisayar mühendisliği grubundaki öğrenciler olmuştur.

Tüm Bölümlerin Ayrıntılı Analizi

Bu bölümde integral konusu ile ilgili bilgi, performans, çözüm bulma gibi kriterlerin değerlendirilmesi yapılabilmesi amacıyla 7 farklı mühendislik grubu öğrencilerinin integral testine vermiş oldukları yanıtlardan elde edilen bulgular incelenecektir. Öğrenci gruplarının mühendislik bölümlerine göre Revize Edilen Bloom Taksonomisi, kavramsal-işlemsel bilgi türleri ve problemin niteliği ile ilgili bulgular paylaşılabilecektir. Tüm bu durumlar aşağıda her bir mühendislik bölümü için toplu bir şekilde özetlenmektedir.

Kavramsal bilgi açısından yanıtlar incelenirken sadece kavramın adını ve tanımını bilmek olarak değil aynı zamanda kavramlar arası ilişkileri ve geçişleri görebilmek olarak değerlendirilmektedir (Baki & Kartal, 2004). İşlemsel bilgi açısından ise matematiksel dil ve sembollerin bilgisi başta olmak üzere kuralları, bağıntıları, görsel diyagramları ve matematiksel nesnelerin standart olmayan diğer nesnelerin bilgisini içerdiği kabul edilmekle beraber değerlendirilmektedir (Hiebert & Lefevre, 1986).

Kavramsal-işlemsel bilgi açısından soru ve problemler incelenirken öğrencilerin problemleri çözüm sürecinde, bir kavramın anlamını bilme, istenilen ile verilen arasında mantıklı ilişki kurabilme, yardımcı şekil çizme, problemi verilen yardımcı şekil ile eşleştirme, önceden verilen tanım, önerme bilgisini kullanabilme gibi davranışları kavramsal bilginin ve kavramsal öğrenmenin varlığını gösterdiği yönünde değerlendirilmiştir. Ayrıca öğrencilerin problem çözüm sürecinde matematiksel sembol ve matematiksel dile hakim olabilmeleri, problemin çözümü için gerekli bağıntı ya da formülleri kullanabilmeleri, gerekli işlemleri mantıklı bir sıra ile yaparak sonuca gidebilmeleri yönünde değerlendirilmiştir.

Endüstri Mühendisliği

Endüstri mühendisliği öğrencilerinin Bloom Taksonomisi ve kavramsal-işlemsel bilgi türlerine ait bilgileri ile problemlerin niteliklerine göre performans durumları Tablo 20’de özet bir çalışma ile ifade edilmiştir.

Endüstri mühendisliği öğrencilerinin performansına Revize Edilen Bloom Taksonomisi bilişsel süreç boyutunun basamaklarına göre bakıldığında hatırlama basamağından yaratma basamağına gittikçe verilen cevapların ağırlıklı olarak yanlış yanıtlar olduğu görülmektedir. Hatırlama basamağında yanlış yanıt veren öğrenci mevcut değil iken

yaratma basamağında öğrencilerin yarısının soruya yanlış cevap verdiği göze çarpmaktadır. Ayrıca öğrencilerin doğru yanıt ile en iyi performansı anlama basamağında gösterdiği bunu da uygulama basamağındaki soruların takip ettiği görülmektedir. Bunun aksine bir alt basamakta yer alan hatırlama basamağına ait soruya verilen doğru yanıt sayısının daha az olduğu dikkat çekmektedir. En fazla yanlış yanıtı ise yaratma basamağına ait sorularda göstermişlerdir. Ayrıca bu gruptaki öğrencilerin tamamı hatırlama basamağına ait soruyu yanıtlamıştır ve hiçbir öğrenci bu basamaktaki soruya yanlış yanıt vermemiştir.

Tablo 20

Endüstri Mühendisliği Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları

Bölüm	Soruların Niteliği	Alt Gruplar	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Endüstri Mühendisliği	Bloom Taksonomisi Bilişsel Süreç Boyutu Basamakları	Hatırlama	13	0	87	0
		Anlama	44	6	38	12
		Uygulama	41	20	13	26
		Analiz Etme	22	38	8	32
		Değerlendirme	0	40	10	50
		Yaratma	0	46	24	30
	Kavramsal-İşlemsel Bilgi Türleri	Kavramsal	33	26	25	16
		İşlemsel	0	17	17	66
		Kavramsal-İşlemsel	40	27	13	20
	Problemin Niteliği	Cebirsel	29	22	22	27
		Görsel	40	32	10	18
		Gerçek Hayat	0	40	10	50

Endüstri mühendisliği grubundaki öğrencilerin işlemsel ve kavramsal bilgi türlerine göre performanslarına bakıldığında öğrencilerin %40'ının kavramsal-işlemsel bilgi ağırlıklı sorulara doğru yanıt verdiği görülmektedir. Bunu %33 ortalama ile kavramsal bilgi takip etmektedir. Burada en dikkat çeken durum endüstri mühendisliği öğrencilerinin işlemsel bilgiyi ölçen sorulara doğru yanıt veremediği ve %66'sının ise yanıt vermekten kaçındığı olmuştur. Bu gruptaki öğrencilerinin problemin niteliği bakımından görsel sorularda daha rahat işlem yaptıkları ve kavramsal bilgilerini açığa çıkartmakta daha başarılı oldukları tespit edilmiştir.

Bilgisayar Mühendisliği

Bilgisayar Mühendisliği öğrencilerinin Bloom Taksonomisi ve kavramsal-işlemsel bilgi türlerine ait bilgileri ile problemlerin niteliklerine göre performans durumları Tablo 21’de özet bir çalışma ile ifade edilmiştir.

Tablo 21

Bilgisayar Mühendisliği Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları

Bölüm	Soruların Niteliği	Alt Gruplar	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Bilgisayar Mühendisliği	Bloom Taksonomisi Bilişsel Süreç Boyutu Basamakları	Hatırlama	0	10	90	0
		Anlama	15	20	55	10
		Uygulama	40	16	19	25
		Analiz Etme	32	10	24	34
		Değerlendirme	0	10	0	90
		Yaratma	0	40	20	40
	Kavramsal-İşlemsel Bilgi Türleri	Kavramsal	25	21	31	23
		İşlemsel	23	7	27	43
		Kavramsal-İşlemsel	34	13	23	30
	Problemin Niteliği	Cebirsel	26	16	34	24
		Görsel	37	18	19	26
		Gerçek Hayat	0	10	0	90

Bilgisayar mühendisliği öğrencilerinin performansına Revize Edilen Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu basamaklarına göre bakıldığında basamaklar ilerledikçe gruptaki öğrencilerin sorulara yanıt vermemesi dikkat çekmektedir. Hatırlama basamağındaki soruları tüm öğrenciler kısmi yanıt ağırlıklı olmak üzere yanıtsız bırakmazken değerlendirme basamağındaki soruya öğrencilerin %90’ının cevap vermediği görülmektedir. Bilgisayar mühendisliği öğrencileri Bloom Taksonomisine göre en iyi performansı uygulama basamağı sorularında %40 oran ile sorulara doğru yanıt vererek elde etmişlerdir. En fazla yanlış yanıt ise %40 oran ile yaratma basamağına ait sorudan elde edilmiştir.

Bilgisayar mühendisliği grubundaki öğrenciler kavramsal ve işlemsel bilgi türleri açısından performansları değerlendirilirse kavramsal-işlemsel bilgi türünde %34 ile doğru yanıt vererek en iyi performansı sergiledikleri tespit edilmiştir. İşlemsel bilgilerindeki performansın kavramsal bilgilerine ait olan performanstan daha düşük olduğu

görülmektedir. Ayrıca bu gruptaki öğrencilerin problemlerin niteliklerine göre performans değerlendirilmesi yapıldığında %26 oran ile cebirsel, %37 oran ile görsel soruları doğru yanıtladıkları belirlenmiştir. Bu gruptaki öğrencilerin gerçek hayat problemlerine %90 oran ile yanıt vermemiş olması sebebi ile dikkat çekmektedir. Ayrıca gerçek hayat problemi niteliğindeki soruya hiç kısmi yanıt olmaması dikkat çeken başka bir husustur.

Makine Mühendisliği

Makine Mühendisliği öğrencilerinin Bloom Taksonomisi ve kavramsal-işlemsel bilgi türlerine ait bilgileri ile problemlerin niteliklerine göre performans durumları Tablo 22’de özet bir çalışma ile ifade edilmiştir.

Tablo 22

Makine Mühendisliği Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları

Bölüm	Soruların Niteliği	Alt Gruplar	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Makine Mühendisliği	Bloom Taksonomisi Bilişsel Süreç Boyutu Basamakları	Hatırlama	20	13	67	0
		Anlama	35	25	40	0
		Uygulama	41	15	23	21
		Analiz Etme	30	18	10	42
		Değerlendirme	0	0	30	70
		Yaratma	0	10	40	50
	Kavramsal-İşlemsel Bilgi Türleri	Kavramsal	35	23	26	16
		İşlemsel	24	10	23	43
		Kavramsal-İşlemsel	30	10	24	36
	Problemin Niteliği	Cebirsel	30	17	27	26
		Görsel	37	17	18	28
		Gerçek Hayat	0	0	30	70

Makine mühendisliği öğrencilerinin performansına Revize Edilen Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu basamaklarına göre bakıldığında en iyi performansı %41 oranla doğru yanıt vererek uygulama basamağındaki sorularda gösterdikleri tespit edilmiştir. Ayrıca bu bölümdeki öğrenci grubunun uygulama basamağına doğru ilerledikçe doğru yanıt oranında daha başarılı oldukları tespit edilirken uygulama basamağı sonrasında performanslarında düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Makine mühendisliği öğrencilerinin değerlendirme

basamağında %70 ile yaratma basamağında %50 ile yanıt vermedikleri dikkat çekmektedir. Ayrıca anlama ve hatırlama basamaklarına ait tüm soruları yanıtlamış oldukları görülmektedir. Kısmi yanıtla göre ise yaratma basamağında sergilenen performansın değerlendirme basamağından daha yüksek olduğu dikkat çekici başka bir husus olarak değerlendirilmektedir.

Makine mühendisliği grubundaki öğrenciler kavramsal ve işlemsel bilgi türleri açısından performansları değerlendirilirse en iyi performansı kavramsal bilgi türüne ait sorularda %35 oranında doğru yanıt vererek gösterdikleri belirlenmiştir. İşlemsel bilgi türüne ait performansın ise kavramsal-işlemsel bilgi türünü içeren problemlere ait performansa kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca kavramsal-işlemsel bilgi türündeki sorularda bu gruptaki öğrencilerin vermiş oldukları kısmi yanıtların oranlarının çok yakın olduğu görülmektedir. Makine mühendisliği grubundaki öğrencilerin problemlerin niteliklerine göre performans değerlendirilmesi yapıldığında görsel nitelikteki problemlerde %37 oranında doğru yanıt ile en iyi performansı gösterdikleri tespit edilmiştir. Gerçek hayat niteliğindeki problemin %70 oranında boş bırakılması ve geri kalan cevapların kısmi doğru olduğu, yanlış yanıt bulunmadığı ise dikkat çekmektedir.

Elektrik-Elektronik Mühendisliği

Elektrik-elektronik mühendisliği öğrencilerinin Bloom Taksonomisi ve kavramsal-işlemsel bilgi türlerine ait bilgileri ile problemlerin niteliklerine göre performans durumları Tablo 23'te özet bir çalışma ile ifade edilmiştir.

Elektrik-elektronik mühendisliği öğrencilerinin performansına Revize Edilen Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu basamaklarına göre bakıldığında en iyi performansı %55 doğru yanıt ile uygulama basamağına ait sorularda gösterdiği bunu takip eden en iyi ikinci performansı ise %45 doğru yanıt ile anlama basamağına ait sorularda gösterdiği belirlenmiştir. Burada uygulama basamağındaki performansın altında bulunan hatırlama ve anlama basamaklarına ait performansa kıyasla yüksek olması dikkat çekmektedir. Elektrik-elektronik mühendisliği öğrenci grubunun en fazla yanlış yanıtı sırası ile %37 ve %34 oran ile değerlendirme ve yaratma basamaklarında verdikleri tespit edilmiştir. Kısmi başarının ise %82 oran ile en fazla olduğu hatırlama basamağı olmuştur. Ayrıca bu gruptaki öğrencilerin yarısının değerlendirme basamağına ait soruya yanıt vermediği tespit edilmiştir. Hatırlama ve anlama basamağına ait tüm sorular bu gruptaki tüm öğrenciler

tarafından yanıtlanmış olarak görülmektedir. Buna karşılık hatırlama basamağına ait doğru yanıt oranının düşük olması dikkat çekmektedir.

Tablo 23

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları

Bölüm	Soruların Niteliği	Alt Gruplar	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	Bloom Taksonomisi Bilişsel Süreç Boyutu Basamakları	Hatırlama	9	9	82	0
		Anlama	45	20	35	0
		Uygulama	55	13	18	14
		Analiz Etme	34	28	10	28
		Değerlendirme	0	37	13	50
		Yaratma	0	34	46	20
	Kavramsal-İşlemsel Bilgi Türleri	Kavramsal	43	20	30	7
		İşlemsel	27	17	13	43
		Kavramsal-İşlemsel	43	20	20	17
	Problemin Niteliği	Cebirsel	41	18	25	16
		Görsel	49	20	19	12
		Gerçek Hayat	0	30	20	50

Elektrik-elektronik mühendisliği grubundaki öğrenciler kavramsal ve işlemsel bilgi türleri açısından performansları değerlendirilirse en iyi performansı kavramsal-işlemsel bilgi ile kavramsal bilgi türüne ait sorularda gösterdikleri belirlenmiştir. En fazla boş yanıtın ise işlemsel bilgi türündeki sorularda olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca problem niteliği bakımından en yüksek performansı görsel nitelikteki sorularda gösterdikleri tespit edilmiştir. Gerçek hayat problemlerine doğru yanıt olmamakla beraber %50 oranında yanıt verilmediği ve yanlış verilen yanıtların kısmi doğrulardan daha fazla olduğu dikkat çekmektedir.

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği

Gemi inşaatı ve gemi makineleri mühendisliği öğrencilerinin Bloom Taksonomisi ve kavramsal-işlemsel bilgi türlerine ait bilgileri ile problemlerin niteliklerine göre performans durumları Tablo 24’te özet bir çalışma ile ifade edilmiştir.

Gemi inşaatı ve gemi makineleri mühendisliği öğrencilerinin performansına Revize Edilen Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu basamaklarına göre bakıldığında en iyi performansı %67 doğru yanıt ile hatırlama basamağında gösterdikleri bunu ise %42 ile uygulama basamağındaki performansları takip etmektedir. Ayrıca en yüksek performansın belirlendiği hatırlama basamağına ait yanlış ve boş yanıtın bulunmaması dikkat çekmektedir. Genel anlamda bakıldığında basamaklar ilerledikçe performanslarında bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Yaratma ve değerlendirme basamaklarına ait sorularda doğru yanıt veren öğrenci bulunmamakla beraber kısmi başarının yaratma basamağında daha yüksek olduğu değerlendirilmektedir.

Tablo 24

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları

Bölüm	Soruların Niteliği	Alt Gruplar	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	Bloom Taksonomisi Bilişsel Süreç Boyutu Basamakları	Hatırlama	67	0	33	0
		Anlama	35	15	35	15
		Uygulama	42	16	17	25
		Analiz Etme	34	6	26	34
		Değerlendirme	0	30	30	40
		Yaratma	0	30	40	30
	Kavramsal-İşlemsel Bilgi Türleri	Kavramsal	41	13	21	25
		İşlemsel	24	0	33	43
		Kavramsal-İşlemsel	33	24	24	19
	Problemin Niteliği	Cebirsel	34	16	26	24
		Görsel	39	18	18	25
		Gerçek Hayat	0	30	30	40

Gemi inşaatı ve gemi makineleri mühendisliği grubundaki öğrenciler kavramsal ve işlemsel bilgi türleri açısından performansları değerlendirilirse en iyi performansı %41 ile kavramsal bilgi türlerine ait sorularda gösterdikleri tespit edilmiştir. %43 oran ile en fazla yanıtı veremediği İşlemsel bilgi türündeki sorularda hiçbir öğrencinin yanlış yanıt vermediği görülmektedir. Ayrıca bu gruptaki öğrencilerin problemlerin niteliklerine göre performans değerlendirilmesi yapıldığında %39 ile görsel niteliğe sahip sorularda daha başarılı oldukları ve daha az hata yaptıkları görülmüştür.

Havacılık ve Uzay Mühendisliği

Havacılık ve uzay mühendisliği öğrencilerinin Bloom Taksonomisi ve kavramsal-işlemsel bilgi türlerine ait bilgileri ile problemlerin niteliklerine göre performans durumları Tablo 25'te özet bir çalışma ile ifade edilmiştir.

Havacılık ve uzay mühendisliği öğrencilerinin performansına Revize Edilen Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu basamaklarına göre bakıldığında en iyi performansı %75 doğru yanıt ile anlama basamağına ait sorularda verirken bunu takip eden %60 doğru yanıt ile uygulama basamağı olmuştur. Ayrıca anlama basamağına ait sorularda yanlış yanıt veren ve boş bırakan öğrenci olmadığı görülmektedir. Öğrencilerin en fazla yanlış yanıtı %75 ile yaratma basamağındaki soruya verdiği görülmektedir. Ayrıca bu grup tarafından %50 oran ile en fazla yanıtı bırakılan soru değerlendirme basamağındaki soru olmuştur. Bunlara ek olarak ise hatırlama, anlama, uygulama ve yaratma basamaklarına ait soruların tamamı öğrenciler tarafından yanıtlanmıştır.

Tablo 25

Havacılık ve Uzay Mühendisliği Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları

Bölüm	Soruların Niteliği	Alt Gruplar	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Havacılık ve Uzay Mühendisliği	Bloom Taksonomisi Bilişsel Süreç Boyutu Basamakları	Hatırlama	25	50	25	0
		Anlama	75	0	25	0
		Uygulama	60	18	22	0
		Analiz Etme	35	30	20	15
		Değerlendirme	0	25	25	50
		Yaratma	0	75	25	0
	Kavramsal-İşlemsel Bilgi Türleri	Kavramsal	50	35	15	0
		İşlemsel	42	0	32	26
		Kavramsal-İşlemsel	43	25	25	7
	Problemin Niteliği	Cebirsel	49	20	26	5
		Görsel	48	34	18	0
		Gerçek Hayat	0	25	25	50

Havacılık ve uzay mühendisliği grubundaki öğrencilerin kavramsal ve işlemsel bilgi türleri açısından performansları değerlendirilirse en iyi performansı %50 oran ile kavramsal bilgi türüne ait sorularda gösterdiği tespit edilmektedir. Ayrıca işlemsel ve kavramsal-işlemsel

bilgi türündeki performanslarının birbirine yakın olduğu görülmektedir. İşlemsel bilgi türündeki en iyi performans bu öğrenci grubu tarafından gösterilmiştir. Bununla beraber öğrencilerin %27 oran ile en çok yanıtsız bıraktığı bilgi türü işlemsel bilgi olmuştur. Bu gruptaki öğrencilerin problemlerin niteliklerine göre performans değerlendirilmesi yapıldığında cebirsel ve görsel niteliğe sahip sorularda gösterdikleri performansın birbirine çok yakın olduğu belirlenmiştir.

Diğer Mühendislikler

Diğer mühendislik bölümü öğrencilerinin Bloom Taksonomisi ve kavramsal-işlemsel bilgi türlerine ait bilgileri ile problemlerin niteliklerine göre performans durumları Tablo 26’da özet bir çalışma ile ifade edilmiştir.

Tablo 26

Diğer Mühendislik Bölümleri Özelinde Farklı Soru Türlerine Verilen Yanıtların Özet Yüzdelik Dağılımları

Bölüm	Soruların Niteliği	Alt Gruplar	Doğru Yanıt	Yanlış Yanıt	Kısmi Yanıt	Yanıt Yok
Diğer Mühendislikler	Bloom Taksonomisi Bilişsel Süreç Boyutu Basamakları	Hatırlama	25	0	75	0
		Anlama	25	38	25	12
		Uygulama	25	34	22	19
		Analiz Etme	10	20	25	45
		Değerlendirme	0	25	25	50
		Yaratma	0	0	25	75
	Kavramsal-İşlemsel Bilgi Türleri	Kavramsal	25	28	22	25
		İşlemsel	8	25	33	34
		Kavramsal-İşlemsel	14	25	29	32
		Cebirsel	16	29	30	25
	Problemin Niteliği	Görsel	20	27	21	32
		Gerçek Hayat	0	25	25	50

Diğer mühendislik bölümü öğrencilerinin performansına Revize Edilen Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu basamaklarına göre bakıldığında en yüksek performansı %25 doğru yanıt ile ilk üç basamak olan hatırlama, anlama, uygulama basamaklarına ait sorularda gösterdiği belirlenmiştir. Hatırlama ve yaratma basamaklarına ait soruların hiçbirine yanlış yanıt vermemişlerdir. Kısmi anlamda en iyi performansı

hatırlama basamağına ait soruda gösterdikleri belirlenmiştir ve bu grupta hatırlama basamağına ait soruya yanıt vermeyen öğrenci bulunmamaktadır. Ayrıca bu öğrenci grubunun Revize Edilen Bloom Taksonomisinin bilişsel süreç boyutu basamakları arttıkça yanıt vermemeyi tercih ettikleri görülmektedir.

Diğer mühendislik bölümü grubundaki öğrencilerin kavramsal ve işlemsel bilgi türleri açısından performansları değerlendirilirse en iyi performansı %25 ile kavramsal bilgi türüne ait sorularda gösterdiği görülmektedir. İşlemsel bilgi türüne ait sorularda en düşük performansı sergiledikleri belirlenmiştir. Ayrıca mühendislik bölümleri arasında işlemsel bilgi türündeki en düşük performans bu öğrenci grubuna aittir. Yine bu öğrenci grubu en çok boş ve en çok kısmi yanıtı işlemsel bilgi türündeki sorularda vermiştir. Ayrıca en çok yanlış yanıtı ise en iyi performans gösterdikleri kavramsal bilgi türüne ait sorularda verdikleri dikkat çekmektedir.

Diğer mühendislik bölümü grubundaki öğrencilerin problemlerin niteliklerine göre performans değerlendirilmesi yapıldığında en iyi performansı %20 doğru yanıt ile görsel nitelikli sorularda gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu gruptaki öğrencilerin %50'sinin gerçek hayat problemine yanıt vermedikleri görülmektedir. En fazla kısmi yanıt ise cebirsel nitelikteki sorulardan elde edilmektedir.

İntegral Problemlerinin Çözüm Süreçlerinin Karakteristiği

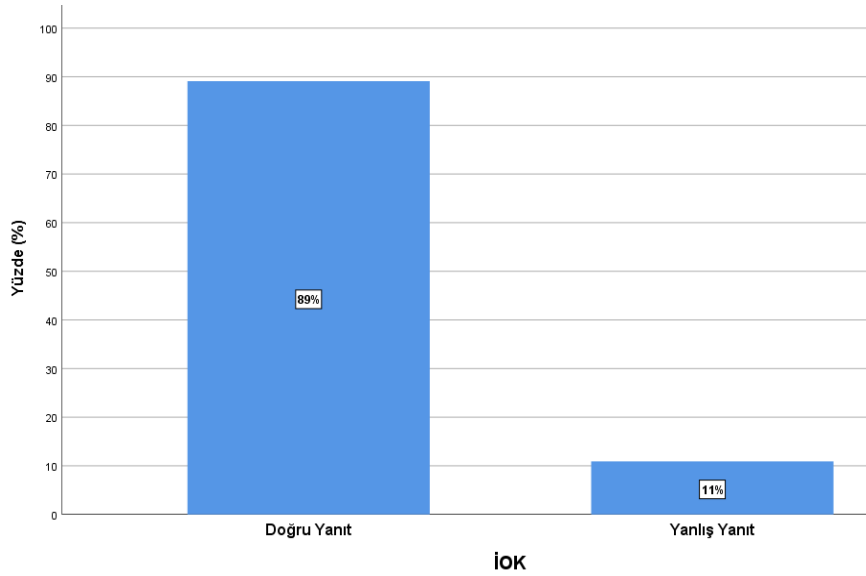
Bu bölümde öğrencilerin İntegral problemlerinin çözüm süreçlerinin daha iyi analiz edilebilmesi, derinlemesine anlaşılabilmesi ve daha nitelikli yorumlanabilmesi amacı ile İntegral Testine verilen cevaplar dikkate alınarak içerik ve betimsel analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır. İçerik analizini yapabilmek adına her öğrencinin cevapları ayrı ayrı incelenmiş ve öğrenciler tarafından çoğunlukla verilen doğru ve yanlış cevaplar tek tek incelenerek bir kodlama oluşturulmuştur. Cevapların okunması esnasında kodlamaya uygun olmadığı belirlenen cevaplar için de yeni uygun kodlar oluşturulmuştur ve öğrenciler tarafından yapılan her işlem kod ile ifade edilmeye çalışılmıştır. İçerik analizi ile elde edilen veriler ışığı altında öğrencilerin vermiş oldukları yanıtlar betimsel analiz ile tasvir edilmeye, detaylandırılmaya çalışılmıştır.

Öğrencilerin İntegral Problemleri Çözüm Süreçlerinin Bloom Taksonomisine Göre Sınıflandırılmış Problem Türleriyle İlişkisi

Bu bölümde öğrencilerin İntegral problemlerine ait çözüm süreçleri Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutu basamaklarına göre incelenecektir. Bu bölümde mühendis adayı öğrencilerinin vermiş oldukları yanıtlara göre analizler sonucu oluşturulan tablolarda sorunun yanıtını temsil eden işlemler (kavramlar) mevcuttur. Sorunun yanıtını temsil eden işlem (kavram) doğru kullanılmış ise doğru, soru boş bırakılmış ya da yanlış kullanılmış, işlem hataları veya dikkat hataları sonucu yanlış yanıtı ulaşılmış ise yanlış olarak tabloda yer almaktadır.

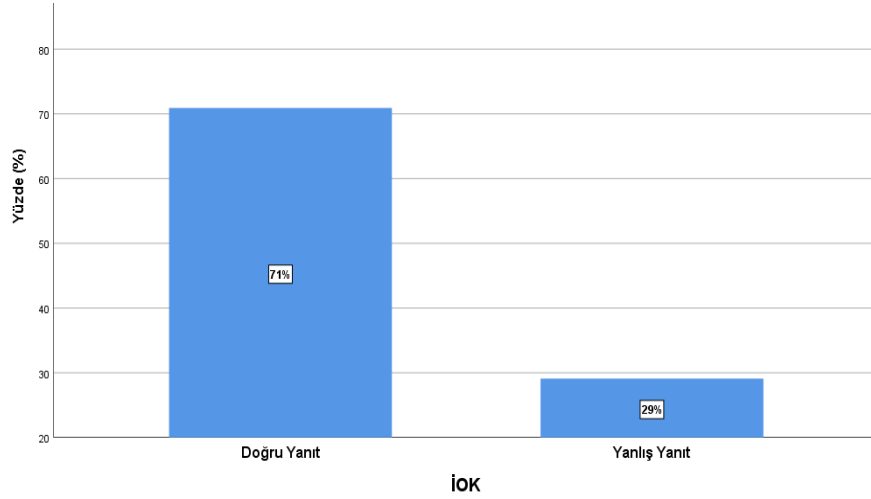
Öğrencilerin Hatırlama Basamağına Ait Sorulara Verdikleri Cevapların Analizi

Hatırlama basamağına ait soru bir fonksiyonun herhangi bir kapalı aralıkta integrallenebilir olması ile ilgili kendi içinde 5 farklı sorudan oluşmaktadır. Öğrencilerin verdikleri yanıtlarda 1-(iv). soru hariç %70 ve üstü oranında integrallenebilir olma koşullarına (İOK) ilişkin sorulara doğru yanıt verildiği söylenebilir. Öğrencilerin İOK kavramlarına hakim olduğu ve soruya genel anlamda doğru yanıt verdikleri görülmektedir.



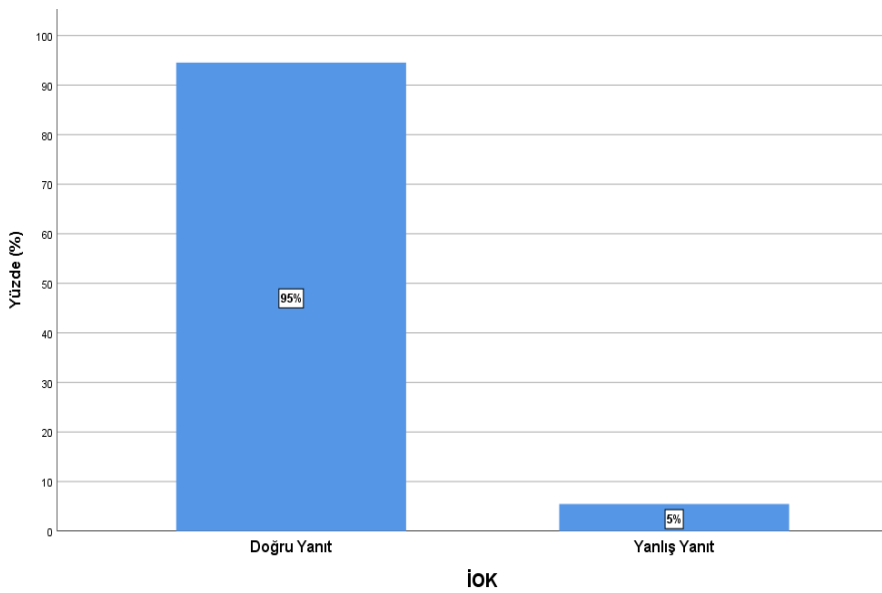
Şekil 5. 1-(i). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

Bir fonksiyonun kapalı bir aralıkta integrallenebilir olması için tanımlı olup olmadığının bilgisini ölçmeye yönelik sorulan 1-(i). boşluk doldurma sorusuna öğrencilerin %89'unun “olmalıdır” şeklinde doğru cevap verdiği %11'inin ise yanlış cevap verdiği görülmektedir (Şekil 5).



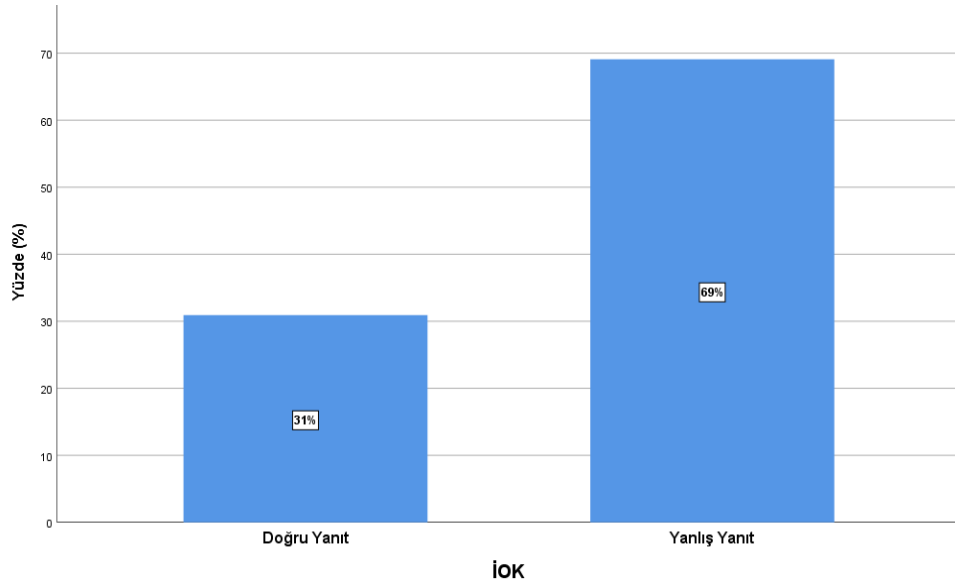
Şekil 6. 1-(ii). Soruya Verilen Cevaplardaki İşlemlerin Dağılımı

Bir fonksiyonun integrallenebilir olması için sürekli olup olmadığının bilgisini ölçmeye yönelik sorulan 1-(ii). boşluk doldurma sorusuna öğrencilerin %71'inin “olmalıdır” şeklinde doğru cevap verdiği %29'unun ise yanlış cevap verdiği görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 7. 1-(iii). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

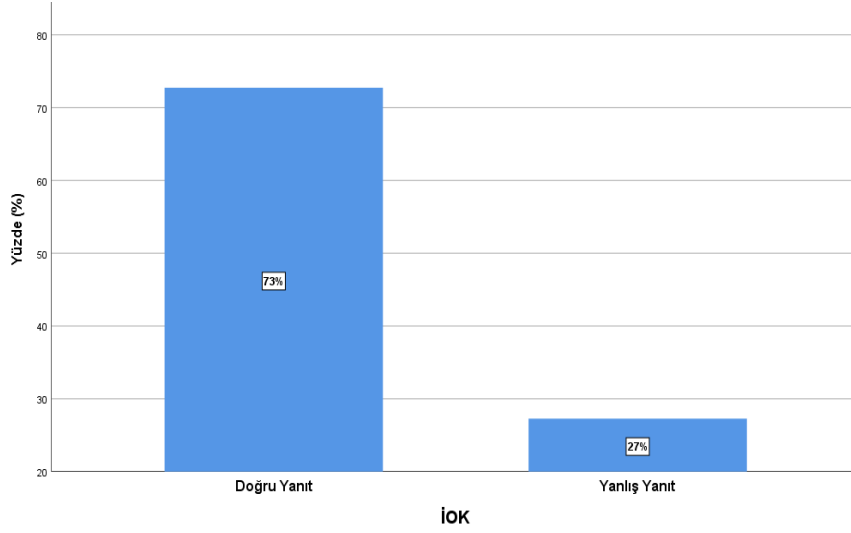
Bir fonksiyonun kapalı bir aralıkta integrallenebilir olması için pozitif olup olmaması gerektiği ile ilgili bilgiyi ölçmeye yönelik sorulan 1-(iii). boşluk doldurma sorusuna öğrencilerin %95'inin “olmayabilir” şeklinde doğru cevap verdiği %5'inin ise yanlış cevap verdiği görülmektedir. İntegrallenebilir olma koşullarına ait sorularda başarısı en yüksek olan soru 1-(iii). soru olmuştur (Şekil 7).



Şekil 8. 1-(iv). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

Bir fonksiyonun kapalı bir aralıkta integrallenebilir olması için o aralıkta sınırlı olup olmaması gerektiği ile ilgili bilgiyi ölçmeye yönelik sorulan 1-(iv). boşluk doldurma sorusuna öğrencilerin %31'inin “olmalıdır” şeklinde doğru cevap verdiği %69'unun ise yanlış cevap verdiği görülmektedir. İntegrallenebilir olma koşullarına ait sorularda başarısı en düşük olan soru 1-(iv). soru olmuştur (Şekil 8).

Bir fonksiyonun kapalı bir aralıkta integrallenebilir olması için türevlenebilir olup olmamasının bilgisini ölçmeye yönelik sorulan 1-(v). boşluk doldurma sorusuna öğrencilerin %73'ünün “olmalıdır” şeklinde doğru cevap verdiği %27'sinin ise yanlış cevap verdiği görülmektedir (Şekil 9).



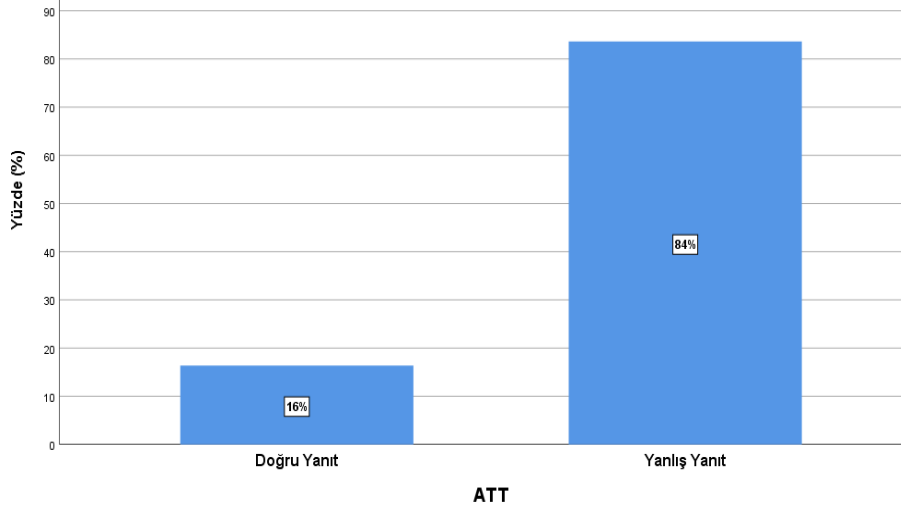
Şekil 9. 1-(v). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

Öğrencilerin Anlama Basamağına Ait Sorulara Verdikleri Cevapların Analizi

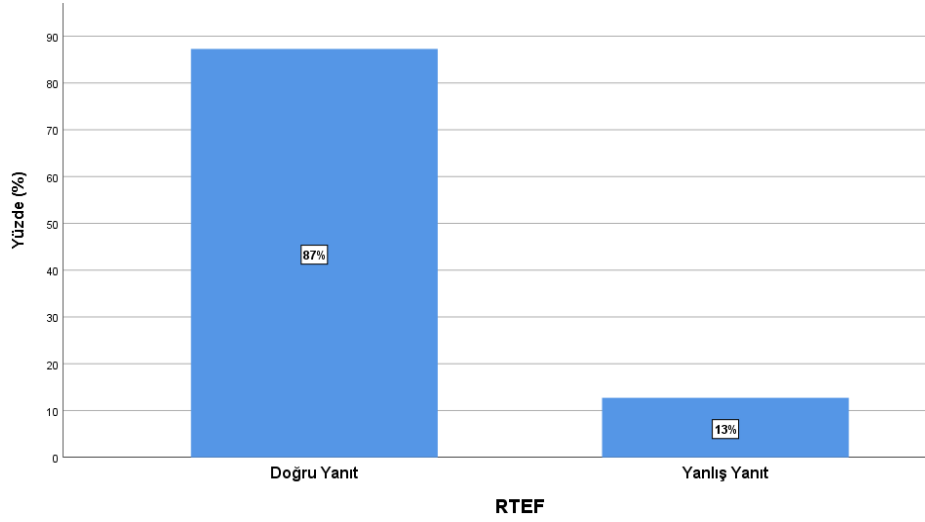
Anlama basamağına yönelik iki soru sorulmuştur. Bunlardan biri ile Analizin Temel Teoremi (ATT) kavramının tanımını ortaya koyabilmeleri istenirken diğeri ile Riemann Toplamını etkileyen faktörlere (RTEF) yönelik karşılaştırma yapabilme, anlam çıkarabilme, ilişki kurabilme gibi beceriler değerlendirilmek istenmiştir.

Anlama basamağına ait 2. soruda öğrencilerden ATT'ni doğru bir şekilde ifade edebilmeleri için boşluk doldurma sorusu sorulmuştur. Belirli integrali Riemann toplamı yardımı ile hesaplamak yerine integrandı oluşturan fonksiyonun ters türevini kullanarak türev ve integral kavramlarının arasındaki ilişkiyi ortaya koyan ve integral hesabının temel teoremlerinden olan Analizin Temel Teoremi (ATT) kavramının öğrenciler tarafından nasıl anlaşıldığı değerlendirilmek istenmiştir. Bu soruda öğrencilerin %16'sının soruyu doğru yanıtlarken %84'ünün ise yanlış yanıtladığı tespit edilmiştir (Şekil 10).

Anlama basamağına ait 3. soru Riemann toplamını etkileyen faktörler değiştikçe alan hesabındaki hatanın büyüklüğünün nasıl etkilendiği ile ilgili kendi içinde 3 farklı sorudan oluşmaktadır. 3-(i). soruda öğrenciler alt aralıkların genişliğinin artması ile hatanın büyüklüğünün artacağını belirterek %87 oranında doğru yanıtlarken %13 oranında soruyu yanlış cevaplamışlardır (Şekil 11).



