

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SANAL GERÇEKLİK TABANLI CİDDİ OYUN KULLANIMININ İNŞAAT
MÜHENDİSLİĞİ ÖĞRENCİLERİNİN UYGULAMA ÖĞRENİMİ BECERİLERİ
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Ediz BOZ

MART 2025
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SANAL GERÇEKLİK TABANLI CİDDİ OYUN KULLANIMININ İNŞAAT
MÜHENDİSLİĞİ ÖĞRENCİLERİNİN UYGULAMA ÖĞRENİMİ BECERİLERİ
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Ediz BOZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 / 02 / 2025

Tezin Savunma Tarihi : 07 / 03 / 2025

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Vedat TOĞAN

Trabzon 2025

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının temel motivasyonu, inşaat mühendisliği öğrencilerinin nitelikli bireyler olarak yetişmelerine katkı sağlamak ve meslek hayatlarında hak ettikleri değeri görmelerine yardımcı olmaktır. Çalışmanın ülkemize faydalı olmasını temenni ederim.

Lisansüstü çalışmalarım sürecinde akademik hedeflerime ulaşmamda büyük katkı sağlayan danışman hocam Prof. Dr. Vedat Toğan'a en derin şükranlarımı sunarım. Çalışmalarımı titizlikle inceleyen ve yapıcı eleştirileriyle katkıda bulunan Doç. Dr. Hasan Basri Başağa ve Doç. Dr. Murat Tutkun'a ve eğitim hayatım boyunca bana rehberlik eden tüm hocalarıma teşekkür ederim. Doktora ders ve yeterlilik sürecimde yol arkadaşım olan Ümit Bahadır ve Fatemeh Mostofi'ye, çalışmanın daha geniş kitlelere ulaşmasına katkı sağlayan Sara Mostofi'ye, manevi desteklerini esirgemeyen mesai arkadaşlarım Mustafa Onur Yüzer ve Mehmet Arif Yalçın'a teşekkür ederim.

Bugünlere ulaşmamda en büyük paya sahip olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, eğitim hayatım boyunca okumamız için dua eden kıymetli anneme en derin minnet ve şükranlarımı sunarım. 26 yıl boyunca kesintisiz bir şekilde öğrenim görmem umarım eğitim hayatıma dair beklentilerini karşılamış ve dualarının kabul olduğunu düşündürmüştür. Ayrıca hem bir baba hem de bir ağabey sorumluluğuyla yaklaşımaya çalıştığım sevgili kardeşim Mimar Anıl Boz'a tez çalışmam için ihtiyaç duyduğum proje örneklerini temin ederek, bu süreçte beni proje arama ve kullanım izni alma zahmetinden kurtarması sebebiyle teşekkür ederim. Kendisinin mesleki alanda göstermiş olduğu gelişimin de ne denli doğru bir istikamette ilerlediğini görmek, benim için ayrı bir gurur vesilesi olmuştur. Son olarak, bana her zaman destek olan kıymetli eşime ve bu süreçte ellerinden geldiğince anlayışlı ve uslu davranmaya gayret gösteren çocuklarıma sonsuz sevgilerimi sunarım. Onların varlığı ve desteği, benim en büyük güç kaynağımdır.

Bu çalışma, KTÜ BAP Birimi tarafından “İnşaat Mühendisliği Öğrencilerinin Statik Proje Okuma Becerilerini Güçlendirebilmek İçin Sanal Gerçeklik Tabanlı Ciddi Oyun Geliştirilmesi (FBA-2024-15872)” isimli proje ile desteklenmiştir.

Ediz BOZ

Trabzon 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Sanal Gerçeklik Tabanlı Ciddi Oyun Kullanımının İnşaat Mühendisliği Öğrencilerinin Uygulama Öğrenimi Becerileri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Vedat TOĞAN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 07/03/2025

Ediz BOZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Problem Tanımı.....	2
1.3. İnşaat Mühendisliği Öğrencilerinin Uygulama Öğrenimi Becerilerini Arttırmak İçin Yapılan Çalışmalar	4
1.4. Tezin Amacı ve Kapsamı	22
1.5. Tezin Kısıtlamaları	23
1.6. Araştırma Yöntem Özeti	23
1.7. Sanal Gerçeklik (VR)	25
1.8. Eğitsel Oyun Tasarımı ve Ciddi Oyunlar	28
1.9. Sanal Gerçeklik Tabanlı Ciddi Oyunlarda Kullanılan Programlar	31
1.9.1. Unreal Engine	31
1.9.2. Blueprint.....	34
1.9.3. Blender	35
1.9.4. SketchUp	36
1.9.5. Diğer Programlar.....	38
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	40
2.1. Araştırma Yöntemi	42
2.2. Öğrencilerin Uygulama Öğrenimi Konusundaki İhtiyaçlarının Tespit Edilmesi.....	43
2.3. Senaryonun Hazırlanması	44
2.4. Statik Proje Seçimi ve Projenin Üç Boyutlu Tasarımı	49
2.5. Tasarımın Optimizasyonu ve Şantiye Ortamına Aktarılması	52

2.6. Şantiye Ortamının Tasarımı	54
2.7. Eğitim Hedeflerine Göre Seçeneklerinin Hazırlanması	62
2.7.1. Uyarı ve Paun Sisteminin Oluşturulması	64
2.8. Anket Sorularının Hazırlanması	68
2.9. Uygulamanın Kullanılması ve Veri Toplanması	71
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	74
3.1. Öğrencilerin Uygulama Öğrenimi Konusundaki İhtiyaçlarının Tespitinde Elde Edilen Bulgular	74
3.2. Çalışmaya Katılan Öğrencilerden Elde Edilen Bulgular.....	90
3.3. Çalışmaya Katılan Akademisyenlerden Elde Edilen Bulgular.....	117
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	138
5. KAYNAKLAR	142
6. EKLER.....	158
ÖZGEÇMİŞ	

Doktora Tezi

ÖZET

SANAL GERÇEKLİK TABANLI CİDDİ OYUN KULLANIMININ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ÖĞRENCİLERİNİN UYGULAMA ÖĞRENİMİ BECERİLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Ediz BOZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Vedat TOĞAN
2025, 157 Sayfa, 19 Sayfa Ek

İnşaat mühendisliği öğrencilerine verilen uygulamalı eğitimin yetersizliği, mezunların sektöre gerekli pratik becerilerden yoksun başlamasına yol açmaktadır. Geleneksel yöntemlerin sınırlılıkları ve uygulama temelli araçların zorlukları, eğitimde VR gibi yenilikçi çözümlere duyulan ihtiyacı artırmıştır. Bu çalışmada, ciddi oyun tabanlı VR uygulamasıyla öğrencilere proje okuma becerisi ve konut tipi yapıların kaba inşaat süreçlerine dair bilgi kazandırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, 316 katılımcıdan (öğretim elemanı, sektör çalışanı, öğrenci) anket verileri toplanmış ve analiz sonuçları, öğrencilerin statik proje okuma ve inşaat yapım aşamalarında daha fazla bilgi ve beceriye ihtiyaç duyduğunu göstermiştir. Seçilen proje SketchUp'ta 3B modellenmiş, Blender ile optimize edilmiş ve Unreal Engine'da sanal şantiye ortamı oluşturularak senaryoya uygun etkileşimli bir VR oyunu geliştirilmiştir. Oyun 51 öğrenci ve 11 öğretim üyesiyle test edilmiştir. Sonuçlar bu tez çalışmasında geliştirilen VR tabanlı ciddi oyunun öğrencilerin statik proje okuma ve yapım aşamalarını öğrenmede etkili bir araç olarak kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat mühendisliği eğitimi, Sanal gerçeklik, Ciddi oyun tabanlı eğitim, Proje okuma, Yapım teknolojileri

PhD. Thesis

SUMMARY

EXAMINING THE EFFECTS OF VIRTUAL REALITY-BASED SERIOUS GAMES ON THE APPLIED LEARNING SKILLS OF CIVIL ENGINEERING STUDENTS

Ediz BOZ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Vedat TOĞAN
2025, 157 Pages, 19 Pages Appendix

The insufficiency of practical training provided to civil engineering students results in graduates entering the industry lacking essential hands-on skills. The limitations of traditional methods and the challenges associated with practice-based tools have increased the need for innovative solutions such as virtual reality (VR) in education. This study aims to enhance students' project reading skills and their understanding of the rough construction phases of residential buildings through a VR-based serious game. In this context, survey data were collected from 316 participants, including faculty members, industry professionals, and students. The analysis results indicated that students require further knowledge and skills in structural project interpretation and construction processes. The selected project was modeled in 3D, optimized and a virtual construction site environment was created in Unreal Engine to develop an interactive VR game aligned with the training scenario. The game was tested with 51 students and 11 faculty members. The findings demonstrated that the VR-based serious game developed in this study is an effective tool for improving students' structural project reading skills and understanding of construction phases.

Key Words: Civil engineering education, Virtual reality, Serious game-based education, Project interpretation, Construction technologies

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Taş duvar imalatının öğretilmesi için hazırlanan video	6
Şekil 2. Eğitimde video kullanımıyla ilgili yapılan yayın sayısı	6
Şekil 3. Eğitimde videonun kullanıldığı alanlar	7
Şekil 4. Çeşitli tehlikelerin olduğu sanal şantiye ortamı.....	11
Şekil 5. İç mimarlık sanal eğitim uygulaması.....	12
Şekil 6. Eğitimde sanal gerçeklik kullanımıyla ilgili yapılan yayın sayısı	13
Şekil 7. Eğitimde sanal gerçekliğin kullanıldığı alanlar	14
Şekil 8. Kelime bulutu	16
Şekil 9. Selden kaçış	17
Şekil 10. Nanoviewer VR	18
Şekil 11. Tarihi binalar	20
Şekil 12. Döngüsel ekonomi	21
Şekil 13. Afet eğitimi.....	22
Şekil 14. Yöntem özeti.....	24
Şekil 15. İlk sanal gerçeklik çalışmaları	25
Şekil 16. Oculus quest 3.....	28
Şekil 17. Ciddi oyun bölümleri arasındaki denge.....	29
Şekil 18. Ciddi oyun tasarımı bileşenleri	30
Şekil 19. Unreal engine arayüzü	32
Şekil 20. Blueprint arayüzü.....	35
Şekil 21. StaRVR tasarımı ve değerlendirilmesi	41
Şekil 22. Sketchup da üç boyutlu modelleme aşaması	51
Şekil 23. 3 boyutlu tasarım	52
Şekil 24. Donatıların optimizasyonu.....	53
Şekil 25. Sanal şantiye ortamı.....	54
Şekil 26. Eğitim alanı.....	55
Şekil 27. Oyun alanı.....	56
Şekil 28. Donatı ambarı	57
Şekil 29. Sanal şantiye ortamında projeler	58
Şekil 30. Kullanıcı arayüzü.....	60

Şekil 31.	Donatıların konumlandırılması.....	61
Şekil 32.	Bina zemin katı	62
Şekil 33.	Donatıların animasyonla eklenmesi.....	64
Şekil 34.	Donatıların doğru yerleştirilmesi.....	65
Şekil 35.	Donatıların yanlış yerleştirilmesi	66
Şekil 36.	Donatıların iki kez yanlış yerleştirilmesi.....	66
Şekil 37.	Yönlendirme metinlerinden bir örnek	67
Şekil 38.	Oyunun kullanımı	72
Şekil 39.	Akademisyenlerin oyunu kullanımı.....	73
Şekil 40.	Öğrencilerin staj ders ilişkilendirmesi.....	78
Şekil 41.	Öğrencilerin sektör ders ilişkilendirmesi.....	79
Şekil 42.	Öğrencilerin gelişmiş eğitim materyalleri ihtiyacı	80
Şekil 43.	Akademik ve mesleki başarının arttırılabilmesi için yapılabilecekler.....	84
Şekil 44.	İnşaat mühendislerinin sahip olması gereken bilgi alanları.....	86
Şekil 45.	Öğrencilerin sektör beklentilerine yönelik kritik dersler.....	87
Şekil 46.	Ön test sonuçları	91
Şekil 47.	Son test sonuçları.....	92
Şekil 48.	Ön test son test dağılım grafikleri.....	93
Şekil 49.	Ön test son test aralarındaki farklar	94
Şekil 50.	Gerçekçilik temalı ifadelerle verilen ortalama yanıtlar	98

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Oyundaki seçeneklerin öğrenim çıktıları.....	63
Tablo 2. Öğrencilerin eğitimi sektöre hazırlık ve ders materyalleri açısından değerlendirmesi.....	75
Tablo 3. Akademisyenlerin eğitimi sektöre hazırlık ve ders materyalleri açısından değerlendirmesi	82
Tablo 4. Sektör çalışanlarının eğitimi değerlendirmesi	89
Tablo 5. Normal dağılım testi sonuçları	92
Tablo 6. Ön test son test aralarındaki anlamlılık	93
Tablo 7. Öğrencilere uygulanan likert-1 anket sorularının gruplandırılması.....	95
Tablo 8. Öğrencilere uygulanan likert-2 anket sorularının gruplandırılması.....	96
Tablo 9. Likert-1 gerçekçilik temalı ifadelerle verilen cevaplar	97
Tablo 10. Likert-1 oyun deneyimi ve memnuniyet temalı sorulara verilen cevaplar	99
Tablo 11. Likert-1 kullanılabilirlik temalı sorulara verilen cevaplar	101
Tablo 12. Likert-1 öğrenme etkinliği temalı sorulara verilen cevaplar	103
Tablo 13. Likert-1 genel değerlendirme ve gelecek beklentileri temalı sorulara verilen cevaplar.....	106
Tablo 14. Likert-2 oyunun öğrenmeye etkisi temalı sorulara verilen cevaplar	108
Tablo 15. Likert-2 oyun içeriği ve tasarımı temalı sorulara verilen cevaplar.....	110
Tablo 16. Likert-2 3D görselleştirmenin etkisi temalı sorulara verilen cevaplar	112
Tablo 17. Likert-2 oyunun motivasyonel etkisi temalı sorulara verilen cevaplar	113
Tablo 18. Likert-2 beceri ve bilgi kazanımı temalı sorulara verilen cevaplar	115
Tablo 19. Akademisyenlere uygulanan likert-1 anket sorularının gruplandırılması	118
Tablo 20. Öğrencilere uygulanan likert-2 anket sorularının gruplandırılması.....	119
Tablo 21. Likert-1 akademisyenlerin gerçekçilik temalı sorulara verdiği cevaplar	120
Tablo 22. Likert-1 akademisyenlerin kullanılabilirlik temalı sorulara verdiği cevaplar.....	121
Tablo 23. Likert-1 akademisyenlerin öğrenme etkinliği temalı sorulara verdiği cevaplar.....	123
Tablo 24. Likert-1 akademisyenlerin pedagojik uygunluk temalı sorulara verdiği cevaplar.....	125

Tablo 25.	Likert-1 akademisyenlerin genel değerlendirme ve gelecek beklentileri temalı sorulara verdiği cevaplar.....	127
Tablo 26.	Likert-2 akademisyenlerin oyunun öğrenmeye etkisi temalı sorulara verdiği cevaplar	129
Tablo 27.	Likert-2 akademisyenlerin oyunun içeriği ve tasarımı temalı sorulara verdiği cevaplar	131
Tablo 28.	Likert-2 akademisyenlerin 3D görselleştirmenin etkisi temalı sorulara verdiği cevaplar	132
Tablo 29.	Likert-2 akademisyenlerin oyunun motivasyonel etkisi temalı sorulara verdiği cevaplar	133



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

VR	: Sanal gerçeklik
3D	: Üç boyutlu
BIM	: Yapı bilgi modellemesi
AR	: Arttırılmış gerçeklik
HMD	: Başa takılan ekran
FOV	: Görüş alanı
GPU	: Grafik işleme birimleri
PBR	: Fiziksel tabanlı render
LOD	: Level detayı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnşaat mühendisliği, karmaşık teorik temelleri ve pratik uygulama becerilerini içeren çok yönlü bir disiplindir. Ancak üniversitelerde verilen inşaat mühendisliği eğitiminde teorik temeller ile pratik beceriler arasında sıkça görülen kopukluklar hem sektördeki verimlilik için hem de yeni mezun öğrencilerin istihdamı için önemli bir sorun haline gelmektedir (Kwan, 2016; Leong & Elleithy, 2016; Turnbull, 2019). Üniversitelerdeki teorik eğitim genellikle matematiksel modeller, yapısal analiz yöntemleri ve mühendislik prensipleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Örneğin öğrencilere, bir yapıya yük ettiğinde nasıl davranış gösterdiği, bir yapının projelendirilmesinde nelere dikkat edildiği, zemin ve temelin yük altındaki davranışları, malzemenin teknolojik ve yapısal özellikleri gibi kapsamlı teorik bilgiler verilmektedir. Üniversitelerde teorik eğitimin yanı sıra laboratuvar çalışmaları, teknik geziler, staj gibi uygulama odaklı etkinlikler düzenleniyor olsa da bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde yaşanan sorunlar, genellikle sınırlı sürelerde ve düşük yoğunlukta oluşu, öğrencilerin teorik bilgilerini sahada uygulanabilir pratik becerilere dönüştürebilmelerini engellemektedir (Boz & Toğan, 2021).

Teknolojinin hızlı gelişimi, özellikle Z kuşağının eğitimden beklentilerini de değiştirmiştir. Klasik tebeşir-tahta sistemine dayalı eğitim metotları, bilgiye hızlı ve doğrudan erişim sağlamaya alışık olan bu neslin öğrenme tarzına hitap etmemektedir (Kuleto vd., 2021). Z kuşağı, bilgiye erişimde klasik kütüphane ortamının aksine web, bilgisayar, tablet ve akıllı telefon gibi teknolojik araçları tercih etmektedir. Bu nedenle, eğitim süreçlerine dijital teknolojilerin entegre edilmesi kaçınılmaz bir zorunluluk haline gelmektedir (Kofoğlu vd., 2019).

Günümüz inşaat mühendisliği öğrencilerinin uygun pedagojik ve teknolojik yaklaşımla eğitilmesi üniversitelerin profesyonel düzeyde mühendis yetiştirme kapasitesini artırarak öğrencilerin sistematik bakış açısı kazanması, yaşam boyu öğrenme imkanı elde etmesi, nesiller arası deneyim alışverişi ve disiplinler arası iş birliği sağlanması gibi önemli konularda da eğitilmesine katkı sağlayacaktır (Samaka & Ally, 2016). Son yıllarda eğitimi destekleyici olarak kullanılan sanal gerçeklik (virtual reality, VR) tabanlı eğitim materyallerinin öğrencilerin özerk öğrenme becerilerini geliştirdiği ve öğrenme çıktılarında

önemli artışlara yol açtığı görülmektedir (Vergara vd., 2017). Ayrıca ciddi oyun tabanlı yaklaşımların da günümüz öğrencileri üzerinde önemli bir motivasyon artışı sağladığı, öğrencilerin derslere daha aktif katılım göstererek performans ve öğrenme çıktılarında artış görüldüğü tespit edilmiştir (Cheng vd., 2016). Bahsedilen sebeplerden dolayı üniversitelerde tahta tebeşir sisteminden acilen çıkılması gerektiği, teknolojik gelişmelerin takip edilip üniversite eğitime entegre edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

1.2. Problem Tanımı

Günümüz inşaat sektöründe şantiyede faaliyet gösteren bir inşaat mühendisinden; planlama, organizasyon, koordinasyon, yönetim ve denetim konularında kapsamlı bir bilgi birikimi ve beceriye sahip olması beklenmektedir (Gümüşburun, 2014). Bu becerileri doğru bir şekilde sahaya aktarabilmeleri için inşaat mühendislerinin iyi bir proje okuma becerisine de sahip olması gerekmektedir (Öktem & Deniz, 2017). Statik projeler, yapının taşıyıcı elemanlarının oluşturulmasında gerekli tüm detayları içeren bir dizi belgeler grubudur. İçerisinde yapısal analize yönelik hesaplamaların yanında, gerçekleştirilecek projedeki taşıyıcı elemanlara (kolon, kiriş, temel, perde, döşeme vb.) ait boyut, donatı sayısı, çapı, şekli ve konumu gibi önemli detaylar bulunmaktadır. Ayrıca bu detayların ayrıntılı bir şekilde gösterilebilmesi için çeşitli kesitler ve görünüşler içermektedir. Statik projelerin doğru bir şekilde okunarak tatbik edilmesi, mühendislik standartlarına uygun olarak yapının doğru bir şekilde tasarlanması ve inşa edilmesi açısından oldukça önemlidir. Projenin doğru okunamaması, yanlış inşa edilme, zaman kaybı ve maliyet artışı gibi inşaat sürecinde karşılaşılabilecek çeşitli sorunlara yol açabilir (Sambasivan & Soon, 2007). Bu nedenle, başarılı bir inşaat süreci için inşaat projelerinin detaylarına dikkatlice odaklanmak ve bunları doğru bir şekilde yorumlamak gerekmektedir (Bayat, 2020). Ayrıca yapı metrajı, şantiye yönetimi ve betonarme gibi uygulama açısından önemli olan derslerde başarının elde edilmesi için öğrencilerin proje okumayı iyi bir şekilde öğrenmesi gerekmektedir. İnşaat mühendisliği öğrencilerinin proje okuma becerileri, mesleki başarıları için de temel bir taşıyıcı unsur oluşturmakta ve mühendislik pratiğinde etkili bir şekilde faaliyet gösterebilmeleri için kritik önem taşımaktadır (Demirtürk & Tunç, 2021). Bu sebeple lisans eğitimi sürecinde, öğrencilerin üç boyutlu düşünme, düşüncelerini projeye aktarma ve projeleri okuyabilme becerilerini kazandırmaya yönelik çalışmalar önem taşımaktadır (Solak, 2022).

İnşaat mühendisliği projelerinin giderek artan karmaşıklığı, öğrencilerin teorik bilgi ile uygulama arasındaki ilişkiyi anlamalarını ve sahadaki teknik zorluklarla başa çıkma becerilerini geliştirmelerini gerektirmektedir (Moezabadi, 2024). Ancak geleneksel yöntemler sektörün dinamik yapısına ve teknolojik gelişmelere yeterince uyum sağlayamamaktadır (Litzinger vd., 2011). Bu durum, öğrencilerin mezuniyet sonrası mesleki yeterliliklerini ve özgüvenlerini olumsuz etkilemekte, sektörel verimlilik üzerinde de önemli bir baskı oluşturmaktadır (Aydınlı vd., 2020). VR teknolojisinin eğitimde kullanımı, bu sorunların çözümü için yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır (Wang vd., 2018). VR, öğrencilere teorik bilgilerinin uygulamadaki yansımalarını güvenli ve kontrollü bir ortamda deneyimleme imkânı tanır (Kazar & Çomu, 2021). Örneğin, bir inşaat projesinde karşılaşılan beklenmedik zorluklar, çevresel faktörler veya malzeme kalitesindeki farklılıklar, geleneksel sınıf ortamlarında genellikle ele alınamayan ancak saha deneyiminde kritik önem taşıyan konular arasında yer almaktadır. Bu tür sorunlarla karşılaşmayan öğrenciler, sahaya çıktıklarında teorik bilgilerini uygulama konusunda zorluk yaşayabilir ve bu da mesleki özgüven eksikliğine yol açabilir (Jonassen vd., 2006). Örneğin, beton laboratuvarında öğrenciler, ideal koşullar altında deney yaparken, sahada işçilik hataları veya hava koşulları gibi değişken faktörleri deneyimleyemezler. Benzer şekilde, yapı projelerinde çizim, okuma ve analiz yapma konusunda yeterli görünen bir öğrenci, şantiye ortamında plansız durumlarda hızlı karar alma becerisi geliştirmekte ve projedeki bilgileri doğru bir biçimde kontrol etmekte zorlanabilir. Bu eksiklikler, teorik eğitim-uygulama arasındaki kopukluğun bir yansımasıdır ve mesleki pratiklerin kazandırılmasında daha yenilikçi yöntemlerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır (Boz vd., 2022). VR teknolojisi, öğrencilerin risk taşımayan bir ortamda şantiye deneyimi edinmelerine olanak sağlayarak pratik becerilerinin gelişimine önemli katkı sunabilir (Kazar & Çomu, 2022). Bu durum, öğrencilerin mesleki yeterliliklerini artırmanın yanı sıra, inşaat sektöründe daha nitelikli mühendislerin yetişmesini de mümkün kılacaktır.

Sonuç olarak, inşaat mühendisliği eğitiminde teorik bilgi ile uygulama arasındaki kopukluk, öğrencilerin mesleki gelişimini ve sektörel verimliliği olumsuz etkileyen önemli bir sorundur. Bu sorunun çözümü uygulamalı eğitim yöntemlerinin artırılması ve yenilikçi teknolojilerin entegrasyonu ile mümkündür. VR gibi teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılması hem öğrencilerin pratik becerilerini geliştirecek hem de sektörel sorunların çözümüne katkıda bulunacaktır (Wang vd., 2022). Bu gerekçelerle sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunların hem günümüz öğrencilerin pedagojik yaklaşımına hem de sanal uygulama

ortamı yaratarak uygulama eğitimindeki eksikliğin azaltılmasında yardımcı olacağı değerlendirilmiştir.

1.3. İnşaat Mühendisliği Öğrencilerinin Uygulama Öğrenimi Becerilerini Arttırmak İçin Yapılan Çalışmalar

Eğitim alanında teknolojinin sunduğu yenilikler, inşaat mühendisliği gibi uygulamalı disiplinlerde çeşitli dönüşümler yaratmıştır. Geleneksel yöntemlerin sınırlı kaldığı uygulamalı eğitim süreçlerinin yeni nesil teknolojilerin desteğiyle daha etkili ve verimli bir hale gelebilmesi için literatürde bazı çözüm önerileri ve uygulamalar dikkat çekmektedir. Bu kapsamda, görsel-işitsel materyaller, 3 boyutlu (3D) yazıcılar, oyun tabanlı öğrenme, bina bilgi modellemesi (building information modelling, BIM), sanal ve arttırılmış gerçeklik teknolojileri, karma ve genişletilmiş gerçeklik uygulamaları gibi yöntemlerin eğitimde fark yarattığı görülmektedir (Boz vd., 2022). Aynı zamanda, VR tabanlı ciddi oyunlar, bu teknolojilerin eğitim alanındaki en yenilikçi örneklerinden biri olarak dikkat çekmektedir (Dinis vd., 2017).

Görseller, soyut kavramları somutlaştırarak, karmaşık bilgileri basitleştirerek ve öğrencilerin dikkatini çekerek öğrenme sürecini zenginleştirirler (Akbaba, 2005). Teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte, eğitimde görselliği güçlendiren araçlar da evrim geçirmiş ve günümüzde etkileyici bir çeşitlilik sunmuştur. Sınıf ortamına hareketli görüntüler ve sesler getirerek öğrenme deneyimini zenginleştiren görsel işitsel materyaller, öğrencilerin soyut kavramları somutlaştırmasına, modeller ve prototipler oluşturmaya ve yaratıcılıklarını geliştirmesine yardımcı olan üç boyutlu yazıcılar, öğrencilerin tasarım becerilerini ve problem çözme yeteneklerini geliştiren bina bilgi yönetimi sistemi, eğitimde öğrenmeyi daha eğlenceli ve etkileşimli hale getiren oyunlar ve animasyonlar, öğrencilere gerçek hayatta deneyimlemesi zor veya imkansız olan durumları sanal ortamda deneyimleme imkanı sunan sanal gerçeklik teknolojisi bunlardan en belirgin olanlarıdır.

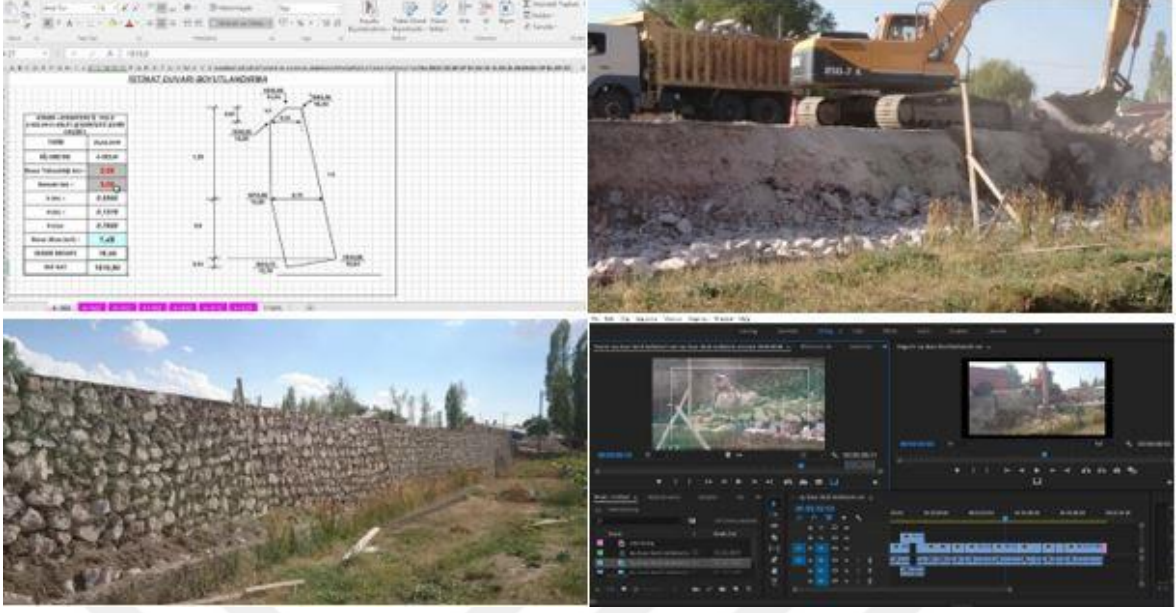
19. yüzyılın son dönemlerinde fotoğraf teknolojisine dayanan görsel-işitsel materyaller, zaman içinde köklü değişiklikler geçirmiştir. Günümüzde, videolar, animasyonlar, simülasyonlar, hareketli sunumlar, sesli slaytlar gibi yüksek kaliteli medya ürünlerinin cep telefonları, televizyonlar, bilgisayarlar ve tabletler üzerinden kolay erişilebilir olması, bu tür materyallerin kullanım alanlarının genişlemesine sebep olmuştur (Trelease, 2016). Ayrıca, internetin yaygınlaşması ve artan bant genişliği hızları, video kalitesinin tatmin edici seviyelere ulaşması, dijital platformlarda videoların kolayca

paylaşılabilmesi gibi etkenler, video materyallerini eğitimde son derece etkili bir araç haline getirmiştir (Boz & Toğan, 2021). Covid-19 pandemi döneminde de oldukça sık kullanılan videolar mekan ve zamandan bağımsız bir şekilde eğitimin devam etmesinde büyük katkı sağlamıştır (Bauer vd., 2021).

Literatürde videoların aynı zamanda eğitim hizmetlerinin yaygınlaştırılmasına, eğitimin kalitesinin yükseltilmesine, eğitimde akılda kalıcılığın sağlanmasına (Stefanova, 2014), öğrencilerin ilgisinin çekilmesine, konunun öğretilmesinde harcanan zaman ve maliyetten tasarruf edilmesine (George vd., 2019), mesleki alanlarda görüntünün yakınlaştırılabilmesiyle ayrıntıların öğrencilere gösterilebilmesine, uygulamalı eğitimin daha rahat verilebilmesine (Boz & Toğan, 2021) ve öğrencilerin istediği zaman eğitimi durdurarak istediği konuya yoğunlaşmasını sağlayabilmesine (Kay, 2012) yarar sağladığı görülmektedir. Bétrancourt & Benetos (2018), doğrudan sınıf ortamında gösterilmesi güç olan konuların öğretiminde eğitim belgeselleri ve uygulama videolarının kullanılmasının faydalı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, Bikçe vd. (2011) yürüttüğü anket, gözlem ve deney çalışmaları, gerçek yaşamdan alınmış görseller, simülasyonlar, animasyonlar ve etkileşimli anlatımlarla zenginleştirilmiş ders materyallerinin eğitime önemli katkılar sağladığını ortaya koymuştur.

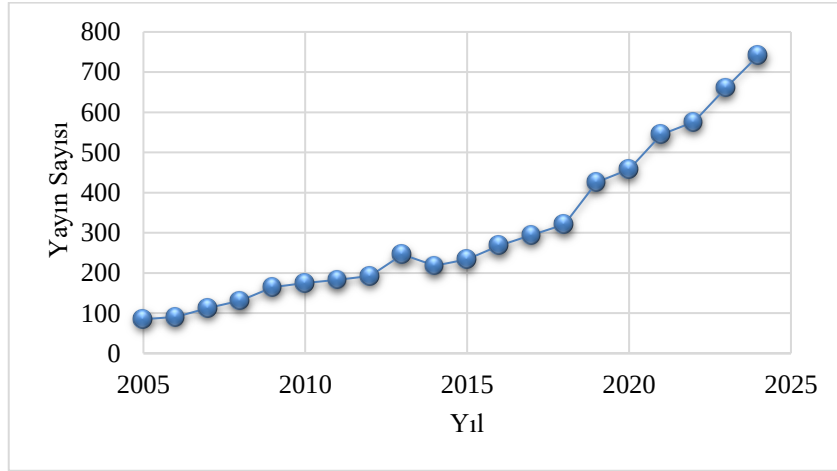
Bauer vd. (2021), Covid-19 döneminde inşaat mühendisliği eğitiminde teknoloji kullanımının gerekliliğinin daha fazla anlaşıldığını dile getirmiştir. Uzaktan eğitime destek vermesi amacıyla profesörlerden oluşan bir ekiple birlikte çevre, jeoteknik, ulaşım ve yapı mühendisliği konularını ele alan kapsamlı eğitim videoları hazırlamışlardır. Videolar ile eğitim gören öğrencilerin videoları ilgi çekici bulduğunu ve ders içeriklerini anlamalarında videoların öğrencilere yardımcı olduğunu tespit etmişlerdir.

İnşaat mühendisliği öğrencilerinin mezun olduktan sonra mesleki sorumluluklarını iyi bir şekilde yerine getirebilmeleri için uygulamalı eğitimin gerekli olduğunu ancak uygulamalı eğitimin büyük bir kısmını kapsayan stajların bu görevi tam anlamıyla yerine getiremediğini öne süren Boz & Toğan (2019), inşaat mühendislerinin mesleki uygulama alanına giren taş duvar imalatını görsel-işitsel materyaller kullanarak inşaat mühendisliği öğrencilerine aktarmıştır. Videolarda taş duvarın projelendirme aşaması, projelerdeki teknik terimler ve yapım aşamasındaki gerçek şantiye görüntüleri yer almaktadır. Çalışma sonucunda görsel-işitsel materyallerin özellikle uygulama eğitiminde kullanılabileceğini tespit etmişlerdir. Şekil 1’de yapılan çalışma ile ilgili görseller yer almaktadır.



Şekil 1. Taş duvar imalatının öğretilmesi için hazırlanan video (Boz & Toğan, 2021)

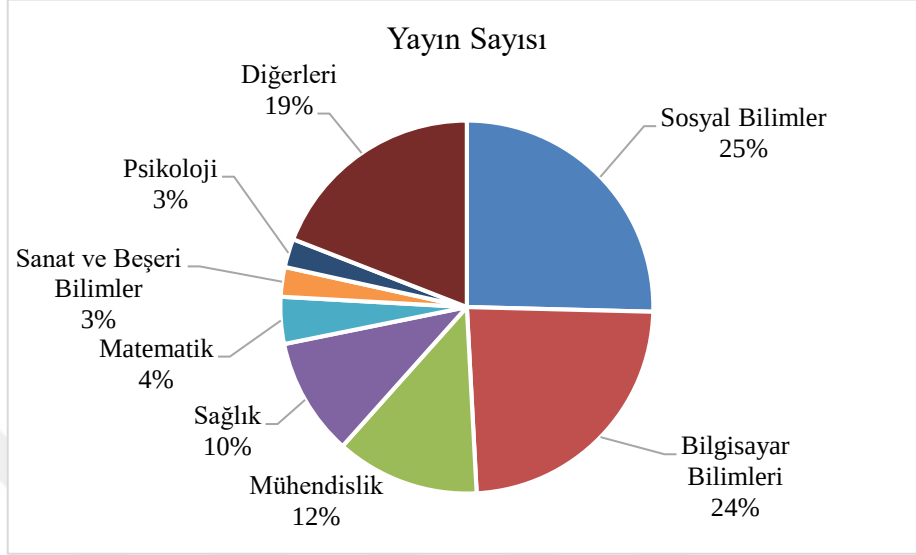
Literatürde eğitim teknolojisi alanında görsel işitsel materyallerin kullanımına dair çok sayıda yayına rastlanmaktadır. Şekil 2, Scopus veri tabanında gerçekleştirilen tarama sonucunda elde edilen, 2005-2024 yılları arasında eğitim teknolojilerinde görsel-işitsel materyallerin kullanımına ilişkin yayın sayılarını göstermektedir.



Şekil 2. Eğitimde video kullanımıyla ilgili yapılan yayın sayısı

Yapılan yayınların alanlarına bakıldığında en fazla yayının sosyal bilimler alanında yapıldığı, bunu bilgisayar ve mühendislik alanlarının takip ettiği görülmektedir. Şekil 3’de

görsel işitsel materyallerin eğitim teknolojisi olarak kullanıldığı alanların dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 3. Eğitimde videonun kullanıldığı alanlar

Mevcut araştırmalar, eğitimde video kullanımına odaklanan çalışmaların sayısının günümüzde yılda 800'e kadar ulaştığını göstermektedir (URL-1, 2025) ve konu hakkındaki ilginin giderek arttığı gözlemlenmektedir.

Videolar, özellikle karmaşık konuların anlaşılmasını kolaylaştırmada, görsel ve işitsel öğrenme stillerine hitap etmede ve öğrencilerin kendi hızlarında öğrenmelerine olanak sağlamada etkilidir. Ancak, videoların pasif bir öğrenme deneyimi sunması ve öğrencilerin etkileşimini sınırlaması dezavantaj olarak değerlendirilebilir (Li vd., 2018).

3D yazıcılar da görsel işitsel materyaller gibi uygulamalı eğitimin verilmesinde kullanılan önemli bir teknolojidir. 3D yazıcıların soyut kavramları somutlaştırma, öğrencilerin tasarımlarını gerçeğe dönüştürme ve problem çözme becerilerini geliştirme gibi avantajlar sunduğu bilinmektedir (Woo & Ju, 2018). Teknolojinin gelişmesi ile yaygınlaşan 3D yazıcılar eklemeli imalat alanında hız, tasarım olanakları, ekonomiklik ve mühendislik konularında sağladığı katkılarla trend olmayı başarmıştır. Günümüzde imalat dışında da birçok alanda kullanılmakta ve her geçen gün farklı kullanım alanlarına kavuşmaktadır (Shahrubudin vd., 2019). 3 boyutlu ders materyallerinin de üretilebileceği küçük boydaki 3D yazıcıların tabana yayılması mühendislik eğitiminde de önemli değişiklikler getirmektedir (Kökhan & Özcan, 2018). İçerisinde tasarım veya 3D görseller barındıran

mimarlık, sanat, biyoloji, kimya, jeoloji ve inşaat mühendisliği gibi alanların eğitiminde kullanılabilen 3D yazıcılar, özellikle mekanik ve teknik içerikli interaktif derslerdeki yaratıcılığın arttırılmasında önemli bir araç olarak görülmektedir (Ford & Minshall, 2019). Bu teknolojinin eğitimde etkili kullanımı sayesinde öğrenciler, tasarımlarını 3D olarak hızlı bir şekilde görebilir, perspektif görüş yeteneklerini geliştirebilir (Lantada vd., 2010), sorunları çözen fiziksel nesneler yaratma imkanı bulabilir (Wan & Syed, 2012) ve derse daha fazla ilgi gösterip eğlenerek öğrenebilirler (Schelly vd., 2015).

Tehrani vd. (2017), inşaat mühendisliği öğrencilerine multidisipliner tasarımlar yapabilmesi için 3D yazıcıların çalışma prensiplerini ve gerekli programları öğretirken, Katrenicova vd. (2020), inşaat mühendisliği öğrencilerinin geometrik algılarını yükseltmek için 3D yazıcıları eğitimde kullanmıştır. Ayrıca Kazemiroodsani & Kamat (2021) inşaat mühendisliği ulaştırma anabilim dalında yol projesi tasarımındaki arazi koşulları ve yarmadolguların daha iyi anlaşılabilmesi için 3D yazıcıları kullanmışlardır.

Özellikle mimarlık, mühendislik ve inşaat sektörlerinde devrim yaratan bir diğer teknoloji olan BIM'in de eğitimdeki rolü gün geçtikçe artmaktadır (Lassen vd., 2018). BIM, yapıların tasarım, inşaat ve yönetim süreçlerini dijital ortamda modellemek ve yönetmek için kullanılan bir teknolojidir. Yapı bileşenleri hakkında geometrik verilerin yanı sıra malzeme özellikleri, maliyet, enerji performansı gibi bilgileri de içeren kapsamlı bir veri tabanı oluşturur. Eğitimde BIM'in kullanımı, öğrencilere yapı tasarımı ve inşaatı hakkında bütüncül bir bakış açısı kazandırır (Pomares vd., 2017). BIM yazılımları aracılığıyla öğrenciler, sanal ortamda binalar tasarlayabilir, farklı disiplinlerin (mimarlık, statik, mekanik, elektrik vb.) etkileşimini analiz edebilir ve gerçek dünya koşullarını simüle ederek projelerin performansını değerlendirebilirler. Ayrıca BIM tabanlı eğitim sayesinde sağlanan üç boyutlu görsellerle, animasyon ve simülasyon gibi interaktif anlatımlarla desteklenmiş eğitim materyallerinin derslerde ileri düzeyde fayda sağladığı ortaya konulmuştur (Becerik-Gerber vd., 2011).

BIM iki boyutlu ve üç boyutlu çizimin birlikte yer aldığı, yapı elemanlarının boyutlandırılabilirdiği ve bu işlemin üç boyutlu olarak gösterilebildiği, bir yapının statik, mimari, makine ve enerji unsurlarının bir arada yürütülebildiği, yapının yapım aşamalarının gösterilebildiği ve iş programının yapılabilirdiği programlar bütünüdür (Pezeshki & Ivani, 2018). Öğrencilere sağladığı iki boyutlu bina bileşenlerini üç boyutlu olarak görebilme imkanı ve simülasyon özellikleri BIM'i pedagojik açıdan da yeni nesil bir öğrenme metodu haline getirmektedir (Sampaio, 2018). Başka bir açıdan BIM teknolojisi bina inşaatı

görmemiş öğrencilerin tüm bina süreç ve davranışlarını sayısal ve fiziksel gerçekliğe yakın bir düşünme ve uygulama ortamını sağlayabilmektedir. BIM'in sağladığı bu avantajlar sayesinde özellikle mimarlık ve inşaat mühendisliği eğitiminde kullanıldığı literatürde görülmektedir (Meterelliyoz & Özener, 2017).

Geçmişte makine-mimari-statik çakışmaların çok fazla yaşandığı projelerde BIM teknolojisi sayesinde bu çakışmaların en aza indirilmesi, zaman, maliyet, çevre gibi farklı boyutların da BIM tabanına eklenebiliyor oluşu, inşaat mühendislerinin günümüzde ve gelecekteki projeleri başarıyla yönetebilmeleri ve tasarlayabilmeleri için BIM tabanlı programları öğrenmelerini gerekli kılmaktadır. Bu sebeple de BIM tabanlı programların artık inşaat mühendisliği lisans ve lisans üstü derslere entegre edildiği de literatürde görülmektedir (Bozoğlu, 2016; Sampaio, 2018; Pomares vd., 2017).

Uygulamalı eğitimin pekiştirilmesinde kullanılan bir diğer yöntem ise arttırılmış gerçekliktir (augmented reality, AR) (Kıvrak & Arslan, 2018). AR genel amacı normal koşullarda insanların gözle göremediği ancak hayal edebileceği bilgileri sağlayarak, gerçekliğin güçlendirilmesini, desteklenmesini ve zenginleştirilmesini kapsamaktadır (Alkan & Başağa, 2023). AR gözlükleri ile nesnelerin farklı ortamlardaki durumlarına bakılabilmesi, makine parçalarının ayrıntılarına bakılabilmesi ve yapım işi kılavuzlarının işlem-sonuç adımlarına bakılabilmesi gibi imkanlar AR teknolojisini hem sektörde hem de eğitimde kullanılabilir yeni teknoloji haline getirmiştir (Albahbah vd., 2021).

Nesterov vd. (2017), AR teknolojilerinin pahalı laboratuvar ekipmanlarının yerini alabileceğini ve bu teknolojilerin öğrenci etkileşimini artırarak dikkat düzeyini yükselttiğini ileri sürmektedir. Somyürek (2014), AR uygulamalarının eğitimde kullanım alanlarını; iki boyutlu yayınlara üç boyut kazandırma, bilişsel ve psikomotor bakım/onarım süreçlerinin öğretimi, mühendislik eğitiminde araç ve malzeme bilgisi ile beceri kazandırma gibi geniş bir yelpazede değerlendirmektedir. Balak & Kısa (2016), akıllı telefonlar aracılığıyla AR teknolojisinin teknik resim derslerindeki kullanımını araştırmış ve bu teknolojinin ders kapsamında kritik bir öneme sahip olduğunu belirtmişlerdir. Li vd. (2017) ise mühendislik verilerinin analiz ve simülasyonlarının, AR platformları kullanılarak görselleştirilmesinin, yanlış öğrenme ve yorumlama hatalarını azalttığını ifade etmektedirler.

Theodossiou vd. (2018), inşaat mühendisliğinde hidroloji eğitimi için bir AR uygulaması geliştirmişlerdir. Uygulama sayesinde öğrenciler, sel ve yapıların akış rejimindeki etkisi, yağış yoğunluğu, buharlaşma-terleme gibi konular hakkında daha iyi anlama yeteneği kazanmıştır. Louis & Lather (2020), hafriyat planlamasının öğretilmesi

için bir AR uygulaması kullanmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda AR sanal alanlarının büyük ölçekli inşaat projelerinin planlanmasına ve yönetilmesine yardımcı olabileceği öne sürülmüştür. Ayrıca uygulamanın hafriyat inşaat ekipleri ve profesyonel mühendisler tarafından da kullanılabileceğinden söz edilmektedir. Waters vd. (2021) ise Villanova üniversitesi inşaat mühendisliği lisans müfredatındaki temeller, zemin mekaniği, hidrolik ve hidroloji dersleri için arttırılmış gerçeklik uygulaması oluşturmuşlardır. Bu modüllerin planlanması ve uygulanması için bölüm içerisinde birden fazla disiplinde (jeoteknik, su kaynakları ve yapı mühendisliği) öğretim üyesi çalışmıştır. Uygulamayı kullanan öğrencilerden derse katılımlarında, üç boyutlu görselleştirme becerilerinde ve uygulama becerilerinde olumlu geri dönüşler alınmasından dolayı üniversitede diğer dersler için de 3 boyutlu materyallerle eğitimin desteklenmesi hedeflenmektedir.

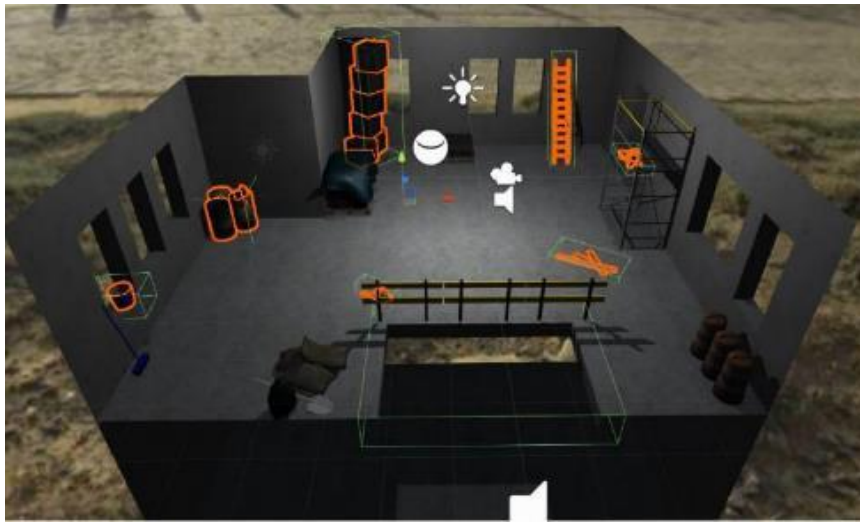
Eğitimde kullanılan en yeni teknolojilerden biri olan VR, AR'dan farklı olarak kişinin gerçek dünyada meydana gelebilecek olayları gerçek ortamdan soyutlanarak sanal bir ortamda gözlemleyebilmesine veya yapabilmesine olanak sağlamaktadır (Beh vd., 2022). Özellikle insan ve çevre için tehlike oluşturabilecek birçok alanda personel eğitimi için tercih edilen VR teknolojisinin eğitimin diğer kademelerinde de anlaşılması zor konu ve kavramların daha ilgi çekici, akılda kalıcı ve etkili bir şekilde öğrenilmesini mümkün kıldığı düşünülmektedir (Kazar & Çomu, 2021). Özellikle inşaat mühendisliği eğitiminde inşaat sahasına gitmeden deneyim elde edebilme olanağı ve teorik derslerde konu edilen malzemelerin üç boyutlu olarak görselleştirilebilmesi ve etkileşimde bulunulabilmesi hem öğrencilerin uygulama eğitimine katkı sağlayacağı hem de teorik bilgilerin daha iyi anlaşılmasına ve öğrencilerin akademik başarılarını arttırabilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

VR uygulamalarının oluşturulmasının oldukça zor ve emek isteyen süreçlerden geçtikten sonra kullanılabilmesi, toplum tabanına yayılım hızını yavaşlatmış olsa da gelişen teknolojilerle birlikte, gün geçtikçe daha popüler hale gelmekte ve alana özgü çeşitli VR uygulamaları geliştirilmektedir (Ashtari vd., 2020). Eğitime VR entegrasyonu, öğrencilerin eğitime erişim potansiyelini arttırmıştır (Balak, 2019; Kılıç, 2020). Piovesan vd. (2012), üç boyutlu sanal öğrenme ortamlarının mekânsal algıyı geliştirme potansiyeline sahip olduğunu, gerçek dünyada imkânsız veya pratik olmayan deneyimleri sanal olarak sunarak kavramsal öğrenmeyi kolaylaştırdığını, sanal ortamlarda kazanılan bilgi ve becerilerin gerçek durumlara aktarılabildiğini ve böylece öğrenmeye motivasyon ve katılım sağladığını ifade etmişlerdir. Mikropoulos & Natsis (2011), VR bir konunun temelini anlamayı

kolaylaştırdığını, soyut fikirleri somut temsillere dönüştürebildiğini ve kullanıcılara normalde deneyimleyebileceği durumlardan daha fazlasını sunabildiğini belirtmiştir. Çoruh (2011), çalışmasında Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakülteleri'nde Sanat Tarihi derslerinde VR uygulamalarının öğrenme modeli olarak kullanılmasının, öğrenci başarısı ve kalıcılık sonuçlarına etkilerini incelemiş; öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun VR teknolojilerini öğrenme modelinin yanı sıra sanat tarihi derslerinde tamamlayıcı bir araç olarak kullanmayı desteklediğini belirlemiştir.

Sampaio vd. (2010) ise VR teknolojisinin inşaat mühendisliği mesleki eğitiminde üç boyutlu modellemeye tamamlayıcı olarak entegre edilebileceğine dikkat çekmişlerdir. Bu teknolojiyle geliştirilen sanal modellerin, proje sürecine ilişkin her bir işin fiziksel ilerlemesini görselleştirme, gerekli ekipmanları inceleme ve saha uygulamalarını anlama konusunda yardımcı olduğunu ve öğrencilerin edindikleri bilgileri mesleki uygulamalarda değerlendirmelerini sağladığını vurgulamışlardır.

Özel (2019), inşaat işçilerinin şantiyelerdeki tehlikeleri tanıma kabiliyetlerini ölçmek için VR uygulaması oluşturmuştur. Uygulama içerisinde gerçek hayatta işçilerin karşılaşabileceği tehlikeler yerleştirilmiş ve işçilerin VR gözlüğü takarak sanal şantiye içerisinde dolaşması ve tehlikeleri tespit etmesi beklenmiştir. Bu şekilde işçilere verilen tehlike farkındalığı eğitimi sayesinde işçiler tehlikeli davranış ve maddeleri gerçek şantiye ortamına gitmeden deneyimlemiştir. Şekil 4'de bahsedilen uygulamada yapılan sanal şantiye örneği gösterilmektedir.



Şekil 4. Çeşitli tehlikelerin olduğu sanal şantiye ortamı (Özel, 2019)

İçten (2021) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, yayaların ve sürücü adaylarının trafik kurallarını gerçekçi bir simülasyon ortamında öğrenmelerini sağlamak amacıyla bir VR uygulaması geliştirilmiştir. Bu uygulama, doğal el hareketlerinin izlenmesini ve araçların gerçekçi davranışlarını içeren bir sanal ortam sunmaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler, VR teknolojisinin yayaların ve sürücü adaylarının trafikte karşılaşılabileceği sorunların çözümünde etkili bir araç olabileceği savını desteklemektedir.

Öğrencilerin derslerde ince yapı detayları, mekan, malzeme ve nesne ölçeği gibi uygulama konularını anlamakta güçlük çektiğine değinen Kılıç (2020), çözüm önerisi olarak iç mimarlık eğitiminde kullanılmak üzere bir şantiye tasarlayarak VR tabanlı sürükleyici öğretim modeli geliştirmiştir. Yapmış olduğu çalışmayla VR uygulamasının iç mimarlık öğretim sürecini hızlandırıcı ve öğretim kalitesini artırıcı bir etkisinin olduğunu ortaya koymuştur. Şekil 5’de tasarlanan sanal gerçeklik uygulamasıyla ilgili resim yer almaktadır.

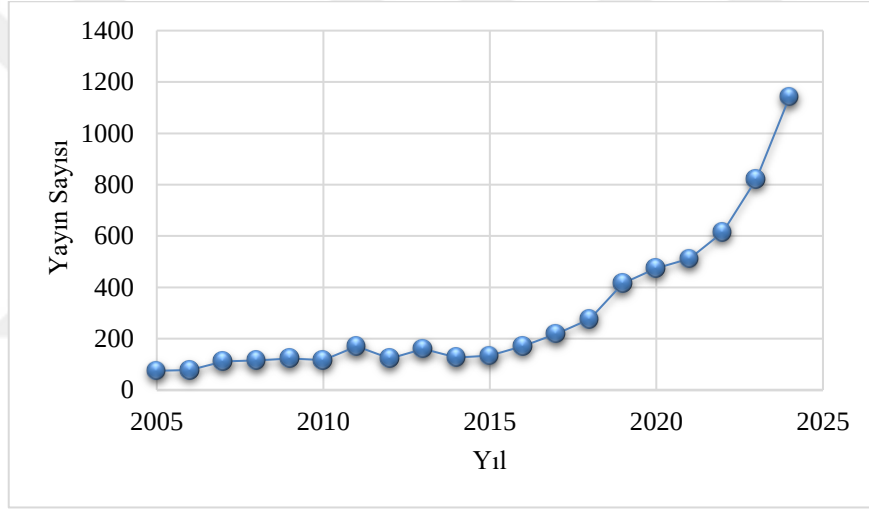


Şekil 5. İç mimarlık sanal eğitim uygulaması (Kılıç, 2020)

Araştırmalar, özellikle gerçek dünyadan uyarlanmış VR teknolojilerinin öğrenmeye yönelik yeni yollar açtığını, ilgi çekici yöntemler sunduğunu ve bu yolla öğrencilerin bilgiyi daha iyi kavramalarına olanak tanıdığını göstermiştir. Clark’a (2006) göre VR, eğitim maliyetlerini azaltırken motivasyon ve dikkat düzeyini yükselterek öğrenme sürecini daha ilgi çekici ve eğlenceli hale getirmektedir. Ayrıca gerçek dünyada imkânsız olan durumların deneyimlenmesine zemin hazırlamaktadır. Örneğin, Mars’ı keşfetmek, insan vücudu içinde

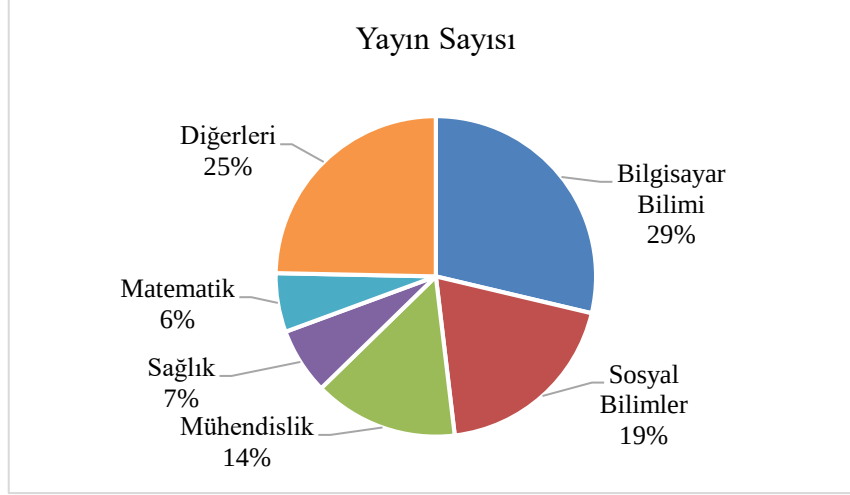
seyahat etmek, denizaltı keşifleri yapmak ya da mağaraları incelemek ya da mikroskopik yapıları görselleştirmek, uzak veya geçmişe ait tarihi mekanları deneyimlemek gibi olanaklar sunmaktadır (Piovesan vd., 2012). Foreman vd. (2003), VR uygulamalarının duyuşsal ve etkileşimli doğasının eğitim, rehabilitasyon ve bilişsel sinir biliminde popüler olmasının nedenini, sanal ortamların gerçek dünyaya kıyasla daha kontrol edilebilir bir öğrenme alanı sunmasıyla açıklamaktadır.

Literatürde eğitim teknolojisi alanında VR kullanımına dair çok sayıda yayına rastlanmaktadır. Şekil 6, Scopus veri tabanında gerçekleştirilen tarama sonucunda elde edilen, 2005-2024 yılları arasında eğitim teknolojilerinde sanal gerçeklik kullanımına ilişkin yayın sayılarını göstermektedir.



Şekil 6. Eğitimde sanal gerçeklik kullanımıyla ilgili yapılan yayın sayısı

Yapılan yayınların alanlarına bakıldığında en fazla yayının bilgisayar bilimleri alanında yapıldığı, bunu sosyal ve mühendislik alanlarının takip ettiği görülmektedir. Şekil 7’de sanal gerçekliğin eğitim teknolojisi olarak kullanıldığı alanların dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 7. Eğitimde sanal gerçekliğin kullanıldığı alanlar

Uygulamalı eğitimde kullanılabilecek bir diğer teknoloji olan karma gerçekliğin günümüzde, VR ve AR uygulamalarının her ikisini de kapsayan bir terim olarak kullanıldığı görülmektedir (Sherman & Craig, 2018). Eldeki cihazlar yerine başa takılan gözlük veya benzeri teknolojik cihazlarla uygulanan karma gerçeklik, gerçek dünyada sanal nesnelerle etkileşim kurma imkanı sağlamaktadır (Künüçen & Samur, 2021). Kullanıcı, bu tür cihazlar aracılığıyla karma gerçeklik deneyimi yaşarken, elleriyle sanal menüler veya objelerle doğrudan etkileşime geçebilmekte ve bu sayede klasik AR'dan daha yoğun bir katılım düzeyi elde edebilmektedir (Langston, 2021). Genişletilmiş gerçeklik ise diğer tüm gerçeklikleri bir araya getiren bir kavramdır. Literatürde daha az yer alan genişletilmiş gerçeklik ile insanlar giyilebilir teknoloji ile dünyanın herhangi bir yerindeymiş gibi hissedebileceklerdir (Künüçen & Samur, 2021). Gerektirdiği pahalı ekipmanlar ve nispeten AR ile VR'dan daha karmaşık teknoloji oluşları bu teknolojilerin inşaat mühendisliği eğitiminde kullanım imkanını azaltmaktadır (Ganz & Lecon, 2020).

Z kuşağı öğrencilerine sınıflarda geleneksel yöntemlerle uzun süre motive ederek eğitim vermek mümkün olmamaktadır (Szymkowiak vd., 2021). Teknolojiyle birlikte büyüyen bu jenerasyon daha esnek, interaktif ve etkileşimli bir eğitim çevresi aramaktadır (Proserpio & Gioia 2007). Görsel işitsel materyaller, 3D yazıcılar, VR, AR ve karma gerçekliğin yanı sıra oyun ve simülasyon gibi dijital araçların da bu ihtiyacı karşılayacağı düşünülmektedir (Poole vd., 2014). Yeni nesil öğrenme metotlarından birisi olan ciddi oyun tabanlı öğrenme, bireylerde yüksek motivasyon ve alışkanlık yaratmaktadır (Huang, 2013). Oyun tabanlı öğrenmede, sanal ödüller, başarı rozetleri, uygulamayı kullanan öğrencilerin

çeşitli özelliklere göre başarı sıralamalarının gösterilmesi gibi özellikler kullanıldığında öğrencinin katılımını arttırmakta, rekabet oluşturmakta ve öğrenmeyi geliştirmektedir (Alanne, 2016). Oyun ve simülasyonların getirdiği eğlenceli öğrenmenin, metin veya anlatım olarak sunulan derslere göre daha iyi bir şekilde anlaşıldığı yapılan çalışmalarla ortaya konmaktadır (Wang vd., 2016). Bilgisayar, tablet ve telefon gibi cihazların kullanım sıklığının da artmasıyla dijital oyun temelli eğitimin avantajlarının arttığı görülmektedir (Sera & Wheeler, 2017). Bu yöntem çok büyük bir yatırım gerektirmeden bilgilerin sunulması imkanını sağlarken, öğrencileri de derslere yoğun zaman ayırma yükümlülüğünden kurtarmaktadır (Kapp, 2012).

İnşaat mühendisliği eğitiminde oyun tabanlı öğrenmenin etkinliği üzerine yapılan çalışmalar, bu yöntemin öğrencilerin bilgi toplama, yaratıcı düşünme, problem çözme ve yaşam boyu öğrenme becerilerine olumlu katkılar sağladığını ortaya koymaktadır. Fatahi & Khabbaz (2015), toprak davranışı konusunda oyun tabanlı öğrenme yöntemini kullanarak öğrencilerin motivasyonunu artırdıklarını ve eleştirel düşünme yeteneklerini geliştirdiklerini gözlemlemişlerdir. Benzer şekilde Zechner & Ebner (2011), yapısal analiz dersinde oyun tabanlı öğrenme yöntemini uygulamış ve öğrencilerin öğrenme çıktılarında artış tespit etmişlerdir. Sousa (2020) ise ulaşım maliyeti ve inşaat terimleri öğreniminde oyun tabanlı öğrenmenin etkili olduğunu ancak derslerde ciddiyet eksikliğine yol açabileceğini belirtmiştir. Bu bulgular, oyun tabanlı öğrenmenin inşaat mühendisliği eğitiminde etkili bir yöntem olabileceğini ancak dikkatli bir planlama ve uygulama gerektirdiğini işaret etmektedir.