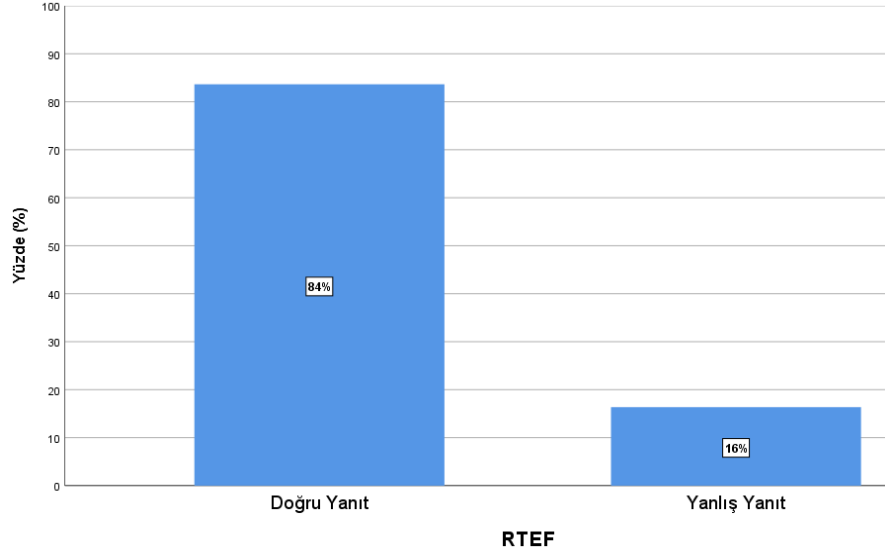
Şekil 10. 2. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı



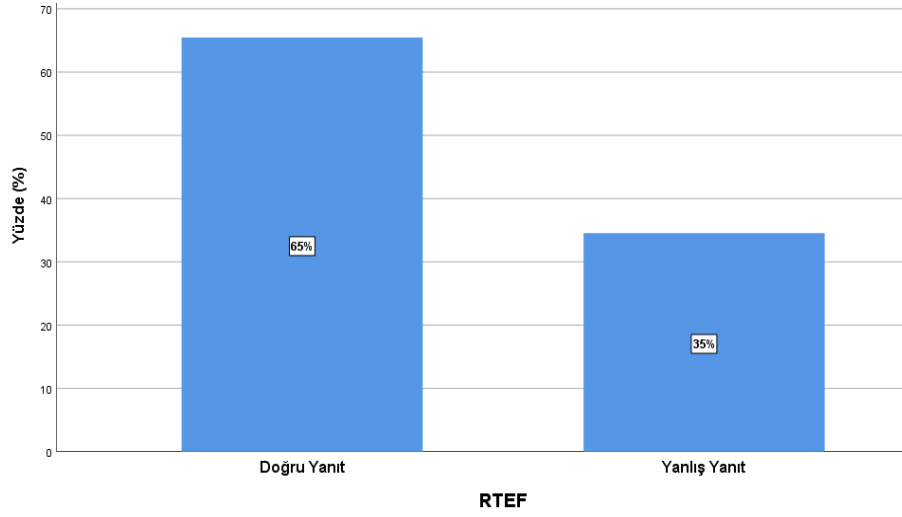
Şekil 11. 3-(i). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

3-(ii). soru da öğrenciler üst ve alt toplam farkının azalması ile hatanın büyüklüğünün azalacağını belirterek %84 oranında doğru yanıtlarken %16 oranında soruyu yanlış cevaplamışlardır (Şekil 12).

3-(iii). soru da öğrenciler parçalanış sayısının artması ile hatanın büyüklüğünün azalacağını belirterek %65 oranında doğru yanıtlarken %35 oranında soruyu yanlış cevaplamışlardır (Şekil 13).



Şekil 12. 3-(ii). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

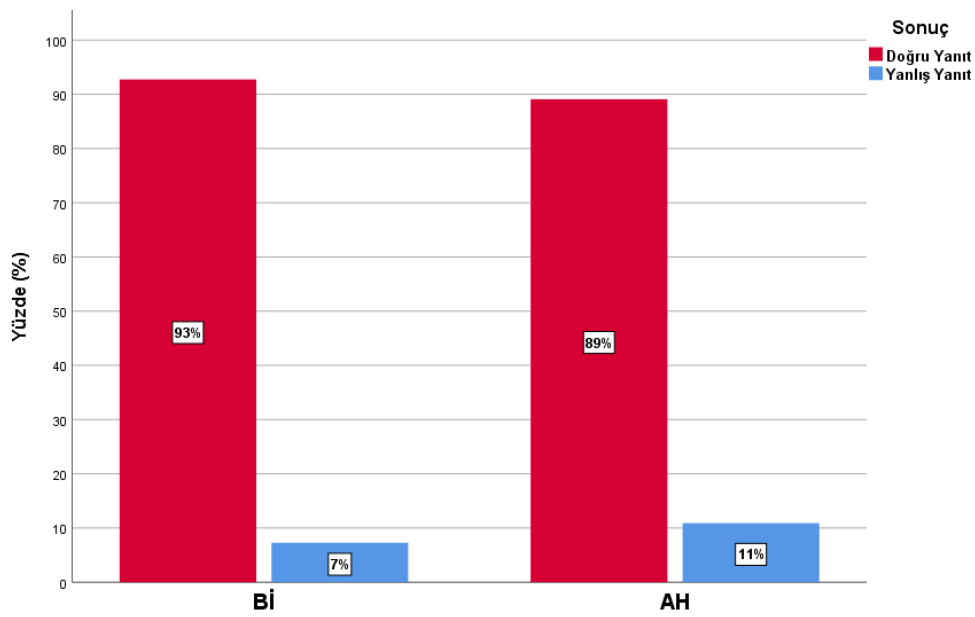


Şekil 13. 3-(iii). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

Öğrencilerin Uygulama Basamağına Ait Sorulara Verdikleri Cevapların Analizi

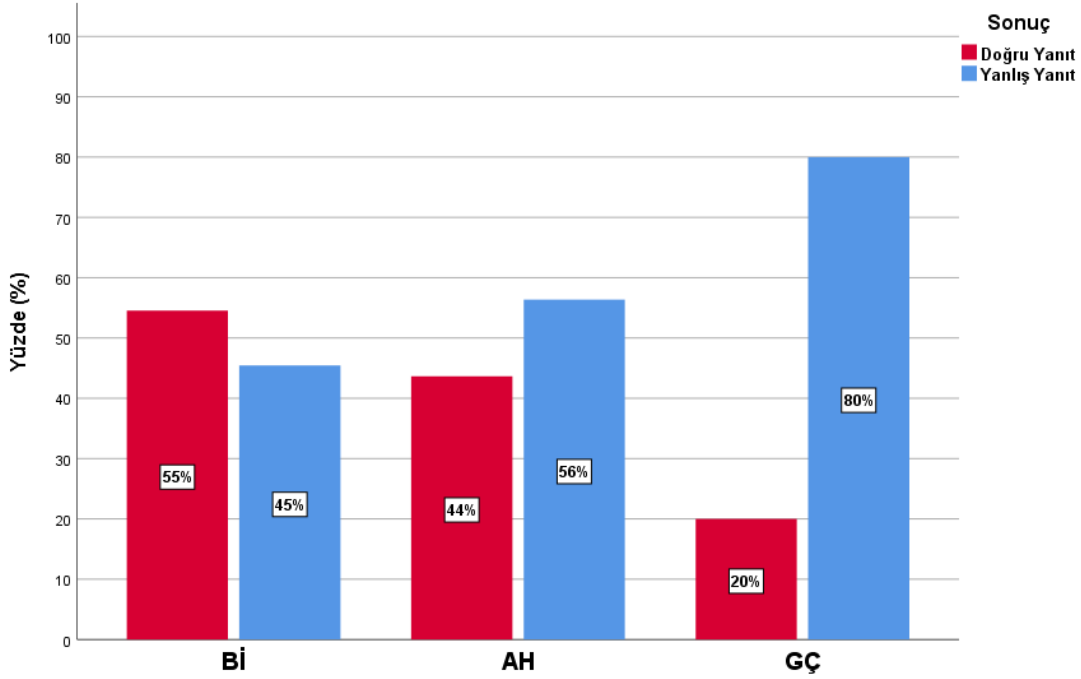
Uygulama basamağında öğrencinin bir durum veya problem karşısında bilgiyi yeni durumlara aktarabilmesi, hesaplama yapabilmesi beklenmektedir. Uygulama basamağına ait sorulan 8 adet soru ile öğrencilerin integral bilgilerini yeni durumlara aktarabilme becerileri incelenmek istenmiştir.

4. soruda öğrencilerden eğri altında kalan alanın integral yardımı ile hesaplama ve x ekseninde kalan alanın belirli integralin eksili haliyle ifade edebilme becerilerini ölçmeye yönelik bir soru sorulmuştur. Bu soruda öğrencilerin belirli integral yardımı ile alan hesabını %89 oranında doğru ifade ederek hesaplama işlemini ortaya koyarken %11 oranında ise yanlış kullandıkları tespit edilmiştir. Ayrıca sorunun çözümü için oluşturdukları belirli integrali ise %93 oranında doğru sonuca ulaştırdıkları %7 oranında ise yanlış sonuca ulaştırdıkları tespit edilmiştir. Yapılan işlemsel ve mantıksal hatalar ile doğru yanıtı ulaşanların oranı ise %84 olarak hesaplanmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. 4. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

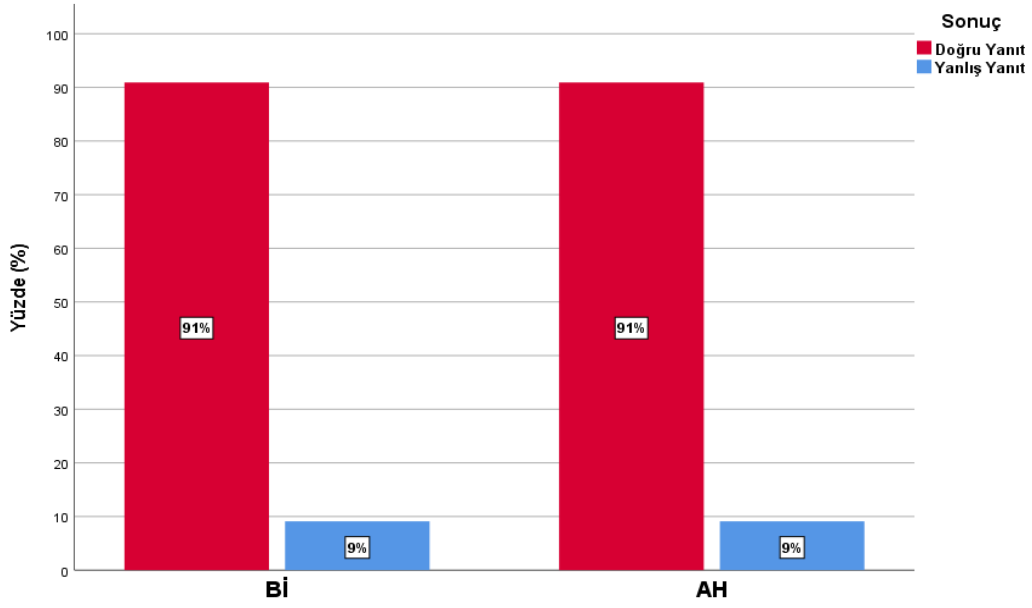
6. soruda öğrencilerden iki eğri arasında kalan kapalı bölgenin alanının hesaplanması istenmiştir. Ve bu hesaplama işlemini doğru bir şekilde ortaya koyabilmeleri adına koordinat sistemi üzerinde bu alanı çizerek belirtmeleri de istenmiştir. Bu soruya öğrencilerin yaklaşık %15'inin doğru yanıt verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin %44'ünün belirli integral yardımı ile alan hesabını doğru bir şekilde ortaya koydukları görülürken belirli integrali %45 oranında yanlış hesapladıkları ve işlem hatasına eğilimin yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin %20'sinin grafik çizimlerinin doğru olduğu tespit edilirken %80 oranında trigonometrik fonksiyonların grafik çizimini yanlış yaptıkları dikkat çekmektedir (Şekil 15).



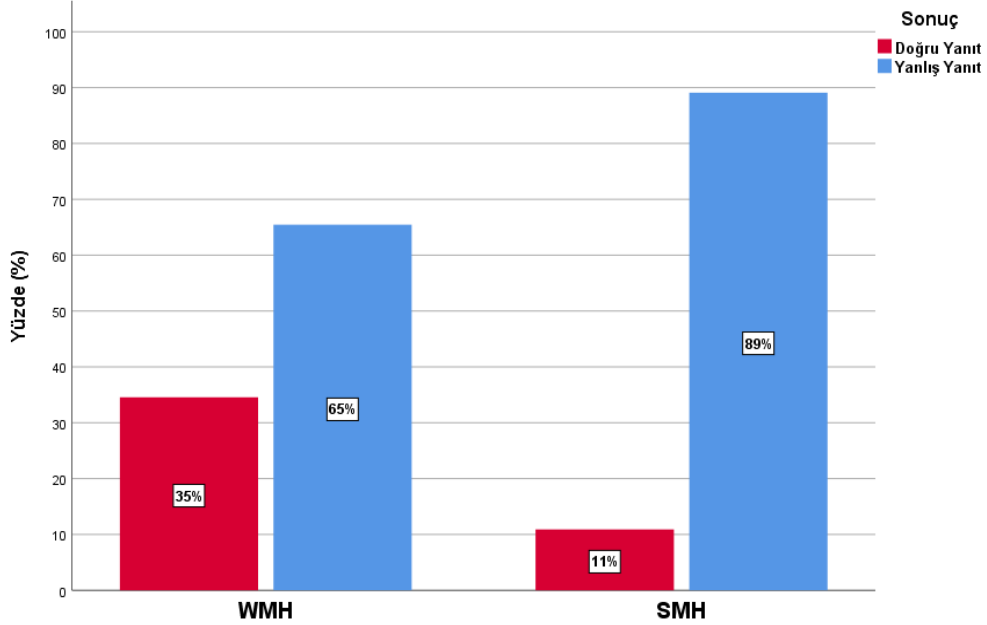
Şekil 15. 6. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

8. soruda bir fonksiyon grafiğinin altında kalan alanlar arasındaki oran verilmiştir ve eğri altındaki alanların oranları belirli integral yardımı ile hesaplanıp sınır değerlerin oranlarının belirlenmesi beklenmektedir. Öğrencilerin %91'inin belirli integral yardımı ile alan hesabını doğru bir şekilde ortaya koyabildikleri görülürken yine %91 oran ile belirli integral hesabını da doğru bir şekilde uyguladıkları tespit edilmiştir. Çözüm stratejileri doğru olmasına rağmen işlem hatası, dikkat dağınıklığı gibi sebepler ile soruyu doğru yanıtlayanların oranının %64' e düştüğü belirlenmiştir (Şekil 16).

10. soruda bir eğri ile doğru arasında kalan kapalı bölgenin x eksenine etrafında döndürülmesi ile oluşan şeklin hacminin bulunması istenmiştir. Bu soruya verilen doğru yanıt oranı %36 olmakla beraber öğrencilerin genel değerlendirme yapıldığında Washer Metodu ya da Shell Metodu ile hacim hesaplama yaptıkları görülmektedir. %35 oranında Washer Metodu ile hacim hesabı doğru yapılırken %11 oranında ise Shell Metodu ile hacim hesabı doğru bir şekilde hesaplanmıştır. Ayrıca öğrencilerin Washer Metodunu Shell Metoduna göre daha çok tercih ettikleri değerlendirilirken en çok hatayı ise Shell Metodu ile hacim hesabında yapmışlardır (Şekil 17).



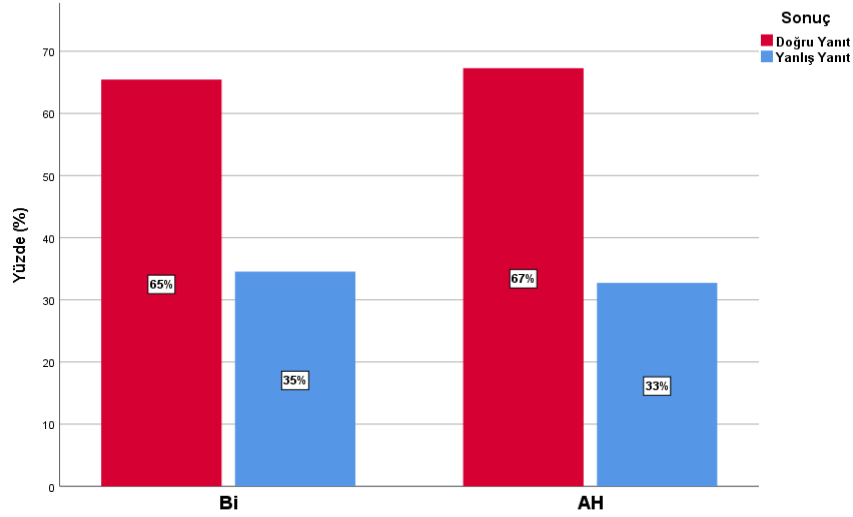
Şekil 16. 8. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı



Şekil 17. 10. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

11. soru yine eğri altında kalan alan hesabını yaptırırken aynı zamanda birbirine eşit alanları kullanarak sınır değerleri buldurmaya yöneliktir. Öğrenciler belirli integral yardımı ile alan hesabı için bilmeleri gereken formülü hatırlayarak doğru bir şekilde %67 oranında uygulamışlardır. Ayrıca oluşturdukları belirli integrali %65 oranında doğru

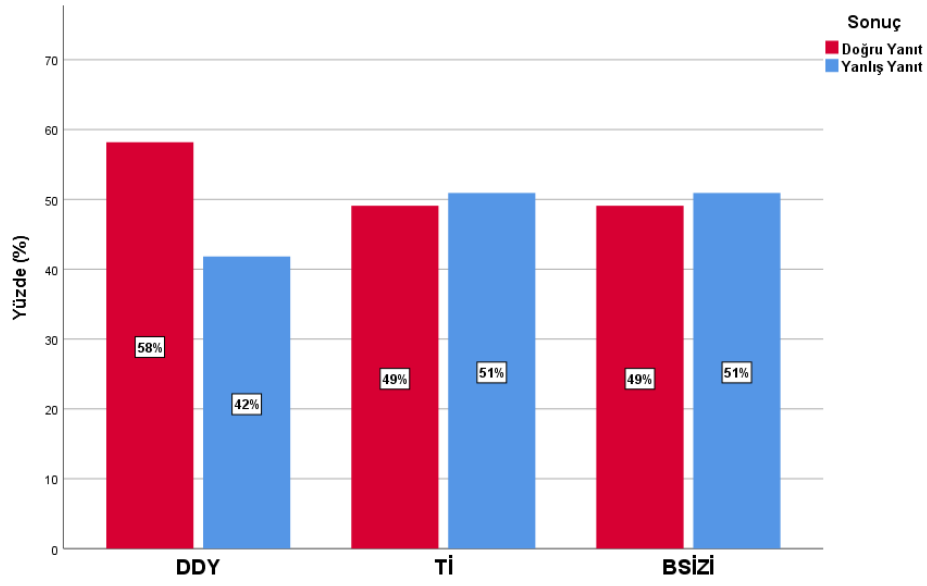
çözdükleri görülmektedir. Tüm bu veriler ışığı altında, öğrenciler her ne kadar doğru strateji ve yöntem seçmiş olsalar da işlem hataları ve mantık hataları ile doğru yanıt oranının %51'e düştüğü belirlenmiştir (Şekil 18).



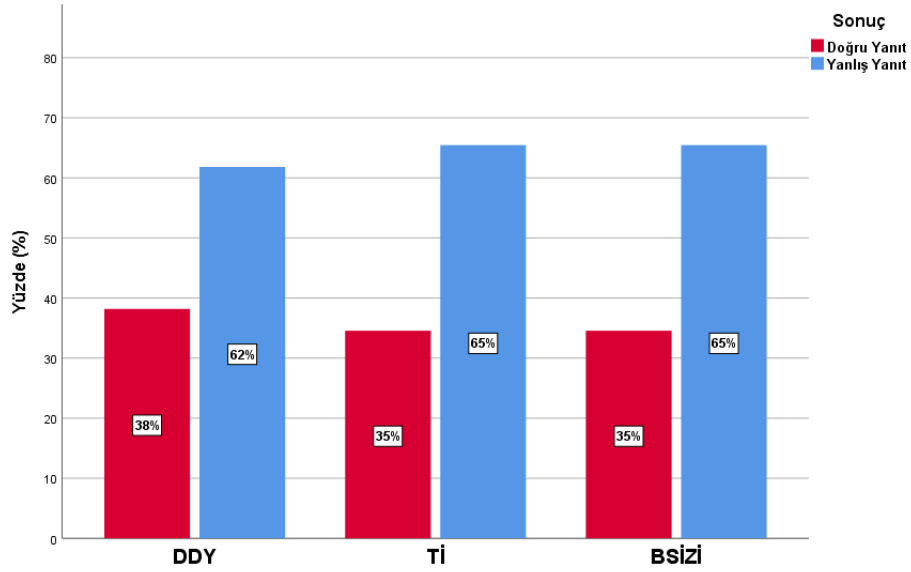
Şekil 18. 11. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

Cebirsel ifadeler kullanılarak hazırlanan 12. soruda belirsiz integrale ait iki soru sorulmuş olup bu sorular ile değişken değiştirme yöntemi ve trigonometrik fonksiyonlara ait integrallere verilen yanıtlar incelenmiştir. 12-(i). soruda öğrencilerin değişken değiştirme yöntemi ve trigonometrik fonksiyonlardan yararlanarak türevi bilinen fonksiyon haline getirerek integrallerin çözümlerinin bulunması beklenmiştir. Değişken değiştirme yöntemi %58 oranında doğru kullanılırken %42 oranında ise yanlış kullanılmıştır. Öğrenciler trigonometrik integralleri %49 oran ile doğru yanıtlarken %51 oran ile de yanlış yanıtlamışlardır. Ayrıca öğrencilerin %49'u belirsiz integralleri doğru çözebiliyorken %51'i doğru yanıtı ulaşamamışlardır (Şekil 19).

12-(ii). soruda da öğrencilerin trigonometrik ifadelerden yararlanarak integrali alınabilen fonksiyon haline dönüştürebilme becerileri incelenmek istenmiştir. Değişken değiştirme yöntemi %38 oranında doğru kullanılırken %62 oranında ise yanlış kullanılmıştır. Öğrenciler trigonometrik integralleri %35 oran ile doğru yanıtlarken %65 oran ile de yanlış yanıtlamışlardır. Ayrıca öğrencilerin %35 i belirsiz integralleri doğru çözebiliyorken %65 i doğru yanıtı ulaşamamışlardır (Şekil 20). 12. soruya ait her iki şıkkı doğru yanıtlayan öğrencilerin oranı ise %32 olarak bulunmuştur.



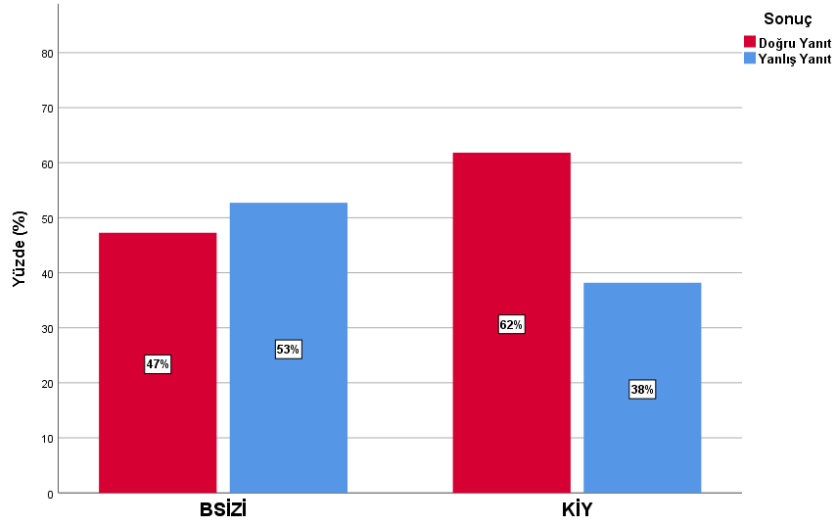
Şekil 19. 12-(i). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı



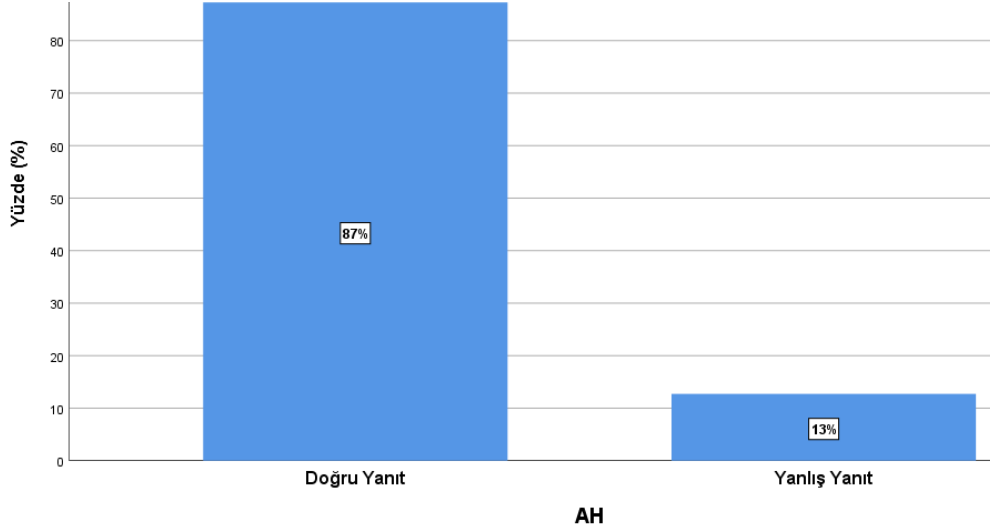
Şekil 20. 12-(ii). soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

Cebirsel ifadelerle oluşturulan 13. soruda öğrencilere soru içerisinde kısmi integrasyon kuralı verilmiş olup bu kurala göre verilen eşitliğin çözümlenerek fonksiyonun bulunması istenmiştir. Öğrencilerin bu soru için kısmi integrasyon yöntemini %62 oranında doğru kullanırken %38 oranında yanlış kullandıkları görülmektedir. Ayrıca kısmi integrasyon kuralını her ne kadar öğrencilerin %62'si doğru kullanmış olsa da belirsiz integrali

çözerken bu öğrencilerin hepsinin doğru yanıtı ulaşamadığı, oluşturdukları belirsiz integrali doğru yanıtlayanların oranı %47 iken yapılan işlemsel hatalardan ötürü öğrencilerin yaklaşık %32'sinin soruyu doğru yanıtladığı tespit edilmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. 13. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı



Şekil 22. 17. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

İntegral Testinde sorulan 17. soru görsel niteliğe sahip olmakla beraber bir fonksiyonun grafiği verilmişken tanımlı olduğu bir alt aralıkta fonksiyonun belirli integralinin bulunması istenmiştir. Öğrencilerden bu integrali hesaplarken eğri altında kalan alanlardan yararlanarak belirli integrali çözmeleri beklenmiştir. Öğrencilerin belli sınırlar arasında ve

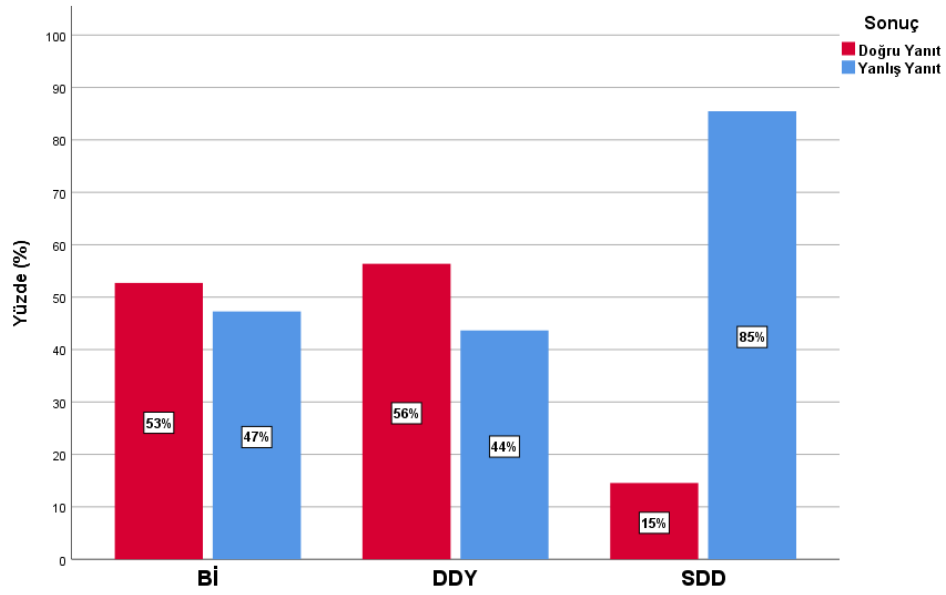
eğri altında kalan alanın hesabını belirli integral yardımı ile %87 oranında doğru yanıtlarken %17 oranında yanlış yanıtladıkları tespit edilmiştir. Ayrıca belirli integralin sınır değerlerinin parçalanması, x eksenini altında kalan bölgenin belirli integralin eksi işaretli olmasını göz ardı etme gibi bir takım kavramsal eksikliklerden ve işlemsel hatalardan kaynaklı sorunun sonuç odaklı doğru yanıtına ulaşanların ortalaması %48 olarak hesaplanmıştır (Şekil 22).

Öğrencilerin Analiz Etme Basamağına Ait Sorulara Verdikleri Cevapların Analizi

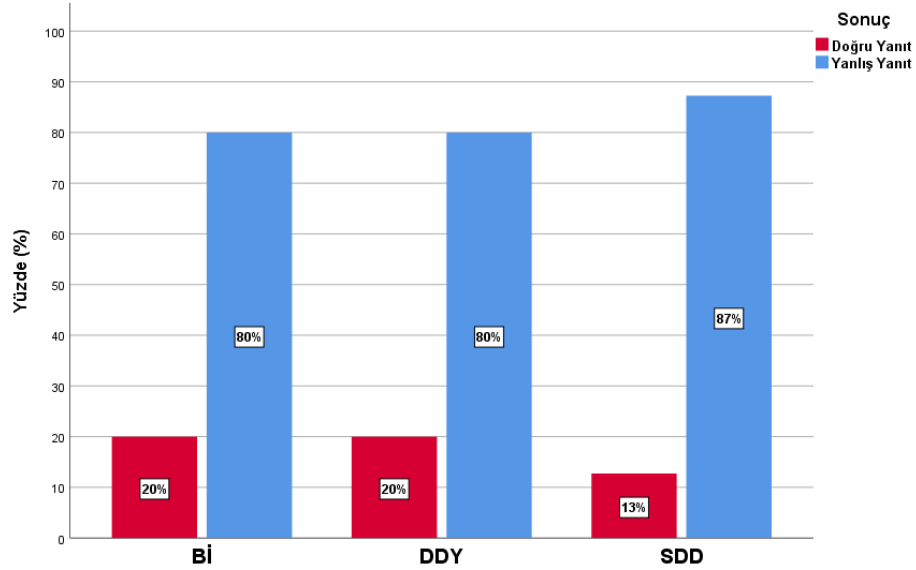
İntegral Testi ile analiz etme basamağında sorulan 5 adet soru ile öğrencilerden verilenleri organize etme, ilişki kurma, gruplandırma ya da ayırt etme gibi becerileri sergilemeleri beklenmektedir.

Bu basamağa ait testte yer alan görsel ve cebirsel nitelikte hazırlanan 5. soru ile öğrencilerden türev ve integral arasındaki ilişkiyi kullanarak, değişken değiştirme yöntemi ile belirli integrali çözmeleri beklenmektedir. Öğrencilerin %56'sının değişken değiştirme yöntemini doğru yanıtladığı görülürken öğrencilerin %15'inin sınır değerlerini değiştirmedeği görülmektedir. Ayrıca öğrencilerin soruyu çözmek için oluşturdukları belirli integrali %53 oranında doğru yanıtladıkları görülmektedir. Fakat birbirini takip eden bu üç adımın aynı anda doğru yapılamaması ya da bir takım işlemsel hatalardan kaynaklı olarak öğrencilerin sadece %20'sinin doğru yanıtla ulaştığı görülmektedir (Şekil 23).

Cebirsel nitelikte olan 7. soruda öğrencilerden belirli integral ile bir fonksiyonun kuralı verilmiştir ve bu kurala göre başka bir belirli integralin hesaplanması istenmiştir. Burada öğrencilerin trigonometrik eşitliklerden yararlanması beklenmektedir. Ayrıca verilen bir formülün, kuralın veya bir bağıntının yeni bir duruma aktarılabilmesi, uygulanabilmesi gibi bir takım beceriler de değerlendirilmek istenmiştir. Öğrencilerin bu soruda %20 oran ile değişken değiştirme yöntemini doğru kullandıkları buna karşılık %80 oranında yanlış kullandıkları tespit edilmiştir. Ayrıca belirli integral hesabını %20 oranında doğru hesapladıkları görülmektedir. Fakat değişken değiştirme yaptıktan sonra sınır değerlerini değiştirmeyi genellikle unuttukları görülmüştür ve %13 oranı ile sınır değerlerini değiştirerek doğru çözüme ulaştıkları tespit edilmiştir (Şekil 24). Tüm bu adımların aynı anda doğru gerçekleştirilememesi veya yapılan işlemsel hatalardan ötürü öğrencilerin %17'sinin soruyu doğru yanıtladığı dikkat çekmektedir.



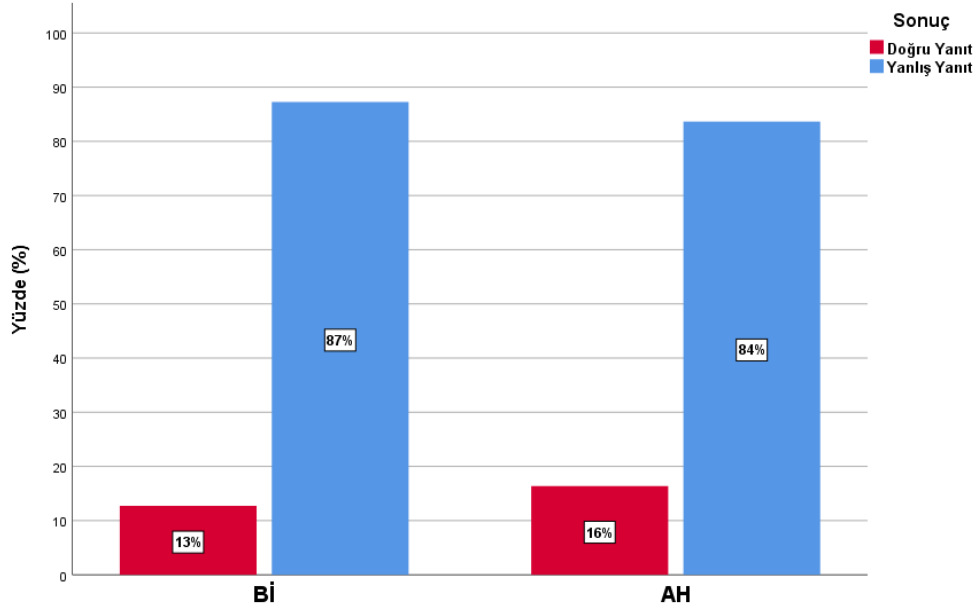
Şekil 23. 5. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı



Şekil 24. 7.soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

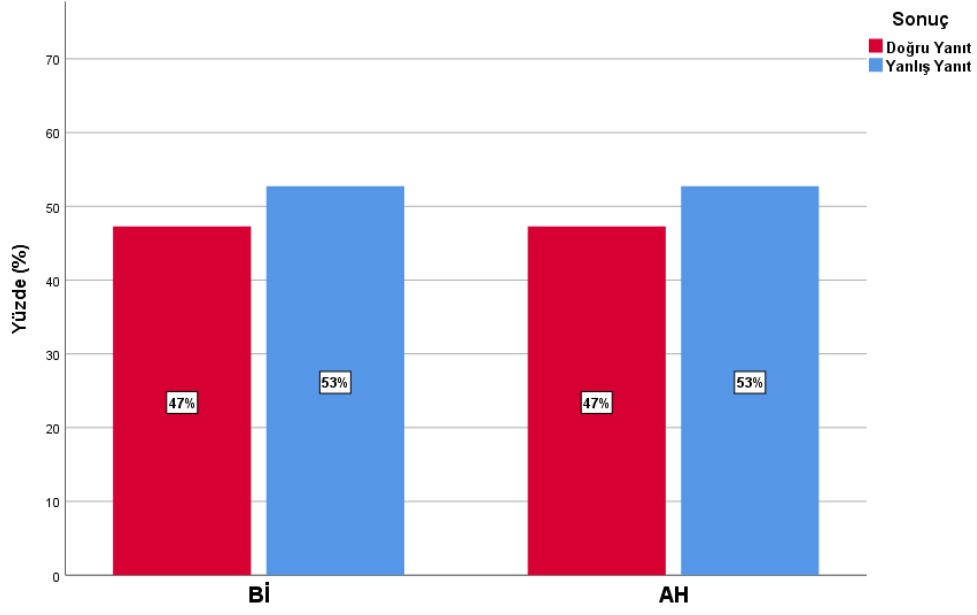
Cebirsel ve görsel niteliğe sahip olan 9. soru ile öğrencilere bir fonksiyonun türevinin grafiği verilmiştir. Öğrencilerden bu soruda türevi bilinen fonksiyon yardımı ile belirli integrali kullanarak alan hesabı yapmaları ve belirledikleri bu integralin sınır değerlerinden yararlanmaları beklenmektedir. Öğrencilerin %16'sının belirsiz integral yardımı ile fonksiyonun denklemini belirlemeye çalıştıkları görülmüştür. Fakat bu çözüm yolu ile

yapılan yanlışların integrallenebilir bir fonksiyonun sürekli olması ile ilgili bir takım kavramsal bilgi eksikliğinden kaynaklı olduğu belirlenmiştir. İkinci en çok tercih edilen çözüm yolu ise belirli integral yardımı ile alan hesabının yapılması olmuştur. Bu çözüm yolunu tercih edenlerin %13'ünün doğru işlemsel adımları uyguladığı belirlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin işlemsel hatalarından ve kavramsal bilgi eksikliklerinden ötürü yaklaşık %25 oran ile sorunun doğru yanıtlandığı tespit edilmiştir (Şekil 25).

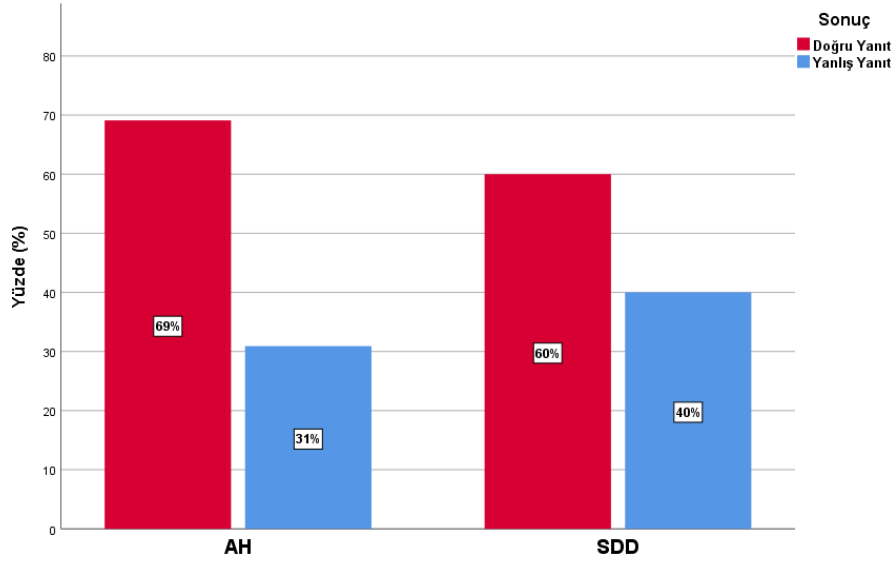


Şekil 25. 9. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

Görsel niteliğe sahip 14. soruda birim karelere bölünen dik koordinat düzleminde verilen bir fonksiyonun alt ve üst kısımlarında kalan bölgeler farklı iki renge boyanmıştır ve bu farklı iki renkteki bölgelerin toplam alanlarının oranının bulunması istenmiştir. Bu soruda öğrencilerin yapmayı en çok tercih ettikleri iki yöntem olduğu görülmüştür. Bunlardan biri belirli integral yardımı ile iki sınır değeri arasındaki alanların toplamıdır ve öğrencilerin %47 'sinin bu yöntemi doğru kullandıkları tespit edilmiştir. Diğer bir yöntem ise birim karelerin alanlarından yararlanarak alanlar toplamının bulunmasıdır ve bu yöntemi doğru bir şekilde kullananların oranının %47 olduğu görülmektedir (Şekil 26). Fakat her ne kadar doğru yöntemler kullanılmış olsa da öğrencilerin yapmış oldukları işlemsel ve mantıksal hatalardan kaynaklı doğru yanıt oranının %34'e düştüğü dikkat çekmektedir.



Şekil 26. 14. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı



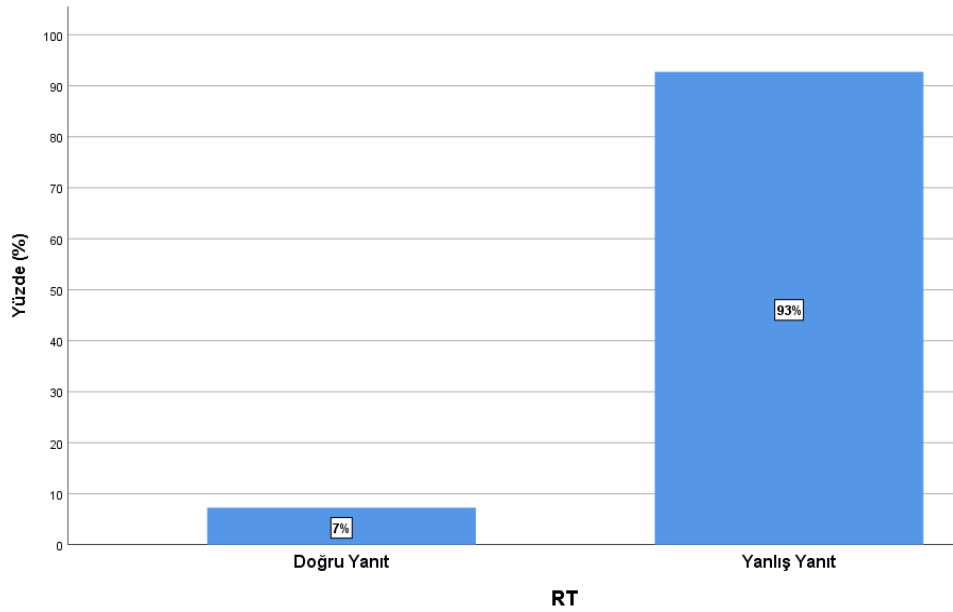
Şekil 27. 18. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

Görsel niteliğe sahip ve çoktan seçmeli olarak sorulan 18. soruda öğrencilerden bir eğri, bir doğru ve dikey bir doğru arasında kalan kapalı bölgenin alanını bu fonksiyonun tersi ile ifade etmeleri beklenmektedir. Öğrencilerin belirli integral yardımı ile alan hesabını %69 oranında doğru kullandıkları buna karşılık %31 oranında yanlış kullandıkları tespit edilmiştir. Fakat alan hesabını doğru kullandıkları halde öğrencilerin sınır değerlerini değiştirmede aynı başarıyı sergileyemedikleri görülmüştür. %60 oranında öğrenciler sınır

değerlerini doğru bir şekilde değiştirebiliyorken %40 oranında sınır değerlerini değiştirmeyi unuttukları ya da yanlış değerleri yazdıkları tespit edilmiştir (Şekil 27). Birbirini takip eden bu adımları öğrencilerin aynı anda doğru yapmamaları doğru yanıt oranını %58'e düşürmüştür.

Öğrencilerin Değerlendirme Basamağına Ait Sorulara Verdikleri Cevapların Analizi

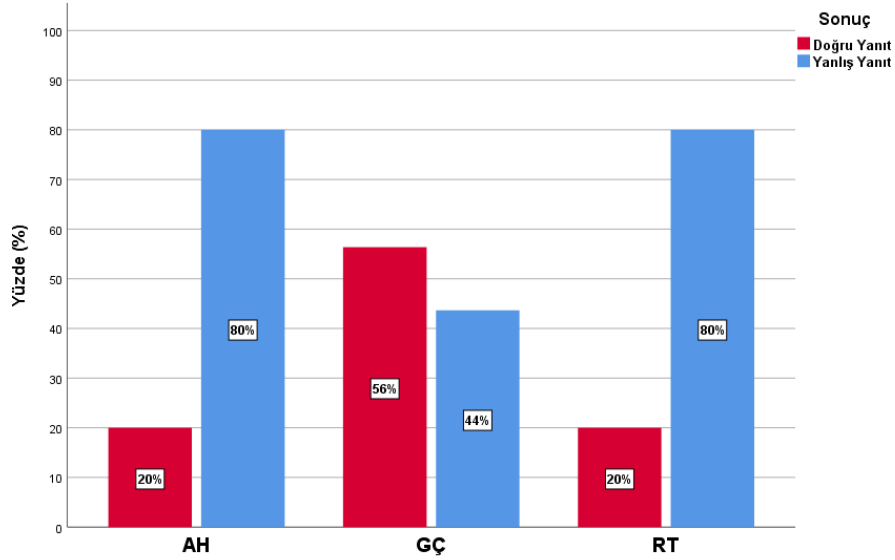
Değerlendirme basamağı ile belli bir standart veya kritere bağlı olarak karar verebilme veya yargıda bulunabilme becerisi ölçülmek istenmektedir. Değerlendirme basamağına ait olan gerçek hayat problemi niteliğinde olan 15. soru ile bir alanın Riemann alt ve üst toplam mantığı ile hesaplanıp yorum yapılması istenmiştir. Çözümler incelenirken sonuç ve süreç değerlendirmesi yapıldığında soruyu doğru yanıtlayan öğrenci bulunmadığı halde sadece süreç değerlendirmesi yapıldığında ise öğrencilerin işlem ya da mantık hatası yapmalarından kaynaklı doğru sonuca ulaşamamalarına rağmen %7'sinin Riemann Toplamı bilgisini ortaya koyabildiği %93'ünün ise bu bilgiyi ortaya koyamadığı belirlenmiştir (Şekil 28). Bu sorudaki düşük başarı ise dikkat çekici bulunmaktadır.



Şekil 28. 15. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

Öğrencilerin Yaratma Basamağına Ait Sorulara Verdikleri Cevapların Analizi

Yaratma basamağı ile var olan parçalar kullanılarak bir fikir ya da ürün ortaya koyma becerisi ölçülmek istenmektedir. Yaratma basamağına ait olan cebirsel ve görsel niteliğe sahip olan 16. soruda bir doğru ile x ve y eksenleri arasında kalan kapalı bölgenin alanının Riemann toplamı yardımı ile tahmin edilmesi istenmiştir. Bu soruya cevap veren öğrencilerin %20'si belirli integral yardımı ile alan hesabından soruyu doğru bir şekilde yanıtlarken %56'sının ise grafik çizerek üçgenin alanından yararlanarak doğru yanıt verdiği görülmektedir. Fakat esas istenilen durum alanın kaç olduğunun bulunmasından ziyade Riemann toplamını kullanarak alan hesabının tahmin edilmesidir. Öğrencilerin %20'sinin Riemann toplamı yardımı ile alan hesabı için gerekli olan formülü doğru bildikleri tespit edilirken %80'inin ise formülü yanlış yazdığı belirlenmiştir (Şekil 29). Her ne kadar formülü bilen öğrenci olsa da yapılan işlemsel ve mantıksal hatalardan ötürü sonuç odaklı doğru yanıtı ulaşan öğrencinin bulunmadığı dikkat çekmektedir.



Şekil 29. 16. soruya verilen cevaplardaki işlemlerin dağılımı

Öğrencilerin Kavramsal ve İşlemsel Bilgilerinin İntegral Problemlerinin Çözüm Süreçlerine Yansımaları

Bu bölümde İntegral Testine ait her bir soruyu öğrencilerin çözüm süreçlerine kavramsal, kavramsal-işlemsel ve işlemsel bilgi bağlamında nasıl yansıdığı betimlenmek istenmiştir.

Öğrencilerin Kavramsal Bilgilerinin İntegral Problemlerinin Çözüm Süreçlerine Yansımaları

Kavramsal bilgi yalnızca kavramı tanımak değildir kavramsal arası ilişkilendirme ve genellemeler yapabilme bilgisidir. Dolayısıyla İntegral Testine ait kavramsal bilgi gerektiren soruların seçiminde öğrencilerin bir kavramı tanımlarının yanında kavramlar arasında mantıksal ilişkiler kurabilme, yardımcı şekiller çizebilme, var olan bilgi birikimi sayesinde tahminde bulunabilme, sözel bilgileri matematiksel dile çevirebilme gibi becerilere de sahip olmaları beklenmektedir. Böylelikle kavramsal öğrenmelerin gerçekleştiği ve farklı yeni bilgilerin eklenmesi ile eski bilgilerin ilişkilendirilerek zincirleme daha kuvvetli bir bilgi bağı oluşturulabileceği ifade edilebilir. Bu bölümde kavramsal bilgi türüne ait 5 sorunun incelenmesi yapılacaktır.

1. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru: f fonksiyonunun $[a, b]$ aralığında integrallenebilir olması için aşağıdaki önermelerden hangileri doğru olmalıdır?

- i) f tanımlı.....Olmalıdır() Olmayabilir() Bilmiyorum()
- ii) f , (a, b) aralığında sürekli.....Olmalıdır() Olmayabilir() Bilmiyorum()
- iii) f pozitif.....Olmalıdır() Olmayabilir() Bilmiyorum()
- iv) f $[a, b]$ aralığında sınırlıOlmalıdır() Olmayabilir() Bilmiyorum()
- v) f türevlenebilir.....Olmalıdır() Olmayabilir() Bilmiyorum()

Öğrencilerin yaklaşık olarak %16'sı bu soruya doğru yanıt verirken yaklaşık %72'i ise kısmi olarak yanıtlamıştır. Ayrıca tüm öğrenciler tarafından yanıtlanması ve boş bırakılmaması dikkat çekmektedir. Soru bazında ayrı ayrı değerlendirilecek olursa en fazla hatanın 1-(iv). soru olduğu tespit edilmiştir. Bir fonksiyonun kapalı bir aralıkta integrallenebilir olması için tanımlı, sürekli ve türevlenebilir olması konusunda öğrencilerin %70 ve daha fazlasının doğru bilgiye sahip olduğu söylenebilir. En fazla doğru yanıtın olduğu 1-(iii). soru ile bir fonksiyonun bir aralıkta integrallenebilir olmasının o fonksiyonun pozitif ya da negatif olması ile bir ilişkisi olmadığına dair kavramsal bilginin %95 oranı ile mühendis aday öğrencilerinde mevcut olduğu dikkat çekicidir.

2. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru: Aşağıdaki boşlukları doldurunuz.

Analizin Temel Teoremine göre eğer $f(t)$ fonksiyonu $[a, b]$ aralığında ve $F'(t) = f(t)$ ise $\int_a^b f(t)dt = \dots\dots\dots$ olur.

Bu soru ile öğrencilerin analizin temel teoremini ne düzeyde bildiklerini kontrol etmeye çalışırken aynı zamanda belleklerinde var olduğu varsayımı altında türev ve integral arasındaki ilişkiyi de cebirsel olarak ortaya koymaları beklenmektedir. Bunun yanında matematiksel dile hakim olma becerileri de incelenmek istenmiştir. Bu soruda öğrencilerin, %16 gibi ciddi anlamda düşük bir başarı gösterdikleri belirlenmiştir. Bu durum ise öğrenciler tarafından bir fonksiyonun integrandı ile ilk hali arasındaki ilişkinin kavramsal olarak özümsemediği bulgusunu ortaya koymaktadır.

3. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru: $\int_a^b f(x)dx = N$ olmak üzere Riemann toplamı ile N değerine yaklaşma sürecinde, aşağıdaki değişiklikler, hatanın büyüklüğünü nasıl etkiler? Uygun kelimeyi seçerek boşluğu doldurunuz.

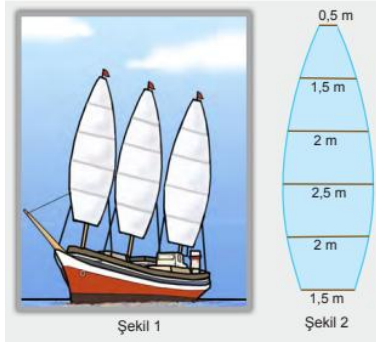
- i) Alt aralıkların genişliğinin artması hatanın büyüklüğünüartırır().azaltır ()
- ii) Üst ve alt toplam farkının azalması hatanın büyüklüğünü.....artırır().azaltır ()
- iii) Parçalanış sayısının artması hatanın büyüklüğünüartırır().azaltır ()

Bu soru ile öğrencilerin Riemann toplamını etkileyen faktörlere ait kavramsal bilgilerinin ölçülmesi istenmiştir. Bu soruya ait doğru cevap oranı yaklaşık %58 olarak hesaplanmıştır. Öğrencilerin %87'sinin bir eğri altında kalan alanı hesaplarken dikdörtgenlerden yararlanarak alt aralıkların genişliğinin artmasının toplam alanı bulurken hata büyüklüğünü artırması kavramına sahip olduğu görülmektedir. Alt ve üst toplam alanların farkının azalmasının ise hata büyüklüğünü azaltacağı bilgisinin öğrencilerin %84'ünde bulunduğu ifade edilebilir. Parçalanış sayısının hatanın büyüklüğünü azaltacağı kavramsal bilgisi ise

%65 oranında belirlenmiştir. Burada dikkat çeken nokta ise alt aralıkların genişliğinin artması ile parçalanış sayısı arasındaki ilişkinin öğrenciler tarafından kurulamamasıdır.

15. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru:



Şekil 1 de Serkan Bey’e ait üç özdeş yelkeni bulunan bir yelkenli gösterilmiştir. Yelkenlerin her birinde Şekil 2 de ölçüleri verilen 1,5 metre arayla yatay olarak yerleştirilmiş 6 tane çıta vardır. Serkan Bey yelken kumaşlarını yenilemek için bir firmadan metrekare maliyeti 100 TL olan kumaş kullanılması durumunda 4500 TL fiyat teklifi almıştır.

Serkan Bey firmanın güvenilir bir teklif verip vermediğini belirlemek istemiş ve fiyat aralığını Riemann alt ve üst toplamı mantığıyla hesaplamıştır. Serkan Bey’in yaptığı hesaba göre firmanın teklifinin etik olup olmadığını belirleyiniz.

Bu soru ile gerçek hayat problemi olarak karşımıza çıkan, düzgün olmayan bir şekle ait alanın hesaplanabilmesi istenmiştir. Bunun için Riemann alt ve üst toplamlardan yararlanmaları beklenmektedir. Dolayısı ile bir eğri altında kalan alanın Riemann alt ve üst toplamlar yardımı ile hesaplanan alanlar arasında kaldığı kavramsal bilgileri ölçülmek istenmiştir. Bu soruya verilen cevaplar incelendiğinde hiçbir öğrencinin sonuç odaklı soruyu doğru yanıtlayamadığı dikkat çekerken yaklaşık %18’inin ise Riemann alt ve üst toplamı kavramsal bilgisine sahip oldukları halde bu bilgiyi kullanırken mantık hatası ya da işlem hatası yaparak soruyu kısmi yanıtladıkları belirlenmiştir.

Ö7 bu soruya verdiği yanıt ile Riemann alt ve üst toplam kavramsal bilgisine sahip olmadığını sergilerken bu davranışını işlemsel bilgi kullanarak kapatmaya çalıştığı ifade edilebilir. Bunu da soruda ifade edilen düzgün olmayan şeklin içinde yamuklar oluşturarak alanları toplamından yararlanmak istemiştir. Fakat şeklin içinde oluşturduğu bu yamukların alanları toplamının aslında bir alt değer olduğu üstten de bir değer ile sınırlandırılması gerektiğini atlayarak soruya ait yoruma yanlış cevap verdiği gözlemlenmiştir (Şekil 30).

Ö33 ise bu soruda verdiği cevap ile Riemann alt ve üst toplamına ait kavramsal bilgiye sahip olmadığını sergilemektedir (Şekil 31).

Çanakkale gibi düşünelim.

$$\frac{(0,5+1,5)}{2} \cdot 1,5 + \frac{(1,5+2)}{2} \cdot 1,5 + \frac{(2+2,5)}{2} \cdot 1,5 + \frac{(2,5+3)}{2} \cdot 1,5$$

$$= 1,5 + 2,625 + 3,375 + 3,375 + 2,625$$

$$= 13,5 \text{ m}^2$$

1. yekken için 1350 TL

$$\frac{1350}{3} = 450 \text{ TL}$$

4500 TL < 4500 TL
Etiler

Şekil 30. Ö7'nin 15. soruya verdiği yanıt

$$\text{alt alan} = \frac{0,5 + 1,5}{2} \times 5 \times 1,5 = 7,5 \text{ m}^2$$

750 TL

$$\text{üst alan} = 2,5 \times 5 \times 1,5 = 18,75 \text{ m}^2$$

= 1875 TL

4500 > 1875 etik değil

Şekil 31. Ö33'ün 15. soruya verdiği yanıt

Ö19 bu soruyu yanıtsız bırakmak yerine hesaplanması istenilen alanın alt ve üst Riemann toplamaları yardımı ile oluşturulan alanlar arasında olduğu kavramsal bilgisine sahip olduğunu göstermek istemiştir. Fakat bu kavramsal bilgiyi işlemsel bilgiye dökememiştir (Şekil 32).

Ö34 ise bu soruda formül yazarak işlemsel bilgiye sahip olduğunu göstermeye çalışmıştır fakat formülü bildiği halde bunu kullanamamıştır. Dolayısı ile yeterli ölçüde kavramsal ve işlemsel bilgiye sahip olmadığı söylenebilir (Şekil 33).

$$\text{Gerçek Alan} \leq \text{Alan} \leq \text{Riemann Üst Toplamı}$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(x_i) \cdot \Delta x$$

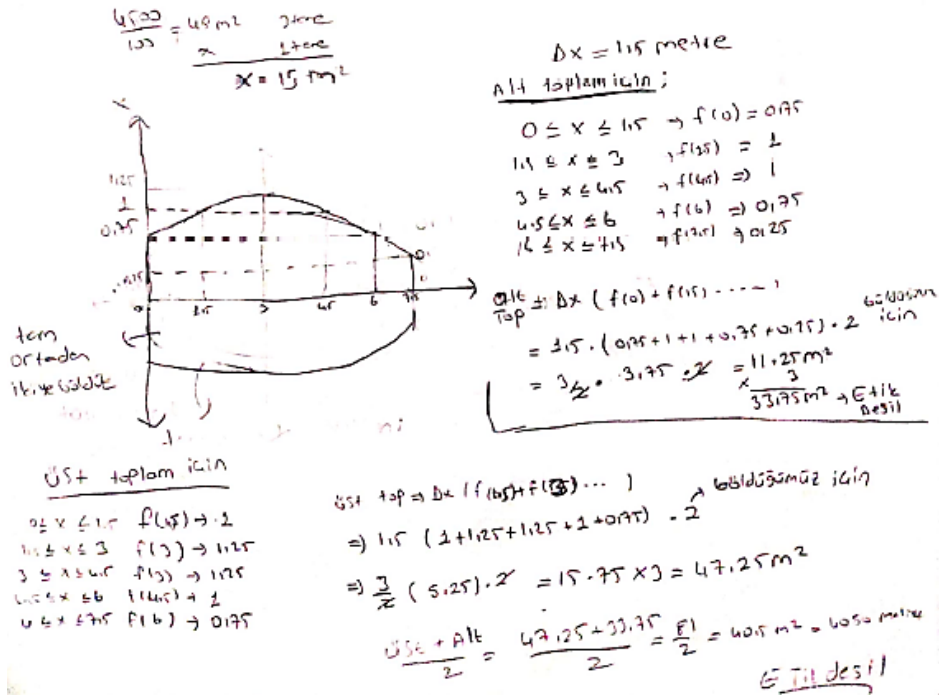
$$\Delta x = \frac{b-a}{n}$$

$$x_i = a + i \cdot \Delta x$$

Şekil 32. Ö19'un 15. soruya verdiği yanıt

Şekil 33. Ö34'ün 15. soruya verdiği yanıt

Ö20 bu sorudaki şekli koordinat düzlemine taşıyarak çalışmasını yürütmüştür. Alt ve üst toplam alanları doğru bir şekilde hesaplayarak hem kavramsal hem de işlemsel anlamda bilgisini ortaya koymuştur fakat gerçek alanın bu iki alanlar arasında olduğu kavramsal bilgisini özümseyemediği için değerlendirmeyi doğru yapamamıştır (Şekil 34).



$S_1 = \frac{(2+1,5) \cdot 1,5}{2} = \frac{5,25}{2} \text{ m}^2$
 $S_2 = \frac{(2,5+2) \cdot 1,5}{2} = \frac{6,75}{2} \text{ m}^2$
 $S_3 = \frac{(2+2,5) \cdot 1,5}{2} = \frac{6,75}{2} \text{ m}^2$
 $S_4 = \frac{(4,5+2) \cdot 1,5}{2} = \frac{9,25}{2} \text{ m}^2$
 $S_5 = \frac{(0,5+1,5) \cdot 1,5}{2} = \frac{3}{2} \text{ m}^2$

Bir tane yelkenli
 1 km;
 $\frac{27}{2} = 13,5 \text{ m}^2$
 $13,5 \cdot 3 = 40,5 \text{ m}^2$
 $40,5 \cdot 100 = 4050 \text{ TL}$

Yaklaşık 4050 liran maliyet çıkan yelkenli için
 İşçilik dahil 4500 Lira makul bir fiyattır.

Şekil 35. Ö51'in 15. soruya verdiği yanıt

Ö51 de Ö7 gibi şeklin içinde oluşturulan yamukların alanlarından yararlanmıştır. Öğrencinin bu soruda Riemann alt ve üst toplam kavramsal bilgisine sahip olmadığı görülmektedir. İşlemsel bilgiyi kullanarak bu durumu kapatmaya çalıştığı ifade edilebilir. Ayrıca öğrenci bu sorunun değerlendirmesini yaparken bir taban fiyat bulmuştur, bunu

üstten bir fiyat ile sınırlandırmak yerine gerçek yaşamdan esinlenerek matematiksel olarak herhangi bir dayanağı olmadan sorunun değerlendirmesini yaptığı ve doğru sonuca ulaştığı görülmektedir. Bu da öğrencinin kavramsal bilgisinin yeterli ölçüde olmadığı halde kendi sezgisel yorumunu katarak doğru sonuca ulaşmasını sağlamıştır (Şekil 35)

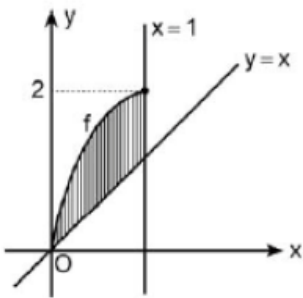
Riemann alt toplamı ; $(1,5) \cdot (7,5) = 11,25 m^2 \rightarrow 1125 TL$
 " üst " ; $(1,5) \cdot (10,5) = 15,75 m^2 \rightarrow 1575 TL$
 Bu değer de 4500 TL den küçük etik değil.

Şekil 36. Ö55'in 15. soruya verdiği yanıt

Ö55 bu soruda alt ve üst toplamı doğru bulmuştur. Fakat 3 yelkenli için fiyat hesaplaması yapması gerekirken tek yelkenliye göre yorum yaptığı görülmektedir. Her ne kadar sonuç değerlendirmesi yapıldığında yanlış yanıt vermiş olsa da süreç değerlendirmesi yapıldığında bu öğrencinin Riemann alt ve üst toplam kavramsal bilgisinin yeterli ölçüde olduğu söylenebilir (Şekil 36).

18. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru:



f fonksiyonu bire bir olmak üzere birinci bölgede $y = x$ ve $x = 1$ doğruları ile $y = f(x)$ eğrisi altında kalan taralı bölge yandaki şekilde verilmiştir.

Taralı bölgenin $f^{-1}(x)$ türünden ifadesi aşağıdakilerden hangisine eşittir.

- A) $\int_0^2 f^{-1}(x) dx$ B) $\int_0^2 (2 - f^{-1}(x)) dx$ C) $\int_0^1 (x - f^{-1}(x)) dx$
 D) $\int_0^1 (2 - f^{-1}(x)) dx + \int_1^2 f^{-1}(x) dx$
 E) $\int_0^1 (x - f^{-1}(x)) dx + \int_1^2 (1 - f^{-1}(x)) dx$

Bu soruda öğrencilerden taralı bölgenin alanını belirli integral yardımı ile f fonksiyonunun tersi cinsinden belirlemeleri istenmiştir. Dolayısı ile bu taralı bölgenin parçalanması ve sınır değerlerinin değiştirilmesi beklenmektedir. Öğrencilerin %40'ının sınır değerlerini değiştiremediği tespit edilirken soruya doğru cevap verenlerin oranının yaklaşık %58 olduğu belirlenmiştir.

$$\begin{aligned} \frac{8}{3} - 2,5 &= 0,1666 \\ \frac{1}{3} &= \frac{x}{2} \\ 2 &\sim 2x \\ y &= -2(x^2 - 2x) \\ y &= -2x^2 + 4x \\ a(x(x-2)) &= y \\ a(1(-1)) &= 2 \\ -a &= 2 \\ a &= -2 \\ \int_0^2 -2x^2 + 4x & \\ -\frac{2x^3}{3} + 2x^2 & \Big|_0^2 \\ -\frac{16}{3} + 8 & \\ &= \frac{8}{3} \end{aligned}$$

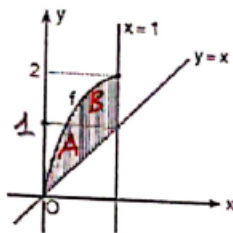
→ Gözetim yok
deneme yanılma

Şekil 37. Ö12'nin 18. soruya verdiği yanıt

Şekil 38. Ö20'nin 18. soruya verdiği yanıt

Ö12 bu soruda verilen eğrinin denklemini oluşturmaya çalışması ile dikkat çekmektedir. Fonksiyonun tersini kullanarak cevap vermesi gerekirken bu şekilde eğrinin denklemini oluşturmak için işlemsel bir süreç girmesi kavramsal bilgi düzeyindeki eksikliğini işlemsel bilgi ile kapatmaya çalıştığını göstermektedir. Dolayısı ile kavramsal bilgi düzeyinin yeterli olmadığı değerlendirilmektedir (Şekil 37).

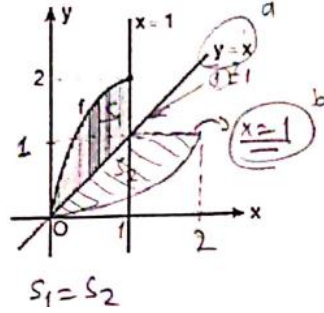
Ö20 bu soruyu şıklar üzerinden deneme yanılma ile işlemsel birkaç süreçten geçerek doğru yanıtı ulaştığını açıklamıştır. Bu şekilde kavramsal bilgi eksikliğini işlemsel bilgisi ile kapatmaya çalışmıştır (Şekil 38).



$$\begin{aligned} y &= f(x) \Rightarrow x = f^{-1}(y) \\ \text{Taralı bölge; (TB)} &= A+B \\ A &= \int_0^1 (x - f^{-1}(x)) dx \quad \text{ve} \quad B = \int_1^2 (1 - f^{-1}(x)) dx \\ TB &= A+B = \int_0^1 (x - f^{-1}(x)) dx + \int_1^2 (1 - f^{-1}(x)) dx \\ \text{Cevabımız } & \textcircled{E} \end{aligned}$$

Şekil 39. Ö16'nin 18. soruya verdiği yanıt

Ö16 bu soruda taralı bölgenin alanını iki parçaya bölerek sınır değerlerini y ekseninde belirlemiştir ve iki alanı ayrı ayrı hesaplayarak toplam alana ulaşmıştır. Ö16'ya ait bu yanıt ile öğrencinin integralde alan hesabı ve sınır değerlerinin değişmesi durumunda fonksiyonların nasıl ifade edileceği kavramsal bilgisinin yeterli ölçüde olduğu değerlendirilmektedir (Şekil 39).

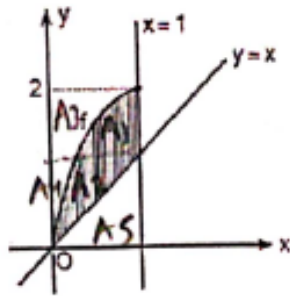


$f(x)$ 'in $y = x$ göre tersine-1

$$S_1 = S_2 = \int_0^1 (x - f^{-1}(x)) dx + \int_1^2 (1 - f^{-1}(x)) dx$$

Şekil 40. Ö17'nin 18. soruya verdiği yanıt

Ö17 bu soruda $f(x)$ fonksiyonunun tersine ait fonksiyon grafiğini çizmiştir ve istenilen bölgeyi bu yeni grafik üzerinden belirlemiştir. Sınırları x ekseninden alarak belirli integral yardımı ile alan hesabını doğru bir şekilde ortaya koyabilmiştir. Bir fonksiyonun tersinin $y = x$ doğrusuna göre simetriği olduğu kavramsal bilgisini bu soruya uygulayarak belirli integral yardımı ile alan hesabını yaparak kavramsal bilgi yönünden yeterliğini ortaya koyabilmiştir (Şekil 40).



$$A_3 = \int_1^2 f^{-1}(x) dx, \quad A_4 = \int_0^1 f^{-1}(x) dx$$

$$A_1 = 1 - A_3, \quad A_2 + A_4 = A_5$$

$$A_2 = A_5 - A_4 = \int_0^1 x dx - A_4$$

$$A_1 + A_2 = 1 - 2 \int_1^2 f^{-1}(x) dx + \int_0^1 (x - f^{-1}(x)) dx$$

$$= \int_1^2 (x - f^{-1}(x)) dx$$

Şekil 41. Ö55'in 18. soruya verdiği yanıt

Ö55 bu soruda $x = 1$ doğrusu, $y = 2$ doğrusu, y eksen ve x eksen ile sınırlı bölgeyi 5 parçaya bölerek bu bölgeleri ayrı ayrı ifade etmiştir. Böylelikle istenilen taralı bölgenin alanına integralde alan hesabı yardımı ile geçiş yapmıştır. İşlemsel süreci biraz uzatmış olsa da istenilen bölgenin fonksiyonun tersi ile hesabını ortaya koyabilmiştir. Burada öğrencinin kavramsal bilgisini ortaya koyarken izlediği işlemsel prosedürel adımlar dikkat çekmektedir (Şekil 41).

Genel anlamda bu sorunun öğrenciler tarafından doğru çözülememesinin sebebinin fonksiyonun tersini ifade edebilme, ters fonksiyonun grafiğini çizibilme gibi kavramsal bilgilerinin yetersiz olması gösterilebilirken aynı zamanda öğrencilerin belirli integral ile sınırlı bölgenin oluşturduğu alan arasındaki ilişkiye tam anlamı ile hakim olamamaları olarak değerlendirilebilir.

Öğrencilerin kavramsal bilgiye yönelik bu sorulardan integrallenebilir olma koşullarına genel anlamda sahip olduğu, Analizin Temel Teoremi kavramına aşina olmadıkları ve işlemsel olarak diğer sorularda kullandıkları formülleri matematiksel semboller için içine girdiği zaman hiç bilmiyormuşçasına ifade edemedikleri görülmektedir. Ayrıca Riemann alt ve üst toplam bilgisine yeterli düzeyde sahip olamamakla beraber soruyu yanlış yanıtlayan öğrencilerin farklı mantıksal yöntemlerle doğru yanıtı ulaşmaya çalıştıkları tespit edilmiştir.

Öğrencilerin İşlemsel Bilgilerinin İntegral Problemlerinin Çözüm Süreçlerine Yansımaları

İntegral Testine ait işlemsel bilgi gerektiren soruların seçiminde öğrencilerden matematiksel problem durumlarında gerekli olan işlemleri belirli bir kurala göre adım adım yapabilmeleri, verilen önermeyi ya da kuralı uygulayabilmeleri, temel işlemleri ortaya koyabilme ve cebirsel ifadeleri kullanabilme gibi becerilere de sahip olmaları beklenmektedir. Bu bölümde işlemsel bilgi türüne ait 9 sorunun incelenmesi yapılacaktır.

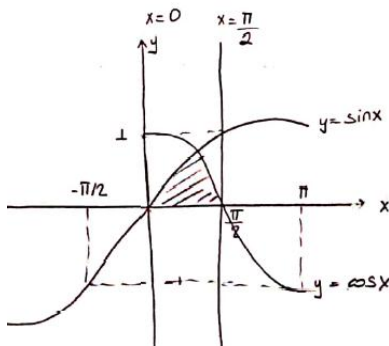
6. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru: $y = \cos x$, $y = \sin x$ eğrileri ile $x = 0$ ve $x = \frac{\pi}{2}$ doğruları arasında kalan bölgenin alanı nedir? (Bu alanı koordinat sistemi üzerinde de gösteriniz.)

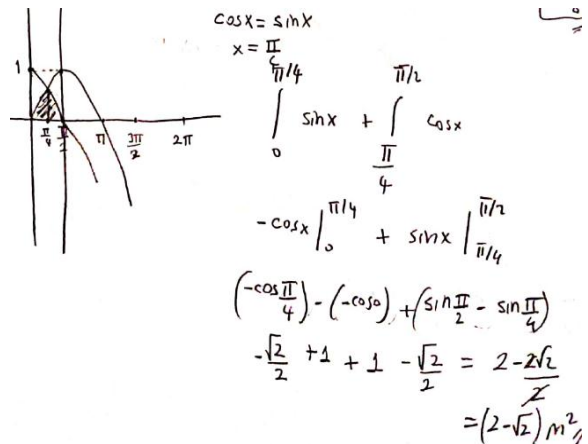
Bu soru ile öğrencilerden iki fonksiyon arasında kalan sınırlı bölgenin alanının hesaplanması istenmiştir. Öğrencilerin %20'si istenilen bölgenin grafiğini doğru çizmiştir. %44 oranında belirli integral yardımı ile alan hesabı için bilinmesi gereken formül öğrenciler tarafından doğru yazılırken %45 oranında belirli integralin hesaplanmasında sorun yaşayan öğrenci olduğu görülmüştür. Her ne kadar süreç ve performans odaklı bir değerlendirme yapılsa da süreçteki adımlarda hata yapılması ile bu soruya verilen doğru yanıt ortalaması yaklaşık %15 olarak belirlenmiştir. Öğrenciler tarafından İntegral Testine ait olan toplam 18 adet sorudan en fazla yanlış yanıt bu soruya verilmiştir. Bunun başlıca nedeninin ise istenilen kapalı bölgeyi grafik çizerek ortaya koyamamaları olarak ifade edilebilir.

Ö2 bu soruda istenilen bölgeyi koordinat sistemine aktarmaya çalışmıştır. Her ne kadar fonksiyonların grafiğini doğru çizmiş olsa da istenilen bölgeyi yanlış göstermiştir ve alan hesabını ortaya koyamamıştır (Şekil 42).

Ö15 de yanlış bölgeyi taradığı halde bu bölgenin alanını parçalayarak alan hesabı yapmaya çalışmıştır. Her ne kadar integralde alan formülünü öğrenci doğru biliyor ve kullanıyor olsa da sorunun çözümü için gerekli olan grafik çizimi ile istenilen bölgenin yanlış ifade edilmesi gibi bir takım hatalarının olduğu belirlenmiştir. Dolayısı ile bu durum, sorunun diğer adımları cebirsel nitelikte doğru olsa da cevabın yanlış olmasını engelleyememektedir (Şekil 43). Bu nedenle Ö15'in 6.soruya vermiş olduğu yanıt ile işlemlerin adım adım ve doğru bir şekilde ilerletebilmesi, işlemsel bilgi açısından oldukça önemli olduğunu göstermektedir.

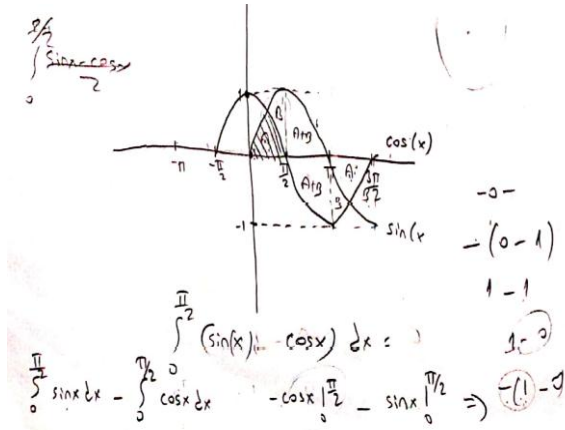


Şekil 42. Ö2'nin 6. soruya verdiği yanıt

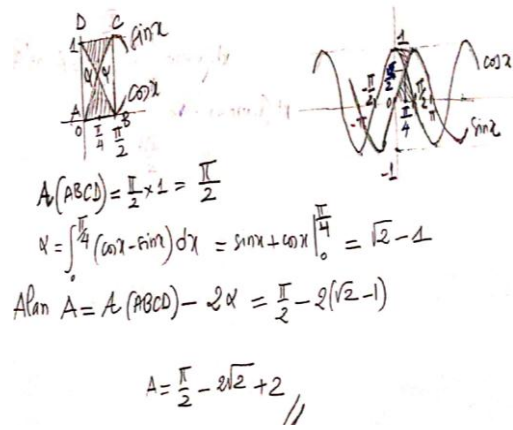


Şekil 43. Ö15'in 6. soruya verdiği yanıt

Ö12 ve Ö16 bu soruda fonksiyonların grafiklerini doğru çizdiği halde istenilen bölgeyi yanlış işaretlemişlerdir. Ö12 işaretlediği bölgenin alanını doğru hesaplayamamıştır (Şekil 44). Bunun en temel sebebinin ise belirlediği bölgeyi parçalamadan alan hesabı yapmaya çalışması olduğu söylenebilir. Dolayısı ile kavramsal açıdan yeterli olmamakla beraber belirli integral hesabı için gerekli işlemsel bilgisindeki eksiklik ciddi anlamda göze çarpmaktadır. Ö16 ise işaretlediği bölgelerin alanını doğru hesaplamıştır fakat her ne kadar doğru prosedürel işlemlerden geçmiş olsa da başlangıçta sorunun yanıtını etkileyen yardımcı şeklin yanlış çizilmesi ile doğru yanıtı ulaşamamıştır (Şekil 45). Bu tipteki yanıtların fazlaca olması ise birbirini takip eden her işlemsel adımın doğru olmasının önemini hatırlatmaktadır.



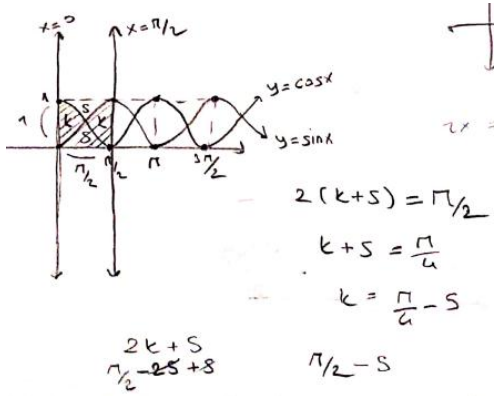
Şekil 44. Ö12'nin 6. soruya verdiği yanıt



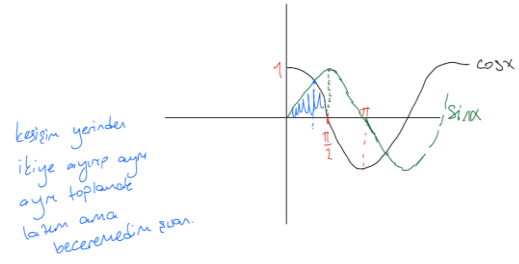
Şekil 45. Ö16'nin 6. soruya verdiği yanıt

Ö28 bu soru için gerekli grafikleri çizdikten sonra oluşan bölgeleri harfler ile tanımlayarak $x = 0$, $x = \frac{\pi}{2}$, $y = 0$ ve $y = 1$ doğruları arasında kalan sınırlı bölgeyi dikdörtgenin alanından hesaplayarak ifade etmiştir (Şekil 46). İşlemsel başka bir süreçte bulunmamıştır, bu durum ise Ö28'in belirli integral yardımı ile alan hesabına yönelik işlemsel bilgisinin yeterli ölçüde olmadığını göstermektedir.