Oyunculara bir kavramı tanıtmak için kullanılan ve bu amaç için özel olarak geliştirilen ciddi oyunların eğitimdeki avantajları giderek daha fazla akademik ilgi görmektedir (Vlachopoulos & Makri, 2017). Araştırmalar, oyun tabanlı öğrenmenin öğrencilerin motivasyonunu artırdığına dikkat çekmektedir. Örneğin, Jing vd. (2023) çalışması, oyunların içsel motivasyonu teşvik ederek öğrencilerin öğrenme sürecine daha fazla katılım sağladığını göstermektedir. Ayrıca, Bazargani vd. (2021) araştırması, oyun tabanlı öğrenmenin problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirdiğini belirtmektedir. Bunun yanı sıra, Sena & Stochon (2023), oyunların bilgi tutma ve anlama düzeyini artırdığını tespit etmiştir. Son olarak, Franco vd. (2020), oyun tabanlı öğrenmenin öğrenciler arasında daha yüksek katılım ve etkileşim sağladığını ortaya koymaktadır. Bu akademik çalışmalar, oyun tabanlı öğrenmenin eğitim ortamlarında önemli bir araç olduğunu desteklemektedir. Ayrıca inşaat uygulamalarında iş güvenliği gibi tehlikeli

durumların öğretilmesinde de ciddi oyunların kullanılabileceği bu sayede risksiz bir ortamda kullanıcıların eğlenerek farkındalık kazanabileceği literatürde görülmektedir (Kazar & Çomu, 2022).

VR ve dijital oyunların birlikte kullanılması öğrencilerin daha derin öğrenme deneyimi elde etmesine, artırılmış etkileşim ve katılımı bulmasına, risk içermeyen deneyimsel öğrenme imkânına erişebilmesine ve işbirlikçi öğrenmeye vesile olmaktadır (Fitrianto & Saif, 2024). VR, oyuncuları sürükleyici ve etkileşimli bir ortama yerleştirerek gerçekçilik ve katılım duygusunu artırırken, dijital oyunlar ilgi çekici içerik, zorluklar ve hedefler sunar (Paliling vd., 2022). Bu birlikte kullanım, öğrenmeyi daha etkileşimli ve motive edici hale getirerek eğitimde kullanılabilir. Ayrıca, VR ve oyun tabanlı öğretimin birleşimi, gerçek hayattaki riskler olmadan beceri eğitimi ve terapi gibi alanlarda yenilikçi uygulamalar sağlayabilir (De Fino vd., 2023). Örneğin, cerrahlar sanal gerçeklik ve oyun tabanlı simülasyonlar kullanarak ameliyatları deneyimleyebilir, fobisi olan kişiler kontrollü bir ortamda korkularıyla yüzleşebilir ve doğal afetler anında insanların nasıl davranması gerektiği konusunda eğitim verilebilir. Aktaş (2021), sağlık hizmetleri alanında gerçekleştirdiği literatür taramasında, çalışmasına dahil ettiği makalelerin anahtar kelimelerini incelemiş ve sanal gerçeklik ile birlikte en sık kullanılan anahtar kelimenin “ciddi oyun” olduğunu belirlemiştir. Şekil 8, Aktaş’ın (2021) çalışmasında oluşturulan kelime bulutunu göstermektedir.

Mayor & Lopez-Fernandez (2021), yazılım mühendisliğinde çevik proje yönetimini öğretmeye yönelik olarak “Scrum VR” adlı VR tabanlı bir ciddi oyun geliştirmiştir. Çevik proje yönetimi, iş birliğini, hızlı yazılım teslimatını ve müşteri geri bildirimini temel alan döngüsel bir yazılım geliştirme yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Bu oyun, öğrencilerin bir yazılım geliştirme ekibinde mühendis rolünü üstlenerek çevik yöntemleri deneyimleyebileceği ilgi çekici ve eğitici bir VR platformu sunmayı amaçlamaktadır. Bu sayede, karmaşık yazılım süreçlerinde takım çalışması ve iletişim becerilerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Üniversite öğretim elemanları ve öğrencileriyle gerçekleştirilen iki değerlendirme süreci, geliştirilen oyunun belirlenen hedeflere ulaştığını ve VR tabanlı ciddi oyunların eğitimde kullanımının umut vaat ettiğini ortaya koymuştur.

Paliling vd. (2022), afet yönetimiyle ilgili VR tabanlı ciddi bir oyun geliştirmişlerdir. Oyun sistemi halkı sel felaketine karşı bilinçlendirmek ve afet anında yapılması gerekenleri öğretmek için tasarlanmıştır. Oyunda değerli eşyaları kurtarmak ve gidilmesi gereken yerler gibi görevleri içeren seviyeler içermektedir. Yapılan test ve anket sonuçlarında oyunun işlevsel olduğu ve öğrencilerin sel tepkilerini geliştirme konusunda başarılı olduğunu tespit etmişlerdir. Şekil 9’da oyunla ilgili görseller paylaşılmıştır.



Şekil 9. Selden kaçış (Paliling vd., 2022)

Franco vd. (2020), üç farklı VR tabanlı ciddi oyun geliştirmişlerdir. Oyunlar, pil bileşenleriyle etkileşimleri, elektrikli araçları sürmeyi ve üç boyutlu yapıları sanal bir akıllı elektrik şebekesinde çalıştırmayı sağlayarak benzersiz eğitim deneyimleri sunmaktadır.

Öğrencilerin konuyu daha iyi kavrayabilmeleri için oyun içerisinde çeşitli görevler ve yönlendirmeler bulunmaktadır. Öğrenciler, akademisyenler ve genel halk dahil olmak üzere çeşitli izleyiciler, VR tabanlı ciddi oyunlarla etkileşime girerek oyunları değerlendirmiş ve öğrencilerin derse katılımı, karmaşık kavramları anlaması, disiplinler arası iş birliği gibi konularda oldukça olumlu sonuçlar almışlardır. Bu da malzeme bilimi, piller ve matematiksel modellemeler gibi konuların VR tabanlı ciddi oyunlarla öğretilmesinin geleneksel yöntemle göre daha iyi olduğunu ortaya koymaktadır. Oyunlarla ilgili görseller Şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 10. Nanoviewer VR (Franco vd., 2020)

Paszkiewicz vd. (2021), dijital devreleri öğretmek için “ELIAKI VR” isminde bir VR tabanlı ciddi oyun geliştirmişlerdir. Oyun içerisinde öğrencilere dijital devreler fikri, bunların yapısı ve mantıksal uygulaması hakkında çeşitli görev ve talimatlar içermektedir. Öğrenciler, oyunda “AND”, “NAND”, “OR” gibi çeşitli mantık kapılarını kullanarak mantık devreleri oluşturmak için bir VR ortamında çeşitli görevlere katılarak öğrenme sürecini gerçekleştirmektedir. Oyunların değerlendirilmesi için simüle edilmiş devre çalışmaları ve hata tespit yolları kullanılmıştır. Bu şekilde öğrenciler hata yaptıkları problemlerin çözümlerini bağımsız olarak düzeltebilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda öğrencilerin VR tabanlı ciddi bir oyunla dijital devreleri öğrenme aktiviteleri hakkında olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Bazargani vd. (2021), coğrafi bilgi sisteminde topoloji ilişkisini öğrencilere öğretmek için “IVREG” adında VR tabanlı ciddi bir oyun geliştirmişlerdir. Eğitim tasarımı, eğlence ve öğrenmeyi dengelemek için günlük aktiviteleri, sorgulamaya dayalı öğrenmeyi, probleme dayalı öğrenmeyi ve sunum yoluyla öğretimi birleştirmeye odaklanmıştır. Çalışma prosedürü, terimleri tanıtmayı, ön testleri tamamlamayı, oyunu oynamayı, odayı keşfetmeyi, soruları yanıtlamayı ve kaçmak için ipuçlarını kullanmayı içermektedir. Oyun mekaniğinde, nesneleri kapmak, resim yapmak ve odadan kaçmak için topoloji ile ilgili soruları çözme gibi etkileşimleri içermektedir. Yapılan deneysel çalışmalarda “IVREG” öğrenme ortamının ve bileşenlerinin okullarda, özellikle de coğrafi-uzamsal konuların öğrenilmesine uygun olduğu ve öğrenmede etkili olduğu tespit edilmiştir.

Anifowose vd. (2023), enerji verimli binaların tasarımıyla ilgili “EnergySIM” isimli bir VR tabanlı ciddi oyun modeli oluşturmuşlardır. Oyun, tüm yıl boyunca güneş saati senaryosunun yanı sıra dört mevsime ait önceden simüle edilmiş bina dış yüzey ısı haritalarının tepkisini sergilemektedir. İç mekan atmosferik sıcaklık haritalaması için önceden simüle edilmiş dört farklı malzeme senaryosu (tek cam, çift cam, beton ve ahşap) da incelenmiştir. Tercih edilen etkileşim yöntemleri, kullanıcıların yalıtım kapasitesine veya ısı akışına karşı direnç dayalı olarak alternatif yapı malzemelerinin görsel değerlendirmesine de olanak tanıyan “EnergySIM”, bilginin akılda tutulması ve anlaşılmasının geliştirilmesine yönelik uygulamalı ve görsel olarak ilgi çekici bir öğrenme deneyimi sağladığı görülmüştür.

Gervasi vd. (2023), öğrencilere çeşitli üç boyutlu nesneleri tanıyabilmesi ve gözlemleyebilmesi için VR tabanlı bir platform geliştirmişlerdir. Öğrencilerle yapılan deneysel çalışmada VR platformunun öğrencilerin üç boyutlu nesneleri öğrenmesine katkıda bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Soto-Martin vd. (2020), tarihi yapıların mimari tasarımını öğretmek için VR tabanlı bir platform oluşturmuşlardır. Oyun, kullanıcıların mimari ve sanatsal bilgileri içeren kültürel miras alanını gerçek zamanlı olarak keşfetmesine, gözlemlemesine ve etkileşime girmesine olanak tanımıştır. Şekil 11’de oyunla ilgili görseller yer almaktadır.



Şekil 11. Tarihi binalar (Soto-Martin vd., 2020)

Gross vd. (2023), kıyı bitki örtüsü ve tür dağılımındaki değişiklikleri öğrencilere gösterebilmek için VR tabanlı ciddi bir oyun geliştirmişlerdir. Oyun, hava değişikliği, rüzgar, dalgalar, kirlilik ve iklim değişikliğiyle bitki örtüsünün değişimini görselleştirilerek yer bilimi eğitimine katkı sağlamıştır.

Khan vd. (2021), çocukların yol güvenliği konusunda eğitildiği ve tatbikatlara dahil edildiği, VR tabanlı ciddi bir oyun geliştirmişlerdir. Sanal bir ortamda çocukların trafik kurallarını öğrenmesine ve dış ortama maruz kalma riski olmadan evlerinde bunları uygulamasına olanak tanıyan oyunda, interaktif ve sürükleyici eğitim ortamında çocukların karıştığı trafik kazalarını en aza indirmeyi ve sağlık sektörünün genel alanına katkıda bulunmayı hedeflenmektedir. Güvenliği sağlamak için önerilen sistem, çocukların yeteneklerinin değerlendirilmesi için çocukların belirlenen puanları olarak belirli kriterleri yerine getirmesi beklenmektedir. Deneysel sonuçlar, önerilen sistemin çocukların karşıdan karşıya geçme davranışlarını iyileştirmedeki olumlu etkisini göstermektedir.

Shi vd. (2023), birden fazla katılımcının sürüş davranışını incelemek için tasarlanmış bir ortak simülasyon platformunun geliştirilmesini ele almaktadır. Hazırlanan platform, sürüş senaryolarının simüle edildiği ve sürücü davranışlarının analiz edildiği sürükleyici bir ortam sunmaktadır ve akıllı ulaşım sistemleri, insan faktörleri ve trafik güvenliği gibi alanlarda, kolektif zeka tabanlı çözümlerin değerlendirilmesinde düşük maliyetli ve risksiz bir araç olarak kullanılabilir. Çalışma, trafik yoğunluğu, hava koşulları ve sürücü etkileşimleri gibi faktörlerin analizine olanak tanıyan gerçekçi sanal ortamların önemini vurgulamaktadır.

O'Grady vd. (2021), inşaat sektöründe döngüsel ekonomi bağlamında gelişmiş öğrenme ve deneyim sağlamak için bir VR yaklaşımı geliştirmişlerdir. Bu yaklaşım, oyun tasarımının BIM'den türetilen bir dijital ikizle birleştirilmesiyle tasarlanmış bir prototip binayı içermektedir. Önerilen VR ortamı, yaşam döngülerinin sonunda tedarik zincirine yeniden entegre edilebilen malzeme ve bileşenlerin görsel bir temsilini, malzeme çıkarma prosedürlerini ve malzeme kaynaklarını göstermektedir. Bina tasarımcılarına döngüsel ekonomi prensipleriyle uyumlu stratejileri görselleştirmeleri ve uygulamaları için bir platform sağlayan oyunla ilgili görseller Şekil 12'de sunulmuştur.



Şekil 12. Döngüsel ekonomi (O'Grady vd., 2021)

De Fino vd. (2023), bireylerin yavaş gelişen veya ani afetlere karşı duyarlı davranışlar geliştirmelerine yardımcı olmak ve böylece daha dirençli insan-kent etkileşimleri yaratmak amacıyla VR tabanlı bir ciddi oyun prototipi geliştirmişlerdir. Bu prototip, kentsel açık alanlardaki farklı tehlike senaryoları için tasarlanmış, güvenliği ve sürdürülebilirliği artıran etkileşimleri teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Oyun, yüzey sıcaklıklarının simülasyon tabanlı analizlerini, düşen enkazın boyutunu, sıcak hava dalgaları ve depremler için müdahale stratejilerini içeren bilgilendirici içerikler sunmaktadır. Ek olarak, kalabalık hareketini güvenli bir şekilde yönlendirmek için senaryolar ve kullanıcıların yapması gereken bazı görevler içermektedir. Prototipin nihai hedefi, kentsel ortamlar için insanları hem kritik afet durumları hakkında eğitmek hem de can kaybını azaltma stratejilerini iletmek için uyarlanabilir ve ölçeklenebilir bir araç sağlamaktır. Bu yaklaşım, kentsel ortamlarda meydana gelebilecek çeşitli afetleri ele almak için eğitim ve farkındalık çabalarını desteklemektedir. Oyun prototipi ile ilgili görseller Şekil 13'de sunulmuştur.



Şekil 13. Afet eğitimi (De Fino vd., 2023)

1.4. Tezin Amacı ve Kapsamı

İnşaat mühendisliği eğitiminde, öğrencilerin uygulama öğrenimi becerilerinin geliştirilmesi noktasında üniversitelerin sunduğu imkanların staj, teknik gezi ve laboratuvar çalışmalarıyla sınırlı kalması, literatürde sıklıkla vurgulanan bir yetersizlik olarak dikkat çekmektedir (Zhou & Wang, 2019; Boz & Toğan 2021; Carvajal vd., 2024). Sektörün inşaat mühendislerinden beklediği temel yetkinliklerden biri olan statik projelerin okunması ve yorumlanması konusunda öğrencilerin teorik bilgi ile pratik uygulama arasında bağlantı kurmakta güçlük çektiği ve bunun eğitim sürecinde bir eksikliğe yol açtığı ifade edilmektedir (Demirtürk & Tunç, 2021; Murray, 2024; Zubair vd., 2024). Literatürde bu soruna yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde, öğrencilere üç boyutlu düşünme, uygulamalı öğrenme ve teorik bilgileri pratiğe dönüştürme becerilerinin kazandırılmasında çözüm önerilerinin sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu bağlamda, proje okuma becerilerinin geliştirilmesi için ciddi oyun tabanlı VR uygulamalarının eğitim süreçlerine entegre edilmesi önemli bir ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir. Bu tez çalışmasında, öğrencilerin statik projelerde yer alan elemanları bir bina içerisinde nasıl konumlandıracağını ve bu elemanların fiziksel görünümünü gerçekçi bir şekilde kavrayabilmesini sağlamak amacıyla, VR tabanlı bir ciddi oyun modeli geliştirilmesi hedeflenmektedir. Söz konusu model, öğrencilerin statik projelerdeki çizimlerin hangi yapı elemanlarına karşılık geldiğini anlamalarına, yapı elemanlarının ve donatıların sayısını, boyutlarını ve türlerini tespit edebilmelerine yönelik rehberlik eden görevler içermektedir. Ayrıca, projedeki kesit ve profil detaylarının üç boyutlu bir şantiye ortamında görselleştirilmesiyle öğrencilerin teorik bilgilerle uygulamayı birleştirebilmeleri amaçlanmaktadır.

Geliştirilen bu program sayesinde, öğrencilerin proje okuma becerilerinin yanı sıra teorik ve uygulama bilgilerini bağdaştırabilme, üç boyutlu düşünme ve hayal edebilme gibi

mühendislik eğitiminde kritik öneme sahip yetkinliklerinin artırılması sağlanacaktır. Böylece, öğrencilerin eğitim süreçleri ve mesleki başarıları üzerinde olumlu bir etki yaratılması hedeflenmektedir.

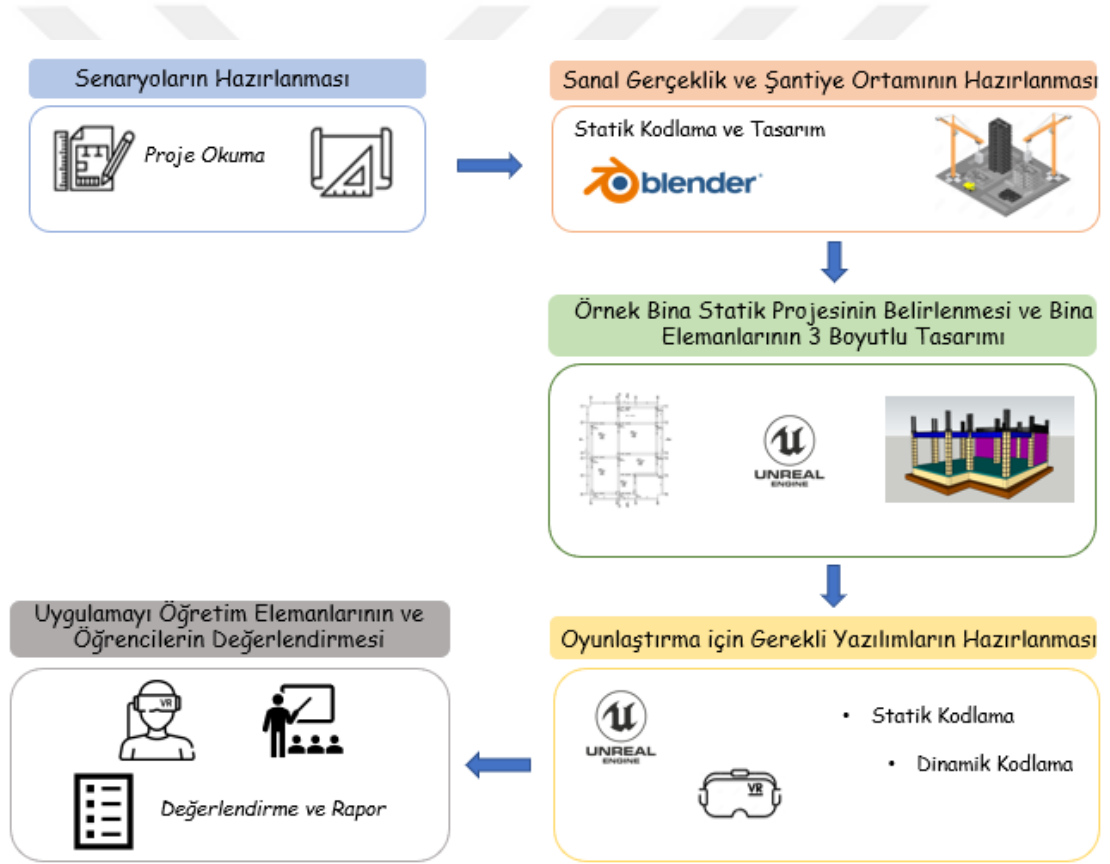
1.5. Tezin Kısıtlamaları

Bu çalışmada, inşaat mühendisliği öğrencilerinin statik proje okuma becerileri ile bir binanın yapım aşamalarını anlama düzeyleri incelenmiştir. Araştırma, Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 3 ve 4. sınıf öğrencileri ile inşaat ve mimarlık bölümlerinde görev yapan akademisyenler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, geleneksel yöntemlerle (teknik gezi, laboratuvar uygulamaları, staj gibi) uygulama eğitimi almış öğrencilerin proje okuma becerilerinin değerlendirilmesi ve bu becerilerin VR teknolojisi ile desteklenerek yeniden analiz edilmesidir. Bu kapsamda, en az bir staj deneyimine sahip inşaat mühendisliği öğrencileri, deney grubu olarak seçilmiştir. Bu kısıtlama, öğrencilerin uygulama odaklı bir altyapıya sahip olmalarını ve çalışmada incelenen becerilerin geliştirilmesine yönelik karşılaştırmaların sağlıklı bir şekilde yapılmasını sağlamak amacıyla belirlenmiştir.

1.6. Araştırma Yöntem Özeti

Bu çalışmada, inşaat mühendisliği öğrencilerinin statik proje okuma becerilerini geliştirmek ve konut tipi bir yapının kaba inşaat aşamalarını deneyimsel olarak öğrenmelerini sağlamak amacıyla VR tabanlı ciddi oyun uygulaması geliştirilmiştir. Uygulama geliştirme süreci, öğrencilerin proje okuma becerilerini destekleyen ve karkas binanın yapım aşamalarını içeren bir senaryo oluşturulmasıyla başlamıştır. Gerçek hayatta kullanılan 2 katlı bir konut projesi örnek olarak seçilmiş ve bu projedeki kolon, giriş, döşeme, dolgu temel, perde duvar gibi yapı elemanları, SketchUp ve Blender programları kullanılarak üç boyutlu olarak modellenmiştir. Daha sonra, Unreal Engine 5 oyun motorunda gerçekçi bir şantiye ortamı oluşturulmuş ve tasarlanan 3 boyutlu modeller bu ortama entegre edilmiştir. Yapının donatı, beton ve kalıp gibi bileşenleri senaryoya uygun olarak öğrenciler tarafından etkileşimli bir şekilde sökülüp takılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Senaryoya göre öğrencilerin, oyunda ilerlerken binanın yapım aşamalarına göre statik projeyi okuyarak ve yorumlayarak yapıyı tamamlama görevlerini yerine getirmesi planlanmıştır. Bu görevler, statik proje okuma becerilerini pekiştirmek amacıyla projedeki farklı noktalardan seçilen

sorular ve seçenekler üzerinden kurgulanmıştır. Uygulamanın etkinliğini ve kullanıcı memnuniyetini değerlendirmek için, inşaat mühendisliği ve mimarlık alanında uzman 11 öğretim elemanı ve 51 inşaat mühendisliği öğrencisinden oluşan bir gruba oyun denettirilmiş ve ardından anket uygulanmıştır. Elde edilen veriler analiz edilerek uygulamanın eğitimde kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda, öğrencilerin etkileşimli bir ortamda statik projeleri inceleyebilme ve analiz edebilme becerilerini geliştirmelerine olanak sağlayan VR tabanlı ciddi bir oyun ortaya konmuştur. Geliştirilen uygulamanın, öğrencilerin statik proje okuma becerilerini artırarak gelecekteki mesleki başarılarına katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Projenin amacına ulaşabilmesi için takip edilecek adımlar Şekil 14’de verilmiştir.

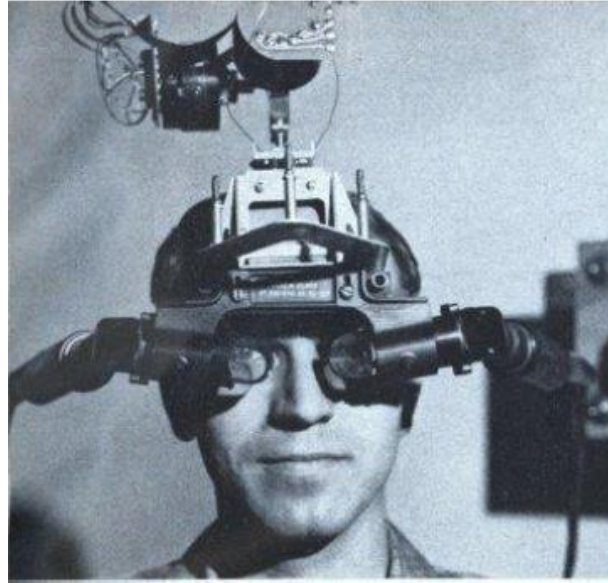


Şekil 14. Yöntem özeti

1.7. Sanal Gerçeklik (VR)

VR bireylerin fiziksel dünyadan ayrılarak dijital olarak oluşturulmuş bir ortamda etkileşim kurmasını sağlayan bir teknoloji olarak tanımlanabilir (Moshell vd., 2002). Bu teknoloji, bilgisayarlar tarafından oluşturulan üç boyutlu sanal ortamların, kullanıcının görsel, işitsel ve hatta dokunsal duyularını manipüle ederek fiziksel dünyadan bağımsız bir gerçeklik hissi yaratması üzerine temellenir (Gigante, 1993).

Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler sayesinde VR teknolojisi, daha geniş kitleler tarafından erişilebilir hale gelmektedir. VR teknolojisinin son dönemdeki yükselişinde en önemli etkenlerden biri olan ince ekranların ortaya çıkmasından önce, donanım tamamen farklı (Şekil 15) olsa da 1950'lerden itibaren VR ekipmanlarıyla deneyler yapılabilmektedir. O dönemde başa takılan stereo ekranlar, baş takibi kapasitesi ve bilgisayar tarafından oluşturulan görüntülerin kalitesi, günümüzde tanık olunanlarla karşılaştırıldığında oldukça düşüktür (Sutherland, 1968). 1980-90'larda ekranların ve elektromanyetik izleme teknolojisinin gelişmesiyle VR teknolojisi yeniden gündeme gelmiş olsa da akademisyenlerin, mühendislerin ve iş insanlarının ilgisi ve çalışmaları VR'ı halka açık hale getirmek için yeterli olmamıştır (Slater & Sanchez-Vives, 2016).



Şekil 15. İlk sanal gerçeklik çalışmaları (Sutherland, 1968)

Günümüzde büyük teknoloji markalarının VR teknolojilerine olan yüksek ilgisi, maliyetlerdeki azalmalar ve sanal gerçeklik gözlüklerinin tabana yayılma hızının artması tekrar bu teknolojinin imkanlarından yararlanma fırsatı doğurmuştur (Chen & Zhong, 2024).

VR sistemlerinin çalışma prensiplerini anlamak için kullanılan cihazlar, veri işleme teknikleri ve insan duyularını manipüle etme yöntemlerini detaylı olarak incelemek gerekir. VR deneyiminin temelinde özel tasarlanmış donanım cihazları yer alır. Bu cihazlar, kullanıcıyı sanal bir ortama taşıma işlevini yerine getirir (Gutierrez vd., 2008). VR’da en yaygın kullanılan cihazlardan biri olan Başa Takılan Ekran (Head Mounted Display, HMD), kullanıcıya stereoskopik görüntüler sunar (Alfano & Michel, 1990). Her iki göze ayrı ayrı bir görüntü gösterilir ve bu görüntüler bir araya geldiğinde üç boyutlu bir derinlik hissi oluşturur. Ekranların çözünürlüğü, yenileme hızı ve görüş alanı (Field of View, FOV) gibi özellikler, deneyimin gerçekçiliğini doğrudan etkiler. Örneğin, 90 Hz’in üzerindeki yenileme hızları, gözlerin doğal algılamasına daha yakın bir deneyim sunarak rahatsızlık hissini azaltır (Zheng, 2015).

VR deneyimleri, kullanıcıya gerçekçi ve etkileşimli bir ortam sunmak için hem yazılımsal hem de donanımsal bileşenlerin entegre çalışmasını gerektirir. Donanım bileşenleri arasında kullanıcı etkileşimini ve gerçeklik algısını sağlayan temel bileşenler, izleme sistemleri, haptik cihazlar, ses sistemleri vb. gibi öğelerdir (Zhang, 2024).

İzleme sistemleri, kullanıcının hareketlerini algılayarak sanal dünyadaki etkileşimi sağlayan sistemlerdir ve VR deneyiminin önemli bir parçasıdır. İzleme teknolojisi, genellikle dıştan izleme ve içten izleme olarak iki ana kategoriye ayrılır. Dıştan izleme, kameralar veya sensörler kullanılarak HMD’nin ve kontrol cihazlarının hareketinin dış ortamdan algılanmasıdır. İçten izleme ise HMD’nin üzerindeki sensörlerin çevredeki referans noktalarını kullanarak kullanıcının hareketlerini algılamasıdır. İzleme teknolojisi, kullanıcının baş hareketlerini (baş dönme, yana eğilme, sağa/sola dönme) ve konum hareketlerini (x, y, z eksenlerindeki yer değiştirme) takip eder (Lai, 2024).

Haptik cihazlar ve veri eldivenleri, kullanıcıların sanal nesnelerle fiziksel bir etkileşim kurmasını sağlayan cihazlardır. Haptik geri bildirim (dokunsal uyarılar), titreşim veya basınç yoluyla dokunma hissi yaratır. Veri eldivenleri ise el hareketlerini takip ederek kullanıcının sanal ortamda nesneleri tutmasını, hareket ettirmesini veya farklı eylemler gerçekleştirmesini mümkün kılar (Shin vd., 2023).

VR’da ses, deneyimin sürükleyiciliğini artıran önemli bir unsurdur. 3D ses teknolojisi, seslerin mekansal olarak doğru bir şekilde algılanmasını sağlar (Potter vd., 2022). Örneğin,

bir nesne kullanıcının sağ arkasında bulunuyorsa, bu nesneden gelen sesler sağ kulaktan daha önce ve daha yüksek duyulur.

VR teknolojinin yazılımsal bileşenleri ise donanım bileşenlerinin sağladığı verileri işleyen ve kullanıcıya gerçek zamanlı bir deneyim sunulmasını sağlayan teknolojik araçlardır. Bu süreçte kritik rol oynayan teknolojiler ise grafik işleme, render teknolojisi, sensör fizyonu, fizik motorları, görsel, işitsel ve dokunsal algıyı manipüle eden yazılımlar gibi teknolojilerdir (Onyesolu & Eze, 2011).

Sanal dünyayı oluşturan grafikler, grafik işleme birimleri (GPU) tarafından gerçek zamanlı olarak işlenerek yüksek kaliteli görsellerin kullanıcıya sunulabilmesine imkan tanır (Anthes vd., 2016). Grafik motorları, (Unity, Unreal Engine vb.), sanal ortamın ıııklandırılması, gölgelendirilmesi ve nesne etkileşimleri gibi detayları ayarlanmasını sağlar (Freiknecht vd., 2016). GPU'lar, özellikle VR uygulamalarında gecikme süresini düşük tutarak deneyimin akıcı olmasını sağlar. Genellikle 2,38 milisaniyeden daha az bir gecikme süresi, kullanıcıların hareketleriyle görseller arasındaki senkronizasyonu korumak için gereklidir (Zheng, 2015).

Sensör fizyonu, birden fazla sensörden gelen verilerin birleştirilmesiyle kullanıcı hareketlerinin doğru bir şekilde algılanmasını sağlayan bir tekniktir. Örneğin ivme ölçerler, jiroskoplara ve manyetometreler gibi cihazlardan elde edilen veriler, kullanıcının baş hareketlerinin hassas bir şekilde izlenmesine yardımcı olur (Lai, 2024).

VR ortamındaki nesnelerin gerçekçi bir şekilde hareket etmesini ve etkileşimde bulunmasını sağlayan fizik motorları, kullanıcı deneyiminin inandırıcılığını artırır (Shin vd., 2023). Örneğin, bir sanal nesnenin yer çekimine uygun olarak düşmesi veya bir duvara çarptığında tepki vermesi, fizik motorları tarafından simüle edilir.

VR teknolojisi, son yıllarda kaydedilen önemli donanım ve yazılım gelişmeleri sayesinde daha geniş kitleler tarafından erişilebilir hale gelmiştir (Anthes vd., 2016). Özellikle Oculus Rift, HTC Vive ve PlayStation VR gibi güçlü ve görece uygun fiyatlı VR başlıklarının yanı sıra, “all-in-one” olarak adlandırılan ve bağımsız çalışabilen VR başlıklarının da piyasaya sürülmesi bu teknolojinin yaygınlaşmasında önemli bir rol oynamıştır (Coburn vd., 2017). Şekil 16’da gösterilen Meta Quest 3, bu tür başlıklara bir örnek olup bu tez çalışmasındaki deneysel çalışmalarda da kullanılmış olan başlıktır.



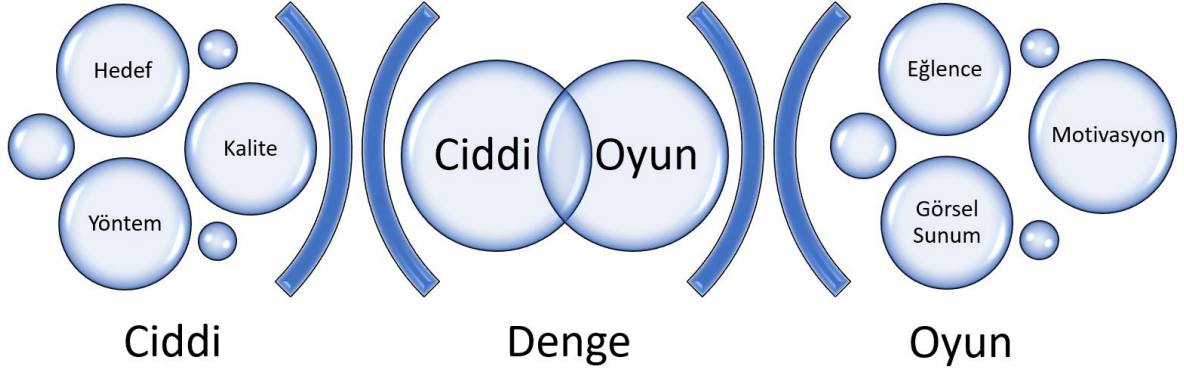
Şekil 16. Oculus quest 3

1.8. Eğitsel Oyun Tasarımı ve Ciddi Oyunlar

Eğitsel oyun tasarımı, belirli bir veya birden fazla öğrenme hedefini desteklemek amacıyla oyun mekaniklerinin ve oyunlaştırma unsurlarının kullanıldığı bir süreçtir (Amory & Seagram, 2003). Bu oyunlar belirli bir konuyu öğretmek, beceri geliştirmek veya belirli bir davranışı teşvik etmek amacıyla tasarlanır. Oyunun eğlenceli yapısı, öğrenmeyi daha ilgi çekici ve motive edici hale getirerek öğrencilerin aktif katılımını ve bilginin kalıcılığını artırmayı hedefler (Lameras vd., 2017).

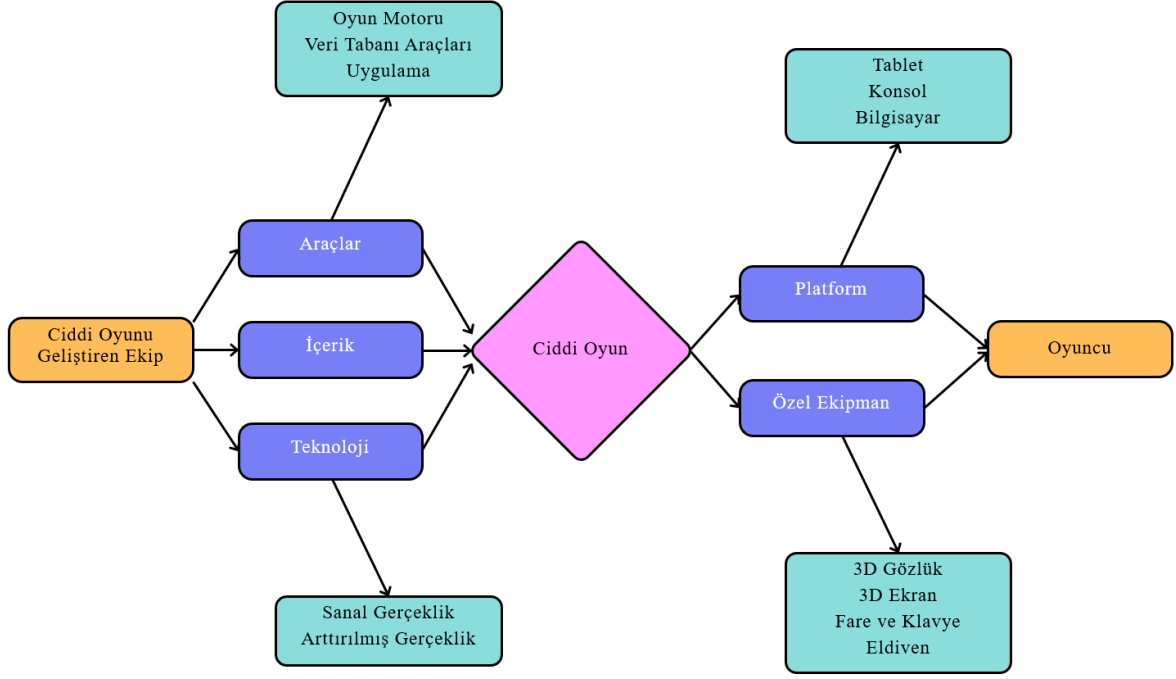
Eğitsel oyunların kökleri, antik çağlara kadar uzanmaktadır (Smith, 2009). Ancak modern anlamda eğitsel oyunların gelişimi, 20. yüzyılın ortalarında bilgisayar teknolojisinin ilerlemesiyle başlamıştır. İlk örneklerden biri, 1971 yılında geliştirilen “Oregon Trail” isimli oyundur (Korkusuz & Karamete, 2013). Bu oyun, oyuncuları göç eden bir ailenin yerine koyarak kaynak yönetimi ve karar verme becerilerini öğretmeyi amaçlamıştır. 1990’larda internetin yaygınlaşmasıyla, çok oyunculu çevrimiçi oyunlar ve simülasyonlar eğitim alanında daha fazla kullanılmaya başlanmıştır (Pietroszek & Tahai, 2019). Günümüzde ise, mobil cihazların yaygınlaşması ve oyun teknolojilerinin gelişmesiyle, eğitsel oyunlar daha erişilebilir ve etkileşimli hale gelmiştir. AR ve VR gibi teknolojiler, öğrenme deneyimini daha da zenginleştirme potansiyeline sahiptir (Ricciardi & De Paolis, 2014).

Eğitsel oyunlar tasarlanırken, oyunun eğlenceli olmasının yanı sıra öğrenme hedeflerine ulaşması da büyük önem taşımaktadır (Akgün vd., 2011). Bu nedenle, oyunun hedef kitlesi, öğrenme hedefleri ve oyun mekanikleri gibi unsurlar dikkatlice planlanmalıdır (Caserman vd., 2020). Ciddi oyun bölümleri arasındaki denge Şekil 17’de gösterilmektedir.



Şekil 17. Ciddi oyun bölümleri arasındaki denge

Oyunun tasarımı, hedef kitlenin yaş grubu, öğrenme stilleri ve ön bilgileri gibi faktörler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır (Granberg, 2009). Öğrenme hedefleri ise oyunun sonunda oyuncuların ne öğrenmiş olmasının beklenildiği konuya yönelik olarak net bir şekilde belirlenmelidir (Mitchell, 2012). Oyun mekanikleri, öğrenmeyi destekleyecek ve pekiştirecek şekilde tasarlanmalı ve oyuncuların motivasyonunun artırılarak öğrenme sürecine aktif olarak katılmalarını sağlamak için ödüller, puanlar ve liderlik tabloları gibi unsurlar kullanılmalıdır (Song & Zhang, 2008). Şekil 18, ciddi oyun tasarımındaki bileşenleri göstermektedir (Wattanasoontorn vd., 2013).



Şekil 18. Ciddi oyun tasarımı bileşenleri

Eğitsel ciddi oyunlar, belirli öğrenme hedeflerine sahip olmaları, pedagojik temellere dayanmaları ve değerlendirme mekanizmaları içermeleriyle diğer oyunlardan ayrılmaktadırlar (Lameras vd., 2017). Öğrenme teorilerine ve öğretim yöntemlerine dayalı olarak tasarlanan ciddi oyunların oyuncuların öğrenmelerine olan katkılarının değerlendirilebilmesi için ölçme ve değerlendirme araçlarından faydalanılmaktadır (Zin vd., 2009). Eğitsel ciddi oyunlar genellikle gerçek dünya problemlerini çözmek veya simüle etmek amacıyla kullanılmaktadır (Sawyer & Smith, 2008).

Sonuç olarak ciddi oyunlar, öğrenmeyi daha etkili, ilgi çekici ve motive edici hale getirmek için önemli bir potansiyele sahip olup geleneksel öğrenme yöntemlerini tamamlayıcı bir rol oynamakta ve öğrencilerin öğrenme deneyimini zenginleştirmektedir. Oyunlar aynı zamanda öğrencilere aktif olarak katılma, deneme yanılma yoluyla öğrenme ve problem çözme becerilerini geliştirme fırsatı sunmaktadır. Bu sebeple ciddi oyunlar, eğlence amacının ötesinde eğitim, sağlık, mühendislik ve askeri gibi farklı alanlarda da kullanıla bilinmektedir (Marsh, 2011; Almeida & Simoes, 2019).

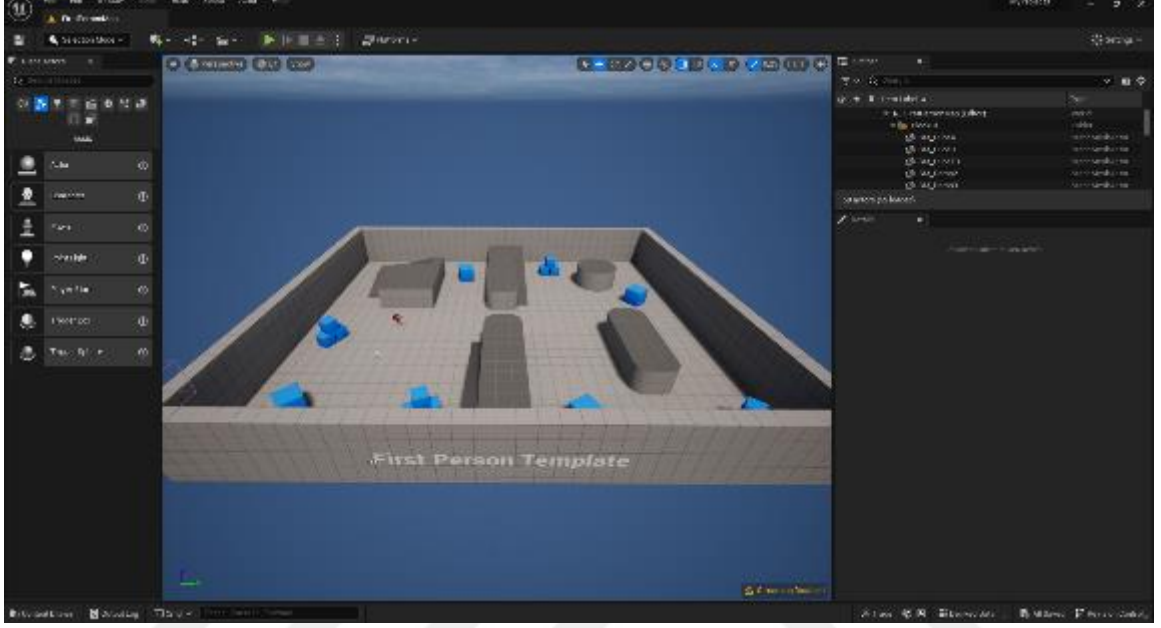
1.9. Sanal Gerçeklik Tabanlı Ciddi Oyunlarda Kullanılan Programlar

VR tabanlı ciddi oyunların geliştirilmesi, çeşitli yazılımların entegre kullanımını gerektirmektedir. Bu çalışmada, Unreal Engine oyun motoru; sahip olduğu fizik motorları sayesinde yüksek doğrulukta ve daha gerçekçi görüntüler üretmesi (Sørensen vd., 2022), Oculus Rift, HTC Vive ve Meta Quest gibi birçok VR donanımına uyumlu olması (URL-2), kod yazma gereksinimini azaltan ve hızlı prototipleme imkânı sunan Blueprint görsel programlama aracını barındırması (Wayama vd., 2022) sebebiyle tercih edilmiştir. Üç boyutlu modelleme aracı olarak düşük sistem gereksinime sahip olması, hızlı ve kolay kullanılması sebebiyle Sketchup programı tercih edilmiştir (Dimopoulou vd., 2014). Yine 3 boyutlu modelleme ve poligon sayılarının azaltılması gibi optimizasyon işlemleri için açık kaynaklı olması, gelişmiş UV kaplama süreçlerinin optimizasyonu için avantaj sağlaması (Flavell, 2011) ve Unreal Engine oyun motoruyla uyumlu olması (Shannon, 2017) sebebiyle Blender programı tercih edilmiştir. İlerleyen bölümlerde, bu yazılımların işlevleri ve çalışma içerisindeki rolleri detaylı olarak açıklanmıştır. Literatürde, Unity, Cinema 4D, Autodesk Maya ve 3ds Max gibi farklı yazılımların da VR tabanlı ciddi oyun geliştirmede kullanıldığı bilinmektedir. Çalışmanın “Diğer Programlar” bölümünde, bu yazılımlara da kısaca değinilmiştir.

1.9.1. Unreal Engine

Günümüzde oyun dünyasının en popüler ve güçlü araçlarından biri olarak kabul edilen bir oyun motoru (Alyaz & Akyıldız, 2018) olan Unreal Engine, oyun geliştirme sürecini kolaylaştırmak ve hızlandırmak amacıyla tasarlanmıştır. Epic Games tarafından geliştirilen bu oyun motoru, gerçek zamanlı 3D grafikler oluşturma, fizik simülasyonları gerçekleştirme, yapay zeka yönetme ve ses efektleri ekleme gibi birçok özelliği tek bir çatı altında toplamaktadır. Unreal Engine’in sunduğu bu imkan sayesinde oyun geliştiriciler karmaşık kodlama süreçlerine boğulmadan yaratıcı fikirlerini hayata geçirebilmekte ve kullanıcılara etkileyici oyun deneyimleri sunabilmektedirler (Šmíd, 2017). Unreal Engine’in sunduğu gerçekçi grafikler, fiziksel hesaplamalar ve etkileşimli deneyim oluşturma yeteneği temel olarak oyun geliştirme amacıyla tasarlanmış olan bu oyun motorunu, mimari görselleştirme, film ve animasyon prodüksiyonu ve VR uygulamaları gibi farklı alanlarda da kullanılan cazip bir araç haline getirmektedir (Sørensen vd., 2022).

Unreal Engine arayüzü, geliştiricilere oyun dünyalarını oluşturmak ve düzenlemek için kullanabilecekleri 3D modeller, dokular, ışıklandırma, animasyonlar ve ses efektleri gibi oyunun temel unsurlarını içeren bir “içerik tarayıcısı” sunar. Şekil 19’da Unreal Engine 5.2 ye ait arayüz yer almaktadır.



Şekil 19. Unreal engine arayüzü

Tarihçesi 1998 yılına kadar uzanan Unreal Engine ilk olarak, Epic Games’in kurucusu Tim Sweeney tarafından birinci şahıs nişancı oyunu için geliştirilmiştir. Oyunun başarısı, Unreal Engine’in de popülerlik kazanmasını sağlamış ve zamanla farklı oyun türleri için kullanılmaya başlanmıştır (Erbaş, 2023). Unreal Engine, yıllar içinde sürekli olarak geliştirilmiş ve güncellenmiştir. Unreal Engine 2, 2002 yılında piyasaya sürülmüş ve daha gelişmiş grafikler ve fizik özellikleri sunmuştur. Unreal Engine 3, 2006 yılında piyasaya sürülmüş ve oyun endüstrisinde bir standart haline gelmiştir. Unreal Engine 4, 2014 yılında piyasaya sürülmüş ve gerçek zamanlı rendering teknolojisi ve gelişmiş görsel efektler ile dikkat çekmiştir. Son olarak, 2022 yılında piyasaya sürülen Unreal Engine 5, fotogerçekçi grafikler, gelişmiş fizik simülasyonları ve daha verimli bir iş akışı sunarak oyun geliştirme dünyasında yeni bir çılgır açmıştır (Li & Xiang, 2024).

VR uygulamaları geliştirmek için de kapsamlı ve güçlü araçlar sunan bir oyun motoru olan Unreal Engine’da geliştiriciler, projelerine başlamadan önce “First Person”, “Third Person” veya “Virtual Reality” gibi farklı şablonlar arasından seçim yapabilmektedir. Bu

şablonlar, kullanıcıların uygulamalarının geliştirilme sürecini hızlandırmak ve kolaylaştırmak için önceden hazırlanmış kod yapıları ve bileşenler içermektedir (Fernandez & Joko, 2023). Ayrıca, Unreal Engine'in açık kaynak kodlu olması, geliştiricilerin motoru kendi ihtiyaçlarına göre özelleştirebilmelerini ve geniş bir topluluk tarafından desteklenen kaynaklara erişebilmelerini sağlamaktadır (URL-2). Unreal Engine, güçlü özellikleri, geniş kullanım alanları ve sürekli gelişen yapısıyla oyun geliştirme dünyasında önemli bir yere sahiptir (Fernandez & Joko, 2023). Hem deneyimli geliştiriciler hem de yeni başlayanlar için etkileyici ve yenilikçi oyunlar yaratma fırsatı sunmaktadır (URL-2).

Unreal Engine'in temel bileşenlerinden biri olan rendering motoru, gerçek zamanlı olarak 3D grafikler oluşturmaktan sorumludur (URL-2). Bu motor, ışıklandırma, gölgelendirme, dokular ve efektler gibi unsurları kullanarak gerçekçi ve etkileyici görüntüler üretmektedir. Unreal Engine 5 ile birlikte rendering motoru önemli ölçüde geliştirilmiş ve Nanite ve Lumen gibi yeni teknolojiler eklenmiştir (URL-3; URL-4). Nanite, sanallaştırılmış geometri sistemi sayesinde, geliştiricilerin detaylı 3D modeller kullanmasına olanak tanıyarak modelin karmaşıklığından bağımsız olarak, her zaman en uygun seviyede detay gösterir. Bu sayede, oyunlarda kullanılan modellerin gerçekçiliği ve görsel kalitesi önemli ölçüde artmaktadır. Lumen ise dinamik global aydınlatma ve yansımalar için kullanılan tamamen dinamik bir sistemdir (URL-3; URL-4). Lumen, ışık kaynaklarının sahnedeki tüm nesneleri nasıl etkilediğini gerçek zamanlı olarak hesaplar ve gerçekçi aydınlatma ve gölgeler oluşturur. Bu teknoloji, oyunlardaki ışık ve gölge efektlerinin kalitesini önemli ölçüde artırır ve daha gerçekçi ve inandırıcı ortamlar yaratılmasını sağlar (URL-4).

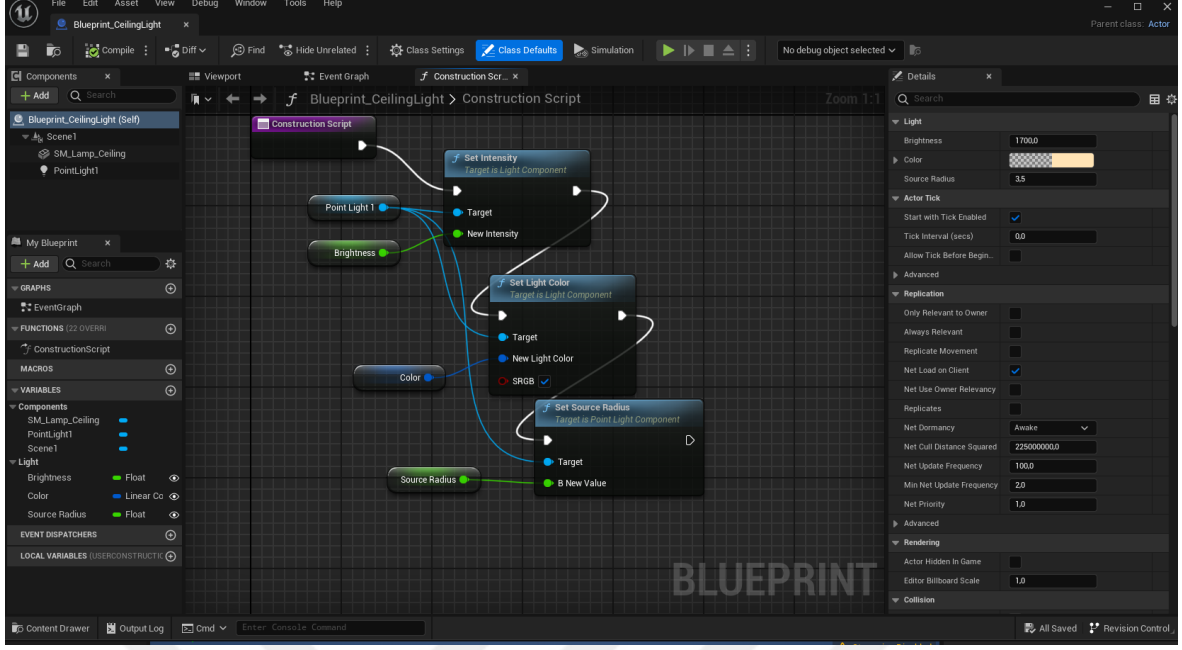
Unreal Engine 5, önceki sürümlere göre birçok başka yenilik ve geliştirme de içermektedir (URL-2). Örneğin "World Partition" seçeneği büyük ve karmaşık oyun dünyalarını daha verimli bir şekilde yönetmek için kullanılmaktadır. "Enhanced Animation Tools", daha gerçekçi ve akıcı animasyonlar oluşturmak, "MetaHuman Creator" ise gerçekçi insan karakterleri hızlı ve kolay bir şekilde oluşturmak için kullanılan bir araçlardır. Öte yandan, "Quixel Megascans Integration" fotogerçekçi çevreler oluşturmak için yüksek kaliteli tarama verilerine erişim sağlamaya yarayan bir araçken "Temporal Super Resolution" ise daha düşük çözünürlükte render alınan görüntüleri yüksek çözünürlükte görüntülemek için kullanılan bir tekniktir. Unreal Engine 5, bu yenilikler ve geliştirmeler sayesinde oyun geliştirme sürecini daha verimli, daha hızlı ve daha kolay hale getirirken aynı zamanda oyunlarda görsel kaliteyi ve gerçekçiliği önemli ölçüde arttırmaktadır (Overton, 2024).

1.9.2. Blueprint

Unreal Engine içerisindeki Blueprint sistemi, oyun geliştirme sürecini hem hızlandıran hem de kolaylaştıran görsel bir programlama aracıdır (Wayama vd., 2022). Epic Games tarafından geliştirilen bu sistem, yazılım mühendisliği deneyimi olmayan geliştiricilerin, tasarımcıların ve sanatçıların kod yazmaya ihtiyaç duymadan karmaşık oyun mekanikleri ve etkileşimler oluşturabilmesine olanak tanımaktadır (Chu & Zaman, 2021). Blueprint, Unreal Engine'in temel bir bileşeni olarak, oyun geliştirme sürecinin daha erişilebilir ve işbirlikçi hale gelmesini sağlamaktadır (Wayama vd., 2022).

Blueprint, Unreal Engine 4'ün piyasaya sürülmesiyle birlikte tanıtılmıştır ve o günden bu yana sürekli geliştirilmektedir. Bu sistemin temelinde, oyun geliştirme sürecinin hızlı prototipleme ile desteklenmesi yatmaktadır. Geliştiriciler, bir mekanik veya sistemi hızlıca oluşturabilir, test edebilir ve gerekirse anında değiştirebilirler (Chu, 2019). Blueprint sistemi, görsel bir arayüz aracılığıyla, düğümler (nodes) ve bu düğümleri birbirine bağlayan hatlarla çalışır. Bu düğümler, fonksiyonlar, değişkenler, koşullar ve diğer oyun içi olaylar gibi çeşitli işlevleri temsil eder. Birbirine bağlanan bu düğümler, oyunun işleyiş mantığını oluşturur (URL-5).

Blueprint oyun mekanikleri oluşturmak, oyuncu karakterinin hareketlerini ve davranışlarını belirlemek, yapay zeka geliştirmek, kullanıcı arayüzleri tasarlamak ve oyun içi olayları tetiklemek için de kullanılabilir (Aziz & Rizqi, 2023). Örneğin, bir oyuncunun belirli bir alana girdiğinde projelerin açılmasını sağlayacak bir sistem, Blueprint aracılığıyla tasarlanabilir. Şekil 20'de Blueprint yazılımına ait arayüz gösterilmiştir.



Şekil 20. Blueprint arayüzü

Blueprint'in bir diğer önemli özelliği, diğer programlama dillerinden bağımsız olarak Unreal Engine'in C++ tabanlı altyapısıyla tamamen uyumlu olmasıdır (Pv, 2021). Blueprint sistemi, C++ ile yazılmış kodları çağırabilir veya bu kodlarla birlikte çalışabilmektedir. Böylece karmaşık ve optimize edilmiş işlemler, C++ ile geliştirilebilirken, görsel programlama ile daha kullanıcı dostu bir şekilde oyuna entegre edilebilmektedir.

Blueprint'in faydalarından bir diğeri de yeniden kullanılabilirliktir (URL-5). Blueprint sistemi ile oluşturulan işlevler ve mantık yapıları, başka projelere kolaylıkla taşınabilir. Bu, büyük projelerde tutarlılığı sağlarken, geliştirme süresini de önemli ölçüde azaltmaktadır (Chu & Zaman, 2021).

1.9.3. Blender

Blender, özgür ve açık kaynak kodlu bir 3D grafik yazılımıdır. Blender Vakfı tarafından geliştirilen bu yazılım, 3D modelleme, animasyon, render alma, video düzenleme ve oyun geliştirme gibi çok çeşitli işlevler sunmaktadır (URL-6). Ton Roosendaal tarafından şirket içi projelerde kullanılmak üzere geliştirilen Blender, 1998 yılında kamuya açık hale getirilmiştir. 2002 yılında kurulan Blender Vakfı, yazılımın açık kaynak kodlu olarak geliştirilmesini ve topluluk tarafından desteklenmesini sağlamıştır. Bu doğrultuda Blender,

kısa sürede geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşarak dünya çapında önemli bir popülerlik kazanmıştır (Soni vd., 2023).

Unreal Engine ve Blender kendi alanlarındaki uzmanlıkları ile öne çıkmakta ve birlikte kullanıldıklarında, projelerin hem verimliliği hem de kalitesi artmaktadır. Blender, 3D modelleme, heykel (sculpting), animasyon ve UV haritalama gibi işlemler için ideal bir platform sunarken (Flavell, 2011), Unreal Engine daha ziyade oyun motoru olarak gerçek zamanlı render, fizik simülasyonları ve karmaşık sahne düzenleme gibi işlemleri kolaylaştırır (Sørensen vd., 2022). Bu nedenle, iki yazılım arasında sorunsuz bir iş akışı oluşturmak, projelerde hem zaman kazandırmakta hem de çıkıtı kalitesini yükseltmektedir. Blender’da oluşturulan nesnelerin, Unreal Engine tarafından desteklenen FBX, OBJ veya USD formatında dışa aktarılabilmesi sebebiyle Blender’da oluşturulan 3D modeller, Unreal Engine ile entegre edilerek projelerde kullanılabilir. FBX formatı, animasyonlu karakterler veya rigging yapılmış modellerde (iskelet sistemi) yaygın olarak kullanılırken, OBJ formatı daha basit ve sabit modeller için tercih edilmektedir.

Blender ve Unreal Engine arasındaki iş birliği, sadece modelleme ile sınırlı kalmamaktadır. Blender, Unreal Engine’da kullanılmak üzere animasyonlar oluşturmak için de kullanılmaktadır. Blender’da hazırlanan bir karakterin animasyon dizisi, yine FBX formatı kullanılarak Unreal Engine’a aktarılabilir, rigging süreci için Blender’da “Auto-Rig Pro” gibi eklentiler kullanılarak zamandan tasarruf edilebilir ve daha hassas hareketler elde edilebilir (Flavell, 2011).

Blender’da oluşturulan modellerin ve animasyonların Unreal Engine’da kullanılması, VR projelerinde de etkili olabilmektedir. Özellikle Unreal Engine’ın Nanite ve Lumen teknolojileri, Blender ile birlikte kullanıldığında görsel çıktıların kalitesi önemli ölçüde artmaktadır. Blender’da detaylı sahneler ve modeller oluşturulup, bu varlıklar Unreal Engine’da optimize edilerek çok daha akıcı ve etkileyici deneyimler yaratılabilmektedir. 3D modelleme yapılabilmesi nesnelerin hareketlendirilebilmesi ve bunların Unreal Engine oyun motoruna atılabilmesi Blender’ı VR tabanlı ciddi oyun yapımında önemli bir program haline getirmektedir (Shannon, 2017).

1.9.4. SketchUp

SketchUp, kullanıcı dostu arayüzü ve güçlü modelleme araçlarıyla tanınan bir 3D modelleme yazılımıdır (Cline, 2023). Özellikle mimarlık, iç tasarım, mühendislik, şehir

planlama ve oyun geliştirme gibi birçok farklı disiplin için tercih edilen bu yazılım üç boyutlu geometrik nesnelerin hızlı bir şekilde oluşturulmasına ve düzenlenmesine de olanak tanıyan araçlar içermektedir (Dimopoulou vd., 2014).

Başlangıçta mimarlık ve tasarım profesyonelleri için bir araç olarak piyasaya sürülen SketchUp 2006 yılında Google tarafından satın alınmasıyla popüleritesi hızla artmış ve daha geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşmıştır. 2012 yılında Trimble Inc. tarafından satın alınan SketchUp, bugün hâlâ Trimble’ın çatısı altında geliştirilmeye devam etmektedir. SketchUp’ın hem ücretsiz hem de profesyonel sürümleri bulunmaktadır; bu da onu farklı kullanıcı gruplarına hitap eden esnek bir seçenek haline getirmektedir (URL-7).

SketchUp’ın kullanım alanları oldukça geniştir. Mimarlık projelerinde bina tasarımı ve görselleştirme için yaygın olarak kullanılırken (Schreyer, 2015), iç tasarımcılar detaylı mobilya ve mekan düzenlemeleri yapmak için kullanır (Sitanggang vd., 2020). Ayrıca oyun ve animasyon sektöründe çalışanlar, 3D ortamlar ve varlıklar oluşturmak için bu yazılımın esnekliğinden faydalanmaktadır (Wahab vd., 2018). SketchUp ayrıca, ürün tasarımı ve prototip geliştirme süreçlerinde de sıkça kullanılmaktadır. SketchUp’ın temel işlevlerinden biri olan “Push/Pull” aracı, iki boyutlu yüzeyleri üç boyutlu nesnelere dönüştürmek için kullanılan yenilikçi bir özelliktir. Ayrıca, yazılımın içindeki malzeme kitaplığı sayesinde kullanıcılar, projelerine gerçekçi dokular ve renkler ekleyebilirler.