Ö50 ise bu soruda işlemsel bilgisini gösteremediği için bunu kavramsal olarak açıklamaya çalışmıştır. Fakat yanlış bölgeyi tarayarak kavramsal bilgi yönünden de yeterli düzeyde bilgi birikimine sahip olmadığını göstermektedir (Şekil 47).

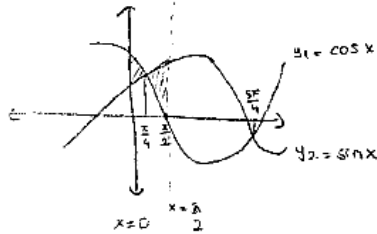


Şekil 46. Ö28'in 6. soruya verdiği yanıt



Şekil 47. Ö50'nin 6. soruya verdiği yanıt

Ö31 bu soruda belirtilen fonksiyonların grafiklerini koordinat sistemi üzerinde doğru göstererek istenilen bölgeyi doğru bir şekilde taramıştır. Bu iki bölgeye ait alanı sınır değerlerini de doğru belirleyerek belirli integral yardımı ile bulmuştur (Şekil 48). Tüm bu işlemleri adım adım, mantık sırası ile ve işlemsel bir hataya sebebiyet vermeden yapmış olması bu soru için işlemsel bilgi düzeyinin yeterli olduğunu göstermektedir.



$$A = \int_0^{\pi/4} (y_1 - y_2) \cdot dx + \int_{\pi/4}^{\pi/2} (y_2 - y_1) \cdot dx$$

$$= \int_0^{\pi/4} (\cos x - \sin x) \cdot dx + \int_{\pi/4}^{\pi/2} (\sin x - \cos x) \cdot dx$$

$$= \sin x + \cos x \Big|_0^{\pi/4} + (-\cos x - \sin x) \Big|_{\pi/4}^{\pi/2}$$

$$= \sin \frac{\pi}{4} + \cos \frac{\pi}{4} - (\sin 0 + \cos 0) + (-\cos \frac{\pi}{2} - \sin \frac{\pi}{2}) - (-\sin \frac{\pi}{4} - \cos \frac{\pi}{4})$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} - (0+1) + (0-1) - (-\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2})$$

$$= (\frac{\sqrt{2}}{2} - 1 - 1 + \frac{\sqrt{2}}{2})$$

$$= 2\frac{\sqrt{2}}{2} - 2 //$$

Şekil 48. Ö31'in 6. soruya verdiği yanıt

Genel anlamda öğrenciler tarafından en çok yanlış yanıt verilen bu soru için birkaç etken gösterilebilir. Trigonometrik fonksiyonların grafiklerini çizebilme ve istenilen sınırlı

bölgeyi belirleyebilme gibi bir takım kazanılamamış hedef davranışlar bu etkenler arasında gösterilebilir.

7. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru: $\int_0^{\pi} x f(\sin x) dx = \frac{\pi}{2} \int_0^{\pi} f(\sin x) dx$, bu tanımlamaya göre $\int_0^{\pi} \frac{x \sin x dx}{\cos^2 x} = ?$

Bu soru ile bir kurala göre tanımlanan belirli integral yardımı ile başka bir belirli integralin çözülmesi beklenmektedir. Burada öğrencilerden ilk olarak trigonometrik fonksiyon kavramına ait kavramsal bilgilerini kullanabilmeleri ve ardından ise belirli integrali çözebilmeleri beklenen hedef davranışlar arasında yer almaktadır. Öğrencilerin %20 oranında değişken değiştirme yöntemini doğru uyguladıkları, %13 oranında ise sınır değerlerini değiştirebildikleri belirlenmiştir. Fakat çözüm sürecinde cevabın yarım bırakılması, işlemsel ve mantıksal hatalara rastlanması gibi bir takım doğru yanıt etkileyecek etkenlerin varlığı ile doğru yanıt oranı %8'e düşmektedir.

$$\begin{aligned}
 & \int_0^{\pi} \frac{x \sin x}{1 - \sin^2 x} dx \quad \cos^2 x = 1 - \sin^2 x \\
 & = \frac{\pi}{2} \int_0^{\pi} \frac{\sin x}{1 - \sin^2 x} dx = -\frac{\pi}{2} \int_0^{\pi} \frac{d(\cos x)}{\cos^2 x} dx \\
 & = -\frac{\pi}{2} \left[\frac{(\cos x)^{-1}}{-2+1} \right]_0^{\pi} \\
 & = -\frac{\pi}{2} \left[\frac{1}{-\cos x} \right]_0^{\pi} \\
 & = -\frac{\pi}{2} \left[\frac{-1}{-(-1)} - \frac{1}{-1} \right] \\
 & = -\frac{\pi}{2} \cdot (1+1) \\
 & = -\pi
 \end{aligned}$$

Şekil 49. Ö8'in 7. soruya verdiği yanıt

Ö8 bu soruda bir integral fonksiyonunun özel olarak tanımlandığını fark etmiştir ve bu tanımlamaya göre istenilen integral fonksiyonunu düzenlemeye gitmiştir. Yalnız bu çözümde öğrencinin cebirsel anlamda yanlış kullandığı bir takım ifadeler yer almaktadır. Diferansiyel kavramı ile türev kavramını karıştırdığı görülmektedir (Şekil 49).

$$\begin{aligned}
& x = \frac{\pi}{2} \quad (1) \quad \int_0^{\pi} \frac{\sin x \, dx}{\cos^2 x} \quad \cos x = u \quad -\sin x \, dx = du \\
& (2) \quad -\frac{\pi}{2} \int_0^{\pi} \frac{1}{u^2} \, du = \int_0^{\pi} u^{-2} \, du \quad (3) \quad \int_0^{\pi} \frac{1}{u} \, du = \ln u \Big|_0^{\pi} = \ln \pi - \ln 0 \\
& (4) \quad 1 + 1 = 2, \quad -\frac{\pi}{2} = \boxed{C_{\text{exp}} = -\pi}
\end{aligned}$$

Şekil 50. Ö13'ün 7. soruya verdiği yanıt

Ö13 verilen tanımları ve değişken değiştirme yöntemini doğru bir şekilde kullanmıştır. Yapılan işlemsel prosedürel adımlar ile işlemsel bilgisinin yeterli düzeyde olduğu söylenebilir (Şekil 50).

$$\begin{aligned}
& \int_0^{\pi} x f(\sin x) \, dx = \frac{\pi}{2} \int_0^{\pi} f(\sin x) \, dx \quad \int_0^{\pi} \frac{x \sin x \, dx}{\cos^2 x} = ? \\
& x = \frac{\pi}{2} \\
& \int_0^{\pi} \frac{\frac{\pi}{2} \cos \frac{\pi}{2} \, dx}{\cos^2 x/2} = \frac{0}{\cos^2 x/2} = 0
\end{aligned}$$

Şekil 51. Ö41'in 7. soruya verdiği yanıt

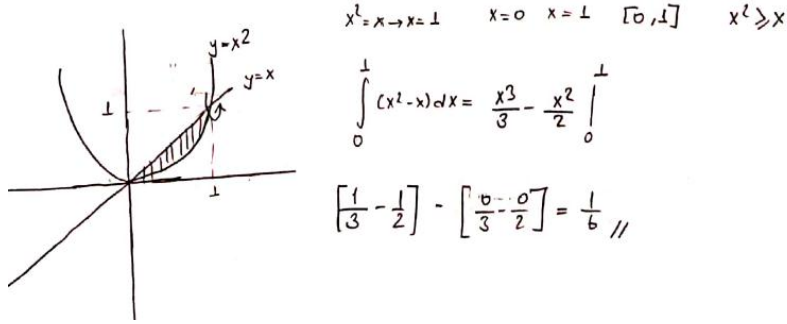
Ö41 bu soruda verilen tanımlamayı yanlış anlamıştır ve integrali çözmeden sabit bir sayıyı değişkenin yerine koyarak sonuca ulaşmaya çalışmıştır. Kuralın yanlış yorumlanmasından ziyade integralin bu şekilde çözülmeye çalışılması bu öğrencinin belirli integralde hem kavramsal hem de işlemsel bilgi düzeyinin yeterli olmadığını göstermektedir (Şekil 51).

Genel anlamda bu soru için verilen cevapların değerlendirilmesi yapılacak olursa eğer öğrencilerin bu soru için işlemsel süreç açısından yapması gereken ilk adım verilen tanımlamayı anlamlandırabilmeleridir fakat bunun başarılı bir şekilde sağlanamamasından kaynaklı olarak çözümü ilerletemedikleri görülmüştür. Verilen bir kuralı uygulayamamaları ise işlemsel öğrenmelerinin yeterli ölçüde sağlanmadığını göstermektedir.

10. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru: $y = x^2$ eğrisi ile $y = x$ doğrusu arasında kalan bölgenin x eksenı etrafında döndürölmesi ile oluşın hacmi bulunuz.

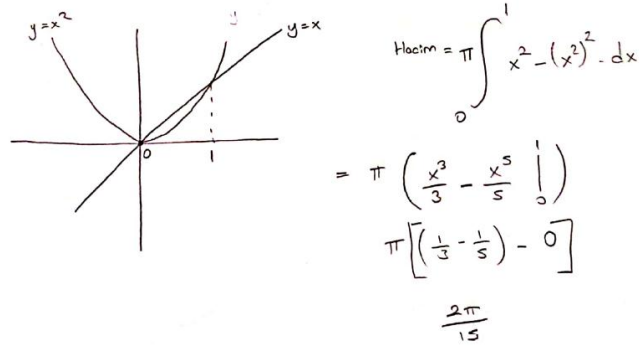
Bu soru ile bir eğri ve bir doğru arasında kalan sınırlı bölgenin x eksenı etrafında döndürölmesi sonucunda oluşacak cismin hacminin hesaplanması istenmiştir. %35 oran ile Washer metodu ile hacim hesabı yapılırken %11 oranında ise Shell metodu ile hacim hesabı yapılmıştır. Alan hesabı ile hacim hesabının karıştırılması en çok yapılan hatalardan olmuştur.



Şekil 52. Ö2'nin 10. soruya verdiği yanıt

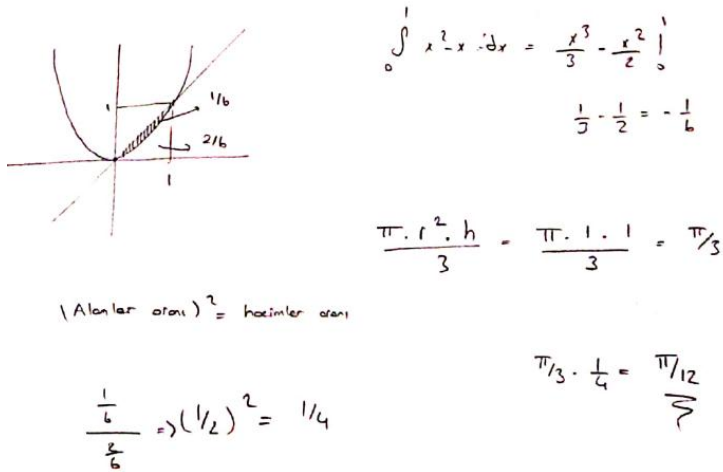
Ö2 iki fonksiyonun da grafiğini doğru çizmiştir ve döndürölmesi istenilen sınırlı bölgeyi doğru işaretlemiştir. Ortak çözüm yaparak kapalı bölgeye ait sınır değerleri hesaplamıştır. Fakat soruda hacim hesaplanması istenirken Ö2 belirli integral yardımı ile alan hesabını veren formülü kullanarak taramış olduğu bölgenin alanını hesaplamıştır. Döndürme işlemi ile oluşacak olan cismin hacmini hesaplayamamıştır (Şekil 52). Dolayısı ile belirli integral yardımı ile hacim hesabını yapabilecek yeterli işlemsel bilgiye sahip olmadığını söylemek yanlış olmayacaktır.

Ö14 belirtilen eğri ve doğruyu koordinat sistemi üzerinde çizerek göstermiştir. Hacim hesabı için Washer metodundan yararlanmıştır. İşlemsel olarak da bir hata yapmadan doğru sonuca ulaşabilmiştir. Dolayısı ile integral yardımı ile hacim hesabı için işlemsel bilgisinin yeterli olduğu ifade edilebilir (Şekil 53).



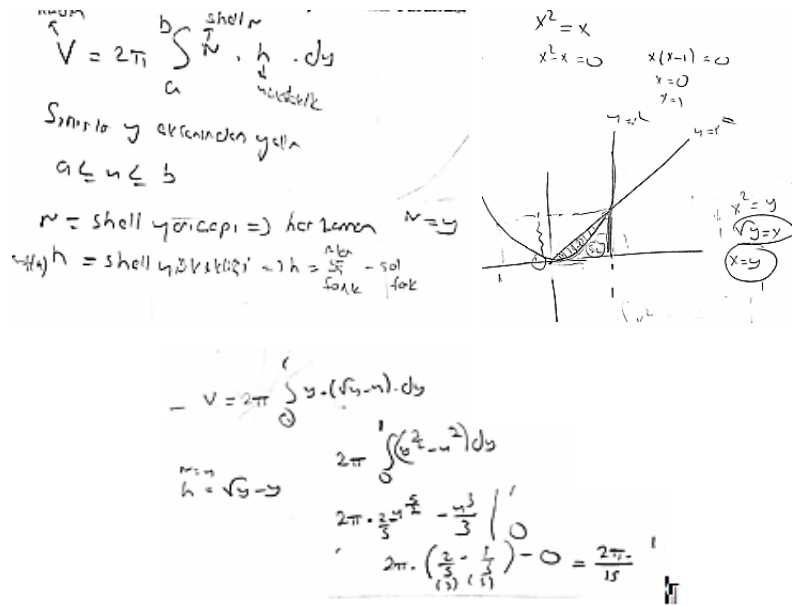
Şekil 53. Ö14'ün 10. soruya verdiği yanıt

Ö25 bu soruda verilen fonksiyonların grafiklerini doğru çizmiştir ve döndürülmesi istenilen bölgeyi doğru işaretlemiştir. Fakat bu sınırlı bölgenin alanı ve koninin hacminden yola çıkarak bir takım işlemsel süreçleri takip etmiştir. Ö25, bir kapalı bölgenin döndürülmesi ile oluşacak olan cismin hacminin hesaplanması için kavramsal bilgi birikimi bakımından yeterli olmamakla beraber bu durumu yapmış olduğu bir takım yanlış işlemsel süreçten geçerek kapatmaya çalışmıştır (Şekil 54).



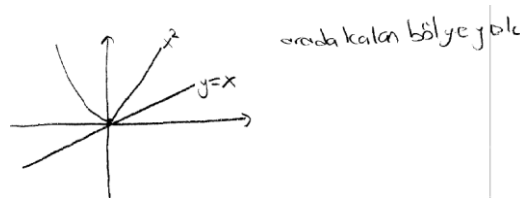
Şekil 54. Ö25'in 10. soruya verdiği yanıt

Ö27 bu soruda hacim hesabı yaparken Shell metodundan yararlanmıştır. Yaptığı yazılı açıklama ile hacim formülünü sadece ezberlemediğini kavramsal anlamda da hakim olduğunu göstermek istemiştir. Formül sonrası gerçekleştirilen işlemsel adımların doğru ilerlemesi sonucunda doğru yanıtı ulaşılarak işlemsel bilgi yönünden de yeterli olduğunu göstermiştir (Şekil 55).



Şekil 55. Ö27'nin 10. soruya verdiği yanıt

Ö34 soruda verilen fonksiyonların grafiklerini yanlış çizmiştir. Ortak çözüm ile bu iki fonksiyonun kesiştiğini gösterememesi işlemsel bilgi yönünden yeterli olmadığını göstermektedir (Şekil 56).



Şekil 56. Ö34'ün 10. soruya verdiği yanıt

Ö43 bu soruda istenilen bölgeyi ve sınırları doğru belirlemiş olsa da x eksenini etrafında değil y eksenini etrafında döndürme işlemi yapmıştır ve bunu Washer metodu ile ortaya koymuştur. Yapılan işlemsel adımlarda yanlışlık olmadığı halde istenilen cisim için hacim hesabının yapılmadığı görülmektedir (Şekil 57).

$x=y$
 $x=\sqrt{y}$
 Hacı formülü.
 $x=\pi \int_0^1 (y-y^2) dy$
 $A(y) = \pi[(\sqrt{y})^2 - (y)^2]$
 $= \pi(y-y^2)$
 $V = \pi \int_0^1 (y-y^2) dy$
 $V = \pi \left(\frac{y^2}{2} - \frac{y^3}{3} \right) \Big|_0^1 = \pi \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) = \frac{\pi}{6}$

Şekil 57. Ö43'ün 10. soruya verdiği yanıt

Ö55 bu soruda Washer metodunu yanlış hatırlamıştır ve formülü yanlış yazarak her ne kadar oluşturduğu belirli integrali doğru çözmüş olsa da doğru yanıtı ulaşamamıştır. Bu da işlemsel öğrenmesinin zayıf olduğunu göstermektedir (Şekil 58).

Bir bölgenin x eksenine etrafında
 döndürülmesi ile oluşan hacim
 $V = \pi \int_a^b [f(x) - g(x)]^2 dx$
 $V = \pi \int_0^1 [x - x^2]^2 dx$
 $= \pi \int_0^1 (x^2 - 2x^3 + x^4) dx$
 $= \pi \left(\frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{2} + \frac{x^5}{5} \right) \Big|_0^1$
 $= \pi \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{2} + \frac{1}{5} \right)$
 $= \pi/30$

Şekil 58. Ö55'in 10. soruya verdiği yanıt

Bu soruda alan hesabının yapılması ve Ö55'in yaptığı çözüm yolu genellikle en çok yapılan hatalar arasındadır. Genel anlamda ise yaklaşık %38 oranında hacim formülünü doğru yazan öğrenciler belirli işlemsel prosedürden geçerek doğru yanıtı ulaşmışlardır.

13. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru: Bir matematik dersinde kısmi integrasyon konusunu işleyen Şule öğretmen tahtaya $\int u dv = uv - \int v du$ kuralını yazdıktan sonra, Ayşe bir sorunun çözümünde u ve v yerine

sırasıyla $f(x)$ ve $g(x)$ fonksiyonlarını seçip bu kuralı uygulayarak $\int f(x)g'(x)dx = \frac{f(x)}{x} - \int \frac{2}{x^2} dx$ eşitliğini elde ediyor. $f(1) = 2$ olduğuna göre $f(e) = ?$

Öğrencilerden bu soruda verilen kısmi integrasyon yöntemini uygulamaları beklenmiştir. Öğrencilerin yaklaşık %32'si soruyu doğru yanıtlamıştır. %62 oran ile kısmi integrasyon yöntemi doğru uygulanmıştır fakat her ne kadar kısmi integrasyon yöntemi doğru kullanılmış olsa da belirsiz integralin çözümünde %53 oranında yanlış yanıt ortaya çıkmıştır.

$$\begin{aligned}
 u &= f(x) & g'(x)dx &= dv \\
 du &= f'(x)dx & g(x) &= v \\
 f(x) \cdot g(x) - \int g(x) \cdot f'(x) dx &= \frac{f(x)}{x} - \int \frac{2}{x^2} dx \\
 g(x) &= \frac{1}{x} & \frac{1}{x} \cdot \frac{2}{x} dx &= g(x) \cdot f'(x) \cdot dx \\
 f'(x) &= \frac{2}{x} \\
 f(x) &= 2 \cdot \ln x + c \\
 f(x) &= 2 \ln x + 2 & \Leftrightarrow & f(1) = \frac{2 \ln 1}{0} + c = 2 \\
 f(e) &= 2 \ln e + 2 = 4
 \end{aligned}$$

Şekil 59. Ö1'in 13. soruya verdiği yanıt

Ö1 bu soruda verilen kısmi integrasyon yöntemine göre f ve g fonksiyonlarını belirlemiştir. Belirsiz integralleri doğru adımlarla çözerek istenilen fonksiyonu elde ederek yerine koyma işlemi ile soruya doğru yanıt vermiştir (Şekil 59). Verilen bu kuralı kullanabilmesi ve belirsiz integrali de doğru bir şekilde çözebilmesi Ö1'in işlemsel bilgisinin yeterli olduğunu göstermektedir.

$$\begin{aligned}
 u \cdot v - \int v du &\Rightarrow f(x) \cdot g(x) - \int g(x) \cdot f'(x) dx \\
 f(x) \cdot x - 2 \cdot \ln^2 x &= \int f(x) \cdot g'(x) dx & x=1 \text{ için } \rightarrow & \frac{f(1) \cdot 1 - 2 \ln^2 1}{2} = \int f(1) \cdot g'(1) \cdot dx \\
 & & & 2 \cdot 0 = 2 \int g'(1) dx \\
 \frac{2}{2} &= \boxed{g(1) \Rightarrow 1}
 \end{aligned}$$

Şekil 60. Ö2'nin 13. soruya verdiği yanıt

$$\begin{aligned}
\frac{v}{x} & \quad \ln x = v & \quad \frac{1}{x} dx = dv & \quad \int f(v) \cdot g'(x) dx = \frac{f(v)}{1} - \int \frac{f'(v)}{1^2} \\
& \quad 2 \int x^{-2} dx & \quad 2 \int g'(x) dx = 2 - 2x & \quad (\int g'(x) dx)' = (1-x)' \\
\int f(x) \cdot g'(x) dx &= \frac{v}{x} - 2 \cdot \frac{x^{-1}}{-1} & \quad \underline{g'(x) = -1} & \\
&= \frac{v}{x} + \frac{2}{x} & & \\
\int v \cdot v' dx &= \frac{2+v}{x} & &
\end{aligned}$$

Şekil 61. Ö12'nin 13. soruya verdiği yanıt

Ö2 ve Ö12 bu soruda verilen kuralda yerine getirmesi gereken işlemleri doğru yerine getirememiştir. Ayrıca matematiksel sembolleri yeterince tanımadığını ve integral kavramını yeterince içselleştiremediklerini söylemek yanlış olmayacaktır çünkü belirsiz integralde değişken yerine bir sabit sayı yerleştirerek integral almaya çalışmışlardır (Şekil 60 & Şekil 61).

$$\begin{aligned}
\int_a^b f(x) \cdot g'(x) dx &= f(x) \cdot g(x) - \int_a^b g(x) \cdot d f(x) \\
a) \quad g'(x) \cdot dx &= d g(x) & b) \quad \frac{f(x)}{x} &= f(x) \cdot g(x) \\
& & \quad \boxed{\frac{1}{x} = g(x)} & \\
& & \quad g(x) = \frac{1}{x} & \\
& & \quad g'(x) = -\frac{1}{x^2} & \\
c) \quad \int \frac{2}{x^2} dx &= \int g'(x) \cdot d f(x) & & \\
& \quad \int x^{-2} dx & \quad d f(x) = f'(x) \cdot dx & \\
& \quad -\frac{2}{x} = \int \frac{1}{x} \cdot f'(x) \cdot dx & &
\end{aligned}$$

Şekil 62. Ö17'nin 13. soruya verdiği yanıt

Ö17 bu soruda verilen kuralı uygulayarak g fonksiyonunun tanımına ulaşabilmiştir fakat belirsiz integral alamadığı için f fonksiyonunun tanımına ulaşamamıştır (Şekil 62). Dolayısı ile kısmi integrasyonu uygulayabilmesi bakımından yeterli işlemsel bilgiye sahip olsa da belirsiz integralde yeterli işlemsel bilgiye sahip olmadığından doğru yanıtı ulaşamamıştır.

$$\begin{aligned}
\int u dv &= uv - \int u dv & u &= f(x) & du &= f'(x) dx \\
& & v &= g(x) & dv &= g'(x) dx \\
\int f(x) g(x) dx &= f(x) g(x) - \int g(x) f'(x) dx \\
f(x)/x &= 2/x^2 & f'(x) &= 2/x \\
f(1) &= 2 \longrightarrow f(e) = 2/e
\end{aligned}$$

Şekil 63. Ö41'in 13. soruya verdiği yanıt

Ö41 kısmi integrasyon yöntemi kuralı verildiği halde bu kuralı kullanamamıştır ve gerekli işlemsel adımları yerine getirememiştir (Şekil 63). Dolayısı ile yeterli ölçüde işlemsel bilgiye sahip değildir şeklinde yorumlanmaktadır.

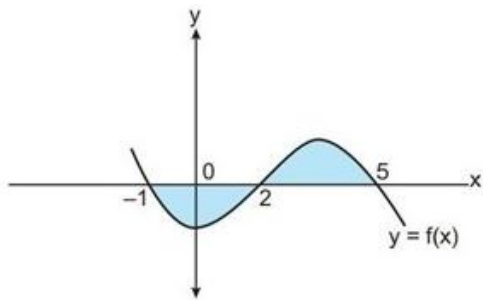
Bu soruda genel anlamda bir değerlendirme yapılacak olursa eğer öğrencilerin yarısından fazlası verilen kısmi integrasyon kuralını uygulayabilmiştir. Fakat %20'si belirsiz integrali doğru çözemeyerek ya da yarım bırakarak kısmi yanıt vermiştir.

Öğrencilerin Kavramsal-İşlemsel Bilgilerinin İntegral Problemlerinin Çözüm Süreçlerine Yansımaları

Öğrencilerin işlemsel ve kavramsal bilgileri, verilen bir problemin içinde bulunan matematiksel sembolleri anlayabilme, problemin istenilenlerini ortaya koyabilme ve bunu denklem haline dönüştürebilme, verilen ilişkileri eskileri ile birlikte kullanıp yeni bağıntı ve ilişkiler elde edebilme, çözüm geliştirebilme gibi becerilere göre değerlendirilmiştir.

4. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru:



Yandaki şekilde f fonksiyonunun grafiği verilmiştir.

$$\int_{-1}^2 |f(x)| dx = S_1$$

$$\int_2^5 f(x) dx = S_2 \text{ ve } 3S_1 = 2S_2$$

$$\int_{-1}^5 f(x) dx = 18 \text{ olduğuna göre } S_1 + S_2 = ?$$

İntegral Testinde öğrencilerin en fazla doğru yanıt verdiği sorudur. Bu soruda x eksenini ile eğri altında ve üstünde kalan bölgenin alanını belirli integral yardımı ile ifade ederek toplam alanın bulunması istenmiştir. Öğrencilerin bu soruda yaptığı hataların başında x eksenini altında kalan bölgenin alanını belirtirken integralin ters işaretlisi olduğunu göz ardı etmeleri olmuştur. Belirli integralin uygulamalarından integral yardımı ile alan hesabı yapılacağına bilincinde olan öğrenci oranı %89 olmasına rağmen işlemsel hatalardan kaynaklı doğru yanıt veren öğrenci oranı %84'e düşmüştür. Öğrencilerin cevapları incelendiğinde genel anlamda integral yardımı ile alan hesabının kavramsal ve işlemsel bilgi bağlamında yeterli düzeyde olduğu söylenebilir.

$$\begin{aligned}
 \int_{-1}^5 f(x) dx &= \int_{-1}^2 f(x) dx + \int_{-1}^5 f(x) dx \\
 &= S_2 - S_1 = 18 \\
 S_2 - \frac{1}{3} S_2 &= 18 \\
 \frac{2}{3} S_2 &= 18 \Rightarrow S_2 = 54 \Rightarrow S_1 = 54 - 18 = 36 \\
 S_2 + S_1 &= 90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \int_{-1}^5 f(x) dx &= \int_{-1}^2 f(x) dx + \int_{-1}^5 f(x) dx \\
 &= -2S + 3S = 18 \\
 S &= 18 \\
 5S &= 90
 \end{aligned}$$

Şekil 64. Ö10'un 4. soruya verdiği yanıt

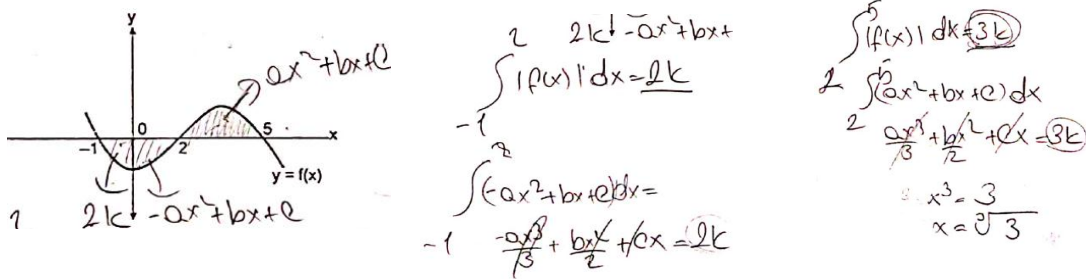
Şekil 65. Ö6'nın 4. soruya verdiği yanıt

Ö10 ve Ö6 bu soruda integral ile alan arasındaki ilişkiyi kurabilmeleri ve doğru işlemleri doğru bir şekilde ve doğru bir sıra ile cevaplamaları bakımından hem kavramsal hem de işlemsel bilgi odaklı öğrenmeye sahip oldukları söylenebilir (Şekil 64 & Şekil 65).

$$\begin{aligned}
 \frac{f(2)^2}{2} - \frac{f(-1)^2}{2} &= S_1 \\
 \frac{f(5)^2}{2} - \frac{f(2)^2}{2} &= S_2 \\
 S_1 + S_2 &= 18 \\
 S_1 + S_2 &= \frac{f(5)^2}{2} - \frac{f(-1)^2}{2} \\
 \frac{f(5)^2}{2} - \frac{f(-1)^2}{2} &= 18
 \end{aligned}$$

Şekil 66. Ö3'ün 4. soruya verdiği yanıt

Ö3 bu soruda doğrudan denklemi bilinmeyen fonksiyonun integralini almaya çalışmıştır. Belirli integral kavramını içselleştiremediği ve aynı zamanda işlemsel süreç boyutunda da bir takım eksiklikler yaşadığı söylenebilir (Şekil 66).



Şekil 67. Ö11'in 4. soruya verdiği yanıt

Bu soruda Ö11'in verilen fonksiyonun kuralını bulmaya çalıştığı görülürken belirli integrali tanımladığı fonksiyon için aldığı görülmektedir. Fonksiyonun kuralını oluşturmaya çalışması integral ile alan arasındaki ilişkinin kurulamadığını gösterirken yapılan işlemsel adımlardaki yanlışlıklar ile işlemsel bilgisinin yeterli olmadığı anlaşılmaktadır (Şekil 67).

Ö16 bu soruya verdiği yanıt ile integral ve alan arasındaki ilişkiye hakim olduğunu göstermiştir (Şekil 68). Ayrıca bu öğrencinin yapmış olduğu detaylı işlemsel adımlar ve matematiksel dili kullanabilme becerisi dikkat çekmektedir.

$$\begin{aligned}
 \int_{-1}^5 f(x) dx &= \int_{-1}^2 f(x) dx + \int_2^5 f(x) dx = 18 \\
 x \in [-1, 2] \text{ için } |f(x)| &= -f(x) \\
 \text{Yani } \int_{-1}^2 |f(x)| dx &= -\int_{-1}^2 f(x) dx = S_1 \\
 \int_{-1}^2 f(x) dx + \int_2^5 f(x) dx &= -S_1 + S_2 = 18 \Leftrightarrow -2S_1 + 2S_2 = 36 \\
 \Leftrightarrow -2S_1 + 3S_1 &= 36 \quad ; \quad S_1 = 36 \quad ; \quad S_2 - S_1 = 18 \Rightarrow S_2 = 18 + 36 \\
 &\Rightarrow S_2 = 54 \\
 \text{Sonuç: } S_1 + S_2 &= 36 + 54 = 90 //
 \end{aligned}$$

Şekil 68. Ö16'nın 4. soruya verdiği yanıt

Ö44 bu soruda x eksenini altında kalan bölgenin alanı ile belirli integral arasındaki ilişkiyi sözel olarak ifade edebildiği halde çözüm adımlarında bu bilgiyi kullanmakta başarılı olamamıştır. Dolayısı ile yaptığı işlemleri ne kadar ayrıntılı bir şekilde ifade ederek yazmış

olsa da var olan ezber bilgisini çözüm sürecinde kullanamamıştır (Şekil 69). Öğrencinin yapmış olduğu işlemsel adımların tutarlı olmadığı bununla beraber yapılan işlemsel adımların bilinçli yapılmadığı görülmektedir. Bu durum işlemsel açıdan yeterli düzeyde bilgi birikimine sahip olmadığını göstermektedir.

$$\begin{aligned}
 \int_{-1}^2 f(x) dx &= S_1 \\
 \int_2^5 f(x) dx &= S_2 \quad 3S_1 = 2S_2 \\
 \int_{-1}^5 f(x) dx &= 18 \rightarrow \text{parçalayalım } \int_{-1}^2 f(x) dx + \int_2^5 f(x) dx = 18 \\
 A &= \int_{-1}^2 f(x) dx \text{ olduğunu görüyoruz.} \\
 &\quad (\text{Grafiğin altında olduğu için - var basında}) \\
 B &= \int_2^5 f(x) dx \text{ dir} \\
 &\quad \text{Dikkat ederek } B = S_2 \quad A = -S_1 \text{ olduğu ok} \\
 \text{NOT: Bunun için işlem yapmadan sorunun} \\
 &\quad \text{verdiği } \int_{-1}^5 f(x) = 18 \text{ 'in } S_1 + S_2 \text{ old.} \\
 &\quad \text{görmüş olduk zaten}
 \end{aligned}$$

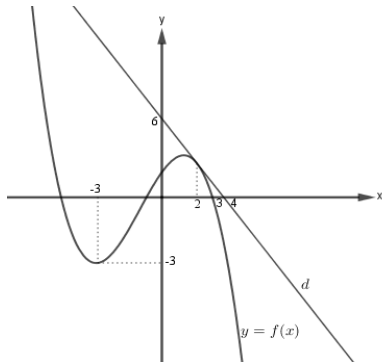
$$\begin{aligned}
 \text{X'den } \int_{-1}^5 f(x) dx &= S_1 \text{ dir (çünkü başında} \\
 &\quad \text{- yok)} \\
 \int_{-1}^5 f(x) dx &= S_2 \text{ zaten biliyoruz} \\
 \int_{-1}^2 f(x) dx + \int_2^5 f(x) dx &= 18 \\
 2/S_1 + S_2 &= 18 \text{ oldu} \quad 3S_1 = 2S_2 \text{ idi} \\
 + 3S_1 - 2S_2 &= 3 \\
 5S_1 &= 36 \\
 S_1 &= \frac{36}{5} \\
 S_2 &= 18 - \frac{36}{5} = \frac{90-36}{5} = \frac{54}{5} \\
 S_1 + S_2 &= \frac{90}{5} = \frac{18}{1}
 \end{aligned}$$

Şekil 69. Ö44'ün 4. soruya verdiği yanıt

Genel anlamda öğrencilerin bu soruda belirli integral kavramı ile eğri altında ya da üstünde kalan alan hesabı arasındaki ilişkiye hakim olduğu görülmekle beraber yapılan hatalar arasında en çok karşılaşılan durumun x eksenini altında kalan bölgenin alanını belirli integral yardımı ile ifade etme olduğu tespit edilmiştir.

5. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru:



Yandaki şekilde $y = f(x)$ fonksiyonunun grafiği verilmiştir. d doğrusu $x = 2$ apsisli noktada fonksiyon grafiğine teğet olacak şekilde çizilmiştir. Buna göre;

$$\int_{-3}^2 f''(x)[f'(x)]^2 dx = ?$$

Bu soruda öğrencilerden değişken değiştirme yönteminden yararlanmaları ve belirli integrali çözmeleri beklenmektedir. Ayrıca teğet doğrunun eğimi ile türev arasındaki ilişkiyi kurmaları ve bu soruya uygulamaları beklenmektedir. %56 oranında değişken değiştirme yöntemi başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Öğrencilerin %85'i değişken değiştirme yöntemini kullanarak elde ettikleri belirli integralin sınır değerlerini değiştirmeyi unutmuştur. Dolayısı ile sorunun öğrenciler tarafından yanlış yanıtlanmasının en büyük nedenlerinden birinin değişken değiştirme yapıldıktan sonra belirli integralin sınır değerlerini değiştirmeyi unutmaları olarak ifade edilebilir. Bu soruya verilen yanıtların %20 oranında doğru olması ise belirli integral, değişken değiştirme yöntemi, sınır değerlerinin değiştirilmesi ve türev ile teğet arasındaki ilişkinin kavramsal- işlemsel bilgi açısından yeterli düzeyde olmadığını göstermektedir.

Ö1 bu soruda doğrudan integral içerisinde bulunan fonksiyonun, hangi fonksiyonun türevi olduğunu doğrudan görebilmiştir. Yani değişken değiştirme yöntemine ihtiyaç duymamıştır. Ayrıca belirli integrali doğru adımlarla ve doğru işlemlerle alabilmiştir. Fakat f fonksiyonunun türevinde $x = 2$ ve $x = -3$ değerlerini grafikten okuyarak belirleyememiştir (Şekil 70). Bu durum Ö1'in işlemsel bilgi açısından yeterli olmasına rağmen türev ve teğet doğru arasındaki ilişkiyi kuramaması, grafik okuyamaması gibi sebeplere ek olarak kavramsal bilgisindeki bir takım eksiklikler ile doğru yanıtı ulaşamamasına neden olmuştur.

$$= \left[\frac{f'(x)^3}{3} \right]_{-3}^2 = \frac{(f'(2))^3}{3} - \frac{(f'(-3))^3}{3}$$

$$\frac{x}{4} + \frac{y}{6} = 1$$

$$\begin{array}{cc} 3x + 2y = 12 \\ \downarrow \quad \downarrow \\ 2 \quad 3 \end{array}$$

Şekil 70. Ö1'in 5. soruya verdiği yanıt

$$f'(x) = u$$

$$f''(x) \cdot dx = du$$

$$\int_{-3}^2 u^2 \cdot du = \frac{u^3}{3} \Big|_{-3}^2 = \frac{f'(2) - f'(-3)}{3}$$

Şekil 71. Ö48'in 5. soruya verdiği yanıt

Ö48 bu soruda değişken değiştirme yöntemini kullanarak belirli integrali çözmeyi hedeflemiştir. Fakat teğet doğru ve türev arasındaki ilişkiyi kuramadığı için çözümü tamamlayamamıştır (Şekil 71). Öğrencinin yapmış olduğu işlemsel adımların bir prosedürü

takip etmesi işlemsel bilgiye sahip olduğunu gösterirken yanıtın yarım bırakılması ise kavramsal bilgi düzeyinin yeterli olmadığını göstermektedir.