SketchUp’da oluşturulan modeller, Unreal Engine’e kolaylıkla aktarılabilir. Bu aktarım sürecinde, SketchUp projeleri genellikle FBX veya OBJ formatında dışa aktarılır. Unreal Engine, bu formatları destekler ve SketchUp projelerinin karmaşık sahnelere entegre edilmesine imkan tanır. SketchUp modellerini Unreal Engine’e aktarmadan önce, yüzey normallerinin doğru yönlendirildiğinden ve modeldeki geometri hatalarının temizlendiğinden emin olunmalıdır. Ayrıca, SketchUp’da kullanılan malzemeler, Unreal Engine’in PBR (Physically Based Rendering) malzeme sistemine uygun şekilde optimize edilmelidir (URL-8).

SketchUp ve Unreal Engine’in birlikte kullanımı, mimarlık görselleştirmesi ve VR projelerinde büyük avantajlar sunar. SketchUp, hızlı modelleme için ideal bir platformdur; Unreal Engine ise gerçek zamanlı ışıklandırma, fizik simülasyonları ve detaylı render seçenekleriyle projelerin gerçeğe daha yakın bir şekilde sunulmasını sağlar (Overton, 2024). Örneğin, bir mimari projenin SketchUp’da oluşturulan temel modeli, Unreal Engine’e aktarılarak sanal bir tur için optimize edilebilir. Unreal Engine, VR gözlükleri ve diğer

etkileşimli cihazlarla uyumlu çalıştığından, bu entegrasyon, kullanıcıların tasarımları interaktif bir şekilde deneyimlemesine olanak tanır.

SketchUp, hızlı modelleme ve prototip geliştirme için ideal bir araçtır ve Unreal Engine ile birleştiğinde, yaratıcı projelerin gerçek zamanlı olarak hayata geçirilmesine olanak tanıyarak kullanıcıların hem teknik hem de estetik açıdan güçlü sonuçlar elde etmesini sağlamaktadır.

1.9.5. Diğer Programlar

VR tabanlı ciddi oyun geliştirme süreçlerinde, proje ihtiyaçlarına ve farklı geliştirme aşamalarına göre çeşitli yazılımlar kullanılabilir. Unreal Engine, Unity, Blender, Blueprint ve SketchUp gibi yaygın olarak bilinen yazılımların yanı sıra, farklı amaçlar için özelleşmiş yazılımlar da mevcuttur. Bu yazılımlar, oyun geliştirme, 3D modelleme, animasyon, görsel efektler, tekstürlendirme ve AR entegrasyonu gibi alanlarda kullanıcılara yardımcı olabilir. Bu yazılımlardan bazıları aşağıda açıklanmaktadır.

Unity, oyun geliştirme ve interaktif içerik oluşturma alanında yaygın olarak kullanılan bir oyun motorudur (Xuan vd., 2020). 2005 yılında piyasaya sürülen Unity, C# programlama dilini kullanmaktadır ve Mono platformu üzerine inşa edilmiştir. Unity Editor ve Unity Engine olmak üzere iki ana bileşenden oluşur. Unity Editor, geliştiricilerin oyun dünyasını tasarlamalarına ve düzenlemelerine olanak tanırken, Unity Engine ise oyun içerisindeki fizik, grafik ve ses gibi çeşitli sistemlerin çalışmasını sağlar. Ayrıca, Unity'nin Asset Store adı verilen çevrimiçi pazar yeri, geliştiricilere önceden hazırlanmış modeller, sesler ve kod paketleri gibi kaynaklar sunarak oyun geliştirme sürecini hızlandırır (URL-9). Unity, mobil oyun pazarının büyümesiyle birlikte popülerlik kazanmış ve günümüzde VR uygulamalarından 3B animasyonlara kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır (Gabajová vd., 2021).

3B modelleme, animasyon ve görsel efektler alanında kullanılabilecek diğer önemli yazılımlar arasında Autodesk Maya, Cinema 4D ve ZBrush bulunmaktadır. Maya, özellikle film endüstrisi ve oyun geliştirme için yüksek kaliteli araçlar sunarken, Cinema 4D kullanıcı dostu arayüzü ve görsel efektlerdeki güçlü özellikleriyle öne çıkmaktadır. ZBrush ise organik modelleme ve detaylı 3B heykeltçilik için yaygın olarak tercih edilen bir yazılımdır (Hendriyani & Amrizal, 2019).

Tekstürleme alanında ise Substance Painter, 3D modeller üzerinde gerçekçi ve dinamik tekstürler oluşturmak için kullanılan güçlü bir araçtır. Adobe Photoshop da 2 boyutlu grafik tasarımı ve tekstür hazırlığı için VR projelerinde sıklıkla kullanılmaktadır (Liu, 2021). 3Ds Max, mimarlar ve mühendisler arasında popüler olan bir diğer 3D modelleme, animasyon ve render yazılımıdır (Kadirbergenovna, 2022).

Vuforia, 3D modellerin gerçek dünya ile etkileşimini sağlayarak VR projelerine AR unsurları eklemek için uygundur (Chaudhary vd., 2023). Houdini ise parametrik 3D modelleme ve simülasyon alanında uzmanlaşmış bir yazılımdır. Özellikle karmaşık simülasyonlar ve dinamik olaylar için kullanılabilen Houdini, VR projelerinde etkileşimli sahneler yaratmak ve gerçekçi efektler eklemek için tercih edilebilir (Zhang, 2024).



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, tez kapsamında geliştirilen sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunun tasarım süreci detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Öğrencilerin statik proje okuma becerilerinin geliştirilmesi ve bir binanın yapım aşamalarının etkili bir şekilde öğretilmesi konularının seçilme gerekçeleri ve seçilen konularla ilgili örnek bir projenin belirlenmesi açıklanmıştır. Seçilen projenin 3 boyutlu olarak modellenmesi aşamasında kullanılan yazılımlar ve karşılaşılan optimizasyon ihtiyaçları ile bu ihtiyaçların giderilmesine yönelik çözümler ayrıntılı olarak sunulmuştur. Öğrencilere gerçek bir şantiye ortamı deneyimi yaşatmak için sanal bir şantiye ortamının tasarımı ve kullanılan yazılımlar açıklanmıştır. Sanal gerçeklik ortamının senaryosu, öğrenci görevleri, oyun içi sorular ve cevap seçeneklerinin hazırlanması, uyarı ve yönlendirme sistemleri ile puanlama sistemi gibi oyun mekanikleri detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Çalışmada veri toplama araçları olarak ön test, son test ve Likert tipi anketler kullanılmıştır. Geliştirilen oyunun öğrenciler üzerinde denenmesi ve anketlerin uygulanması ile elde edilen verilerin analizi ve değerlendirilmesi aşamaları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyuna “StaRVR” ismi verilmiştir. Şekil 21’de StaRVR’nin oluşturulma ve tez kapsamında değerlendirilme süreci ile ilgili bir infografik sunulmaktadır.

STARVR



Şekil 21. StaRVR tasarımı ve değerlendirilmesi

2.1. Araştırma Yöntemi

Çalışma kapsamında, VR ortamında etkileşimli bir öğrenme deneyimi sunmak amacıyla öncelikle öğrencilere statik proje okuma ve bina yapım aşamalarını etkili bir şekilde öğretmek için müfredat hedefleri ve öğrenme çıktıları doğrultusunda içerik belirlenmiştir. Bu doğrultuda, öğrencilerin VR ortamında etkileşimli olarak çalışabilecekleri uygun bir statik proje seçilmiştir. Seçilen statik proje, 3 boyutlu modelleme yazılımı olan SketchUp kullanılarak VR ortamına aktarılmıştır. Modelleme sürecinde, performans ve gerçeklik hissi açısından optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu optimizasyonlar, poligon sayısının azaltılması, dokuların optimize edilmesi ve ışıklandırma ayarlarının düzenlenmesi gibi teknikleri içermektedir. Daha sonra öğrencilere gerçek bir şantiye ortamı deneyimi sunmak için sanal bir şantiye ortamı tasarlanmıştır. Bu tasarımda, Unreal Engine oyun geliştirme platformu kullanılmış ve gerçekçi bir şantiye atmosferi yaratmak için detaylı modellemeler, dokular ve ses efektleri kullanılmıştır. Eğitim sürecinin etkinliğini artırmak ve öğrenci motivasyonunu sağlamak amacıyla öğrencilerin bir inşaat projesinde aktif rol almalarını sağlayacak şekilde görevler kurgulanmıştır. Öğrencilerin görevleri, statik proje okuma becerilerini kullanmalarını, bina yapım aşamalarını anlamalarını ve karar verme süreçlerine katılmalarını gerektirecek şekilde belirlenmiştir. Görevler, öğrencilerin farklı seçenekler arasından seçim yaparak ilerleyebilecekleri ve geri bildirim alabilecekleri şekilde tasarlanmıştır. Seçenekler, öğrencileri düşünmeye ve analiz yapmaya teşvik edecek şekilde dikkatlice oluşturulmuştur. Doğru ve yanlış cevaplar, öğrencilerin öğrenme sürecini yönlendirecek ve eksikliklerini gidermelerine yardımcı olacak şekilde tasarlanmıştır. Öğrencilerin oyun içerisinde ilerlemelerini kolaylaştırmak ve motive etmek amacıyla uyarı ve yönlendirme sistemleri kullanılmıştır. Bu sistemler, öğrencilere görevleri hakkında bilgi vermekte, doğru yolu bulmalarına yardımcı olmakta ve hatalarını düzeltmelerine olanak tanımaktadır. Oyun içerisinde bir puan sistemi kullanılmıştır. Puanlar, öğrencilerin performansını değerlendirmek, rekabet ortamı yaratmak ve öğrenme motivasyonunu artırmak için kullanılmıştır. Oyun arayüzü, kullanıcı dostu ve kolay anlaşılır olacak şekilde tasarlanmıştır. Öğrencilerin oyun içerisinde rahatça gezinmelerini ve etkileşimde bulunmalarını sağlamak için gerekli tüm bilgiler ve kontroller arayüzde yer almaktadır. VR ortamında etkileşimli bir deneyim sunmak için oyun içerisindeki bazı parçalar takılabilir hale getirilmiştir. Bu özellik, öğrencilerin bina yapım sürecini daha gerçekçi bir şekilde deneyimlemelerine olanak tanımaktadır. Geliştirilen VR uygulamasının etkililiğini

değerlendirmek için ön test, son test ve Likert tipi anketler kullanılmıştır. Ön test, öğrencilerin mevcut bilgi ve beceri düzeylerini belirlemek amacıyla uygulanmıştır. Son test ise, VR uygulaması ile öğrenme sonucunda elde edilen kazanımları ölçmek için kullanılmıştır. Likert tipi anketler, öğrencilerin VR uygulamasına yönelik görüşlerini ve memnuniyetlerini değerlendirmek amacıyla uygulanmıştır. Ön test, son test ve anketlerden elde edilen veriler, istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu analizler, VR uygulamasının öğrenci başarısı ve memnuniyeti üzerindeki etkisini belirlemek ve uygulamaya yönelik iyileştirme önerileri geliştirmek amacıyla kullanılmıştır. Özetlenen yöntemin detayları aşağıda verilmektedir.

2.2. Öğrencilerin Uygulama Öğrenimi Konusundaki İhtiyaçlarının Tespit Edilmesi

Nitelikli inşaat mühendislerinin yetiştirilmesi ve inşaat mühendisliği eğitiminin kalitesinin artırılması, günümüzün hızla gelişen teknolojisi ve endüstriyel ihtiyaçları doğrultusunda büyük önem taşımaktadır (Akyazı vd., 2020). Teorik ve uygulama bilgilerini bütünleştirebilen, üç boyutlu düşünebilen, çalışma hayatında karşılaşacakları görevler hakkında bilgi sahibi olan ve çağa ayak uydurabilen bireyler yetiştirmek, inşaat mühendisliği eğitiminin temel hedefleri arasında yer almaktadır (Murray, 2024). Bu bağlamda, geleneksel eğitim yöntemlerinin yetersiz kaldığı noktalarda, teknolojinin sunduğu olanaklardan yararlanmak ve VR gibi yenilikçi yaklaşımları eğitim süreçlerine entegre etmek kaçınılmaz hale gelmektedir (Oke & Fernandes, 2020).

Çalışmanın bu bölümünde, geliştirilecek oyunun içeriğinin belirlenmesi ve öğrenci ihtiyaçlarına cevap verebilmesi için kapsamlı bir ön araştırma yürütülmüştür. Bu ön araştırma kapsamında, 173 inşaat mühendisliği öğrencisi, 103 sektör çalışanı ve 40 akademik personel olmak üzere toplam 316 katılımcı ile anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anketlerde, öğrencilerin ve sektör çalışanlarının inşaat mühendisliği eğitimine yönelik görüşleri ve beklentileri de değerlendirilmiştir. Öğrenci örneklemi, Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde İngilizce ve Türkçe eğitim gören son sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır. Sektör çalışanı örneklemi, Türkiye'nin farklı illerinde çeşitli görevlerde çalışan inşaat mühendislerinden, akademik personel örneklemi ise farklı üniversitelerde görev yapan öğretim elemanlarından oluşmaktadır. Hem sektör çalışanlarına hem de akademisyenlere yönelik olarak Likert tipi ve açık uçlu sorular içeren yarı yapılandırılmış anket soruları hazırlanmıştır. Bu sorular, Google Forms platformuna

aktarılmış ve internet üzerinden rastgele örnekleme yöntemi kullanılarak uygulanmıştır. Öğrencilere yönelik hazırlanan yarı yapılandırılmış anket soruları ise gönüllülük esasına dayanarak yüz yüze uygulanmıştır. Problem tespitine yönelik olarak öğrenciler, sektör çalışanları ve akademisyenler için hazırlanan anket soruları sırasıyla Ek 1, Ek 2 ve Ek 3’te sunulmaktadır.

Yapılan anket çalışmaları sonucunda elde edilen bulgular, öğrencilerin statik proje okuma ve inşaat yapım aşamaları konularında eksikliklerinin olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca katılımcıların çoğunun VR uygulamalarının eğitimi daha etkili ve ilgi çekici hale getirebileceğine inandıkları tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, geliştirilen VR tabanlı ciddi oyunun içeriği, öğrencilerin belirlenen eksikliklerini gidermeye ve sanal gerçeklik teknolojisinin potansiyelinden faydalanmaya yönelik olarak tasarlanmıştır.

2.3. Senaryonun Hazırlanması

Eğitsel oyunlarda senaryo tasarımı, oyunun etkinliğinin belirlenmesinde kritik bir öneme sahiptir. Oyunun kuralları, hedefleri, etkileşim mekanizmaları, sunumu ve geri bildirim döngüsü gibi unsurlar hem eğitsel hem de pedagojik açıdan titizlikle ele alınmalıdır (Prensky, 2001). Bu doğrultuda, tez çalışması kapsamında geliştirilecek oyunun amacına uygun senaryo, yukarıda değinilen hususlara dikkat edilerek hazırlanmıştır.

Oyun senaryosu, öğrencilerin gerçek bir şantiye ortamında etkileşimli bir deneyim yaşamasına, interaktif görevler aracılığıyla öğrenmelerinin teşvik edilmesine ve yapı elemanlarını üç boyutlu görebilmesine olanak tanıyacak şekilde kurgulanmıştır. Senaryo gereği, öğrenci kazısı tamamlanmış, grobetonu dökülmüş ve temel kalıbı hazırlanmış (donatıların rahatlıkla görülebilmesi için şeffaf) bir alanda bulunmaktadır. Öğrenciye verilen görevler, statik projeyi inceleyerek binayı adım adım inşa etmesini ve bu süreçte bina yapım aşamalarını gözlemlemesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Oyun, temel inşaatı ile başlamaktadır. Öğrenci, projeyi referans alarak temeldeki uzun ve kısa kenar donatılarını, ek donatılarını ve sehpa demirlerini doğru bir şekilde yerleştirir. Donatılar yerleştirildikten sonra beton dökümü ve kalıp sökülmesi aşamalarını gözlemler. Bu aşama, öğrencilerin temelde kullanılan farklı donatı çeşitlerini tanımlamalarına ve projenin önemini kavramalarına yardımcı olur. Temel inşaatının ardından, öğrenci temel üstü yapı elemanlarının inşasına geçer. Seçilen proje türüne göre perde duvar, kolon, kiriş ve döşeme gibi elemanlar, projesine uygun olarak adım adım inşa edilir. Her aşamada, öğrenci donatıyı

yerleştirir, kalıbı çakar, beton dökümünü gerçekleştirir ve kalıbı söker. Bu döngü, kaba yapı tamamlanana kadar devam eder.

Yapının tamamının oyun içerisinde inşa edilmesi zaman açısından verimsiz olacağından, temel tamamlandıktan sonra her yapı elemanından birer örnek inşa edilir. Örneğin, bant kiriş ve normal kiriş gibi farklı kiriş türlerinden birer adet yapılır, ancak aynı kiriş tipi tekrarlanmaz. Benzer şekilde, her kolon tipinden sadece bir tanesi inşa edilir. Öğrenci bir kolonu tamamladıktan sonra diğer kolonlar otomatik olarak yerleştirilir ve oyun bir sonraki aşamaya geçer. Öğrencinin otomatik olarak yerleştirilen yapı elemanlarını inceleyebilmesi için oyun içerisinde uygun bir gözlem noktasına ışınlanması sağlanır. Bu sayede, öğrenci inşaat sürecini farklı açılardan gözlemleyebilir ve yapı elemanlarının birbiriyle ilişkisini daha iyi anlayabilir.

Öğrencilerin statik projeyi doğru bir şekilde okuyup okumadıklarını değerlendirmek amacıyla oyuna bir “donatı seçimi” bölümü eklenmiştir. Bu bölümde, öğrenciye bir demir ambarı içerisinde 6 farklı donatı seçeneği sunulur ve projeye uygun olan donatıyı seçmesi istenir. Donatı seçeneklerinin belirlenme kriterleri ve öğrenciye verilen geri bildirimlerin düzenlenmesi ilerleyen bölümlerde detaylı olarak açıklanacaktır. Sunulan seçenekler, öğrencilerin proje okuma becerilerini pekiştirmelerine ve olası hatalarını fark etmelerine olanak tanımaktadır. Ayrıca farklı donatı tiplerini tanıma ve ayırt etme becerilerini de geliştirmelerine katkı sağlamaktadır. Kullanıcıların oyun içerisinde yerine getirmeleri istenilen talimatlar aşağıda sunulmaktadır.

- 1.Talimat: Temelin kısa kenar doğrultusundaki alt donatılarını yerleştiriniz
- 2.Talimat: Temelin uzun kenar doğrultusundaki alt ana donatılarını yerleştiriniz
- 3.Talimat: Temelin uzun kenar doğrultusundaki alt ek donatılarını yerleştiriniz
- 4.Talimat: S2 Kolonunun alt filiz donatılarını yerleştiriniz
- 5.Talimat: S2 Kolonunun temelde kalan etriyelerini yerleştiriniz
- 6.Talimat: S2 Kolonunun temelde kalan büyük çirozunu yerleştiriniz
- 7.Talimat: S2 Kolonunun temelde kalan küçük çirozlarını yerleştiriniz
- 8.Talimat: P1-P2 perde alt filiz donatılarını yerleştiriniz
- 9.Talimat: P1-P2 perdelerinin temelde kalan tevzi donatılarını yerleştiriniz
- 10.Talimat: P1-P2 perdelerinin temelde kalan kısmına ait çirozları yerleştiriniz
- 11.Talimat: Temelin sehpa demirlerini yerleştiriniz
- 12.Talimat: Temelin kısa kenar doğrultusundaki üst donatılarını yerleştiriniz
- 13.Talimat: Temelin uzun kenar doğrultusundaki üst ana donatılarını yerleştiriniz

- 14.Talimat: Temelin uzun kenar doğrultusundaki üst ek donatılarını yerleştiriniz
- 15.Talimat: Diğer temel alt donatıların yerleştirilmesi (öğrenci izler)
- 16.Talimat: Temel beton dökümü (öğrenci izler)
- 17.Talimat: S2 Kolonunun filizlere binen boyuna donatılarını yerleştiriniz
- 18.Talimat: S2 Kolonunun su basman kotuna kadar olan etriyelerini yerleştiriniz
- 19.Talimat: S2 Kolonunun su basman kotuna kadar olan büyük çirozlarını yerleştiriniz
- 20.Talimat: S2 Kolonunun su basman kotuna kadar olan küçük çirozlarını yerleştiriniz
- 21.Talimat: P1-P2 perdelerinin filizlerine binen boyuna donatılarını yerleştiriniz
- 22.Talimat: P1-P2 perdelerinin tevzi donatılarını yerleştiriniz
- 23.Talimat: P1-P2 perdelerindeki çiroz demirlerini yerleştiriniz
- 24.Talimat: Diğer temel üst donatıların yerleştirilmesi (öğrenci izler)
- 25.Talimat: Su basman beton dökümü (öğrenci izler)
- 26.Talimat: Dolgu malzemesi yerleştir (öğrenci izler)
- 27.Talimat: Hasırların yerleştirilmesi (öğrenci izler)
- 28.Talimat: 15cm su basman kat tavanının beton dökümü (öğrenci izler)
- 29.Talimat: S5 Kolonunun üst ek donatısını yerleştiriniz
- 30.Talimat: S5 Kolonunun etriyesini kat yüksekliği boyunca yerleştiriniz
- 31.Talimat: S5 Kolonunun büyük çirozunu yerleştiriniz
- 32.Talimat: S5 Kolonunun küçük çirozunu yerleştiriniz
- 33.Talimat: Diğer kolon donatılarının yerleştirilmesi (öğrenci izler)
- 34.Talimat: K115-K116 kirişlerinin alt donatısını yerleştiriniz
- 35.Talimat: K115-K116 kirişlerinin montaj donatısını yerleştiriniz
- 36.Talimat: K115-K116 kirişlerinin ilave donatısını yerleştiriniz
- 37.Talimat: K115-K116 kirişlerinin etriyelerini yerleştiriniz
- 38.Talimat: Band03 kirişinin alt donatısını yerleştiriniz
- 39.Talimat: Band03 kirişinin üst donatısını yerleştiriniz
- 40.Talimat: Band03 kirişinin etriyesini yerleştiriniz
- 41.Talimat: Diğer kiriş donatılarının yerleştirilmesi (öğrenci izler)
- 42.Talimat: D104 döşemesinin kısa kenar doğrultusundaki düz donatılarını yerleştiriniz
- 43.Talimat: D104 döşemesinin kısa kenar doğrultusundaki pilye demirlerini yerleştiriniz

44.Talimat: D104 döşemesindeki uzun kenar doğrultusundaki düz demirlerini yerleştiriniz

45.Talimat: D104 döşemesindeki uzun kenar doğrultusundaki pilye demirlerini yerleştiriniz

46.Talimat: D104 döşemesindeki ek donatıyı (K107 üzerindeki kısa mesnet donatısı) yerleştiriniz

47.Talimat: Beton dökümü (öğrenci izler)

Bu senaryo, inşaat mühendisliği öğrencilerinin statik proje okuma ve yapı inşaat aşamalarını öğrenmelerine yardımcı olacak şekilde tasarlanmıştır. Gerçekçi şantiye ortamı, etkileşimli görevler ve adım adım ilerleyen inşaat süreci, öğrencilerin aktif olarak öğrenmelerine ve konuyu daha derinlemesine anlamalarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Geliştirilen oyun VR teknolojisi sayesinde öğrencilere gerçekçi bir şantiye deneyimi sunmaktadır. İnteraktif öğrenme ve geri bildirim mekanizmalarıyla öğrenmeyi daha etkili hale getirmektedir. Oyun, gerçekçi fizik motoruyla donatılmıştır. Oyuncu, VR kontrol cihazlarını kullanarak sanal ortamda hareket edebilir ve nesnelerle etkileşime geçebilir. Ancak, oyunu deneyecek kullanıcıların VR ekipmanlarını kullanma konusunda deneyim sahibi olmayabileceği de göz önünde bulundurulmuştur. Bu nedenle, oyunun ana senaryosuna ek olarak, kullanıcıların VR ortamına aşinalık kazanmasını sağlayan bir eğitim senaryosu da tasarlanmıştır. Bu senaryo için öğrencilerin yürüme, ışınlanma, proje açma, kapatma, nesneleri tutma, çekme, bırakma ve döndürme gibi eylemleri gerçekleştirebileceği ayrı bir eğitim haritası tasarlanmıştır. Bu haritada öğrenciler, sanal gerçeklik ekipmanlarını kullanarak oyuna başlamadan önce şantiye ortamını deneyimlemiş ve projeleri incelemişlerdir.

Eğitim haritasında, öğrenci şantiyenin dışında oyuna başlar ve ilerlemesi gereken yönler sarı uyarıcı ışıklarla belirtilir. Öğrenci bu ışıkları takip ederek belirli bir yolu izler ve ışınlanma noktalarına ulaşır. Işınlandığı bölgelerde oyunu tanıtan yazılar bulunur ve öğrenci bu yazıları okuyarak ilerler. Projelerin bulunduğu alana girerek projeleri açar ve inceler. Daha sonra demir ambarına girerek inşaatta kullanacağı demirleri inceler. Son olarak, inşaat sahasına girerek bazı donatıları tutması, kendine çekmesi, döndürmesi ve bırakması istenir. Bu görevleri tamamladıktan sonra öğrenci asıl oyuna geçebilir.

Eğitim haritasında yer alan açıklayıcı bilgiler, öğrencinin oyunun işleyişine, uyarı ve puan sistemleri gibi önemli unsurlarına aşina olmasını sağlamayı da amaçlamaktadır. Bu bağlamda, oyun içi açıklama metinleri aşağıda sunulmuştur.

1. Pencere: Merhaba, StaRVR Sanal Gerçeklik Oyununa hoş geldiniz. Bu sanal platformda, kazı işlemi tamamlanmış ve grobetonu dökülmüş bir inşaat alanında, projenize uygun bir kaba yapı inşa edeceksiniz. Öncelikle, inşaat alanını gezerek projeyi ve kullanmanız gereken malzemeleri tanımanız gerekmektedir. Bu aşamada, size bu konularla ilgili gerekli bilgiler sağlanacaktır. Lütfen sarı işaretleri takip ediniz. (Sarı büyük bir ok oyuncunun gitmesi gereken yeri gösterir, istenilen yere gidince yeni bir açıklama açılır).

2. Pencere: Bu oyunun amacı, bir binanın statik projesini okuma ve anlama yeteneğinizi geliştirmektir. Oyunu başarıyla tamamladıktan sonra, statik projede yer alan yapı elemanlarını ayırt edebilecek, temel, kolon, kiriş, döşeme ve perde gibi yapı elemanlarının detaylarını inceleyebilecek, hangi yapı elemanını hangi projeye göre inşa etmeniz gerektiğini öğrenecek ve statik projedeki sayısal verileri doğru bir şekilde yorumlayabileceksiniz. Şimdi, binanın projelerini inceleyerek başlayalım. Lütfen ilerleyiniz. (Sarı büyük bir ok oyuncunun projeleri açmak için gideceği alanı gösterir, gidince yeni bir açıklama açılır).

3. Pencere: Burada beş adet proje bulunmaktadır. Lütfen projelerin yer aldığı masaya doğru ilerleyiniz. Masada, projelerle ilgili detaylı bilgilere ulaşacaksınız. Proje Metinleri:

1. Projenin önüne gelinir (Temel Aplikasyon Planı)

Bu projede, temelde kullanılan donatıları, kolonların temeldeki yerleşimini ve perde duvarların temel üzerindeki konumlarını bu projede inceleyebilirsiniz. Sağ tarafta, bina yapımında kullanmanız gereken bir diğer projeyi bulacaksınız. Lütfen devam ediniz.

2. Projenin önüne gelinir (Kolon Düşey Detayları)

Bu projede, kolonlardaki boyuna donatıların çap ve sayıları, etriye tipleri ve sayıları, çirozların tip ve sayıları ile boyuna donatıların hangi kotta ve nasıl eklendiklerine dair detaylar yer almaktadır.

3. Projenin önüne gelinir (Perde Detayları)

Bu projede, perdelerdeki filiz ve bindirme donatıları, tevzi donatılar, çirozlar ile bu donatı elemanlarının adet ve tiplerini inceleyebilirsiniz.

4. Projenin önüne gelinir (Kiriş Detayları)

Bu proje, kiriş detaylarını içermektedir. Burada, kirişin boyutları (genişlik ve yükseklik), boyuna donatılarının çap ve sayıları, etriyelerin çap ve aralıkları, çirozların tip

ve yerleşimi gibi donatı detaylarını bulabilirsiniz. Ayrıca, kirişin kolonlarla birleşim noktalarındaki donatılarının düzeni, orta açıklık donatılarının yerleşimi ve kirişin diğer yapı elemanları ile bağlantı detayları da gösterilmektedir.

5. Projenin önüne gelinir (Zemin Kat Tavanı Kalıp Planı)

Bu projede, zemin kat tavanının geometrik düzeni ve ölçüleri, kalıp sisteminin yerleşimi ile kalıp elemanlarının detayları, döşeme kalınlıkları ve döşemeye yerleştirilen donatıların bilgileri gösterilmektedir. Şimdi, projede kullanacağınız demirleri daha yakından inceleyebilirsiniz. Lütfen sol taraftaki ambara giriniz.

4. Pencere: Bu alanda, temel, perde ve kolonlarda kullanılan demirler bulunmaktadır. Bu malzemeleri yakından inceleyebilirsiniz. Bu oyunda, biraz önce incelediğiniz beş projeye referansla burada gördüğünüz malzemeleri seçip uygun şekilde yerleştirerek bir bina inşa edeceksiniz. Oyun içerisinde gördüğünüz demirlerin boyutları, ölçüleri ve tipleri, projeye uygun olarak seçilmelidir. Doğru seçim yaptığınızda doğru puanınız artacak, yanlış seçim yaptığınızda ise yanlış puanınız artacaktır. İki kez yanlış yaparsanız, oyun otomatik olarak tüm yanlış seçenekleri silerek doğru olanı gösterecektir. Doğru seçeneği inceledikten sonra, demiri tutup şantiye alanına götürebilirsiniz.

5. Pencere: Karşınıza çıkacak görev metinlerini dikkatlice okumalı, görev talimatlarına uygun olarak doğru demiri seçip projedeki yerine sürüklemelisiniz. Ambardaki demirleri inceledikten sonra dışarı çıkıp inşa edeceğiniz binanın bitmiş haline göz atabilirsiniz. Oyuna başlamak için menüden oyuna başlayacağınız seviyeyi seçip başlayabilirsiniz.

Bu eğitim senaryosu, kullanıcıların VR ortamına ve oyun mekaniklerine aşina olmalarını sağlayarak, asıl oyun deneyimini daha verimli ve keyifli hale getirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, gerçekçi şantiye ortamı ve interaktif öğrenme yöntemleri sayesinde öğrencilerin inşaat süreçleri hakkında ön bilgi edinmelerine ve beceri geliştirmelerine olanak tanımaktadır.

2.4. Statik Proje Seçimi ve Projenin Üç Boyutlu Tasarımı

Statik proje okuma becerisinin kazandırılmasını hedefleyen VR tabanlı ciddi oyun programı kapsamında, öğrencilerin yapısal elemanları tanıma, okuma ve yorumlama yeteneklerini geliştirmek amacıyla titiz bir proje seçme süreci yürütülmüştür. Bu süreç, öğrencilerin teorik bilgilerini pratiğe dökmelerine ve gerçek dünya uygulamalarıyla bağlantı kurmalarına olanak sağlayacak, pedagojik açıdan zengin ve kapsamlı bir öğrenme deneyimi

sunmayı hedeflemiştir. Proje seçimi aşamasında, öncelikle öğrencilerin statik proje okuma konusunda karşılaşabilecekleri temel zorluklar ve öğrenme ihtiyaçları analiz edilmiştir. Bu analiz doğrultusunda, kolon, kiriş, döşeme, dolgu temel, perde duvar gibi yapısal elemanların çeşitliliğini ve karmaşıklığını yansıtan, aynı zamanda öğrencilerin mevcut bilgi düzeylerine uygun bir proje seçilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

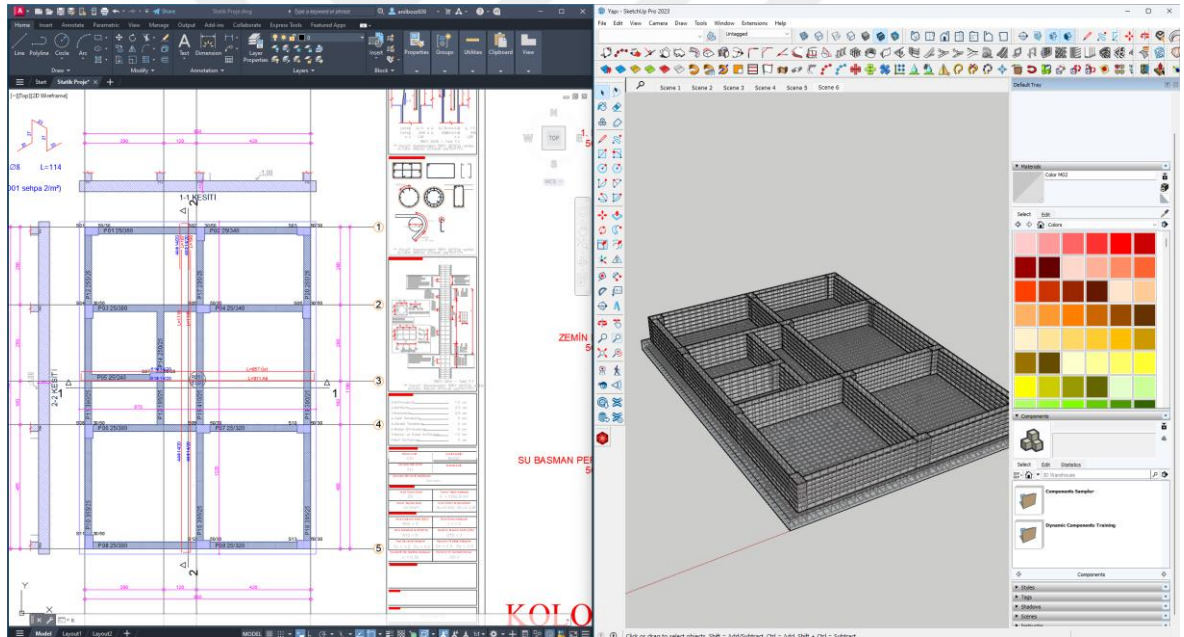
Seçilecek projenin, öğrencilerin dikkatini çekecek ve öğrenme motivasyonlarını artıracak nitelikte olması da dikkate alınmıştır. Bu bağlamda, konut, okul, hastane gibi farklı yapı türleri arasından, öğrencilerin günlük yaşamlarında karşılaşabilecekleri ve tanıdık oldukları bir konut projesi üzerinde çalışılmasına karar verilmiştir. Proje seçiminde göz önünde bulundurulmuş bir diğer önemli faktör ise, projenin 3 boyutlu modelleme ve sanal gerçeklik uygulamalarına uygunluğudur. Hastane, alışveriş merkezi gibi büyük ölçekli yapıların tasarım ve uygulamalarının öğrencilere öğretilmesi, hem zaman açısından yoğun bir süreç gerektirmekte hem de öğrencilerin motivasyon kaybına ve öğrenme zorluklarına yol açabilmektedir. Bu nedenle, öğrenme hedeflerine ulaşmayı sağlayacak ve yapı elemanı çeşitliliği açısından zengin ancak karmaşıklığı düşük bir proje seçimi önem arz etmektedir. Tez çalışması kapsamında, piyasada kullanılan farklı projelerin mimari tasarımları ve statik projeleri incelenmiş; ancak yapı elemanlarındaki tekrar eden donatı fazlalığı, yapı elemanı sayısının fazla olması statik projede yazıların iç içe girmesi gibi nedenlerle birçok proje elenmiştir. Bu süreçte öğrencilerin öğrenme motivasyonunu ve verimliliğini en üst düzeye çıkarmak amacıyla proje seçiminde optimal karmaşıklık düzeyinin belirlenmesi kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

İncelemeler sonucunda, belirlenen kriterlere en uygun proje olarak, iki katlı bir konut projesi seçilmiştir. Bu proje, kolon, kiriş, döşeme, dolgu temel, perde duvar gibi temel yapısal elemanları içermekte ve öğrencilerin statik proje okuma becerilerini geliştirmeleri için yeterli karmaşıklığı sunmaktadır. Seçilen proje; mimari planlar, kesitler, görünüşler, detay çizimleri ve statik hesap raporları gibi tüm gerekli dokümanları içermektedir. Bu dokümanların sadece ve rahat bir şekilde okunabilir dokümanlar olması, öğrencilerin projeyi detaylı bir şekilde incelemelerine ve yapısal elemanları tanımlarına olanak sağlamaktadır. Seçilen proje detayları Ek 4’de verilmektedir.

Seçilen iki katlı konut projesinin, öğrencilere statik proje okuma becerisini kazandırmak amacıyla SketchUp programında 3 boyutlu olarak modellenmesi süreci, özellikle taşıyıcı elemanlar ve donatı detaylarının görselleştirilmesine odaklanarak gerçekleştirilmiştir. Bu süreç, öğrencilerin yapısal elemanları ve donatıları 3 boyutlu

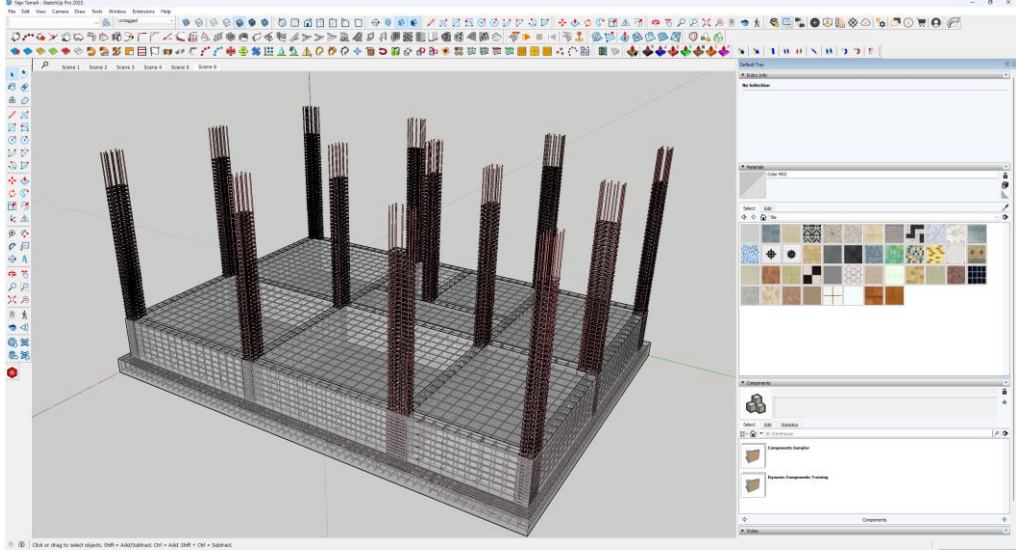
ortamda inceleyerek, statik projelerin gerçek dünya karşılığını daha iyi anlamalarını hedeflemiştir.

3 boyutlu modelleme çalışmaları, öncelikle projenin 2 boyutlu detaylarının (temel aplikasyon planı, kolon kesit detayları, perde detayları, döşeme kalıp planı, kiriş detay planları, kolon aplikasyon planı) SketchUp programına aktarılmasıyla başlamıştır. Bu çizimler, modelin temelini oluşturmuş ve taşıyıcı yapı elemanlarının içerisindeki donatıların, yapı elemanlarının beton hacimleri ve kalıp planları gibi 3 boyutlu görsellerin modellenmesinde referans olarak kullanılmıştır. Bu aşamada, her bir taşıyıcı elemanın ve donatıların boyutları ve konumu titizlikle dikkate alınmıştır. Örneğin kesit boyutları, donatı çapları, kalınlık ve donatı aralıkları gibi bilgiler, statik proje dokümanlarından elde edilerek 3 boyutlu modelde doğru bir şekilde temsil edilmiştir. Şekil 22’de modelleme ile ilgili bazı görseller paylaşılmıştır.



Şekil 22. SketchUp da 3 boyutlu modelleme aşaması

Taşıyıcı elemanların modellenmesinde, öğrencilerin donatı detaylarını net bir şekilde görebilmelerine olanak sağlamak amacıyla özel bir yaklaşım benimsenmiştir. SketchUp programının sunduğu araçlar kullanılarak, her bir taşıyıcı eleman içerisinde yer alan donatı çubukları ayrı ayrı modellenmiştir. Donatıların çapları, boyları, aralıkları ve büküm şekilleri, statik proje detaylarına uygun olarak modellenmiş ve gerçekçi bir görüntü elde edilmiştir. Şekil 23’de seçilen projenin 3 boyutlu tasarımından bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 23. 3 boyutlu tasarım

SketchUp programında gerçekleştirilen 3 boyutlu modelleme çalışmaları, statik proje eğitiminde görsel öğrenmeyi destekleyen etkili bir araç olarak kullanılmıştır. Taşıyıcı elemanlar ve donatı detaylarının 3 boyutlu ortamda gerçekçi bir şekilde temsil edilmesi, öğrencilerin statik projeleri daha iyi anlamalarına ve yorumlamalarına katkıda bulunmuştur.

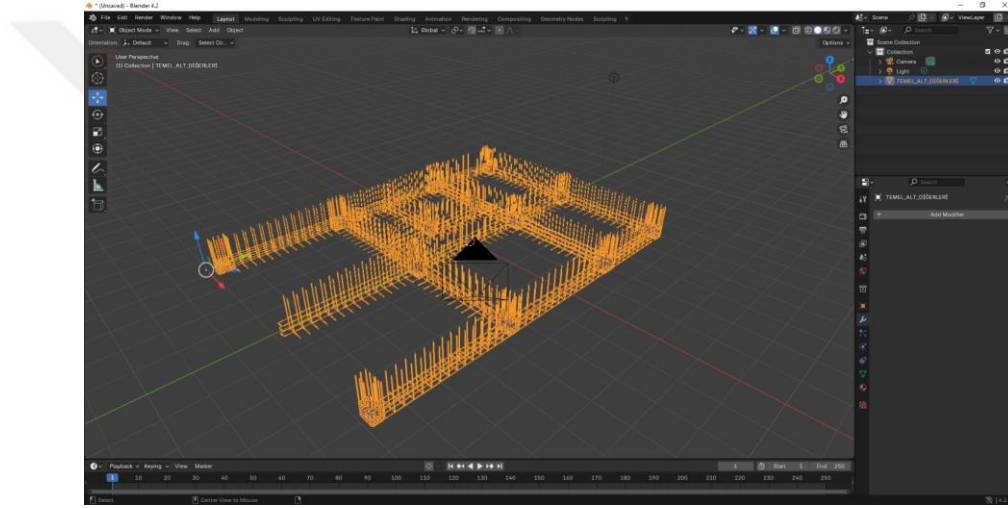
2.5. Tasarımın Optimizasyonu ve Şantiye Ortamına Aktarılması

SketchUp'ta modellenen 3 boyutlu tasarımın Unreal Engine oyun motoruna aktarılmadan önce Blender programında gerçekleştirilen optimizasyon çalışmaları, modelin performansını ve görsel kalitesini artırmayı hedeflemiştir. Bu optimizasyonlar, poligon sayısının azaltılması, topolojinin düzenlenmesi ve UV haritalarının oluşturulması gibi adımları içermektedir.

SketchUp, mimari modelleme için kullanışlı bir program olsa da ürettiği modeller bazı durumlarda oyun motorları için gereksiz derecede yüksek poligon sayısına sahip olabilmektedir. Bu durum, oyun performansını olumsuz etkilemekte ve kullanımını zorlaştırmaktadır. Tez kapsamında geliştirilen oyun için donatıların tek tek modellenmesi, senaryoya uygun bir şekilde donatıların yerleştirilmesine katkı sağlamış olsa da bu işlem poligon sayısını oldukça arttırmıştır. Blender'da "Decimate" düzenleyicisi kullanılarak, modelin poligon sayısı, görsel kalitede önemli bir kayıp olmaksızın azaltılmıştır. Bu işlem, modelin daha hızlı render edilmesini ve oyun motorunda daha akıcı bir şekilde çalışmasını sağlamıştır. Ayrıca Blender'da, modelin topolojisi, "Edge Loop" ve "Knife" gibi araçlar

kullanılarak düzenlenmiş, gereksiz kenarlar ve yüzler kaldırılarak daha temiz ve verimli bir yapı elde edilmiştir. Bu, modelin deformasyon ve animasyon gibi işlemlerde daha iyi performans göstermesini sağlamıştır.

UV haritaları, modelin yüzeyine dokuların nasıl uygulanacağını belirleyen koordinat sistemleridir (Inzerillo vd., 2019). Blender’da, modelin UV haritası, “Unwrap” işlemi ile oluşturulmuş ve dokuların model üzerinde doğru bir şekilde görüntülenmesi sağlanmıştır. Blender’da yapılan bu optimizasyonların ardından, model Unreal Engine’e aktarılmıştır. Şekil 24’de oyunda kullanılan temel donatısının Blender programındaki optimizasyonu ile ilgili bir görsel paylaşılmıştır.

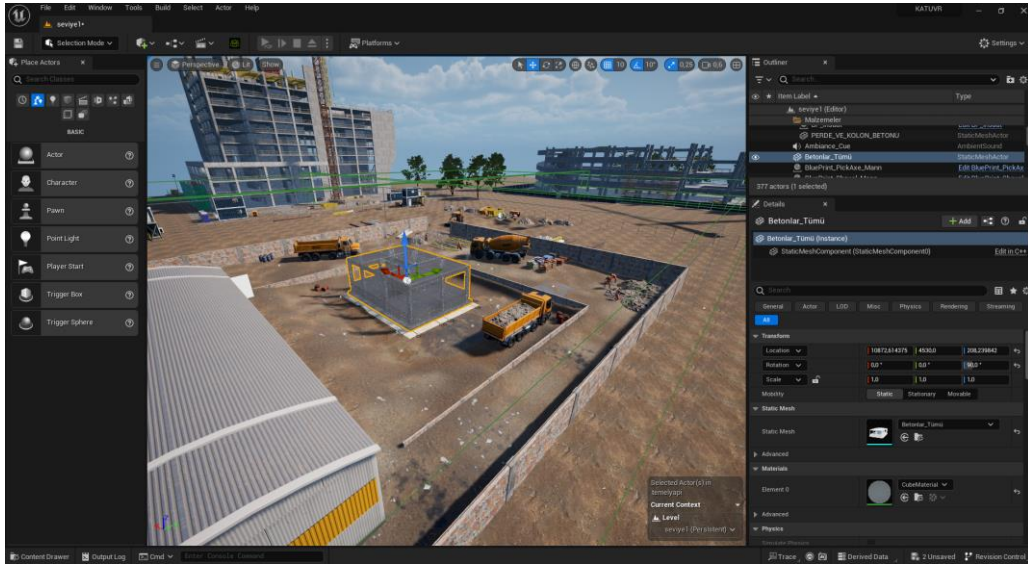


Şekil 24. Donatıların Optimizasyonu

Unreal Engine programında da modelin performansını ve görsel kalitesini daha da iyileştirmek için ek optimizasyonlar yapılmıştır. “Level of Detail” (LOD) modelin farklı mesafelerden farklı detay seviyelerinde görüntülenmesini sağlayan bir tekniktir (Overton, 2024). Unreal Engine programında model için farklı LOD’lar oluşturulmuş ve uzak mesafelerden bakıldığında modelin poligon sayısı azaltılarak performans artışı sağlanmıştır. Ayrıca fiziksel etkileşimler için kullanılan “Collision Mesh”ler optimize edilerek fiziksel hesaplamaların performansı artırılmıştır. Bu optimizasyon çalışmaları sonucunda, SketchUp programında modellenen tasarım, Unreal Engine oyun motorunda yüksek performans ve görsel kalite ile çalışabilir hale getirilmiştir. Bu sayede, öğrenciler için etkileyici ve akıcı bir VR deneyimi sunulması mümkün olmuştur.

2.6. Şantiye Ortamının Tasarımı

İnşaat sektöründe eğitim amacıyla kullanılacak bir şantiye ortamının VR teknolojisi ile simüle edilmesi, kullanıcıların gerçek bir şantiyedeymiş gibi hissetmelerini sağlayarak, inşaat süreçlerini deneyimlemelerine ve öğrenmelerine olanak tanımaktadır. Sanal şantiye ortamının modellenmesi, gerçekçi bir deneyim sunmak için büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, şantiye ortamının gerçekçiliğini arttırmak için karkas binalar, iş makineleri, ağaçlar, iş güvenliği ekipmanları, çalışan işçiler, inşaat malzemeleri ve diğer çevresel unsurlar gerçekçi boyutlarda sanal ortama entegre edilmiştir. Ayrıca arazi, beton, donatı gibi inşaat malzemelerinin renk ve doku özellikleri gerçekçi bir görsel deneyim sunmak üzere detaylı bir şekilde düzenlenmiştir. Çalışmanın odak noktasını oluşturan yapının inşasında kullanılacak donatılara fiziksel özellikler aktararak kullanıcının etkileşim kurabileceği nesneler haline getirilmiştir. Bu sayede kullanıcıların sanal ortamda donatıları yakından inceleyebilme, istediği gibi çevirebilme, döndürebilme, yerine yerleştirebilme gibi olanaklara sahip olması ve inşaat sürecini deneyimleyebilmesi mümkün kılınmıştır. Ayrıca bu etkileşimli unsurlar, öğrenmeyi daha etkili ve eğlenceli hale getirmektedir. Şekil 25’de hazırlanan şantiye ortamından bir görsel yer almaktadır.



Şekil 25. Sanal şantiye ortamı

İş sağlığı ve güvenliği hususları da göz önünde bulundurularak, sanal ortamda bulunan işçi modellerine kask, yelek ve eldiven gibi güvenlik ekipmanları eklenmiştir. Bu da

kullanıcıların güvenli çalışma uygulamalarını sanal ortamda deneyimlemelerine olanak tanımaktadır.

Şantiye tasarımı, çevre şantiyeler ve asıl şantiye alanı fiziksel bir duvarla birbirinden ayrılmıştır. Çevre şantiyeler, öğrenciye gerçek bir inşaat ortamının görsel zenginliğini sunarken, aynı zamanda oyunun performans optimizasyonu açısından fiziksel etkileşimlere kapatılmıştır. Öğrenci bu alanları gözlemleyebilmekte ancak nesnelerle etkileşime geçememektedir.

Asıl şantiye alanı, öğrencinin aktif olarak görevleri yerine getireceği ve öğrenme deneyimini yaşayacağı alandır. Bu alan, çevre şantiyelere göre daha küçük tasarlanmış ve duvarlarla sınırlandırılmıştır. Bu sınırlandırma ayrıca öğrencinin dikkatini asıl öğrenme hedeflerine yönlendirmeyi ve daha kontrollü bir öğrenme ortamı sağlamayı da amaçlamaktadır. Asıl şantiye alanında bir iş makinesi, çalışan işçiler, bazı inşaat malzemeleri ve çalışmanın odak noktasını oluşturan yapı alanı bulunmaktadır.

Oyun bir eğitim seviyesi ve 3 normal seviye olmak üzere toplam 4 bölümden oluşmaktadır. Eğitim seviyesi hem öğrencilere sanal gerçeklik ekipmanlarını denemelerinde hem de inşaat süreçlerini ve donatı yerleşimini anlamalarında temel bir rehberlik sağlamaktadır. Bu seviyede, tamamlanmış bir bina örneği sunularak öğrencilerin nihai hedefi görselleştirmeleri ve donatıların yapı içindeki yerleşimini anlamaları amaçlanmaktadır. Şekil 26'da eğitim seviyesinden bir görsel yer almaktadır.



Şekil 26. Eğitim alanı

Oyunun normal seviyeleri, gerçek bir inşaat projesinin aşamalarını simüle etmektedir. Birinci bölümde, öğrencilere sadece kazı ve grobeton aşamaları tamamlanmış bir bina sunulmaktadır. Bu, öğrencilerin inşaatın temel aşamalarını anlamalarını ve sonraki adımlara hazırlanmalarını sağlamaktadır. Sonraki bölümlerde ise yapının kaba inşaatı aşama aşama ilerlemekte ve temel kotu, su basman kotu ve kat yüksekliği gibi önemli inşaat detayları ele alınmaktadır. Oyunun bu şekilde yapılandırılması, öğrencilere gerçek bir inşaat sürecinin aşamalarını takip etme ve her aşamada yapılması gerekenleri öğrenme fırsatı sunmaktadır. Şekil 27’de oyun alanıyla ilgili görsel yer almaktadır.



Şekil 27. Oyun alanı

Öğrenciler, oyunda projeyi okuyarak ve anlayarak donatıları doğru bir şekilde yerleştirmeli ve yapıyı tamamlamalıdır. Bu süreç, öğrencilerin proje okuma ve yorumlama becerilerini geliştirmelerine ve üç boyutlu düşünme yeteneklerini güçlendirmelerine de katkı sağlamaktadır.

Şantiye alanında, öğrencilerin kullanımına sunulan 6 bölmeli bir donatı ambarı modellenmiştir. Şekil 28’de oyunda kullanılan ambar gösterilmektedir.

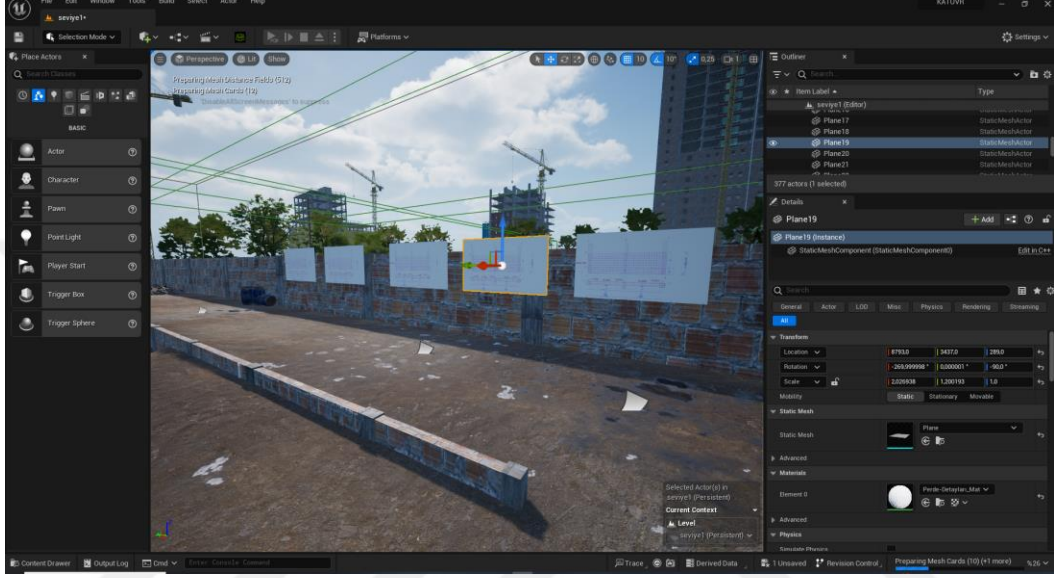


Şekil 28. Donatı ambarı

Ambar, gerçek bir şantiyede bulunan donatı deposunu temsil etmekte ve oyundaki görevlere göre çeşitli donatı tiplerini içermektedir. Öğrenciler, oyun içerisinde verilen görevlerde, inşaat projesine ve yapım aşamasına göre gerekli donatıları seçmekle görevlendirilmiştir. Projede belirtilen çap, aralık, uzunluk, bindirme boyu, filiz boyu, temel üstünde kalan boy, adet, gövde boyu ve kanca boyu gibi detaylar, donatıların bulunduğu bölmelerde açıklamalar şeklinde sunulmuştur. Her görevde, proje detayları ve ambardaki donatı seçenekleri değişkenlik göstermektedir. Bu durum, öğrencilerin her seferinde farklı bir problemle karşılaşmasını sağlamaktadır. Öğrencilerin hem proje detaylarını inceleyerek hem de ambardaki 3 boyutlu donatı modellerini görsel olarak değerlendirerek doğru seçimi yapmaya çalışması; donatıları tanıma, özelliklerini anlama ve proje gereksinimlerine uygun donatıları belirleme becerilerini geliştirmeyi hedeflemektedir. Doğru donatı seçildikten sonra, öğrenci oyun içindeki inşaat alanına giderek donatıyı yerleştirmekte ve böylece uygulamalı bir deneyim kazanmaktadır. Bu interaktif ve dinamik öğrenme modeli, öğrencilerin teorik bilgilerini pratiğe dökmelerine, problem çözme yeteneklerini geliştirmelerine ve inşaat süreçlerini daha iyi anlamalarına olanak tanımaktadır. Dinamik olarak değişen görevler ve donatı seçenekleri sayesinde öğrenciler, tek bir çözüm yoluna bağlı kalmak yerine, her senaryoyu analiz ederek ve kritik düşünme becerilerini kullanarak en uygun çözümü bulmaya teşvik edilirler.

Şantiye alanında yapının projeleri de yer almaktadır. Projeler, oyundaki kullanıcılar tarafından daha rahat görülebilmesi ve detaylarının incelenebilmesi için şantiyenin bir bölümünde büyük ve detaylı olarak tasarlanmıştır. İlk tasarım aşamasında kullanıcı

arayüzünde küçük boyutlarda sunulan projeler, öğrencilerin detayları görmekte zorlanmaları nedeniyle büyütülmüştür. Bu sayede, öğrencilerin projeleri daha rahat inceleyebilmeleri ve anlayabilmeleri hedeflenmiştir. Projeler, şantiye alanında uygun bir bölüme yan yana ve büyük bir şekilde yerleştirilerek, gerçek bir şantiye ortamında proje inceleme deneyimi sağlanmıştır. Şekil 29’da sanal şantiye ortamındaki projelerle ilgili bir görsel yer almaktadır.



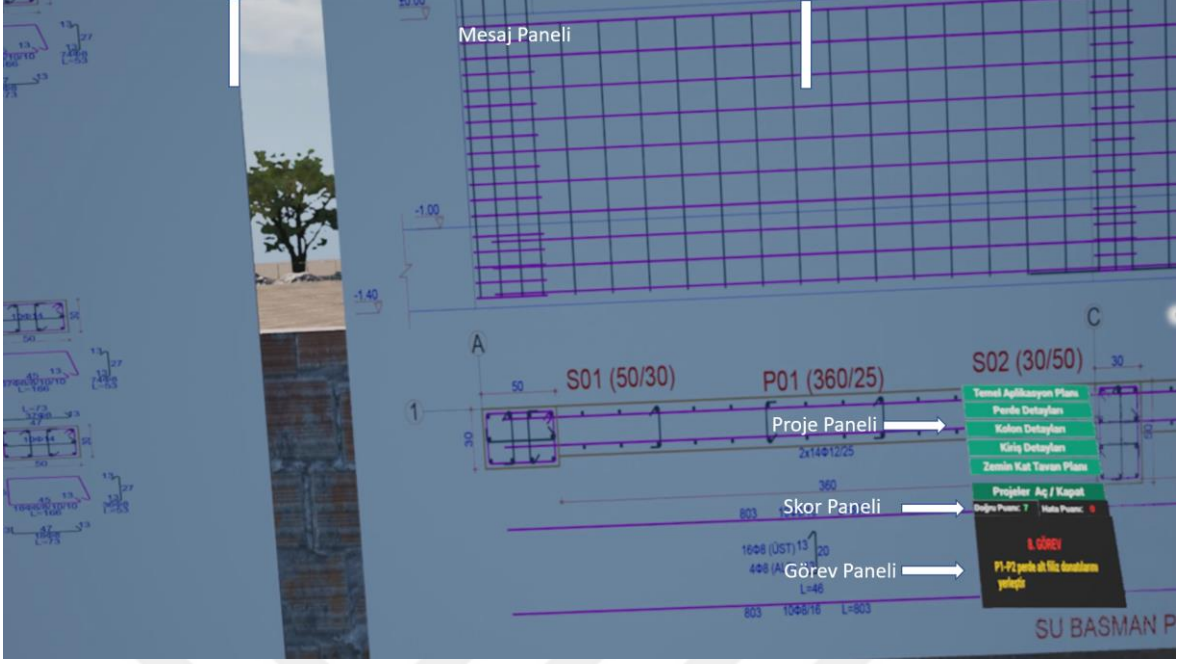
Şekil 29. Sanal şantiye ortamında projeler

Kullanıcı arayüzünün sağ tarafında bulunan “projeleri incele” butonu ile öğrenciler proje görüntüleme moduna geçiş yapabilmektedir. Bu modda, öğrenciler istedikleri proje türüne (temel aplikasyon, perde detayları, giriş detayları vb.) tıklayarak ilgili projeye anında erişebilmektedirler. Projeyi kapat butonuna tıkladıklarında ise tekrar şantiyedeki ambarın önüne geri dönmektedirler. Bu işlevsellik sayesinde, öğrencilerin proje ve ambar arasında sürekli fiziksel olarak hareket etmeleri ve zaman kaybetmeleri önlenmiştir.

Sanal gerçeklik ortamında kullanıcı arayüzünün tasarımı, kullanıcı deneyimini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Oyunun kullanıcı dostu arayüzü olması, öğrencilerin inşaat sürecini ve donatıları daha rahat kavrayabilmelerine olanak tanıyarak, oyunu sıkılmadan ve eğlenerek öğrenmelerini desteklemektedir. Arayüzün akıcılığı ve kolay anlaşılır yapısı, öğrencilerin dikkatini dağıtmadan öğrenme sürecine odaklanmalarını sağlamaktadır. Bu da öğrenme motivasyonunu artırarak, bilginin daha etkili bir şekilde kalıcı olmasına katkıda bulunmaktadır.

Arayüzün temel unsurları, oyunun farklı aşamalarında ihtiyaç duyulan bilgilere ve kontrollere erişimi sağlamak üzere tasarlanmıştır. Bu unsurlar arasında, oyuncunun mevcut görevini gösteren bir görev paneli, statik projeyi görüntüleyebileceği bir proje paneli, oyun içi ipuçları ve bildirimleri görüntüleyen bir mesaj paneli ve oyuncunun puanını ve ilerlemesini gösteren bir skor paneli yer almaktadır. Görev paneli, oyuncunun mevcut görevini ve hedeflerini açıkça gösterir. Bu panelde, görevin adı ve açıklaması yer almaktadır. Proje paneli, oyuncunun statik projeyi detaylı bir şekilde incelemesini sağlamaktadır. Bu panelde, projenin planları, kesitleri, detayları ve diğer ilgili belgeler görüntülenebilmektedir. Oyuncu, projeyi yakınlıştırabilir, döndürebilir ve farklı açılardan inceleyebilir. Mesaj paneli, oyunda meydana gelen olaylar ve durumlarla ilgili oyunculara bilgi vermektedir. Bu panelde, oyun içi ipuçları, uyarılar, yönlendirmeler ve diğer önemli bilgiler görüntülenmektedir. Skor paneli ise, oyuncunun puanını, ilerlemesini ve başarılarını göstermektedir. Bu panelde, oyuncunun toplam puanı, tamamladığı görevler, doğru cevapladığı sorular ve diğer başarı ölçütleri yer almaktadır.

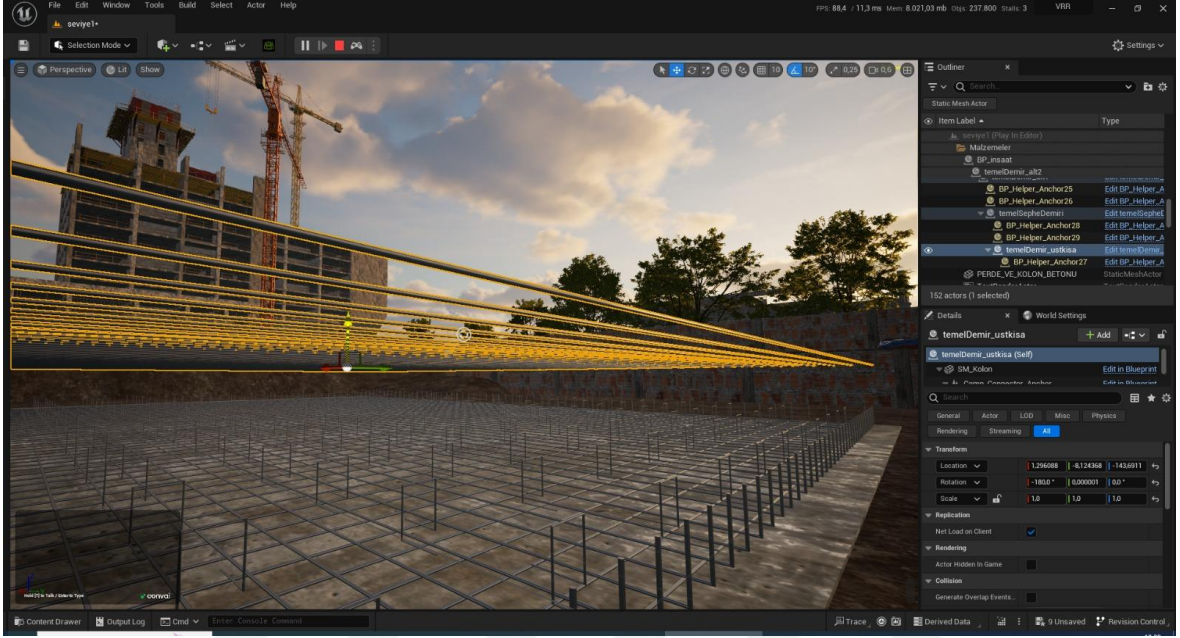
Arayüzün işlevselliği ve kullanıcı dostu olması hedeflenirken, aynı zamanda sanal gerçeklik ortamının kısıtlamaları da göz önünde bulundurulmuştur. Arayüzde bulunan görev, skor ve proje panelleri, kullanıcı etkileşimini optimize etmek ve minimum yer kaplamak amacıyla sağ alt kısımda üst üste yerleştirilmiştir. Bu tasarım kararı, sanal gerçeklik ortamında kullanılan lazerin erişebilirliğini artırmayı ve kullanıcıların panellerle etkileşimde bulunurken rahat hareket edebilmelerini sağlamayı amaçlamaktadır. Panellerin seçilebilir olması ve belirli bir alanı kaplaması, bu tasarım kararının alınmasında etkili olmuştur. Mesaj paneli ise, kullanıcıya bilgi sağlamak amacıyla üst orta kısımda konumlandırılmış ve seçilebilir olma özelliği devre dışı bırakılmıştır. Bu sayede, mesaj paneli kullanıcının lazerle etkileşimini engellememekte ve görüş alanını kısıtlamamaktadır. Arayüzün görsel tasarımı da kullanıcı dostu ve estetik bir yapıya sahip olacak şekilde oluşturulmuştur. Renkler, yazı tipleri, ikonlar ve diğer görsel unsurlar, oyunun temasına ve atmosferine uygun olarak seçilmiştir. Ayrıca arayüzün düzenli ve sade bir yapıda olması, oyuncuların aradıkları bilgilere kolayca ulaşabilmelerini sağlamıştır. Şekil 30'da kullanıcı arayüzüyle ilgili bir görsel yer almaktadır.



Şekil 30. Kullanıcı arayüzü

Senaryoya uygun bir şekilde projedeki donatıların tek tek yerleştirilebilmesi için yapıyı oluşturan donatıların sökölür takılır hale getirilmesi gerekmektedir. Bu işlem, Unreal Engine'in Blueprint görsel programlama sistemi ve temel programlama prensipleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak SketchUp programında modellenen donatı nesneleri, FBX formatında Unreal Engine'e aktarılmıştır. Bu işlem sırasında, donatıların her bir parçası (kolon demirleri, kiriş demirleri, etriyeler, çirozlar vb.) ayrı bir nesne olarak export edilmiştir. Bu yöntem, her bir parçanın Unreal Engine'de bağımsız olarak işlem görmesini sağlamıştır. Unreal Engine oyun motoruna aktarılan donatı nesneleri, "Static Mesh" olarak adlandırılmıştır. Her bir Static Mesh için bir Blueprint sınıfı oluşturulmuştur. Donatıların sökölüp takılabilmesi için, Blueprint sınıflarına özel fonksiyonlar ve değişkenler eklenmiştir. "Takma" işlemi için, donatı parçasının yerleştirilmesi gereken konum ve yön bilgisi (transform değerleri) Blueprint sınıfında ayarlanmıştır. Bu şekilde oyuncu donatı parçasını doğru konuma getirdiğinde, Blueprint sınıfındaki fonksiyon tetiklenmekte ve donatı parçası önceden belirlenen konuma ve yöne takılmaktadır. Oyunda "Sökme" işlemi için ise fonksiyon olarak oyuncunun donatıyı yanlış yerleştirmesi işlemine bağlanmıştır. Oyuncu yanlış donatı yerleştirdiğinde, Blueprint sınıfında hazırlanan fonksiyon tetiklenerek donatı parçası tamamen gizlenmektedir. Ayrıca donatı parçalarının doğru bir şekilde takılabilmesi için çarpışma algılama (collision detection) mekanizmaları kullanılmıştır. Her

bir donatı parçası için, Unreal Engine’de bir “Collision Box” çarpışma hacmi tanımlanmıştır. Şekil 31’de collision ataması ve donatıların yerleşeceği konumun belirlenmesi ile ilgili bir görsel yer almaktadır



Şekil 31. Donatıların konumlandırılması

Sanal gerçeklik ortamında geliştirilen bu ciddi inşaat oyununda, kullanıcıların yapı ile etkileşimini ve deneyimini zenginleştirmek amacıyla çarpışma algılama mekanizmaları detaylı bir şekilde tasarlanmıştır. Geleneksel oyunlarda, performans optimizasyonu amacıyla genellikle tüm yapıya basit bir geometrik şekil (örneğin küp) atanarak çarpışma algılaması yapılmaktadır (Pokorný & Zapletal, 2021). Ancak geliştirilen oyunda, kullanıcıların binanın içine girip detayları inceleyebilmesi hedeflendiği için, her bir donatının kendine özgü şekline göre çarpışma algılama alanları oluşturulmuştur. Bu sayede, kullanıcılar sanal gerçeklik ortamında binanın etrafında dolaşırken, donatı ve kalıplara çarpmadan aralarından geçebilmekte, yapı elemanlarını yakından inceleyebilmekte ve gerçekçi bir deneyim yaşayabilmektedirler. Bu detaylı çarpışma algılama sistemi, kullanıcıların binayı oluşturan her bir elemanı ayrı ayrı deneyimlemesine ve yapı sürecini daha derinlemesine anlamasına olanak tanımaktadır. Kullanıcılar, bir yandan tek tek donatıları yerleştirerek binayı tamamlarken, diğer yandan da yapının etrafında serbestçe hareket ederek, donatıları, kalıpları ve diğer yapı elemanlarını farklı açılardan inceleyebilmektedirler (Şekil 32). Bu

interaktif deneyim, öğrencilerin inşaat sürecine aktif olarak katılımını teşvik etmekte ve öğrenmeyi daha etkili hale getirmektedir.



Şekil 32. Bina zemin katı

2.7. Eğitim Hedeflerine Göre Seçeneklerin Hazırlanması

Oyun tabanlı öğrenme ortamlarında, öğrencilerin öğrenme sürecini yönlendirmek ve pekiştirmek amacıyla verilen görevler ve sunulan seçenekler, pedagojik açıdan büyük önem taşımaktadır (Chiao & Niu, 2024). Bu bağlamda, statik proje okuma ve bina yapma oyununda görevlerin ve seçeneklerin hazırlanması, belirli bir öğrenme sırasını takip ederek ve farklı bilişsel düzeyleri hedefleyerek gerçekleştirilmiştir. Oyunun ilk aşamalarında sorulan sorular, öğrencilerin temel bilgileri edinmelerini ve statik projeyi doğru bir şekilde okuyabilmelerini hedeflemektedir. Örneğin, ilk 3 görevin seçenekleri, donatı çapını, aralıklarını, uzunluğunu ve adetini doğru bulmayı teşvik etmektedir. Bu seçenekler, öğrencilerin projeyi dikkatlice incelemelerini, donatı detaylarını bulmalarını ve verilen bilgilerle karşılaştırmalarını gerektirmektedir. Seçenekler, doğru cevabın yanı sıra, öğrencilerin sıkça yaptığı hataları veya yanlışları da içerecek şekilde hazırlanmıştır (örneğin seçeneklerde donatı çapı ile donatı sayısının olduğu yerler değiştirilmiştir). Bu sayede,

öğrenciler doğru cevabı bulmaya çalışırken aynı zamanda olası hatalarını da fark etmekte ve öğrenmeleri kolaylaşmaktadır.

Oyunun devamındaki bazı seçenekler, donatıların şekillerini ve konumunu doğru bulmayı hedeflemektedir. Bu seçenekler, öğrencilerin statik projeyi daha detaylı bir şekilde incelemelerini ve donatıların yapı elemanları içerisindeki yerleşimini anlamalarını gerektirmektedir. Bu durumun, öğrencilerin görevleri gereği yerleştirmesi gereken donatıları ararken doğru projeye bakabilmelerine, rakamsal olarak farklı (çap, uzunluk, adet vb.) ancak benzer şekillerdeki donatıları ayırt edebilmesine ve rakamsal olarak aynı olan ama farklı şekillerde olan donatıları ayırt edebilmesine yardımcı olabileceği düşünülmüştür. Daha sonraki bazı seçenekler ise donatı türünü doğru bulmayı hedeflemektedir. Bu seçenekler, öğrencilerin farklı donatı türlerini (boyuna donatı, etriye, pilye donatı vb.) tanımlarını ve hangi durumlarda hangi donatı türünün kullanıldığını anlamalarına yardımcı olmaktadır. Oyun ilerledikçe, seçeneklerin zorluk seviyesi ve bilişsel düzeyi de artmaktadır. İlk aşamalarda temel bilgi ve kavrama düzeyinde seçenekler sunulurken ilerleyen aşamalarda teknik terimler, iki ayrı projeden yükseklik/kalınlık okuma, üç boyutlu görme vb. düzeyde seçenekler sunulmuştur. Oyunda toplam 46 görev bulunmaktadır. Tablo 1 de görevlere bağlı seçeneklerin amaçları verilmektedir.

Tablo 1. Oyundaki seçeneklerin öğrenim çıktıları

Görev No	Amaç
1-3	Donatı çapı, aralığı, uzunluğu ve adetlerinin doğru okunabilmesi
4-7	Ek donatı, çiroz ve etriye gibi donatı tiplerinin anlaşılabilmesi
8-10	Projedeki temel kotunu ve temelin üç boyutlu halini düşünebilmesi
11	Sehpa demirinin öğrenilmesi
12-14	Projede verilen rakamları doğru adlandırabilmesi
17-20	Bindirme boyu, filiz boyu gibi kavramların öğrenilmesi
21-23	Perde elemanlarının doğru bir şekilde okunabilmesi
29-32	Sıklaştırma bölgelerinin doğru bir şekilde okunabilmesi
34-37	Kiriş elemanlarının (montaj-düz-ek) doğru bir şekilde okunabilmesi
38-40	Band kirişinin boyut ve donatı elemanlarının okunabilmesi
42-46	Döşeme elemanlarının (düz-pilye-ek) doğru şekilde okunabilmesi

Oyundaki bazı görevleri öğrenci yapmamakta (örneğin beton dökümü, kalıpların yerleştirilmesi, kalıpların sökülmesi, diğer donatıların imalatı, dolgu temel malzemelerinin yerleştirilmesi, hasır donatı serilmesi vb) sadece simülasyon halinde gerçekleşen eylemleri izlemektedir. Bu sebeple Tablo 1’deki bazı görev numaraları bulunmamaktadır (15-16-24-25-26-27-28-33-41). Sonuç olarak, statik proje okuma ve bina yapma oyununda görevlere bağlı seçeneklerin hazırlanması; öğrenme hedefleri, bilişsel düzeyler, geri bildirim mekanizmaları ve öğrenci motivasyonu gibi faktörler dikkate alınarak titizlikle gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, oyunun etkili bir öğrenme aracı olarak kullanılması ve öğrencilerin statik proje okuma ve bina yapma becerilerini geliştirmesi hedeflenmiştir. Şekil 33’ de temel alt donatılarının animasyonunu izleyen oyuncunun ekranından bir görsel yer almaktadır.



Şekil 33. Donatıların animasyonla eklenmesi

2.7.1. Uyarı ve Puan Sisteminin Oluşturulması

Geliştirilen sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunda kullanıcıların oyun içerisinde ilerlemelerini kolaylaştırmak ve onları motive etmek için oyuna uyarı ve yönlendirme sistemleri entegre edilmiştir. Bu sistemler, öğrencilere görevleri hakkında bilgi vermekte, doğru yolu bulmalarına yardımcı olmakta ve hatalarını düzeltmelerine olanak tanımaktadır. Ayrıca, öğrenci performansını değerlendirmek, rekabet ortamı yaratmak ve öğrenme

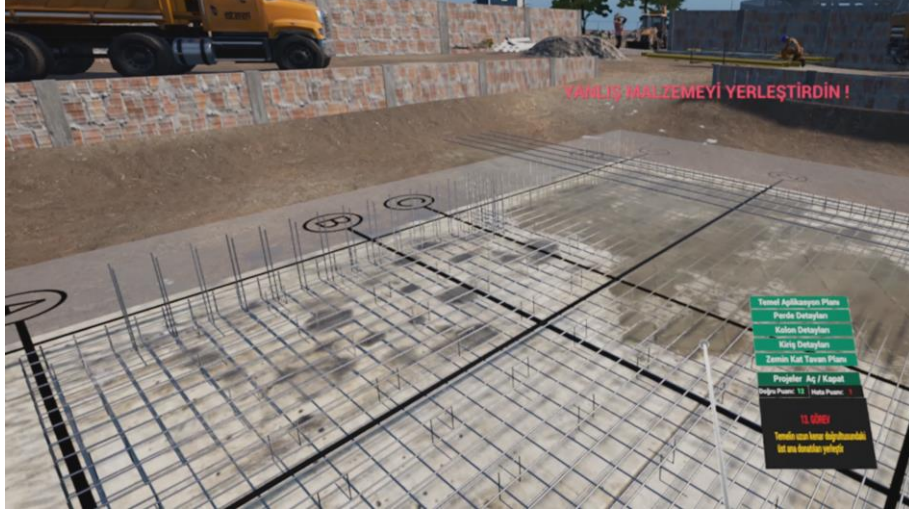
motivasyonunu artırmak için de bir puan sistemi kullanılmıştır. Oyun tabanlı öğrenme ortamlarında, kullanıcıların öğrenme sürecini desteklemek ve etkileşimi artırmak amacıyla etkili uyarı ve yönlendirme sistemleri kullanmak büyük önem taşımaktadır (All vd., 2016).

Uyarı sistemi, öğrencilerin oyun içinde gerçekleştirdikleri eylemlere göre anında geri bildirim sağlamaktadır. Öğrenciler bir görevi tamamladıklarında, doğru bir adım attıklarında veya bir hata yaptıklarında, sistem tarafından görsel ve işitsel ipuçları ile bilgilendirilmektedir. Bu ipuçları, öğrencilerin anında geri bildirim almalarını ve eylemlerinin sonuçlarını görmelerini sağlayarak öğrenme sürecini daha etkili hale getirmektedir. Uyarı sisteminde öğrenciler doğru donatıyı yerleştirdiğinde hem sesli olarak öğrencilere bildirim gelmekte hem de “Tebrikler! doğru malzemeyi yerleştirdin!” yazısı oyuncu ekranının üst orta kısmında büyük puntolarla ve yeşil renkte gözükmemektedir (Şekil 34).



Şekil 34. Donatıların doğru yerleştirilmesi

Yanlış yaptığında ise yine kullanıcı hem sesli bildirim almakta hem de “Yanlış malzemeyi yerleştirdin!” yazısı oyuncu ekranının üst orta kısmında büyük puntolarla ve kırmızı renkte gözükmemektedir (Şekil 35).



Şekil 35. Donatıların yanlış yerleştirilmesi

Geliştirilen oyun, 46 işlem adımından oluşan ve tamamlanması uzun sürebilen bir yapıya sahiptir. Her görevde öğrenciye sunulan 6 seçenek arasından doğru olanı seçmesi beklenmektedir. Ancak, öğrencinin zaman kaybetmesini ve motivasyonunun düşmesini engellemek amacıyla bir mekanizma geliştirilmiştir. Bu mekanizmaya göre, öğrenci aynı görevde ikinci kez yanlış bir seçenek işaretlediğinde; öğrenciye sesli ve yazılı bildirim verilmekte, kalan tüm yanlış seçenekler otomatik olarak silinmekte ve doğru seçenek öğrenciye gösterilmektedir. Bu sayede oyunun akıcılığı korunmakta, öğrencinin motivasyonu yüksek tutulmakta ve öğrenci bina yapma sürecine kesintisiz devam edebilmektedir (Şekil 36).



Şekil 36. Donatıların iki kez yanlış yerleştirilmesi

Yönlendirme sistemi ise, öğrencilere oyun içinde yol göstermek ve hangi adımları izleyecekleri konusunda rehberlik etmek amacıyla kullanılmıştır. Oyunun başında öğrencilere oyunun amacı, kontroller ve temel mekanikler hakkında 3 boyutlu metinler ve işaretlemeler kullanılarak detaylı bilgi verilmiştir. Ayrıca her görev için görev penceresi içerisindeki açıklamalarda öğrencilere ne yapmaları gerektiği konusunda açık ve net talimatlar verilmiştir. Şekil 37’de yönlendirme sistemi ve 3 boyutlu metinlerden bir örnek yer almaktadır.



Şekil 37. Yönlendirme metinlerinden bir örnek

Oyunun puanlama sistemi, öğrencilerin görevleri başarıyla tamamlama ve hata yapma durumlarına göre işlev görmektedir. Sistemin öğrencileri cezalandırıcı bir yapıya bürünmemesi ve öğrenme motivasyonlarını olumsuz etkilememesi amacıyla doğru ve yanlış cevaplarla ilişkin puanlar ayrı ayrı ele alınmıştır. Öğrenciler, doğru cevapladıkları her soru için puan kazanırken, yanlış cevaplar puan kaybetmelerine yol açmamaktadır. Doğru cevaplar ve yanlış cevaplar birbirinden bağımsız olarak puanlandırılmaktadır. Zaman baskısının öğrencilerin aceleci davranışlar sergilemesine ve hata yapma olasılığını artırmasına neden olabileceği göz önünde bulundurularak puanlama sisteminde zaman faktörü dikkate alınmamıştır. Oyunun puanlama sistemi, öğrencilerin ilerlemelerini izlemelerine ve performanslarını değerlendirmelerine olanak sağlamaktadır. Öğrenciler, her

bir görevin sonunda ve oyunun tamamlanmasının ardından toplam puanlarını görüntüleyebilmektedir. Bu durum, öğrencilerin güçlü ve zayıf yönlerini tespit etmelerine ve öğrenme stratejilerini geliştirmelerine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, puanlama sistemi, öğrenciler arasında rekabet ortamı oluşturarak öğrenme motivasyonunu artırma potansiyeline sahiptir.

2.8. Anket Sorularının Hazırlanması

Bu çalışma kapsamında geliştirilen VR tabanlı ciddi oyunun etkililiğini değerlendirmek ve kullanıcı deneyimini derinlemesine incelemek amacıyla nicel ve nitel veri toplama yöntemlerini içeren karma bir araştırma deseni benimsenmiştir. Çalışmanın hedef kitlesi, akademisyenler ve öğrenciler olmak üzere iki farklı gruptan oluşmaktadır. Akademisyenlere uygulanan anket, oyunun pedagojik uygunluğu, içeriği, tasarımı ve öğretim sürecine katkısı gibi unsurları değerlendirmeye yönelikken, öğrencilere uygulanan anket, oyun tabanlı öğrenme sürecine ilişkin algıları, kullanım deneyimleri ve oyun aracılığıyla edindikleri proje okuma becerilerini ölçmeye odaklanmaktadır. Bu iki farklı grubun görüşlerinin karşılaştırılması, oyunun hem öğretim süreçlerine entegrasyonu hem de öğrenme çıktıları üzerindeki etkisini çok yönlü bir bakış açısıyla değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır. Böylece, geliştirilen VR tabanlı ciddi oyunun hem akademik hem de öğrenci perspektifinden kapsamlı bir değerlendirmesi yapılmış, elde edilen bulgular doğrultusunda oyunun eğitimdeki potansiyeline yönelik daha bütüncül bir çerçeve sunulmuştur.

Öğrencilerden demografik bilgileri toplamak için kişisel bilgi formunu doldurmaları, oyunla ilgili deneyimlerini Likert tipi ölçek aracılığıyla derecelendirmeleri ve genel memnuniyetlerini 1 ile 100 arasında puanlamaları istenmiştir. Ayrıca öğrencilerin oyun deneyimi öncesi ve sonrasındaki bilgi ve beceri düzeylerindeki değişimi belirlemek için ön test ve son test uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Ön test, öğrencilerin oyunla etkileşime girmeden önceki bilgi ve beceri seviyelerini ölçerken son test aynı ölçümleri oyun deneyiminden sonra tekrarlayarak olası bir değişimi tespit etmeyi amaçlamaktadır.

Akademisyenlerin, mesleki deneyim ve bilgi birikimleri ışığında oyunu çok yönlü bir şekilde değerlendireceği ve VR tabanlı eğitim araçlarının geliştirilmesine yönelik önemli bilgiler sunacağı düşünülmüştür. Bu doğrultuda, akademisyenlere hem Likert tipi ölçek soruları hem de daha detaylı ve açık uçlu yanıtlar elde etmeye olanak tanıyan yarı yapılandırılmış anket soruları yöneltilmiştir. Yarı yapılandırılmış soruların,

akademisyenlerin oyunu kendi perspektiflerinden deęerlendirmelerine ve daha zengin bilgiler sunmalarına imkan saęlayacaęı dūşūnūlmūştūr.

Anket sorularının hazırlanması sürecinde, öncelikle çalışmanın amaç ve kapsamı ile değerlendirilmek istenen noktalar belirlenmiştir. Bu doğrultuda, VR tabanlı ciddi oyunlarla ilgili tezler incelenerek alanda sıklıkla kullanılan anket soruları tespit edilmiş ve ayrı bir havuzda toplanmıştır. Soru havuzu oluşturulduktan sonra, içerik ve kapsam geçerliliğini sağlamak amacıyla alanında uzman akademisyenlerden görüş alınmıştır. Uzman görüşleri doğrultusunda tezlerde incelenen genel amaçlı sorular, inşaat mühendisliği eğitimi bağlamında geliştirilen bu çalışmadaki VR tabanlı ciddi oyuna göre uyarlanmıştır. Uyarlama sürecinde soruların anlaşılır ve net olmasına, oyunun tüm yönlerini değerlendirecek şekilde kapsamlı olmasına ve güvenilirliği artırmak amacıyla negatif ve pozitif şaşırtmalı sorular içermesine özen gösterilmiştir. Bu aşamaların ardından hem akademisyenlere hem de öğrencilere yönelik Likert tipi anket soruları hazırlanmıştır. Anketlerin güvenilirliğini sağlamak amacıyla, aynı anlama gelen farklı sorular ölçeğe dahil edilmiştir. Anketlerin değerlendirilmesi aşamasında bu sorulara verilen cevaplar karşılaştırılmış ve tutarsızlık gösteren, yani aynı anlama gelen sorulara farklı cevaplar veren katılımcıların anketleri analiz dışı bırakılmıştır. Geliştirilen VR tabanlı ciddi oyunun değerlendirilmesi amacıyla öğrencilere yönelik hazırlanan anket soruları Ek 5’de yer almaktadır.

Yarı yapılandırılmış format, katılımcılara açık uçlu sorularla kendi görüşlerini ifade etme özgürlüğü vermektedir (Ruslin vd., 2022). Akademisyenlere yönelik yarı yapılandırılmış anket soruları, konunun önemi, oyunun eğitimdeki potansiyeli ve değeri, sanal gerçeklik deneyiminin değerlendirilmesi, uygulamanın gelecekte kullanımı ve derslere entegrasyonu ile uygulamada yapılabilecek gelişmeler ve eklemeler gibi konulara odaklanmaktadır. Yarı yapılandırılmış sorular aracılığıyla, geliştirilen oyunu deneyimleyen akademisyenlerin deneyim ve tecrübelerinden zengin ve detaylı bilgiler elde etmek amaçlanmıştır. Bu bilgilerin oyun tasarımında yapılabilecek iyileştirmeler, VR teknolojilerinin eğitimde kullanımına yönelik stratejiler ve gelecekteki araştırmalar için önemli bir kaynak oluşturması beklenmektedir. Geliştirilen VR tabanlı ciddi oyunun değerlendirilmesi amacıyla akademisyenlere yönelik hazırlanan anket soruları Ek 6’da yer almaktadır.

Öğrencilerin oyun öncesi ve sonrası bilgi düzeylerindeki değişimi ölçmek amacıyla ön test ve son test soruları hazırlanmıştır. Bu sorular, statik proje okuma, yapı elemanlarını tanıma, bina yapım aşamaları ve temel inşaat teknikleri gibi konuları kapsamaktadır. Ön test,

öğrencilerin mevcut bilgi düzeylerini belirlemek ve oyunun etkililiğini ölçmek için uygulanırken son test ise oyunun öğrenme üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla oyunun tamamlanmasının ardından uygulanmıştır. Ön test ve son test soruları, kısa cevaplı ve sıralama gibi farklı soru türlerini içermektedir. Hazırlanan sorular ve VR tabanlı uygulama, öğrencilerin yalnızca bilgiyi hatırlama düzeyinde kalmayıp Bloom Taksonomisi'nin bilişsel alan basamakları (Chugh & Madhuravani, 2016) doğrultusunda kavrama, uygulama, analiz, değerlendirme ve yaratma süreçlerinde de düşünmelerini teşvik edecek şekilde tasarlanmıştır. Örneğin, kavrama düzeyinde hazırlanan sorular, yalnızca donatı çapı, adedi ve uzunluğu gibi temel bilgileri sorgulamakla kalmayıp, aynı zamanda kanca boyu, gövde boyu ve filiz boyu gibi kavramları içermekte; böylece öğrencilerin donatı elemanlarının yapı içindeki konumlarını anlamalarına yönelik bir değerlendirme yapmaktadır. Uygulama düzeyinde ise öğrencilerden, statik projeye dayanarak belirli bir alana kaç adet sehpa demiri yerleştirileceğini hesaplamaları, sıklaştırma bölgelerindeki donatı aralıklarını belirlemeleri ve döşemedeki düz, pilye ve mesnet donatısı sayılarını çıkarmaları beklenmektedir. Analiz aşamasında, yapı elemanlarının birbirleriyle olan ilişkileri ve bağlantı noktaları uygulamalı olarak öğrencilere gösterilmiş ve bu ilişkileri değerlendirmeye yönelik sorular yöneltilmiştir. Değerlendirme düzeyinde ise öğrencilerin, donatıların doğru veya yanlış yerleştirilmesi sürecinde aldıkları geri bildirimler üzerinden bir değerlendirme yapmaları sağlanmıştır. Yaratma basamağında ise öğrencilerden, baştan sona bir bina tasarım sürecini kurgulamaları beklenerek, öğrencilerin inşaat yapım aşaması öğrenimlerini geliştirmeleri amaçlanmıştır. Bu şekilde yapılandırılan ön test ve son test soruları, oyunun eğitimsel etkililiğini çok yönlü olarak değerlendirmeyi hedeflemektedir. Ek 7'de ön test ve son test için kullanılan projeler yer almaktadır.

Ön test ve son testte kullanılan statik projeler, oyun içerisinde kullanılan projelerden farklıdır. Bu farklılaştırmanın amacı, öğrencilerin sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyun aracılığıyla edindikleri bilgileri yeni ve farklı bir projeye aktarabilme becerilerini değerlendirmektir. Bu sayede, oyun aracılığıyla kazanılan öğrenmenin gerçek dünya senaryolarına uygulanabilirliği ve genellenebilirliği hakkında da bilgi edinilmesi hedeflenmiştir. Ek 7'deki projelere göre hazırlanan ön test ve son test soruları Ek 8'de yer almaktadır.

2.9. Uygulanamanın Kullanılması ve Veri Toplanması

Uygulama, kullanıma sunulmadan önce kapsamlı bir test sürecinden geçirilmiştir. Geliştirme aşamasında, alan uzmanları ve öğrenciler ile çeşitli testler gerçekleştirilmiştir. Bu testlerin temel amacı, oyundaki hataların tespit edilmesi, düzeltilmesi ve senaryoda gerekli değişikliklerin yapılmasıdır. Örneğin, oyunun bazı görev aşamalarında doğru-yanlış seçeneklerinin çalışmaması, yanlış donatı yerleştirildiğinde donatının kaybolmaması, çok sayıda yanlış işlem yapıldığında diğer donatıların silinmemesi, parçaların seçilememesi ve donatıların çarpışma hatalarından dolayı birbirlerine çarpıp oyun alanı dışına çıkması gibi sorunlar tespit edilmiş ve düzeltilmiştir.

Alan uzmanlarının geri bildirimleri doğrultusunda, donatılar seçildiğinde yerleştirilecek alanın mavi bir kılavuz işaretiyle gösterilmesi özelliği iyileştirilmiştir. Donatının yerleştirileceği bölgedeki homojen görüntüsünün çok uzaktan bile mavi şekilde gösterilmesi, yerleştirme yarıçapının azaltılmasıyla çözülmüştür. Ayrıca, alan uzmanlarının önerileri doğrultusunda, oyun içerisinde grobeton dökülmüş temel kısımlarına sanal gerçeklik ortamında aks işaretleri eklenerek öğrencilere proje ile uygulama arasında bir yönlendirme desteği sağlanmıştır. Bunun yanı sıra, bazı görevlerde seçeneklerin yanlış gelmesi, önceki görevdeki seçeneklerin kaybolmaması ve yeni seçeneklerin gelmemesi gibi hatalar tespit edilerek düzeltilmiştir. Oyunun akıcılığı da detaylı bir şekilde test edilmiş, takılma ve kasma gibi performans problemleri kontrol edilmiştir. Ayrıca seçeneklerin zemin altına girerek kaybolması veya donatıların oyun sahasından çıkıp geri dönmemesi gibi işlevsel sorunlar da Blueprint ve Unreal Engine programları aracılığıyla düzeltilmiştir.

Detaylı test ve geliştirme süreçlerinin ardından uygulama, öğrencilerin ve akademisyenlerin kullanımına sunulmuştur. Çalışma kapsamında, benzer araştırmalarda kullanılan örneklem büyüklükleri ve metodolojik yaklaşımlar göz önünde bulundurularak, inşaat mühendisliği alanında öğrenim gören 3. ve 4. sınıf öğrencilerinden oluşan 51 kişilik bir örneklem grubu belirlenmiştir. Ayrıca, uygulamanın akademik değerlendirmesini sağlamak amacıyla inşaat mühendisliği ve mimarlık bölümlerinde görev yapan 11 akademisyen çalışmaya dahil edilmiştir. Örneklem büyüklüğü, araştırmanın amaçları doğrultusunda yeterli bilgi derinliği ve temsiliyet sağlayacak şekilde belirlenmiş olup, literatürde benzer çalışmalarla uyumlu bir yapıdadır (Taçgın, 2017; Aktaş, 2021; Güner, 2021).

Öğrencilerin oyun kullanımı ve veri toplama süreci iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, ön test uygulamasıdır. Katılımcılar, gönüllülük esasına dayalı olarak seçilmiş olup toplam 51 öğrenci çalışmaya dahil edilmiştir. Katılımcılar, 10 kişilik gruplar halinde, son grup ise 11 kişiden oluşacak şekilde organize edilmiştir. Ön test aşamasında öğrencilere statik proje okuma ve inşaat yapım süreçlerine ilişkin bilgi düzeylerini ölçmeye yönelik sorular yöneltilmiştir. Bu aşamada öğrencilere toplam 45 dakikalık bir süre tanınmıştır. Ön testin ardından kısa bir ara verilmiş ve bu aranın sonunda öğrencilere oyun uygulaması sunulmuştur. İlk olarak, oyunun eğitim aşaması öğrencilere detaylı bir biçimde tanıtılmış; oyunda yapılması gerekenler ve görevler kapsamlı şekilde açıklanmıştır. Eğitim aşamasının tamamlanmasının ardından öğrenciler oyuna başlamış ve her biri oyunda yer alan üç görevi tamamlamıştır. Görevlerini tamamlayan öğrenciler, sıradaki katılımcıların uygulamayı kullanışını izlemişlerdir. Bilgisayara bağlanan projektör aracılığıyla, sırası gelmeyen öğrenciler uygulamayı aktif olarak kullanan arkadaşlarının ekranını takip edebilmiştir. Uygulama sürecinin sona ermesinin ardından öğrencilere son test ve Likert tipi anket uygulanmıştır. Bu aşama için öğrencilere toplamda 1 saatlik bir süre verilmiştir. Bu süreç, takip eden beş grup için de aynı şekilde yürütülmüştür. Böylece tüm katılımcıların aynı koşullarda değerlendirilmesi sağlanmıştır. Şekil 38’de uygulamanın kullanımıyla ilgili bir görsel yer almaktadır.



Şekil 38. Oyunun kullanımı

Akademisyenlerin oyun kullanımı ve veri toplama süreci ise tek aşamadan oluşmaktadır. Çalışmaya gönüllü olarak katılan 11 akademisyen, bireysel gruplar halinde ve

farklı zaman dilimlerinde oyunu deneyimlemiştir. İlk olarak, akademisyenlere oyunun içeriği ve amacı hakkında detaylı bir bilgilendirme sunulmuş ve oyunun eğitim aşamasını tamamlamaları sağlanmıştır. Ardından oyunun diğer bölümlerini keşfetmeleri ve deneyimlemeleri için serbest bırakılmışlardır (Şekil 39).



Şekil 39. Akademisyenlerin oyunu kullanımı

Akademisyenlerin oyunu deneyimlemelerindeki temel amaç; oyunun kullanılabilirlik, pedagojik uygunluk ve eğitimdeki potansiyel faydaları gibi unsurları değerlendirmektir. Bu değerlendirme sürecinde, akademisyenlere oyun hakkında detaylı bilgiler verilmiş öğrencilerin oyun esnasında karşılaşılabilecekleri olası durumlar ve zorluklar üzerinde durulmuştur. Akademisyenler kendi deneyimleri ışığında oyunun işlevselliğini ve pedagojik açıdan uygunluğunu değerlendirmişlerdir. Oyun kullanımında herhangi bir zaman kısıtlaması uygulanmamıştır. Veri toplama aşamasında, ilk olarak akademisyenlerin oyun hakkındaki görüşlerini belirlemek amacıyla Likert tipi bir anket uygulanmıştır. Anket uygulamasının ardından, yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla akademisyenlerin oyun deneyimleri ve değerlendirmeleri derinlemesine incelenmiştir. Bu görüşmeler, oyunun güçlü ve zayıf yönleri, pedagojik etkileri ve geliştirilmesi gereken alanlar hakkında zengin ve detaylı veriler elde edilmesini sağlamıştır. Elde edilen veriler, oyunun eğitim ortamlarında etkili bir şekilde kullanılabilmesi için gerekli düzenlemelerin ve iyileştirmelerin yapılmasında yol gösterici olacaktır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, öncelikle tez içeriğinin belirlenmesine katkı sağlayan inşaat mühendisliği eğitimine yönelik problem tespitine ilişkin anketin bulguları sunulmuştur. Daha sonra tez kapsamında geliştirilen oyunu deneyimleyen öğrenciler ve akademisyenler üzerinde gerçekleştirilen anketlerin nicel ve nitel veri analizlerine yer verilmiştir. Öğrencilerin öğrenme deneyimlerini değerlendirmek amacıyla Likert tipi anketler ile ön test son test uygulamaları gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler analiz edilmiştir. Akademisyenlerin görüşlerini derinlemesine incelemek için ise hem Likert tipi anketlerden elde edilen nicel veriler hem de yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen nitel veriler kullanılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler, içerik analizi yöntemiyle incelenerek temalar ve kalıplar belirlenmiştir. Bu analizler, öğrencilerin öğrenme süreçlerine ve akademisyenlerin deneyimlerine dair kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır.

Öğrencilere uygulanan ön test ve son test sonuçları arasındaki farklılıkları analiz etmek için öncelikle verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelenmiştir. Verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edildikten sonra, ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla eşleştirilmiş bağımlı t testi kullanılmıştır.

Likert tipi anketin güvenilirliğini değerlendirmek için Cronbach's Alpha katsayısı hesaplanmıştır. Anketin güvenilirliği doğrulandıktan sonra, elde edilen veriler betimsel analiz yöntemleri (frekans, yüzde, ortalama, standart sapma gibi) kullanılarak analiz edilmiştir.

Akademisyenlere uygulanan yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen nitel veriler ise içerik analizi ve tematik analiz gibi nitel veri analizi yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Görüşmelerden elde edilen veriler, belirli temalar ve kategoriler altında toplanarak yorumlanmış ve anlamlı sonuçlar çıkarılmıştır.

3.1. Öğrencilerin Uygulama Öğrenimi Konusundaki İhtiyaçlarının Tespitinde Elde Edilen Bulgular

İnşaat mühendisliği eğitiminde sanal gerçeklik tabanlı teknolojilere ihtiyaç duyulan ders ve konuları belirlemek ve bu doğrultuda oyunun geliştirilmesini sağlamak amacıyla

yürütülen ön araştırma kapsamında, 173 inşaat mühendisliği öğrencisi, 103 sektör çalışanı ve 40 akademisyenden oluşan toplam 316 katılımcı ile anket çalışması gerçekleştirilmiştir.

Ön çalışmaya katılan öğrencilerin 136'sı erkek, 37'si ise kadındır. Katılımcıların 132'si Türkçe, 41'i ise İngilizce dilinde öğrenim görmektedir. Öğrencilerin yaşları 21 ile 28 arasında değişmekte olup, yaş ortalaması 22,86'dır. Öğrencilere yöneltilen anket soruları şu şekildedir: “Stajda öğrenmeniz gereken bilgilerin hangi dersler ile daha fazla ilişkili olduğunu düşünüyorsunuz”, “İnşaat mühendisliği bölümünde aldığınız eğitimden yararlanarak sektörün beklentilerini karşılayabileceğinizi düşünüyor musunuz”, “Sektörün beklentilerini karşılayabilmeniz için lisans eğitiminizdeki hangi derslerin daha iyi anlaşılması gerektiğini düşünüyorsunuz”, “Geleneksel eğitim materyallerinin (tahta-tebeşir-kitap-2 boyutlu slaytlar vb.) lisans eğitimindeki yeterliliği (dersi anlama, kavrama, anlatılanı veya gösterileni hayal edebilme vb.) hakkında ne düşünüyorsunuz”, “Geleneksel eğitim materyallerinin (tahta-tebeşir-kitap-2 boyutlu slaytlar vb.) ilgi çekiciliği (derse olan merak, öğrenme isteği, araştırma isteği) hakkında ne düşünüyorsunuz.”, “Mesleğinizi daha iyi öğrenebilmeniz için lisans eğitiminizde hangi derslerin gelişmiş eğitim materyalleri (sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, 3 boyutlu modelleme, animasyon, simülasyon, oyunlaştırma vb.) ile desteklenmesi gerektiğini düşünüyorsunuz.”

Öğrencilerin Likert ölçeğinde sorulan sorulara yönelik görüşleri Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Öğrencilerin Eğitimi Sektöre Hazırlık ve Ders Materyalleri Açısından Değerlendirilmesi

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Aldığım eğitimden yararlanarak sektörün beklentilerini karşılayabilirim	%8 N=13	%15 N=26	%29 N=51	%39 N=67	%9 N=16
Geleneksel eğitim materyalleri lisans eğitiminde yeterlidir	%10 N=17	%24 N=42	%29 N=51	%31 N=53	%6 N=10
Geleneksel eğitim materyalleri ilgi çekicidir	%13 N=22	%33 N=57	%34 N=58	%16 N=29	%4 N=7

“Aldığım eğitimden yararlanarak sektörün beklentilerini karşılayabilirim” ifadesine öğrencilerin verdikleri yanıtlar incelendiğinde %23’ünün olumsuz, %29’unun kararsız ve %48’inin olumlu görüş bildirdiği görülmektedir. Bu durum, eğitim sisteminin sektöre tam olarak ne kadar hazırlık sağladığı konusunda bir belirsizlik olduğunu, ancak genel eğilimin olumlu yönde olduğunu göstermektedir. Literatürde, yükseköğretimin sektörel beklentilere uygunluğu konusunda çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır. Örneğin, Litzinger vd. (2011), üniversite mezunlarının iş gücü piyasasına entegrasyon sürecinde teorik bilgi ile pratik beceriler arasındaki uyumsuzluğun önemli bir sorun olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde, işverenlerin mezunlardan beklediği yetkinliklerle yükseköğretimde sunulan beceriler arasında bir boşluk olduğu literatürde vurgulanmaktadır (Kwan, 2016; Leong & Elleithy, 2016; Wang vd., 2018; Wang vd., 2022).

Öğrencilerin anket yanıtları ile literatürde sunulan bulgular arasında bir çelişki olduğu görülmektedir. Anket sonuçları, öğrencilerin önemli bir kısmının (%48) aldıkları eğitimin sektörel beklentileri karşılama konusunda yeterli olduğunu düşündüğünü ortaya koymaktadır. Buna karşılık, literatürde yükseköğretim ile sektör beklentileri arasındaki uyumsuzluk sıklıkla vurgulanmaktadır. Bu durum, eğitim sisteminin sektöre hazırlık düzeyi ile ilgili değerlendirmelerde öğrencilerin algıları ile işverenlerin ve akademik çalışmaların ortaya koyduğu bulguların farklılaşabileceğini göstermektedir. Öğrenciler aldıkları eğitimin sektöre uyumluluğunu kendi bilgi ve beceri kazanımları üzerinden değerlendirmektedir. Ancak işverenler, mezunların iş hayatında karşılaştıkları gerçek problemleri çözme yetkinlikleri ve uygulama becerileri bağlamında bir değerlendirme yapmaktadır. Anket yanıtları, literatürde vurgulanan teori-pratik uyumsuzluğunun henüz iş hayatının dinamikleriyle tam anlamıyla karşılaşmamış oldukları için öğrenciler tarafından yeterince hissedilmediğini göstermektedir. Bu durum, öğrencilerin mezuniyet öncesinde eğitimlerinin yeterli olduğu düşüncesine sahip olmalarına, ancak iş hayatına atıldıktan sonra pratikte yetersizlikler yaşayarak bu algının değişmesine neden olabilmektedir.

Bu bağlamda, anket sonuçları öğrenci algısını yansıtmakta, ancak gerçek iş piyasası gereksinimleri ile tam örtüşmemektedir. Bu çelişkinin giderilmesi için öğrencilere sektörle daha fazla etkileşim imkanı sunulması, staj ve uygulama temelli eğitimlerin artırılması ve işverenlerle akademik kurumlar arasındaki iş birliğinin güçlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Böylece öğrencilerin eğitimlerine dair algıları ile sektör beklentileri arasındaki boşluk daha sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilir.

“Geleneksel eğitim materyalleri lisans eğitiminde yeterlidir” ifadesine verilen yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin %34’ünün olumsuz, %29’unun kararsız %37’sinin ise olumlu görüş bildirdiği görülmektedir. Elde edilen sonuçlar, geleneksel eğitim materyallerinin yeterliliği konusunda öğrenciler arasında bir bölünme olduğunu göstermektedir. Bazı katılımcılar geleneksel materyalleri yeterli görse de neredeyse eşit bir grup yeterli olmadığı görüşündedir.

Geleneksel eğitim materyallerinin yeterliliği konusundaki öğrenci algıları ile literatür arasında da bir çelişki gözlemlenmektedir. Li vd. (2018), eğitim materyallerinin öğrenci öğrenme sürecine katkısının, onların etkileşim seviyeleri ile doğrudan ilişkili olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, Langston (2021), XR, VR, AR gibi aktif öğrenme yöntemlerinin, geleneksel pasif öğretim materyallerine kıyasla daha etkili olduğunu ifade etmiştir. Literatürle olan çelişkinin temel sebeplerinden birinin, öğrencilerin aktif öğrenme deneyimlerinin sınırlı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aktif öğrenme uygulamalarının yaygın olmadığı eğitim ortamlarında, öğrenciler mevcut sistemin yeterli olduğunu düşünmekte, ancak eğitim bilimleri alanındaki çalışmalar, geleneksel yöntemlerin pasif bilgi aktarımına dayalı olması nedeniyle öğrenci katılımını ve kalıcı öğrenmeyi sınırladığını göstermektedir.

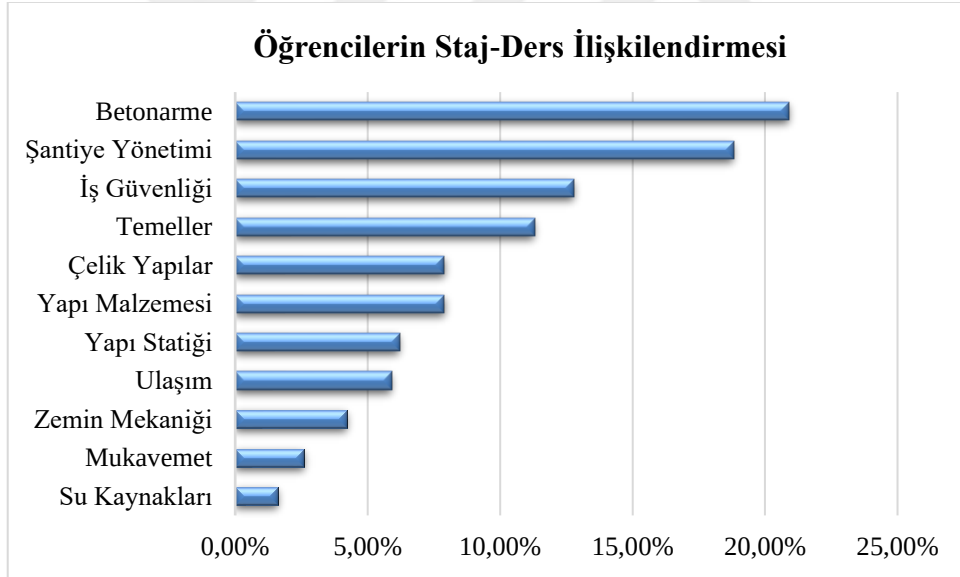
Bu bağlamda, geleneksel eğitim materyallerinin yeterliliği konusunda öğrencilerin algıları ile akademik literatürdeki bulgular arasındaki farkı gidermek için, eğitim programlarında aktif öğrenme tekniklerine daha fazla yer verilmesi önerilmektedir. Öğrencilerin etkileşimli öğrenme ortamlarında deneyim kazanmaları sağlanarak, eğitim materyallerinin etkinliği konusunda daha bilinçli değerlendirmeler yapmaları teşvik edilebilir.

“Geleneksel eğitim materyalleri ilgi çekicidir” ifadesine verilen yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin %46’sı olumsuz, %34’ü kararsız, %20’si ise olumlu yanıt vermiştir. Elde edilen bulgularda geleneksel eğitim materyallerinin ilgi çekici olmadığını düşünenlerin sayısı, olumlu düşünenlerin sayısından oldukça fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca kararsız cevap verenlerin yüksek olması, birçok kişinin bu konuda net bir görüş bildirmediğini ancak genel olarak ilgisizlik algısının daha baskın olduğunu göstermektedir. Bu durum, eğitimde kullanılan geleneksel materyallerin, öğrenci ilgisini çekme konusunda yetersiz bulunabileceğini düşündürmektedir. Clark (2006), bilişsel teori çerçevesinde sunulan materyallerin ilgi çekicilik düzeyinin, öğrencilerin öğrenme motivasyonlarını önemli ölçüde etkilediğini vurgulamaktadır. Ayrıca, Paliling vd. (2022) tarafından yapılan

araştırmada, dijital oyunlar gibi interaktif ve görsel olarak zenginleştirilmiş materyallerin, geleneksel basılı materyallere kıyasla daha fazla öğrenci ilgisi çektiği bulunmuştur.

Öğrencilerden elde edilen veriler, geleneksel eğitim yöntemlerinin yeterlilik konusunda hala tartışmalı olduğunu, ancak özellikle ilgi çekicilik açısından zayıf bulunduğunu göstermektedir. Bu sebeple VR tabanlı ciddi oyunlar gibi alternatif ve yenilikçi eğitim yöntemlerinin bu eksiklikleri gidermek için önemli bir fırsat sunabileceği düşünülmüştür. Ayrıca literatürde VR tabanlı ciddi oyunlar gibi interaktif öğrenme araçlarının, öğrencilerin ilgisini çekme ve öğrenme sürecini daha etkili hale getirme potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir (Franco vd., 2020; Mayor & Lopez-Fernandez, 2021; De Fino vd., 2023). Bu bağlamda, VR tabanlı eğitim ortamlarının geleneksel eğitim materyallerinin sınırlılıklarını aşmada önemli bir fırsat sunduğu değerlendirilmektedir.

Öğrencilere sorulan “Stajda öğrenmeniz gereken bilgilerin hangi dersler ile daha fazla ilişkili olduğunu düşünüyorsunuz” sorusuna verdikleri yanıtlar Şekil 40’da gösterilmektedir.

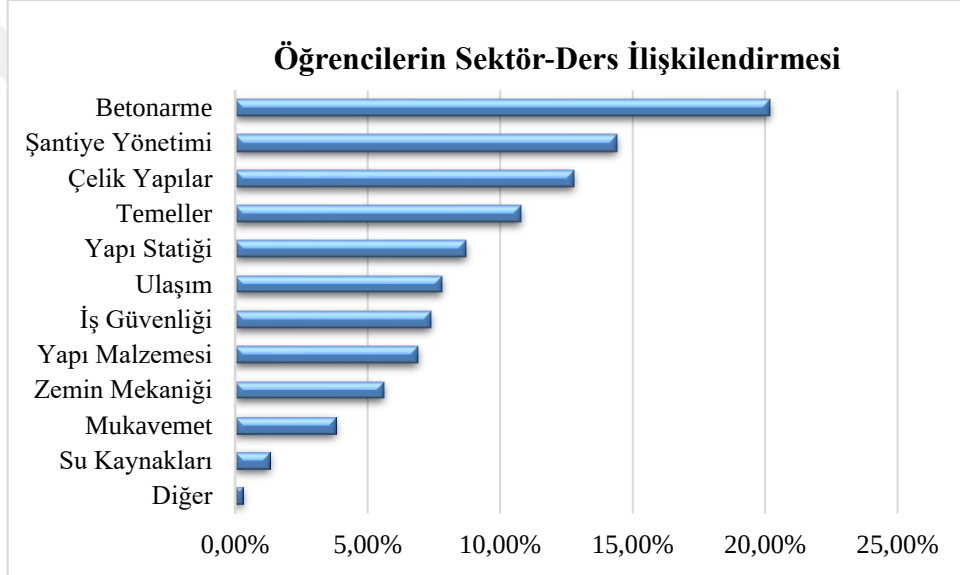


Şekil 40. Öğrencilerin staj ders ilişkilendirmesi

Şekil 40’da görüldüğü üzere Betonarme (%20,90) ve Şantiye Yönetimi (%18,80) en yüksek yüzdeleri almıştır. Bu durum, öğrencilerin staj sırasında en çok uygulamalı mühendislik bilgilerine ve şantiye süreçlerinin yönetimine ihtiyaç duyduğunu düşündüğünü göstermektedir. İş Güvenliği (%12,80) en çok tercih edilen üçüncü ders olarak yer almaktadır. Bu durum da sahada karşılaşılan risklerin farkında olmanın ve güvenlik önlemlerini bilmenin öğrenciler için kritik bir konu olarak görüldüğünü desteklemektedir.

Ayrıca teorik derslerin (Mukavemet, Su Kaynakları, Zemin Mekaniği) saha deneyiminde daha az vurgulandığı görülmektedir. Bu sonuçlar, inşaat mühendisliği öğrencilerinin staj sürecinde edindikleri deneyimler doğrultusunda, hangi derslerin saha uygulamalarıyla daha doğrudan ilişkili olduğuna dair algılarını yansıtmaktadır. Bu derslerin VR tabanlı ciddi oyunlar aracılığıyla pratik mühendislik ilişkisinin güçlendirilmesinin, öğrencilerin teorik bilgileri gerçek saha koşullarına entegre etme becerisini arttırabileceği düşünülmektedir.

Öğrencilere sorulan “Sektörün beklentilerini karşılayabilmeniz için lisans eğitiminizdeki hangi derslerin daha iyi anlaşılması gerektiğini düşünüyorsunuz” sorusuna verdikleri yanıtlar Şekil 41’de gösterilmektedir.



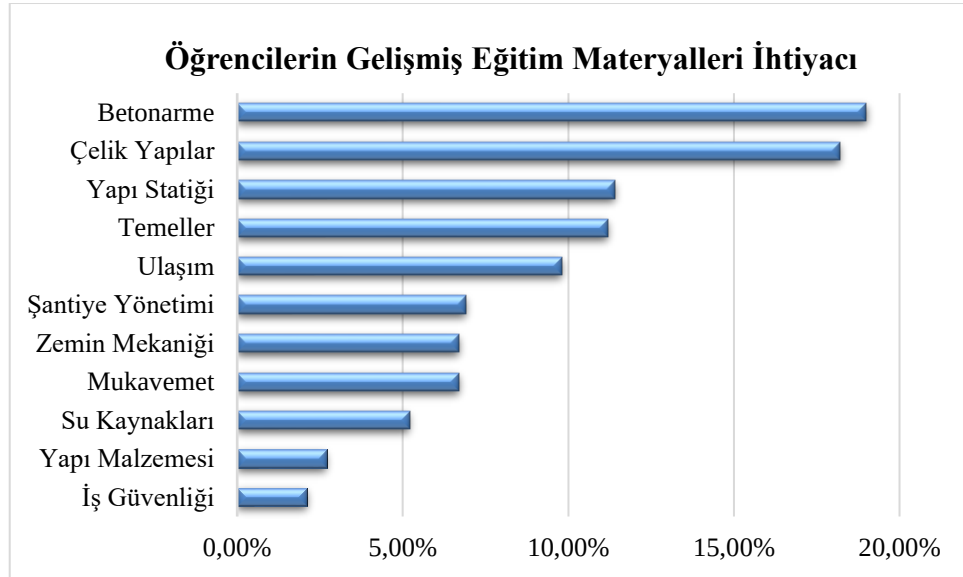
Şekil 41. Öğrencilerin sektör ders ilişkilendirmesi

Şekil 41’de görüldüğü üzere Betonarme (%20,20) ve Şantiye Yönetimi (%14,40) en yüksek oranlara sahip dersler olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, öğrencilerin yapısal tasarım ve saha yönetimi konularında daha derin bir bilgiye ihtiyaç duyduklarını düşündüklerini göstermektedir. Özellikle, betonarme yapılar inşaat sektöründe yaygın olarak kullanıldığından, öğrencilerin bu dersin kapsamını daha iyi anlamaya yönelik beklentileri anlamlı bir sonuç olarak değerlendirilmektedir. Benzer şekilde, şantiye yönetimi dersinin yüksek bir oranla tercih edilmesi, proje yönetimi, iş planlaması ve saha organizasyonu konularının öğrenciler için kritik bir öneme sahip olduğunu işaret etmektedir. Bulgular, Çelik Yapılar (%12,80) ve Temeller (%10,80) derslerinin de öğrenciler tarafından önemli görüldüğünü göstermektedir. Bu sonuç, taşıyıcı sistem tasarımının ve temel mühendisliği

bilgisinin öğrencilerin mesleki başarı açısından belirleyici olduğunu düşündüklerini göstermektedir. Öte yandan, Mukavemet (%3,80), Zemin Mekaniği (%5,60) ve Su Kaynakları (%1,30) gibi daha teorik dersler görece daha düşük oranlarda belirtilmiştir. Bu bulgu, öğrencilerin doğrudan saha uygulamalarına katkı sağlayan dersleri daha önemli gördüklerini göstermektedir. Bununla birlikte, bu dersler inşaat mühendisliğinin temel bilimsel altyapısını oluşturduğundan, saha uygulamalarıyla ilişkilendirilerek öğretilmesi, öğrencilerin bu derslere yönelik mesleki yetkinlik kazanma konusundaki bakış açısını değiştirebileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, bulgular öğrencilerin mesleki başarıya yönelik beklentileri doğrultusunda lisans müfredatının şekillendirilmesine yönelik önemli çıkarımlar sunmaktadır. Özellikle uygulamalı mühendislik derslerinin gerçek ve VR tabanlı saha deneyimleri ile desteklenmesi, proje yönetimi ve yapı sistemlerine dair kapsamlı bilgi edinilmesi için müfredatta iyileştirmeler yapılmasının faydalı olabileceği değerlendirilmektedir.

Öğrencilere sorulan “Mesleğinizi daha iyi öğrenebilmeniz için lisans eğitiminizde hangi derslerin gelişmiş eğitim materyalleri (sanal gerçeklik, arttırılmış gerçeklik, 3 boyutlu modelleme, animasyon, simülasyon, oyunlaştırma vb.) ile desteklenmesi gerektiğiniz düşünüyorsunuz.” sorusuna verdikleri yanıtlar Şekil 42’de gösterilmektedir.



Şekil 42. Öğrencilerin gelişmiş eğitim materyalleri ihtiyacı

Şekil 42’de görüldüğü üzere Betonarme (%19,00) ve Çelik Yapılar (%18,20) dersleri en yüksek oranları almıştır. Bu durum, öğrencilerin özellikle taşıyıcı sistem tasarımı, yapısal analiz ve malzeme davranışlarını daha iyi anlamak için gelişmiş görselleştirme ve simülasyon tekniklerine ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Karmaşık hesaplamalar ve üç boyutlu yapısal davranışları içeren Betonarme ve Çelik Yapılar derslerindeki konuların sanal ortamda modellenmesi, öğrencilerin mesleği daha iyi öğrenebilmelerinde faydalı olabileceği düşünülmektedir. Yapı Statiği (%11,40) ve Temeller (%11,20) derslerinin de yüksek oranlarda tercih edilmesi, taşıyıcı sistemlerin yükleme altındaki davranışlarının ve temel tasarım ilkelerinin görsel ve interaktif materyallerle desteklenmesinin öğrenciler için faydalı olabileceğini göstermektedir. Özellikle statik ve dinamik sistemlerin daha iyi anlaşılması için simülasyonlar ve interaktif uygulamalar kritik bir öğrenme aracı olarak değerlendirilebilir. Ulaşım (%9,80) ve Şantiye Yönetimi (%6,90) derslerinin de görece yüksek yüzdeler alması, öğrencilerin şantiye organizasyonu, proje planlaması, trafik mühendisliği ve ulaşım altyapısının sanal modeller üzerinden öğretilmesini desteklediğini ortaya koymaktadır. Sanal gerçeklik ve simülasyonlar, şantiye ortamının birebir deneyimlenmesi ile mesleki bilgilerin daha iyi kavranmasını sağlayabilir.

Öte yandan, Mukavemet (%6,70), Zemin Mekaniği (%6,70) ve Su Kaynakları (%5,20) gibi daha teorik derslerin de belirli bir oranda tercih edilmesi, bu derslerde soyut kavramların ve karmaşık analizlerin daha iyi anlaşılabilmesi için görselleştirme tekniklerinin önemli olduğu yönünde bir eğilimi yansıtmaktadır. Yapı Malzemesi (%2,70) ve İş Güvenliği (%2,10) derslerinin daha düşük oranlarda belirtilmesi, öğrencilerin bu dersleri geleneksel yöntemlerle öğrenmenin yeterli olduğunu düşündüğünü veya görselleştirme gereksiniminin bu dersler için daha sınırlı algılandığını göstermektedir.

Genel olarak, öğrenciler daha çok yapısal tasarım ve taşıyıcı sistemler üzerine yoğunlaşan derslerde gelişmiş eğitim materyallerinin kullanılmasını gerekli görmektedir. Bu durum, VR tabanlı tekniklerin özellikle kompleks yapısal davranışların, şantiye süreçlerinin ve mühendislik hesaplamalarının daha etkili bir şekilde kavranmasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Eğitim materyallerinin bu doğrultuda geliştirilmesi, mühendislik öğrencilerinin mesleki yetkinliklerini arttırmasında önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir.

Ön çalışmaya katılan akademisyenlerin %10’u Profesör, %20’si Doçent, %30’u Dr. Öğretim Üyesi ve %40’ı Öğretim Görevlisi unvanına sahiptir. Katılımcıların anabilim dalları incelendiğinde, %27,5’i Yapı, %20’si Yapım Yönetimi, %20’si Hidrolik, %10’u Mekanik,

%7,5'i Ulaştırma, %7,5'i Yapı Malzemesi ve %7,5'i Geoteknik anabilim dalında görev yapmaktadır. Akademisyenlere yöneltilen anket soruları şu şekildedir: “Lisans öğrencilerinin akademik ve mesleki başarılarını arttırabilmek için sizce neler yapılabilir”, “İnşaat mühendisliği lisans müfredatının sektörün beklentilerini karşılamadaki yeterliliği (statik proje çizebilme, yapıyı projesine ve ilgili yönetmeliklere uygun bir şekilde yaptırabilme, yapının keşif ve metrajını çıkarabilme, inşaat sözleşmesine uygun hakediş düzenleyebilme, inşaat sırasında oluşabilecek sorunları ekonomik bir şekilde çözebilme, yapı malzemeleriyle ilgili deneylere hakim olma, yapı teknolojisine ve imalat aşamalarına hakim olma, imalat aşamalarını planlayabilme ve kontrol etme vb.) hakkında ne düşünüyorsunuz”, “Geleneksel eğitim materyallerinin (tahta-tebeşir-kitap-2 boyutlu slaytlar vb.) lisans eğitimindeki yeterliliği (dersi anlama, kavrama, anlatılanı veya gösterilene hayal edebilme vb.) hakkında ne düşünüyorsunuz”, “Geleneksel eğitim materyallerinin ilgi çekiciliği (derse olan merak, öğrenme isteği, araştırma isteği) hakkında ne düşünüyorsunuz”

Akademisyenlerin Likert ölçeğinde sorulan sorulara yönelik görüşleri Tablo 3’de verilmektedir.