Ö8 bu soruda değişken değiştirme yöntemini kullanmıştır ve sınır değerlerini de değiştirmeyi ihmal etmemiştir. Belirli integralde sınır değerleri yerine koyabilmek adına soruda verilen grafiğin denklemini bulmuştur. Buraya kadar yapılan işlemsel adımlarda hata yoktur. Fakat fonksiyonun türevini bulmak yerine fonksiyonun o noktadaki değerini bularak integralde yerine yazmıştır ve yanlış sonuca ulaşmıştır (Şekil 72). Belirli integral, değişken değiştirme ve sınır değerlerini değiştirebilme bilgisi bakımından kavramsal-işlemsel bilgisi yeterli iken yanıtın devamı için gerekli olan türev ve teğet doğru arasındaki ilişkiye ait bilginin kavramsallaştırılamaması dikkat çekmektedir.

$$\begin{aligned}
 f'(x) &= u & f''(x) dx &= du \\
 \int_3^2 u^2 du &= \frac{u^3}{3} \Big|_3^2 \\
 &= \frac{f'(x)^3}{3} \Big|_3^2 \\
 &= \frac{f'(2)^3}{3} - \frac{f'(-3)^3}{3} \\
 \frac{3^3}{3} - \frac{(-3)^3}{3} &= \frac{27}{3} - \frac{-27}{3} \\
 &= \frac{54}{3} = 18
 \end{aligned}$$

$\frac{y}{6} + \frac{x}{4} = 1 \Rightarrow 4y + 6x = 24 \dots (1)$
 $x = 2$ noktası her
 $x = 2$ noktası (1) de
 sağlar

Şekil 72. Ö8'in 5. soruya verdiği yanıt

Ö13 bu soruda belirli integrali çözebilmek için ilk adım olarak değişken değiştirme yöntemini kullanmıştır. Öğrencinin değişken değiştirme yöntemi ile oluşturduğu belirli integralin sınır değerlerini değiştirmede dikkat çekmektedir. Fakat integrali aldıktan sonra fonksiyonu yeniden x değişkenine göre yazması, kavramsal bilgi bakımından yeterli olduğu halde cebirsel ifadelerin kullanımında yeterli olmadığını göstermektedir (Şekil 73). $x = 2$ ve $x = -3$ noktalarındaki türevlerini soruda verilen grafik yardımı ile belirleyebildiği tespit edilmiştir. Bu durum türev ve teğet doğru arasındaki ilişkiyi içselleştirebildiğini gösterirken yapılan adımların belli bir prosedürü izlemesi ise işlemsel bilgi ağırlıklı öğrenmede başarılı olduğunu göstermektedir.

$$\begin{aligned}
 & \textcircled{1} \quad f'(x) = u \\
 & \quad f'(x) dx = du \\
 & \textcircled{2} \quad \int_{-3}^2 u^2 du = \frac{u^3}{3} \Big|_{-3}^2 \\
 & \quad \frac{[f'(2)]^3}{3} - \frac{[f'(-3)]^3}{3} = \frac{\left[\frac{-3}{2}\right]^3}{3} - \frac{0^3}{3} = \frac{-\frac{27}{8}}{3} = -\frac{27}{8} \cdot \frac{1}{3} = \boxed{-\frac{9}{8}}
 \end{aligned}$$

Şekil 73. Ö13'ün 5. soruya verdiği yanıt

Ö23 ve Ö25 çarpım durumundaki iki fonksiyonun integralini ayrı ayrı integral olarak hesaplamaya çalışmışlardır. Bu durum integralin özelliklerine hakim olmadıklarını ve integral alma yöntemlerine neden ihtiyaç duyulduğunu kavrayamamış olduklarını göstermektedir (Şekil 74 & Şekil 75).

$$\begin{aligned}
 f(x) &= \frac{-6x^2}{8} + 6x + 6 \\
 f'(x) &= -\frac{6x}{4} + 6 \\
 f''(x) &= -\frac{6}{4} \\
 & \int_{-3}^2 f'(x) \cdot \frac{f'(x)^3}{3} dx \\
 & \frac{f'(x)^4}{3} \Big|_{-3}^2 \\
 f'(2) &= \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{\left(\frac{3}{2}\right)^4}{3} - 0 \\
 f'(-3) &= 0 \\
 \frac{81}{16} \cdot \frac{1}{3} - 0 &= \boxed{\frac{27}{16}}
 \end{aligned}$$

Şekil 74. Ö23'ün 5. soruya verdiği yanıt

$$\begin{aligned}
 & \int_{-3}^2 f'(x) \cdot (f'(x))^2 dx \\
 & f'(2) \cdot (f'(2))^2 - f'(-3) \cdot (f'(-3))^2 \\
 & \frac{3}{2} \cdot 9 - 1 \cdot 9 = \frac{9}{2}
 \end{aligned}$$

Şekil 75. Ö25'in 5. soruya verdiği yanıt

Ö46 bu soruya ait doğru denklemini bir nokta ve eğim sayesinde oluşturmuştur. Belirli integrali değişken değiştirme yöntemini kullanarak çözmeye çalışmıştır. Fakat türev ve teğet doğru arasındaki ilişkiye kavramsal olarak hakim olamadığı için soruyu doğru yanıtlayamamıştır. Yapılan işlemsel adımların yanlış olması ve $x = -3$ noktasındaki türevin değerinin yanlış hesaplanması dikkat çeken hatalar olmuştur (Şekil 76). Tüm bu durumlar göz önüne alındığında Ö46'nın bu soru için kavramsal ve işlemsel bilgi bakımından yeterli olduğu söylenememektedir.

Teget denklemleri

$$m = \frac{6-0}{0-1} = -\frac{3}{2}$$

$$y-6 = -\frac{3}{2}(x-0)$$

$$\boxed{y = -\frac{3}{2}x + 6}$$

$$f'(x) = u$$

$$f''(x) dx = du$$

$$f'(2) = \frac{3}{2}(2) + 6 = 3$$

$$f'(1) = 0$$

$$\int_0^3 u^2 du = \frac{u^3}{3} \Big|_0^3 = 9$$

Şekil 76. Ö46'nin 5. soruya verdiği yanıt

$$f'(x) = a \quad da = f''(x)$$

$$\int_{-3}^2 da \cdot a^2 \Rightarrow \frac{a^3}{3} \Big|_{-3}^2 \Rightarrow \frac{8}{3} - \left(-\frac{27}{3}\right)$$

$$= \frac{35}{3} //$$

Şekil 77. Ö2'nin 5. soruya verdiği yanıt

Ö2 ise bu soruda değişken değiştirme yöntemini doğru bir şekilde kullanmıştır fakat değişken değiştirme yaptıktan sonra integralin sınır değerlerini değiştirmeden belirli integralin yanıtını bulmaya çalışmıştır (Şekil 77). Yapılan bu hata 5. soru için en sık karşılaşılan hata olarak karşımıza çıkmaktadır. Ö2'nin çözüm süreci incelendiğinde kavramsal bilgisinin işlemsel bilgiye göre daha düşük olduğu görülmektedir.

d eğrisi birinci dereceden bir fonksiyondur. y eksenini 6 ve x eksenini 1'te kestiği ve eğiminin $-\frac{6}{4} = -\frac{3}{2}$ olduğu bilinmektedir.

$$-\frac{3}{2}(x-1) = y \Rightarrow y' = -\frac{3}{2}$$

f(x) fonk. nun türevi ilki noktada sıfırlanıyor $\rightarrow f'(x) = (x+3)(x+2)$

f(x) in d eğrisi ile teget olduğu nok. $\Rightarrow f'(2) = (2+3) \cdot (2+2) = -\frac{1}{2}$

$$\int_2^3 f''(x) [f'(x)]^2 dx \stackrel{\text{Kusmi}}{=} \int_2^3 [f'(x)]^2 f'(x) dx - \int_{-3}^{-1} 2f'(x) f''(x) f'(x) dx \quad a = -\frac{23}{10}$$

$$= -9/8 \dots \dots \dots$$

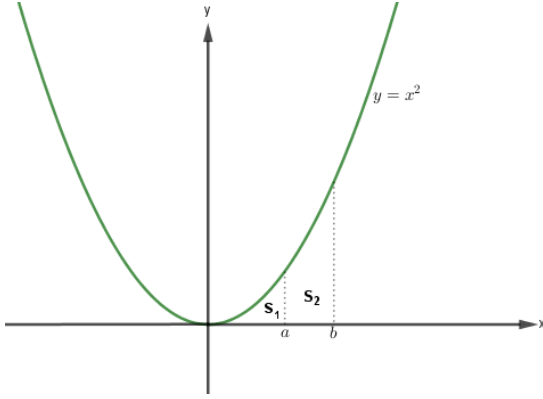
Şekil 78. Ö55'in 5. soruya verdiği yanıt

Ö55'in bir prosedüre bağlı işlemler sergileyerek doğru yanıtı ulaştığı görülmektedir (Şekil 78). Burada en dikkat çeken durumlardan birisi öğrencinin belirli integrali kısmi integrasyon yöntemi ile çözmesi olmuştur. Değişken değiştirme yöntemi ile integral almak bu soruda daha kolay olmasına rağmen kısmi integrasyon yöntemini kullanarak belli kalıpların dışına çıkması, kavramsal öğrenmeye dayalı bilgisini ortaya koymuştur.

Genel anlamda öğrencilerin bu soruda integrali çözebilmek için değişken değiştirme yöntemini doğru bir şekilde kullanabildikleri tespit edilirken integralin sınır değerlerini değiştirmedikleri için doğru yanıtı ulaşamadıkları görülmektedir. Ayrıca teget doğrunun eğimi ile türev arasındaki ilişkinin kurulamamasından kaynaklı yapılan hataların sıklığı da dikkat çekmektedir.

8. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru:



Yandaki şekilde $y = x^2$ fonksiyonunun grafiği verilmiştir. S_1 ve S_2 içinde bulundukları bölgelerin alanlarıdır. $S_2 = 4S_1$ olduğuna göre $\frac{b}{a} = ?$

Bu soruda öğrencilerden eğri altında kalan alanları integral yardımı ile bularak alanların oranlanması istenmiştir. Öğrencilerin %91 oranında belirli integral yardımı ile alan hesabını kavradıkları ve bu doğrultuda işlem yaptıkları görülmüştür. Fakat yapılan işlemsel hatalar ya da yanlış belirlenen sınır değer ile doğru yanıtı ulaşan öğrenci oranının yaklaşık %64'e düştüğü belirlenmiştir. Dolayısı ile %64 oranı ile doğru sonuca ulaşan öğrencilerin belirli integralin uygulamalarından olan alan hesabı ile kavramsal bilgilerinin işlemsel bilgilerinden daha yüksek olduğunu gösterirken yeterli ölçüde kavramsal ve işlemsel bilgiye sahip olduklarını ortaya koymuştur.

Ö1 bu soruda f fonksiyonuna a ve b noktalarından geçen teğet doğruların eğimlerini bulmuştur ve bunu da alan olarak nitelendirmiştir. Dolayısı ile Ö1'in teğet doğrunun eğimi ile türev arasındaki ilişkiyi ve belirli integral ile alan arasındaki ilişkiyi kuramadığı değerlendirilmektedir. Kavramsal olarak sahip olamadığı bu bilgiyi işlemsel bilgi ile telafi etmeye çalışmıştır (Şekil 79).

$$\begin{aligned}
 S_1 &= f'(a) = S_1 \\
 S_2 &= f'(b) - f'(a) \\
 &\quad \underbrace{\quad}_{S_1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2a &= S_1 \\
 2b &= S_2 \\
 \frac{b}{a} &= \frac{\frac{5S_1}{2}}{\frac{S_1}{2}} = \frac{5}{1}
 \end{aligned}$$

Şekil 79. Ö1'in 8. soruya verdiği yanıt

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \int_0^a x^2 dx \\
 S_2 &= \int_a^b x^2 dx \\
 S &= \frac{x^3}{3} \Big|_0^a = \frac{a^3}{3} \\
 4S &= \frac{b^3}{3} - \frac{a^3}{3}
 \end{aligned}$$

Şekil 80. Ö6'nın 8. soruya verdiği yanıt

Ö6 bu soruda eğri altında kalan bölgenin alanını integral yardımı ile almak istemiştir fakat belirli doğru işlemler sonrasında sorunun yanıtını yarım bırakmıştır. Kavramsal anlamda

yeterli olduğu halde işlemsel bilgi yönünden kendine güvenmediği için soruyu tamamlayamamıştır (Şekil 80).

$$\begin{aligned}
 4. \int_a^b x^2 dx &= \int_a^b x^2 dx - \int_a^b x^2 dx \\
 5. \int_a^b x^2 dx &= \int_a^b x^2 dx \\
 5. \frac{x^3}{3} \Big|_a^b &= \frac{x^3}{3} \Big|_a^b
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \frac{b^3}{3} - \frac{a^3}{3} &= \frac{b^3}{3} \\
 5. \frac{b^3}{3} &= \frac{b^3}{3} \\
 5. \frac{b^3}{3} &= \frac{b^3}{3} \quad \boxed{\sqrt[3]{5} = \frac{b}{a}} //
 \end{aligned}$$

Şekil 81. Ö9'un 8. soruya verdiği yanıt

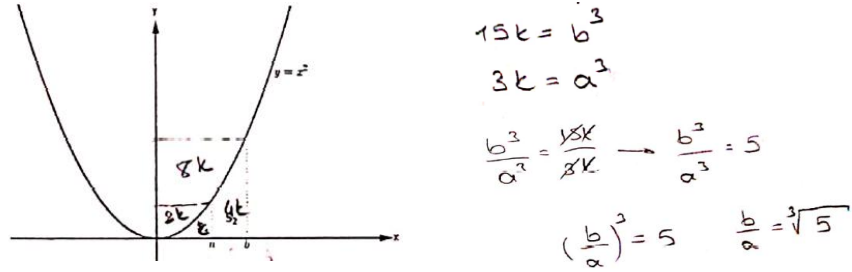
Ö9 ve Ö3 bu soruda eğri altında kalan bölgenin alanını integral yardımı ile hesaplamak istemişlerdir ve belli bir prosedüre göre yapmış oldukları doğru işlemler ile doğru yanıtı ulaşımlardır. Her iki öğrencinin de bu soru için yeterli düzeyde kavramsal ve işlemsel bilgiye sahip olduğu görülmektedir (Şekil 81 & Şekil 82).

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \int_a^b x^2 dx \\
 \frac{x^3}{3} \Big|_a^b &\Rightarrow \frac{b^3}{3} = S_1 \\
 S_2 &= 4S_1 \\
 5S_1 &= \frac{b^3}{3} \\
 5 \frac{b^3}{3} &= \frac{b^3}{3} \quad \boxed{\frac{b}{a} = \sqrt[3]{5}}
 \end{aligned}$$

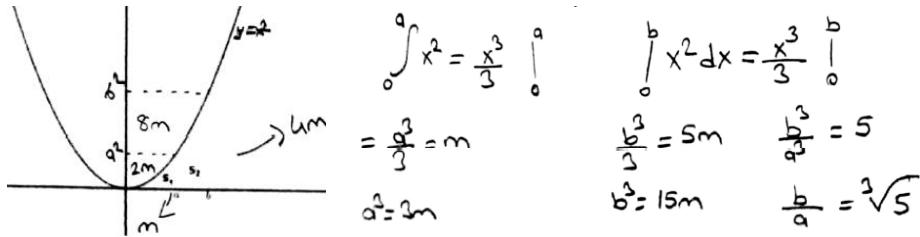
Şekil 82. Ö3'ün 8. soruya verdiği yanıt

Ö28 ve Ö37 bu soruda diğerlerinin aksine f fonksiyonu ve y eksenini ile $y = a^2$ ve $y = b^2$ arasında kalan bölgelerin alanlarını doğrudan yazmayı tercih etmişlerdir. Fakat bu bölgelerin alanlarını yazmasına rağmen Ö37 bu bilgiden yararlanmamıştır ve soruyu belirli integral yardımı ile çözmüştür. Ö28 ise belirlediği bu bölgeler ile sorulan bölgeleri birleştirerek karenin alanından yararlanmıştır ve doğru yanıtı bu şekilde ulaşmıştır. İki öğrencinin de bu soru için belirledikleri strateji ve yapmış oldukları belli prosedüre bağlı

adımlar ile kavramsal ve işlemsel bilgi birikimi bakımından yeterli olduklarını göstermişlerdir (Şekil 83 & Şekil 84).



Şekil 83. Ö28'in 8. soruya verdiği yanıt

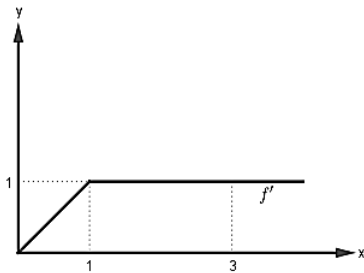


Şekil 84. Ö37'nin 8. soruya verdiği yanıt

Genel anlamda mühendis adayı öğrencilerinin herhangi bir eğri altında kalan bölgenin alanını hesaplayabilmeleri için belirli integral kullanmaları gerektiği kavramsal bilgisine büyük bir oranda sahip oldukları söylenebilir.

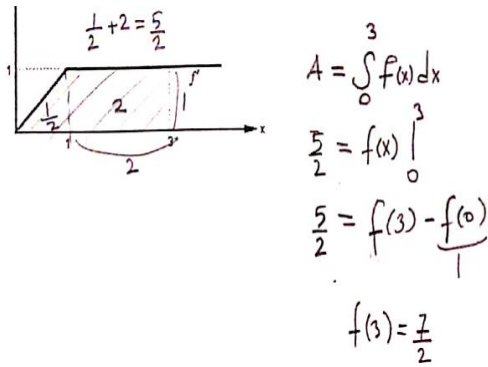
9. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru:

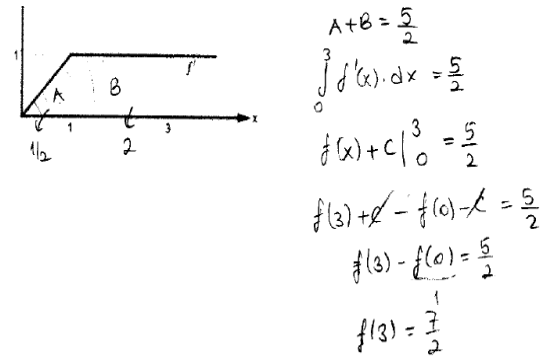


f fonksiyonunun türevi yandaki şekilde verilmiştir. $f(0) = 1$ ise $f(3) = ?$

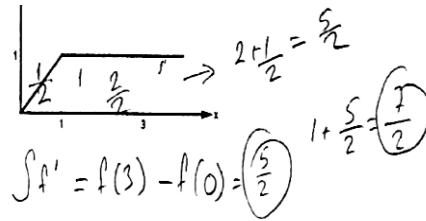
Bu soruda öğrencilerden f fonksiyonunun türevinin $x = 0$ ve $x = 3$ doğruları ve x eksenini arasında kalan bölgenin alanını geometrik olarak hesaplamaları, elde edilen bu alanı belirli integral ile elde edilen alana eşitlemeleri beklenmektedir. Öğrencilerin %26'sı bu soruya doğru yanıt vermiştir. Öğrencilerden %13'lük bir kesim türevi verilen fonksiyonun denklemini kullanarak belirsiz integral yardımı ile fonksiyonun denklemini elde etmeye çalışmıştır. Öğrencilerden %16'sının ise türevi verilen fonksiyonun grafiği altında kalan alanlar toplamından yararlanarak soruyu çözmeye çalıştıkları görülmüştür.



Şekil 85. Ö6'nın 9. soruya verdiği yanıt

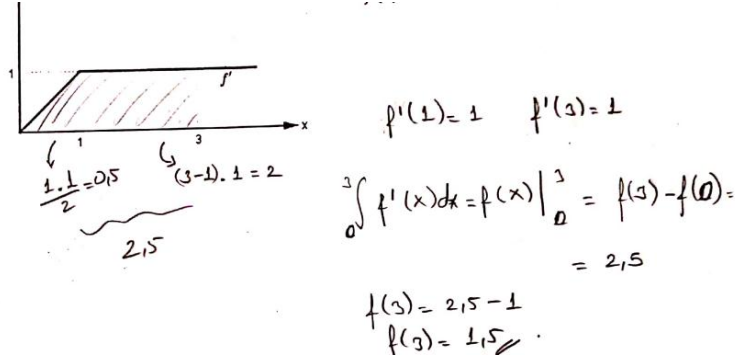


Şekil 86. Ö29'un 9. soruya verdiği yanıt



Şekil 87. Ö44'ün 9. soruya verdiği yanıt

Ö6, Ö29 ve Ö44'ün bu soruyu f fonksiyonunun türevinin $x = 0$ ve $x = 3$ doğruları arasında kalan sınırlı bölgenin alanlar toplamını hesaplayarak bu fonksiyonun yine aynı sınır değerler arasındaki integralini hesaplamışlardır ve bu değerlerin birbirine eşit olduğu bilgisinden yararlanmışlardır (Şekil 85, Şekil 86 & Şekil 87). Yapılan işlemler ve izlenen strateji ile doğru yanıt ulaşıtları görülmektedir. Dolayısı ile bu öğrencilerin kavramsal ve işlemsel bilgi yönünden yeterli olduğu söylenebilir. Ö29'un belirli integralde sabit sayı kullanması ise dikkat çeken kavramsal bilgi eksikliği hususudur.



Şekil 88. Ö1'in 9. soruya verdiği yanıt

Ö6, Ö29 ve Ö44 gibi Ö1'de bu soruyu f fonksiyonunun türevinin $x = 0$ ve $x = 3$ doğruları arasında kalan sınırlı bölgenin alanlar toplamını hesaplayarak bu fonksiyonun yine aynı sınır değerler arasındaki integralini hesaplamıştır ve bu değerlerin birbirine eşit olduğu bilgisinden yararlanmıştır. Fakat aritmetik hatalardan kaynaklı olarak doğru yanıtı ulaşamamıştır. Bu sebepten Ö1'in bu soru için işlemsel bilgisinin kavramsal bilgiye nispeten biraz daha zayıf olduğu görülmektedir (Şekil 88).

$f(x) = x$ 1- $[0, 1] \Rightarrow \frac{x^2}{2} + c \Rightarrow f'(x)$
 $f(x) = x + c$ 2- $[1, \infty) \Rightarrow f'(x) = 1$
 $c = 1$
 $f(x) = x + 1$
 $f(3) = 3 + 1 = 4$

Şekil 89. Ö15'in 9. soruya verdiği yanıt

$f(0) = 1$ $f(3) = ?$
 $f'(0) = 1$ $f'(3) = 0$
 $f'(x) = \begin{cases} y = x, & 0 < x < 1 \\ y = 1, & x > 1 \end{cases}$
 $f(x) = \begin{cases} y = \frac{x^2}{2} + c, & 0 < x < 1 \\ y = x + c, & x > 1 \end{cases}$
 $\frac{x^2}{2} + c \Big|_0^1 = 1$
 $c = 1$
 $f(x) = \begin{cases} y = \frac{x^2}{2} + 1, & 0 < x < 1 \\ y = x + 1, & x > 1 \end{cases}$
 $f(3) = 4$

Şekil 90. Ö33'ün 9. soruya verdiği yanıt.

Ö15 ve Ö33 bu soruyu f fonksiyonunun denklemini bularak yanıtlamak istemişlerdir. Fakat her iki öğrencinin de parçalı bu fonksiyon için integral sabitlerini eşit aldıkları görülmektedir. Bu da integrali alınabilen bir fonksiyonun sürekli olması gerektiği bilgisine kavramsal olarak sahip olmadıklarını göstermektedir (Şekil 89 & Şekil 90).

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^2}{2} + c_1, & x \leq 1 \\ x + c_2, & x > 1 \end{cases}$$

$3 = 1 + c_2$
 $c_2 = 2$
 $c_1 = 1$
 $f(0) = 3 + \frac{1}{2} = \frac{7}{2}$
 $\frac{3}{2} = 1 + c_2$
 $c_2 = \frac{1}{2}$

Şekil 91. Ö17'nin 9. soruya verdiği yanıt

$$f(x) = \begin{cases} x, & x \leq 1 \\ 1, & x > 1 \end{cases} \Rightarrow f(x) = \begin{cases} \frac{x^2}{2} + c_1, & x \leq 1 \\ x + c_2, & x > 1 \end{cases}$$

$f(0) = \frac{0^2}{2} + c_1 = 1$
 $0 + c_1 = 1$
 $c_1 = 1$
 noktasında iki şekilde eşit olabilir
 $\frac{x^2}{2} + 1 = x + c_2$
 $\frac{1}{2} + 1 = 1 + c_2$ $c_2 = \frac{1}{2} \rightarrow f(x) = \begin{cases} \frac{x^2}{2} + 1 & x \leq 1 \\ x + \frac{1}{2} & x > 1 \end{cases}$
 $f(3) = 3 + \frac{1}{2} = \frac{7}{2}$

Şekil 92. Ö19'un 9. soruya verdiği yanıt

$$f(0) = \frac{0}{2} + c = 1 \quad c = 1$$

$f(1) \rightarrow$ sürekli olması
 $f(1) = \frac{1^2}{2} + 1 = 1 + d \quad d = \frac{1}{2} \quad f(3) = 3 + \frac{1}{2} = \frac{7}{2}$

$$f(x) = \begin{cases} f(x) = \frac{x^2}{2} + c, & 0 \leq x \leq 1 \\ f(x) = x + d, & x > 1 \end{cases}$$

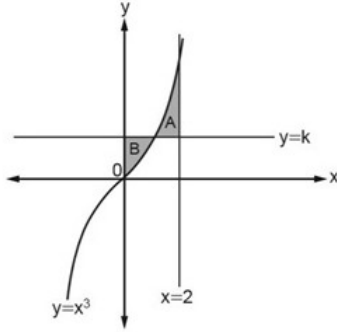
Şekil 93. Ö47'nin 9. soruya verdiği yanıt

Ö17, Ö19 ve Ö47 f fonksiyonuna ait denklemi bulabilmek için belirsiz integral kullanmışlardır ve soruda verilen değerlerden yararlanarak integral sabitlerini bulmuşlardır. Bu stratejiyi uygulamak isteyen fakat kavramsal ve işlemsel bilgi yönünden yeterli olmayan öğrencilerin aksine integrallenebilir bir fonksiyonun sürekli olması gerektiği bilgisini özümsemişlerdir. Uygulamış oldukları işlemsel prosedürel adımları doğru ilerleterek doğru yanıtı ulaşabilmişlerdir (Şekil 91, Şekil 92 & Şekil 93).

Genel anlamda öğrencilerin bu soruda eğri altında kalan alan yardımcı ile ya da belirsiz integral yardımcı ile fonksiyonun denklemini bularak soruyu çözmeye çalıştıkları görülmüştür. Belirsiz integral yardımcı ile çözmek isteyen öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun ise integrallenebilir bir fonksiyonun sürekli olması gerektiği bilgisini bildikleri halde bir problem karşısında yeni duruma uygulayamadıkları dikkat çekmektedir.

11. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru:



$y = x^3$ eğrisi, $x = 2$ ve $y = k$ doğrularının sınırladığı bölgenin alanı A , $y = x^3$ eğrisi, $y = k$ doğrusu ve y ekseninin sınırladığı bölgenin alanı B dir.

$A = B$ olduğuna göre $k = ?$

Bu soruda öğrencilerden eğri altında kalan alan ile belirli integral arasındaki ilişkiyi kurmaları beklenmektedir. Öğrencilerin %67'sinin alan ile belirli integral arasındaki ilişkiyi kurabildikleri fakat bir kısmının yapmış olduğu aritmetik hatalardan ya da yanıtın yarım bırakılmasından dolayı başarı oranının %51'e düştüğü tespit edilmiştir.

Ö2'nin bu soruda belirli integral yardımı ile alan hesabı yapmaya çalıştığı belirlenmiştir ancak sınır değerlerini y ekseninden alıp fonksiyonu x değişkenine bağlı olarak yazdığı görülmektedir (Şekil 94). Dolayısı ile doğru yanıtı ulaşamamıştır. Kavramsal ve işlemsel bilgisinin yetersiz olmasından ötürü yanlış çözüm geliştirmiştir.

$$\int_k^8 x^3 dx = \int_0^k x^3 dx \Rightarrow$$

$$8^3 - k^3 = k^3 \quad 2k^3 = 8^3 \quad k^3 = \frac{64 \cdot 8^4}{2} = 256$$

$$k^3 = 256$$

Şekil 94. Ö2'nin 11. soruya verdiği yanıt

Ö49 ve Ö16 bu soruda A ve B alanlarını belirli integral yardımı ile aritmetik işlemler yaparak ortaya koymuştur. Ö49 sınır değerlerini y eksenini üzerinden seçerken Ö16 sınır değerlerini x eksenini üzerinden seçmeyi tercih etmiştir. Her ikisinin de seçmiş olduğu stratejiler ve yapmış oldukları prosedürel işlemler doğru adımlarla ilerlemiştir. Dolayısı ile kavramsal ve işlemsel bilgi birikimi bakımından yeterli oldukları söylenebilir (Şekil 95 & Şekil 96).

$$\int_0^k y^{\frac{1}{2}} dy = 16 - 2k - \int_k^3 y^{\frac{1}{2}} dy$$

$$\int_0^3 y^{\frac{1}{2}} dy = 16 - 2k \Rightarrow \left. \frac{2}{3} y^{\frac{3}{2}} \right|_0^3 = 16 - 2k$$

$$\frac{4 \cdot 16 \cdot 3}{4} = 16 - 2k \Rightarrow 2k = 4 \quad \boxed{k = 2}$$

$$x^3 = k \Rightarrow x = \sqrt[3]{k}$$

$$A = \int_{\sqrt[3]{k}}^2 (x^3 - k) dx = \left. \frac{x^4}{4} - kx \right|_{\sqrt[3]{k}}^2$$

$$A = 4 - 2k - \frac{(\sqrt[3]{k})^4}{4} + k\sqrt[3]{k}$$

$$B = \int_0^{\sqrt[3]{k}} (k - x^3) dx = \left. kx - \frac{x^4}{4} \right|_0^{\sqrt[3]{k}}$$

$$B = k\sqrt[3]{k} - \frac{(\sqrt[3]{k})^4}{4}$$

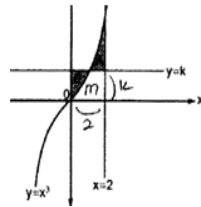
$$A = B \Leftrightarrow 4 - 2k - \frac{(\sqrt[3]{k})^4}{4} + k\sqrt[3]{k} = k\sqrt[3]{k} - \frac{(\sqrt[3]{k})^4}{4}$$

$$\Leftrightarrow 4 - 2k = 0 \Rightarrow k = 2$$

Şekil 95. Ö49'un 11. soruya verdiği yanıt

Şekil 96. Ö16'nin 11. soruya verdiği yanıt

Ö29, Ö17 ve Ö18 bu sorunun çözümüne A ve B alanlarının her ikisine de komşu olan bölgeyi isimlendirerek başlamışlardır. Böylelikle oluşacak dikdörtgenin alanı ile belirli integral yardımı sayesinde eğri altında kalan alanı bularak birbirine eşitlemişlerdir ve sonuca ulaşmayı hedeflemişlerdir (Şekil 97, Şekil 98 & Şekil 99). Ö29 ve Ö18'in hem kavramsal hem işlemsel bilgileri yeterli düzeyde olup bu bilgilerini uygulayabildikleri görülmektedir. Ancak Ö17'nin integral ile türev kavramlarını karıştırdığı dolayısı ile doğru strateji kullanarak fakat aritmetik hatalar ile doğru yanıtı ulaşamadığı görülmektedir.



$$B + m = 2k$$

$$A + m = \int_0^2 x^3 \cdot dx$$

$$= \left. \frac{x^4}{4} + C \right|_0^2$$

$$= 4$$

$$B + m = A + m$$

$$2k = 4$$

$$k = 2$$

Şekil 97. Ö29'un 11. soruya verdiği yanıt

$$S + A = \int_0^2 x^3 \cdot dx$$

$$\left. \frac{x^4}{4} \right|_0^2 = 12 - 0 = 12$$

$$S + A = 12$$

$$S + B = 2k$$

$$S + A = S + B$$

$$12 = 2k$$

$$\boxed{k = 6}$$

$$\int_0^2 x^3 \cdot dx - \cancel{C} = 2k - \cancel{C}$$

$$\int_0^2 \frac{x^4}{4} = 2k$$

$$\int_0^2 4 - 0 = 2k \quad \boxed{2 = k}$$

Şekil 98. Ö17'nin 11. soruya verdiği yanıt

Şekil 99. Ö18'in 11. soruya verdiği yanıt

Genel anlamda soruyu yanlış yanıtlayan öğrencilerin bu soruda kavramsal bilgi yönünden yeterli oldukları halde işlemsel bilgilerinin zayıf olmasından ötürü yanlış sonuca ulaştıkları görülmüştür.

12. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru: Aşağıdaki integralleri bulunuz.

i) $\int \frac{\sin^2(\ln x) \cos(\ln x) dx}{x} = ?$

ii) $\int \sin^2 4x \cos^2 4x dx = ?$

Bu soruda öğrencilerden belirsiz integralleri çözmeleri bunu yaparken de değişken değiştirme yönteminden yararlanmaları ve trigonometrik dönüşümlerden yararlanmaları beklenmektedir. Her iki soruyu da doğru yapanların oranı %22'dir. İlk soruda değişken değiştirme yöntemini uygulayan öğrencilerin oranı %58 iken ikinci soruda %38'dir. Ayrıca ilk sorudaki trigonometrik fonksiyonun integralinin öğrenciler tarafından daha rahat çözüldüğü belirlenmiştir.

i) $\sin(\ln x) = u$
 $\frac{\cos(\ln x) dx}{x} = du$
 $\int u^2 \cdot du = \frac{u^3}{3} = \frac{\sin^3(\ln x)}{3} + C$

ii) $\int \frac{\sin^2(8x)}{4} dx = \frac{\sin^2(8x)}{4 \cdot 3 \cdot \cos(8x) \cdot 8} = \frac{\sin^3(8x)}{\cos(8x) \cdot 96}$

Şekil 100. Ö1'in 12. soruya verdiği yanıt

Ö1 bu sorunun ilk şikkını değişken değiştirme yönteminden ve türevi bilinen fonksiyondan yararlanarak doğru yanıtlamıştır. İkinci şıkta integral içinde verilen fonksiyonu düzenleme yoluna gitmiştir. Bunu da trigonometrik fonksiyonların yarım açı formüllerinden yararlanarak doğru yapmıştır. Fakat daha sonra oluşan yeni fonksiyonun integralini doğrudan almaya çalışmıştır ve dolayısı ile trigonometrik fonksiyonun integralini bulamamıştır (Şekil 100). Dolayısı ile Ö1'in trigonometri bilgisine hakim olduğu ve değişken değiştirme yöntemini kavradığı fakat ikinci soru için belirli integrali çözmede

problem yaşadığı, trigonometrik fonksiyon ile polinomların integrallerini karıştırdığı görülmektedir.

Ö10 bu soruya ait her iki şıkkı da doğru yanıtlamıştır. Trigonometrik fonksiyonlar ve dönüşümler bilgisine hakim olduğu, bunu yeni durumlara aktarabildiği ve değişken değiştirme yöntemini de başarılı bir şekilde kullandığı görülürken yaptığı işlemsel prosedürel adımların doğru olması ile de hem kavramsal hem işlemsel bilgi açısından yeterli ölçüde bilgi birikimine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 101).

i) $\ln x = t \quad \frac{1}{x} dx = dt$
 $\int \sin^2 t \cos t dt$
 $u = \sin t$
 $du = \cos t$
 $\int u^2 du = \frac{u^3}{3} + C$
 $= \frac{\sin^3 t}{3}$
 $= \frac{\sin^3(\ln x)}{3}$

ii) $\frac{1}{4} \int \sin^2(8x) dx$
 $\frac{1}{4} \int \frac{1 - \cos(16x)}{2} dx$
 $\frac{1}{8} \int (1 - \cos(16x)) dx$
 $\frac{1}{8} \left(x - \frac{\sin(16x)}{16} \right)$
 $= \frac{x}{8} - \frac{\sin(16x)}{128}$

Şekil 101. Ö10'un 12. soruya verdiği yanıt

Ö31 bu sorunun ilk şıkkında iki kere değişken değiştirme yöntemini kullanmıştır ve doğru yanıtı ulaşmıştır. Diğer şıkta ise trigonometrik yarım açı formülünü kullanmıştır fakat son adımda işlemsel hata yapmakla birlikte sorunun yanıtını yarım bırakmıştır, devam ettirmemiştir (Şekil 102). Yanıtın yarım bırakılması öğrencide bir takım işlemsel prosedürel bilgilerin olduğunu fakat kavramsal bilgilerin yeterli ölçüde olmamasından ötürü çözüm geliştirmede zorlandığını göstermektedir.

i) $\ln x = u$
 $\frac{1}{x} dx = du$
 $\int \sin^2 u \cos u du$
 $w = \sin u$
 $dw = \cos u du$
 $\int w^2 dw = \frac{w^3}{3} + C$
 $= \frac{\sin^3 u}{3} = \frac{\sin^3(\ln x)}{3} + C$

ii) $\int \sin^2 ux \cos^2 ux dx = ?$
 $\sin 2x = 2 \sin x \cos x$
 $\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x = 1 - 2 \sin^2 x$
 $\int \sin^2 ux \cos^2 ux dx = \int \frac{1 - \cos(2ux)}{2} \cdot \frac{1 - \cos(2ux)}{2} dx$
 $= \frac{1}{4} \int (1 - \cos(2ux))^2 dx$

Şekil 102. Ö31'in 12. soruya verdiği yanıt

Ö48 bu soruya ait iki şıkkı da doğru yanıtlamıştır. Değişken değiştirme ve trigonometrik ifadelerin doğru bir şekilde kullanılması ve işlemsel adımların doğru olması ile hem kavramsal hem işlemsel bilgi açısından yeterli görülmektedir (Şekil 103). Fakat ilk soruda yapmış olduğu işlemsel adımlar ile yanıtı ulaşma zamanını biraz daha uzattığı belirlenmiştir.

$$\begin{aligned}
 c) \ln x = u & \Rightarrow \int \sin^2 u \cdot \cos u \cdot du \\
 \frac{1}{x} dx = du & \int (1 - \cos^2 u) \cdot \cos u \cdot du \\
 & \int (\cos u - \cos^3 u) du \\
 & \int \cos u \cdot du - \int \cos^3 u \cdot du \\
 \sin u & - \int \cos^2 u \cdot \cos u \cdot du \\
 \sin u & - \int (1 - \sin^2 u) \cdot \cos u \cdot du \\
 \sin u = u & \\
 \cos u \cdot du = du & \\
 \sin u & - \int (1 - u^2) \cdot du \\
 \sin u & - \left(u - \frac{u^3}{3} \right) + C \\
 & \sin u = \left(\sin u - \frac{\sin^3 u}{3} \right) + C \\
 & \sin u - \sin u + \frac{\sin^3 u}{3} + C \\
 & \frac{\sin^3(\ln x)}{3} + C //
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d) \sin 8x &= 2 \cdot \sin 4x \cdot \cos 4x \\
 \frac{\sin 8x}{2} &= \sin 4x \cdot \cos 4x \\
 \frac{\sin^2 8x}{4} &= \sin^2 4x \cdot \cos^2 4x \\
 \int \frac{\sin^2 8x}{4} dx &= \frac{1}{4} \int \sin^2 8x dx \\
 \cos 16x &= 1 - 2 \sin^2 8x \\
 \sin^2 8x &= \frac{1 - \cos 16x}{2} \\
 &= \frac{1}{4} \int \frac{1 - \cos 16x}{2} dx \\
 &= \frac{1}{8} \int (1 - \cos 16x) dx = \frac{1}{8} \left(x - \frac{\sin 16x}{16} \right) + C //
 \end{aligned}$$

Şekil 103. Ö48'in 12. soruya verdiği yanıt

Ö35 bu sorunun ilk şıkkını yanıtsız bırakmıştır. İkinci şıkkı çözebilmek için ise trigonometrik ifadelerden yararlanmıştır ve derece düşürmesi yaparak integrali çözmek istemiştir. Fakat yapmış olduğu işlemsel hatalardan ötürü doğru yanıtı ulaşamamıştır (Şekil 104). Dolayısı ile öğrencinin işlemsel bilgisinin kavramsal bilgisine göre daha zayıf olduğu ifade edilebilir.

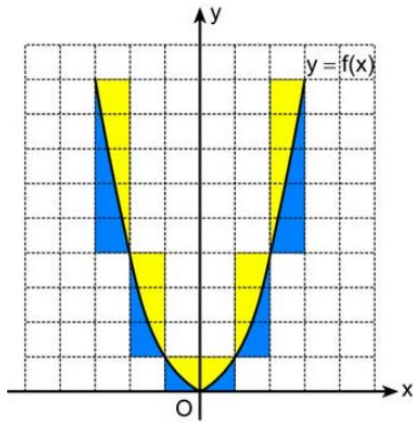
$$\begin{aligned}
 & \int \left(\frac{1 - \cos 16x}{8} \right) \cdot \left(\frac{1 + \cos 16x}{8} \right) dx = \frac{1}{64} \int (1 - \cos 16x)(1 + \cos 16x) dx \\
 &= \frac{1}{64} \int (1 - \cos^2 16x) dx = \int \frac{1}{64} dx - \int \frac{1}{64} \cdot (\cos^2 16x) dx \\
 &= \frac{1}{64} x - \frac{1}{64} \int \frac{1 + \cos 32x}{2} dx = \frac{1}{64} x - \frac{1}{128} \int (1 + \cos 32x) dx \\
 &= \frac{1}{64} x - \frac{1}{128} x - \frac{1}{128} \sin 32x + C
 \end{aligned}$$

Şekil 104. Ö35'in 12. soruya verdiği yanıt

Genel anlamda bu soruya ait ilk şıkkın öğrenciler tarafından daha rahat yanıtlandığı diğer soru için verilen doğru yanıtın ise daha az olduğu görülmektedir. Bu sorunun çözümü için gerekli olan trigonometrik bilginin soruyu yanıtlayan öğrenciler tarafından genel anlamda yeterli olduğu ve bu bilgilerini integral sorularına aktarabildikleri görülmüştür.

14. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru:



Gerçek sayılar kümesi üzerinde fonksiyonu tanımlanıyor. $[-3,3]$ aralığındaki gerçek sayılar için $y = f(x)$ grafiği birim karelere bölünen şekilde dik koordinat düzleminde verilmiştir.

Bu grafiğin böldüğü birim karelerde; grafiğin altında kalan bölgeler maviye, üstünde kalan bölgeler ise sarıya şekilde gibi boyanmıştır. Buna göre, mavi bölgelerin alanları toplamının sarı bölgelerin alanları toplamına oranı kaçtır?

Bu soruda öğrencilerden eğri altında ve üstünde kalan taralı bölgelerin alanlarını bulmaları ve oranlama yapmaları istenmiştir. Öğrencilerin %47'sinin belirli integral ve alan hesabını doğru bir şekilde uygulamaya gittikleri görülürken çözüm sürecinde işlem hatası ya da mantık hatası gibi sebeplerden dolayı soruyu yanlış yanıtlayanlar ya da yanıtı yarım bırakanlar ile doğru yanıt oranı %34'e düşmüştür. Bu da soruyu yanıtlayan öğrencilerin kavramsal bilgi birikimlerinin işlemsel bilgi birikimlerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Ö8 ve Ö12 bu soruda verilen grafiğe ait denklemi doğrudan yazarak ilk olarak eğri altında kalan mavi bölgenin alanını belirli integral yardımı ile hesaplamışlardır. Daha sonra mavi ve sarı alanların komşu olduğu bölgelerin alanını ise birim karelerin alanları toplamından yararlanarak bulmuştur (Şekil 105 & Şekil 106). Mavi bölgelerin alanlarını çıkararak sarı bölgelerin alanlarına ulaşmışlardır. Ö8 ve Ö12'nin kavramsal ve işlemsel öğrenmelere sahip olduğunu söylemek doğru olacaktır.

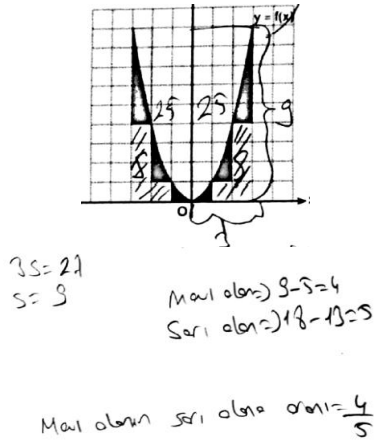
$$\begin{aligned}
& 2 \left(\int_0^3 x^2 dx - 5 \right) \\
&= 2 \left(\frac{x^3}{3} \Big|_0^3 - 5 \right) \\
&= 2 \left(\frac{27}{3} - 5 \right) \\
&= 8 = \text{mavi?} \\
&18 - 8 = 10 = \text{sarı} \\
&\frac{8}{10} = \frac{4}{5}
\end{aligned}$$

Şekil 105. Ö8'in 14. soruya verdiği yanıt

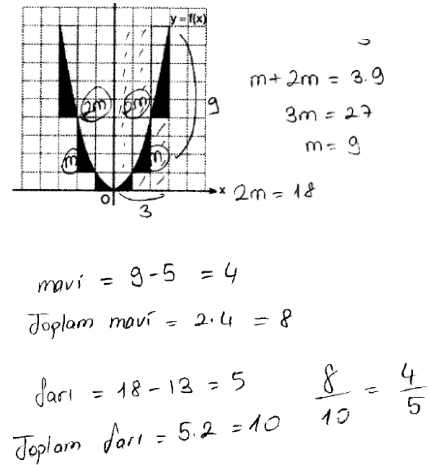
$$\begin{aligned}
\int_0^3 x^2 dx &= \frac{x^3}{3} \Big|_0^3 = 9 \\
9 - 5 &= 4 \text{ (Mavi Alanlar)} \\
\text{Simetri: } 4 \times 2 &= 8 \\
\int_0^3 5^{1/2} dx &= 5^{1/2} x \Big|_0^3 = 15 \\
18 - 13 &= 5 \text{ (Sarı Alanlar)} \\
5 \times 2 &= 10 \\
\frac{\text{Mavi}}{\text{Sarı}} &= \frac{8}{10} = 0,8
\end{aligned}$$

Şekil 106. Ö12'nin 14. soruya verdiği yanıt

Ö46 ve Ö29 bu soruda daha önceden bildikleri ya da ezberledikleri kural yardımı ile eğri altında kalan alanı bulmuşlardır ve bu şekilde mavi ve sarı bölgelerin alanlar oranını elde etmişlerdir (Şekil 107 & Şekil 108). Yapılan prosedürel işlemler ve soruya yaklaşma stratejileri ile hem kavramsal hem işlemsel bilgi birikimi bakımından yeterli oldukları görülmektedir.



Şekil 107. Ö46'nın 14. soruya verdiği yanıt



Şekil 108. Ö29'un 14. soruya verdiği yanıt

Ö17 ve Ö55, Ö12 ve Ö8'in yaptığı işlemsel adımları yürütmüştür ve doğru yanıtı ulaşmıştır. Fakat fonksiyonun denklemini diğerleri gibi doğrudan yazmak yerine grafikten yararlanarak $f(x) = x^2$ olduğunu teyit etmek istemişlerdir (Şekil 109 & Şekil 110). Bu da grafiği verilen bir fonksiyonun denklemini bulmaları için gerekli kavramsal bilgiye sahip olduklarını göstermektedir.

$$\begin{aligned}
 f(x) &= ax^2 + bx + c \\
 -\frac{b}{2a} &= 0 \\
 a^2 + c &= 0 \quad [b=0] \\
 f(0) &= 0 \quad [c=0] \\
 a^2 &= -c \quad -1) = 1 \\
 [a=1] \\
 f(x) &= x^2 \\
 \int_{-3}^3 x^2 dx &= 18 = \text{Mavi alan} \\
 \left. \frac{x^3}{3} \right|_{-3}^3 &= 9 - (-9) \Rightarrow 18 - 10 = 8 = \text{Mavi alan} \\
 18 - \text{Mavi alan} &= \text{Sarı alan} \quad \frac{8}{10} = \frac{4}{5} \\
 18 - 8 &= 10 = \text{Sarı alan}
 \end{aligned}$$

Şekil 109. Ö17'nin 14. soruya verdiği yanıt

$$\begin{aligned}
 f(x) &\text{ y eksenine göre simetrikler.} \\
 f(1) &= f(-1) = 1, \quad f(2) = f(-2) = 4, \quad f(3) = f(-3) = 9 \\
 f(0) &= 0 \Rightarrow f(x) = x^2 \\
 \text{Mavi alanlar} &= 2 \left(\int_0^1 x^2 dx + \int_1^2 x^2 dx - 1 + \int_2^3 x^2 dx - 2^2 \right) \\
 &= 2 \int_0^3 x^2 dx - 5 \\
 &= 2 \left(\frac{x^3}{3} \right)_0^3 - 5 = 8 \\
 \text{Sarı alanlar} &= 2 \cdot (1 \times 1 + 3 \times 1 + 5 \times 1) - \text{Mavi alanlar} \\
 &= 2 \cdot 9 - 8 = 10 \\
 \frac{M}{S} &= \frac{8}{10} = \frac{4}{5}
 \end{aligned}$$

Şekil 110. Ö55'in 14. soruya verdiği yanıt

Ö24 ve Ö35 bu soruda grafiği parçalara ayırarak belirli integral yardımı ile alan hesabı yapmak istemişlerdir. Fakat Ö24'ün belirlemiş olduğu bölgeler için hesapladığı alanlar istenilen bölgeyi vermemektedir (Şekil 111). Ayrıca sınırları y eksenine göre belirleyip alan hesabı yaparken fonksiyon yanlış oluşturulmuştur. Dolayısı ile Ö24 bu soru için hem kavramsal hem işlemsel bilgi yönünden yeterli görülmemektedir. Ö35 ise mavi ve sarı bölgelerin alanlarını hesapladığı halde toplayıp oranlama işlemini yapmadığı, cevabı yarım bıraktığı belirlenmiştir (Şekil 112)

$$\begin{aligned}
 y &= x^2 \\
 A &= \int_0^1 x^2 dx = \frac{x^3}{3} = \frac{1}{3}, \quad \text{mavi alan} = 2(A+B+C) \\
 &= 2 \left(\frac{1}{3} + \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \right) = 2 \cdot \frac{4}{3} = \frac{8}{3} \\
 B &= \int_1^2 x^2 dx = \frac{x^3}{3} \Rightarrow \frac{8}{3} - \frac{1}{3} = \frac{7}{3} \\
 C &= \int_2^3 x^2 dx = \frac{x^3}{3} \Rightarrow \frac{27}{3} - \frac{8}{3} = \frac{19}{3} \\
 D &= \int_0^1 y^2 dy = \frac{y^3}{3} \Rightarrow \frac{1}{3} \\
 E &= \int_1^4 y^2 dy = \frac{y^3}{3} \Rightarrow \frac{64}{3} - \frac{1}{3} = \frac{63}{3} \\
 F &= \int_4^9 y^2 dy = \frac{y^3}{3} \Rightarrow \frac{27}{3} - \frac{64}{3} = \frac{243}{3} - \frac{64}{3} = \frac{179}{3} \\
 \frac{M}{S} &= \frac{18}{162} = \frac{1}{9}
 \end{aligned}$$

Şekil 111. Ö24'ün 14. soruya verdiği yanıt

$$\begin{aligned}
& \int x^2 dx = \frac{x^3}{3} + c \text{ olur.} \\
1 \rightarrow \int_{-3}^2 x^2 dx &= \left[\frac{x^3}{3} \right]_{-3}^2 = \frac{8}{3} - \frac{-27}{3} = \frac{19}{3} \text{ brt} \\
& \frac{19}{3} - 4 = \frac{19}{3} - \frac{12}{3} = \frac{7}{3} \text{ (mavi)} \\
& \text{Sarı ise } \left(1 - \frac{7}{3} = -\frac{4}{3} \right) \text{ olur.} \\
2 \rightarrow \int_{-2}^{-1} x^2 dx &= \left[\frac{x^3}{3} \right]_{-2}^{-1} = \frac{-1}{3} - \frac{-8}{3} = \frac{7}{3} \\
& \frac{7}{3} - 1 = \frac{4}{3} \text{ (mavi)} \\
& \text{Sarı bölge } \rightarrow 3 - \frac{4}{3} = \frac{5}{3} \text{ (sarı)} \\
3 \rightarrow \int_{-1}^0 x^2 dx &= \left[\frac{x^3}{3} \right]_{-1}^0 = 0 - \left(\frac{-1}{3} \right) = \frac{1}{3} \text{ (mavi)} \text{ Sarı ise } 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \\
& \text{Pozitif bölge simetrisi olduğundan aynıdır.}
\end{aligned}$$

Şekil 112. Ö35'in 14. soruya verdiği yanıt

Ö16 bu soruda mavi alanı, grafiği parçalara ayırarak belirli integral yardımı ile bulmuştur. Fakat sarı alanları yanlış belirlediği görülmektedir. Kavramsal bilgi birikimi yeterli olduğu halde işlemsel hatalardan ötürü doğru yanıtı ulaşamamıştır (Şekil 113).

$$\begin{aligned}
& \text{Sarı alan: } A_1 = \int_{-3}^3 x^2 dx = \left[\frac{x^3}{3} \right]_{-3}^3 = \frac{27}{3} - \frac{-27}{3} = \frac{54}{3} \\
& \text{Mavi alan: } A_2 = \left(\int_0^1 x^2 dx + \int_1^2 (x^2 - 1) dx + \int_2^3 (x^2 - 4) dx \right) \\
&= 2 \left(\left[\frac{x^3}{3} \right]_0^1 + \left[\frac{x^3}{3} - x \right]_1^2 + \left[\frac{x^3}{3} - 4x \right]_2^3 \right) \\
&= 2 \left(\frac{1}{3} + \frac{8}{3} - 2 - \frac{1}{3} + 1 + \frac{27}{3} - 12 - \frac{8}{3} + 8 \right) \\
&= 2 \left(\frac{27}{3} - 5 \right) = 2 \left(\frac{12}{3} \right) = 8 \\
& \frac{A_1}{A_2} = \frac{54}{3} \times \frac{1}{8} = \frac{54}{24} = \frac{9}{4} //
\end{aligned}$$

Şekil 113. Ö16'nın 14. soruya verdiği yanıt

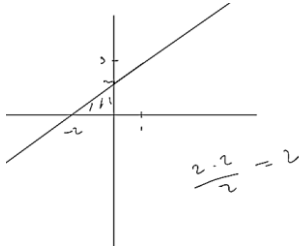
Bu soru öğrencilerin %40'ı tarafından boş bırakılmıştır ve %18 oranında ise doğrudan yanlış yanıtlanmıştır. Soruya doğru bir strateji ile yaklaşan öğrenci grubunun oranı %47 iken çözüm aşamasında yapılan işlemsel ya da mantıksal hatalardan ötürü doğru yanıt verenlerin oranı %34'e düşmüştür. Dolayısı ile öğrencilerin bu soru için kavramsal bilgilerinin işlemsel bilgilerinden daha iyi olduğu söylenebilir.

16. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

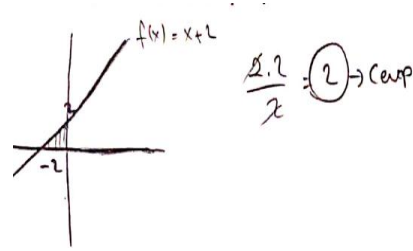
Soru: $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, f(x) = x + 2$ fonksiyonu ile $x = 0$ doğrusu ile $y = 0$ doğrusu arasında kalan sınırlı bölgenin alanını Riemann toplamıyla tahmin ediniz.

Bu soruda öğrencilerden bir fonksiyonun eksenler ile sınırlı kapalı bölgenin alanını Riemann toplamı yardımı ile tahmin etmeleri istenmiştir. Bu soruya Riemann toplamı ile verilen doğru yanıt bulunmaması dikkat çekmekle beraber %32 oranında kısmi yanıt bulunmaktadır. İstenilen yöntem dışında ise grafik çizerek oluşan üçgenin alanından yararlanılmıştır ya da belirli integral yardımı ile alan hesabı yapılmıştır. Kısmi olarak ise %20 oranında belirli integral ile alan hesabı, %56 oranında grafik çizerek üçgenin alanından yararlanarak alan hesaplama ve %20 oranında ise Riemann toplamı ile alan hesaplama işlemleri yapılmıştır.

Ö50 ve Ö13 soruda istenilen bölgenin alanını Riemann toplamı yardımı ile değil de oluşan üçgenin alanını doğrudan geometrik olarak hesaplayarak yanıtı ulaşımlardır (Şekil 114 & Şekil 115). Riemann toplamına ait kavramsal ve işlemsel bilgileri yeterli olmadığı için bunu kullanarak soruyu yanıtlayamamışlardır.

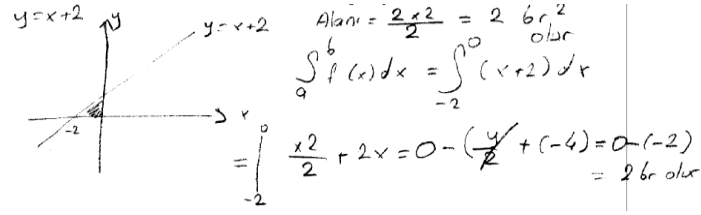


Şekil 114. Ö50'nin 16. soruya verdiği yanıt



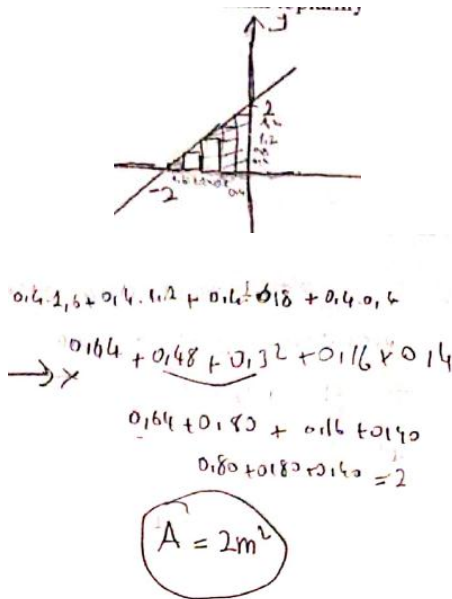
Şekil 115. Ö13'ün 16. soruya verdiği yanıt

Ö40 bu soruda belirli integral ile alan hesabı ve üçgenin geometrik alan hesabından yararlanarak iki yoldan yanıtı ortaya koymuştur (Şekil 116). Fakat bu iki yöntem ile alan hesabı yaparak Riemann toplamı ile alan hesabı bilgisine yönelik kavramsal bilgi eksikliğini kapatmak istediği belirlenmektedir.

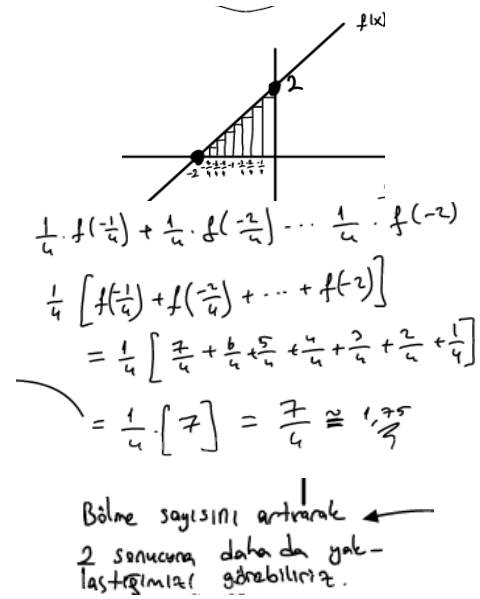


Şekil 116. Ö40'ın 16. soruya verdiği yanıt

Ö15 ve Ö51 bu soruda istenilen alanı, eğri altında kalan dikdörtgenlerden yararlanarak bulmak istemişlerdir. Riemann toplamı kavramına aşina oldukları söylenebilir fakat eksik bilgi birikimine sahiptirler. Ö15 eğri altında, taban kenarları eşit dört dikdörtgenin alanından yararlanmıştır ancak bu dikdörtgenlerin dışında kalan boşlukların olduğunu hesaba katamamıştır (Şekil 117). Dolayısı ile yapılan işlemler ile beraber kavramsal ve işlemsel bilgi birikimi yönünden yeterli görülmemektedir. Ö51 ise açıklama yazarak kavramsal bilgisini ortaya koymak istemiştir fakat bunu işleme dökememiştir (Şekil 118).

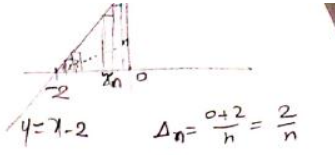


Şekil 117. Ö15'in 16. soruya verdiği yanıt



Şekil 118. Ö51'in 16. soruya verdiği yanıt

Ö16 ve Ö29'nın Riemann toplamına ait kavramsal ve işlemsel bir bilgi birikimine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 119 & Şekil 120). Fakat $f(x_i)$ fonksiyonunu yanlış belirledikleri görülmektedir. Fonksiyonun grafiğinin y ekseninin sol tarafında olması kafalarını karıştırmış olabilir şeklinde yorum yapılabilmektedir.

$$\begin{aligned}
\int_{-2}^0 f(x) dx &= \lim_{n \rightarrow \infty} S_n \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(x_k) \Delta x \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (x_k + 2) \cdot \frac{2}{n} \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \left(\frac{2k}{n} + 2 \right) \cdot \frac{2}{n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{4k}{n^2} + \frac{4}{n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{4}{n^2} \sum_{k=1}^n k + \frac{4}{n} \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n 1 \\
&= 4 \left(\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n^2} \sum_{k=1}^n k + \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n 1 \right) = 4 \left(\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n^2} \cdot \frac{n(n+1)}{2} + \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \cdot n \right) \\
&= 4 \left(\frac{1}{2} + 1 \right) = 6
\end{aligned}$$


Şekil 119. Ö16'nın 16. soruya verdiği yanıt

Ö33 ise Riemann toplamı ile alan hesabında gerekli formül bilgisine aşına olduğu görülmektedir (Şekil 121). Fakat kavramsal bilgi birikiminin yetersiz olması ve işlemsel prosedürel adımlara hakim olamaması bakımından soruyu çözebilecek performansı sergileyememiştir.

$$\begin{aligned}
\Delta x &= \frac{0 - (-2)}{n} = \frac{2}{n} \\
x_i &= 0 + (i-1) \cdot \Delta x \\
x_i &= (i-1) \cdot \frac{2}{n} \\
\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(x_i) \cdot \Delta x \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \left(\frac{(i-1) \cdot 2}{n} + 2 \right) \cdot \frac{2}{n} \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \frac{4i - 4 + 4n}{n^2} \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{4}{n^2} \left(\frac{n+1+n+2+n+\dots}{n^2 \cdot (n \cdot (n+1))} \right) \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{4n^2 + 4}{2} = \infty
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{b-a}{2} &= \frac{3-0}{n} = \frac{3}{n} \\
f\left(\frac{k}{n}\right) &= \frac{k}{n} + 2 \\
\text{Alan} &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f\left(\frac{k}{n}\right) \cdot \frac{3}{n} \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \left(\frac{k}{n} + 2 \right) \cdot \frac{3}{n}
\end{aligned}$$

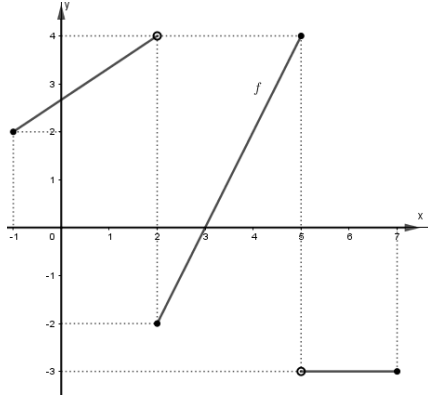
Şekil 120. Ö29'un 16. soruya verdiği yanıt

Şekil 121. Ö33'ün 16. soruya verdiği yanıt

Genel anlamda bu soruya Riemann toplamı ile verilen yanıtların kısmi olduğu, öğrencilerin soruyu yanıtsız bırakmak yerine istenilmeyen farklı yöntemler ile alan hesabı yaptığı görülmektedir. Riemann toplamını kullanarak yanıt verenlerin ise işlemsel ya da mantıksal hatalardan ötürü doğru yanıtı ulaşamadıkları görülmektedir. Dolayısı ile Riemann toplamı ile alan hesabını tahmin edebilme bilgisine yeterli ölçüde sahip olmadıkları görülmektedir.

17. Soruya Ait Verilen Cevapların Analizi

Soru:

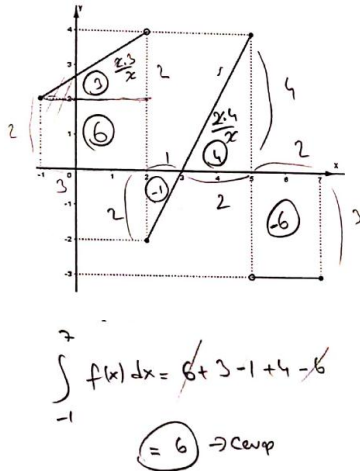


$[-1, 7]$ aralığında tanımlı bir f fonksiyonunun grafiği verilmiştir.

Buna göre $\int_{-1}^7 f(x) dx = ?$

Bu soruda, grafikte verilen fonksiyon için belirli integralin hesaplanması istenmiştir. %48 oranında sonuç odaklı doğru yanıt alan bu soruda öğrencilerin eğri altında ve üstünde kalan bölgelerin alanlarından yararlanma oranı %87 olarak hesaplanmıştır. Her ne kadar bu öğrenciler doğru stratejiyi seçmiş olsalar da yapmış oldukları kavramsal ve işlemsel hatalardan ötürü %39'luk kesim doğru yanıtı ulaşamamıştır.

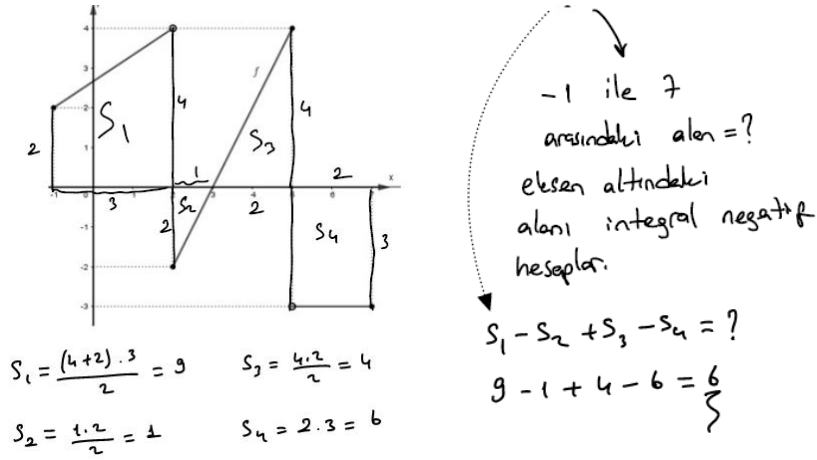
Ö13, Ö10 ve Ö51'in bu soruda verilen belirli integrali x eksenini ile eğri altında ve eğri üstünde oluşan sınırlı bölgelerin alanlarından yararlanarak çözdüğü görülmektedir. x eksenini altında oluşan bölgelerin alanlarının belirli integralin ters işaretlisi olarak görebilmeleri ve işlemler ile bunu destekleyebilmeleri kavramsal ve işlemsel öğrenmelerini göstermektedir (Şekil 122, Şekil 123 & Şekil 124).



Şekil 122. Ö13'ün 17. soruya verdiği yanıt

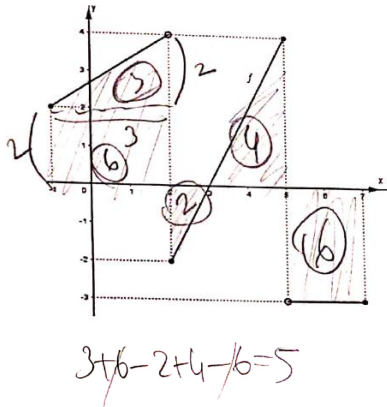
$$\begin{aligned} & \int_{-1}^2 f(x) dx + \int_2^5 f(x) dx + \int_5^7 f(x) dx \\ &= (2 - (-1)) \times (2 - 0) + \left(\frac{2 - (-1)}{2} \times (4 - 0) \right) \\ &+ \left[\left(\frac{(5-3)}{2} \times (4-0) \right) + \left(\frac{(3-2)}{2} \times (-2-0) \right) \right] \\ &+ (-3 - 0) \times (7 - 5) \\ &= (6 + 3) + (4 - 1) - 6 \\ &= 6 \end{aligned}$$

Şekil 123. Ö10'un 17. soruya verdiği yanıt

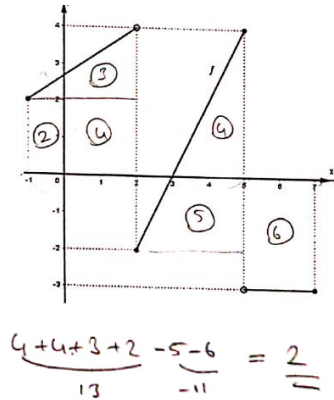


Şekil 124. Ö51'in 17. soruya verdiği yanıt

Ö7 ve Ö25 belirli integrali çözebilmek için soruda verilen fonksiyonun grafiğinde x eksenine eğri altında ve üstünde kalan bölgelerin alanlarından yararlanmak istemişlerdir. Fakat Ö7'nin geometrik alan hesaplaması yaparken aritmetik hata yapması doğru sonuca ulaşmasını engellemiştir (Şekil 125). Ö25 ise belirli integral ile alan arasındaki ilişkiyi yeteri kadar kavrayamamış olmalıdır ki yanlış bölgeler için işlem yapmıştır (Şekil 126). Dolayısıyla ile işlemsel ve kavramsal bilgisinin yeterli düzeyde olduğu söylenememektedir.



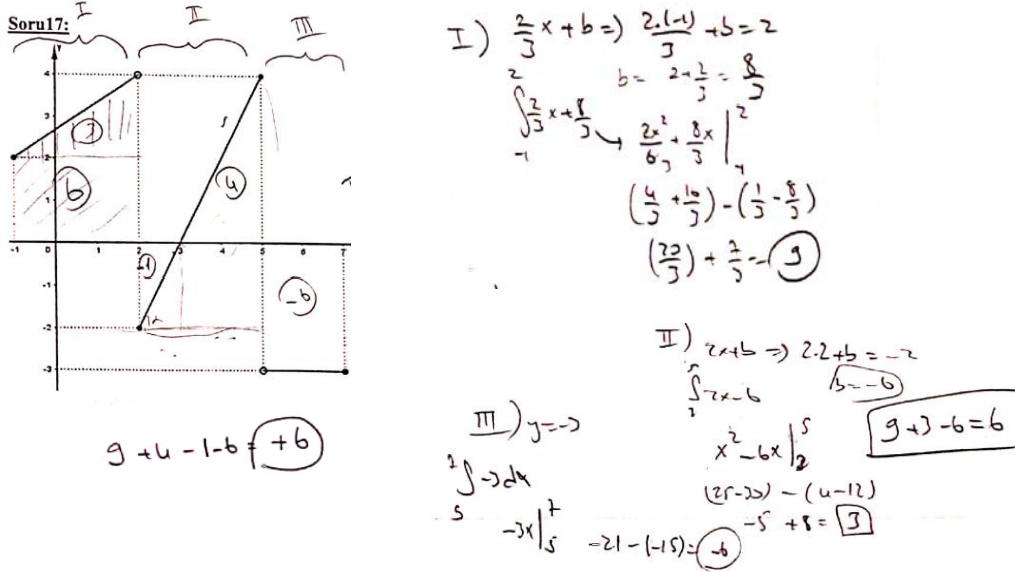
Şekil 125. Ö7'nin 17. soruya verdiği yanıt



Şekil 126. Ö25'in 17. soruya verdiği yanıt

Ö23 bu soruda iki yöntem kullanarak doğru yanıtı ulaşmıştır. İlk yöntem de belirli integrali x eksenine eğri altında ve eğri üstünde oluşan sınırlı bölgelerin alanlarından

yararlanarak çözdüğü görülmektedir. İkinci yöntem de ise $f(x)$ fonksiyonunu parçalayarak oluşan doğru denklemlerini oluşturduğu ve belirli integrali çözdüğü görülmektedir (Şekil 127). İki yöntem ile doğru sonuca ulaşması kavramsal bilgi yönünden yeterli olduğunu desteklerken yapılan prosedürel işlemler ile doğru sonuca ulaşarak işlemsel bilgi birikiminin yeterliliğini desteklemektedir.



Şekil 127. Ö23'ün 17. soruya verdiği yanıt

Ö24 ve Ö34 bu soruda belirli integrali yanlış parçalamışlardır. Ö24 belirli integral ile alan arasındaki ilişkiyi doğru kuramamıştır ve bu iki kavramı birbirini yerine kullanmaya çalışmıştır (Şekil 128 & Şekil 129). Ö24 bu kavramsal bilgi eksikliğinden ötürü doğru sonuca ulaşamazken Ö34 ise sorunun yanıtını yarım bırakmıştır, bu durum ise işlemsel öğrenmede yeterli olmadığını göstermektedir.

$$\int_{-1}^7 f(x) dx = \int_{-1}^2 f(x) dx + \int_2^3 f(x) dx + \int_3^5 f(x) dx + \int_5^7 f(x) dx = 9 - 1 + 4 - 6 = 6$$

Şekil 128. Ö24'ün 17. soruya verdiği yanıt

$$\int_{-1}^7 f(x) dx = \int_{-1}^2 f(x) dx + \int_2^5 f(x) dx - \int_5^7 f(x) dx = \int_{-1}^2 f(x) dx - \int_2^3 f(x) dx + \int_3^5 f(x) dx - \int_5^7 f(x) dx$$

Şekil 129. Ö34'ün 17. soruya verdiği yanıt

Genel anlamda bu soruya ait cevaplar incelendiğinde öğrenciler tarafından anlaşıldığı fakat öğrencilerin bir takım kavramsal bilgi eksiklikleri ve dikkatsizlikleri sonucu ortaya çıkan işlemsel bilgilerindeki yetersizlikten ötürü doğru yanıtlara ulaşamadıkları görülmektedir.

Mühendis Adayı Öğrencileri ile İntegral Konusu Hakkında Yapılan Yarı Yapılandırılmış Görüşme Bulguları

Mühendis adayı öğrencilerinin İntegral kavramı ile ilgili görüşlerini, bilgilerini, tutum ve düşüncelerini anlayabilmek için, İntegral Testine vermiş oldukları cevapları daha sağlıklı değerlendirebilmek amacı ile öğrencilerle sözlü mülakat yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda öğrencilere 5 soru sorulmuş olup öğrencilerin cevapları yazılı olarak kaydedilmiştir.

Soru 1: İntegral kavramı sizin için ne ifade etmektedir? Size bir şey çağırıştırıyor mu?

Bu soruya verilen yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin integral kavramını, genel anlamda belirli bir şekle sahip olmayan şekillerin alan ve hacimlerini hesaplamaya yarayan bir kavram olarak tanımladığı belirlenmiştir. Bu sorudan elde edilen cevaplardan bazıları aşağıda paylaşılmıştır.

Ö19: “Günlük hayatta kare, dikdörtgen gibi düzgün cisimlerin alanını hesaplayabiliyorken düzgün olmayan bir cisim veya herhangi bir şeyin alanını hesaplayamayız. İntegral kavramı da bu düzgün olmayan cisimlerin de alanını bulabileceğimizi hatırlatıyor. Mesela x^2 fonksiyonunu düşünecek olursak fonksiyonun $x = 0$ ve $x = 2$ doğruları arasında kalan alanı bulmak için önce iki eş dikdörtgen seçelim. İstenilen alan bu iki dikdörtgenin alanları toplamından büyük olacaktır. Dikdörtgen sayısını 6’ya çıkarırsak alanlar toplamı istediğimiz alana daha da yaklaşacaktır. Yani böldüğümüz dikdörtgen sayısını arttırdıkça doğruluk payı artacak ve sonsuz sayıda dikdörtgene bölersek de sonuç tam çıkacaktır. İntegralin asıl hesaplama mantığı da böyledir.”

Ö15: “İntegral kavramı herhangi bir şeyin alanını veya herhangi bir cismin hacmini hesaplamaya yarayan bir fonksiyonu ifade ediyor.”

Ö51: “İntegral bana belirli bir fonksiyona dair tüm alan ve hacim işlemlerinin en ince ayrıntısına kadar toplayabilen bir toplam sembolünü ifade ediyor. Hiç bilmediğim bambaşka şekillerde grafiklerin alanlarını bulabilen hatta üç boyutlu uzayda belirli grafikler altındaki hacmi bulabilecek kadar güçlü bir kavramı ifade ediyor.”

Soru 2: Öğretim hayatınızda integral kavramının öğretilmesinin gerekliliği konusunda ne düşünüyorsunuz? Açıklayınız.

Yapılan görüşmeler sonucunda öğrencilerin fikirlerinin integral konusunun öğretilmesi ve öğrenilmesi hakkında iki grupta yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Bunlardan ilki çoğunlukla integral kavramının gerekli olduğu yönündeki fikirlerden oluşmaktadır. Fakat gerekli olduğu halde belirli alanlarda uzmanlaşacak kişilerin, ihtiyaçlar doğrultusunda öğrenmelerinin daha anlamlı olduğu ise bir diğer fikir olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sorudan elde edilen cevaplardan bazıları aşağıda paylaşılmıştır.

Ö25: *“Temel integral üniversite öğrencisi için gereklidir. İleri düzeyde olanı sadece alanı matematik olan kişiler için gerekli görüyorum, onları ilgilendirir.”*

Ö55: *“Mühendislik eğitimi alan herkesin çok basit bir şekilde integral kavramını öğrenmesi gerekir ama orta ve üst düzey eğitimin sadece üniversitelerde, mesleki ihtiyaca göre verilmesi gerekmektedir.”*

Ö15: *“Evet gereklidir. Matematiğin her alanı gereklidir. Fakat uygun kişilere olduğu sürece. İlgisi olmayan veya istemeyen bir öğrenci için zulüm olabilir. Fakat fen bilimlerinde, mühendislik alanında ilerlemek isteyen bir öğrenci için ise olmazsa olmaz diyebiliriz.”*

Ö51: *“Elbette, çünkü limit kavramını bu kadar iyi biçimde kullanan başka bir kavram olduğunu düşünmüyorum. Integral de hacim ve alan bilgisinin üç boyutlu olarak düşüncesinin verdiği hayal gücü bile yeteri kadar büyük bir katkıdır ki bambaşka alanlarda da kullanılıyor.”*

Soru 3: İntegral gerçek hayatta hangi durumlarda kullanılabilir? Siz kullanacağınızı düşünüyor musunuz? Neden?

Bu soruya verilen yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin integral kavramını gündelik hayattan bazı kavramlar ile ilişkilendirdikleri görülmektedir. Ayrıca integrali sadece bir matematik dersine ait konu olarak görmedikleri, fizik, olasılık ve istatistik, mühendislik alanları ile de ilişkilendirildiği ve bu alanlarda da kullanım alanına sahip olduğu yönünde fikirlere de ulaşılmaktadır. Bu sorudan elde edilen cevaplardan bazıları aşağıda paylaşılmıştır.

Ö25: *“Fizikte birçok yerde integral kullanırız. Örneğin iki ya da üç boyutlu iletken cisimlerin etrafında oluşturduğu elektrik alanını bulurken integralden yararlanırız. Ama ben kağıt üzerinde olmadıkça, dersler haricinde kullanacağımı düşünmüyorum.”*

Ö20: *“İntegral bana göre aslında hayatımızın her yerindedir. Borsadan elimdeki şişeye, yazdığım kalemde her şeye integral kullanılmıştır. Mesleğim gereği bazı mühendislik uygulamalarında gerektiğinde kullanırım.”*

Ö19: *“İntegral gerçek hayatta birçok yerde kullanılmaktadır. Sadece matematik dersinde değil örnek vermek gerekirse yelkenli teknenin yelkeninin alanını integral yardımı ile hesaplayabiliriz. Mesela düzgün olmayan bir telin yük dağılımını veya sonsuz uzunluktaki*

bir telin yük dağılımını, belirli uzaklıktaki elektrik alanını yine integralden hesaplayabiliriz.”

Ö55: *“İntegral gerçek hayatta birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlara olasılık, alan hesapları, ulaşım gibi konular dahildir. Bu sebeple gerçek hayatta da kullanacağımı düşünüyorum.”*

Soru 4: İntegral ile türev arasında bir ilişki var mıdır? Açıklayınız.

Bu soruya verilen yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin türev ile integralin birbirinin tersi olan iki kavram olduğu bilgilerine ulaşılmaktadır. Bunun haricinde türevin bir değişim, integralin ise bu değişimlerin toplamı olduğu bilgisine sahip öğrencilerin bulunduğu da dikkat çekmektedir. Bu sorudan elde edilen cevaplardan bazıları aşağıda paylaşılmıştır.

Ö20: *“Türev ve integralin sıralamasını yapacak olursam eğer ilk olarak integral doğmuştur. İntegral de türevi doğurmuştur. Türev anlık değişimdir, integral ise anlık değişimler toplamıdır.”*

Ö44: *“Türev bir zaman aralığındaki değişim miktarı, integral ise belli bir aralıktaki toplam değişimdir. Onun için integral de alan ve hacim hesabı yapılabiliyor.”*

Ö55: *“Türev bir fonksiyonun başka bir fonksiyona göre değişimini ifade ederken, integral ise bir fonksiyonun başka bir fonksiyonun sonsuz küçük değeri ile çarpıldığında alacağı değeri ifade eder. Görülebileceği gibi hem integral hem de türev bir fonksiyonun başka bir fonksiyon ile ilişkisini ifade etmektedir. Bu nedenle, bu iki terim arasında bir ilişki olduğu düşünülebilir. Eğer bir fonksiyonun aynı bağımsız değişkene göre türevinin integrali alınırsa fonksiyonun kendisi elde edilecektir.”*

Soru 5: Bir cismin başlangıç hızı 20 m/sn ve ivme denklemi $\alpha(t) = 3t^2 - 4t + 6$ ise $t = 3$ için anlık hızı bulunuz.