Tablo 3. Akademisyenlerin Eğitimi Sektöre Hazırlık ve Ders Materyalleri Açısından Değerlendirilmesi

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
İnşaat mühendisliği lisans müfredatı sektörün beklentilerini karşılar	%5 N=2	%35 N=14	%42,5 N=17	%17,5 N=7	-
Geleneksel eğitim materyalleri lisans eğitimindeki yeterlidir	%10 N=4	%35 N=14	%35 N=14	%10 N=4	%10 N=4
Geleneksel eğitim materyalleri ilgi çekicidir	%15 N=6	%40 N=16	%35 N=14	%7,5 N=3	%2,5 N=1

İnşaat mühendisliği lisans müfredatı, sektörün beklentilerini karşılama düzeyi açısından değerlendirildiğinde, akademisyenlerin büyük bir kısmının (%42,5) kararsız olduğu görülmektedir. Müfredatın sektör beklentilerini karşılamadığını düşünenlerin oranı

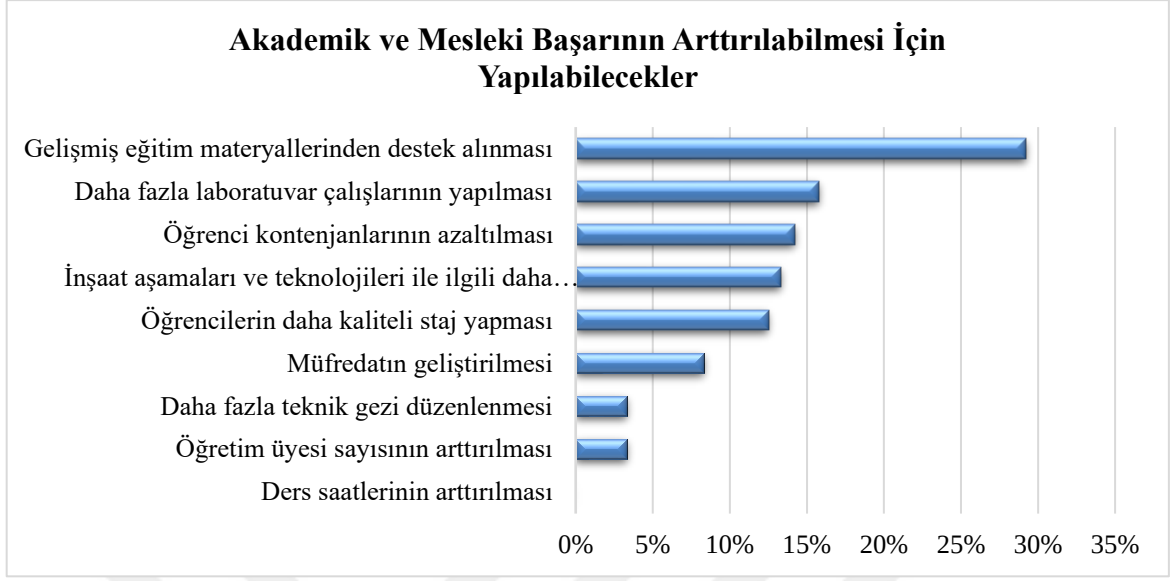
(%40) nispeten yüksek olup, bu durum müfredatın sektörel gereklilikler doğrultusunda güncellenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Müfredatın yeterli olduğunu düşünenlerin oranının (%17,5) oldukça düşük olması, akademik eğitimin sektöre yönelik daha fazla uyarlanması gerektiğini düşündürmektedir. Literatürde de, işverenlerin mezunlardan beklediği yetkinliklerle yükseköğretimde sunulan beceriler arasında bir boşluk olduğu vurgulanmaktadır (Kwan, 2016; Leong & Elleithy, 2016; Wang vd., 2018; Wang vd., 2022).

Geleneksel eğitim materyallerinin yeterliliği konusundaki değerlendirmelerde de benzer bir eğilim gözlemlenmektedir. Katılımcıların %45'i materyallerin yeterli olmadığını düşünürken, %35'i kararsız ve %20'si olumlu görüş bildirmiştir. Bu sonuç, mevcut ders materyallerinin eğitim sürecinde yeterli olmayabileceğini ve alternatif veya tamamlayıcı materyallere ihtiyaç duyulabileceğini göstermektedir.

Geleneksel eğitim materyallerinin ilgi çekiciliği konusunda ise akademisyenlerin büyük bir çoğunluğu olumsuz bir görüşe sahiptir. Katılımcıların %55'i materyallerin ilgi çekici olmadığını belirtmiş, yalnızca %10'u materyallerin ilgi çekici olduğunu ifade etmiştir. Bu durum, geleneksel materyallerin öğrencilerin ilgisini çekmekte yetersiz kaldığını ve öğrenme sürecinin daha etkili hale getirilmesi için VR tabanlı uygulamalar veya ciddi oyunlar gibi yenilikçi yöntemlere ihtiyaç duyulabileceğini göstermektedir. Öğrencilere yönelik yapılan anketlerdeki bulgulara ve literatürde de benzer sonuçlar tespit edilmiştir.

Genel olarak sonuçlar, inşaat mühendisliği lisans müfredatının ve kullanılan eğitim materyallerinin sektör beklentileriyle uyumluluğunun artırılması gerektiğini, ayrıca eğitim materyallerinin daha ilgi çekici ve etkili hale getirilmesine yönelik iyileştirmelerin yapılmasının önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Akademisyenlere sorulan “Lisans öğrencilerinin akademik ve mesleki başarılarını arttırabilmek için sizce neler yapılabilir” sorusuna verdikleri yanıtlar Şekil 43’de gösterilmektedir.



Şekil 43. Akademik ve mesleki başarının arttırılabilmesi için yapılabilecekler

Şekil 43’deki bulgular, eğitim sürecinde hangi alanların öncelikli olarak geliştirilmesi gerektiğine dair önemli ipuçları sunmaktadır. En çok vurgulanan iyileştirme alanı, akademisyenlerin %29,2’sinin belirttiği “gelişmiş eğitim materyallerinden destek alınması” önerisidir. Bu bulgu, mevcut ders materyallerinin yeterliliğinin sorgulandığını ve daha yenilikçi, etkili eğitim araçlarının kullanımına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. VR tabanlı uygulamalar ve ciddi oyunlar gibi yenilikçi teknolojilerin bu noktada faydalı olabileceği değerlendirilmektedir.

Laboratuvar çalışmaları (%15,8) ve öğrenci kontenjanlarının azaltılması (%14,2) da öne çıkan konular arasındadır. Daha fazla laboratuvar çalışmasının yapılmasının önerilmesi, uygulamalı eğitimin önemine vurgu yaparken, öğrenci kontenjanlarının azaltılması önerisi ise kalabalık sınıfların akademik başarıyı olumsuz etkileyebileceği düşünüldüğü ve eğitimde bireysel ilginin artırılmasına yönelik bir talep olduğunu yansıtmaktadır.

İnşaat aşamaları ve teknolojileri hakkında daha fazla bilgi verilmesi gerektiğini düşünen akademisyenlerin oranı %13,3’tür. Bu durum, müfredatta güncel inşaat teknolojilerine yeterince yer verilmediği algısını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, öğrencilerin daha kaliteli staj yapması gerektiğini belirtenlerin oranı %12,5 olup, teorik eğitimin sektörde uygulamalı olarak desteklenmesi gerektiğine dair akademik görüşü yansıtmaktadır.

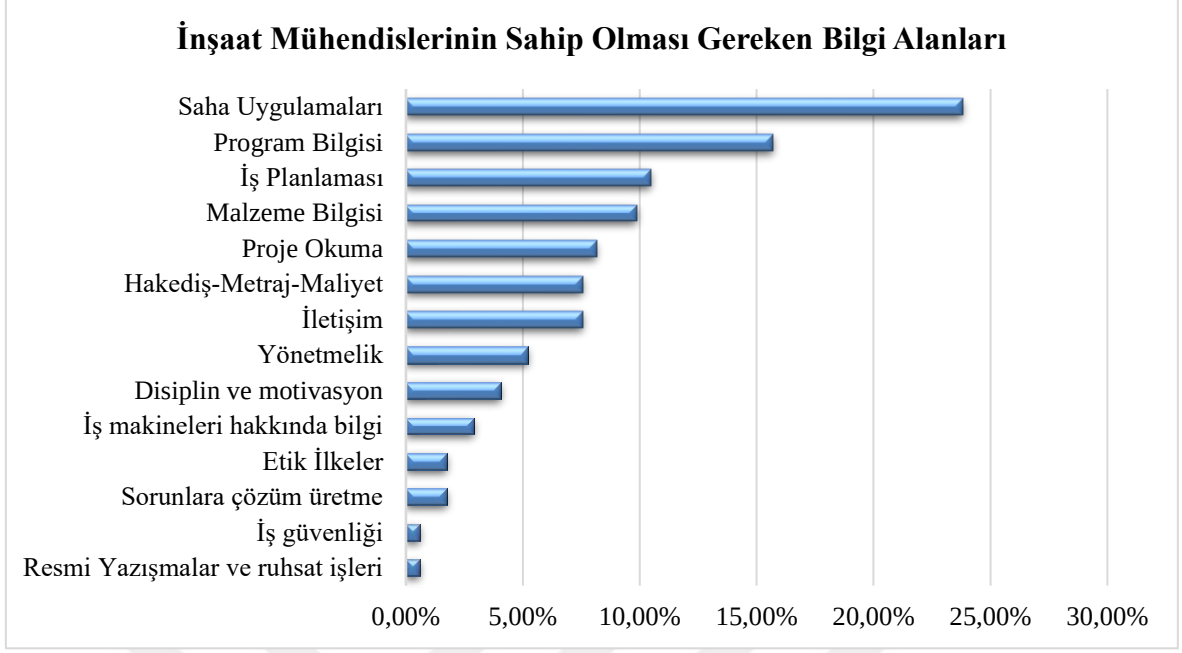
Müfredatın geliştirilmesi önerisi %8,3'lük bir oranla belirtilmiş olup, bu sonuç, önceki tabloda müfredatın sektör beklentilerini karşılamadığı yönündeki bulgularla örtüşmektedir. Müfredatın güncellenmesinin ve uygulamalı ders içeriklerinin artırılmasının, eğitim sürecinin daha etkili hale gelmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Daha az vurgulanan öneriler arasında daha fazla teknik gezinin düzenlenmesi (%3,3) ve öğretim üyesi sayısının artırılması (%3,3) bulunmaktadır. Ders saatlerinin artırılması ise hiçbir akademisyen tarafından önerilmemiştir (%0). Bu durum, akademisyenlerin eğitim sürecinin süresinden çok, niteliğinin artırılması gerektiğini düşündüklerini göstermektedir.

Genel olarak, bu bulgular inşaat mühendisliği lisans eğitiminde uygulamalı öğrenmeye, teknolojik yeniliklere ve nitelikli eğitim materyallerine olan ihtiyacı vurgulamaktadır. Bu bağlamda, VR tabanlı ciddi oyunların ve benzeri yenilikçi eğitim araçlarının kullanımı hem teorik hem de pratik bilgi aktarımını güçlendirme potansiyeline sahiptir.

Ön çalışmaya katılan sektör çalışanlarının 87'si erkek, 16'sı ise kadındır. Katılımcılar, şirket müdürü, şantiye şefi, saha şefi, kesin hesap uzmanı, kontrol mühendisi gibi görevlerde çalışmaktadır. Katılımcıların yaşları 23 ile 58 arasında değişmekte olup, yaş ortalaması 31,21'dir. Katılımcıların iş tecrübesi 1 yıl ile 27 yıl arasında değişmekte olup ortalama 7,86 yıldır. Sektör çalışanlarına sorulan sorular şu şekildedir: “Öğrencilerin mezun olduklarında daha iyi bir inşaat mühendisi olabilmeleri için en çok hangi konularda bilgi sahibi olması gerektiğini düşünüyorsunuz?”, “Öğrencilere inşaat yapım aşamaları ve teknolojileri hakkında bilgi verilmesinin mesleki başarılarına nasıl katkı sağlayacağını düşünüyorsunuz?”, “İnşaat mühendisliği lisans müfredatının sektörün beklentilerini karşılamadaki yeterliliği (statik proje çizebilme, yapıyı projesine ve ilgili yönetmeliklere uygun bir şekilde yaptırabilme, yapının keşif ve metrajını çıkarabilme, inşaat sözleşmesine uygun hakediş düzenleyebilme, inşaat sırasında oluşabilecek sorunları ekonomik bir şekilde çözebilme, yapı malzemeleriyle ilgili deneylere hakim olma, yapı teknolojisine ve imalat aşamalarına hakim olma, imalat aşamalarını planlayabilme ve kontrol etme vb.) hakkında ne düşünüyorsunuz?”, “Öğrencilerin sektörün beklentilerini karşılayabilmeleri için lisans eğitimlerinde hangi dersleri daha iyi anlamaları gerektiğini düşünüyorsunuz?”.

Sektör çalışanlarının “Öğrencilerin mezun olduklarında daha iyi bir inşaat mühendisi olabilmeleri için en çok hangi konularda bilgi sahibi olması gerektiğini düşünüyorsunuz?” sorusuna verdikleri yanıtlar Şekil 44'de gösterilmektedir.

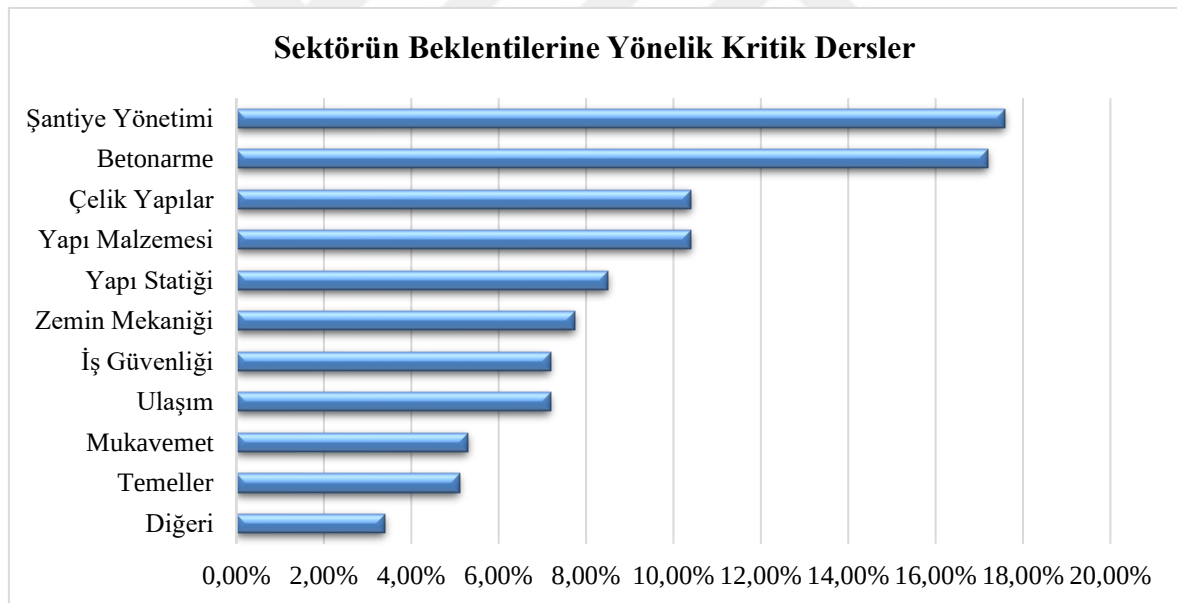


Şekil 44. İnşaat mühendislerinin sahip olması gereken bilgi alanları

Şekil 44’de sunulan verilere göre, sektör çalışanlarının görüşleri doğrultusunda, mezunların en çok bilgi sahibi olmaları beklenen alanlar arasında saha uygulamaları (%23,84), program bilgisi (%15,70), iş planlaması (%10,47), malzeme bilgisi (%9,88), proje okuma (%8,14), maliyet hesapları (%7,56) ve iletişim becerisi (%7,56) öne çıkmaktadır. Bu bulgular, inşaat sektörünün dinamik yapısını ve mezunlardan beklenen çok yönlü yetkinlikleri yansıtmaktadır. Saha uygulamalarına verilen yüksek önem, sektörün pratik deneyime teorik bilgiden daha fazla değer verdiğini göstermektedir. Bu durum, inşaat mühendisliği eğitim programlarının saha stajlarına ve uygulamalı derslere daha fazla ağırlık vermesi gerektiğini işaret etmektedir. Program bilgisi, inşaat sektöründeki teknolojik gelişmelerin hızla ilerlemesi nedeniyle önemli bir beklenti olarak karşımıza çıkmaktadır. Elde edilen bulgular BIM, CAD ve diğer mühendislik yazılımlarına hakimiyetin, mezunların iş bulma ve projelerde etkin rol alma potansiyelini arttırabileceğini göstermektedir. İş planlaması ve maliyet hesapları, inşaat projelerinin karmaşık doğası gereği kritik öneme sahiptir. Bu alanlardaki yetkinlik, projelerin zamanında ve bütçe dahilinde tamamlanmasını sağlamaktadır. Malzeme bilgisi ve proje okuma becerileri, mühendislerin teknik detaylara hakim olmasını ve doğru kararlar vermesini gerektirmektedir. İnşaat mühendisleri açısından statik proje okuma becerisi, yapısal güvenliğin sağlanması, malzeme ve iş gücü planlamasının doğru yapılması ve projelerin mühendislik standartlarına uygun şekilde uygulanması açısından kritik bir öneme sahiptir. Projeleri doğru okuyamayan bir mühendis,

yapısal hesaplamalara dayalı kritik bilgileri gözden kaçırabilir, bu da inşaat sırasında hatalara, zaman kayıplarına ve maliyet artışlarına yol açabilir. Ayrıca, sahadaki uygulamaların projeye uygunluğunu denetlemek, mühendislerin proje okuma yetkinliğiyle doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla, statik proje okuma becerisi, mühendislerin tasarım ile uygulama arasındaki köprüyü kurmasını sağlayarak güvenli ve verimli bir inşaat sürecine katkıda bulunmaktadır. İletişim becerisi ise, farklı disiplinlerden profesyonellerle işbirliği yapabilme ve proje paydaşlarıyla etkili iletişim kurabilme yeteneğini ifade etmektedir. Bu bulgular, inşaat mühendisliği eğitiminin sadece teknik bilgi aktarmakla kalmayıp, aynı zamanda öğrencilere pratik beceriler ve profesyonel yetkinlikler kazandırması gerektiğini vurgulamaktadır.

Sektör çalışanlarının “Öğrencilerin sektörün beklentilerini karşılayabilmeleri için lisans eğitimlerinde hangi dersleri daha iyi anlamaları gerektiğini düşünüyorsunuz?” sorusuna verdikleri yanıt Şekil 45’de gösterilmektedir.



Şekil 45. Sektörün beklentilerine yönelik kritik dersler

Şekil 45’deki bulgulara göre, Şantiye Yönetimi (%17,58) ve Betonarme (%17,2) dersleri, sektör çalışanları tarafından en kritik dersler arasında sayılmaktadır. Betonarme, inşaat mühendisliği projelerinin temel yapı taşlarından biri olarak, mühendislerin projeleri doğru bir şekilde analiz edebilmesi ve uygulama sürecinde karşılaşılabilecekleri zorluklarla başa çıkabilmesi için oldukça önemlidir. Şantiye Yönetimi ise, inşaat projelerinin etkin bir şekilde yönetilmesi ve iş gücü ile kaynakların verimli bir şekilde kullanılması adına kritik

bir rol oynamaktadır. Bu bulgular, sektördeki uygulama ve proje yönetimi odaklı becerilerin, mezunların sektörde başarılı olabilmeleri için önemli bir gereklilik olduğunu göstermektedir.

Çelik Yapılar (%10,4) ve Yapı Malzemesi (%10,4) gibi dersler de sıralamada üst sıralarda yer almaktadır. Bu dersler, inşaat mühendisliğinde yapısal dayanıklılığı, sürdürülebilirliği ve ekonomik tasarım kriterlerini sağlamak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Çelik yapılar dersi, mühendislerin dayanıklı taşıyıcı sistemler tasarlamalarına olanak tanırken, yapı malzemesi dersi ise farklı malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerini analiz ederek, uygun malzeme seçimi yapmalarına katkıda bulunmaktadır. Bu dersler aracılığıyla kazanılan bilgi birikimi, mühendislerin tasarım süreçlerinde daha bilinçli kararlar vermesini, yapıların güvenliğini artırmasını ve uzun vadeli performanslarını optimize etmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla bu dersler hakkında bilgi sahibi olmak, öğrencilerin sektörün beklentilerini karşılamasını destekleyeceği görülmektedir.

Ayrıca, Yapı Statiği (%8,51) ve Zemin Mekaniği (%7,75) gibi temel mühendislik dersleri de sektördeki çalışanlar tarafından önem arz ettiği görülmektedir. Bu dersler, yapının temeli ve taşıma kapasitesinin anlaşılması açısından mühendislerin karar alma süreçlerinde temel bilgiler sunmaktadır. Temeller ve zemin mekaniği gibi derslerin, özellikle proje tasarımında önemli bir yer tuttuğu sektörde, mezunların bu derslerdeki bilgi seviyelerini güçlendirmelerinin büyük önem taşıdığı anlaşılmaktadır.

Verilen yanıtlar ayrıca, İş Güvenliği (7,18%) gibi önemli bir konunun da sektörde dikkatle ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. İnşaat sektöründe, güvenlik önlemleri ve iş kazalarının önlenmesi, mühendislerin sorumlulukları arasında önemli bir yer tutmaktadır. Sonuç olarak, bu bulgular, inşaat mühendisliği lisans eğitiminde sektöre yönelik daha iyi bir hazırlık yapabilmek için, öğrencilerin özellikle uygulamalı derslerde ve sektörün dinamiklerine yönelik becerilerde daha derinlemesine eğitim almaları gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, her bir dersin sektör çalışanları tarafından farklı önceliklere göre sıralandığı bu sonuçlar, eğitim müfredatlarının daha sektörel beklentilerle uyumlu hale getirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Sektör çalışanlarının Likert ölçeğinde sorulan “Öğrencilere inşaat yapım aşamaları ve teknolojileri hakkında bilgi verilmesinin mesleki başarılarına nasıl katkı sağlayacağını düşünüyorsunuz?” ve “İnşaat mühendisliği lisans müfredatının sektörün beklentilerini karşılamadaki yeterliliği (statik proje çizebilme, yapıyı projesine ve ilgili yönetmeliklere uygun bir şekilde yaptırabilme, yapının keşif ve metrajını çıkarabilme, inşaat sözleşmesine uygun hakediş düzenleyebilme, inşaat sırasında oluşabilecek sorunları ekonomik bir şekilde

çözebilme, yapı malzemeleriyle ilgili deneylere hakim olma, yapı teknolojisine ve imalat aşamalarına hakim olma, imalat aşamalarını planlayabilme ve kontrol etme vb.) hakkında ne düşünüyorsunuz?” sorularına yönelik görüşleri Tablo 4’de verilmektedir.

Tablo 4. Sektör Çalışanlarının Eğitimi Değerlendirilmesi

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Öğrencilere inşaat yapım aşamaları ve teknolojileri hakkında bilgi verilmesi mesleki başarılarına katkı sağlar	-	%4,8 N=5	%9,7 N=10	%26 N=27	%59,5 N=61
İnşaat mühendisliği lisans müfredatı sektörün beklentilerini karşılar	%16,5 N=17	%31 N=32	%35 N=36	%11,5 N=12	%6 N=6

Tablo 4’deki bulgular, sektör çalışanlarının inşaat mühendisliği eğitimine ve müfredatının sektörel ihtiyaçları karşılamaya yönelik tutumlarını ve beklentilerini ortaya koymaktadır. İlk olarak, “Öğrencilere inşaat yapım aşamaları ve teknolojileri hakkında bilgi verilmesinin mesleki başarılarına nasıl katkı sağlayacağını düşünüyorsunuz?” sorusuna verilen yanıtlar, sektördeki çalışanların büyük bir çoğunluğunun bu konuda güçlü bir kanaate sahip olduğunu göstermektedir. Katılımcıların %59,5’i “Kesinlikle Katılıyorum” cevabını vermiştir, bu da inşaat yapım aşamaları ve teknolojileri konusunda eğitim almanın öğrencilerin mesleki başarıları için kritik bir öneme sahip olduğuna dair güçlü bir inanç olduğunu göstermektedir. Ayrıca, %26’lık bir kısım da “Katılıyorum” cevabını vermiştir, bu da mesleki başarıya katkı sağlama konusunda büyük bir çoğunluğun pozitif bir görüşe sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, sektör çalışanlarının inşaat mühendislerinin eğitiminde uygulamalı ve teknolojik bilgiye sahip olmalarının sektördeki etkinliklerini artıracığına inandıklarını göstermektedir.

Sektör çalışanlarının, “İnşaat mühendisliği lisans müfredatının sektörün beklentilerini karşılamadaki yeterliliği hakkında ne düşünüyorsunuz?” sorusuna verdikleri yanıtlar incelendiğinde, yanıtların %16,5’i “Kesinlikle Katılmıyorum” ve %31’i “Katılmıyorum” olarak verildiği görülmektedir. Bu durum sektör çalışanlarının çoğunluğunun mevcut

müfredatın sektöre yeterince uygun olmadığına dair bir görüşe sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, sadece %6'lık bir kısım “Kesinlikle Katılıyorum” cevabını vermiştir, bu da müfredatın beklentileri karşılamada yüksek yeterlilikte olduğunu savunan oldukça dar bir kesim olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, sektörün gereksinimlerini karşılamak adına inşaat mühendisliği lisans müfredatının daha fazla gözden geçirilmesi gerektiğini, özellikle de uygulamalı becerilere ve sektörün dinamiklerine yönelik eğitimlerin güçlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak, ilk sorudaki bulgular, inşaat mühendisliği öğrencilerine sektörle uyumlu bilgiler vererek mesleki başarıyı artıracaklarına dair güçlü bir inanç olduğunu, ancak ikinci soruda, mevcut lisans müfredatının sektörel ihtiyaçları karşılama konusunda yeterli görülmediğini ve bu alanda önemli bir iyileştirme gerekliliği bulunduğunu göstermektedir.

3.2. Çalışmaya Katılan Öğrencilerden Elde Edilen Bulgular

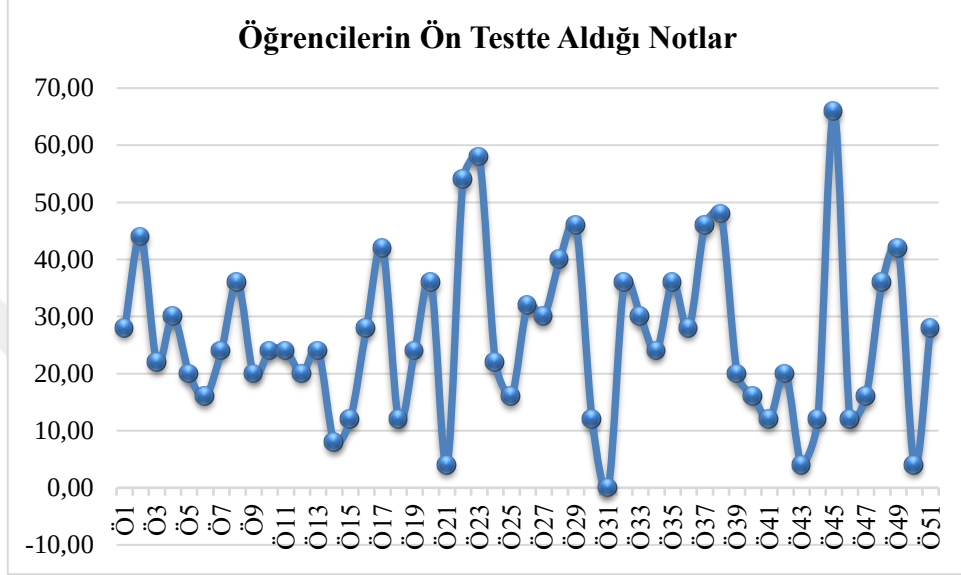
Bu tez kapsamında geliştirilen VR tabanlı ciddi oyun, Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğrencileri üzerinde uygulanmıştır. Katılımcıların demografik dağılımı incelendiğinde, 34'ü erkek ve 17'si kadın olmak üzere toplam 51 öğrencinin yer aldığı görülmektedir. Katılımcıların yaşları 20 ile 40 arasında değişmekte olup, yaş ortalaması 22,62'dir. Öğrencilerin en az üç yıldır inşaat mühendisliği eğitimi aldığı en fazla ise sekiz yıldır bu bölüme devam ettiği belirlenmiştir. Ortalama öğrenim süresi 3,92 yıl olarak hesaplanmıştır.

Katılımcıların 41'inde herhangi bir görme problemi bulunmazken, 10 öğrencide hafif düzeyde görme bozukluğu mevcuttur. Öğrencilerden 11'i daha önce sanal gerçeklik cihazı deneyimine sahipken, 40 öğrenci bu çalışma kapsamında ilk kez sanal gerçeklik gözlüğü kullanmıştır. Ayrıca katılımcıların 27'si daha önce video oyunu oynama deneyimine sahip olduğunu belirtirken, 24 öğrenci daha önce hiç oyun oynamadığını ifade etmiştir.

Bunun yanı sıra, öğrencilerin 44'ü daha önce bir binanın inşaat sürecini gözlemleme ve bu konuda bilgi edinme fırsatı bulduğunu belirtmiştir. 7 öğrenci ise daha önce bir binanın yapım aşamaları konusunda bilgi sahibi olmadığını aktarmıştır.

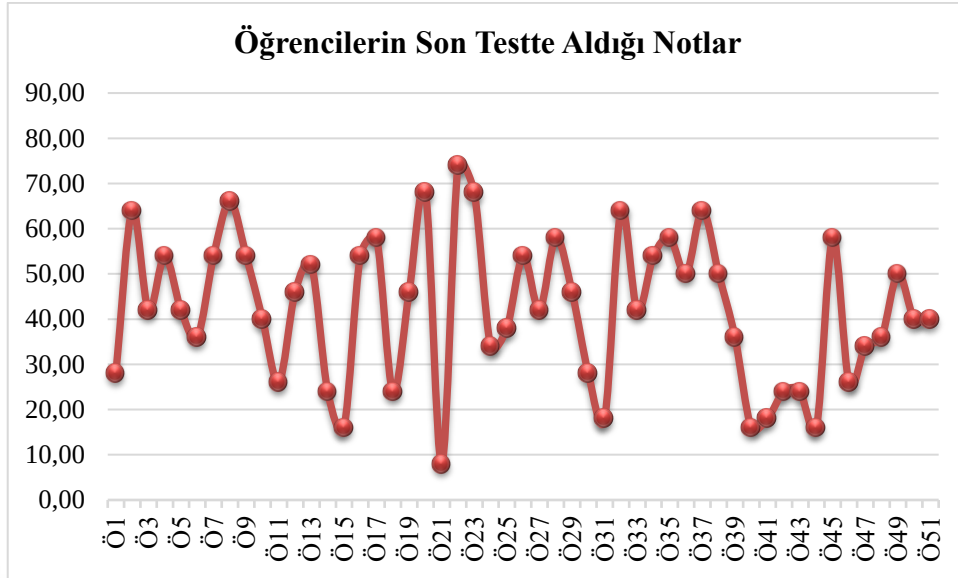
Öğrencilerin VR tabanlı ciddi oyun uygulamasına başlamadan önce sahip oldukları bilgi düzeyini ölçmek amacıyla, proje okuma ve inşaat yapım aşamalarına odaklanan bir ön test uygulanmıştır. 51 öğrencinin katıldığı bu testte elde edilen puanlar 0 ile 66 arasında değişmektedir. Öğrencilerden yalnızca biri 0 puan alırken, ön test sınav notlarının ortalaması

26,32 olarak hesaplanmıştır. Dikkat çekici bir şekilde, öğrencilerin yalnızca %6'sı 50 puan ve üzerinde bir başarı elde edebilmiştir. Bu durum, öğrencilerin çoğunluğunun uygulama öncesinde proje okuma ve inşaat yapım aşamaları konusunda yeterli bilgiye sahip olmadığını göstermektedir. Ön test verileri Şekil 46'da sunulmaktadır.



Şekil 46. Ön test sonuçları

Örneklem grubunun inşaat mühendisliği 3. sınıf ve üzerinde olması, en az bir kez staj deneyimine sahip bulunmaları ve proje okuma ile ilgili dersleri almış olmalarına rağmen, ön test sonuçlarının düşük çıkması, öğrencilerin proje okuma becerilerinde eksiklikler olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, inşaat mühendisliği eğitiminde sanal gerçeklik (VR) teknolojilerinin kullanımına duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. Uygulama sonrasında öğrencilerin bilgi düzeyindeki değişimi değerlendirmek amacıyla bir son test uygulanmıştır. Son testte elde edilen en yüksek puan 74, en düşük puan ise 8 olarak kaydedilmiştir. Son test sınav sonuçlarının ortalaması 42,44 olarak hesaplanmıştır. Öğrencilerin %42'sinin 50 ve üzeri puan alması, uygulama sonrasında bilgi düzeyinde önemli bir artış olduğunu göstermektedir. Son test verileri Şekil 47'de sunulmaktadır.



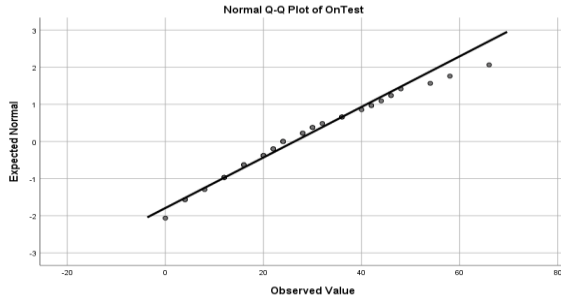
Şekil 47. Son test sonuçları

Ön test sonuçları öğrencilerin VR uygulaması aracılığıyla edinecekleri yeni bilgileri değerlendirmek ve öğrenme çıktılarını ölçmek açısından önemli bir referans noktası oluşturmuştur. VR uygulamasının, öğrencilerin bilgi eksikliklerini gidermede ve inşaat mühendisliği alanındaki temel becerilerini geliştirmede etkili olabileceğini belirlemek için ön test ve son test sonuçlarının aralarında anlamlı bir farklılığın olup olmadığının araştırılması gerekmektedir. Bu amaçla, öncelikle verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro Wilk ve Kolmogorov-Smirnov normallik testleri ile incelenmiştir. Yapılan normal dağılım analizlerinin sonuçları Tablo 5’de gösterilmektedir.

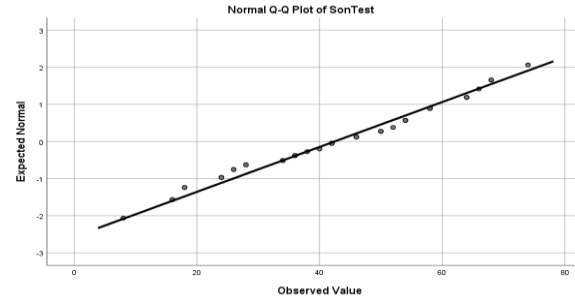
Tablo 5. Normal Dağılım Testi Sonuçları

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Stat.	Df.	Sig.	Stat.	Df	Sig.
Ön Test	0,123	50	0,058	0,972	50	0,269
Son Test	0,098	50	0,2	0,97	50	0,234

Tablo 5’de görüldüğü gibi iki test sonucunda da Sig. değerleri 0,05 değerinden büyük olduğu için test verilerinin dağılımı normal kabul edilmektedir (O’Donoghue, 2012). Ön test ve son test verilerinin normal dağılım grafikleri Şekil 48’de gösterilmektedir.



a. Ön test normallik dağılımı



b. Son test normallik dağılımı

Şekil 48. Ön test son test dağılım grafikleri

Test sonuçları hem ön test hem de son test verilerinin normal dağılım gösterdiğini ortaya koymuştur. Birbiriyle bağımlı ve normal dağılım gösteren veriler arasındaki anlamlı farklılığı belirlemek için eşleştirilmiş bağımlı t testi kullanılmıştır.

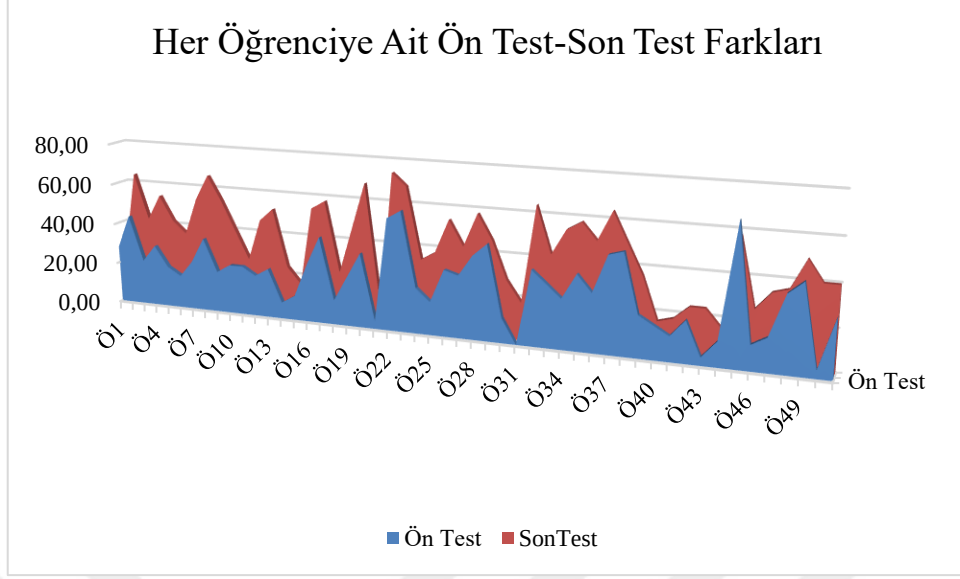
Eşleştirilmiş bağımlı t test bulguları Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. Ön test-son test aralarındaki anlamlılık

	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama Standart Hata	Alt Aralık	Üst Aralık	t	df	Sig
Ön test	-16,12	10,368	1,466	-19,06	-13,17	-10,994	50	0,000
Son test								

Eşleştirilmiş örneklem t test sonuçlarına göre ön test ve son test arasındaki serbestlik derecesi (t) -10,994 ve anlamlılık değeri (sig) 0,05 den küçük bulunmuştur. Bu bulgu, tez kapsamında geliştirilen ve katılımcıların kullandığı sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunun katılımcıların puanlarında anlamlı bir değişikliğe yol açtığını göstermektedir (Rosner, 2010). Ön test son test arasındaki eşleştirilmiş farklara bakıldığında ortalamaları arasındaki farkın 16,12 olduğu, ortalama standart hata farklarının 1,47 olduğu görülmektedir.

Son test not ortalamasının ön teste göre 16 puan artması, sanal gerçeklik uygulamasının öğrencilerin bilgi düzeyini artırdığını göstermektedir. Bu bulgu, VR tabanlı eğitim araçlarının inşaat mühendisliği öğrencilerinin öğrenme sürecine olumlu katkı sağlayabileceğini desteklemektedir. Ön test ve son test arasındaki farklılıklar Şekil 49'da gösterilmektedir.



Şekil 49. Ön test son test arasındaki farklar

Şekil 49’da kırmızı alan, öğrencilerin son testte aldıkları puanları, mavi alan ise ilk testte aldıkları puanları göstermektedir. Sadece bir öğrenci (Ö45), ön testte son teste kıyasla daha yüksek puan almıştır. Görüldüğü üzere, son test sonuçlarında öğrencilerin büyük çoğunluğu, ön teste kıyasla daha yüksek puan elde etmiştir. Tez kapsamında geliştirilen sanal gerçeklik tabanlı oyunda kullanılan proje ile ön test ve son test sorularında kullanılan projeler farklı olmasına rağmen, öğrencilerin neredeyse tamamının son testte daha yüksek puan alması, oyunun proje okuma becerisini geliştirmedeki başarısını ortaya koymaktadır. Bu sonuç, sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyun eğitiminin öğrencilerin proje okuma becerileri üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ve öğrencilerin bu yöntemi kullanarak daha etkili bir şekilde öğrenebildiğini göstermektedir.

Çalışma kapsamında öğrencilerden farklı veriler elde etmek amacıyla iki ayrı Likert tipi anket uygulanmıştır. Öğrencilere ilk ankette 28 soru, ikinci ankette 23 soru olmak üzere toplam 51 soru yöneltilmiştir. İlk anket, uygulamanın kullanılabilirliği, gerçekçiliği ve öğrencilerin memnuniyet düzeyi gibi konulara odaklanmaktadır. İkinci anket ise uygulamanın öğrenme sürecine etkileri ile ilgili soruları içermektedir. Anketlerde yer alan her soru, belirli bir amacı gerçekleştirmek üzere tasarlanmış ve tematik olarak gruplandırılmıştır. Tablo 7 ve Tablo 8’de, anket soruları ve bu sorular aracılığıyla elde edilmesi hedeflenen bulgular detaylı bir şekilde sunulmaktadır.

Tablo 7. Öğrencilere uygulanan likert-1 anket sorularının gruplandırılması

Temalar	Sorular
Gerçekçilik	Ortam beni gerçek bir şantiyede gibi hissettirdi
	Görsel olarak ortam gerçekçiydi
	Oyun şantiyeyi üçüncü boyuta taşımakta başarılıydı
Oyun deneyimi ve memnuniyeti	Oyunu oynamak eğlenceliydi
	Oyunu oynamak ilgi çekiciydi
	Oyunun sıkıcı olduğunu düşünüyorum
	Oyun hiç ilgimi çekmedi
	Çok gereksiz ve karmaşık buldum
Kullanılabilirlik	Nesneleri rahatça gözlemleyebildim
	Nesneleri rahatça yakaladım
	Nesneleri rahatça yerine yerleştirdim
	Ekrandaki bilgiler kolay okunuyordu
	Sanal ortam deneyimine çabuk uyum sağladım
	Uygulama anında baş dönmesi yaşadım
Öğrenme etkinliği	Öğrenirken eğlendim
	Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek çok daha uzun sürerdi
	Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek daha sıkıcı olurdu
	Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek daha az akılda kalıcı olurdu
	VR tabanlı ciddi oyunlar geleneksel yöntemlere göre daha motive edicidir
	VR tabanlı ciddi oyunlarla öğrenmek geleneksel yöntemlerle öğrenmekten daha yorucudur
	Yaratıcı düşünmemi arttırdı
	Etkileşimli öğrenmemi sağladı
	Etkili öğrenme ortamı sağladı
	Derste kullanmak zaman kaybıdır
Genel değerlendirme ve gelecek beklentileri	Oyunun öğretme tarzı benim öğrenme tarzıma uygundu
	Başka konularda da VR tabanlı eğitimleri tercih ederim
	Bu teknolojinin gelecekte örgün eğitime alternatif olacağını düşünüyorum
	Kullanımın artmasının konuları kavramanıza faydalı olacağını düşünüyorum

Öğrencilere uygulanan Likert ölçekli ilk ankette, sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunlara yönelik beş temel tema ele alınmıştır. Bu temalar çerçevesinde, öğrencilerin sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunlara ilişkin görüşleri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Tablo 8. Öğrencilere uygulanan likert-2 anket sorularının gruplandırılması

Temalar	Sorular
Oyunun Öğrenmeye Etkisi	Oyun proje okuma konusunda bana yardımcı oldu. Oyun içeriği uygulama öğrenimi becerilerimi artıracak şekilde tasarlanmıştı. Oyunu önceden öğrendiğim bilgilerle ilişkilendirerek tamamladım. Statik proje okumayla ilgili kitap ders notu gibi basılı ve görsel materyaller yerine geliştirilen VR öğrenme metodolojisi yeterlidir. Oyundaki seçenekler proje okumayı öğrenmemde bana yardımcı oldu. Seçeneklerdeki detaylar proje okuma becerimin daha fazla gelişmesini sağladı.
Oyunun İçerik ve Tasarımı	Oyundaki talimatlar açık ve netti. Oyundaki aşamaları birer birer tamamlamak benim için bir zevkti. Oyunda bir bina inşaatı yapmak benim için heyecan vericiydi. Oyundaki seçenekler yeterince caydırıcıydı. Oyundaki seçenekler projedeki bilgileri daha dikkatli okumamda bana yardımcı oldu.
3D Görselleştirme Etkisi	3 boyutlu görmek anlaşılabilirliği arttırmıştır. Artık projeye baktığımda binayı 3 boyutlu olarak hayal edebilmemi sağladı.
Oyunun Motivasyonel Etkisi	Oyunu başarıyla tamamlamak öz güvenimi yerine getirdi. Bina yapımının kontrolü konusunda kendime olan güvenim arttı.
Beceri ve Bilgi Kazanımı	Oyun sayesinde bir binanın kaba inşaatının yapım aşamalarını öğrendim. Demirlerin projesine uygun bir şekilde nasıl yerleştirildiğini öğrendim. Demir tiplerinin, çapının, aralıklarının ve uzunluklarının projeden nasıl okunduğunu öğrendim. İmalat aşamasında kullanılacak demir donatıların yerleşim ve detayları için hangi proje türüne başvurmam gerektiğini öğrendim. Temel, kolon, kiriş ve döşeme gibi yapı elemanlarının hangi tür demirlerden oluştuğunu öğrendim. Bina için yapılan statik projeleri okuyabilirim. Diğer yapılar için yapılan statik projeleri okuyabilirim. Ustaların demir imalatını doğru bir şekilde yapıp yapmadıklarını daha rahat bir şekilde kontrol edebilirim.

Öğrencilere uygulanan Likert ölçekli ikinci ankette de 5 temel tema ele alınmıştır. Bu temalar çerçevesinde öğrencilerin geliştirilen oyunla ilgili görüşleri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

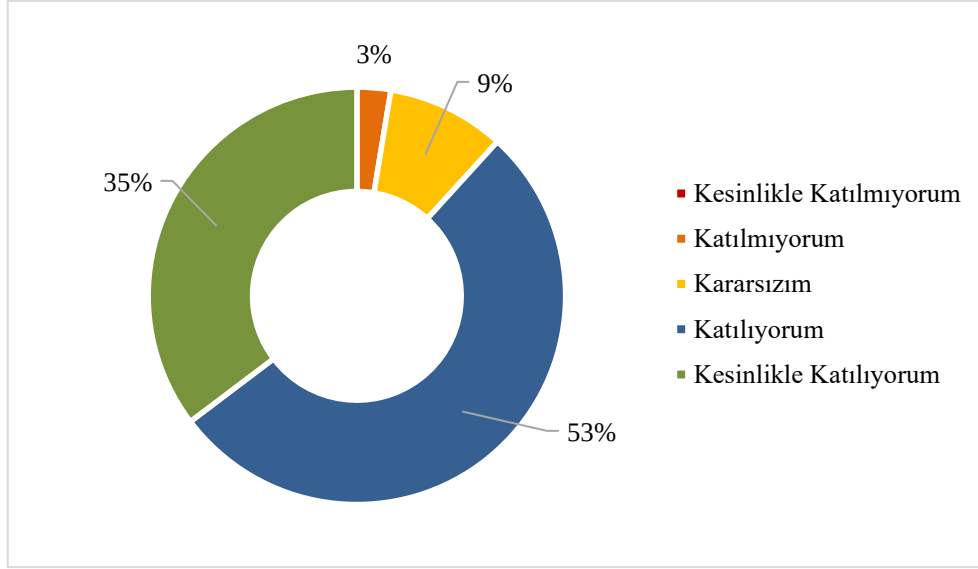
Anketlerin güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla Cronbach Alfa testi uygulanmıştır. İlk anketin Cronbach Alfa katsayısı 0,839, ikinci anketin ise 0,939 olarak bulunmuştur. Alfa katsayısı 0,6 ile 0,8 arasında olduğunda ölçek güvenilir; 0,8’den büyük olduğunda ise ölçeğin yüksek derecede güvenilir olduğunu göstermektedir (Kalaycı, 2008). Elde edilen bu yüksek Cronbach Alfa değerleri, her iki anketin de güvenilir olduğunu ve tutarlı sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Öğrencilere yöneltilen ilk anketin başlangıcında, uygulamanın gerçekçilik düzeyini değerlendirmek amacıyla üç soru sorulmuştur. Bu sorular, öğrencilerin sanal şantiye ortamını ne derece gerçekçi bulduklarını ölçmeyi hedeflemektedir. Sorular şu şekildedir: “Ortam beni gerçek bir şantiyedeymişim gibi hissettirdi”, “Görsel olarak ortam gerçekçiydi” ve “Oyun, şantiyeyi üçüncü boyuta taşımakta başarılıydı”.

Öğrencilerin bu soru grubuna verdikleri cevapların öğrenci sayıları ile birlikte gösterimi Tablo 9’da verilirken, ilgili cevapların grafiksel gösterimi ise Şekil 50’de sunulmaktadır.

Tablo 9. Likert-1 gerçekçilik temalı ifadelerine verilen cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Ortam beni gerçek bir şantiyedeymişim gibi hissettirdi	-	%3,9 N=2	%9,8 N=5	%54,9 N=28	%31,4 N=16
Görsel olarak ortam gerçekçiydi	-	%1,9 N=1	%15,7 N=8	%56,9 N=29	%25,5 N=13
Oyun, şantiyeyi üçüncü boyuta taşımakta başarılıydı	-	%1,95 N=1	%1,95 N=1	%47,1 N=24	%49 N=25



Şekil 50. Gerçekçilik temalı ifadelere verilen ortalama yanıtlar

“Ortam beni gerçek bir şantiyedeymişim gibi hissettirdi” ifadesine yönelik yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin %86,3’ünün “Kesinlikle katılıyorum” (%31,4) ve “Katılıyorum” (%54,9) seçeneklerini işaretlediği görülmektedir. Bu yüksek oran, sanal ortamın öğrencilerde gerçek bir şantiye deneyimi yaşattığını göstermektedir. Öte yandan, katılımcıların %9,8’i “Kararsızım” seçeneğini tercih etmiş, %3,9’u ise bu ifadeye katılmadığını belirtmiştir.

İkinci soru olan “Görsel olarak ortam gerçekçiydi” ifadesine verilen yanıtlarda ise öğrencilerin %82,4’ü olumlu görüş bildirmiştir. Bu sonuç, uygulamanın görsel tasarımının genel olarak tatmin edici olduğunu, ancak daha etkileyici ve detaylı görsellerle gerçekçiliğin artırılabilirliğini düşündürmektedir.

Son olarak, “Oyun, şantiyeyi üçüncü boyuta taşımakta başarılıydı” ifadesine öğrencilerin %96,1’i “Kesinlikle katılıyorum” (%49) ve “Katılıyorum” (%47,1) şeklinde yanıt vermiştir. Bu oran, uygulamanın üç boyutlu deneyim sunma konusundaki başarısını açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle diğer iki soruya göre daha yüksek bir memnuniyet oranı, uygulamanın mekânsal algı ve etkileşim açısından güçlü bir performans sergilediğini göstermektedir.

Tablo 9 ve Şekil 50 incelendiğinde, öğrencilerin büyük çoğunluğunun geliştirilen sanal şantiye uygulamasını gerçekçi bulduğu görülmektedir. Bu bulgu, sanal gerçeklik tabanlı eğitim ortamlarının etkinliği açısından önemli bir göstergedir. Literatürde de vurgulandığı üzere, sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunların eğitim süreçlerinde verimli bir şekilde

kullanılabilmesi için ortamın gerçekçilik düzeyinin yüksek olması ve kullanıcılar üzerinde etkileyici bir deneyim sunması gerekmektedir (Kılıç, 2020). Bu bağlamda, geliştirilen uygulamanın öğrenci deneyimleri açısından beklentileri karşıladığı ve eğitimsel potansiyel sunduğu söylenebilir.

Anketin sonraki bölümünde, öğrencilere yöneltilen beş soru aracılığıyla oyun deneyimi ve memnuniyet düzeyleri incelenmiştir. Bu sorular, öğrencilerin oyunu ne derece eğlenceli, ilgi çekici ve anlaşılır bulduklarını değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır. Sorular şu şekildedir: “Oyunu oynamak eğlenceliydi”, “Oyunu oynamak ilgi çekiciydi”, “Oyunun sıkıcı olduğunu düşünüyorum”, “Oyun hiç ilgimi çekmedi” ve “Çok gereksiz ve karmaşık buldum”.

Anket sonuçlarının bu soru grubuna ait olan ayrıntıları Tablo 10’da verilmektedir.

Tablo 10. Likert-1 oyun deneyimi ve memnuniyet temalı sorulara verilen cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Oyunu oynamak eğlenceliydi	-	%1,9 N=1	%9,8 N=5	%47,1 N=24	%41,2 N=21
Oyunu oynamak ilgi çekiciydi	-	%1,9 N=1	%7,9 N=4	%45,1 N=23	%45,1 N=23
Oyunun sıkıcı olduğunu düşünüyorum	%43,1 N=22	%45,1 N=23	%1,95 N=1	%7,9 N=4	%1,95 N=1
Oyun hiç ilgimi çekmedi	%54,9 N=28	%37,3 N=19	%1,9 N=1	%4 N=2	%1,9 N=1
Çok gereksiz ve karmaşık buldum	%64,7 N=33	%27,5 N=14	%4 N=2	%1,9 N=1	%1,9 N=1

“Oyunu oynamak eğlenceliydi” ifadesine yönelik yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin %88,3’ü “Kesinlikle katılıyorum” (%41,2) ve “Katılıyorum” (%47,1) seçeneklerini işaretlemiştir. Bu oran, öğrencilerin büyük çoğunluğunun oyun deneyiminden keyif aldığını ve oyunun eğlenceli bir yapı sunduğunu göstermektedir.

Benzer şekilde, “Oyunu oynamak ilgi çekiciydi” ifadesine verilen yanıtlarda %90,2 gibi yüksek bir oranla olumlu görüş bildirilmiştir. Bu sonuç, oyunun yalnızca eğlenceli değil aynı zamanda dikkat çekici ve merak uyandırıcı olduğunu da ortaya koymaktadır.

Negatif algıyı ölçmeye yönelik olan “Oyunun sıkıcı olduğunu düşünüyorum” ifadesine öğrencilerin %88,2’si “Kesinlikle katılmıyorum” (%43,1) ve “Katılmıyorum” (%45,1) şeklinde yanıt vermiştir. Bu sonuç, oyunun genel anlamda sıkıcı bulunmadığını ve öğrencilerin beklentilerini karşıladığını göstermektedir.

Aynı şekilde, “Oyun hiç ilgimi çekmedi” ifadesine verilen yanıtlarda %92,2 oranında “Kesinlikle katılmıyorum” (%54,9) ve “Katılmıyorum” (%37,3) seçeneklerinin tercih edilmesi, oyunun geniş bir öğrenci kitlesi tarafından ilgiyle karşılandığını ortaya koymaktadır.

Son olarak, “Çok gereksiz ve karmaşık buldum” ifadesine öğrencilerin %92,2’si olumsuz yanıt vermiştir. Bu durum, oyunun hem içerik hem de yapı açısından öğrenciler tarafından anlaşılır ve gerekli bulunduğunu göstermektedir.

Geliştirilen sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunun öğrenciler tarafından ilgi çekici ve eğlenceli bulunması, literatürdeki benzer çalışmalarla uyumludur. Tan vd. (2023), VR ciddi oyunlarının öğrencilere motive edici ve etkileşimli bir öğrenme ortamı sunduğunu, bunun da öğrenme deneyimini daha keyifli hale getirdiğini vurgulamaktadır. Benzer şekilde, Mystakidis & arkadaşları (2022), VR tabanlı ciddi oyunların meydan okuma, keyif ve ustalık sağladığını, öğrencilerin sanal ortamda nesneleri manipüle edebilme yeteneğinin öğrenmeye olan ilgilerini ve motivasyonlarını artırdığını ortaya koymuştur. Bu çalışmaların bulgularıyla paralel olarak, geliştirilen oyunun öğrenciler tarafından eğlenceli ve ilgi çekici bulunması, tez kapsamında hazırlanan VR tabanlı ciddi oyunun öğrenme sürecini daha etkili ve motive edici hale getirdiğini göstermektedir.

Anketin devamında öğrencilere, oyunun kullanılabilirliği ile ilgili altı soru yöneltilmiştir. Bu sorular, öğrencilerin oyun içi etkileşimlerini, bilgi erişimini ve sanal ortama uyum süreçlerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Sorular şu şekildedir: “Nesneleri rahatça gözlemleyebildim”, “Nesneleri rahatça yakaladım”, “Nesneleri rahatça yerine yerleştirdim”, “Ekrandaki bilgiler kolay okunuyordu”, “Sanal ortam deneyimine çabuk uyum sağladım” ve “Uygulama anında baş dönmesi yaşadım”.

Anketin bu kısmı için elde edilen bulguların detayları Tablo 11’de verilmektedir.

Tablo 11. Likert-1 kullanılabilirlik temalı sorulara verilen cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Nesneleri rahatça gözlemleyebildim	-	%1,9 N=1	%7,8 N=4	%53 N=27	%37,3 N=19
Nesneleri rahatça yakaladım	-	%5,9 N=3	%23,4 N=12	%55 N=28	%15,7 N=8
Nesneleri rahatça yerine yerleştirdim	-	%1,9 N=1	%19,5 N=10	%60 N=30	%17,6 N=9
Ekrandaki bilgiler kolay okunuyordu	%4 N=2	%1,9 N=1	%17,6 N=9	%47 N=24	%29,5 N=15
Sanal ortam deneyimine çabuk uyum sağladım	-	%4 N=2	%27,4 N=14	%51 N=26	%17,6 N=9
Uygulama anında baş dönmesi yaşadım	%9,8 N=5	%19,5 N=10	%27,5 N=14	%27,5 N=14	%15,7 N=8

İlk olarak, “Nesneleri rahatça gözlemleyebildim” ifadesine verilen yanıtlarda öğrencilerin %90,3’ü “Kesinlikle katılıyorum” ve “Katılıyorum” seçeneklerini işaretlemiştir. Bu yüksek oran, oyunun görsel öğelerinin yeterince net ve anlaşılır olduğunu göstermektedir.

“Nesneleri rahatça yakaladım” sorusuna verilen yanıtlarda olumlu görüş oranı %70,7 olarak belirlenmiştir. Ancak, öğrencilerin %22’si “Kararsızım” seçeneğini tercih etmiştir. Bu durum, nesneleri yakalama mekanizmasında bazı iyileştirmelere ihtiyaç duyulabileceğini işaret etmektedir.

Benzer şekilde, “Nesneleri rahatça yerine yerleştirdim” ifadesine öğrencilerin %77,6’sı olumlu yanıt verirken, %20’si kararsız kalmıştır. Bu oran, yerleştirme sürecinin genel olarak başarılı olduğunu ancak bazı kullanıcılar için geliştirilebileceğini göstermektedir.

“Ekrandaki bilgiler kolay okunuyordu” sorusuna öğrencilerin %76,5’i olumlu yanıt vermiştir. Ancak, %17,6’lık kararsız kesim, metin boyutu, renk kontrastı veya yazı tipi gibi tasarım unsurlarında iyileştirme yapılabileceğine işaret etmektedir.

“Sanal ortam deneyimine çabuk uyum sağladım” ifadesine verilen yanıtlarda %70 oranında olumlu görüş bildirilmiştir. Bununla birlikte, öğrencilerin %27,4’ünün kararsız

kalması, sanal ortama adaptasyon sürecinin bazı kullanıcılar için daha fazla desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

Uygulama sırasında baş dönmesi yaşanıp yaşanmadığını değerlendiren “Uygulama anında baş dönmesi yaşadım” ifadesine verilen yanıtlar incelendiğinde, katılımcıların %43,2’sinin “Katılıyorum” ve “Kesinlikle katılıyorum” seçeneklerini işaretlediği görülmüştür. Buna karşılık, %29,3’lük bir kesim bu ifadeye katılmadığını belirtmiş, geri kalan katılımcılar ise kararsız kalmıştır. Bu bulgu, uygulamanın bazı kullanıcılar üzerinde fiziksel rahatsızlık yaratabileceğini ve özellikle hareket hassasiyetini azaltmaya yönelik iyileştirmelere ihtiyaç duyulabileceğini göstermektedir. Literatürde Porcino vd. (2022), sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunların uzun süreli kullanımının baş dönmesine neden olabileceğini ifade etmektedir. Bu bağlamda, geliştirilen uygulamanın kullanıcı deneyimini iyileştirmek amacıyla hareket hassasiyetini azaltacak optimizasyonlar ve ergonomik tasarım unsurlarının göz önünde bulundurulması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Genel olarak, oyunun kullanılabilirliğinin yüksek olduğu görülmekle birlikte, özellikle nesne etkileşimleri ve kullanıcı konforu konularında iyileştirme yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

VR tabanlı ciddi oyunların eğitimdeki etkinliğini değerlendirmek amacıyla anketin ilerleyen bölümünde öğrencilere 11 soru yöneltilmiştir. Bu sorular, doğrudan proje okuma becerisi veya bina inşaat aşamalarını ölçmek yerine, VR tabanlı öğrenme yönteminin genel eğitimdeki etkisini ve geleneksel yöntemlerle karşılaştırılmasını hedeflemiştir. Bu bölümde öğrencilere yöneltilen sorular şu şekildedir. “Öğrenirken eğlendim”, “Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek çok daha uzun sürerdi”, “Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek daha sıkıcı olurdu”, “Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek daha az akılda kalıcı olurdu”, “VR tabanlı ciddi oyunlar geleneksel yöntemlere göre daha motive edicidir”, “VR tabanlı ciddi oyunlarla öğrenmek geleneksel yöntemlerle öğrenmekten daha yorucu olurdu”, “Yaratıcı düşünmemi artırdı”, “Etkileşimli öğrenmemi sağladı”, “Etkili öğrenme ortamı sağladı”, “Derste kullanmak zaman kaybıdır”, “Oyunun öğretme tarzı benim öğrenme tarzıma uygundu”.

Öğrencilerin anket çalışmasında bu soru grubuna verdikleri sonuçların gösterimi Tablo 12’de verilmektedir.

Tablo 12. Likert-1 öğrenme etkinliği temalı sorulara verilen cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Öğrenirken eğlendim	-	%1,9 N=1	%11,8 N=6	%51 N=26	%35,3 N=18
Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek çok daha uzun sürerdi	%1,9 N=1	%7,9 N=4	%27,5 N=14	%39,2 N=20	%23,5 N=12
Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek daha sıkıcı olurdu	%1,9 N=1	%5,9 N=3	%31,4 N=16	%37,3 N=19	%23,5 N=12
Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek daha az akılda kalıcı olurdu	%7,9 N=4	%9,7 N=5	%31,4 N=16	%25,5 N=13	%25,5 N=13
VR tabanlı ciddi oyunlar geleneksel yöntemlere göre daha motive edicidir	%1,9 N=1	%3,9 N=2	%19,6 N=10	%45,1 N=23	%29,4 N=15
VR tabanlı ciddi oyunlarla öğrenmek geleneksel yöntemlerle öğrenmekten daha yorucu olurdu	%11,8 N=6	%39,2 N=20	%27,5 N=14	%15,6 N=8	%5,9 N=3
Yaratıcı düşünmemi arttırdı	%1,9 N=1	%9,7 N=5	%9,7 N=5	%54,9 N=28	%23,5 N=12
Etkileşimli öğrenmemi sağladı	-	%1,9 N=1	%5,9 N=3	%62,8 N=32	%29,4 N=15
Etkili öğrenme ortamı sağladı	-	%1,9 N=1	%7,9 N=4	%58,8 N=30	%31,4 N=16
Derste kullanmak zaman kaybıdır	%31,4 N=16	%31,4 N=16	%19,6 N=10	%11,8 N=6	%5,9 N=3
Oyunun öğretme tarzı benim öğrenme tarzıma uygundu	-	%5,9 N=3	%15,6 N=8	%49 N=25	%29,4 N=15

"Öğrenirken eğlendim" ifadesine öğrencilerin %86,3'ü "Kesinlikle katılıyorum" ve "Katılıyorum" yanıtlarını vermiştir. Bu sonuç, VR tabanlı ciddi oyunların eğlenceli ve motive edici bir öğrenme ortamı sunduğunu göstermektedir.

"Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek çok daha uzun sürerdi" sorusuna verilen yanıtlarda %62,7 oranında olumlu görüş bildirilmiş, %27,5 oranında ise kararsız kalınmıştır. Bu durum, öğrencilerin çoğunluğunun VR tabanlı yöntemlerin zaman açısından daha verimli olduğunu düşündüğünü, ancak bazı öğrencilerin bu konuda net bir görüşe sahip olmadığını göstermektedir.

"Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek daha sıkıcı olurdu" ifadesine %60,8 oranında olumlu yanıt verilmiş, %31,4 oranında kararsız kalınmıştır. Bu sonuç, VR tabanlı öğrenmenin geleneksel yöntemlere kıyasla daha ilgi çekici bulunduğunu ancak bu algının tüm öğrencilerde aynı derecede güçlü olmadığını göstermektedir.

"Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek daha az akılda kalıcı olurdu" sorusuna verilen yanıtlarda %51 oranında olumlu görüş bildirilmiş, %31,4 oranında ise kararsız kalınmıştır. Bu oran, VR tabanlı oyunların bilgi kalıcılığını artırdığına dair genel bir kanaat olsa da bazı öğrencilerin bu konuda kesin bir yargıya varamadığını göstermektedir.

"VR tabanlı ciddi oyunlar geleneksel yöntemlere göre daha motive edicidir" ifadesine %74,5 oranında olumlu yanıt verilmiş, %19,6 oranında kararsız kalınmıştır. Bu durum, VR tabanlı oyunların öğrencilerin motivasyonunu artırmada etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

"VR tabanlı ciddi oyunlarla öğrenmek geleneksel yöntemlerle öğrenmekten daha yorucu olurdu" sorusuna %51 oranında "Kesinlikle katılmıyorum" ve "Katılmıyorum" yanıtı verilmiştir. %27,5 oranında kararsızlık ise bazı öğrencilerin sanal gerçeklik kullanımının fiziksel veya zihinsel açıdan yorucu olup olmadığı konusunda emin olmadığını göstermektedir.

"Yaratıcı düşünmemi artırdı" ifadesine %78,4 oranında olumlu yanıt verilmesi, VR tabanlı oyunların öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini geliştirdiğini göstermektedir.

"Etkileşimli öğrenmemi sağladı" ifadesine %92,1 oranında olumlu yanıt verilmiştir. Bu yüksek oran, VR tabanlı oyunların öğrencilerin aktif katılımını ve etkileşimini desteklediğini açıkça ortaya koymaktadır.

"Etkili öğrenme ortamı sağladı" ifadesine %90,2 oranında olumlu yanıt verilmesi, VR tabanlı uygulamanın etkili ve verimli bir öğrenme ortamı sunduğunu göstermektedir.

"Derste kullanmak zaman kaybıdır" ifadesine öğrencilerin %62,8'i "Kesinlikle katılmıyorum" ve "Katılmıyorum" yanıtı vermiştir. Bu sonuç, öğrencilerin çoğunluğunun

VR tabanlı oyunların derslerde zaman kaybı olmadığını düşündüğünü göstermektedir. Ancak %19,6 oranında kararsız görüşler, bazı öğrencilerin bu yöntemin verimliliği konusunda tereddüt yaşadığını düşündürmektedir.

Son olarak, “Oyunun öğretme tarzı benim öğrenme tarzıma uygundu” ifadesine öğrencilerin %78,4’ü olumlu yanıt vermiştir. Bu oran, VR tabanlı öğretim yöntemlerinin çoğu öğrenci için uygun ve etkili olduğunu göstermektedir.

Elde edilen bulgular, VR tabanlı ciddi oyunların öğrencilerin motivasyonunu artırdığını, öğrenme sürecini daha eğlenceli ve etkili hale getirdiğini ve etkileşimli öğrenmeyi desteklediğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, literatürdeki mevcut çalışmalarla uyumludur. Nitekim, VR tabanlı eğitimin öğrencilere aktif öğrenme imkânı sağladığı ve kavramsal anlayışı geliştirdiği daha önce yapılan araştırmalarda da vurgulanmıştır (Tito vd., 2022). Ayrıca, sanal gerçeklik destekli öğrenme ortamlarının geleneksel öğretim yöntemlerine kıyasla bulgulara benzer avantajlar sunduğu belirtilmektedir (Aslan & Erdoğan, 2017; Çelikcan, 2022). Bu doğrultuda, çalışmamızda elde edilen bulgular, VR tabanlı ciddi oyunların inşaat mühendisliği eğitiminde pedagojik açıdan önemli katkılar sağlayabileceğini göstermektedir.

Öğrencilerin sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunlar hakkındaki genel değerlendirmeleri ve gelecek beklentileri hakkında bilgi edinmek amacıyla üç soru yöneltilmiştir. Bu sorular, öğrencilerin sanal gerçeklik (VR) tabanlı eğitim uygulamalarına yönelik genel tutumlarını ve bu teknolojinin gelecekteki eğitim potansiyeline dair düşüncelerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Sorular şu şekildedir. “Başka konularda da VR tabanlı eğitimleri tercih ederim”, “Bu teknolojinin gelecekte örgün eğitime alternatif olacağını düşünüyorum”, “Kullanımın artmasının konuları kavramanıza faydalı olacağını düşünüyorum”, “Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi”.

Tablo 13 öğrencilerin sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunlar hakkındaki genel değerlendirmeleri ve gelecek beklentileri hakkındaki görüşlerine yönelik detayları sunmaktadır.

Tablo 13. Likert-1 genel değerlendirme ve gelecek beklentileri temalı sorulara verilen cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Başka konularda da VR tabanlı eğitimleri tercih ederim	%3,9 N=2	%5,9 N=3	%17,6 N=9	%41,2 N=21	%31,4 N=16
Bu teknolojinin gelecekte örgün eğitime alternatif olacağını düşünüyorum	-	%5,9 N=3	%17,6 N=9	%41,2 N=21	%35,3 N=18
Kullanımın artmasının konuları kavramanıza faydalı olacağını düşünüyorum	%1,9 N=1	-	%5,9 N=3	%52,9 N=27	%39,3 N=20

“Başka konularda da VR tabanlı eğitimleri tercih ederim” ifadesine öğrencilerin %72,6’sı “Kesinlikle katılıyorum” ve “Katılıyorum” yanıtlarını vermiştir. Bu yüksek oran, öğrencilerin VR tabanlı eğitim yöntemlerine genel olarak olumlu baktığını ve bu yöntemi farklı ders veya konularda da deneyimlemek istediklerini göstermektedir.

“Bu teknolojinin gelecekte örgün eğitime alternatif olacağını düşünüyorum” sorusuna öğrencilerin %76,5’i olumlu yanıt vermiştir. Bu oran, öğrencilerin büyük çoğunluğunun VR teknolojisinin eğitimde önemli bir rol üstlenebileceğini düşündüğünü ve gelecekte geleneksel eğitim yöntemlerine alternatif bir öğrenme aracı olarak görmeye başladığını göstermektedir.

“Kullanımın artmasının konuları kavramanıza faydalı olacağını düşünüyorum” sorusuna öğrencilerin %92,2’si “Kesinlikle katılıyorum” ve “Katılıyorum” yanıtlarını vermiştir. Bu yüksek oran, öğrencilerin VR tabanlı eğitimlerin ders içeriklerini anlamalarını kolaylaştırdığına ve öğrenme süreçlerini desteklediğine güçlü bir şekilde inandıklarını ortaya koymaktadır.

Anketin bu bölümünde elde edilen sonuçlar, öğrencilerin büyük çoğunluğunun VR tabanlı eğitim uygulamalarını farklı alanlarda deneyimlemeye açık olduğunu ve bu teknolojinin gelecekte eğitimde önemli bir yer edinebileceğine inandığını göstermektedir. Özellikle, VR kullanımının öğrenme süreçlerini desteklediği konusunda yüksek bir fikir birliği bulunmaktadır. Literatürdeki çalışmalar da bu araştırmanın bulgularını desteklemekte

olup, özellikle Z kuşağının oyun tabanlı ve sanal gerçeklik destekli simülasyonlar aracılığıyla daha etkili öğrenme deneyimleri yaşayabildiği belirtilmektedir (Karadoğan, 2019). Ayrıca, bu kuşağın bilişsel ve öğrenme özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, eğitimde sanal gerçeklik tabanlı araçların ve teknolojik yeniliklerin yaygın olarak kullanılması, etkili ve verimli bir öğrenme süreci açısından önemli bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir (Aslan & Erdoğan, 2017).

Öğrencilere uygulanan ilk Likert tipi anket ile sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunlar hakkında genel değerlendirmeler, gelecek beklentileri, öğrenme etkinliği, kullanılabilirlik ve hazırlanan oyunun gerçekçilik ve memnuniyet düzeyine ilişkin bulgular elde edilmiştir.

İkinci uygulanan anket ise daha çok hazırlanan oyunun öğretime katkısı, öğrencilere bilgi ve beceri kazandırma düzeyi, motivasyon üzerindeki etkileri ve oyunun içerik ve tasarım özellikleri hakkında veri toplamaya odaklanmıştır. Bu anket, öğrencilerin oyun aracılığıyla kazandıkları bilgi ve becerileri, oyun tasarımının eğitim sürecine nasıl entegre edildiğini ve öğrencilerin bu süreci nasıl deneyimlediğini anlamaya yönelik detaylı veriler sunmaktadır.

Bu çalışmada gerçekleştirilen ikinci anketin ilk altı sorusu, oyunun öğrencilerin öğrenme süreçleri üzerindeki etkilerini derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır. Bu sorular aracılığıyla öğrencilerin oyunu kullanarak kavramsal bilgileri ne derece edindikleri, bu bilgileri uygulamaya dönüştürme becerileri, dikkat ve odaklanma düzeyleri ile oyun içeriğinin öğrenme sürecine sağladığı katkılar değerlendirilmektedir. Sorular şu şekildedir. “Oyun proje okuma konusunda bana yardımcı oldu”, “Oyun içeriği uygulama öğrenimi becerilerimi artıracak şekilde tasarlanmıştı”, “Oyunu önceden öğrendiğim bilgilerle ilişkilendirerek tamamladım”, “Statik proje okumayla ilgili kitap ders notu gibi basılı ve görsel materyaller yerine geliştirilen VR öğrenme metodolojisi yeterlidir”, “Oyundaki seçenekler proje okumayı öğrenmemde bana yardımcı oldu”, “Seçeneklerdeki detaylar proje okuma becerimin daha fazla gelişmesini sağladı”.

Öğrencilerin anket çalışmasında bu soru grubuna verdikleri sonuçların gösterimi Tablo 14’de verilmektedir.

Tablo 14. Likert-2 oyunun öğrenmeye etkisi temalı sorulara verilen cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Oyun proje okuma konusunda bana yardımcı oldu.	-	%3,9 N=2	%9,8 N=5	%60,8 N=31	%25,5 N=13
Oyun içeriği uygulama öğrenimi becerilerimi artıracak şekilde tasarlanmıştır.	-	%1,9 N=1	%1,9 N=1	%70,6 N=36	%25,6 N=13
Oyunu önceden öğrendiğim bilgilerle ilişkilendirerek tamamladım.	-	-	%15,7 N=8	%54,9 N=28	%29,4 N=15
Statik proje okumayla ilgili kitap ders notu gibi basılı ve görsel materyaller yerine geliştirilen VR öğrenme metodolojisi yeterlidir.	-	%1,9 N=1	%5,9 N=3	%60,8 N=31	%31,4 N=16
Oyundaki seçenekler proje okumayı öğrenmemde bana yardımcı oldu.	-	-	%9,8 N=5	%62,7 N=32	%27,5 N=14
Seçeneklerdeki detaylar proje okuma becerimin daha fazla gelişmesini sağladı.	-	%3,9 N=2	%13,7 N=7	%56,9 N=29	%25,5 N=13

“Oyun proje okuma konusunda bana yardımcı oldu” sorusuna katılımcıların %86,3’ü “kesinlikle katılıyorum” ve “katılıyorum” seçeneklerini işaretlemiştir. Bu sonuç, oyunun öğrencilerin proje okuma becerilerini geliştirmede etkili olduğunu göstermektedir.

“Oyun içeriği uygulama öğrenimi becerilerimi artıracak şekilde tasarlanmıştır” ifadesine ise öğrencilerin %96,1’i olumlu yanıt vermiştir. Bu yüksek oran, oyunun içerik tasarımının uygulama becerilerinin gelişimini desteklediğini ortaya koymaktadır.

“Oyunu önceden öğrendiğim bilgilerle ilişkilendirerek tamamladım” sorusuna öğrencilerin %84,3’ü olumlu yanıt verirken, %15,7’si kararsız kalmıştır. Hiçbir öğrenci

olumsuz görüş bildirmemiştir. Bu sonuç, oyunun mevcut bilgilerle bağlantı kurma yetisini desteklediğini göstermektedir.

“Statik proje okumayla ilgili kitap, ders notu gibi basılı ve görsel materyaller yerine geliştirilen VR öğrenme metodolojisi yeterlidir” sorusuna katılımcıların %92,2’si olumlu yanıt vermiştir. Bu bulgu, VR tabanlı öğrenme yönteminin geleneksel materyallere kıyasla daha etkili bulunduğunu göstermektedir.

“Oyundaki seçenekler proje okumayı öğrenmemde bana yardımcı oldu” ifadesine öğrencilerin %90,2’si olumlu yanıt verirken, %9,22’si kararsız kalmıştır. Hiçbir öğrenci olumsuz görüş belirtmemiştir. Bu sonuç, oyundaki seçeneklerin öğrenme sürecine katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Son olarak, “Seçeneklerdeki detaylar proje okuma becerimin daha fazla gelişmesini sağladı” sorusuna öğrencilerin %82,4’ü olumlu yanıt verirken, %13,7’si kararsız kalmıştır. Bu bulgu, oyundaki detayların öğrenme sürecini desteklediğini göstermektedir.

Genel olarak elde edilen sonuçlar, oyunun öğrencilerin proje okuma becerilerini geliştirmede ve uygulama öğrenimi süreçlerini desteklemede etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca VR tabanlı öğrenme yönteminin, geleneksel öğrenme materyallerine kıyasla daha fazla tercih edildiği ve öğrenme sürecine önemli katkılar sağladığı anlaşılmaktadır. Bu veriler, oyunun eğitim süreçlerine entegre edilmesinin öğrencilerin öğrenme motivasyonunu ve başarılarını artırabileceğini ortaya koymaktadır. Literatürde de sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunların eğitim süreçlerinde etkin bir öğrenme aracı olarak kullanılabileceği yönünde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Paliling vd. (2022) tarafından geliştirilen VR tabanlı ciddi oyun, halkın sel felaketine karşı bilinçlendirilmesi ve afet anında doğru davranışların kazandırılması amacıyla tasarlanmıştır. Benzer şekilde De Fino vd. (2023) ise bireylerin yavaş gelişen veya ani afetlere karşı duyarlı davranışlar geliştirmelerine yardımcı olmak ve böylece daha dirençli insan-kent etkileşimleri oluşturmak amacıyla VR tabanlı bir ciddi oyun prototipi geliştirmiştir. Gervasi vd. (2023) tarafından yürütülen bir başka çalışma, öğrencilerin üç boyutlu nesneleri tanımasını ve gözlemlemesini sağlamak üzere tasarlanmış VR tabanlı bir platformun eğitim süreçlerine entegre edilebileceğini göstermektedir. Ayrıca, Soto-Martin vd. (2020) tarafından geliştirilen sanal gerçeklik platformu, tarihi yapıların mimari tasarımını öğretmek amacıyla oluşturulmuş olup, kullanıcıların kültürel miras alanlarını gerçek zamanlı olarak keşfetmesine ve etkileşim kurmasına olanak tanımaktadır. Bu çalışmalar, sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunların farklı disiplinlerde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini ve eğitsel

süreçlere önemli katkılar sunabileceğini ortaya koymaktadır. Mevcut araştırmada geliştirilen sanal şantiye uygulamasının öğrenci öğrenme süreçleri üzerindeki olumlu etkileri, literatürde yer alan benzer çalışmaların bulgularıyla örtüşmektedir. Bu doğrultuda, VR tabanlı ciddi oyunların inşaat mühendisliği eğitimi bağlamında daha yaygın kullanılması, öğrencilerin teknik becerilerini geliştirmelerine ve mesleki yeterliliklerini artırmalarına katkı sağlayacaktır.

Oyun içeriği ve tasarımı konularında öğrencilerin görüşlerini değerlendirmek amacıyla beş soru yöneltilmiştir. Bu sorular, oyunun tasarımı ve içeriğinin öğrenci deneyimine katkılarını analiz etmeyi hedeflemektedir. Ankette yer alan sorular şu şekildedir: “Oyundaki talimatlar açık ve netti”, “Oyundaki aşamaları birer birer tamamlamak benim için bir zevkti”, “Oyunda bir bina inşaatı yapmak benim için heyecan vericiydi”, “Oyundaki seçenekler yeterince caydırıcıydı”, “Oyundaki seçenekler projedeki bilgileri daha dikkatli okumamda bana yardımcı oldu”.

Öğrencilerin anket çalışmasında bu soru grubuna verdikleri sonuçların gösterimi Tablo 15’de verilmektedir.

Tablo 15. Likert-2 oyun içeriği ve tasarımı temalı sorulara verilen cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Oyundaki talimatlar açık ve netti.	-	%1,95 N=1	%3,95 N=2	%60,7 N=31	%33,4 N=17
Oyundaki aşamaları birer birer tamamlamak benim için bir zevkti.	-	%1,9 N=1	%17,6 N=9	%52,9 N=27	%27,5 N=14
Oyunda bir bina inşaatı yapmak benim için heyecan vericiydi.	-	-	%13,7 N=7	%56,9 N=29	%29,4 N=15
Oyundaki seçenekler yeterince caydırıcıydı.	%3,9 N=2	%15,7 N=8	%45,1 N=23	%27,5 N=14	%7,8 N=4
Oyundaki seçenekler projedeki bilgileri daha dikkatli okumamda bana yardımcı oldu.	-	-	%5,9 N=3	%66,6 N=34	%27,5 N=14

“Oyundaki talimatlar açık ve netti” sorusuna öğrencilerin %94,1’i “kesinlikle katılıyorum” ve “katılıyorum” yanıtlarını vermiştir. Yalnızca bir öğrenci “katılmıyorum” cevabını işaretlemiştir. Bu sonuç, oyundaki talimatların büyük ölçüde anlaşılır ve yönlendirici olduğunu göstermektedir.

“Oyundaki aşamaları birer birer tamamlamak benim için bir zevkti” ifadesine öğrencilerin %80,4’ü olumlu yanıt verirken, %17,6’sı kararsız kalmış ve yalnızca bir öğrenci olumsuz görüş bildirmiştir. Bu durum, oyunun aşamalarının genellikle keyifli bulunduğunu ortaya koymaktadır.

“Oyunda bir bina inşaatı yapmak benim için heyecan vericiydi” sorusuna öğrencilerin %86,3’ü olumlu yanıt verirken, geri kalan katılımcılar “kararsızım” seçeneğini işaretlemiştir. Bu bulgu, oyunun içeriğinin öğrencilerde heyecan uyandırdığını göstermektedir.

“Oyundaki seçenekler yeterince caydırıcıydı” sorusuna verilen yanıtlar daha çeşitlidir. Öğrencilerin %35,3’ü olumlu, %45,1’i kararsız ve %19,6’sı olumsuz yanıt vermiştir. Bu sonuç, oyundaki caydırıcı seçeneklerin etkinliği konusunda öğrencilerin farklı görüşlere sahip olduğunu göstermektedir.

“Oyundaki seçenekler projedeki bilgileri daha dikkatli okumamda bana yardımcı oldu” sorusuna öğrencilerin %94,1’i olumlu yanıt vermiştir. Kalan öğrenciler ise “kararsızım” seçeneğini işaretlemiştir. Bu durum, oyundaki seçeneklerin öğrencilerin dikkatli bilgi incelemesini teşvik ettiğini göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar, oyunun içeriği ve tasarımının öğrencilerin öğrenme süreçlerine olumlu katkılar sağladığını ortaya koymaktadır. Özellikle talimatların açıklığı ve oyundaki aşamaların keyifli bulunması, oyunun öğrenme sürecinde etkili bir araç olduğunu göstermektedir. Ancak, caydırıcı seçeneklerin etkinliği konusunda farklı görüşlerin olması, bu alanın geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Literatürde, eğitsel oyunların hedef kitlenin yaş grubu, öğrenme stilleri ve ön bilgi düzeyi dikkate alınarak tasarlanması gerektiği vurgulanmaktadır (Granberg, 2009). Ayrıca, öğrenme hedeflerinin net belirlenmesi (Mitchell, 2012), oyun mekaniklerinin motivasyonu artırıcı unsurlar içermesi (Song & Zhang, 2008) ve pedagojik temellere dayanması (Lameras vd., 2017) gerektiği belirtilmektedir. Bu doğrultuda, geliştirilen oyunun literatürde belirtilen tasarım ilkelerine uygun olduğu ve başarılı bir içerik sunduğu görülmektedir.

Öğrencilere statik proje ve bina yapımını 3 boyutlu olarak görselleştirerek öğretmenin etkisini değerlendirmek amacıyla iki soru yöneltilmiştir. Bu sorular, 3 boyutlu

görselleştirmenin öğrencilerin kavrayış düzeyine katkılarını ölçmeyi amaçlamaktadır. Ankette yer alan sorular şu şekildedir: “3 boyutlu görmek anlaşılabilirliği arttırmıştır”, “Artık projeye baktığımda binayı 3 boyutlu olarak hayal edebilmemi sağladı”.

Elde edilen verilerin detayları Tablo 16’da verilmektedir.

Tablo 16. Likert-2 3D görselleştirmenin etkisi temalı sorulara verilen cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
3 boyutlu görmek anlaşılabilirliği arttırmıştır.	-	-	-	%54,9 N=28	%45,1 N=23
Artık projeye baktığımda binayı 3 boyutlu olarak hayal edebilmemi sağladı.	-	%3,9 N=2	%13,7 N=7	%58,8 N=30	%23,5 N=12

“3 boyutlu görmek anlaşılabilirliği arttırmıştır” sorusuna öğrencilerin tamamı olumlu yanıt vermiştir. Katılımcıların %45,1’i “kesinlikle katılıyorum” ve %54,9’u “katılıyorum” seçeneğini işaretlemiştir. Bu sonuç, 3 boyutlu görselleştirmenin öğrencilerin proje anlayışını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.

“Artık projeye baktığımda binayı 3 boyutlu olarak hayal edebilmemi sağladı” sorusuna öğrencilerin %82,3’ü “kesinlikle katılıyorum” ve “katılıyorum” yanıtlarını vermiştir. Katılımcıların %13,7’si ise “kararsızım” seçeneğini işaretlemiştir. Bu bulgu, 3 boyutlu görselleştirmenin öğrencilerin projeleri zihinsel olarak canlandırma becerilerini büyük ölçüde geliştirdiğini, ancak bazı öğrencilerde bu etkinin sınırlı kaldığını göstermektedir.

Bu iki sorudan elde edilen veriler 3 boyutlu görselleştirmenin öğrencilerin statik proje ve bina yapımı süreçlerini daha iyi kavramalarına ve projeleri zihinsel olarak modellemelerine önemli katkılar sağladığını ortaya koymaktadır. Bu bulgular, görselleştirme temelli öğrenme yaklaşımlarının eğitim süreçlerine entegrasyonunun öğrencilerin anlama ve uygulama becerilerini geliştirebileceğini göstermektedir. Literatürde farklı konuların 3 boyutlu görselleştirilmesiyle ilgili yapılan çalışmalarda da benzer bulgular elde edildiği görülmektedir (Meterellioy & Özener, 2017; Kökhan & Özcan, 2018; Louis & Lather, 2020).

Bu çalışmada geliştirilen ciddi oyunun öğrenciler üzerindeki motivasyonel etkisini değerlendirmek amacıyla iki soru yöneltilmiştir. Bu sorular, öğrencilerin özgüven düzeyleri üzerindeki değişimleri ve bina yapım süreçlerine yönelik kontrol algılarını ölçmeyi hedeflemektedir. Ankette yer alan sorular şu şekildedir; “Oyunu başarıyla tamamlamak öz güvenimi yerine getirdi”, “Bina yapımının kontrolü konusunda kendime olan güvenim arttı”.

Verilerin detayları Tablo 17’de verilmektedir.

Tablo 17. Likert-2 oyunun motivasyonel etkisi temalı sorulara verilen cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Oyunu başarıyla tamamlamak öz güvenimi yerine getirdi.	-	%1,9 N=1	%19,6 N=10	%54,9 N=28	%23,5 N=12
Bina yapımının kontrolü konusunda kendime olan güvenim arttı.	-	-	%21,6 N=11	%54,9 N=28	%23,5 N=12

“Oyunu başarıyla tamamlamak öz güvenimi yerine getirdi” sorusuna öğrencilerin %78,4’ü “kesinlikle katılıyorum” ve “katılıyorum” yanıtlarını vermiştir. Katılımcıların %19,6’sı “kararsızım” seçeneğini işaretlerken, yalnızca bir öğrenci olumsuz görüş bildirmiştir. Bu sonuç, oyunun başarıyla tamamlanmasının öğrencilerin özgüvenini önemli ölçüde desteklediğini göstermektedir. Bununla birlikte, belirli bir oranda öğrencinin kararsız kalması, özgüven artışının bireysel farklılıklara bağlı olabileceğini işaret etmektedir.

“Bina yapımının kontrolü konusunda kendime olan güvenim arttı” sorusuna öğrencilerin %78,4’ü olumlu yanıt vermiştir. Kalan öğrenciler “kararsızım” seçeneğini işaretlemiş olup, hiçbir öğrenci olumsuz yanıt vermemiştir. Bu bulgu, oyunun bina yapım süreçlerinde öğrencilerin kontrol algılarını ve özgüvenlerini artırıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu iki sorudan elde edilen veriler, geliştirilen ciddi oyunun öğrencilerin özgüvenlerini güçlendirdiğini ve bina yapım süreçlerinde kontrol duygusunu geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, oyun tabanlı öğrenme yöntemlerinin öğrenci motivasyonunu ve özgüvenini arttırmada etkili bir araç olduğunu desteklemektedir. Bu doğrultuda, sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunların eğitim süreçlerine entegrasyonun, öğrencilerin öğrenme sürecine daha aktif ve özgüvenli katılımını teşvik edebileceği

düşünülmektedir. Literatürde, özellikle uygulama öğrenimi sürecine dayalı etkileşimli deneyimlerin, öğrencilerin mesleki bilgi ve becerilerini geliştirmede etkili olduğu ve özgüvenlerini artırdığı görülmektedir. Örneğin, Brake & Curry (2016), proje tabanlı derslerin öğrencilerin mühendislik tasarım güvenini, motivasyonunu ve mesleki becerilerini önemli ölçüde geliştirdiğini, bu doğrultuda uygulama tabanlı öğrenme ortamlarının öz yeterliliği artırmada kritik bir rol oynadığını belirtmektedir. Benzer şekilde, Aung vd. (2019) inşaat mühendisliği öğrencilerinin, eğitim süreçlerinde beceri ve niteliklerine ilişkin farkındalık kazanmalarının, mesleki özgüvenlerini artırarak onları iş dünyasına daha iyi hazırlayacağını vurgulamaktadır. Krauss (2023) ise teorik bilginin tasarım uygulamalarıyla entegre edilmesinin, mühendislik öğrencilerinin özgüvenini artırarak gerçek dünya problemleriyle daha etkin başa çıkmalarını sağladığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunların öğrenci özgüvenine yönelik olumlu etkileri, literatürdeki çalışmalarla tutarlılık göstermektedir. Geliştirilen uygulamanın öğrencilerin uygulama öğrenimi becerilerini destekleyerek mühendislik eğitiminde özgüven kazanmalarına katkı sunduğu değerlendirilmektedir.

Son olarak geliştirilen oyunun inşaat mühendisliği öğrencilerine statik proje ve inşaat yapım aşamaları konularında beceri ve bilgi kazandırma etkisini değerlendirmek amacıyla sekiz soru sorulmuştur. Bu sorular, öğrencilerin yapı elemanları, demir donatı yerleşimi ve statik proje okuma becerileri üzerindeki kazanımlarını ölçmeyi hedeflemektedir. Sorular şu şekildedir. “Oyun sayesinde bir binanın kaba inşaatının yapım aşamalarını öğrendim”, “Demirlerin projesine uygun bir şekilde nasıl yerleştirildiğini öğrendim”, “Demir tiplerinin, çapının, aralıklarının ve uzunluklarının projeden nasıl okunduğunu öğrendim”, “İmalat aşamasında kullanılacak demir donatıların yerleşim ve detayları için hangi proje türüne başvurmam gerektiğini öğrendim”, “Temel, kolon, kiriş ve döşeme gibi yapı elemanlarının hangi tür demirlerden oluştuğunu öğrendim”, “Bina için yapılan statik projeleri okuyabilirim”, “Diğer yapılar için yapılan statik projeleri okuyabilirim”, “Ustaların demir imalatını doğru bir şekilde yapıp yapmadıklarını daha rahat bir şekilde kontrol edebilirim”.

Detaylı veriler Tablo 18’de verilmektedir.

Tablo 18. Likert-2 beceri ve bilgi kazanımı temalı sorulara verilen cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Oyun sayesinde bir binanın kaba inşaatının yapım aşamalarını öğrendim.	-	%3,9 N=2	%9,8 N=5	%54,9 N=28	%31,4 N=16
Demirlerin projesine uygun bir şekilde nasıl yerleştirildiğini öğrendim.	-	%3,9 N=2	%15,7 N=8	%51 N=26	%29,4 N=15
Demir tiplerinin, çapının, aralıklarının ve uzunluklarının projeden nasıl okunduğunu öğrendim.	-	%1,9 N=1	%11,8 N=6	%56,9 N=29	%29,4 N=15
İmalat aşamasında kullanılacak demir donatıların yerleşim ve detayları için hangi proje türüne başvurmam gerektiğini öğrendim.	-	%1,9 N=1	%13,7 N=7	%56,9 N=29	%27,5 N=14
Temel, kolon, kiriş ve döşeme gibi yapı elemanlarının hangi tür demirlerden oluştuğunu öğrendim.	-	%1,9 N=1	%13,7 N=7	%55 N=28	%29,4 N=15
Bina için yapılan statik projeleri okuyabilirim.	-	%5,9 N=3	%25,5 N=13	%52,9 N=27	%15,7 N=8
Diğer yapılar için yapılan statik projeleri okuyabilirim.	-	%9,8 N=5	%25,5 N=13	%51 N=26	%13,7 N=7
Ustaların demir imalatını doğru bir şekilde yapıp yapmadıklarını daha rahat bir şekilde kontrol edebilirim.	-	%7,8 N=4	%21,6 N=11	%47 N=24	%23,5 N=12

“Oyun sayesinde bir binanın kaba inşaatının yapım aşamalarını öğrendim” sorusuna öğrencilerin %86,3’ü “kesinlikle katılıyorum” ve “katılıyorum” yanıtlarını vermiştir. Bu sonuç, oyunun öğrencilere inşaat sürecinin temel aşamalarını öğretmede etkili olduğunu göstermektedir.

“Demirlerin projesine uygun bir şekilde nasıl yerleştirildiğini öğrendim” sorusuna %80,4 oranında olumlu yanıt alınmış, %15,7’si “kararsızım” demiştir. Bu bulgu, öğrencilerin demir donatı yerleşimi konusunda önemli kazanımlar elde ettiğini, ancak bazı öğrencilerin bu konuda daha fazla desteğe ihtiyaç duyabileceğini göstermektedir.

“Demir tiplerinin, çapının, aralıklarının ve uzunluklarının projeden nasıl okunduğunu öğrendim” sorusuna %86,3 olumlu yanıt verilmiş, %11,8’i “kararsızım” demiş ve yalnızca bir öğrenci olumsuz yanıt vermiştir. Bu durum, öğrencilerin teknik proje okuma becerilerinde belirgin bir gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır.

“İmalat aşamasında kullanılacak demir donatıların yerleşim ve detayları için hangi proje türüne başvurmam gerektiğini öğrendim” sorusuna öğrencilerin %86,4’ü olumlu yanıt verirken, %13,7’si kararsız kalmış ve yalnızca bir öğrenci olumsuz yanıt vermiştir. Bu sonuç, öğrencilerin ilgili proje türlerini tanıma ve kullanma konusunda büyük ölçüde bilgi kazandığını göstermektedir.

“Temel, kolon, kiriş ve döşeme gibi yapı elemanlarının hangi tür demirlerden oluştuğunu öğrendim” sorusuna verilen yanıtlar bir önceki soruya verilen yanıtlarla benzer şekilde olumlu olmuştur.

“Bina için yapılan statik projeleri okuyabilirim” sorusuna %68,6 oranında olumlu yanıt verilmiştir. Öğrencilerin %25,5’i ise “kararsızım” seçeneğini işaretlemiştir. Bu bulgu, öğrencilerin bina projelerini okuma konusunda gelişim gösterdiğini ancak bu becerinin daha da desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

“Diğer yapılar için yapılan statik projeleri okuyabilirim” sorusuna %13,7 “kesinlikle katılıyorum”, %51 “katılıyorum”, %25,5 “kararsızım” ve %9,8 “katılmıyorum” yanıtı verilmiştir. Bu sonuç, öğrencilerin farklı yapı türlerine ait projeleri okuma konusunda daha fazla gelişime ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Ancak yapılan ön test son test arasındaki anlamlı farklılık, öğrencilerin ankette aktardıklarının aksine farklı bir bina projesini okuma ve anlama becerilerinin arttığını göstermektedir.

“Ustaların demir imalatını doğru bir şekilde yapıp yapmadıklarını daha rahat bir şekilde kontrol edebilirim” sorusuna %23,5 “kesinlikle katılıyorum”, %47,1 “katılıyorum”, %21,6 “kararsızım” ve %7,8 “katılmıyorum” yanıtı verilmiştir. Bu bulgu, öğrencilerin

sahada kalite kontrol yapabilme becerilerinde gelişim sağladığını ancak bazı öğrencilerin bu konuda daha fazla pratiğe ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır.

Genel olarak, elde edilen veriler geliştirilen oyunun öğrencilerin inşaat mühendisliği alanında temel bilgi, teknik bilgi ve beceriler kazanmalarında etkili olduğunu göstermektedir.

Çalışma kapsamında, oyunu deneyimleyen öğrencilere, “Denediğiniz oyunu inşaat mühendisliği eğitime yapabileceği katkıyı göz önüne alarak puanlayınız” şeklinde bir soru yöneltilmiştir. Öğrencilerden oyunu 1 ile 100 arasında bir puan vermeleri istenmiş olup, puanlar en düşük 60 ve en yüksek 100 arasında değişmiştir. Katılımcıların verdikleri puanların ortalaması ise 86,21 olarak hesaplanmıştır.

Bu sonuçlar, oyunun inşaat mühendisliği eğitime önemli bir katkı sağlayabileceğine yönelik olumlu bir algının varlığını göstermektedir. Öğrencilerin düşük puanlama yapmamış olmaları ve yüksek ortalama puan, oyunun eğitimde kullanılabilirliği ve faydası konusunda genel bir memnuniyetin göstergesi olarak değerlendirilebilir. Özellikle yüksek maksimum puan değeri, bazı öğrencilerin oyunu eğitim açısından son derece etkili bulduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, oyunun eğitim materyali olarak daha geniş kapsamlı şekilde değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir.

3.3. Çalışmaya Katılan Akademisyenlerden Elde Edilen Bulgular

Çalışmaya katılan akademik personelin demografik özellikleri incelendiğinde, yaş dağılımının 36 ile 55 arasında değiştiği ve ortalama yaşın 44,18 olduğu görülmektedir. Katılımcılar, 1 doktor öğretim üyesi, 6 doçent ve 4 profesörden oluşmaktadır. Akademik deneyim açısından değerlendirildiğinde, katılımcıların deneyim sürelerinin 12 ile 30 yıl arasında değiştiği ve ortalama deneyim süresinin 20,8 yıl olduğu tespit edilmiştir. Katılımcıların 3’ü mimarlık, 8’i ise inşaat mühendisliği alanında uzmanlığa sahiptir. Çalışmaya katılan hiçbir akademisyenin daha önce sanal gerçeklik deneyimi bulunmamaktadır. Deney sürecinde akademisyenlerden farklı veriler elde etmek amacıyla iki ayrı Likert tipi anket ve bir yarı yapılandırılmış anket uygulaması yapılmıştır. Akademisyenlere ilk ankette 20, ikinci ankette 15 ve yarı yapılandırılmış ankette 7 açık uçlu soru olmak üzere toplam 42 soru yöneltilmiştir. Likert ölçeğinde uygulanan ilk anket, uygulamanın kullanılabilirliği, gerçekçiliği, ciddi oyunların öğrenme etkinliği ve pedagojik uygunluk gibi konulara odaklanmaktadır. İkinci anket ise geliştirilen uygulamanın öğrenme

sürecine etkileri ile ilgili soruları içermektedir. Anketlerde yer alan her soru, belirli bir amacı gerçekleştirmek üzere tasarlanmış ve tematik olarak gruplandırılmıştır. Tablo 19 ve Tablo 20’de anket soruları ve bu sorular aracılığıyla elde edilmesi hedeflenen bulgular detaylı bir şekilde sunulmaktadır.

Tablo 19. Akademisyenlere uygulanan likert-1 anket sorularının gruplandırılması

Temalar	Sorular
Gerçekçilik	Oyunun görsel kalitesi beklentilerimi karşıladı. Oyun, şantiyeyi üç boyutlu olarak başarılı bir şekilde yansıttı.
Pedagogik Uygunluk	Oyunun öğretme yöntemi, günümüzdeki öğrencilerin öğrenme tarzına uygundur. Oyunun öğretme yöntemi, benim öğretme yöntemime uygundur.
Kullanılabilirlik	Oyundaki donatıları rahatça gözlemleyebildim. Oyundaki donatıları rahatça hareket ettirebildim. Ekranı gösterilen bilgiler kolayca okunabiliyordu. Sanal ortam deneyimine çabuk uyum sağladım. Uygulama sırasında baş dönmesi yaşadım.
Öğrenme etkinliği	Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha uzun zaman alır. Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha sıkıcı olur. Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha az akılda kalıcıdır. VR tabanlı oyunlar geleneksel yöntemlere kıyasla daha motive edicidir. Oyun, yaratıcı düşünmeyi arttıracak şekilde tasarlanmıştır. Oyun, etkileşimli öğrenmeyi desteklemektedir. Oyun, etkili bir öğrenme ortamı sağlamıştır. Derste kullanmak zaman kaybıdır.
Genel değerlendirme ve gelecek beklentileri	Diğer konuların eğitiminde de VR tabanlı oyunları tercih ederim. Bu teknolojinin gelecekte örgün eğitime alternatif olacağını düşünüyorum. Eğitimde VR teknolojisinin kullanımının artması, konuların kavranmasına katkı sağlar.

Akademisyenlere uygulanan Likert ölçekli ilk ankette, sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunlara yönelik beş temel tema ele alınmıştır. Bu temalar çerçevesinde, öğrencilerin sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunlara ilişkin görüşleri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Tablo 20. Öğrencilere uygulanan likert-2 anket sorularının gruplandırılması

Temalar	Sorular
Oyunun Öğrenmeye Etkisi	Hazırlanan VR tabanlı oyun, proje okuma konusunda öğrencilere yardımcı olacaktır.
	Oyun içeriği, öğrencilerin uygulama öğrenimi becerilerini artıracak şekilde tasarlanmıştır.
	Hazırlanan oyun, öğrencilerin mevcut bilgi ve becerilerini pekiştirmelerine olanak sağlayacaktır.
	Oyundaki seçenekler, öğrencilerin projedeki bilgileri daha dikkatli okumalarını sağlayacaktır.
	Oyun, öğrencilerin bina için hazırlanan statik projeleri okuyabilmelerine katkı sağlayacaktır.
Oyunun İçerik ve Tasarımı	Oyun, öğrencilerin diğer yapılar için hazırlanan statik projeleri okuyabilmelerine de katkı sağlayacaktır.
	Oyun, öğrencilerin mezun olduktan sonra demir imalatını kontrol etmelerini kolaylaştıracaktır.
	Oyundaki talimatlar açık ve anlaşılırdır.
	Oyundaki aşamaların sistematik olarak ilerlemesi öğrencilerin motivasyonunu arttıracaktır.
3D Görselleştirme Etkisi	Oyunda bir bina inşaatı gerçekleştirmek, öğrenciler için ilgi çekici ve motive edici olacaktır.
	Oyundaki seçenekler, öğrencilerin doğru yönde ilerlemelerini teşvik edicidir.
	Oyunda sunulan 3 boyutlu görme olanağı, öğrencilerin konuyu daha iyi kavramalarına yardımcı olacaktır.
Oyunun Motivasyonel Etkisi	Oyun, öğrencilerin projeye baktıklarında binayı 3 boyutlu olarak hayal edebilmelerine katkı sağlayacaktır.
	Oyunu başarıyla tamamlamak, öğrencilerin öz güvenlerini arttıracaktır.
Oyunun Motivasyonel Etkisi	Oyun, bina yapım sürecini kontrol etme konusunda öğrencilerin kendilerine olan güvenlerini arttıracaktır.

Akademisyenlere uygulanan Likert ölçekli ikinci ankette de 4 temel tema ele alınmıştır. Bu temalar çerçevesinde öğrencilerin geliştirilen oyunla ilgili görüşleri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Anketlerin güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla Cronbach Alfa testi uygulanmıştır. İlk anketin Cronbach Alfa katsayısı 0,912, ikinci anketin ise 0,957 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu yüksek Cronbach Alfa değerleri, her iki anketin de güvenilir olduğunu ve tutarlı sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Akademisyenlere yöneltilen ilk anketin başlangıcında, uygulamanın gerçekçilik düzeyini değerlendirmek amacıyla iki soru sorulmuştur. Sorular; “Oyunun görsel kalitesi beklentilerimi karşıladı” ve “Oyun, şantiyeyi üç boyutlu olarak başarılı bir şekilde yansıttı” şeklindedir. Anketin bu bölümünde elde edilen veriler Tablo 21’de detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 21. Likert-1 akademisyenlerin gerçekçilik temalı sorulara verdiği cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Oyunun görsel kalitesi beklentilerimi karşıladı.	-	-	-	%54,5 N=6	%45,5 N=5
Oyun, şantiyeyi üç boyutlu olarak başarılı bir şekilde yansıttı.	-	-	-	%72,7 N=8	%27,3 N=3

Akademisyenlerin “Oyunun görsel kalitesi beklentilerimi karşıladı” ifadesine verdikleri yanıtlar incelendiğinde, katılımcıların 5’i “Kesinlikle katılıyorum” ve 6’sı “Katılıyorum” seçeneklerini işaretlemiştir. Bu soruya yönelik olarak “Kararsız”, “Katılmıyorum” ve “Kesinlikle katılmıyorum” seçeneklerinin tercih edilmediği görülmektedir. Bu sonuç, oyunun görsel kalitesinin akademisyenler tarafından genel anlamda olumlu değerlendirildiğini ve beklentileri büyük ölçüde karşıladığını göstermektedir.

Benzer şekilde, “Oyun, şantiyeyi üç boyutlu olarak başarılı bir şekilde yansıttı” ifadesine yönelik yanıtlar incelendiğinde, 3 akademisyenin “Kesinlikle katılıyorum” ve 8 akademisyenin “Katılıyorum” seçeneklerini tercih ettiği belirlenmiştir. Bu sonuç, oyunun şantiye ortamını üç boyutlu olarak yansıtmaya başarısının katılımcılar tarafından yüksek oranda olumlu değerlendirildiğini ortaya koymaktadır.

Her iki soruya verilen yanıtlar, oyunun hem görsel kalitesi hem de şantiye ortamını üç boyutlu yansıtmaya becerisi açısından akademisyenlerin beklentilerini büyük ölçüde karşıladığını göstermektedir. Olumsuz veya kararsız yanıtların olmaması, oyunun genel kabul ve memnuniyet düzeyinin yüksek olduğunu desteklemektedir. Öğrencilere uygulanan anket sonuçları da benzer bulgular ortaya koymuş olup, literatürde vurgulanan sanal gerçeklik ortamlarında gerçekçilik unsurunun, geliştirilen oyunda başarıyla sağlandığını göstermektedir. Bu durum, sanal gerçeklik tabanlı eğitim araçlarının etkili olabilmesi için gerçekçi ve etkileyici bir deneyim sunması gerektiğini belirten önceki çalışmalarla (Kılıç, 2020) uyumlu olarak oyunun bu gereklilikleri karşıladığını desteklemektedir.

Oyunun kullanılabilirliğini değerlendirebilmek amacıyla akademisyenlere 5 soru sorulmuştur. Sorular şu şekildedir. “Oyundaki donatıları rahatça gözlemleyebildim”, “Oyundaki donatıları rahatça hareket ettirebildim”, “Ekranda gösterilen bilgiler kolayca okunabiliyordu”, “Sanal ortam deneyimine çabuk uyum sağladım”, “Uygulama sırasında baş dönmesi yaşadım”. Detaylar Tablo 22’de verilmektedir.

Tablo 22. Likert-1 akademisyenlerin kullanılabilirlik temalı sorulara verdiği cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Oyundaki donatıları rahatça gözlemleyebildim.	-	-	%18,2 N=2	%45,5 N=5	%36,3 N=4
Oyundaki donatıları rahatça hareket ettirebildim.	-	-	-	%72,7 N=8	%27,3 N=3
Ekranda gösterilen bilgiler kolayca okunabiliyordu.	-	-	%18,2 N=2	%36,3 N=4	%45,5 N=5
Sanal ortam deneyimine çabuk uyum sağladım.	%9,1 N=1	%9,1 N=1	%27,3 N=3	%18,2 N=2	%36,3 N=4
Uygulama sırasında baş dönmesi yaşadım.	%18,2 N=2	%36,3 N=4	%9,1 N=1	%18,2 N=2	%18,2 N=2

“Oyundaki donatıları rahatça gözlemleyebildim” ifadesine yönelik olarak, katılımcıların 4’ü “Kesinlikle katılıyorum”, 5’i “Katılıyorum” ve 2’si “Kararsızım” yanıtını vermiştir. Bu sonuç, oyundaki donatıların gözlemlenebilirliğinin çoğunluk tarafından olumlu değerlendirildiğini ancak küçük bir kısmın bu konuda kararsız kaldığını göstermektedir.

“Oyundaki donatıları rahatça hareket ettirebildim” ifadesine verilen yanıtlarda, 3 akademisyen “Kesinlikle katılıyorum” ve 8 akademisyen “Katılıyorum” seçeneğini işaretlemiştir. Bu durum, oyundaki donatıların hareket ettirilebilirliğinin katılımcılar tarafından yüksek oranda olumlu karşılandığını ortaya koymaktadır.

“Ekranla gösterilen bilgiler kolayca okunabiliyordu” ifadesine verilen yanıtlarda ise 5 kişi “Kesinlikle katılıyorum”, 4 kişi “Katılıyorum” ve 2 kişi “Kararsızım” seçeneğini tercih etmiştir. Bu sonuç, ekran üzerindeki bilgilerin genel olarak anlaşılır olduğunu ancak bazı katılımcıların bu konuda tereddüt yaşadığını göstermektedir.

“Sanal ortam deneyimine çabuk uyum sağladım” ifadesine akademisyenler tarafından verilen yanıtlar daha çeşitlilik göstermektedir. Katılımcıların 4’ü “Kesinlikle katılıyorum”, 2’si “Katılıyorum”, 3’ü “Kararsızım”, 1’i “Katılmıyorum” ve 1’i “Kesinlikle katılmıyorum” yanıtını vermiştir. Bu dağılım, sanal ortam deneyimine uyum sağlama sürecinde bireysel farklılıkların etkili olduğunu ve bazı kullanıcıların bu ortama alışmada güçlük yaşadığını göstermektedir.

“Uygulama sırasında baş dönmesi yaşadım” ifadesine verilen yanıtlar ise çeşitlilik arz etmektedir. Katılımcıların 2’si “Kesinlikle katılıyorum”, 2’si “Katılıyorum”, 1’i “Kararsızım”, 4’ü “Katılmıyorum” ve 2’si “Kesinlikle katılmıyorum” seçeneğini işaretlemiştir. Bu sonuç, bazı kullanıcıların sanal ortamda fiziksel rahatsızlık (baş dönmesi) yaşadığını, ancak çoğunluğun bu tür bir problemle karşılaşmadığını göstermektedir.

Genel olarak, oyunun kullanılabilirlik açısından akademisyenler tarafından olumlu değerlendirildiği söylenebilir. Ancak sanal ortama uyum sağlama süreci ve fiziksel rahatsızlıklar konusunda bireysel farklılıklar olduğu göz önünde bulundurularak, bu alanlarda farklı sonuçlar bulunması normal karşılanmaktadır. Öğrencilere uygulanan anketlerde ve literatürde, özellikle baş dönmesiyle ilgili bulgular benzer şekilde tespit edilmiştir. Bu durum, uygulamanın uzun süreli kullanımında bazı bireylerde rahatsızlık yaratabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, sanal gerçeklik tabanlı eğitim araçlarının tasarımında kullanıcı konforunu artırmaya yönelik optimizasyonların yapılması ve uzun

sürekli kullanımda oluşabilecek olası olumsuz etkilerin en aza indirilmesi gerektiği görülmektedir.

Sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunların öğrenme etkinliğini değerlendirmek amacıyla akademisyenlere 8 soru yöneltilmiştir. Sorular, geleneksel öğretim yöntemleri ile VR tabanlı oyunların karşılaştırılması ve oyunların öğrenme sürecine katkılarının incelenmesini amaçlamaktadır. Sorular şu şekildedir. “Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha uzun zaman alır”, “Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha sıkıcı olur”, “Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha az akılda kalıcıdır”, “VR tabanlı oyunlar geleneksel yöntemlere kıyasla daha motive edicidir”, “Oyun, yaratıcı düşünmeyi arttıracak şekilde tasarlanmıştır”, “Oyun, etkileşimli öğrenmeyi desteklemektedir”, “Oyun, etkili bir öğrenme ortamı sağlamıştır”, “Derste kullanmak zaman kaybıdır”. Detaylar Tablo 23’de verilmektedir.

Tablo 23. Likert-1 akademisyenlerin öğrenme etkinliği temalı sorulara verdiği cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha uzun zaman alır.	-	-	%45,5 N=5	%45,5 N=5	%9 N=1
Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha sıkıcı olur.	-	-	%18,2 N=2	%54,5 N=6	%27,3 N=3
Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha az akılda kalıcıdır.	-	-	%18,2 N=2	%72,8 N=8	%9 N=1
VR tabanlı oyunlar geleneksel yöntemlere kıyasla daha motive edicidir.	-	-	%9 N=1	%72,8 N=8	%18,2 N=2
Oyun, yaratıcı düşünmeyi arttıracak şekilde tasarlanmıştır.	-	-	%36,3 N=4	%45,5 N=5	%18,2 N=2
Oyun, etkileşimli öğrenmeyi desteklemektedir.	-	-	-	%45,5 N=5	%54,5 N=6
Oyun, etkili bir öğrenme ortamı sağlamıştır.	-	-	-	%27,3 N=3	%72,8 N=8
Derste kullanmak zaman kaybıdır.	%45,5 N=5	%54,5 N=6	-	-	-

“Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha uzun zaman alır” ifadesine akademisyenlerin 1’i “kesinlikle katılıyorum”, 5’i “katılıyorum” ve 5’i “kararsızım” yanıtını vermiştir. Bu sonuç, bazı akademisyenlerin geleneksel yöntemlerin zaman açısından verimsiz olabileceğini düşündüğünü, ancak bir kısmının bu konuda net bir görüş belirtmediğini göstermektedir.

“Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha sıkıcı olur” ifadesine 3 akademisyen “kesinlikle katılıyorum”, 6 akademisyen “katılıyorum” ve 2 akademisyen “kararsızım” yanıtını vermiştir. Bu bulgu, akademisyenlerin çoğunluğunun geleneksel yöntemleri monoton bulduğunu ortaya koymaktadır.

“Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha az akılda kalıcıdır” ifadesi için 1 akademisyen “kesinlikle katılıyorum”, 8 akademisyen “katılıyorum” ve 2 akademisyen “kararsızım” cevabını vermiştir. Bu sonuç, geleneksel yöntemlerin kalıcılığı konusunda akademisyenlerin büyük çoğunluğunun olumsuz düşündüğünü göstermektedir.

“VR tabanlı oyunlar geleneksel yöntemlere kıyasla daha motive edicidir” ifadesine 2 akademisyen “kesinlikle katılıyorum”, 8 akademisyen “katılıyorum” ve 1 akademisyen “kararsızım” yanıtını vermiştir. Bu durum, VR tabanlı oyunların motive edici etkisinin akademisyenler tarafından genel olarak kabul gördüğünü göstermektedir.

“Oyun, yaratıcı düşünmeyi arttıracak şekilde tasarlanmıştır” ifadesine 2 akademisyen “kesinlikle katılıyorum”, 5 akademisyen “katılıyorum” ve 4 akademisyen “kararsızım” yanıtını vermiştir. Bu bulgu, oyunun yaratıcı düşünmeyi destekleme potansiyelinin olumlu değerlendirildiğini ancak bazı akademisyenlerin bu konuda kararsız olduğunu göstermektedir.

“Oyun, etkileşimli öğrenmeyi desteklemektedir” ifadesine 6 akademisyen “kesinlikle katılıyorum” ve 5 akademisyen “katılıyorum” yanıtını vermiştir. Bu sonuç, oyunun etkileşimli öğrenme ortamı sunduğu konusunda akademisyenlerin büyük çoğunluğunun hemfikir olduğunu ortaya koymaktadır.

“Oyun, etkili bir öğrenme ortamı sağlamıştır” ifadesine 8 akademisyen “kesinlikle katılıyorum” ve 3 akademisyen “katılıyorum” demiştir. Bu yüksek oran, oyunun etkili bir öğrenme aracı olarak değerlendirildiğini açıkça göstermektedir.

Son olarak, “Derste kullanmak zaman kaybıdır” ifadesine 6 akademisyen “katılmıyorum” ve 5 akademisyen “kesinlikle katılmıyorum” yanıtını vermiştir. Bu sonuç, akademisyenlerin oyunun derslerde kullanılmasının zaman kaybı olmadığını düşündüklerini göstermektedir.

Elde edilen veriler, VR tabanlı ciddi oyunların öğrenme sürecinde motivasyon, etkileşim ve kalıcılık açısından geleneksel yöntemlere kıyasla daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Akademisyenlerin büyük bir kısmı, bu tür oyunların yaratıcı düşünmeyi ve etkileşimli öğrenmeyi desteklediğini belirtmiştir. Bununla birlikte, bazı akademisyenlerin yaratıcı düşünme üzerindeki etkisi konusunda kararsız kaldıkları görülmektedir. Genel değerlendirme, VR tabanlı oyunların eğitimde etkili bir araç olarak kullanılabileceğini desteklemektedir. Bu bulgular da öğrencilere yapılan anketlerdeki sonuçlarla ve literatürle paralellik içermektedir.

Sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunların pedagojik uygunluğunu değerlendirmek amacıyla akademisyenlere iki soru yöneltilmiştir. Bu sorular, oyunun öğretim yönteminin hem öğrencilerin öğrenme tarzına hem de akademisyenlerin kendi öğretim yöntemlerine ne derece uygun olduğunu belirlemeyi amaçlamaktadır. Yöneltilen sorular şu şekildedir. “Oyunun öğretme yöntemi, günümüzdeki öğrencilerin öğrenme tarzına uygundur”, “Oyunun öğretme yöntemi, benim öğretme yöntemime uygundur”. Elde edilen bulgular Tablo 24’de verilmektedir.

Tablo 24. Likert-1 akademisyenlerin pedagojik uygunluk temalı sorulara verdiği cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Oyunun öğretme yöntemi, günümüzdeki öğrencilerin öğrenme tarzına uygundur.	-	-	-	%45,5 N=5	%54,5 N=6
Oyunun öğretme yöntemi, benim öğretme yöntemime uygundur.	-	%9,1 N=1	%9,1 N=1	%36,3 N=4	%45,5 N=5

“Oyunun öğretme yöntemi, günümüzdeki öğrencilerin öğrenme tarzına uygundur” sorusuna verilen yanıtlarda, akademisyenlerin 6’sı “kesinlikle katılıyorum” ve 5’i “katılıyorum” cevabını vermiştir. Bu sonuç, akademisyenlerin tamamının oyunun öğretim yönteminin çağdaş öğrencilerin öğrenme tarzlarına uygun olduğunu düşündüğünü göstermektedir. Bu durum, oyunun pedagojik açıdan günümüz eğitim ihtiyaçlarına uyum sağladığını da ortaya koymaktadır.

İkinci soruya yönelik olarak, akademisyenlerin 5'i "kesinlikle katılıyorum", 4'ü "katılıyorum", 1'i "kararsızım" ve 1'i "katılmıyorum" cevabını vermiştir. Bu sonuç, akademisyenlerin büyük bir kısmının oyunun öğretim yöntemini kendi öğretim yaklaşımlarıyla uyumlu bulduğunu göstermektedir. Ancak az da olsa farklı öğretim yöntemlerini benimseyen akademisyenlerin, oyunun pedagojik yapısına tam olarak uyum sağlayamadığı görülmektedir.

Bu bulgular, VR tabanlı ciddi oyunların inşaat mühendisliği eğitiminde pedagojik açıdan hem öğrencilerin öğrenme süreçlerine hem de akademisyenlerin öğretim yöntemlerine genel olarak uyum sağladığını göstermektedir. Akademisyenlerden alınan geri bildirimler doğrultusunda, geliştirilen oyunun içeriği, pedagojik uygunluğu ve öğretme etkisinin eğitim sürecine katkı sağladığı belirlenmiştir. Literatürde de VR tabanlı ciddi oyunların mühendislik eğitimi bağlamında kullanılabilirliği ve etkinliği çeşitli çalışmalarda ele alınmıştır (McCloskey vd., 2023). Daha önce yapılan araştırmalar, bu tür oyunların öğrencilerin bilişsel yükünü azaltarak kavramsal öğrenmelerini desteklediğini ve öğrenme motivasyonunu artırdığını ortaya koymaktadır (Aslan & Erdoğan, 2017). Bununla birlikte, sanal gerçeklik teknolojisinin sunduğu etkileşimli ve deneyimsel öğrenme ortamlarının, öğrencilerin mekânsal algı ve problem çözme becerilerini geliştirmede etkili olduğu da belirtilmektedir (Korlapati vd., 2024).

Sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunlar hakkında akademisyen katılımcıların genel değerlendirme ve gelecek beklentilerini ölçmek amacıyla üç soru yöneltilmiştir. Bu sorular, VR teknolojisinin eğitimdeki mevcut ve gelecekteki rolüne dair akademisyenlerin görüşlerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Yöneltilen sorular şu şekildedir. "Diğer konuların eğitiminde de VR tabanlı oyunları tercih ederim", "Bu teknolojinin gelecekte örgün eğitime alternatif olacağını düşünüyorum", "Eğitimde VR teknolojisinin kullanımının artması, konuların kavranmasına katkı sağlar". Bulguların detayları Tablo 25'de verilmektedir.

Tablo 25. Likert-1 akademisyenlerin genel değerlendirme ve gelecek beklentileri temalı sorulara verdiği cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Diğer konuların eğitiminde de VR tabanlı oyunları tercih ederim.	-	-	%18,2 N=2	%54,5 N=6	%27,3 N=3
Bu teknolojinin gelecekte örgün eğitime alternatif olacağını düşünüyorum.	-	-	%9,1 N=1	%81,8 N=9	%9,1 N=1
Eğitimde VR teknolojisinin kullanımının artması, konuların kavranmasına katkı sağlar.	-	-	-	%81,8 N=9	%18,2 N=2

“Diğer konuların eğitiminde de VR tabanlı oyunları tercih ederim” sorusuna verilen yanıtlarda, akademisyenlerin 3’ü “kesinlikle katılıyorum”, 6’sı “katılıyorum” ve 2’si “kararsızım” cevabını vermiştir. Bu sonuç, akademisyenlerin büyük bir kısmının VR tabanlı oyunların farklı derslerde de kullanılmasını desteklediğini göstermektedir.

İkinci soruya yönelik olarak, akademisyenlerin 1’i “kesinlikle katılıyorum” ve 9’u “katılıyorum” cevabını vermiştir. Bu sonuç, akademisyenlerin büyük çoğunluğunun VR teknolojisinin gelecekte örgün eğitimin tamamlayıcı veya alternatif bir yöntemi olabileceğine inandığını ortaya koymaktadır.

Üçüncü soruya verilen yanıtlarda ise akademisyenlerin 2’si “kesinlikle katılıyorum” ve 9’u “katılıyorum” seçeneğini işaretlemiştir. Bu sonuç, VR teknolojisinin eğitimde daha fazla kullanılmasının öğrencilerin ders konularını daha iyi kavramasına önemli ölçüde katkı sağlayacağına dair güçlü bir inancın olduğunu göstermektedir.

Elde edilen bulgular, VR tabanlı ciddi oyunların eğitimde yaygınlaştırılmasının hem öğretim süreçlerini zenginleştireceği hem de öğrencilerin konuları daha etkili bir şekilde öğrenmelerine katkı sağlayacağı yönünde akademisyenler arasında olumlu bir eğilim olduğunu ortaya koymaktadır.

Akademisyenlere uygulanan ilk Likert tipi anket ile sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunlar hakkında genel değerlendirmeler, eğitimdeki potansiyel kullanımı, öğrenme etkinliği, kullanılabilirlik ve hazırlanan oyunun gerçekçilik ve memnuniyet düzeyine ilişkin bulgular elde edilmiştir. Anket sonuçları, genel olarak olumlu bir eğilim göstermektedir. Akademisyenler, VR tabanlı ciddi oyunların eğlenceli, motive edici ve etkili bir öğrenme aracı olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, bu yöntemin gelecekte eğitim alanında daha yaygın bir şekilde kullanılabileceğine dair güçlü bir beklentinin olduğu anlaşılmaktadır.

Anketin ikinci bölümünde, özellikle hazırlanan oyunun öğretime katkısı, öğrencilere bilgi ve beceri kazandırma potansiyeli, motivasyon üzerindeki etkileri ve oyunun içerik ve tasarım özellikleri üzerine detaylı veriler toplanmıştır. Bu bölüm, VR tabanlı oyunun akademik süreçlere nasıl entegre edilebileceğini, sağladığı katkıları ve akademisyenlerin bu yöntemi nasıl değerlendirdiğini anlamaya yönelik zengin bir içgörü sunmaktadır.

Bu çalışmada gerçekleştirilen ikinci anketin ilk yedi sorusu hazırlanan sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunun öğrenmeye etkisini değerlendirmeye yönelik hazırlanmıştır. Sorular şu şekildedir. “Hazırlanan VR tabanlı oyun, proje okuma konusunda öğrencilere yardımcı olacaktır”, “Oyun içeriği, öğrencilerin uygulama öğrenimi becerilerini artıracak şekilde tasarlanmıştır”, “Hazırlanan oyun, öğrencilerin mevcut bilgi ve becerilerini pekiştirmelerine olanak sağlayacaktır”, “Oyundaki seçenekler, öğrencilerin projedeki bilgileri daha dikkatli okumalarını sağlayacaktır”, “Oyun, öğrencilerin bina için hazırlanan statik projeleri okuyabilmelerine katkı sağlayacaktır”, “Oyun, öğrencilerin diğer yapılar için hazırlanan statik projeleri okuyabilmelerine de katkı sağlayacaktır”, “Oyun, öğrencilerin mezun olduktan sonra demir imalatını kontrol etmelerini kolaylaştıracaktır”. Veriler Tablo 26’da verilmektedir.