Bu soruya verilen yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin hız ve ivme denklemleri arasındaki ilişkinin, dolayısıyla türev ve integral arasındaki ilişkinin farkında oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Fakat öğrencilerin bilgilerini kullanabildikleri halde işlemsel hatalardan dolayı yanlış sonuçlara ulaştıkları da belirlenmiştir. Burada dikkat dağınıklığı, aritmetik işlemlerde yapılan hatalar, soruyu basit algıladıkları için hafife alma gibi nedenlerden dolayı işlemsel hatalara düştükleri yapılan görüşmeler sonucu elde edilen bulgular arasında yer almaktadır. Bu sorudan elde edilen cevaplardan bazıları aşağıda paylaşılmıştır.

Ö20: $\int (3t^2 - 4t + 6)dt = t^3 - 2t^2 + 6t + c$ başlangıç hızı için $\Rightarrow 0 - 0 + 0 + c = 20$
 $\Rightarrow c = 20$ olur.

$\vartheta(t) = t^3 - 2t^2 + 6t + 20$ dir. $t = 3$ için $\vartheta(3) = 27 - 6 + 18 + 20 = 59 \text{ m/sn}$

Ö19: “ $\vartheta(t) = \int \alpha(t) dt = t^3 - 2t^2 + 6t + c$ olur. $\vartheta(0) = 0 - 0 + 0 + c = 20$ dolayısı ile $c = 20$ 'dir. $\vartheta(t) = t^3 - 2t^2 + 6t + 20$ olup $\vartheta(3) = 27 - 18 + 18 + 20 = 57$ m/sn olur.”

Ö44: “ $\alpha(t) = \vartheta'(t)$ dir. Çünkü hızdaki anlık değişim bize ivmeyi verir. Gerekli işlemler yapıldığında $\vartheta(t) = t^3 - 2t^2 + 6t + 20$ olur $\Rightarrow \vartheta(3) = 27 - 18 + 18 + 20 = 47$ m/sn”

Ö51: “ $\int a(t) dt = \int (3t^2 - 4t + 6)dt \Rightarrow$ başlangıç hızı demek $t = 0$ anındaki hızı demek. Dolayısı ile integral çözüldüğünde elde edilen sabit sayısı $c = 20$ olacaktır.

$\vartheta(t) = t^3 - 2t^2 + 6t + 20$ hız denklemi için 3. saniyedeki anlık hız $\vartheta(3) = 47$ m/sn olur.”

BÖLÜM V

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, mühendis adayı öğrencilerinin integral konusundaki kavramsal ve işlemsel bilgileri performansları açısından ve çözüm süreçlerinin karakteristiğini betimsel olarak incelemeyi hedefleyen bu araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda tartışma, sonuç ve öneriler yer almaktadır.

Tartışma

Mühendis adayı öğrencilerinin integral konusundaki performansları ve integral problemlerini çözüm süreçlerinin karakteristiği olmak üzere iki bölümde incelenecektir.

Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Konusundaki Performansları

Bu araştırmada mühendis adayı öğrencilerin en düşük performansı yaratma ve değerlendirme basamaklarında gösterdikleri belirlenmiştir. Bu noktada en dikkat çekici durum ise hiçbir öğrenci tarafından bu basamakları ölçen sorulara doğru yanıt verilememiş olmasıdır. Bu durum öğrencilerin lisans seviyesinde aldıkları matematik eğitimlerinde integral konusunda yeterli düzeyde değerlendirme ve yaratma basamağına ait soru ile karşılaşp karşılaşmadıklarının sorgulanması gereken bir durum olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca hatırlama basamağından, uygulama basamağına doğru zihinsel sürecin düzeyleri artarken öğrencilerin performanslarının da arttığı görülmektedir. Fakat uygulama basamağından analiz etme basamağına performansın düştüğü belirlenmiştir. Bu sonuç Dursun ve Aydın-Parim (2014)'in YGS ve 9.sınıf matematik sınav sorularının

karşılaştırmasını yaptığı çalışmanın ağırlıklı olarak uygulama basamağına ait sorularda yoğunlaşmış olması sonucunu ile uyuşmaktadır. Ayrıca Toğrul (2014)'un örneklemini lise öğrencilerinin oluşturduğu benzer bir çalışmada EBOB-EKOK konusunda öğrencilerin bilişsel süreç boyutunun basamaklarının ilerledikçe performanslarının düşmesi sonucu ile uyuşurken analiz basamağının üstünde bulunan değerlendirme basamağına ait sorularda performansın analiz basamağına göre daha yüksek çıkması sonuçları ile çeliştiği belirlenmiştir. Bu çalışmada Bloom'un bilişsel süreç boyutu performansı bakımından en başarılı mühendislik bölümü havacılık ve uzay mühendisliği olmuştur. Bunu sırası ile elektrik-elektronik mühendisliği ile gemi inşaatı ve gemi makineleri mühendisliği takip etmektedir. En düşük performansı diğer mühendislik bölümü öğrencileri sergilemiştir.

Hatırlama basamağına ait sorunun şıklı olması sebebi ile mühendis adayı öğrencileri tarafından doğru yanıt oranında farklılıklar mevcuttur. Başka bir ifade ile bu basamaktaki tüm soruları aynı anda doğru yapan öğrenci oranı %16 iken kısmi yanıt oranı %72 olarak hesaplanmıştır. Bu durum öğrencilerin, bir fonksiyonun herhangi bir aralıkta integrallenebilir olma koşulları ile ilgili bilgilerinin tam olmadığını ortaya koyarken kendi içinde bu koşullara yönelik bilgilerin genel anlamda yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu basamakta en düşük performansı hiç doğru yanıt veremeyerek bilgisayar mühendisliği öğrencileri göstermiştir. Bu duruma karşılık bilgisayar mühendisliği öğrencilerinin hatırlama basamağında en yüksek kısmi doğru yanıtı veren grup olması bakımından dikkat çekmektedir. Bütün mühendislik grupları arasında boş yanıtı rastlanmayan tek soru ve yanlış yanıt oranının en düşük olduğu soru bu basamağa aittir. Bu sonuçlar öğrencilerin hatırlama basamağına ait birtakım bilgilere sahip olduğunu gösterirken eksik ve yanlış bilgilerin tamamlanması ve düzeltilmesi gerektiği fikrini de desteklemektedir.

Mühendis adayı öğrencilerinin anlama basamağı performansları hatırlama basamağı performanslarına göre daha yüksektir. Bu basamakta havacılık ve uzay mühendisliği grubundaki öğrenciler en iyi performansı gösterirken en düşük performans ise bilgisayar mühendisliği bölümü öğrencileri tarafından sergilenmiştir.

Mühendis adayı öğrencilerinin uygulama basamağındaki performans düzeyleri hatırlama ve anlama basamaklarına göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Hatta genel anlamda en yüksek performans bu basamakta sergilenmiştir. Dolayısı ile öğrencilerin var olan bilgilerini kullanabilmeleri bakımından başarılı oldukları söylenebilir. Mühendislik grupları arasında en düşük performans diğer mühendislik öğrenci grubu tarafından

gösterilmiştir. Sırası ile havacılık ve uzay mühendisliği ile elektrik elektronik mühendisliği öğrencileri başta olmak üzere diğer grupların yakın düzeyde performansları söz konusudur.

Bloom Taksonomisinin üst düzey bilişsel öğrenme grubunun ilk düzeyi olan analiz basamağında mühendis adayı öğrencilerinin bir önceki basamaklara göre daha düşük performans sergiledikleri belirlenmiştir. Mühendislik grupları arasında bu basamaktaki en düşük performansı diğer mühendislik bölümü öğrencileri göstermiştir. Makine, bilgisayar, gemi inşaatı ve gemi makineleri, havacılık ve uzay mühendisliği bölümleri performansları birbirine en yakın olanlardır.

Mühendis adayı öğrencileri hiç doğru yanıt vermeyerek en düşük performanslardan birini değerlendirme basamağında göstermişlerdir. Dolayısı ile bölümlerin kendi arasındaki performanslarını karşılaştırabilmek için kısmi doğru yanıt oranları dikkate alınmıştır. En düşük kısmi performans bilgisayar mühendisliği bölümü öğrencileri tarafından gösterilirken kısmi performansın en yüksek olduğu bölüm ise gemi inşaatı ve gemi makineleri mühendisliği ile makine mühendisliği olarak belirlenmiştir.

En düşük performanslardan bir diğeri ise yaratma basamağına aittir. En çok yanlış yanıt oranı havacılık ve uzay mühendisliği bölümü öğrencileri tarafından verilmiş olup dikkat çekmektedir. Yine bölümlerin kendi arasında performanslarını değerlendirmek amacı ile kısmi yanıt oranları dikkate alınmıştır. Bu basamakta en yüksek kısmi performans elektrik elektronik mühendisliği öğrencileri tarafından oluşturulmuştur. En düşük kısmi performans ise bilgisayar mühendisliği öğrencileri tarafından oluşturulmuştur. Ayrıca mühendis adayı öğrencilerinin Bloom Taksonomisinin üst düzey bilişsel öğrenme basamakları olan analiz, değerlendirme ve yaratma basamaklarında düşük performans sergilemeleri üst düzey öğrenmelerde yeterli olmadıklarını göstermektedir. Bu durum Aktan (2020)'in ilköğretim matematik öğretim programının içerdiği kazanımların taksonomik seviyesini tespit etmek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmasında öğretim programının alt düzey bilişsel basamaklarında yoğunlaştığı ve üst düzey bilişsel basamaklarda yetersiz olduğu sonucunu destekler niteliktedir.

Mühendis adayı öğrencileri kavramsal ve işlemsel bilgi birikimleri bakımından incelendiğinde en yüksek performansı kavramsal bilgiye yönelik sorularda gösterdikleri en düşük performansı ise işlemsel bilgiye yönelik sorularda gösterdikleri belirlenmiştir. Fakat mühendis adayı öğrencilerinin yine de yeterli bir düzeyde bilgiye sahip oldukları söylenemez. Bu bulgular Mahir (2009)'in matematik bölümü öğrencilerinin integral

konusundaki kavramsal ve işlemsel bilgilerini ölçmeye yönelik çalışmasındaki sonuç ile uyushmaktadır. Birgin ve Gürbüz (2009)'ün ortaokul öğrencilerinin rasyonel sayılar konusundaki kavramsal ve işlemsel bilgilerini ölçmek istediğı çalışmalarda öğrencilerin işlemsel bilgilerine ait performansın kavramsal bilgilerine ait performanstan daha iyi olduğu bulgusu ile çelişirken iki bilgi türünde de yeterli düzeyde bilgiye sahip olmadıkları sonucu ile uyushmaktadır. Tekin (2008)'in lise öğrencilerinin logaritma fonksiyonu konusundaki kavramsal ve işlemsel bilgilerini araştırdığı çalışmasından öğrencilerin işlemsel bilgilerinin yeterli olduğu fakat kavramsal bilgilerinin yeterli olmadığı sonucu yine bu çalışmadan elde edilen bulguların değerlendirmesi ile çelişmektedir. Kavramsal ve işlemsel bilginin aynı anda yoklandığı sorulardaki performansın kavramsal bilgiye yönelik sorulardakine çok yakın olduğu görölmektedir. Öğrencilerin kavramsal bilgi gerektiren sorulara cevap vermekten çekinmediğı görölürken işlemsel bilgi gerektiren sorularda ise cevap vermemeyi daha çok tercih ettikleri tespit edilmiştir. Bergsten vd. (2017)'nin mühendislik eğitimi müfredatındaki matematiksel çalışmanın işlemsel ve kavramsal boyutlarının, mühendislerin eğitim ve uygulamalarında nasıl kullanılabileceğini anlamaya yönelik yaptıkları çalışmanın mühendislik konuları ve mühendislik tasarımları bağlamında kavramsal matematiksel yaklaşımın işlemsel yaklaşımdan daha önemli olduğu sonucunu destekler nitelikte görölmektedir. Fakat bu iki bilgi türünün dengelenmesi ile öğrenmelerin daha kalıcı ve daha anlamlı olacağını unutmamak gerekir (Aydın, 2015).

Mühendislik bölümlerine göre performans değerlendirmesi yapıldığında en düşük performansı diğer mühendislik bölümündeki öğrenciler göstermiştir. En iyi performans ise sırası ile havacılık ve uzay mühendisliği ve elektrik elektronik mühendisliği bölümündeki öğrenciler tarafından oluşturulmuştur. Endüstri mühendisliği öğrencileri Bloom Taksonomisine göre en iyi performansı sırası ile anlama ve uygulama basamaklarında göstermişlerdir. Kavramsal-işlemsel bilgileri açısından en düşük performansı işlemsel bilgi gerektiren sorularda sergilemişlerdir. Ayrıca tüm mühendislik grupları arasında işlemsel bilgi türünde performansı en düşük bölümdür. En iyi performans ise kavramsal ve işlemsel bilgiyi aynı anda kullanmayı gerektiren sorularda göstermişlerdir.

Bilgisayar mühendisliği öğrencileri Bloom Taksonomisine göre en iyi performansı sırası ile uygulama ve analiz etme basamaklarında göstermişlerdir. Tüm bölümler arasında hatırlama ve anlama basamağına ait en düşük performansı bilgisayar mühendisliği bölümü öğrencileri göstermiştir. Kavramsal-işlemsel bilgileri açısından en yüksek performansı

kavramsal ve işlemsel bilgi gerektiren sorularda sergilemişlerdir. Bilgisayar mühendisliği öğrencilerinin daha düşük performansla işlemsel bilgi gerektiren ve kavramsal bilgi gerektiren sorulardaki başarılarının birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kavramsal bilgi gerektiren sorulardaki en düşük performansa sahip iki bölümden biridir.

Makine mühendisliği öğrencileri Bloom Taksonomisine göre en iyi performansı sırası ile uygulama ve anlama basamaklarında göstermişlerdir. Kavramsal-işlemsel bilgileri açısından en yüksek performansı kavramsal bilgi gerektiren sorularda sergilerken en düşük performansı ise işlemsel bilgi gerektiren sorularda göstermişlerdir.

Elektrik-elektronik mühendisliği öğrencileri Bloom Taksonomisine göre en iyi performansı sırası ile uygulama ve anlama basamaklarında gösterdikleri belirlenmiştir. Ayrıca uygulama basamağında en iyi performansı gösteren ikinci gruptur. Kavramsal-işlemsel bilgileri açısından, kavramsal bilgi gerektiren ve kavramsal-işlemsel bilginin her ikisini de gerektiren sorularda birbirine çok yakın olmakla beraber en yüksek performansı sergilemişlerdir. İşlemsel bilgi gerektiren sorularda daha düşük performans gösterdikleri belirlenmiştir. Ayrıca kavramsal ve işlemsel bilgi türlerinin ikisini de ölçmeye yönelik hazırlanan sorularda mühendislik bölümleri arasında en yüksek iki performanstan biridir.

Gemi inşaatı ve gemi makinaları mühendisliği öğrencileri Bloom Taksonomisine göre en iyi performansı sırası ile hatırlama ve uygulama basamaklarında sergilemişlerdir. Ayrıca hatırlama basamağına ait en yüksek performansı gösteren öğrenci grubudur. Kavramsal-işlemsel bilgileri açısından en iyi performansı kavramsal bilgi gerektiren sorularda gösterirken en düşük performansı işlemsel bilgi gerektiren sorularda göstermiştir.

Mühendislik bölümleri arasında en iyi performansa sahip olan havacılık ve uzay mühendisliği grubunun Bloom Taksonomisine göre en iyi performansı sırası ile anlama ve uygulama basamaklarında sergiledikleri belirlenmiştir. Ayrıca anlama ve uygulama basamağında en yüksek performansa sahip olan mühendislik bölümü olarak ifade edilebilir. Kavramsal-işlemsel bilgileri açısından en iyi performansı gösteren mühendislik grubudur. Bu bilgi türlerindeki performans ortalamaları yakın olmakla beraber en iyi performansı kavramsal bilgi gerektiren sorularda gösterdikleri belirlenmiştir.

Diğer mühendislik bölümü öğrencileri tüm mühendislik grupları arasında performansı en düşük grup olarak belirlenmiştir. Bu öğrenci grubunun Bloom Taksonomisine göre en iyi performansları yeterli düzeyde olmamakla beraber hatırlama, anlama ve uygulama basamaklarına aittir. Ayrıca uygulama ve analiz etme basamaklarında en düşük

performansa sahip gruptur. Kavramsal-işlemsel bilgileri açısından en iyi performansı yeterli düzeyde olmamakla beraber kavramsal bilgi gerektiren sorularda gösterdiği tespit edilmiştir.

Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Problemlerinin Çözüm Süreçlerinin Karakteristiği

Bu bölümde mühendis adayı öğrencilerinin integral problemleri çözüm süreçleri Bloom Taksonomisi ve kavramsal-işlemsel bilgi açısından elde edilen bulgular doğrultusunda tartışılarak ortaya konulacaktır.

Mühendis Adayı Öğrencilerinin Bloom Taksonomisine Göre İntegral Problemleri Çözüm Süreçlerinin Karakteristiği

İntegral Testinde, mühendis adayı öğrencilerinden kendi içerisinde 5 boşluk doldurma sorusundan oluşan ve hatırlama basamağına ait sorunun yanıtlanması istenmiştir. Hatırlama basamağına ait bu soru bir fonksiyonun integrallenebilir olması ile ilgili birtakım koşullara ait bilgilerin öğrenciler tarafından özümzenip özümzenmediği veya hatırlanıp hatırlanmadığını ölçmek istemektedir. Mühendis adayı öğrencilerinin kapalı aralıkta tanımlanan bir fonksiyonun integrallenebilir olması için o fonksiyonun tanımlı, sürekli ve türevlenebilir olması gerektiği bilgisine genel anlamda sahip oldukları belirlenmiştir. Ayrıca fonksiyonun pozitif olması ile integrallenebilir olması arasında bir ilişki olmadığı öğrenciler tarafından genel anlamda bilinmektedir. Fakat bir fonksiyonun integrallenebilir olması ile sınırlı olması gerektiği arasındaki ilişki çok iyi kurulamamaktadır. Genel anlamda ise tanıma, hatırlama, farkına varma gibi becerilere sahip oldukları söylenebilir.

Mühendis adayı öğrencilerinin integral testindeki anlama basamağına ait problemlerin çözüm sürecinde analizin temel teoremine genel anlamda hakim olamadıkları, belirli integralin cebirsel olarak yazılamadığı dikkat çekmektedir. Dolayısı ile tanımlama, açıklama becerilerinde yeterli olmadıkları söylenebilir. Bunlara ilave olarak belirli bir aralıktaki bir fonksiyonun integralinden elde edilen değer ile Riemann toplamını etkileyen faktörler arasında ilişki kurabildikleri görülmüştür. Alt aralıkların genişliğinin artması, alt ve üst toplam farkının azalması ve parçalanış sayısının artması gibi unsurların belirli

integral ile elde edilen değere yaklaşma sürecinde hatayı nasıl etkilediği bilgisine genel anlamda sahip oldukları görülmüştür. Bu değerlendirmeler sonucunda ise kıyaslama, yorumlama gibi becerilerde yeterli oldukları ifade edilebilir.

Mühendis adayı öğrencilerinin integral testindeki uygulama basamağındaki sorulara vermiş oldukları yanıtlar genel anlamda incelendiğinde, eğri altında kalan sınırlı bölgelerin alanlarını belirli integral yardımı ile hesaplayabilecekleri bilgisine sahip oldukları görülmüştür. Fakat bu bilgiyi ölçen farklı tipteki sorulara aynı düzeyde doğru yanıt verememişlerdir. Bunun sebepleri şu şekilde sıralanabilir; bazı sorularda x eksenı altında kalan bölgenin alanı ile belirli integralin işareti arasındaki ilişkiye hakim olamamaları, yardımcı şekillerden yararlanmaları gereken soru tiplerinde grafik çizimini yanlış yapmaları ya da istenilen sınırlı bölgenin yanlış ifade edilmesi ve bazı aritmetik hataların varlığı. Uygulama basamağında ölçülmek istenilen bir diğer kavram ise belirsiz integral olmuştur. Belirsiz integrallerin çözümü için öğrenciler tarafından gerekli değişken değiştirme yöntemleri uygulanabilmiştir fakat trigonometrik ifadelerle ait gerekli dönüşümlerin uygulanamaması, bir takım işlemsel ve mantıksal hatalardan kaynaklı olarak kısmi yanıtlar elde edilmiştir. Genel bir değerlendirme ile mühendis adayı öğrencilerinin bir durum, olay veya herhangi bir problem karşısında farklı yöntemlere başvurabilmesi ve bu yöntemleri kullanabilmeleri bakımından başarılı oldukları fakat aritmetik işlemlerde aynı başarıyı gösteremedikleri için sonuç odaklı doğru yanıtlara ulaşmakta zorluk çektikleri söylenebilir.

Mühendis adayı öğrencilerinin integral testindeki analiz basamağındaki sorulara vermiş oldukları yanıtlar genel anlamda incelendiğinde, belirli integrali çözebilmeleri için değişken değiştirme yöntemi kullanabildikleri, türev ve teğet doğru arasındaki ilişkiye hakim olabildikleri ve verilen bir bölgenin alanını farklı bir şekilde ifade edebildikleri görülmüştür. Bu durum öğrencilerin parçalar arasındaki ilişkileri ortaya koyabilme, ilişkilendirme yapabilme, organize edebilme gibi becerilere sahip olduğunu göstermektedir. Fakat aynı zamanda öğrencilerin verilen bir kuralı kullanmakta sorun yaşadığı, türevi verilen bir fonksiyonun grafiğinden yararlanarak fonksiyonda istenilen değeri bulmakta zorlandığı ve eğri altında ve üstünde parçalara ayrılan farklı bölgelerin alanları hakkında çözümleme yapmada çok yeterli olmadıkları görülmektedir. Bu durum öğrencilerin çözümleme yapma, parçaları birbirinden ayırt ederek çözümleme yapma, parçalarına ayırma gibi becerilerde yeterli olmadıklarını göstermektedir.

Mühendis adayı öğrencilerinin integral testindeki değerlendirme basamağındaki soruya vermiş oldukları yanıtlar genel anlamda incelendiğinde, öğrencilerin doğru olmayan fakat kısmen doğru sayılabilecek cevaplar verdiği görülmekte olup geliştirdikleri bu yöntemler ile elde ettikleri verilere göre karar vermeye çalıştıkları görülmüştür. Burada öğrencilerin Riemann Toplamını gerçek hayat problemine uyarlamadıkları tespit edilmiştir. Benzer şekillerin alanlarından yararlanarak problemin yanıtı hakkında değerlendirme yapmak istemişlerdir. Fakat yanıtı ulaşırken doğru yöntem ya da stratejilerin seçilememesi sebebi ile değer biçme, değerlendirme, karar verme gibi becerileri yeterli ölçüde gösteremedikleri ifade edilmektedir.

İntegral testindeki yaratma basamağındaki soruda öğrencilerin Riemann toplamı yardımı ile bir doğru ile eksenler arasında kalan bölge için, eğri altında kalan dikdörtgenlerin sonsuz tanesinin birleşmesi ile oluşacak bütünün alanı oluşturacağı fikrini ölçmeleri istenmiştir. Öğrencilerin büyük çoğunluğu tarafından Riemann Toplamının bilinmediği tespit edilmiştir. Fakat Riemann Toplamına ait kuralı bilen öğrencilerin bu bilgiyi kullanamamaları dikkat çekmektedir. Bu durum Riemann Toplamı ile alan hesabı için gerekli formülün mühendis adayı öğrencileri tarafından ezberlendiğini ve kavramsallaştırılmadığını ortaya koymaktadır. Dolayısı ile parçaları kullanarak bir bütün oluşturabilme, model oluşturabilme, formüle etme gibi becerilerde yeterli olmadıkları görülmektedir.

Mühendis Adayı Öğrencilerinin Kavramsal ve İşlemsel Bilgilerine Göre İntegral Problemleri Çözüm Süreçlerinin Karakteristiği

Mühendis adayı öğrencilerinin kavramsal-işlemsel bilgi gerektiren sorulardaki çözüm süreçleri incelendiğinde en yüksek performans kavramsal bilgiyi ölçen sorularda, en düşük performans ise işlemsel bilgiyi ölçen sorularda gözlemlenmiştir. Bu durum Bekdemir (2012)'in yapmış olduğu çalışmanın sonuçları ile çelişmektedir. Kavramsal ve işlemsel bilgiyi aynı anda ölçen sorulardaki başarı oranı ise kavramsal bilgiyi ölçen sorulardakine çok yakın olarak belirlenmiştir. En çok yanıtı bırakılan soruların işlemsel bilgiyi yoklayan sorular olduğu görülmekte iken en fazla yanlış yanıtın ise kavramsal bilgiyi ölçen sorularda verildiği dikkat çekmektedir. Kısmi olarak en fazla yanıt alan sorular işlemsel bilgi gerektiren sorular olmuştur. İşlemsel bilgi gerektiren sorularda öğrencilerin hangi formülü ne için kullanmaları gerektiğini genel itibarı ile bildikleri söylenebilir. Fakat

işlemsel bilgi türünde kısmi yanıtın fazla, doğru yanıtın az olması dikkat çeken bir husustur. Bu durumun sebepleri öğrencilerin işlem hatasına veya mantıksal hatalara ya da dikkat dağınıklığına fazla düşmeleri olarak ifade edilebilir.

Bütün mühendislik grubundaki öğrencilerin sonuçları incelendiğinde kavramsal bilgi birikimlerinin işlemsel bilgi birikimlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Yine bütün mühendislik grubu öğrencilerinin işlemsel bilgiyi ölçen sorulara verdikleri doğru yanıtın, kavramsal ve işlemsel bilginin her ikisini de aynı anda ölçmeye yönelik sorulan sorulara verdikleri doğru yanıtlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu da bahsi geçen bu mühendislik grubu öğrencilerinin kavramsal bilgilerinin daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Bu durum Aydın (2015)'in çalışma sonucundaki kavramsal bilginin kazanılmış olmasının işlemsel bilgiyi etkilemesi ve işlemsel bilginin kazanılmış olmasının kavramsal bilgiye hiçbir etkisinin olmaması görüşlerini destekler nitelikte görülmektedir. Ayrıca öğrencilerin kavramsal ve işlemsel bilgi gerektiren sorularda farklı tipteki çözüm yöntemlerine başvurdukları, standart ve kalıplaşmış olmayan farklı yanıtlar verdikleri görülmüştür. Bu da örneklem içinde işlem ve kavram bilgisi arasındaki ilişkiyi kavrayabilmiş, bu ilişkinin dengesini kurabilmiş öğrencilerin varlığını işaret etmektedir.

Ayrıca en çok yanıtsız bırakılan soruların işlemsel bilgi gerektiren sorular olduğu bulgusu ile öğrencilerin formül ve kuralları öğrenebilme ve bunları gerektiği durumlarda uygulayabilme gibi becerilere sahip olamadıklarını, sayısal ifadeler için içine girdiği zaman çekimser bir tavır aldıkları değerlendirilmektedir. Bu da var olan kavramsal bilgilerini de kullanabilmelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Dolayısı ile işlemsel ve kavramsal bilginin dengesinin iyi kurulması gerektiği fikri desteklenmektedir.

Sonuçlar

Bu bölümde araştırmanın amacı doğrultusunda elde edilen bulgular ve tartışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar açıklanmaya çalışılmıştır.

Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Konusundaki Performanslarının Bloom Taksonomisine ve Kavramsal-İşlemsel Bilgilerine Göre Sonuçları

Mühendis adayı öğrencilerinin integral konusundaki performansları için düşük ve yüksek performanslı gruplardan bahsetmek daha doğru olacaktır. Ortalama başarı ile en iyi

performans gösteren mühendislik grupları sırası ile havacılık ve uzay mühendisliği, elektrik-elektronik mühendisliği, gemi inşaatı ve gemi makinaları mühendisliğidir. Ortalamanın altında başarı göstererek en düşük performansı sergileyen mühendislik grupları sırası ile diğer mühendislik bölümü ve bilgisayar bölümü öğrencilerinden oluşmaktadır.

Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Konusunda Bloom Taksonomisine Göre Performansları

Mühendis adayı öğrencilerinin İntegral Testinde Bloom Taksonomisine göre en iyi performansı, hatırlama ve anlama basamakları daha alt basamak olmasına rağmen üst basamakta yer alan uygulama basamağında gösterdikleri tespit edilmiştir. En düşük performans ise değerlendirme ve yaratma basamaklarına aittir. Analiz basamağı ise tüm mühendislik grupları içinde performans açısından en dengeli dağılım gösteren basamak olmuştur.

Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Konusunda Kavramsal-İşlemsel Bilgilerine Göre Performansları

Mühendis adayı öğrencilerinin İntegral Testinde kavramsal-işlemsel bilgilerine göre en iyi performansı kavramsal bilgiyi ölçen sorularda gösterdiği görülmüştür. Bunu kavramsal ve işlemsel bilgiyi aynı anda ölçen sorular takip etmiştir. En düşük performansı ise işlemsel bilgiyi ölçen sorularda göstermişlerdir. Öğrencilerin problemlerde verilen bilgilerle cebirsel olarak doğru denklem kuramadıkları, kurdukları denklemleri ise uygun işlemsel adımlarla ilerleterek çözümü doğru bir şekilde tamamlayamadıkları belirlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin matematiksel bağıntı, formül ve kuralları ezberleyerek bilgi düzeyinde öğrendikleri için bu bilgileri kullanmaları gereken durumlarda hatırlayamama, yanlış ifade etme gibi bir takım sorunlarla karşılaştıkları tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak en fazla oranda yanıtı bırakılan soruların işlemsel bilgi gerektiren sorular olması ise öğrencilerin bu bilgi türünde kendilerine daha az güvendiklerini ortaya koymaktadır. Öğrencilerin kavramsal bilgi bakımından işlemsel bilgiye göre daha iyi performans sergilemelerine rağmen, işlemsel ve kavramsal bilgiyi aynı anda gerektiren sorularda bu bilgilerini kullanmakta sorun yaşadıkları görülmüştür. Bu da kavramları taşıdıkları anlamlar ile

ilişkilendirebildikleri halde cebirsel bilgi eksikliklerinin olması ya da ezber yolu ile öğrenmelerin gerçekleşmesi gibi bir takım problemleri doğurmaktadır.

Mühendis Adayı Öğrencilerinin İntegral Konusundaki Fikir ve İnançları

Bu bölümde öğrencilerle yapılmış olan yarı yapılandırılmış görüşmeden elde edilen veriler, integral testinden elde edilen bulgularla desteklenerek ortaya çıkan sonuçlar ifade edilmeye çalışılmıştır.

Öğrencilerle yapılan görüşmelerle integral kavramı hakkında bir takım kavramsal bilgiye sahip oldukları belirlenmiştir. Bir eğri altında kalan sınırlı bölgenin belirli integral ile ifade edilebileceği, aynı zamanda belirli integralin uygulamalarından hacim hesaplamaları yapılabildiği öğrenciler tarafından bilinmektedir. Fakat bu bilgileri herhangi bir problem karşısında uygularken sorun yaşadıkları görülmüştür. Bunun sebeplerinden biri öğretmenlerin genel anlamda integral konusunda tanımlar ve kavramlar üzerinde fazla durmaması olarak ifade edilebilir. Willcox ve Bounova (2004)'nın yapmış olduğu çalışma sonuçları mühendislik fakültelerinin matematik müfredatlarının içeriği konusunda yetersiz olduğu ve genellikle ihtiyaç duydukları becerilerin nerede ve nasıl öğretildiğini bilmediklerini, matematik eğitmenlerinin ise matematiksel kavramların mühendislik derslerinde nasıl uygulandığına dair sınırlı bir anlayışa sahip olduğu sonucu ile uyushmaktadır.

Bu çalışmadan elde edilen bulgularla bir eğrinin altındaki bölgeyi dikdörtgenlere bölerek bu dikdörtgenlerin alanlarını toplama işlemi ile eğri altındaki bölgenin alanı arasındaki ilişki öğrencilerin çoğu tarafından bilindiği sonucuna ulaşılmıştır. Fakat bilginin problemlerde uygulanamaması, yeterli tanım ve kavram bilgilerine sahip olmadıkları için var olan bilgilerini aktaramadıklarını ortaya koymaktadır. Bu da başka bir açıdan, öğrencilerde kavramsal bilginin işlemsel bilgi ile ilişkilendirilmesinde bir takım problemler yaşandığını göstermektedir. Ayrıca öğrencilerin verdikleri cevaplar neticesinde, temelde integral kavramının düzgün bir şekle sahip olmayan bölgelerin alanlarını hesaplayabilmek için oluşturulduğu bilgisi ortaya çıkmaktadır. Türev ve integral arasındaki ilişkide farkındalıkları olduğu değerlendirilmektedir. İntegralin mühendislikteki kullanım alanları hakkında çok fazla fikir sahibi olmadıkları belirlenmiştir. Bu sebepten, mühendislik eğitiminde integral öğreniminin gerekliliği konusunda genel anlamda şüpheleri olduğu, mezun olunması için alınması gereken bir ders olduğu fikrine kapıldıkları fark edilmiştir.

Genel anlamda mühendis adayı öğrencileri ile yapılan görüşmeler sonucunda integral kavramına ilişkin olumlu duygu ve inanışlara sahip oldukları ifade edilebilir.

Öneriler

Çalışmadan elde edilen bulgular ile kavramsal öğrenmelerin, işlemsel öğrenmelere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. İşlemsel bilgi gerektiren sorularda öğrencilerin daha çok zorlandığı ve işlemsel hatalara çok daha fazla düştükleri görülmüştür. Bu durum ise Rayner vd. (2009)'nin matematik kaygısı arttıkça öğretmen adaylarının vermiş olduğu işlemsel bilgi gerektiren sorulardaki doğru yanıtlanma oranının azaldığını gözlemlediği çalışmanın sonucu üzerine düşünülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Yani mühendis adayı öğrencilerinin matematik kaygıları ile işlemsel bilgi gerektiren sorularda gösterdikleri performanslara etkisinin araştırılması bu çalışmanın neden sonuç ilişkilerini daha sağlıklı ortaya koyacaktır. Ayrıca Leppavirta vd. (2011) karmaşık problemlerin mühendis adayı öğrencilerinin işlemsel bilgilerini önemli ölçüde etkilediği çalışma sonucunu esas alarak mühendis adayı öğrencilerine karmaşık problemler yardımı ile işlemsel bilgilerini pekiştirmeleri tavsiye edilmektedir.

Kavramsal ve işlemsel öğrenmeleri dengede olan öğrencilerin yeni bilgileri eski bilgiler ile daha kısa sürede ilişkilendirebildiği ve bunu yeni durumlara aktarabildiği değerlendirilmektedir. Ayrıca öğrencilerin kavramsal bilgileri, işlemsel bilgilerinden daha yüksek olmasına rağmen yeterli değildir. Dolayısı ile bu durum kavramsal ve işlemsel öğrenmelerin birlikte yürütülmesinin önemini hatırlatmaktadır. Bu sebepten öğrencilere integral konusu ile ilgili temel kavramların, tanımların, kavramlar arası ilişkilerin öğretmenler tarafından vurgulanması ve integral konusunda daha çok uygulama yapılması önerilmektedir. Dolayısı ile birbirini kapsayan bu iki bilgi türünü destekleyerek daha anlamlı ve kalıcı bilgilerin edinilmesi sağlanmış olacaktır.

Mühendis adayı öğrencilerine uygulanan integral testinde REBT'nin bilişsel süreç boyutunda yer alan değerlendirme ve yaratma basamaklarına ait olan sorular hiç bir öğrenci tarafından doğru yanıtlanmamıştır. Farklı katılımcılarla, farklı konularla ilgili çalışmalar yapılması ve bu durumun incelenmesi önerilmektedir.

Mühendislik fakültelerinin matematik müfredat programlarının matematik eğitimcileri ile koordineli olarak, hangi kavram ve konular üzerinde daha çok durulması gerektiği, dersin

amaç ve hedefleri doğrultusunda dersin içeriğinin öğrencilerin meslek hayatlarına en faydalı şekilde ve mühendislik bölümlerinin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde oluşturulması, düzenlenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abacı, R., & Akin, A., (2011). *Bilişötesi*. Ankara: Nobel Akademik.
- Achmetli, K., Schukajlow, S., & Rakoczy, K. (2019). Multiple solutions for real-world problems, experience of competence and students' procedural and conceptual knowledge. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 1605–1625. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9936-5>
- Aktan, O. (2020). İlkokul matematik öğretim programı dersi kazanımlarının yenilenen Bloom Taksonomisine göre incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 48, 15-36. <https://doi.org/10.9779/pauefd.523545>
- Allen, H. (2000). Civil and structional engineering education in the 21st century: A review of papers presented at the conference. *The Structional Engineer*, 78(17), 17-20.
- Altunışık, R., Coşkun, R., Bayraktaroğlu, S., & Yıldırım, E. (2004). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri* (3. Baskı). Sakarya: Sakarya.
- Amer, A. (2006). Reflections on Bloom's Revised Taxonomy. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 4(1), 213-230.
- Anderson, L. W. (1999). Rethinking Bloom's Taxonomy: Implications for testing and assessment. *U. S. Department of Education*. Reports. ED: 435630, 1-25.
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Ed.) (2001). *A taxonomy for learning teaching and assessing. A Revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R. (Eds.), Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Rath, J., & Wittrock, M. C. (2001). *Öğrenme, öğretim ve değerlendirme ile ilgili bir sınıflama*. (D. A. Özçelik, Çev.). Ankara: Pegem.

- Anderson, L. W. (2005). Objectives, evaluation, and the improvement of education. *Studies in Educational Evaluation*, 31, 102-113.
- Arar, S. (2019). *Üniversite öğrencilerinin fonksiyon ile ilgili işlemsel ve kavramsal bilgi düzeylerinin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Arastaman, G., Öztürk Fidan, İ., & Fidan, T. (2018). Nitel araştırmada geçerlik ve güvenirlik: kuramsal bir inceleme. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi (YYU Journal of Education Faculty)*, 15(1), 37-75.
- Arı, A. (2011). Bloom'un gözden geçirilmiş bilişsel alan taksonomisinin Türkiye'de ve uluslararası alanda kabul görme durumu. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(2), 749-772.
- Arı, A. (2013). Bilişsel alan sınıflamasında yenilenmiş Bloom, SOLO, Fink, Dettmer taksonomileri ve uluslararası alanda tanınma durumları. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 259-290.
- Ata, A. (2013). *Öğretmen adaylarının olasılık konusuna ilişkin kavramsal ve işlemsel bilgi düzeylerinin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Aydın, A., Ayyıldız, Y., & Nakiboğlu, C. (2019). Investigation of the gains of the 2018 science high school chemistry curriculum according to the Revised Bloom's Taxonomy and comparison with 2018 chemistry curriculum. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 13(2), 1186-1215.
- Aydın, L. (2015). *Fen eğitiminde kavramsal ve işlemsel öğrenme üzerine akademisyen görüşleri*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Ayvacı, H. Ş., & Türkdoğan, A. (2010). Yeniden yapılandırılan Bloom Taksonomisine göre fen ve teknoloji dersi yazılı sorularının incelenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 7(1), 13-25.
- Baki, A., & Kartal, T. (2004). Kavramsal ve işlemsel bilgi bağlamında lise öğrencilerinin cebir bilgilerinin karakterizasyonu. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2(1), 27-50.

- Baroody, A. J., Feil, Y., & Johnson, A. R. (2007). An alternative reconceptualization of procedural and conceptual knowledge. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(2), 115-131.
- Başaran, M. (2013). *Survey of high school mathematical knowledge and skills needed for engineering education*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Başkale, H. (2016). Nitel araştırmalarda geçerlik, güvenirlik ve örneklem büyüklüğünün belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 9(1), 23-28.
- Baysen, E. (2006). Öğretmenlerin sınıfta sordukları sorular ile öğrencilerin bu sorulara verdikleri cevapların düzeyleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 14(1), 21-28.
- Bekdemir, M., & Baş, F. (2017). Matematik öğretmenlerinin sınavlarda kullandıkları soruların kavramsal ve işlemsel bilgi boyutunda analizi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36(1), 95-113. doi: 10.7822/Omuefd.327392
- Bekdemir, M., & Selim, Y. (2008). Revize edilmiş bloom taksonomisi ve cebir öğrenme alanı örneğinde uygulaması. *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(2), 185-196.
- Bergsten, C., Engelbrecht, J., & Kagesten, O. (2017). Conceptual and procedural approaches to mathematics in the engineering curriculum – comparing views of junior and senior engineering students in two countries. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(3), 533-553. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00631a>
- Biber, A. Ç., & Tuna, A. (2017). Ortaokul matematik kitaplarındaki öğrenme alanları ve bloom taksonomisine göre karşılaştırmalı analizi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36(1), 161-174. doi: 10.7822/omuefd.327396
- Birgin, C., & Gürbüz, R. (2009). İlköğretim II. kademe öğrencilerinin rasyonel sayılar konusundaki işlemsel ve kavramsal bilgi düzeylerinin incelenmesi. *Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(2), 529-550.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives, the classification of educational goals, handbook I: Cognitive domain*. New York: David McKay.

- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1992). *Qualitative research for education, an introduction to theory and methods*. USA: Allyn and Bacon.
- Brink, P. J. (1991). Issues of reliability and validity. In J. M. Morse (Ed.), *Qualitative nursing research: A contemporary dialogue* (pp. 164-186). Newbury Park, CA: Sage.
- Burr, V. (1995). *An introduction to social constructionism*. London: Routledge.
- Bümen, N. T. (2006). Program geliştirmede bir dönüm noktası: yenilenmiş Bloom Taksonomisi. *Eğitim ve Bilim*, 31(142), 3-14.
- Can, A. (2019). *SPSS ile nicel veri analizi*. Ankara: Pegem.
- Cardella, M. (2007). What your engineering students might be learning from their mathematics pre-reqs (Beyond Integrals and Derivatives). *37th Annual Frontiers In Education Conference-Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports*, S4F-1-S4F-6. doi: 10.1109/FIE.2007.4418130.
- Cartwright, D. P. (1953) Analysis of qualitative material. In L. Festinger & D. Katz (Eds.), *Research Methods in the Behavioral Sciences* (pp. 421-470), Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Ceylan, H., & Ceylan H., 2007. Türkiye’de mühendislik eğitimi: Sorunlar ve çözüm önerileri. *Akademik Dizayn*, 2, 49-51.
- Chinnappan, M., & Forrester, T. (2014). Generating procedural and conceptual knowledge of fractions by pre-service teachers. *Mathematics Education Research Journal*, 26, 871-896.
- Chmiliar, I. (2010). Multiple-case designs. In A. J. Mills, G. Eurepas & E. Wiebe (Eds.), *Encyclopedia of case study research* (pp. 582-583). USA: Sage.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research methods in education* (5th Ed.). London: Routledge Falmer.
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches* (Vol. 2). USA: Sage.
- Crowther, K., Thompson, D., & Cullingford, C. (1997). Engineering degree students are deficient in mathematical expertise - why? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 28(6), 785-792.

- Çelikel, F., & Karakuş, M. (2017). TEOG sınavının matematik dersindeki akademik başarıyla ilişkisinin ve matematik dersi öğretim süreci üzerindeki etkilerinin incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 11(2), 1-18.
- Çelik, S., Kul, Ü., & Çalık Uzun, S. (2018). Ortaokul matematik dersi öğretim programındaki kazanımların yenilenmiş Bloom Taksonomisine göre incelenmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18 (2), 775-795.
- Çepni, S., Ayvacı, H., & Keleş, E. (2001). *Okullarda ve lise giriş sınavlarında sorulan fen bilgisi sorularının Bloom Taksonomisine göre karşılaştırılması*, Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Maltepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, İstanbul.
- Çil, O., Kuzu, O., & Şimşek, A. S. (2019). 2018 Ortaöğretim matematik programının revize Bloom Taksonomisine ve programın öğelerine göre incelenmesi. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(1), 1402-1418.
- Cumhur, F., Çavdar, O., & Polat, S. (2018). Matematik ve fen bilimleri öğretmeni adaylarının Bloom Taksonomisine göre oluşturdukları soruların değerlendirilmesi. *Journal of Social And Humanities Sciences Research*, 5(28), 3243-3252.
- Değirmenci, A., & Doğru, M. (2019). İlkokul 4. sınıf fen bilimleri dersi öğretim programı maddeyi tanıyalım ünitesi kazanımlarının gerçekleşme düzeyinin değerlendirilmesi. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 5(1), 102-121. Doi: <https://dx.doi.org/10.30855/gjes.2019.05.006>
- Dursun, A., & Aydın-Parım, G. (2014). YGS 2013 matematik soruları ile ortaöğretim 9. sınıf matematik sınav sorularının Bloom taksonomisine ve öğretim programına göre karşılaştırılması. [Özel Sayı]. *Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 17-37. DOI: 10.12973/jesr.2014.4os2a
- Dündar H. (2019). *İlkokul üçüncü sınıf fen bilimleri ders kitabındaki ünite sonu değerlendirme sorularının revize edilmiş bloom taksonomisi bağlamında kapsam geçerliliği*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Doğan, N. (2006). (Ed. H. Atılgan). *Davranışların ölçülmesi: Eğitimde ölçme ve değerlendirme*, Ankara: Anı.

- Ekinci, O., & Bal, A. P. (2019). 2018 yılı Liseye Geçiş Sınavı (LGS) matematik sorularının öğrenme alanları ve yenilenmiş Bloom Taksonomisi bağlamında değerlendirilmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(3), 9-18.
- Ekiz, D. (2003). *Eğitimde araştırma yöntem ve metotlarına giriş*. Ankara: Anı.
- Engelbrecht, J., Bergsten, C., & Kagesten, O. (2012). Conceptual and procedural approaches to mathematics in the engineering curriculum: Student conceptions and performance. *Journal of Engineering Education*, 101(1), 138-162.
- Engelbrecht, J., Bergsten, C., & Kagesten, O. (2017). Conceptual and procedural approaches to mathematics in the engineering curriculum: views of qualified engineers. *European Journal of Engineering Education*, 42(5), 570-586. <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1343278>
- Gençoğlu, M., & Gençoğlu, E. (2005). *Mühendislik lisans eğitimi ve başarı ölçütleri*. TMMOB Mühendislik Eğitimi Sempozyumu'nda sunulmuş bildiri, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Ankara.
- Gerring, J. (2007). *Case study research: Principles and practices*. New York: Cambridge University.
- Gezer, M., Şahin İ. F., Sünkür, M. Ö., & Meral, E. (2014). 8. Sınıf Türkiye Cumhuriyeti inkılâp tarihi ve Atatürkçülük dersi öğretim programı kazanımlarının revize edilmiş Bloom Taksonomisine göre değerlendirilmesi. *Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(1), 433-455.
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1982). Epistemological and methodological bases of naturalistic inquiry. *Educational Communication and Technology Journal*, 30(4), 233-252.
- Güner, N. (2008). Üniversiteye başlayan elektrik mühendisliği öğrencilerinin matematik bilgi seviyesi. *Akademik Dizayn Dergisi*, 3, 110-117.
- Güner, N., & Çomak, E. (2011). Mühendislik öğrencilerinin matematik I derslerindeki başarısının destek vektör makineleri kullanılarak tahmin edilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(2), 87-96.

- Gökler, Z. S., Aypay, A., & Arı, A. (2012). İlköğretim İngilizce dersi hedefleri kazanımları sbs soruları ve yazılı sınav sorularının yeni Bloom taksonomisine göre değerlendirilmesi. *Eğitimde Politika Analizi Dergisi*, 1(2), 114-133.
- Hancock, R. D., & Algozzine, B. (2006). *Doing case study research*. New York: Teachers College.
- Hanna, R. (2007). The new Bloom's Taxonomy: Implications for music education. *Arts Education Policy Review*, 108(4), 7-16.
- Hiebert, J., & LeFevre, P. (1986). Conceptual and procedural knowledge in mathematics: An introductory analysis. In J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics* (pp. 1-27). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Huitt, W. (2011). Bloom et al.'s taxonomy of the cognitive domain. *Educational Psychology Interactive*. Valdosta, GA: Valdosta State University. Retrieved from <http://www.edpsycinteractive.org/topics/cognition/bloom.pdf>
- İşleyen, T., & Işık, A. (2005). Alt vektör uzayı kavramının kavramsal öğrenilmesi üzerine. *Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11, 492-501.
- Johnson, R.B., & Onwuegbuzie, A.J. (2004). Mixed method research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33(7), 14-26.
- Jones, S.R. (2015). Areas, anti-derivatives, and adding up pieces: Definite integrals in pure mathematics and applied science contexts. *Journal of Mathematical Behavior*, 38, 9-28.
- Kahramanoğlu, E. (2013). *İlköğretim fen ve teknoloji ders kitaplarının Bloom Taksonomisi açısından değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Kala, A. (2015). *KPSS biyoloji alan bilgisi sorularının alan bilgisi yeterlikleri çerçevesinde yenilenmiş Bloom Taksonomisi ile analizi: 2013 yılı örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Karaman, M., & Bindak, R. (2017). İlköğretim matematik öğretmenlerinin sınav soruları ile TEOG matematik sorularının yenilenmiş Bloom Taksonomisine göre analizi. *Curr Res Educ*, 3(2), 51-65.

- Karasar, N. (2010). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Ankara: Nobel.
- Kent, P., & Noss, R. (2000). The visibility of models: Using technology as a bridge between mathematics and engineering. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 31(1), 61-69.
- Kertil, M. (2008). *Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Koçak, A., & Özgür, A. (2006). İçerik analizi çalışmalarında örneklem sorunu. *Selçuk İletişim*, 4(3), 21-28.
- Kollöffel, B., & Jong, T. (2013). Conceptual understanding of electrical circuits in secondary vocational engineering education: combining traditional instruction with inquiry learning in a virtual lab. *Journal of Engineering Education*, 102(3), 375-393. DOI 10.1002/jee.20022
- Konyalıoğlu, A.C., Tortumlu, N., Kaplan, A., Işık, A., & Hızarcı, S. (2011). Matematik öğretmen adaylarının integral kavramını kavramsal anlamaları üzerine. *Bayburt Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(1), 1-8.
- Köğçe, D., & Baki, A. (2009). Matematik öğretmenlerinin yazılı sınav soruları ile ÖSS sınavlarında sorulan matematik sorularının Bloom Taksonomisine göre karşılaştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26, 70-80.
- Krefting, L. (1991). Rigor in qualitative research: the assessment of trustworthiness. *The American Journal of Occupational Therapy*, 45 (3), 214-222.
- Kreitzer, A., & Madaus, G. (1994). Empirical investigations of the hierarchical structure of the taxonomy. In L. W. Anderson & L. A. Sosniak. (Eds.). *Bloom's Taxonomy: A forty-year retrospective*. (pp. 64-81). Chicago: The National Society for the Study of Education.
- Krathwohl, R. D. (2002). A revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice*, 41(4), 212-218.
- Krathwohl, D. R. (2009). Bloom Taksonomisinin revizyonu: Genel bir bakış (D. Köğçe, M. Aydın & C. Yıldız, Çev.). *İlköğretim Online*, 8 (3), 1-7.

- Krippendorff, K. (1980). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Beverly Hills: Sage.
- Küçükahmet, L. (2005). *Öğretimde planlama ve değerlendirme*, (17. Baskı). Ankara: Nobel.
- Leppavirta, J., Kettunen, H., & Sihvola, A. (2011). Complex problem exercises in developing engineering students' conceptual and procedural knowledge of electromagnetics. *IEEE Transactions on Education*, 54(1), 63-66.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1986). But is it rigorous? Trustworthiness and authenticity in naturalistic evaluation. *New Directions for Evaluation*, 30, 73-84. <https://doi.org/10.1002/ev.1427>
- Lodico, M. G., Spaulding, D. T., & Voegtler, K. H. (2006). *Methods in Educational Research: From Theory to Practice*. San Francisco: Jossey-Bass Wiley.
- Mahir, N. (2009). Conceptual and procedural performance of undergraduate students in integration, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 40(2), 201-211. <https://doi.org/10.1080/00207390802213591>
- Morgan, J. R., Moon, A. M., & Barroso, L. R. (2008). Designing engineering project-based learning. In R. M. Capraro & S. W. Slough (Eds.). *Project-based learning: An integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach*. (pp. 39-54). Rotterdam, The Netherlands: Sense.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (Eds.). (2002). *Adding it up*. Washington, DC: National Academy.
- Ormell, C. P. (1974). Bloom's Taxonomy and the objectives of education. *Educational Research*, 17, 3-18. <http://dx.doi.org/10.1080/0013188740170101>
- Orton, A. (1983). Student's understanding of integration. *Educational Studies in Mathematics*, 14(1), 1-18.
- Özdamar, K. (2015). *Paket programlar ile istatistiksel veri analizi*. Ankara: Nisan.
- Özsoy, A. (2013). Mühendislik eğitime çalışan mühendislerin bakışı ve işyeri eğitimi modeli. *Journal of Natural and Applied Science*, 17(1), 77-85.

- Özyıldırım Gümüş, F., & Umay, A. (2018). Problem çözümüne kavramsal/işlemsel yaklaşım ölçeğinin geliştirilmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18 (1), 375-391.
- Özyıldırım Gümüş, F. (2019). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının problem çözümünde benimsedikleri kavramsal ve işlemsel yaklaşımlarının belirlenmesi: İç Anadolu örneğı [Özel Sayı]. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 885-905. DOI: 10.17494/ogusbd.554955
- Patil, A. M. (2017). Assessment of basic mechanical engineering course question paper using Blooms Taxonomy. *IJARIE-ISSN (O)-2395-4396*, 3(5), 745-753.
- Patton, M. Q. (1990). Qualitative evaluation and research methods (2. Baskı). Newbury Park, CA: Sage.
- Ploger, D., & Hecht, S. (2009). Enhancing children's conceptual understanding of mathematics through chartworld software. *Journal of Research in Childhood Education*, 23(3), 267-277. <https://doi.org/10.1080/02568540909594660>
- Radzi, N. M., Abu, M. S., & Mohamad, S. (2009). Math-oriented critical thinking skills in engineering. *International Conference on Engineering Education*, 7(8), 212-2018.
- Rasslan, S., & Tall, D. (2002). Definitions and images for the definite integral concept. In A. Cockburn & E. Nardi (Eds.) *Proceedings of the 26th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol.4, pp. 89-96). Norwich: England.
- Rawadieh, S.M. (1998). *An analysis of the cognitive levels of questions in jordanian secondary social studies textbooks according to Bloom's Taxonomy*. Unpublished Doctora Dissertation, The Faculty of the College of Education Ohio University, Ohio.
- Rayner, V., Pitsolantis, N., & Osana, H. (2009). Mathematics anxiety in preservice teachers: Its relationship to their conceptual and procedural knowledge of fractions. *Mathematics Education Research Journal*, 21(3), 60-85.

- Rittle-Johnson, B., Siegler, R., & Alibali, M. W. (2001). Developing conceptual understanding and procedural skill in mathematics: An iterative process. *Journal of Education Psycholog*, 93(2), 346-362.
- Robson, C. (1993). *Real world research: A resource for social scientists and practitioner researchers*, (1.Edition) Blackwell: Oxford.
- Sevgi, S., & Kartalcı, S. (2021). Üniversite öğrencilerinin matematiksel ispata yönelik görüşleri ile kavramsal-işlemsel yaklaşımlarının incelenmesi. *Başkent Un,versity Journal of Education*, 8(1), 275-291.
- Sezer, A. (2018). *Fen bilimleri dersi sınav soruları ve merkezi sınav sorularının yenilenmiş Bloom Taksonomisi, TIMSS ve PISA açısından analizi (Kırıkkale ili örneği)*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Sönmez, V. (2012). *Program geliştirmede öğretmen el kitabı*. (17.Baskı). Ankara: Anı.
- Streubert, H. J., & Carpenter, D. R. (2011). *Qualitative research in nursing*. (Vol. 5). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Subaşı, M., & Okumuş, K. (2017). Bir araştırma yöntemi olarak durum çalışması. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 419-426.
- Şeker, H. (2010). Bloom'un Taksonomisinden, bilişsel süreç boyutlarının sınıflandırmasına doğru revize edilen taksonomi üzerine. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(39), 1-9.
- Tall, D. O., & Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition with particular reference to limits and continuity. *Educational Studies in Mathematics*, 151–169.
- Taraban, R., Definis, A., Brown, A.G., Anderson, E.E., & Sharma, M.P. (2007). A paradigm for assessing conceptual and procedural knowledge in engineering students. *Journal of Engineering Education*, 96(4), 335-345.
- Tekin, B. (2008). Lise öğrencilerinin logaritma fonksiyonu konusundaki kavramsal ve işlemsel bilgilerinin araştırılması. *Milli Eğitim Dergisi*, (0)177, 129-137.
- Tekin, H. (2004). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*. (Gözden geçirilmiş 17. Baskı). Ankara: Yargı.
- Tuğrul, B. (2002). Bloom'un taksonomik süreçlerine etkileşimci taksonomi açısından bir Bakış. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, 267-274.

- Turgut, M. F. (1992). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme metotları*. Ankara: Saydam.
- Tutkun, Ö. F., Demirtaş, Z., Gür Erdoğan, D., & Arslan, S. (2015). Bloom orijinal bilişsel alan sınıflaması ile yenilenmiş sınıflamanın karşılaştırılması. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(10): 350-359.
- Tutkun, Ö. F. (2012). Bloom'un yenilenmiş taksonomisi üzerine genel bir bakış. *Sakarya University Journal of Education*. 2(1), 14-22.
- Toğrul, A. (2014). *Lise öğrencilerinin Ebob-Ekok problemlerinin çözüm süreçlerinin kavramsal ve işlemsel bilgi açısından incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Uymaz, M., & Çalışkan, H. (2019). Öğretmen yapımı sosyal bilgiler dersi sınav sorularının yenilenmiş Bloom Taksonomisine göre incelenmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 27(1), 331-346. DOI: 10.24106/kefdergi.2637
- Vural, C. (2020). *Son 10 yılda yapılan liselere giriş sınavlarında (SBS, TEOG ve LGS) yer alan türkçe dersi sorularının yenilenmiş Bloom Taksonomisi açısından değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Weber, R. P. (1989) *Basic content analysis*. London: Sage.
- Wedelin, D., & Adawi, T. (2014). Teaching mathematical modelling and problem solving a cognitive apprenticeship approach to mathematics and engineering education. *International Journal of Educational*, 4(5), 49-55. <http://dx.doi.org/10.3991/ijep.v4i5.3555>
- Whittemore, R., Chase, S. K., & Mandle, C. L. (2001). Validity in qualitative research. *Qualitative Health Research*, 11(4), 522-537.
- Willcox, K., & Bounova, G. (2004). Mathematics in engineering: identifying, enhancing and linking the implicit mathematics curriculum. *American Society for Engineering Education*. Doi: 10.18260 / 1-2--13246
- Winter, J., & Dodou, D. (2011). Predicting academic performance in engineering using high school exam scores. *International Journal of Engineering Education*, 27(6), 1343-1351.

- Yakalı, D. (2016). *TEOG sınavlarındaki matematik sorularının yenilenmiş bloom taksonomisi ve öğretim programına göre değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin.
- Yin, R. (1984). *Case study research: design and methods*. (Vol. 3). California: Sage.
- Yurdabakan, İ. (2012). Bloom'un revize edilen taksonomisinin eğitimde ölçme ve değerlendirmeye etkileri, *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 327-348.
- Yurtdagülen Balta, A. N. (2006). *İlköğretim okullarında uygulanan sınavlarda tam öğrenmenin (Bloom Taksonomisinin) kullanılmasının önemi*. (Yüksek lisans tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Yüksel, S. (2007). Bilişsel alanın sınıflamasında (taksonomi) yeni gelişmeler ve sınıflamalar. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*. 5(3), 479-509.
- Zainuri, N., Nopiah, Z., Asshaari, I., & Yaacob, N. (2009). The level of mathematical knowledge of first year engineering students at the faculty of engineering and build environment. *European Journal of Scientific Research*, 32(2), 201-207.
- Zeidmane, A., & Sergejeva N. (2013). Indirect impact of mathematics in engineering education. *Engineering for Rural Development*, 611-615.
- Zorluoğlu, S. L., Kızılaslan, A., & Sözbilir, M. (2016). Ortaöğretim kimya dersi öğretim programı kazanımlarının yapılandırılmış Bloom Taksonomisine göre analizi ve değerlendirilmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 10(1), 260-279.
- Zulnaidi, H., & Zamri, S.N.A.S. (2017). The effectiveness of the GeoGebra software: The intermediary role of procedural knowledge on students' conceptual knowledge and their achievement in mathematics. *Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(6), 2155-2180. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01219a>

EKLER

EK-1. Öğretmenlerin Bloom Taksonomisine Göre İntegral Ön Testini Değerlendirme Sonuçları

Öğretmenlerin Bloom Taksonomisine Göre İntegral Ön Testini Değerlendirme Sonuçları

	Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutları											
	Hatırlama		Anlama		Uygulama		Analiz Etme		Değerlendirme		Yaratma	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1	13	61	2	9	1	4	3	14	2	9	0	0
2	4	19	8	38	3	14	5	23	1	4	0	0
3	6	28	9	42	1	4	3	14	1	4	1	4
4	0	0	2	9	17	80	1	4	1	4	0	0
5	0	0	2	9	5	23	11	52	2	9	1	4
6	0	0	3	14	12	57	5	23	0	0	1	4
7	1	4	2	9	6	28	9	42	2	9	1	4
8	0	0	2	9	10	48	7	33	2	9	0	0
9	0	0	4	19	3	14	13	61	0	0	1	4
10	0	0	3	14	10	48	4	19	1	4	3	14
11	0	0	2	9	10	48	8	38	1	4	0	0
12	1	4	2	9	15	71	3	14	0	0	0	0
13	0	0	4	19	9	42	5	23	1	4	3	14
14	0	0	2	9	4	19	10	48	5	23	0	0
15	1	4	2	9	7	33	3	14	1	4	7	33
16	1	4	4	19	3	14	5	23	2	9	6	28
17	2	9	3	14	9	42	4	19	2	9	1	4
18	1	4	2	9	1	4	11	52	3	14	3	14
Seçilen soru	1	5	2	11	8	44	5	28	0	0	2	11

EK-2. Öğretmenlerin Bloom Taksonomisine Göre İntegral Testini Değerlendirme Sonuçları

Öğretmenlerin Bloom Taksonomisine Göre İntegral Testini Değerlendirme Sonuçları

	Revize Edilen Bloom Taksonomisinin Bilişsel Süreç Boyutları											
	Hatırlama		Anlama		Uygulama		Analiz Etme		Değerlendirme		Yaratma	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1	13	61	2	9	1	4	3	14	2	9	0	0
2	4	19	8	38	3	14	5	23	1	4	0	0
3	6	28	9	42	1	4	3	14	1	4	1	4
4	0	0	2	9	17	80	1	4	1	4	0	0
5	0	0	2	9	5	23	11	52	2	9	1	4
6	0	0	3	14	12	57	5	23	0	0	1	4
7	1	4	2	9	6	28	9	42	2	9	1	4
8	0	0	2	9	10	48	7	33	2	9	0	0
9	0	0	4	19	3	14	13	61	0	0	1	4
10	0	0	3	14	10	48	4	19	1	4	3	14
11	0	0	2	9	10	48	8	38	1	4	0	0
12	1	4	2	9	15	71	3	14	0	0	0	0
13	0	0	4	19	9	42	5	23	1	4	3	14
14	0	0	2	9	4	19	10	48	5	23	0	0
15	0	0	0	0	4	19	7	33	10	48	0	0
16	1	4	4	19	3	14	5	23	2	9	6	28
17	2	9	3	14	9	42	4	19	2	9	1	4
18	1	4	2	9	1	4	11	52	3	14	3	14
Seçilen soru	1	5	2	11	8	44	5	28	1	5	1	5

EK-3. Seçilen Soruların Bloom Taksonomisine Göre Hangi Basamakta Olduğuna Karar Vermeye Yardımcı Öğretmen İntegral Testi

BLOOM TAKSONİMİSİNE GÖRE SINIFLANDIRMA

1. Adınız ve Soyadınız:

2. Meslekteki Deneyim: 0-5 ☐ 6-10 ☐ 11-15 ☐ 16-20 ☐

3. Mezun olduğu fakülte: Eğitim ☐ Fen-Edebiyat ☐ Diğer ☐

4. Eğitim: Lisans ☐ Yüksek Lisans ☐ Doktora ☐

Değerli Meslektaşlarım:

Yüksek lisans tez çalışmamda öğrencilere uygulanacak testin sorularını Bloom Taksonomisine göre derecelendirilmesinde siz değerli meslektaşımızın görüşlerinle katkı sağlamanızı diliyorum. Aşağıda Bloom Taksonomisiyle ilgili genel kavramları hatırlatmak amacıyla özet bilgiler ve 18 soruluk bir test yer almaktadır. Test sorusunun okuduktan sonra Bloom taksonomisine göre hangi kategoride olduğunu ayrıca ilgili kısma işaretleyiniz.

Katkılarınız için teşekkür ederim.

Revize Edilmiş Taksonominin Bilişsel Süreç Boyutu

1. Hatırla: Bilginin uzun süreli bellekten kısa süreli belleğe getirilmesidir. Bilginin görünce tanınması, hatırlanması, farkına varılması, eşleştirme ve betimleme yapılabilmesi gibi becerileri kapsar.

2. Anla: Öğrenilen bilginin farklı formadaki anlatım biçimlerine çevrilebilmesidir. Yani; grafik, tablo, sözel vb. mesajlara dönüştürebilme, bir kavramın ne olduğunu gerekçelerle ortaya koyabilme gibi davranışları içerir. Yorumlama ve kıyaslama yapabilme, tahminde

bulunma, tanımlama ve açıklamalar yapabilme, özetleme, raporlaştırma gibi becerileri kapsamaktadır.

3. Uygula: Öğrenilen bilginin, bir durum veya problem karşısında belirlenen uygun yöntem ile yeni durumlara aktarılabilmesidir. Çözümüne ulaşma, deney yapma, bağıntı ya da formülleri kullanabilme, hesaplama yapma ve taslak oluşturma gibi becerileri kapsar.

4. Analiz et: Kişiden, bir bütünü parçalara ayırabilme, parçalar arasındaki ilişkileri kurulabilme ya da parçalar arasındaki farklılıkları ortaya koyabilme gibi durumları ortaya koyabilmesi beklenir. Bilgiyi oluşturan öğeleri ayırt etme, çözümleme yapma, bilgiler arasında ilişkilendirme kurabilme, karşılaştırma yaparak çıkarımda bulunma, sorgulama, eleştirme, organize etme, genelden özele ya da özelden genele ulaşabilme gibi becerileri kapsar.

5. Değerlendir: Belirli bir ölçüte veya standartlara göre yargılamadır. Kontrol etme, yargılama, değer biçme, karar verme, fikir savunma, eleştirme, değerlendirme, tartışma, sonuca varma gibi becerileri içermektedir.

6. Yarat: Parçalardan yararlanarak yeni bir ürün veya bir fikri kullanarak bir bütün oluşturulabilmesidir. Tasarı oluşturma, fikir ve ya ürün üretebilme, formüle etme, yaratma, model oluşturma gibi becerileri içermektedir.

SORULAR

Soru1: f fonksiyonunun $[a, b]$ aralığında integrallenebilir olması için aşağıdaki önermelerden hangileri doğru olmalıdır?

i) f tanımlı.....Olmalıdır() Olmayabilir() Bilmiyorum()

ii) f , (a, b) aralığında sürekli.....Olmalıdır() Olmayabilir() Bilmiyorum()

iii) f pozitif.....Olmalıdır() Olmayabilir() Bilmiyorum()

iv) f $[a, b]$ aralığında sınırlıOlmalıdır() Olmayabilir() Bilmiyorum()

v) f türevlenebilir.....Olmalıdır() Olmayabilir() Bilmiyorum()

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru2: $\int_a^b f(x)dx = N$

olmak üzere Riemann toplamları ile N değerine yaklaşma sürecinde, aşağıdaki değişiklikler, hatanın büyüklüğünü nasıl etkiler?

i) Alt aralıkların genişliğinin artması

ii) Üst ve alt toplam farkının azalması

iii) Parçalanış sayısının artması

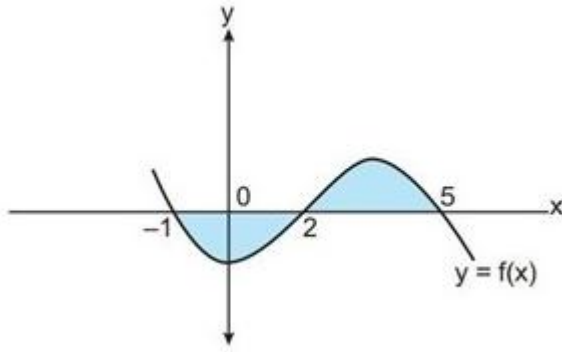
Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru3: Aşağıdaki boşlukları doldurunuz.

Analizin Temel Teoremine göre eğer $f(t)$ fonksiyonu $[a, b]$ aralığında ve $F'(t) = f(t)$ ise $\int_a^b f(t)dt = \dots\dots\dots$ olur.

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru4:



Yandaki şekilde f fonksiyonunun grafiği verilmiştir.

$$\int_{-1}^2 |f(x)| dx = S_1$$

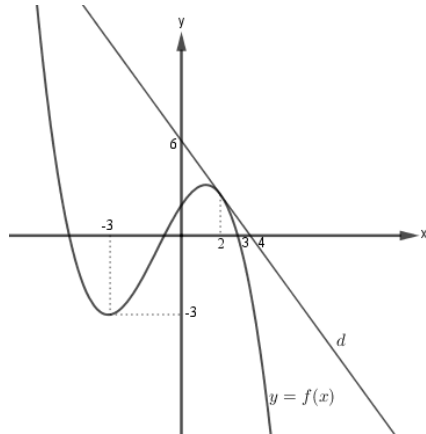
$$\int_2^5 f(x) dx = S_2 \quad \text{ve} \quad 3S_1 = 2S_2$$

$$\int_{-1}^5 f(x) dx = 18 \text{ olduğuna göre}$$

$$S_1 + S_2 = ?$$

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru5:



Yandaki şekilde $y = f(x)$ fonksiyonunun grafiği verilmiştir. d doğrusu $x = 2$ apsisi noktasında fonksiyon grafiğine teğet olacak şekilde çizilmiştir. Buna göre;

$$\int_{-3}^2 f''(x) [f'(x)]^2 dx = ?$$

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

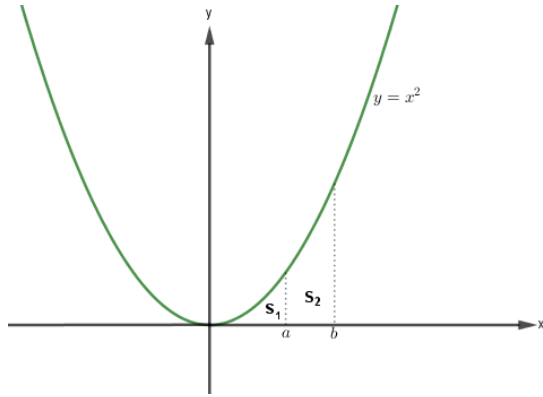
Soru6: $y = \cos x$, $y = \sin x$ eğrileri ile $x = 0$ ve $x = \frac{\pi}{2}$ doğruları arasında kalan bölgenin alanı nedir?

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru7: $\int_0^{\pi} x f(\sin x) dx = \frac{\pi}{2} \int_0^{\pi} f(\sin x) dx$, bu tanımlamaya göre $\int_0^{\pi} \frac{x \sin x dx}{\cos^2 x} = ?$

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru8:

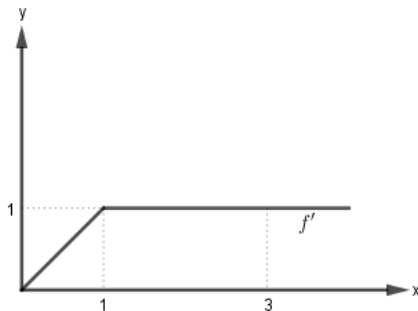


Yandaki şekilde $y = x^2$ fonksiyonunun grafiği verilmiştir. S_1 ve S_2 içinde bulundukları bölgelerin alanlarıdır.

$S_2 = 4S_1$ olduğuna göre $\frac{b}{a} = ?$

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru9:



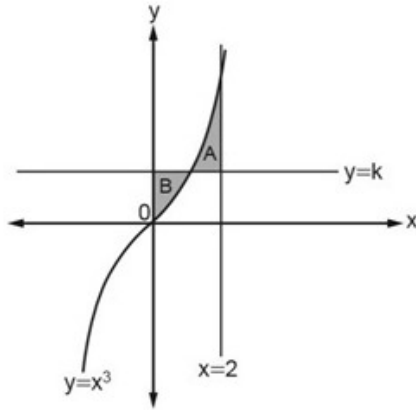
f fonksiyonunun türevi yandaki şekilde verilmiştir. $f(0) = 1$ ise $f(3) = ?$

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru10: $y = x^2$ ve $y = x$ doğruları arasında kalan bölgenin x eksenine etrafında döndürülmesi ile oluşan alanı bulunuz.

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru11:



$y = x^3$ eğrisi, $x = 2$ ve $y = k$ doğrularının sınırladığı bölgenin alanı A , $y = x^3$ eğrisi, $y = k$ doğrusu ve y ekseninin sınırladığı bölgenin alanı B ’ dir.

$A = B$ olduğuna göre $k = ?$

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru12: Aşağıdaki integralleri bulunuz.

i) $\int \frac{\sin^2(\ln x) \cos(\ln x) dx}{x} = ?$

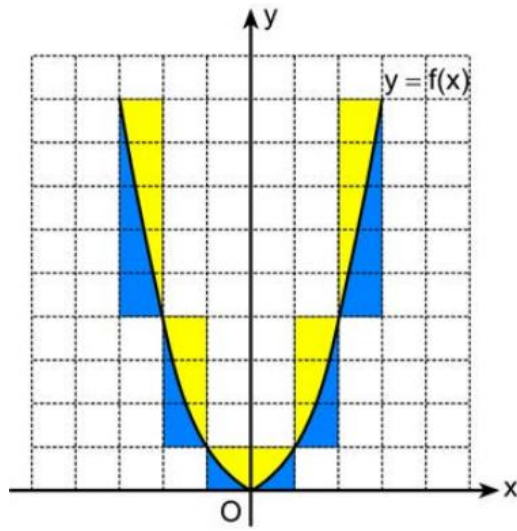
ii) $\int \sin^2 4x \cos^2 4x dx = ?$

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru13: Bir matematik dersinde kısmi integrasyon konusunu işleyen Şule öğretmen tahtaya $\int u dv = uv - \int v du$ kuralını yazdıktan sonra, Ayşe bir sorunun çözümünde u ve v yerine sırasıyla $f(x)$ ve $g(x)$ fonksiyonlarını seçip bu kuralı uygulayarak $\int f(x)g'(x)dx = \frac{f(x)}{g(x)} - \int \frac{2}{x^2} dx$ eşitliğini elde ediyor. $f(1) = 2$ olduğuna göre $f(e) = ?$

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru14:



Gerçel sayılar kümesi üzerinde fonksiyonu tanımlanıyor. $[-3,3]$ aralığındaki gerçel sayılar için $y = f(x)$ grafiği birim karelere bölünen şekildeki dik koordinat düzleminde verilmiştir.

Bu grafiğin böldüğü birim karelerde; grafiğin altında kalan bölgeler maviye, üstünde kalan bölgeler ise sarıya şekildeki gibi boyanmıştır. Buna göre, mavi bölgelerin alanları toplamının sarı bölgelerin alanları toplamına oranı kaçtır?

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

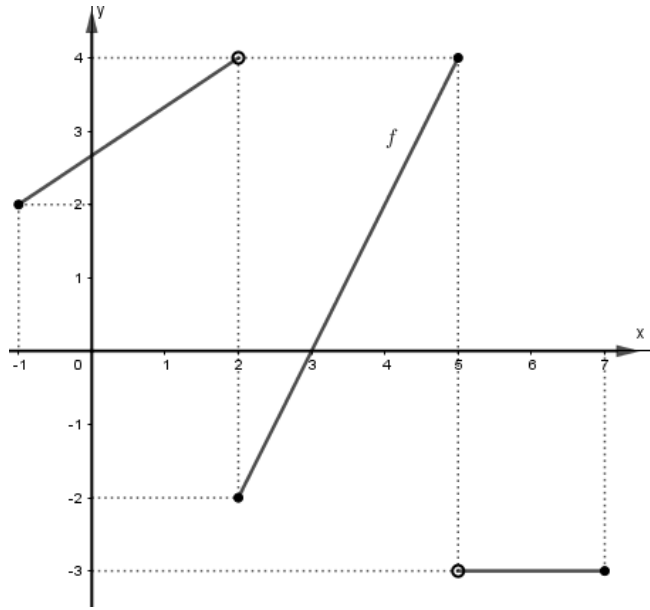
Soru15: $f(x) = 3x^2 + 3$ fonksiyonunun x eksenine ile $x = 4$ doğrusu arasında kalan bölge $2 \leq x \leq 4$ aralığında n aralığa bölünüyor. Buna göre $n \rightarrow \infty$ için Riemann toplamını bulunuz.

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru16: $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, f(x) = x + 2$ fonksiyonu ile $x = 0$ doğrusu ile $x = 0$ doğrusu ve x eksenine sınırlı bölgenin alanını Riemann toplamıyla tahmin ediniz.

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru17:

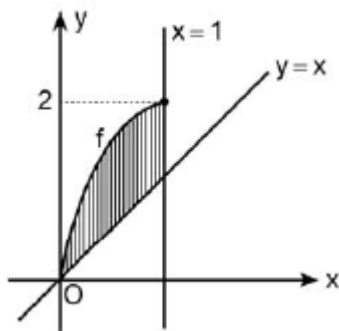


$[-1, 7]$ aralığında tanımlı bir f fonksiyonunun grafiği verilmiştir.

Buna göre $\int_{-1}^7 f(x) dx = ?$

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

Soru18:



f fonksiyonu bire bir olmak üzere birinci bölgede $y = x$ ve $x = 1$ doğruları ile $y = f(x)$ eğrisi altında kalan taralı bölge yanndaki şekilde verilmiştir.

Taralı bölgenin $f^{-1}(x)$ türünden ifadesi aşağıdakilerden hangisine eşittir.

A) $\int_0^2 f^{-1}(x)dx$

B) $\int_0^2 (2 - f^{-1}(x))dx$

C) $\int_0^1 (x - f^{-1}(x))dx$

D) $\int_0^1 (2 - f^{-1}(x))dx + \int_1^2 f^{-1}(x)dx$

E) $\int_0^1 (x - f^{-1}(x))dx + \int_1^2 (1 - f^{-1}(x))dx$

Hatırla	Anla	Uygula	Analiz Et	Değerlendir	Yarat
---------	------	--------	-----------	-------------	-------

EK-4. Etik Kurul Raporu

Evrak Tarih ve Sayısı: 09.03.2020-E.36548



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Ölçme Değerlendirme Etik Alt Çalışma Grubu



Sayı : 91610558-302.08.01-
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 19.02.2020 tarih ve E.26157 sayılı yazı.

İlgi yazınız ile göndermiş olduğunuz, Enstitünüz Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı **Yüksek Lisans Öğrencisi Durhanım Şule ÜNAL'ın, Doç.Dr.Selami ERCAN'ın** danışmanlığında yürüttüğü *"Mühendis Adayı Öğrencilerin İntegral Problem Çözüm Süreçlerinin Bloom Taksonomisi ile Kavramsal ve İşlemsel Bilgileri Açısından İncelenmesi"* adlı tez çalışması ile ilgili konu Kurulumuzun **03.03.2020** tarih ve **03** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiş ve karara ilişkin imza listesi ekte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

e-imzalıdır
Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Kurul Başkanı

Araştırma Kod No: 2020-131

Ek: 1 Liste



Emniyet Mahallesi Bandırma Caddesi No :6/1 06560 Yenimahalle/ANKARA
Tel:0 (312) 202 20 57 - 0 (312) 2... Faks:0 (312) 202 38 76
İnternet Adresi :<http://etikkomisyon.gazi.edu.tr/>

Bilgi için :Esengül BOŞNAK
Birim Evrak Sorumlusu
Telefon No:03122022666

Bu belge,güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..