Tablo 26. Likert-2 akademisyenlerin oyunun öğrenmeye etkisi temalı sorulara verdiği cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Hazırlanan VR tabanlı oyun, proje okuma konusunda öğrencilere yardımcı olacaktır.	-	-	-	%27,3 N=3	%72,7 N=8
Oyun içeriği, öğrencilerin uygulama öğrenimi becerilerini artıracak şekilde tasarlanmıştır.	-	-	-	%27,3 N=3	%72,7 N=8
Hazırlanan oyun, öğrencilerin mevcut bilgi ve becerilerini pekiştirmelerine olanak sağlayacaktır.	-	-	-	%36,4 N=4	%63,6 N=7
Oyundaki seçenekler, öğrencilerin projedeki bilgileri daha dikkatli okumalarını sağlayacaktır.	-	-	-	%36,4 N=4	%63,6 N=7
Oyun, öğrencilerin bina için hazırlanan statik projeleri okuyabilmelerine katkı sağlayacaktır.	-	-	-	%36,4 N=4	%63,6 N=7
Oyun, öğrencilerin diğer yapılar için hazırlanan statik projeleri okuyabilmelerine de katkı sağlayacaktır.	-	-	-	%36,4 N=4	%63,6 N=7
Oyun, öğrencilerin mezun olduktan sonra demir imalatını kontrol etmelerini kolaylaştıracaktır.	-	-	-	%36,4 N=4	%63,6 N=7

“Hazırlanan VR tabanlı oyun, proje okuma konusunda öğrencilere yardımcı olacaktır” ifadesine akademisyenlerin %72,7’si kesinlikle katılıyorum, %27,3’ü ise katılıyorum yanıtını vermiştir. Bu sonuç, oyunun proje okuma becerilerinin geliştirilmesinde etkili olabileceğini göstermektedir.

“Oyun içeriği, öğrencilerin uygulama öğrenimi becerilerini artıracak şekilde tasarlanmıştır” ifadesine %72,7 oranında kesinlikle katılıyorum, %27,3 oranında katılıyorum yanıtı verilmiştir. Bu bulgu, oyunun uygulamalı öğrenme sürecine olumlu katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

“Hazırlanan oyun, öğrencilerin mevcut bilgi ve becerilerini pekiştirmelerine olanak sağlayacaktır” sorusuna akademisyenlerin %63,6'sı kesinlikle katılıyorum, %36,4'ü katılıyorum demiştir. Bu veri, oyunun bilgi pekiştirme noktasında etkili bir araç olabileceğini işaret etmektedir.

“Oyundaki seçenekler, öğrencilerin projedeki bilgileri daha dikkatli okumalarını sağlayacaktır” ifadesine %63,6 kesinlikle katılıyorum, %36,4 katılıyorum yanıtı verilmiştir. Bu durum, oyunun projelerdeki bilgilerin dikkatle incelenmesine katkı sunduğunu göstermektedir.

“Oyun, öğrencilerin bina için hazırlanan statik projeleri okuyabilmelerine katkı sağlayacaktır” sorusuna akademisyenlerin %63,6'sı kesinlikle katılıyorum, %36,4'ü katılıyorum cevabı vermiştir. Bu sonuç, oyunun bina projelerini anlamada faydalı olduğunu göstermektedir.

“Oyun, öğrencilerin diğer yapılar için hazırlanan statik projeleri okuyabilmelerine de katkı sağlayacaktır” ifadesine %63,6 kesinlikle katılıyorum, %36,4 katılıyorum yanıtı verilmiştir. Bu veri, oyunun farklı yapılar için de fayda sağlayabileceğini göstermektedir.

“Oyun, öğrencilerin mezun olduktan sonra demir imalatını kontrol etmelerini kolaylaştıracaktır” sorusuna da %63,6 kesinlikle katılıyorum, %36,4 katılıyorum cevabı verilmiştir. Bu bulgu, oyunun mesleki becerilere katkı sağladığını işaret etmektedir.

Genel olarak, akademisyenlerin anket sonuçları, geliştirilen VR tabanlı oyunun proje okuma, uygulama öğrenimi, bilgi pekiştirme ve mesleki beceriler gibi alanlarda olumlu etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Bu durum, oyunun hem akademik hem de mesleki eğitimde etkili bir öğrenme aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Akademisyenlere, tez kapsamında hazırlanan oyunun içeriği ve tasarımı hakkında değerlendirmelerde bulunmak amacıyla 4 soru yöneltilmiştir. Sorular şu şekildedir. “Oyundaki talimatlar açık ve anlaşılırdır”, “Oyundaki aşamaların sistematik olarak ilerlemesi öğrencilerin motivasyonunu arttıracaktır”, “Oyunda bir bina inşaatı gerçekleştirmek, öğrenciler için ilgi çekici ve motive edici olacaktır”, “Oyundaki seçenekler, öğrencilerin doğru yönde ilerlemelerini teşvik edicidir”. Veriler Tablo 27’de verilmektedir.

Tablo 27. Likert-2 akademisyenlerin oyunun içeriği ve tasarımı temalı sorulara verdiği cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Oyundaki talimatlar açık ve anlaşılırdır.	-	-	-	%36,4 N=4	%63,6 N=7
Oyundaki aşamaların sistematik olarak ilerlemesi öğrencilerin motivasyonunu arttıracaktır.	-	-	-	%54,5 N=6	%45,5 N=5
Oyunda bir bina inşaatı gerçekleştirmek, öğrenciler için ilgi çekici ve motive edici olacaktır.	-	-	-	%27,3 N=3	%72,7 N=8
Oyundaki seçenekler, öğrencilerin doğru yönde ilerlemelerini teşvik edicidir.	-	-	-	%45,5 N=5	%54,5 N=6

“Oyundaki talimatlar açık ve anlaşılırdır” ifadesine akademisyenlerin %63,6’sı (7 kişi) “Kesinlikle Katılıyorum” derken, %36,4’ü (4 kişi) “Katılıyorum” cevabını vermiştir. Bu sonuç, oyunun talimatlarının genel olarak açık ve anlaşılır bir yapıda olduğunu göstermektedir.

“Oyundaki aşamaların sistematik olarak ilerlemesi öğrencilerin motivasyonunu arttıracaktır” sorusuna akademisyenlerin %45,4’ü (5 kişi) “Kesinlikle Katılıyorum”, %54,6’sı (6 kişi) ise “Katılıyorum” yanıtını vermiştir. Akademisyenler, oyundaki aşamaların sistematik ilerleyişinin öğrenci motivasyonu üzerinde olumlu etkiler yaratacağı konusunda hemfikirdir.

“Oyunda bir bina inşaatı gerçekleştirmek, öğrenciler için ilgi çekici ve motive edici olacaktır” ifadesine akademisyenlerin %72,7’si (8 kişi) “Kesinlikle Katılıyorum” yanıtını verirken, %27,3’ü (3 kişi) “Katılıyorum” seçeneğini işaretlemiştir. Bu bulgu, oyunda bina inşaatı gerçekleştirme sürecinin, öğrenciler üzerinde ilgi ve motivasyon uyandıracağını desteklemektedir.

“Oyundaki seçenekler, öğrencilerin doğru yönde ilerlemelerini teşvik edicidir” sorusuna katılımcıların %54,5’i (6 kişi) “Kesinlikle Katılıyorum”, %45,5’i (5 kişi) ise

“Katılıyorum” yanıtını vermiştir. Bu sonuç, oyunun sunduğu seçeneklerin, öğrencilerin öğrenme sürecinde doğru kararlar almasını teşvik ettiğini göstermektedir.

Bu dört soruya verilen yanıtlar arasında “Kararsızım” veya olumsuz bir yanıt bulunmamaktadır. Akademisyenlerin oyunun tasarımı ve içeriği konusundaki genel tutumu oldukça olumludur. Bulgular, geliştirilen oyunun öğrenci motivasyonunu artıracak, öğrenme sürecine katkı sağlayacak ve hedeflenen pedagojik amaçlara ulaşmada etkili bir araç olabileceğini göstermektedir. Bu durum, öğrencilere yapılan anketlerden elde edilen bulgularla da paralellik göstermektedir.

Hazırlanan sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunda öğrencilerin yapı elemanlarını 3 boyutlu görmesinin yaptığı katkıları değerlendirmek amacıyla akademisyenlere 2 soru yöneltilmiştir. Sorular şu şekildedir. “Oyunda sunulan 3 boyutlu görme olanağı, öğrencilerin konuyu daha iyi kavramalarına yardımcı olacaktır”, “Oyun, öğrencilerin projeye baktıklarında binayı 3 boyutlu olarak hayal edebilmelerine katkı sağlayacaktır”. Veriler Tablo 28’de verilmektedir.

Tablo 28. Likert-2 akademisyenlerin 3D görselleştirmenin etkisi temalı sorulara verdiği cevaplar

Likert Ölçeği					
Sorular	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Oyunda sunulan 3 boyutlu görme olanağı, öğrencilerin konuyu daha iyi kavramalarına yardımcı olacaktır.	-	-	-	%36,4 N=4	%63,6 N=7
Oyun, öğrencilerin projeye baktıklarında binayı 3 boyutlu olarak hayal edebilmelerine katkı sağlayacaktır.	-	-	-	%63,6 N=7	%36,4 N=4

“Oyunda sunulan 3 boyutlu görme olanağı, öğrencilerin konuyu daha iyi kavramalarına yardımcı olacaktır” sorusuna akademisyenlerin 7 tanesi kesinlikle katılıyorum 4 tanesi katılıyorum cevabını vermiştir. “Oyun, öğrencilerin projeye baktıklarında binayı 3 boyutlu olarak hayal edebilmelerine katkı sağlayacaktır” sorusuna akademisyenlerin 4 tanesi kesinlikle katılıyorum 7 tanesi katılıyorum cevabını vermiştir.

Her iki soruya verilen yanıtların analizi, oyunun üç boyutlu görselleştirme yetisinin akademisyenler tarafından büyük ölçüde olumlu değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, literatürde sanal gerçeklik tabanlı oyunların görsel algıyı güçlendirme ve öğrenme süreçlerini destekleme potansiyeline sahip olduğu yönündeki çalışmalarla uyum göstermektedir (Franco vd., 2020). Nitekim, sanal gerçeklik teknolojisinin sağladığı etkileşimli öğrenme ortamı, kullanıcıların mekânsal algılarını geliştirmekte ve karmaşık yapısal bilgileri daha kolay anlamalarına olanak tanımaktadır (Gervasi vd., 2023). Bu doğrultuda, tez kapsamında geliştirilen oyunun da benzer şekilde, inşaat mühendisliği öğrencilerinin üç boyutlu proje okuma ve yapısal elemanları kavrama becerilerini destekleme noktasında etkili olduğu söylenebilir. Akademisyenlerden alınan geri bildirimler, oyunun gerçekçi bir öğrenme deneyimi sunduğunu göstermekte olup, bu durum oyunun eğitsel faydasını daha da pekiştirmektedir.

Hazırlanan oyunun öğrenciler üzerindeki motivasyonel etkisini değerlendirmek amacıyla akademisyenlere iki soru yöneltilmiştir. Sorular şu şekildedir: “Oyunu başarıyla tamamlamak, öğrencilerin öz güvenlerini arttıracaktır”, “Oyun, bina yapım sürecini kontrol etme konusunda öğrencilerin kendilerine olan güvenlerini arttıracaktır” Veriler Tablo 29’da verilmektedir.

Tablo 29. Likert-2 akademisyenlerin oyunun motivasyonel etkisi temalı sorulara verdiği cevaplar

Sorular	Likert Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
Oyunu başarıyla tamamlamak, öğrencilerin öz güvenlerini arttıracaktır.	-	-	-	%72,7 N=8	%27,3 N=3
Oyun, bina yapım sürecini kontrol etme konusunda öğrencilerin kendilerine olan güvenlerini arttıracaktır.	-	-	-	%45,5 N=5	%54,5 N=6

“Oyunu başarıyla tamamlamak, öğrencilerin öz güvenlerini arttıracaktır” ifadesine akademisyenlerin %27,3’ü (3 kişi) “Kesinlikle Katılıyorum”, %72,7’si (8 kişi) ise “Katılıyorum” yanıtını vermiştir. Bu sonuç, oyunun öğrencilerin öz güvenlerini geliştirme potansiyelini yüksek bir oranda desteklediğini göstermektedir.

“Oyun, bina yapım sürecini kontrol etme konusunda öğrencilerin kendilerine olan güvenlerini arttıracaktır” ifadesine ise akademisyenlerin %54,5’i (6 kişi) “Kesinlikle Katılıyorum” ve %45,5’i (5 kişi) “Katılıyorum” yanıtını vermiştir. Bu durum, oyunun teknik süreçlerdeki kontrol becerileri üzerindeki olumlu etkisini vurgulamaktadır.

Her iki soruya verilen yanıtlar, oyunun motivasyonel etkisi konusunda akademisyenlerin hem öz güven gelişimini hem de teknik yeterlilik algısını desteklediğini ortaya koymaktadır. Oyunun bu özellikleri, öğrencilerin hem teorik bilgilerini hem de uygulama becerilerini geliştirmek açısından değerli bir öğrenme aracı olduğunu göstermektedir. Öğrencilere yapılan anket sonucunda da benzer bulgular elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında, oyunu deneyimleyen akademisyenlere, “Denediğiniz oyunu inşaat mühendisliği eğitime yapabileceği katkıyı göz önüne alarak puanlayınız” şeklinde bir soru yöneltilmiştir. Akademisyenlerden oyunu 1 ile 100 arasında bir puan vermeleri istenmiş olup, puanlar en düşük 80 ve en yüksek 100 arasında değişmiştir. Katılımcıların verdikleri puanların ortalaması ise 91,27 olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen bulgular, inşaat mühendisliği eğitiminde oyunun önemli bir katkı sunabileceğine dair olumlu bir izlenimin varlığını göstermektedir. Akademisyenlerin düşük puan vermemesi ve puan ortalamasının yüksek çıkması, oyunun eğitimde kullanımına yönelik genel bir memnuniyete işaret etmektedir. Özellikle en yüksek puan değerinin oldukça yüksek olması, bazı akademisyenlerin tez kapsamında geliştirilen oyunu oldukça etkili bir öğretim aracı olarak gördüklerine işaret etmektedir. Bu veriler, oyunun eğitim materyali olarak daha geniş çerçevede ele alınması gerektiğini düşündürmektedir.

Akademisyenlerin görüşlerini daha kapsamlı bir şekilde toplamak ve analiz etmek amacıyla, Likert tipi ölçeklerin yanı sıra yarı yapılandırılmış açık uçlu sorular da yöneltilmiştir. Çalışmaya katılan 11 akademisyene yöneltilen bu sorular şu şekildedir:

“Statik proje okuyabilmek sizce öğrencilerinizin mesleki becerileri açısından önemli mi?”

“Sanal gerçeklik deneyiminin olumlu yönleri nelerdir?”, “Sanal gerçeklik deneyiminin olumsuz yönleri nelerdir?”

“Bu uygulamayı gelecekte derslerinizde kullanmayı planlar mısınız?”

“Sanal gerçeklik teknolojisinin eğitime entegrasyonu konusunda ne gibi zorluklar görüyorsunuz?”

“Uygulamaya başka neler eklenebilir?”

11 akademisyen grubuna statik proje okuma becerisinin önemini irdelemek amacıyla “Statik proje okuyabilmek sizce öğrencilerinizin mesleki becerileri açısından önemli mi?” sorusu sorulmuştur. Katılımcıların tümü statik proje okuma becerisini son derece önemli olarak değerlendirmiştir. Cevaplar, bu becerinin mesleki gelişim açısından kritik bir unsur olduğunu göstermektedir. Statik proje okuma becerisi, inşaat mühendisliği ve ilgili alanlarda temel bir gereklilik olarak görülmektedir ve mesleki eğitim süreçlerinde bu becerinin kazandırılmasına yönelik daha fazla ağırlık verilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Sanal gerçeklik deneyiminin değerlendirilebilmesi amacıyla akademisyenlere sanal gerçeklik deneyiminin olumlu ve olumsuz yönleri sorulmuştur.

Cevaplarda öne çıkan olumlu yönler şunlardır;

Sanal gerçeklik, proje okuma becerisini destekler ve teorik bilgilerin somutlaştırılmasını sağlar (C1, C2, C5, C7).

Hata yaparak öğrenme ve üç boyutlu algı geliştirme gibi fırsatlar sunar (C2, C3, C4).

Öğrencilerin ilgisini artırır, öğrenme sürecini eğlenceli hale getirir (C5, C7).

Sanal gerçeklik teknolojisinin öğrenciler için daha etkili, ilgi çekici ve pratik bir öğrenme ortamı sunduğu görülmektedir. Bu teknoloji, özellikle saha deneyimi edinmeden önce potansiyel risklerin öğrenilmesi ve görselleştirme yeteneklerinin geliştirilmesi gibi önemli faydalar sağlamaktadır. Etkileşim ve motivasyon, pratik deneyim imkanı ile öğrenme sürecine katkı başlıkları altında değerlendirildiğinde, sanal gerçekliğin öğrenme süreçlerini destekleme potansiyeli dikkat çekmektedir.

Cevaplarda öne çıkan olumsuz yönler şunlardır;

Baş dönmesi, görüntü bulanıklığı gibi fiziksel rahatsızlıklar (C1, C5, C6, C7).

Ekipman maliyeti, erişilebilirlik sorunları ve teknik altyapının yetersizliği (C2, C4, C5).

Sanal gerçeklikteki sınırların yaratıcı düşüncüyü kısıtlayabileceği belirtilmiştir (C7).

Teknolojik ve ekonomik sınırlamalar, sanal gerçeklik teknolojisinin eğitimde yaygın şekilde kullanılmasının önündeki temel engeller olarak görünmektedir. Ayrıca, kullanıcı deneyiminin geliştirilmesi ve sağlık sorunlarının giderilmesi önemlidir.

Uygulamanın gelecekte kullanımı ve derslere entegrasyonu ile ilgili soruya katılımcıların büyük çoğunluğu bu teknolojiyi derslerinde kullanmayı planlamaktadır. Özellikle karmaşık teknik detayların öğretilmesinde sağladığı kolaylık, katılımcılar için önemli bir avantaj olarak öne çıkmaktadır.

Sanal gerçeklik, öğretim materyallerinin niteliğini artırmada büyük bir potansiyel taşımaktadır. Ancak, bu teknolojinin derslere entegrasyonu için gerekli altyapı ve maliyet sorunlarının çözülmesi gerekmektedir.

Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Eğitimdeki Zorlukları hakkında öne çıkan cevaplar şunlardır:

Ekipman ve altyapı maliyetleri (C4, C5, C6, C7).

Teknik altyapının yetersizliği ve büyük öğrenci gruplarına uygulama zorluğu (C1, C2, C3, C4).

Geleneksel öğretim yöntemlerine bağımlılık (C7).

Eğitimde sanal gerçeklik teknolojisinin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için maliyetlerin düşürülmesi, teknik altyapının güçlendirilmesi ve öğretim yaklaşımlarının modernize edilmesi gereklidir.

Uygulamaya Yapılabilecek Geliştirmeler ve Eklemeler hakkında verilen cevaplar incelendiğinde katılımcıların önerilerinden bazıları aşağıdaki gibidir.

Farklı Derslere Uyarlanma: Çelik, beton, tesisat gibi diğer konulara yönelik modüller (C1, C2, C3).

Ek Modüller: İş güvenliği, acil durum senaryoları, şantiye kazaları, ince yapı uygulamaları gibi detaylı içerikler (C2, C7).

Kullanıcı Dostu Özellikler: İpuçları ve yön bulma asistanı gibi destekleyici unsurlar (C6, C7).

Sanal gerçeklik uygulamalarının kapsamı genişletilerek farklı derslerde kullanılabilir hale getirilmesi, teknolojinin etkisini artırabilir. Ayrıca, kullanıcı deneyimini geliştirecek eklemeler de önemlidir.

Sanal gerçeklik teknolojisi, inşaat mühendisliği gibi uygulamalı alanlarda öğrencilerin pratik beceriler kazanmasında etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu teknoloji, özellikle üç boyutlu algının geliştirilmesi, saha deneyiminin edinilmesi ve teknik detayların görselleştirilmesi gibi konularda öğrencilere önemli faydalar sağlamaktadır.

Sanal gerçeklik teknolojisinin yaygınlaşması için teknolojik altyapının güçlendirilmesi, ekipman maliyetlerinin düşürülmesi ve geleneksel öğretim yaklaşımlarının dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu engellerin aşılması, sanal gerçeklik uygulamalarının daha geniş kitlelere ulaşmasını sağlayacaktır.

Sanal gerçeklik tabanlı eğitim içeriklerinin farklı ders ve modüllere özel olarak zenginleştirilmesi, kullanıcı deneyimini iyileştirecek yeni özelliklerin entegrasyonu önem

taşımaktadır. Bu geliştirmeler, öğrencilerin öğrenme sürecini daha verimli ve etkileşimli hale getirecektir.

Sanal gerçeklik kullanımından kaynaklanabilecek baş dönmesi ve diğer fiziksel rahatsızlıkların önlenmesi amacıyla ergonomik tasarımlar ve yazılımsal iyileştirmeler yapılmalıdır. Bu iyileştirmeler, kullanıcıların teknolojiye adaptasyonunu kolaylaştırarak eğitimdeki verimliliği artıracaktır.

Sonuç olarak, sanal gerçeklik teknolojisinin eğitim alanında daha etkin kullanılabilmesi için belirtilen iyileştirmelerin hayata geçirilmesi, öğrenme süreçlerine yüksek düzeyde katlı sağlayacak bir yol haritası sunmaktadır.



4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, inşaat mühendisliği eğitiminde karşılaşılan uygulama temelli öğrenme sorunlarına çözüm olarak VR tabanlı ciddi oyunların etkinliği araştırılmıştır. Günümüzde inşaat mühendisliği öğrencileri, teorik bilgileri edinirken pratik uygulamalara erişimde çeşitli kısıtlamalarla karşılaşmaktadır. Bu durum, öğrencilerin mesleki yeterliliklerini geliştirme sürecini olumsuz etkileyebilmektedir. Çalışmanın başlangıcında 316 katılımcıdan (öğretim elemanı, sektör çalışanı, öğrenci) anket verileri toplanmış ve analiz sonuçları, öğrencilerin statik proje okuma ve inşaat yapım aşamalarında daha fazla bilgi ve beceriye ihtiyaç duyduğunu göstermiştir. Literatürde inşaat mühendislerinin uygulama öğrenimi becerilerini arttırabilmek için önerilen çeşitli çözüm yöntemleri incelenmiş ve VR tabanlı ciddi oyunların, öğrencilerin proje okuma becerilerini arttırmada ve inşaat yapım süreçlerini anlamalarında önemli bir katkı sağlayabileceği öne sürülmüştür.

Bu bağlamda, araştırma kapsamında “StaRVR” adlı VR tabanlı bir ciddi oyun geliştirilmiştir. Unreal Engine, Blueprint, SketchUp ve Blender programları kullanılarak tasarlanan bu oyun, konut tipi bir yapının yapım aşamalarını öğretmeyi ve statik proje okuma becerilerini geliştirmeyi hedeflemiştir. Senaryonun hazırlanmasında pedagojik temellere dayalı olarak kurgulanan oyun, detaylı literatür araştırması ışığında geliştirilmiş ve eğitsel etkinliği artırmak amacıyla sektörde yaygın olarak kullanılan bir projeye dayandırılmıştır. Bu sayede, öğrencilerin gerçek hayatta karşılaşılabilecekleri durumlarla benzer bir deneyim kazanmaları hedeflenmiştir. Oyunun diğer bir amacı da sanal bir şantiye ortamı oluşturarak öğrencilerin güvenli bir şekilde uygulamalı öğrenme sürecine katılımını sağlamaktır.

Geliştirilen oyunda, öğrencilerin statik projelerdeki çizimlerin hangi yapı elemanlarına karşılık geldiğini anlamalarına, yapı elemanlarının ve donatıların sayısını, boyutlarını ve türlerini tespit edebilmelerine, konut tipi bir yapının kaba inşaatının yapım aşamalarının öğrenilmesine yönelik rehberlik eden görevler, puanlama sistemleri ve yönlendirmeler entegre edilmiştir. Aynı zamanda, projedeki kesit ve profil detaylarının üç boyutlu olarak modellenmesi, bir şantiye ortamında görselleştirilmesi ve interaktif unsurlar ile öğrencilerin hem öğrenme süreçlerine aktif olarak katılmaları hem de motivasyonlarının artırılması amaçlanmıştır. Geliştirilen bu program sayesinde, öğrencilerin proje okuma becerilerinin yanı sıra teorik ve uygulama bilgilerini bağdaştırabilme, üç boyutlu düşünme ve hayal edebilme gibi mühendislik eğitiminde kritik öneme sahip yetkinliklerinin artırılması

sağlanmaya çalışılmıştır. Böylece, öğrencilerin eğitim süreçleri ve mesleki başarıları üzerinde olumlu bir etki yaratılması hedeflenmiştir.

VR tabanlı ciddi oyunun etkililiğini değerlendirmek ve kullanıcı deneyimini derinlemesine incelemek amacıyla nicel ve nitel veri toplama yöntemlerini içeren karma bir araştırma deseni benimsenmiştir. Çalışmanın hedef kitlesi, akademisyenler ve öğrenciler olmak üzere iki farklı gruptan oluşmuştur. Akademisyenlere uygulanan anket, oyunun pedagojik uygunluğu, içeriği, tasarımı ve öğretim sürecine katkısı gibi unsurları değerlendirmeye yönelikken, öğrencilere uygulanan anket, oyun tabanlı öğrenme sürecine ilişkin algıları, kullanım deneyimleri ve oyun aracılığıyla edindikleri proje okuma becerilerini ölçmeye odaklanmıştır. Öğrencilerin öğrenme deneyimlerini değerlendirmek amacıyla Likert tipi anketler ile ön test son test uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Akademisyenlerin görüşlerini incelemek için ise hem Likert tipi anketlerden elde edilen nicel veriler hem de yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen nitel veriler kullanılmıştır.

Öğrencilere uygulanan ön test ve son test sonuçları arasındaki farklılıkları analiz etmek için öncelikle verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelenmiştir. Verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edildikten sonra, ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla eşleştirilmiş bağımlı t testi kullanılmış ve veriler arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Bu durum, sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyun eğitiminin öğrencilerin proje okuma becerileri üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ve öğrencilerin bu yöntemi kullanarak daha etkili bir şekilde öğrenebildiğini göstermektedir.

Likert tipi anketlerden elde edilen veriler doğrultusunda, öğrenciler oyunun gerçekçiliğini, pedagojik uygunluğunu ve eğitimde kullanılabilirliğini büyük ölçüde tatmin edici bulduklarını belirtmişlerdir. Katılımcılar, VR tabanlı ciddi oyun deneyiminin, geleneksel öğrenme yöntemlerine kıyasla daha etkili olduğunu, proje okuma ve yapım süreçlerini anlamalarını kolaylaştırdığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, görselleştirme ve etkileşim unsurlarının, bilgilerin daha kalıcı olmasına katkı sağladığı belirtilmiştir. Akademisyenler ise oyunun, mühendislik eğitimi çerçevesinde uygulanabilir olduğunu, öğrencilerin statik proje okuma becerilerini geliştirme potansiyeline sahip bulunduğunu ve derslerde destekleyici bir araç olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Bununla birlikte, gelecekte VR tabanlı eğitimin inşaat mühendisliği disiplininde daha yaygın hale gelebileceği ve farklı derslerde de uygulanabileceği belirtilmiştir.

Ayrıca öğrenci ve akademisyenlere, “Denediğiniz oyunu inşaat mühendisliği eğitimine yapabileceği katkıyı göz önüne alarak puanlayınız” şeklinde bir soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin verdikleri puanların ortalaması 86,21, akademisyenlerin ise 91,27 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular, oyunun inşaat mühendisliği eğitimine önemli bir katkı sağlayabileceğine dair olumlu bir izlenim oluşturduğunu göstermektedir. Öğrenciler ve akademisyenler tarafından verilen yüksek puan ortalamaları, oyunun eğitimde kullanılmasına yönelik genel bir memnuniyetin varlığını ortaya koymaktadır.

Açık uçlu sorulara verilen yanıtlar doğrultusunda, akademisyenlerin tamamı statik proje okuma becerisini son derece önemli bir yetkinlik olarak değerlendirmiştir. Katılımcıların görüşleri, bu becerinin mesleki gelişim açısından kritik bir unsur olduğunu ortaya koymaktadır. Statik proje okuma becerisi, inşaat mühendisliği ve ilgili disiplinlerde temel bir gereklilik olarak görülmekte olup, mesleki eğitim süreçlerinde bu becerinin kazandırılmasına daha fazla önem verilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Ayrıca, sanal gerçeklik teknolojisinin proje okuma becerisini desteklediği, öğrenme sürecini daha ilgi çekici ve etkileşimli hale getirdiği, hata yaparak öğrenme ve üç boyutlu algı geliştirme gibi önemli avantajlar sunduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, ekipman maliyetleri, teknik altyapı eksiklikleri ve bazı kullanıcılarda ortaya çıkan fiziksel rahatsızlıklar, bu teknolojinin eğitimde yaygın kullanımını sınırlayan başlıca etkenler olarak tespit edilmiştir.

Akademisyenlerin büyük çoğunluğu, sanal gerçeklik uygulamalarının özellikle karmaşık teknik detayların öğretiminde faydalı olacağını ifade etmiştir. Ancak, bu teknolojinin başarılı bir şekilde eğitim sistemine entegre edilebilmesi için maliyetlerin azaltılması, teknik altyapının güçlendirilmesi ve geleneksel öğretim yaklaşımlarının modernize edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, sanal gerçeklik tabanlı eğitimin etkinliğini artırmak amacıyla farklı dersler için modüller geliştirilmesi, kullanıcı dostu özelliklerin eklenmesi ve ergonomik iyileştirmelerin yapılması önerilmiştir.

Araştırma bulguları, sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunların inşaat mühendisliği eğitiminde etkili bir öğrenme aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, bu teknolojinin eğitimdeki etkisini artırmak için yazılım geliştirme süreçlerinde kullanıcı deneyimini iyileştirmeye yönelik çalışmalar yapılmalı, içerikler daha gerçekçi detaylarla zenginleştirilmeli ve oyunlaştırma unsurları pedagojik hedeflerle daha uyumlu hale getirilmelidir.

Sonuç olarak, bu çalışma, sanal gerçeklik tabanlı ciddi oyunların mühendislik öğrencileri için etkileşimli ve uygulamalı öğrenme süreçlerini destekleyebileceğini ortaya koymaktadır.

Ayrıca inşaat mühendisliği eğitim sisteminin ders materyallerinin sektörel beklentilerine ölçüde karşıladığını inceleyen anketin bulguları, inşaat mühendisliği eğitiminde daha fazla sektörel içeriğe ve uygulamalı derslere yer verilmesi gerektiğine dair güçlü bir gösterge sunmaktadır. Eğitimde yalnızca proje okuma ve inşaat yapım aşamaları değil, program bilgisi, iş planlaması, malzeme bilgisi, metraj ve maliyet hesapları gibi konuların da daha kapsamlı ele alınması gerektiği ortaya konulmuştur. Ayrıca, Şantiye Yönetimi, Betonarme, Çelik Yapılar, Yapı Malzemesi, Yapı Statiği, Zemin Mekaniği ve İş Güvenliği gibi derslerin sektörel açıdan kritik öneme sahip olduğu ve bu derslerin VR tabanlı teknolojiler gibi çağdaş yöntemlerle desteklenmesi gerektiği görülmektedir. Gelecekte, bu tür ders ve konuların mühendislik fakültelerinde VR tabanlı eğitim araçlarıyla daha yaygın şekilde işlenmesi, öğrencilerin mesleki becerilerini geliştirmelerine önemli katkılar sağlayacaktır. Bu sebeple VR teknolojisinin, mühendislik eğitiminde daha geniş bir perspektifle ele alınması ve disiplinler arası kullanım alanlarının araştırılması önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Akbaba, B. (2005). Tarih Öğretiminde Fotoğraf Kullanımı. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(1), 185-197.
- Akgün, E., Nuhoglu, P., Tüzün, H., Kaya, G., & Çınar, M. (2011). Bir Eğitsel Oyun Tasarımı Modelinin Geliştirilmesi. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 1(1), 41-61.
- Aktaş, E. (2021). *Ambulanslar İçin Sanal Gerçeklik Uygulaması İle Risk Farkındalığı Eğitimi*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Akyazi, T., Alvarez, I., Alberdi, E., Oyarbide-Zubillaga, A., Goti, A., & Bayon, F. (2020). Skills Needs Of The Civil Engineering Sector In The European Union Countries: Current Situation And Future Trends. *Applied Sciences*, 10(20), 7226.
- Alanne, K. (2016). An Overview of Game-Based Learning in Building Services Engineering Education, *European Journal of Engineering Education*, 41(2), 204-219.
- Albahbah, M., Kıvrak, S., & Arslan, G. (2021). Application Areas of Augmented Reality and Virtual Reality in Construction Project Management: A Scoping Review. *J. Constr. Eng*, 14, 151-172.
- Alfano, P. L., & Michel, G. F. (1990). Restricting the Field of View: Perceptual and Performance Effects. *Perceptual and Motor Skills*, 70(1), 35-45.
- Alkan, I. B., & Başağa, H. B. (2023). Augmented Reality Technologies in Construction Project Assembly Phases. *Automation in Construction*, 156, 105107.
- All, A., Castellar, E. P. N., & Van Looy, J. (2016). Assessing the Effectiveness of Digital Game-Based Learning: Best Practices. *Computers & Education*, 92, 90-103.
- Almeida, F., & Simoes, J. (2019). The Role of Serious Games, Gamification and Industry 4.0 Tools in The Education 4.0 Paradigm. *Contemporary Educational Technology*, 10(2), 120-136.
- Alyaz, Y., & Akyıldız, Y. (2018). Yabancı Dil Öğretimi İçin 3b Dijital Oyunlar/Oyunlaştırılmış Uygulamalar Geliştirme. *Diyalog Interkulturelle Zeitschrift Für Germanistik*, 6(1), 131-158.
- Amory, A., & Seagram, R. (2003). Educational Game Models: Conceptualization and Evaluation: The Practice of Higher Education. *South African Journal of Higher Education*, 17(2), 206-217.
- Anifowose, H., Alhazzaa, K., & Dixit, M. (2023). Energysim: Techniques for Advancing Building Energy Education Through Immersive Virtual Reality (VR) Simulation. *Journal of Information Technology in Construction*, 28, 539-554.

- Anthes, C., García-Hernández, R. J., Wiedemann, M., & Kranzlmüller, D. (2016). State of the Art of Virtual Reality Technology. *IEEE Aerospace Conference*, s. 1-19. Montana.
- Ashtari, N., Bunt, A., McGrenere, J., Nebeling, M., & Chilana, P. K. (2020). Creating Augmented and Virtual Reality Applications: Current Practices, Challenges, and Opportunities. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference On Human Factors in Computing Systems*, s. 1-13. Honolulu, USA
- Aslan, R., & Erdoğan, S. (2017). 21. Yüzyılda Hekimlik Eğitimi: Sanal Gerçeklik, Artırılmış Gerçeklik, Hologram. *Kocatepe Veterinary Journal*, 10(3), 204-212.
- Aung, T. T., Aung, H. S. N., & MEE, M. (2019). Self-Confidence of Civil Engineering Students on Generic Skills and Attributes Vital for Engineering Industry. *Iconic Research and Engineering Journals*, 3(2), 302-307.
- Aydınlı, S., Tantekin Çelik, G., Bayram, S., & Oral, E. (2020). Occupational Expectations and Career Plans of Civil Engineering Students. *Yuksekogretim Dergisi*, 10(1), 38-50.
- Aziz, M. Q., & Rizqi, M. (2023). Interaktif 3d Level Design Game dengan Tema Nusantara pada Blueprint Unreal Engine 4. *Journal of Animation and Games Studies*, 9(2), 117-130.
- Balak, M. V., & Kısa, M. (2016). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Teknik Resim Eğitimi Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 1(2), 17-26.
- Balak, M., V. (2019). *Teknik Resim Derslerinde Kullanılmak Üzere Etkileşimli 3 Boyutlu Ders İçeriklerinin Geliştirilmesi Ve Öğrenme Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması*, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Şanlıurfa.
- Bauer, S., Zhu, C., Lomboy, G., & Jalayer, M. (2021). Development of Innovative, Adaptable Video Learning Modules for the Civil Engineering Classroom. In *2021 ASEE Virtual Annual Conference*, s. 140. New Jersey, USA.
- Bayat, K. (2020). İnşaat Mühendisliğinde Teknik Resim Eğitiminin İncelenmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 12(2), 500-509.
- Becerik-Gerber, B., Gerber, D. J., & Ku, K. (2011). The Pace of Technological Innovation in Architecture, Engineering, and Construction Education: Integrating Recent Trends into the Curricula. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 16, 411-432.
- Beh, H. J., Rashidi, A., Talei, A., & Lee, Y. S. (2022). Developing Engineering Students' Capabilities Through Game-Based Virtual Reality Technology for Building Utility Inspection, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(7), 2854-2877.

- Bikçe, M., Deliktaş, B., Coşkun, H., & Türker, H. T. (2011). AB Cemlib Projesi ile Mühendislik Mekaniği Ders Uygulamaları. 2. *İnşaat Mühendisliği Eğitimi Sempozyumu*, s. 141-148. Muğla.
- Boz, E., Bahadır, Ü., & Toğan, V. (2022). New Approaches in Civil Engineering Education. *7th IPCMC*, s. 1618-1632. İstanbul.
- Boz, E., & Toğan, V. (2021). Using Audio Visual Materials for Civil Engineering Students to Gain Field Experience in Schools: Stone Wall Example. *Journal of Education and New Approaches*, 4(1), 14-27.
- Bozoğlu, J. (2016). Collaboration and Coordination Learning Modules for BIM Education. *J. Inf. Technol. Constr.*, 21, 152-163.
- Brake, N. A., & Curry, J. C. (2016). The Impact of One-Credit Introductory Engineering Courses on Engineering Self-Efficacy: Seminar V. Project-Based. *ASEE Annual Conference & Exposition*, 15032. New Orleans, Louisiana.
- Bétrancourt, M., & Benetos, K. (2018). Why and When Does Instructional Video Facilitate Learning? A Commentary to the Special Issue “Developments and Trends in Learning with Instructional Video”. *Computers in Human Behavior*, 89, 471-475.
- Carvajal, L. V., Aguilar, G. M., & Corredor, R. T. (2024). Teaching and Learning Resources Trends for Engineering Design Courses: Enhancing Civil Engineering Education. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*, 4067. Cartagena.
- Caserman, P., Hoffmann, K., Müller, P., Schaub, M., Straßburg, K., Wiemeyer, J., et Bruder, R., & Göbel, S. (2020). Quality criteria for serious games: serious part, game part, and balance. *JMIR Serious Games* 8(3), e19037.
- Chaudhary, M., Singh, G., Gaur, L., Mathur, N., & Kapoor, S. (2023). Leveraging Unity 3D and Vuforia Engine for Augmented Reality Application Development. *3rd International Conference on Technological Advancements in Computational Sciences (ICTACS)*, s. 1139-1144. Noida.
- Chen, Z., & Zhong, J. (2024). The Logic and Mechanism of VR Marketing: Market Shaping in the Perspective of Virtual Reality. *Lecture Notes in Education Psychology and Public Media*, 41, 16-22.
- Cheng, M., Lin, Y., She, H., & Kuo, P. (2016). Is Immersion of Any Value? Whether, and to What Extent, Game Immersion Experience During Serious Gaming Affects Science Learning. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 246-263.
- Chiao, C. F., & Niu, S. F. (2024). The Diverse Development and Clinical Application of Game-Based Learning. *Hu Li Za Zhi*, 71(4), 19-24.
- Chu, E., & Zaman, L. (2021). Exploring Alternatives with Unreal Engine’s Blueprints Visual Scripting System. *Entertainment Computing*, 36, 100388.

- Chu, E. (2019). *Exploring Design Alternatives in Game Development Engines Using Visual Programming*. University Of Ontario, Institute of Technology, Master Thesis, Oshawa.
- Chugh, K. L., & Madhuravani, B. (2016). On-Line Engineering Education with Emphasis on Application of Bloom's Taxonomy. *Journal of Engineering Education Transformations*, 29.
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering Research on Learning from Media. *Review of Educational Research*, 53, 445-459.
- Cline, L. S. (2023). *Sketchup for Interior Design: 3D Visualizing, Designing, and Space Planning*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Coburn, J. Q., Freeman, I., & Salmon, J. L. (2017). A Review of the Capabilities of Current Low-Cost Virtual Reality Technology and Its Potential to Enhance the Design Process. *Journal of computing and Information Science in Engineering*, 17(3), 031013.
- Çelikcan, U. (2022). Eğitimde ve Tıpta Sanal Gerçeklik Uygulamaları: Geçmişten Geleceğe Uzanan Bir İnceleme. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 13(2), 235-251.
- Çoruh, L. (2011). *Sanat Tarihi Dersinde Bir Öğrenme Modeli Olarak Sanal Gerçeklik Uygulamasının Etkililiğinin Değerlendirilmesi*. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- De Sena, Í. S., & Stachoň, Z. (2023). Designing Learning Activities in Minecraft for Formal Education in Geography. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (Online)*, 18(4), 32.
- De Fino, M., Tavolare, R., Bernardini, G., Quagliarini, E., & Fatiguso, F. (2023). Boosting Urban Community Resilience to Multi-Hazard Scenarios in Open Spaces: A Virtual Reality–Serious Game Training Prototype for Heat Wave Protection and Earthquake Response. *Sustainable Cities and Society*, 99, 104847.
- Demirtürk, D., & Tunç, G. (2021). İnşaat Mühendisliği Eğitimi ve Türkiye’de İnşaat Sektörünün Lisans Eğitimine Bakış Açısı. *Engineering Sciences*, 16(1), 15-38
- Dimopoulou, E., Tsiliakou, E., Kosti, V., Floros, G., & Labropoulos, T. (2014). Investigating Integration Possibilities Between 3D Modeling Techniques. *9th 3DGeoInfo Conference*, s. 1-16. Dubai.
- Dinis, F. M., Guimarães, A. S., Carvalho, B. R., & Martins, J. P. P. (2017). Virtual and Augmented Reality Game-Based Applications to Civil Engineering Education. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, s. 1683-1688. Athens.
- Erbaş, E. D. (2023). *Unreal Engine Oyun Motorunda Film Yapımı ve Tekinsiz Vadi Kavramının İncelenmesi*. İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora tezi, İstanbul.

- Fatahi, B., & Khabbaz, H. (2015). Based Computer Games to Train Civil Engineering Students to be Lifelong Learners. *43rd SEFI Annual Conference*. Orléans.
- Fernandez, A. D., & Joko, S. (2023). The Use Of Visual Scripting Unreal Engine 5 In The Development Of An Android-Based Fps Game" Left Behind". *International Journal of Advanced Research (IJAR)*, 11(11), 1157-1165.
- Fitrianto, I., & Saif, A. (2024). The Role of Virtual Reality in Enhancing Experiential Learning: A Comparative Study of Traditional and Immersive Learning Environments. *International Journal of Post Axial: Futuristic Teaching and Learning*, 2(2), 97-110.
- Flavell, L. (2011). *Beginning Blender: Open Source 3d Modeling, Animation, And Game Design*. New York: Apress.
- Ford, S., & Minshall, T. H. (2019). Invited Review Article: Where and How 3D Printing is Used in Teaching and Education. *Additive Manufacturing*, 25, 131-150.
- Foreman, N., Stanton, D., Wilson, P., & Duffy, H. (2003). Spatial Knowledge of A Real School Environment Acquired from Virtual or Physical Models by Able-Bodied Children and Children with Disabilities. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9, 67-74.
- Franco, A. A., Chotard, J. N., Loup-Escande, E., Yin, Y., Zhao, R., Rucci, A., Ngandjong, A. C., Herbulot, S., Beye, B., & Lelong, R. (2020). Entering The Augmented Era: Immersive and Interactive Virtual Reality for Battery Education and Research. *Batteries & Supercaps*, 3(11), 1147-1164.
- Freiknecht, J., Geiger, C., Drochters, D., Effelsberg, W., & Dörner, R. (2016). Game Engines. *Serious Games: Foundations, Concepts and Practice*, 127-159.
- Gabajová, G., Krajčovič, M., Matys, M., Furmannová, B., & Burganová, N. (2021). Designing Virtual Workplace Using Unity 3D Game Engine. *Acta Technologica*, 7(1), 35-39.
- Ganz, N., & Lecon, C. (2020). Opportunities and Challenges for Extended Reality Techniques in Higher Education. *12th International Conference on Education and New Learning Technologies*, s. 481-490. Online Conference.
- George, A., Blaauw, D., Green-Thompson, L., Hajinicolaou, C., Lala, N., Parbhoo, K., Rodda, J., Velaphi, S., Kala, U., Vllaph, P., Dangor, Z., & Lala, S. G. (2019). Comparison of Video Demonstrations and Bedside Tutorials for Teaching Paediatric Clinical Skills to Large Groups of Medical Students in Resource-Constrained Settings. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 34(2019).
- Gervasi, O., Perri, D., & Simonetti, M. (2023). Empowering Knowledge with Virtual and Augmented Reality. *IEEE Access*. 11, 144649-144662.
- Gigante, M. A. (1993). *Virtual reality: Enabling Technologies*. In: R. A. Earnshaw, Gigante, M. A. & Jones, H. (ed.) *Virtual reality systems*. London: Academic Press, 15-25.

- Granberg, C. (2009). *David Perry on Game Design: A Brainstorming Toolbox*. Boston: Cengage Learning.
- Gross, F., Petersen, L., Wallmeier, C., Barrett, R., Kwasnitschka, T., & Karstens, S. (2023). From Coastal Geomorphometry to Virtual Environments. *Frontiers in Marine Science*, 10, 10:1229489.
- Gutierrez, M.A., Vexo, F., & Thalmann, D. (2008). *Stepping into Virtual Reality*. New York: Springer.
- Gümüşburun Ayalp, G. (2014). Proje ve Yapım Yöneticiliği Yapacak İnşaat Mühendisleri Türkiye’de Nasıl Eğitim Alıyorlar?. 3. *İnşaat Mühendisliği Eğitimi Sempozyumu*, s. 124-131. Ankara
- Gürer, S. (2021). *Development of A Virtual Reality-Based Serious Game for Occupational Health and Safety Training in Underground Mining*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Hendriyani, Y., & Amrizal, V. A. (2019). The Comparison Between 3D Studio Max and Blender Based on Software Qualities. In *Journal of Physics: Conference Series*, s. 012030. Padang, Indonesia.
- Huang, W. H. Y., & Soman, D. (2013). *Gamification of Education. Research Report Series: Behavioural Economics in Action*. Toronto: Rotman School of Management, University of Toronto.
- Inzerillo, L., Di Paola, F., & Alogna, Y. (2019). High Quality Texture Mapping Process Aimed at the Optimization of 3d Structured Light Models. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 389-396.
- İçten, T. (2021). Trafik Güvenliği Kurallarının ve İşaretlerinin Eğitimi için Etkileşimli 3B Sanal Ortam, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 14(2), 191-206.
- Jing, Z., Wang, D., & Zhang, Y. (2023). The Effect of Virtual Reality Game Teaching Technology on Students’ Immersion. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (Online)*, 18(8), 183.
- Jonassen, D., Strobel, J., & Lee, C. B. (2006). Everyday Problem Solving in Engineering: Lessons for Engineering Educators. *Journal of engineering education*, 95(2), 139-151.
- Kadirbergenovna, B. L. (2022). Create 3d Graphics with the Hand of 3d Max Software. *Conference Zone*, 206-208.
- Kalaycı, Ş. (2008). *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*. Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- Kapp, K. M. (2012). Games, Gamification, and the Quest for Learner Engagement, *Training and Development*, 66(6).

- Karadoğan, A. (2019). Z Kuşağı ve Öğretmenlik Mesleği. *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 9-41.
- Katrenicova, I., Cabala, J., & Baskova, R. (2020). Improving the Spatial Ability of First Year Civil Engineering Students by Using Interactive Geometry and Models from 3D Printer. *18th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)* s. 305-310. Kosice, Slovenia.
- Kay, R. H. (2012). Exploring the Use of Video Podcasts in Education: A Comprehensive Review of the Literature. *Computers in Human Behavior*, 28(3), 820-831.
- Kazar, G., & Çomu, S. (2021). Effectiveness of Serious Games for Safety Training: A Mixed Method Study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(8), 04021091.
- Kazar, G., & Çomu, S. (2022). Developing a Virtual Safety Training Tool for Scaffolding and Formwork Activities. *Teknik Dergi*, 33(2), 11729-11748.
- Kazemiroodsari, H., & Kamat, A. (2021). Geometric Design Project for First Year Civil Engineering Students. *12th First-Year Engineering Experience*, Online Conference.
- Khan, N., Muhammad, K., Hussain, T., Nasir, M., Munsif, M., Imran, A. S., & Sajjad, M. (2021). An Adaptive Game-Based Learning Strategy for Children Road Safety Education and Practice in Virtual Space. *Sensors*, 21(11), 3661.
- Kılıç, T. (2020). *Sanal Gerçeklik Teknolojisinin İç Mimarlık Eğitiminde Kullanılmasına Yönelik Bir Öğretim Modeli Önerisi* Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Kivrak, S., & Arslan, G. (2018). Augmented Reality Technology Applications in Construction Project Activities. *Journal of Polytechnic*, 21(2), 379-385.
- Kofoğlu, M., Kuş, A., Emreli, D., Arslan, R., Unver, E., & Kagioglu, M. (2019). Mühendislik Eğitiminde Geometrik Toleransların Öğretime Yönelik Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Geliştirilmesi. *Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering*, 24(2), 173-184.
- Korkusuz, M. E., & Karamete, A. (2013). Eğitsel Oyun Geliştirme Modelleri. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 7(2), 78-109.
- Korlapati, S., Seals, C. D., Akula, S., Sargsyan, N., Kim, J., & Miletic, M. (2024). Work-in-Progress—Virtual Immersion: Bridging the Gap Between Construction Management and Civil Engineering Students' Learning and Performance in Structural Analysis. *10th International Conference of Immersive Learning Research-Academic*, s. 48-54. Glasgow, Scotland.
- Krauss, G. (2023). Increasing Student Confidence Through Experiential Design Exercises in Engineering Science Courses. *Proceedings of the Design Society*, 3, 2285-2294.

- Kuleto, V., Stanescu, M., Ranković, M., Šević, N. P., Păun, D., & Teodorescu, S. (2021). Extended Reality in Higher Education, A Responsible Innovation Approach for Generation Y And Generation Z. *Sustainability*, 13(21), 11814.
- Kwan, C. (2016). Findings From The Implementation of Project-Based Learning in Civil Engineering Education. *SHS Web of Conferences*, 26, 01016.
- Kökhan, S., & Özcan, U. (2018). 3D Yazıcıların Eğitimde Kullanımı. *Bilim Eğitim Sanat ve Teknoloji Dergisi*, 2(1), 80-85.
- Künüçen, H. H., & Samur, S. (2021). Dijital Çağın Gerçeklikleri Sanal, Artırılmış, Karma ve Genişletilmiş Gerçeklikler Üzerine Bir Değerlendirme. *Yeni Medya*, 2021(11), 38-62.
- Lai, Z. (2024). Diving into the virtual realm: Exploring the Mechanics of Virtual Reality. *Applied and Computational Engineering*, 31, 268-273.
- Lameras, P., Arnab, S., Dunwell, I., Stewart, C., Clarke, S., & Petridis, P. (2017). Essential Features of Serious Games Design in Higher Education: Linking Learning Attributes to Game Mechanics. *British Journal of Educational Technology*, 48(4), 972-994.
- Lantada, A. D., Morgado, P. L., Sanz, J. L. M., Munoz-Guijosa, J. M., & Otero, J. E. (2010). Toy Design Experience: Improving Students' Motivation and Results in a Final Year Subject. *IEEE EDUCON 2010 Conference*, s. 1481-1487. Madrid, Spain.
- Lassen, A. K., Hjelseth, E., & Tollnes, T. (2018). Enhancing Learning Outcomes by Introducing BIM in Civil Engineering Studies—Experiences from a University College in Norway. *Building Information Systems in the Construction Industry*, s. 65-75.
- Leong, L. & Elleithy, W. (2016). Impact of past project on the educational experience of civil engineering students. *The 3rd International Conference on Civil and Environmental Engineering for Sustainability*, s. 04010. Melaka, Malaysia.
- Li, W., Nee, A., & Ong, S., (2017). A State of the Art Review of Augmented Reality in Engineering Analysis and Simulation. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(3), 17.
- Li, X., Yi, W., Chi, H.L., Wang, X., & Chan, A.P.C. (2018), “A Critical Review of Virtual and Augmented Reality (VR/AR) Applications in Construction Safety”, *Automation in Construction*, 86, 150-162.
- Li, X., & Xiang, L. (2024). Photorealistic Robotic Simulation Using Unreal Engine 5 for Agricultural Applications. *arXiv:2405.18551*.
- Litzinger, T., Lattuca, L. R., Hadgraft, R., & Newstetter, W. (2011). Engineering Education and the Development of Expertise. *Journal of engineering education*, 100(1), 123-150.

- Liu, G. (2021). Application of Photoshop Graphics and Image Technology in VR Animation. *In Big Data Analytics for Cyber-Physical System in Smart City: BDCPS*, s. 326-333. Singapore.
- Louis, J., & Lather, J. (2020). Augmented Reality Sandboxes for Civil and Construction Engineering Education. *37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, s. 750-756. Kitakyushu, Japan.
- Marsh, T. (2011). Serious Games Continuum: Between Games for Purpose and Experiential Environments for Purpose. *Entertainment Computing*, 2(2), 61-68.
- Mayor, J., & López-Fernández, D. (2021). Scrum Vr: Virtual Reality Serious Video Game to Learn Scrum. *Applied Sciences*, 11(19), 9015.
- McCloskey, D. W., McAllister, E., Gilbert, R., O'Higgins, C., Lydon, D., Lydon, M., & McPolin, D. (2023). Embedding Civil Engineering Understanding through the Use of Interactive Virtual Reality. *Education Sciences*, 14(1), 6.
- Meterelliyoğlu, M. Ü., & Özener, O. Ö., (2017). Yapı Teknolojisi Eğitiminde YBM ve Pedagogik Potansiyeller. *MSTAS 2017*, s. 239. Ankara.
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & education*, 56(3), 769-780.
- Mitchell, B. L. (2012). *Game design essentials*. Indiana: John Wiley & Sons.
- Moezabadi, D. M. (2024). *Enhancing Competence in Civil Engineering: Assessment of International Research Experience*, Arizona State University, Doctoral dissertation, Arizona.
- Moshell, J. M., Hughes, C. E. & Loftin, B. (2002). Virtual Reality as a Tool for Academic Learning. *Handbook of Virtual Environments*, 933-950. CRC Press.
- Murray, M. (2024). Civil engineering employers' engagement in work-integrated learning. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Management, Procurement and Law*, 1-13.
- Mystakidis, S., Besharat, J., Papantzikos, G., Christopoulos, A., Stylios, C., Agorgianitis, S., & Tselentis, D. (2022). Design, Development, and Evaluation of A Virtual Reality Serious Game for School Fire Preparedness Training. *Education Sciences*, 12(4), 281.
- Nesterov, A., Kholodilin, I., Shishkov, A., & Vanin, P. (2017). Augmented Reality in Engineering Education: Opportunities and Advantages, *Communications-Scientific letters of the University of Zilina*, 19(4), 117-120.
- O'Donoghue, P. (2012). *Statistics for sport and exercise studies: An introduction*. New York, NY: Routledge.

- O'Grady, T. M., Brajkovich, N., Minunno, R., Chong, H. Y., & Morrison, G. M. (2021). Circular economy and virtual reality in advanced BIM-based prefabricated construction. *Energies*, 14(13), 4065.
- Oke, A. & Fernandes, F. A. P. (2020). Innovations in teaching and learning: Exploring the perceptions of the education sector on the 4th industrial revolution (4IR). *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(2), 31.
- Onyesolu, M. O. & Eze, F. U. (2011). Understanding Virtual Reality Technology: Advances and Applications. *Adv. Comput. Sci. Eng*, 1, 53-70.
- Overton, S. R. (2024). LODs and Nanite within Unreal Engine 5: The Future of 3D Asset Creation for Game Engines. *Master of Fine Arts in Digital Media Culminating Experience*, 6.
- Öktem, S., & Deniz, S. (2017). Meslek Yüksekokulu İnşaat Teknolojisi Programı Öğretim Planlarının Üniversiteler Arası Farklılıkları Ve Sektör Beklentileri. *Mesleki Bilimler Dergisi*, 6(2), 175-179.
- Özel, B. E. (2019). *Construction site hazard recognition skills measurement via eye-tracking and immersive virtual reality technologies*. Middle East Technical University, Natural and Applied Sciences, Doctoral Thesis, Ankara.
- Paliling, A., Nurhidayani, A., & Pineng, M. (2022). Fundamental Design of Flood Management Educational Games Using Virtual Reality Technology. *International Journal of Online ve Biomedical Engineering*, 18(3).
- Paszkievicz, A., Salach, M., Strzałka, D., Budzik, G., Nikodem, A., Wójcik, H., & Witek, M. (2021). VR education support system A case study of digital circuits design. *Energies*, 15(1), 277.
- Pezeshki, Z., & Ivani, S. A. S. (2018). Applications of BIM: A Brief Review and Future Outline. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 25, 273-312.
- Pietroszek, K., & Tahai, L. (2019). Scalebridge VR: Immersive Proportional Reasoning Game for Children with Brain-Computer Interface for Difficulty Scaling. *25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, s. 1. New York, United States.
- Piovesan, S.D., Passerino, L.M., & Pereira, A.S. (2012). Virtual Reality As A Tool In The Education. *International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age*, s. 295-298. Madrid, Spain.
- Pokorný, P. & Zapletal, M. (2021). A Conversion of 3D Graphics from Blender to Unreal Engine. *10th Computer Science On-line Conference*, s. 406-417. Springer International Publishing.
- Pomares Torres, J. C., Baeza, F. J., Varona Moya, F. D. B., & Bru, D. (2017). BIM Implementation for Structural Design Courses in Civil Engineering. *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations II*, 79-86.

- Poole, S., Kemp, E., Patterson, L., & Williams, K. (2014). Get Your Head in the Game: Using Gamification in Business Education to Connect with Generation Y, *Journal for Excellence in Business Education*, 3(2).
- Porcino, T., Reilly, D., Clua, E., & Trevisan, D. (2022). A Guideline Proposal for Minimizing Cybersickness in VR-Based Serious Games and Applications. *10th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, s. 1-8. IEEE.
- Potter, T., Cvetković, Z. & De Sena, E. (2022). On The Relative Importance of Visual and Spatial Audio Rendering on Vr Immersion. *Frontiers in Signal Processing*, 2, 904866.
- Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill.
- Proserpio, L., & Gioia, A. D. (2007). Teaching The Virtual Generation, *Academy of Management Learning and Education*, 6(1).
- Pv, S. (2021). *Introduction to Blueprints*. In: Beginning Unreal Engine 4 Blueprints Visual Scripting. Berkeley: Apress.
- Ricciardi F., & De Paolis L. T. (2014). A Comprehensive Review of Serious Games in Health Professions. *International Journal of Computer Games Technology* 2014, 787968.
- Rosner B. (2010). *Fundamentals of Biostatistics*, Boston: Brooks/Cole.
- Ruslin, R., Mashuri, S., Rasak, M. S. A., Alhabsyi, F. & Syam, H. (2022). Semi-structured Interview: A methodological reflection on the development of a qualitative research instrument in educational studies. *Journal of Research & Method in Education*, 12(1), 22-29.
- Safari Bazargani, J., Sadeghi-Niaraki, A., & Choi, S. M. (2021). Design, implementation, and evaluation of an immersive virtual reality-based educational game for learning topology relations at schools: A case study. *Sustainability*, 13(23), 13066.
- Samaka, M., & Ally, M. (2016). *Model for transforming engineering education using technology-enhanced learning*. In *Advances in engineering education in the Middle East and North Africa*, Springer, 117-138.
- Sambasivan, M., & Soon, Y. W. (2007). Causes and Effects of Delays in Malaysian Construction Industry. *International Journal of project management*, 25(5), 517-526.
- Sampaio, A. Z. (2018). *Building Information Modeling (BIM) Applications in an Education Context*. In *Workshop of the European Group for Intelligent Computing in Engineering*, Springer, 414-428.
- Sampaio, A. Z., Henriques, P. G., & Martins, O. P., (2010). Virtual Reality Technology Used in Civil Engineering Education, *Open Virtual Reality Journal*, 2, 18–25.

- Sawyer B., & Smith P. (2008). Serious Games Taxonomy. *The Game Developers Conference*, s. 1-6. Baltimore.
- Schelly, C., Anzalone, G., Wijnen, B., & Pearce, J. (2015). Open-Source 3-D Printing Technologies for Education: Bringing Additive Manufacturing to The Classroom. *Journal Of Visual Languages ve Computing*, 28, 226-237.
- Schreyer, A. C. (2015). *Architectural Design with SketchUp: 3D Modeling, Extensions, BIM, Rendering, Making, and Scripting*. John Wiley & Sons.
- Sera, L., & Wheeler, E. (2017). Game On: The Gamification of Pharmacy Classroom. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 9(1). 155-159.
- Shahrubudin, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. J. P. M. (2019). An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications. *Procedia manufacturing*, 35, 1286-1296.
- Shannon, T. (2017). *Unreal Engine 4 for design Visualization: Developing Stunning Interactive Visualizations, Animations, and Renderings*. Boston: Addison-Wesley Professional.
- Sherman, W. R., Craig A. B., & Will, J. D. (2018). *Understanding Virtual Reality*, In The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics, USA: Science Direct.
- Shi, X., Yang, S., & Ye, Z. (2023). Development of a unity–VISSIM Co-Simulation Platform to Study Interactive Driving Behavior. *Systems*, 11(6), 269.
- Shin, J., Ahn, J., Park, S., Park, B., Cha, J., & Park, J. (2023). Virtual Reality Based Intuitive Spatial Visual Interface for Avatar Robot System. *23rd International Conference on Control, Automation and Systems*, s. 1677-1682. Korea.
- Sitanggang, N., Luthan, P., & Dwiyanto, F. (2020). The Effect of Google Sketchup and Need for Achievement on The Students' Learning Achievement of Building Interior Design. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(15), 4-19.
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Front. Robot. AI*, 3, 74.
- Smith, R. (2009). A History of Serious Games. *Interservice/Industry Training, Simul. Educ. Conference*, s. 1–81. Orlando.
- Solak, A. (2022). Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık Eğitimindeki Yeri ve Önemi. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 38, 76-87.
- Somyürek, S. (2014). Öğretim Sürecinde Z Kuşağının Dikkatini Çekme: Artırılmış Gerçeklik. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 4(1), 63-80.
- Song, M., & Zhang, S. (2008). EFM: A Model For Educational Game Design. *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment*, s. 509-517. Berlin.

- Soni, L., Kaur, A., & Sharma, A. (2023). A Review on Different Versions and Interfaces of Blender Software. *7th International Conference on Trends in Electronics and Informatics*, s. 882-887. IEEE.
- Soto-Martin, O., Fuentes-Porto, A., & Martin-Gutierrez, J. (2020). A Digital Reconstruction of a Historical Building and Virtual Reintegration of Mural Paintings to Create an Interactive and Immersive Experience in Virtual Reality. *Applied Sciences*, 10(2), 597.
- Sousa, M. (2020). Modern Serious Board Games: Modding Games to Teach and Train Civil Engineering Students, *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, s. 197-201.
- Stefanova, T. A. (2013). Using of Training Video Films in The Engineering Education, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 1181-1186.
- Sutherland, I. (1968). *A Head-Mounted Three-Dimensional Display*. the Fall Joint Computer Conference, American Federation of Information Processing Society, Washington, DC: Thompson Books, 757–764.
- Szymkowiak, A., Melović, B., Dabić, M., Jeganathan, K., & Kundi, G. S. (2021). Information Technology and Gen Z: The Role Of Teachers, The Internet, and Technology in The Education of Young People. *Technology in Society*, 65, 101565.
- Sørensen, J., Ma, Z., & Jørgensen, B. (2022). Potentials of Game Engines for Wind Power Digital Twin Development: An Investigation of The Unreal Engine. *Energy Informatics*, 5(S4).
- Šmíd, A. (2017). Comparison of unity and unreal engine. Czech Technical University in Prague, 41-61.
- Taçgın, Z. (2017). *Ameliyathanede Kullanılan Cerrahi Setlerin Öğretimine Yönelik Bir Sanal Gerçeklik Simülasyonunun Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi*. Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Tan, K. H. A., Cai, Y., Lokesh, B. T., Zhu, Y., Su, C., & Cao, Q. (2023). VR Serious Game for Learning The Computer Organisation and Architecture Course. *3rd International Conference on Educational Technology (ICET)*, s. 1-6. IEEE.
- Tehrani, R., Kiani, M. F., Bellas, E., Helferty, J. J., & Suh, W. H. (2017). A Project Based Approach To Introduction To Engineering. *FYEE Conference*.
- Theodossiou, N., Karakatsanis, D., & Fotopoulou, E. (2018). The Augmented Reality Sandbox as A Tool for The Education of Hydrology to Civil Engineering Students. *4th International Conference on Civil Engineering Education (EUCEE): Challenges for the Third Milenium*, s. 5-8. Barcelona, Spain.
- Tito, J., Basso, T., & Moraes, R. (2022). ORUN-A Virtual Reality Serious-Game For Kinematics Learning. *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, s. 978-979. IEEE.

- Trelease, R. B. (2016). From Chalkboard, Slides, And Paper To E-Learning: How Computing Technologies Have Transformed Anatomical Sciences Education. *Anatomical sciences education*, 9(6), 583-602.
- Turnbull, B. (2019). An Industry-Inspired Civil Engineering Curriculum. *Institution of Civil Engineers-Civil Engineering*, 173(2), 91-95.
- URL-1. (2025, Ocak 11). Scopus analiz sonuçları: www.scopus.com/term/Analyze+results adresinden alınmıştır.
- URL-2. (2025, Ocak 13). <https://www.unrealengine.com/en-US/features> adresinden alınmıştır.
- URL-3. (2025, Ocak 13). <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/understanding-nanite--unreal-engine-5-s-new-virtualized-geometry-system> adresinden alınmıştır.
- URL-4. (2025, Ocak 13). <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/lumen-global-illumination-and-reflections-in-unreal-engine> adresinden alınmıştır.
- URL-5. (2025, Ocak 13). <https://www.unrealengine.com/fr/blog/introduction-to-blueprints> adresinden alınmıştır.
- URL-6. (2025, Ocak 13). <https://www.blender.org/support/tutorials> adresinden alınmıştır.
- URL-7. (2025, Ocak 13). <https://www.sketchup.com/en/our-story> adresinden alınmıştır.
- URL-8. (2025, Ocak 13). <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/physically-based-materials-in-unreal-engine> adresinden alınmıştır.
- URL-9. (2025, Ocak 13). https://assetstore.unity.com/?srsltid=AfmBOorEM6iGgL0Emf4SmNW4uigIZHRuiIIn_RY9GcbPaBYnuPSzF9hv adresinden alınmıştır.
- Vergara, D., Rubio, M. P., & Lorenzo, M. (2017). New Approach For The Teaching Of Concrete Compression Tests in Large Groups of Engineering Students, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 143(2), 05016009.
- Vlachopoulos, D. & Makri, A. (2017). The Effect Of Games And Simulations On Higher Education: A Systematic Literature Review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14, 1-33.
- Wahab, R. A., Abdullah, A. H., Abu, M. S., Atan, N. A., Mokhtar, M. & Hamzah, M. H. (2018). A Learning 3d Geometry Through Sketchup Make (Sppd-Sum) To Enhance Visual Spatial Skills and The Level Of Geometric Thinking. *Journal of Fundamental & Applied Sciences*, 10.
- Wan, H. & Syed, F.A. (2012). Preparing to Use Rapid Prototyping: Lessons Learned from Design and Manufacturing Projects, *ASEE Annual Conference ve Exposition*, s. 10-13. San Antonio.

- Wang, C., Tang, Y., Kassem, M. A., Li, H., & Hua, B. (2022). Application of VR Technology in Civil Engineering Education. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(2), 335-348.
- Wang, P., Wu, P., Wang, J., Chi, H. L., & Wang, X. (2018). A Critical Review of The Use of Virtual Reality in Construction Engineering Education and Training. *International journal of environmental research and public health*, 15(6), 1204.
- Wang, W. F., Chen, C. M. & Wu, C. H. (2015). Effects of Different Video Lecture Types on Sustained Attention, Emotion, Cognitive Load and Learning Performance, *4th International Congress on Advanced Applied Informatics*, s. 385-390. Okayama.
- Waters, K. A., Hubler, J., Sample-Lord, K. M., Smith, V., & Welker, A. L. (2021). Employing Augmented Reality Throughout a Civil Engineering Curriculum to Promote 3D Visualization Skills. *ASEE Virtual Annual Conference Content Access*.
- Wattanasoontorn V, Boada I, García R., & Sbert M (2013). Serious Games For Health. *Entertainment Computing* 4(4): 231-247.
- Wayama, K., Yokogawa, T., Amasaki, S., Aman, H., & Arimoto, K. (2022). Verifying Game Logic in Unreal Engine 5 Blueprint Visual Scripting System Using Model Checking. *37th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering*, s. 1-8.
- Woo, Y., & Ju, Y. G. (2018). Fabrication of a High-Resolution Smartphone Spectrometer for Education Using a 3D Printer. *Physics Education*, 54(1), 015010.
- Xuan, Y. Z., Chen, L. L., & T. C., Jin (2020). Unity Technologies: The Story Behind Game Development Industry. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(2), 1129-1136.
- Zechner, J., & Ebner, M. (2011). Playing a Game in Civil Engineering - The Internal Force Master for Structural Analysis, *14th International Conference on Interactive Collaborative Learning*, s. 417-422.
- Zhang, Q. (2024). Cutting-Edge Techniques in 3D Modeling and Animation: Leveraging Mathematical Models and Advanced Software Tools. *Applied and Computational Engineering*, 102, 30-36.
- Zhang, Z. (2024). Innovative Application and User Experience of Virtual Reality Technology in Human-Computer Interaction. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 93, 200-209.
- Zheng, F. (2015). *Spatio-Temporal Registration in Augmented Reality*. University of North Carolina, Natural and Applied Sciences, Doctoral Thesis, Chapel Hill,
- Zhou, J. G., & Wang, G. H. (2019). “New Engineering Education” Concept Practice in Civil Engineering Professional. *Earth and Environmental Science* 267(5), 052052).

- Zin, N. A. M., Jaafar, A., & Yue, W. S. (2009). Digital Game-Based Learning (DGBL) Model and Development Methodology For Teaching History. *WSEAS Transactions on Computers*, 8(2), 322-333.
- Zubair, M. U., Khan, M. A., Hassan, M. U., Ahmed, K. & Aziz, T. (2024). Enhancing Student Active Engagement in Class through Game-Based Learning: A Case of Civil Engineering Education. *Sustainability*, 16(14), 6010.



6. EKLER

Ek 1. Uygulama Öğrenimi Konusundaki İhtiyaçların Tespitine Yönelik Olarak Öğrenciler İçin Hazırlanan Anket Soruları

Yaş:

Cinsiyet:

Öğrenim Dili: ☐ Türkçe ☐ İngilizce

Öğrenim Gördüğünüz Üniversite:

Stajda öğrenmeniz gereken bilgilerin hangi dersler ile daha fazla ilişkili olduğunu düşünüyorsunuz? Lütfen 5 tanesini seçiniz.

☐ Betonarme ☐ Çelik Yapılar ☐ Ulaşım ☐ Şantiye Yönetimi ☐ İş Güvenliği ☐ Su Kaynakları

☐ Temeller ☐ Zemin Mekaniği ☐ Yapı Statiği ☐ Yapı Malzemesi ☐ Mukavemet ☐ Diğer:

İnşaat mühendisliği bölümünde aldığınız eğitimden yararlanarak sektörün beklentilerini karşılayabileceğinizi düşünüyor musunuz?

☐ Kesinlikle düşünüyorum ☐ Düşünüyorum ☐ Kararsızım ☐ Düşünmüyorum ☐ Kesinlikle düşünmüyorum

Sektörün beklentilerini karşılayabilmeniz için lisans eğitiminizdeki hangi derslerin daha iyi anlaşılması gerektiğini düşünüyorsunuz? Lütfen 5 tanesini seçiniz.

☐ Betonarme ☐ Çelik Yapılar ☐ Ulaşım ☐ Şantiye Yönetimi ☐ İş Güvenliği ☐ Su Kaynakları

☐ Temeller ☐ Zemin Mekaniği ☐ Yapı Statiği ☐ Yapı Malzemesi ☐ Mukavemet ☐ Diğer:

Geleneksel eğitim materyallerinin (tahta-tebeşir-kitap-2 boyutlu slaytlar vb.) lisans eğitimindeki yeterliliği (dersi anlama, kavrama, anlatılanı veya gösterileni hayal edebilme vb.) hakkında ne düşünüyorsunuz.

☐ Kesinlikle yeterli ☐ Yeterli ☐ Kararsızım ☐ Yetersiz ☐ Kesinlikle yetersiz

Geleneksel eğitim materyallerinin (tahta-tebeşir-kitap-2 boyutlu slaytlar vb.) ilgi çekiciliği (derse olan merak, öğrenme isteği, araştırma isteği) hakkında ne düşünüyorsunuz.

☐ Kesinlikle ilgi çekici ☐ İlgi çekici ☐ Kararsızım ☐ İlgi çekici değil ☐ Hiç ilgi çekici değil

Mesleğinizi daha iyi öğrenebilmeniz için lisans eğitiminizde hangi derslerin gelişmiş eğitim materyalleri (sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, 3 boyutlu modelleme, animasyon, simülasyon, oyunlaştırma vb.) ile desteklenmesi gerektiğini düşünüyorsunuz? Lütfen 5 tanesini seçiniz.

☐ Betonarme ☐ Çelik Yapılar ☐ Ulaşım ☐ Şantiye Yönetimi ☐ İş Güvenliği ☐ Su Kaynakları

☐ Temeller ☐ Zemin Mekaniği ☐ Yapı Statiği ☐ Yapı Malzemesi ☐ Mukavemet ☐ Diğer:

Ek 2. Uygulama Öğrenimi Konusundaki İhtiyaçların Tespitine Yönelik Olarak Sektör Çalışanları İçin Hazırlanan Anket Soruları

İnşaat Mühendisinin

Adı Soyadı:

Cinsiyet/Yaş/ Çalışma Süresi:

Görevi:

Öğrencilerin mezun olduklarında daha iyi bir inşaat mühendisi olabilmeleri için en çok hangi konularda bilgi sahibi olması gerektiğini düşünüyorsunuz?

Öğrencilere inşaat yapım aşamaları ve teknolojileri hakkında bilgi verilmesinin mesleki başarılarına katkı sağlayacağını düşünüyorum.

☐ Kesinlikle etkili ☐ Etkili ☐ Kararsızım ☐ Etkili değil ☐ Hiç etkili değil

İnşaat mühendisliği lisans müfredatının sektörün beklentilerini karşılamadaki yeterliliği (statik proje çizebilme, yapıyı projesine ve ilgili yönetmeliklere uygun bir şekilde yaptırabilme, yapının keşif ve metrajını çıkarabilme, inşaat sözleşmesine uygun hakediş düzenleyebilme, inşaat sırasında oluşabilecek sorunları ekonomik bir şekilde çözebilme, yapı malzemeleriyle ilgili deneylere hakim olma, yapı teknolojisine ve imalat aşamalarına hakim olma, imalat aşamalarını planlayabilme ve kontrol etme vb.) hakkında ne düşünüyorsunuz?

☐ Kesinlikle yeterli ☐ Yeterli ☐ Kararsızım ☐ Yeterli değil ☐ Hiç yeterli değil

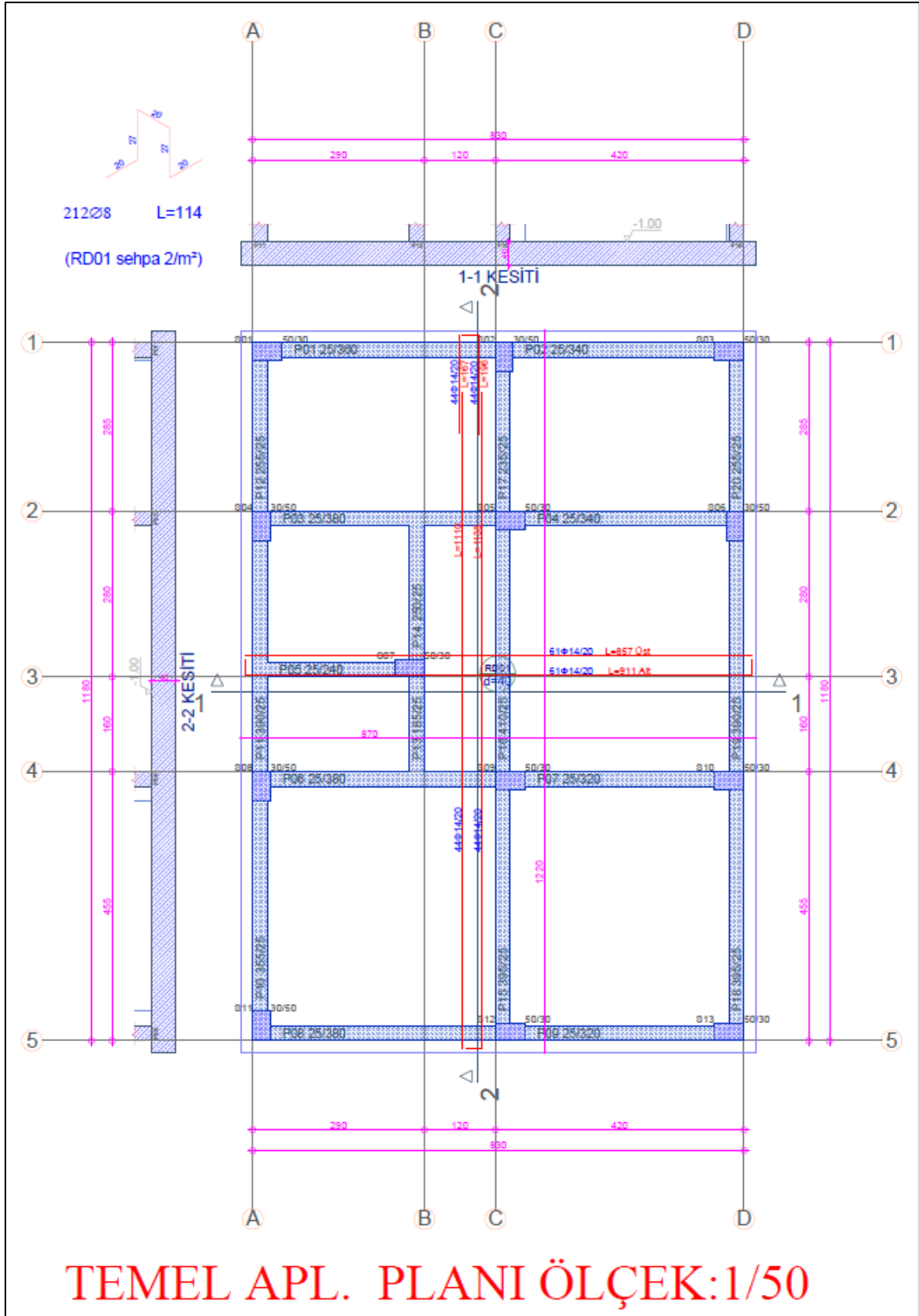
Öğrencilerin sektörün beklentilerini karşılayabilmeleri için lisans eğitimlerinde hangi dersleri daha iyi anlamaları gerektiğini düşünüyorsunuz? Lütfen 5 tanesini seçiniz.

☐ Betonarme ☐ Çelik Yapılar ☐ Ulaşım ☐ Şantiye Yönetimi ve İş Güvenliği ☐ Su Kaynakları
☐ Temeller ☐ Zemin Mekaniği ☐ Yapı Statiği ☐ Yapı Malzemesi ☐ Mukavemet

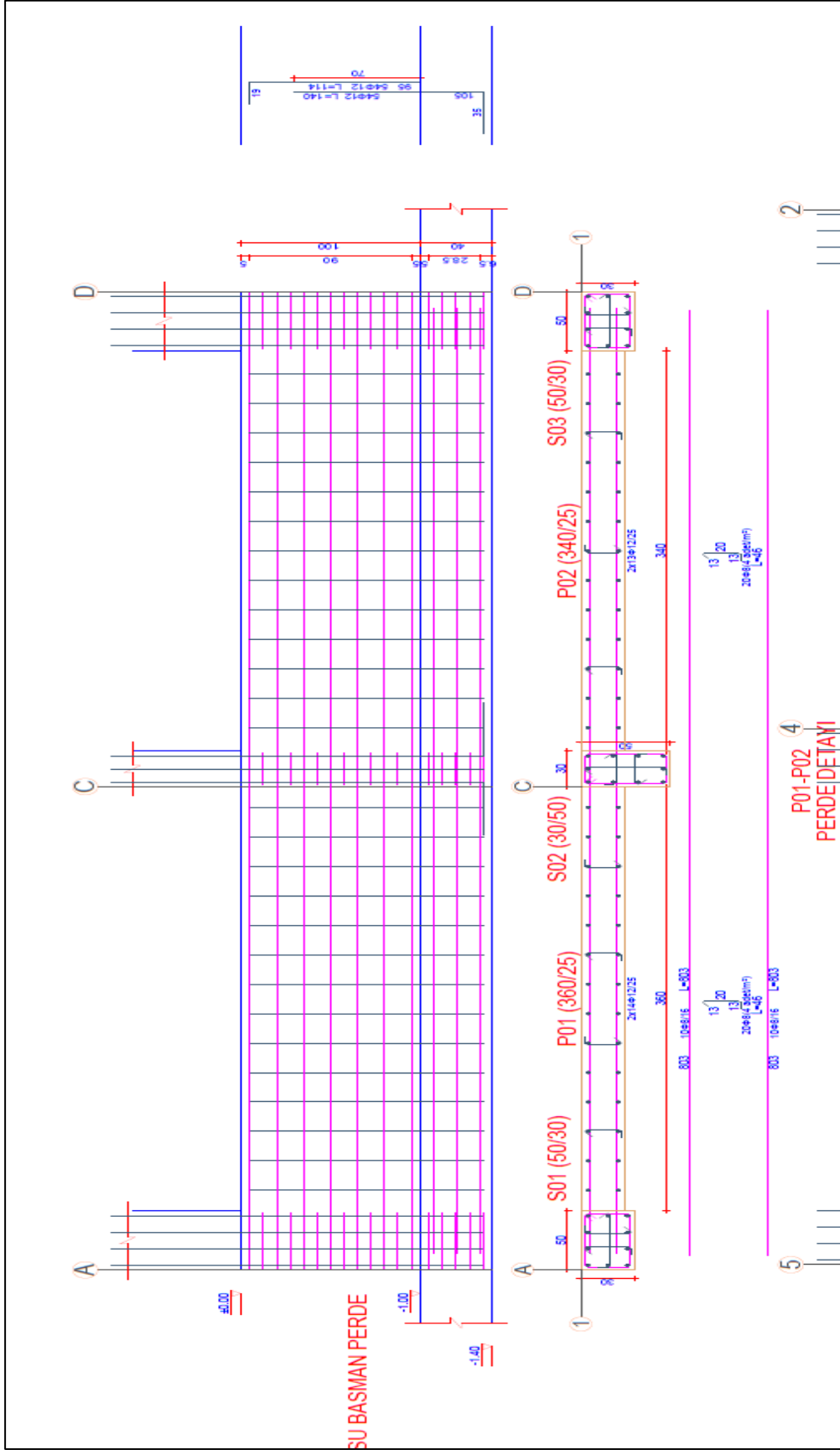
Ek 3. Uygulama Öğrenimi Konusundaki İhtiyaçların Tespitine Yönelik Olarak Akademisyenler İçin Hazırlanan Anket Soruları

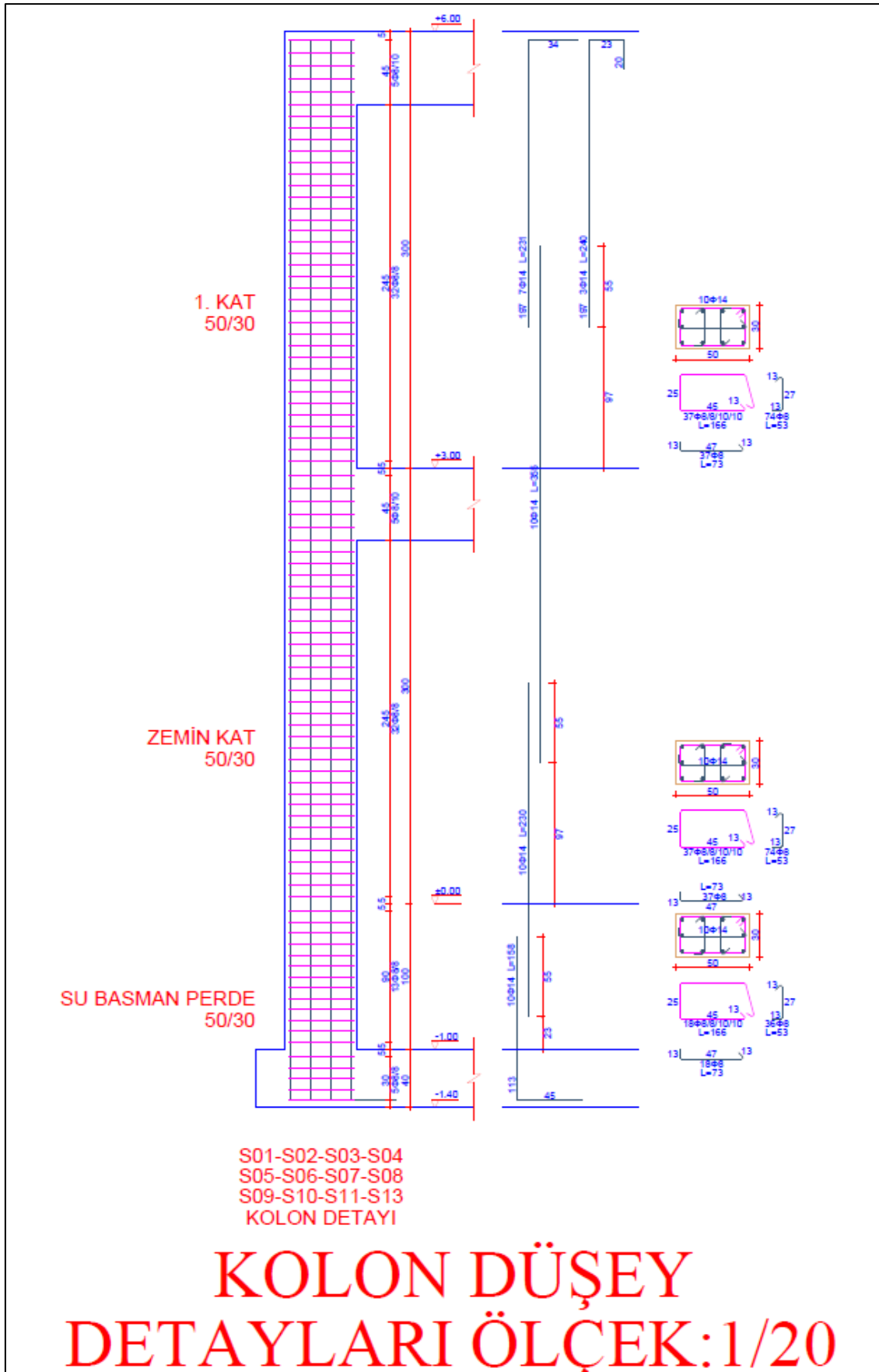
Öğretim Üyesinin Ünvanı: Anabilim Dalı: Verdiği Lisans Dersleri: Ders Verdiği Süre: Çalıştığı Üniversite:
Lisans öğrencilerinin akademik ve mesleki başarılarını arttırabilmek için sizce neler yapılabilir? İnşaat mühendisliği lisans müfredatının sektörün beklentilerini karşılamadaki yeterliliği (statik proje çizebilme, yapıyı projesine ve ilgili yönetmeliklere uygun bir şekilde yaptırabilme, yapının keşif ve metrajını çıkarabilme, inşaat sözleşmesine uygun hakediş düzenleyebilme, inşaat sırasında oluşabilecek sorunları ekonomik bir şekilde çözebilme, yapı malzemeleriyle ilgili deneylere hakim olma, yapı teknolojisine ve imalat aşamalarına hakim olma, imalat aşamalarını planlayabilme ve kontrol etme vb.) hakkında ne düşünüyorsunuz? ☐ Kesinlikle yeterli ☐ Yeterli ☐ Kararsızım ☐ Yeterli değil ☐ Hiç yeterli değil Öğrenciler verdiğiniz derslerde en çok hangi konuları anlamakta/düşünmekte/hayal etmekte güçlük çekiyor? Geleneksel eğitim materyallerinin (tahta-tebeşir-kitap-2 boyutlu slaytlar vb.) lisans eğitimindeki yeterliliği (dersi anlama, kavrama, anlatılanı veya gösterileni hayal edebilme vb.) hakkında ne düşünüyorsunuz? ☐ Kesinlikle yeterli ☐ Yeterli ☐ Kararsızım ☐ Yeterli değil ☐ Hiç yeterli değil Geleneksel eğitim materyallerinin ilgi çekiciliği (derse olan merak, öğrenme isteği, araştırma isteği) hakkında ne düşünüyorsunuz? ☐ Kesinlikle ilgi çekici ☐ İlgi Çekici ☐ Kararsızım ☐ İlgi çekici değil ☐ Hiç ilgi çekici değil

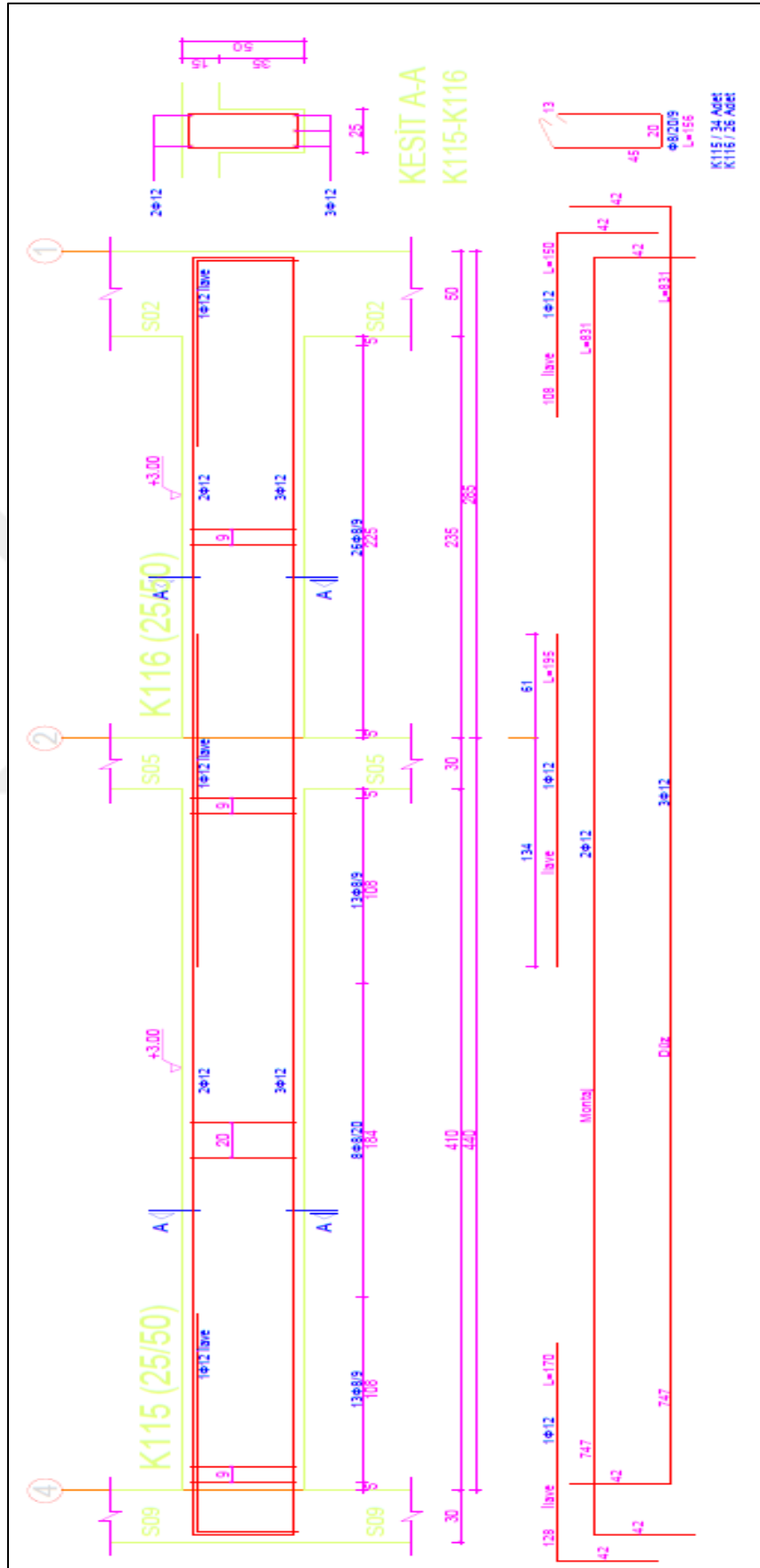
Ek 4. VR Tabanlı Ciddi Oyun İçin Seçilen Statik Proje

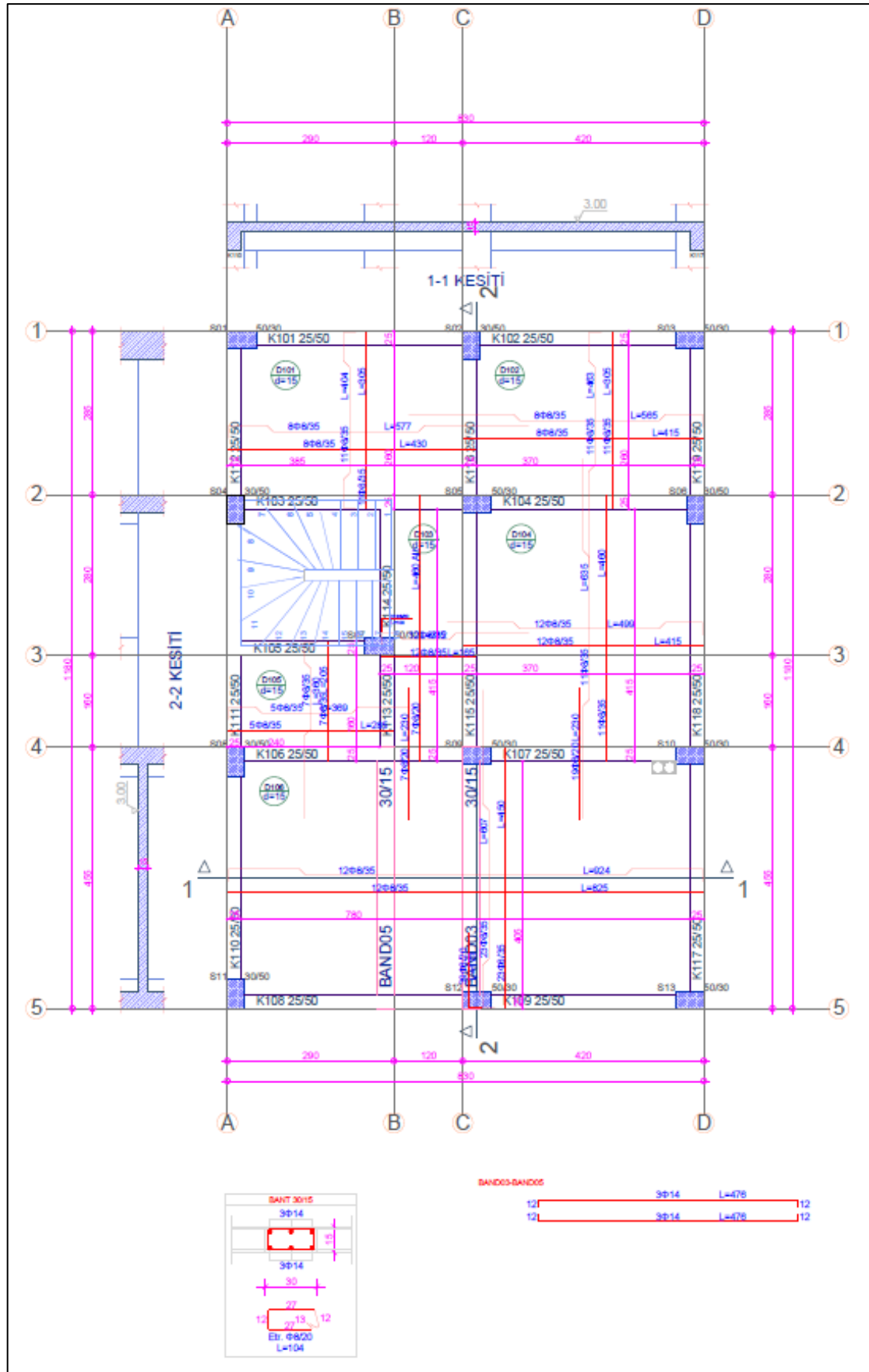


Ek 4'ün devamı









Ek 5. Geliştirilen VR tabanlı ciddi oyunun değerlendirilmesi amacıyla öğrencilere yönelik hazırlanan anket soruları

Yaş: Cinsiyet: Okuldaki yıl: Görme ile ilgili bir probleminiz var mı:

Daha önce bir VR cihaz kullandınız mı: Haftada kaç saat bilgisayar oyunu oynarsınız:

Daha Önce Staj Yaptınız mı:

Bir binanın kaba inşaatının yapım aşamaları konusunda bilgi sahibi misiniz:

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Anket 1					
Ortam beni gerçek bir şantiyede gibi hissettirdi					
Görsel olarak ortam gerçekçiydi					
Oyun şantiyeyi üçüncü boyuta taşımakta başarılıydı					
Oyunu oynamak eğlenceliydi					
Oyunu oynamak ilgi çekiciydi					
Oyunun sıkıcı olduğunu düşünüyorum					
Oyun hiç ilgimi çekmedi					
Çok gereksiz ve karmaşık buldum					
Öğrenirken eğlendim					
Nesneleri rahatça gözlemleyebildim					
Nesneleri rahatça yakaladım					
Nesneleri rahatça yerine yerleştirdim					
Ekrandaki bilgiler kolay okunuyordu					
Sanal ortam deneyimine çabuk uyum sağladım					
Uygulama anında baş dönmesi yaşadım					
Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek çok daha uzun sürerdi					
Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek daha sıkıcı olurdu					
Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğrenmek daha az akılda kalıcı olurdu					
VR tabanlı ciddi oyunlar geleneksel yöntemlere göre daha motive edicidir					
VR tabanlı ciddi oyunlarla öğrenmek geleneksel yöntemlerle öğrenmekten daha yorucudur					
Yaratıcı düşünmemi arttırdı					
Etkileşimli öğrenmemi sağladı					
Etkili öğrenme ortamı sağladı					
Derste kullanmak zaman kaybıdır					
Oyunun öğretme tarzı benim öğrenme tarzıma uygundu					
Başka konularda da VR tabanlı eğitimleri tercih ederim					
Bu teknolojinin gelecekte örgün eğitime alternatif olacağını düşünüyorum					
Kullanımın artmasının konuları kavramanıza faydalı olacağını düşünüyorum					

Ek 5'in devamı

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Anket 2					
Oyun proje okuma konusunda bana yardımcı oldu					
Oyun içeriği uygulama öğrenimi becerilerimi arttıracak şekilde tasarlanmıştı					
Oyundaki talimatlar açık ve netti					
Oyundaki aşamaları birer birer tamamlamak benim için bir zevkti					
Oyunda bir bina inşaatı yapmak benim için heyecan vericiydi					
Oyunu önceden öğrendiğim bilgilerle ilişkilendirerek tamamladım					
3 boyutlu görmek anlaşılabilirliği arttırmıştır					
Statik proje okumayla ilgili kitap ders notu gibi basılı ve görsel materyaller yerine geliştirilen VR öğrenme metodolojisi yeterlidir					
Oyundaki seçenekler yeterince caydırıcıydı					
Oyundaki seçenekler projedeki bilgileri daha dikkatli okumamda bana yardımcı oldu					
Oyundaki seçenekler proje okumayı öğrenmemde bana yardımcı oldu					
Seçeneklerdeki detaylar proje okuma becerimin daha fazla gelişmesini sağladı					
Oyun sayesinde bir binanın kaba inşaatının yapım aşamalarını öğrendim					
Demirlerin projesine uygun bir şekilde nasıl yerleştirildiğini öğrendim					
Demir tiplerinin, çapının, aralıklarının ve uzunluklarının projeden nasıl okunduğunu öğrendim					
İmalat aşamasında kullanılacak demir donatıların yerleşim ve detayları için hangi proje türüne başvurmam gerektiğini öğrendim.					
Temel, kolon, kiriş ve döşeme gibi yapı elemanlarının hangi tür demirlerden oluştuğunu öğrendim					
Bina için yapılan statik projeleri okuyabilirim					
Diğer yapılar için yapılan statik projeleri okuyabilirim					
Ustaların demir imalatını doğru bir şekilde yapıp yapmadıklarını daha rahat bir şekilde kontrol edebilirim					
Bina yapımının kontrolü konusunda kendime olan güvenim arttı					
Artık projeye baktığımda binayı 3 boyutlu olarak hayal edebilmemi sağladı					
Oyunu başarıyla tamamlamak öz güvenimi yerine getirdi					

Ek 6. Geliştirilen VR tabanlı ciddi oyunun değerlendirilmesi amacıyla akademisyenlere yönelik hazırlanan anket soruları

Yaşınız: Unvanınız:

Akademik personel olarak çalıştığınız süre:

Eğitim verdiğiniz bölüm: Verdiğiniz dersler:

Daha önce sanal gerçeklik (VR) teknolojisini eğitim amaçlı kullandınız mı:

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Anket 1					
Oyunun görsel kalitesi beklentilerimi karşıladı					
Oyun, şantiyeyi üç boyutlu olarak başarılı bir şekilde yansıttı					
Oyundaki donatıları rahatça gözlemleyebildim					
Oyundaki donatıları rahatça hareket ettirebildim					
Ekranda gösterilen bilgiler kolayca okunabiliyordu					
Sanal ortam deneyimine çabuk uyum sağladım					
Uygulama sırasında baş dönmesi yaşadım					
Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha uzun zaman alır					
Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha sıkıcı olur					
Geleneksel yöntemlerle proje okumayı öğretmek daha az akılda kalıcıdır					
VR tabanlı oyunlar geleneksel yöntemlere kıyasla daha motive edicidir					
Oyun, yaratıcı düşünmeyi arttıracak şekilde tasarlanmıştır					
Oyun, etkileşimli öğrenmeyi desteklemektedir					
Oyun, etkili bir öğrenme ortamı sağlamıştır					
Derste kullanmak zaman kaybıdır					
Oyunun öğretme yöntemi, günümüzdeki öğrencilerin öğrenme tarzına uygundur					
Oyunun öğretme yöntemi, benim öğretme yöntemime uygundur					
Diğer konuların eğitiminde de VR tabanlı oyunları tercih ederim					
Bu teknolojinin gelecekte örgün eğitime alternatif olacağını düşünüyorum.					
Eğitimde VR teknolojisinin kullanımının artması, konuların kavranmasına katkı sağlar					

Ek 6'nın devamı

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Anket 2					
Hazırlanan VR tabanlı oyun, proje okuma konusunda öğrencilere yardımcı olacaktır					
Oyun içeriği, öğrencilerin uygulama öğrenimi becerilerini arttıracak şekilde tasarlanmıştır					
Oyundaki talimatlar açık ve anlaşılabilir					
Oyundaki aşamaların sistematik olarak ilerlemesi öğrencilerin motivasyonunu arttıracaktır					
Oyunda bir bina inşaatı gerçekleştirmek, öğrenciler için ilgi çekici ve motive edici olacaktır					
Hazırlanan oyun, öğrencilerin mevcut bilgi ve becerilerini pekiştirmelerine olanak sağlayacaktır					
Oyunda sunulan 3 boyutlu görme olanağı, öğrencilerin konuyu daha iyi kavramalarına yardımcı olacaktır					
Oyundaki seçenekler, öğrencilerin doğru yönde ilerlemelerini teşvik edicidir					
Oyundaki seçenekler, öğrencilerin projedeki bilgileri daha dikkatli okumalarını sağlayacaktır					
Oyun, öğrencilerin bina için hazırlanan statik projeleri okuyabilmelerine katkı sağlayacaktır					
Oyun, öğrencilerin diğer yapılar için hazırlanan statik projeleri okuyabilmelerine de katkı sağlayacaktır					
Oyun, öğrencilerin mezun olduktan sonra demir imalatını kontrol etmelerini kolaylaştıracaktır					
Oyun, bina yapım sürecini kontrol etme konusunda öğrencilerin kendilerine olan güvenlerini arttıracaktır					
Oyun, öğrencilerin projeye baktıklarında binayı 3 boyutlu olarak hayal edebilmelerine katkı sağlayacaktır					
Oyunu başarıyla tamamlamak, öğrencilerin öz güvenlerini arttıracaktır					

Ek 6'nın devamı**AÇIK UÇLU SORULAR**

Statik proje okuyabilmek sizce öğrencilerinizin mesleki becerileri açısından önemli mi?

Denediğiniz oyunu inşaat mühendisliği eğitimine yapabileceği katkıyı göz önüne alarak puanlayınız (1-100)?

Sanal gerçeklik deneyiminin olumlu yönleri nelerdir?

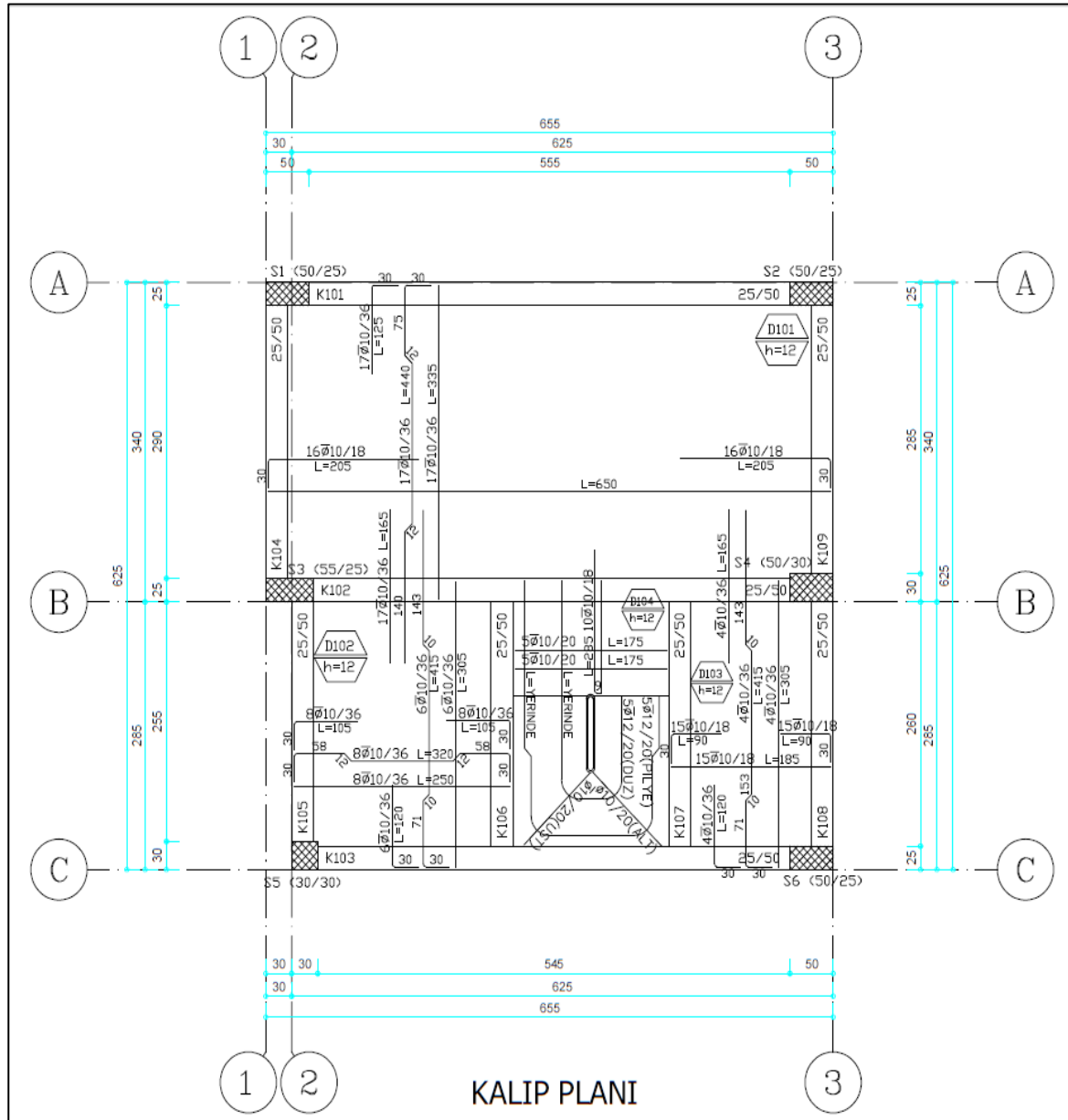
Sanal gerçeklik deneyiminin olumsuz yönleri nelerdir?

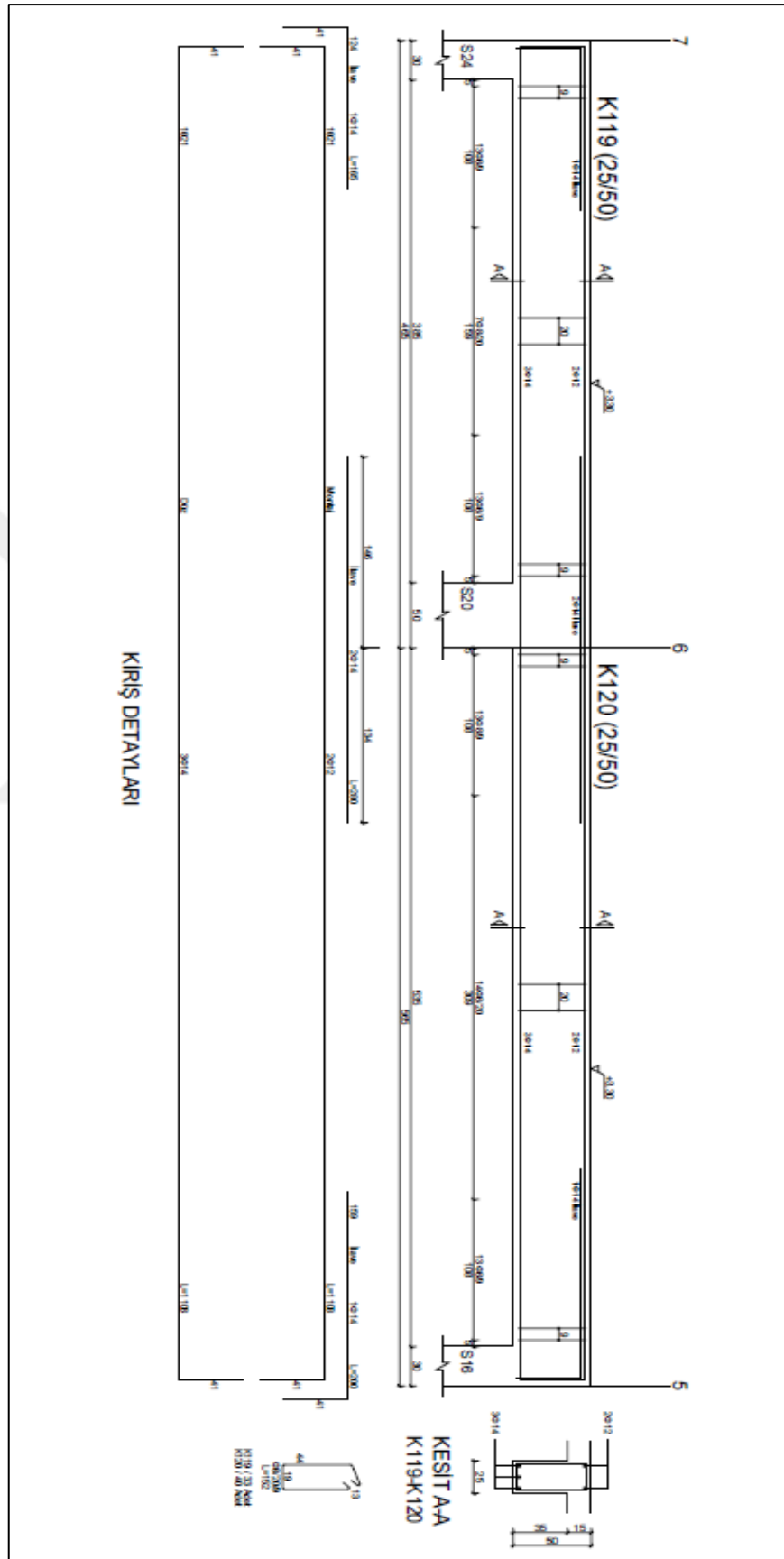
Bu uygulamayı gelecekte derslerinizde kullanmayı planlar mısınız?

Sanal gerçeklik teknolojisinin eğitime entegrasyonu konusunda ne gibi zorluklar öngörüyorsunuz?

Uygulamaya başka neler eklenebilir?

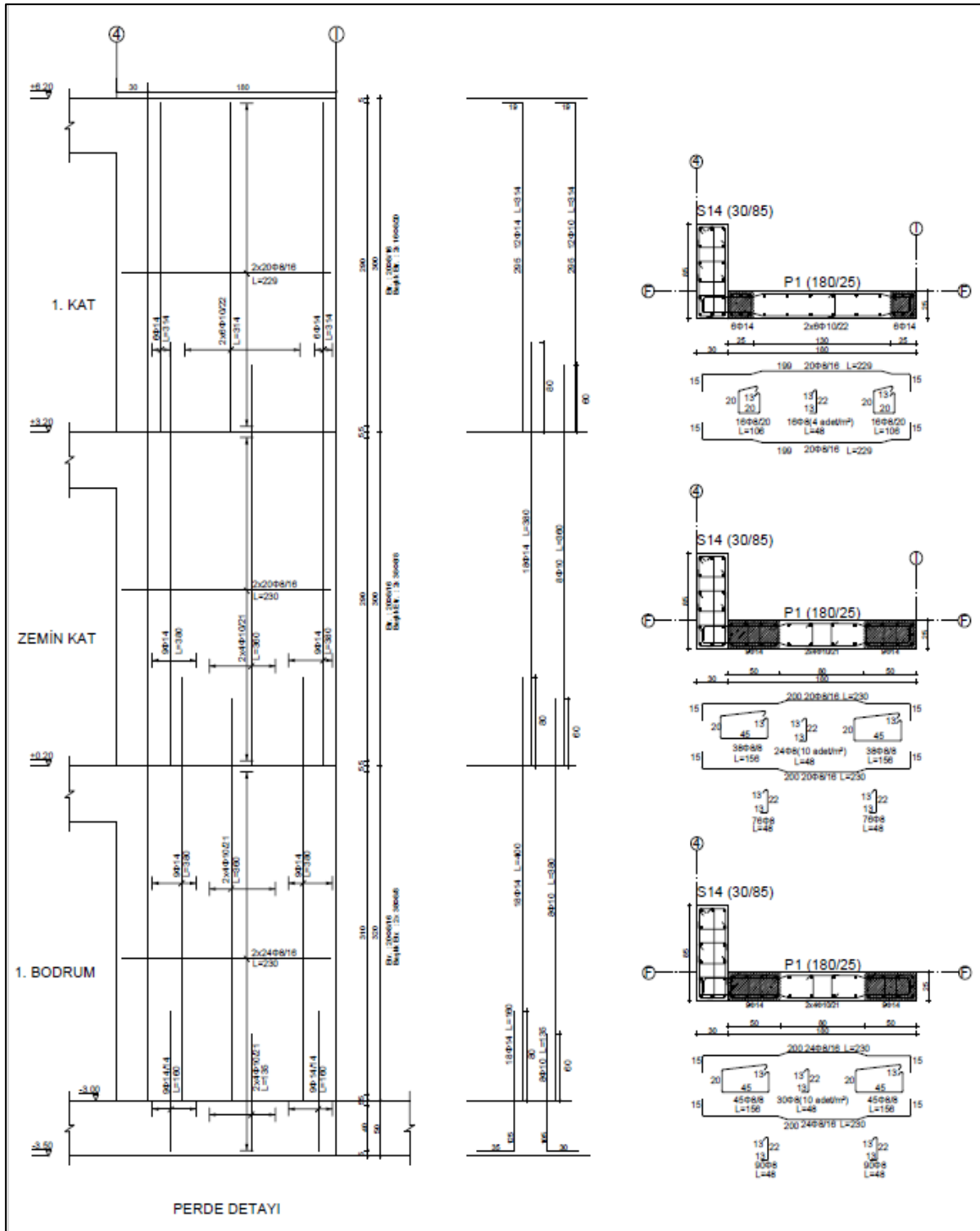
Ek 7. Ön Test ve Son Test İçin Kullanılan Projeler



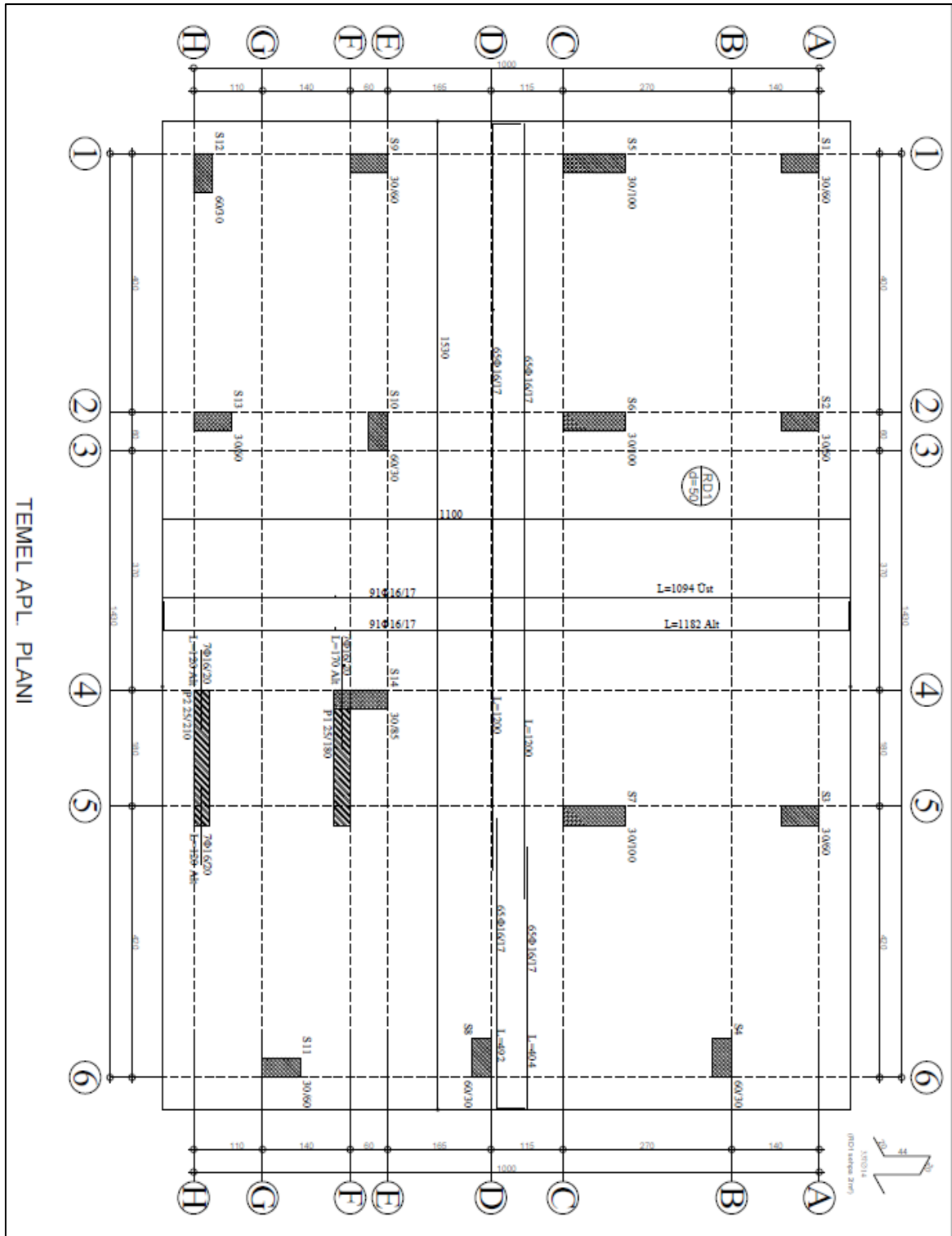




Ek 7'nin devamı



Ek 7'nin devamı



Ek 8. Ön Test-Son Test Soruları

Size farklı binalara ait 5 adet kesit, detay ve plan verilmiştir. Bu projelere göre aşağıdaki soruları cevaplayınız

- 1) Temelin kısa kenar doğrultusundaki alt ana donatılara ait çap, adet, toplam uzunluk ve aralık bilgilerini belirtiniz.
 - 2) Temel kalınlığını metre cinsinden belirtiniz
 - 3) Projeye göre, temelde 2 metrekairelik alanda kaç adet sehpa donatısı yerleştirilmelidir?
 - 4) Sehpa donatısının gövde yüksekliği kaç cm' dir?
 - 5) Perde başlıklarındaki çirozların kanca uzunluğu kaç cm' dir?
 - 6) Perde gövdesinde ve başlıklarındaki ana donatılarda bindirme boyları kaç cm' dir?
 - 7) Birinci bodrum kat yüksekliği kaç cm' dir
 - 8) Perde alt ana donatılarının gövde ve başlıklardaki kanca boyları kaç cm' dir?
 - 9) Kolonun boyuna donatısının temel içerisinde kalan kısmının toplam uzunluğu kaç cm' dir?
 - 10) Zemin kat kolonunda kaç adet çiroz demiri bulunmaktadır?
 - 11) Kolon donatılarında filiz boyu kaç cm' dir?
 - 12) Temel üzerindeki kolonun etriyesi temelden ne kadar yükseklikte başlar?
 - 13) K119 ve K120 kirişlerinin yüksekliği, uzunluğu ve kalınlığı kaç cm' dir?
 - 14) K119 ve K120 kirişleri hangi kolonlara bağlanmaktadır?
 - 15) Detayı verilen kolonun boyutları nelerdir?
 - 16) Kiriş ilave donatılarının kanca boyu kaç cm' dir?
 - 17) Kiriş sıkılaştırma bölgesinde donatılar arasındaki mesafe kaç cm' dir?
 - 18) D101 numaralı döşemede kaç adet pilye donatısı bulunmaktadır?
 - 19) D102 döşemesinde toplam kaç adet mesnet donatısı yer almaktadır?
 - 20) K102 kirişinin uzunluğu kaç cm' dir?
 - 21) Projenize göre, demir donatılarının yerleştirilmesi özelinde bir binanın yapım aşamalarını aşağıda verilen donatı türlerinin yanına uygun numaraları yazarak sıralayınız.
- a) Temelde kısa kenar doğrultusundaki alt ana donatı
 - b) Temelde uzun kenar doğrultusundaki alt ana donatı
 - c) Temelde uzun kenar doğrultusundaki üst ek donatı
 - d) Birinci bodrum kat kolonunun boyuna donatısı
 - e) Birinci bodrum kat perde etriyesi
 - f) Zemin kat kolon çirozları
 - g) Birinci kat döşeme kısa kenar doğrultusunda pilye donatısı
 - h) Birinci kat döşeme uzun kenar doğrultusunda düz donatı
 - ı) Zemin kat döşeme ek donatısı
 - j) Birinci kat kirişi montaj donatısı
 - k) Birinci kat kirişi etriyesi

ÖZGEÇMİŞ

Ediz BOZ, İlköğrenimini Profesör İhsan Koz İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimini Tevfik Serdar Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2014 yılında İnşaat Mühendisliği Bölümündeki lisans eğitimini tamamladı. 2014-2017 yılları arasında özel sektörde kontrol mühendisi, gayrimenkul değerlendirme uzmanı ve şantiye şefi gibi görevlerde çalıştı. 2017 yılında Bayburt Üniversitesi Aydıntepe Meslek Yüksekokulu'na öğretim görevlisi olarak atandı. 2019 yılında "Görsel-İşitsel Materyallerin Yapım Teknolojisi Alanında Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma" başlıklı yüksek lisans tezini sunmasının ardından doktora eğitimine başladı. İngilizce bilmekte olup evli ve iki çocuk babasıdır.

- Boz, E., & Toğan, V. (2021). Using Audio Visual Materials for Civil Engineering Students to Gain Field Experience in Schools: Stone Wall Example. *Journal of Education and New Approaches*, 4(1), 14-27.
- Boz, E., Bahadır, Ü., & Toğan, V. (2022). New Approaches in Civil Engineering Education. *7th International Project And Construction Management Conference*, s. 1618-1632, İstanbul
- Boz, E., & Toğan, V. (2023). Assessing the compatibility of internship choices with career plans in civil engineering education. *3rd International Civil Engineering and Architecture Congress*, s. 321-328, Trabzon
- Boz, E., & Toğan, V. (2024). Investigating Scenarios and Programs Utilized in Serious Game Based Applications for Engineering Education. *8th International Project And Construction Management Conference*, s. 604-615, İstanbul