

N. DEMİR

ÇAĞDAŞ GERÇEKLIK TEKNOLOJİLERİNİN  
MİMARİ ANLATIM VE TASARIMLA ETKİLEŞİMİ  
ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

ATILIM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NİLSU DEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MİMARLIK ANA BİLİM DALI

ATILIM ÜNİVERSİTESİ

2023

EKİM 2023

ÇAĞDAŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİLERİNİN  
MİMARİ ANLATIM VE TASARIMLA ETKİLEŞİMİ  
ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

ATILIM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NİLSU DEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MİMARLIK ANA BİLİM DALI

EKİM 2023

Bu tez Atılım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

---

Prof. Dr. Ender Kenkinkılıç  
Enstitü Müdürü

Bu tezin **Atılım Üniversitesi Mimarlık Alanında Yüksek Lisans** derecesinin tüm gerekliliklerini karşıladığı onaylanmıştır.

---

Prof.Dr. Selahattin Önür  
Bölüm Başkanı

NİLSU DEMİR tarafından teslim edilen ÇAĞDAŞ GERÇEKLIK TEKNOLOJİLERİNİN MİMARİ ANLATIM VE TASARIMLA ETKİLEŞİMİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME başlıklı bu tezin kapsam ve kalite bakımından Yüksek Lisans/Doktora derecesi için yeterli olduğu düşünülmektedir.

---

Dr. Öğr. Üyesi Nezh Burak BİCAN  
Danışman

**Tez Jürisi Üyeleri:**

Doç. Dr. Üyesi Emel AKIN  
Mimarlık Bölümü, Atılım Üniversitesi

Dr. Öğr. Nezh Burak BİCAN  
Mimarlık Bölümü, Atılım Üniversitesi

Doç. Dr. Üyesi Aktan Acar  
Mimarlık Bölümü, TOBB ETÜ

**Tarih:** 8.10.2023

İşbu belge ile tezimde yer alan tüm bilgilerin akademik ve etik kurallara uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, kurallar gereği bu çalışmada özgün olmayan tüm materyal ve sonuçlar için ilgili kaynakların verildiğini beyan ederim.

Ad, Soyadı : Nilsu Demir

İmza :

## **ABSTRACT**

# **AN EVOLUTION ON THE INTERACTION OF CONTEMPORARY REALITY TECHNOLOGIES WITH ARCHITECTURAL EXPRESSION AND DESIGN**

Demir, Nilsu

Master Program, Department of Architecture

Supervisor : Asst.Prof.Dr. Nezih Burak BİCAN

October 2023, 118 pages

The field of architecture is a discipline that shapes the built environment at different scales. The design, renewal, or transformation of the space is possible by concretizing the alternative solutions in the mind of the designer in different forms. This design process is iterative and reversible. In this process, communication and/or coordination must be ensured between different people or groups such as architects, designers, controllers, customers, consultants, trainers, and students. Since the final product in the field of architectural design becomes "real" at the last point, revealing this reality through various forms of expression (representation) during the process facilitates intersubjective communication. In architectural practice and education, different reality technologies have been used to provide this communication.

Technology includes the knowledge of tools and methods that regulate man's relationship with nature and enable him to solve problems in different areas more quickly and efficiently. The field of architecture has benefited from emerging technologies to solve its practical needs throughout the ages. This relationship, which started with two- and three-dimensional hand drawings on concrete objects such as parchment and paper, increased with the development of perspective, photography, and collage techniques; It has reached a complex but much more efficient level in the last century with the development of Computer-Aided Design (CAD), presentation and production methods. New "reality" technologies that have developed in recent years

have led to the development of virtual universes and enabled the emergence of new communication and trade environments in the world; It has also created transformative effects in the field of architecture. It is now possible to take a tour inside buildings designed with "Virtual Reality" (VR) technology or to achieve the perception of "Augmented Reality" (AR) with viewing tools that overlap the models of architectural products with the real environment. While these technologies transform the tools in both architectural practice and architectural education, they also bring changes in architects' design and communication approaches.

Within the scope of this study, a literature review was conducted to understand the relationship between contemporary reality technologies and the field of architecture, and the obtained data were arranged in historical development; Due to the ongoing transformation of reality technologies, information from current internet-based websites and social media sources was collected; Architects and academicians who use these technologies and conduct research on this subject were contacted, expert opinions on the past, present and future of technology were brought together through semi-structured interviews, and an analytical framework was obtained by grouping them with the MAXQDA program. Addressing the issue from architectural practice and education aspects has formed the basis of a discussion that includes local expansions regarding the current and future relations of the field of architecture with these technologies. As a result of the research and interviews, an attempt was made to predict what will happen in the next step of these technologies with a critical evaluation of the past, present, and future of contemporary reality technologies in architectural design practice.

**Keywords:** Virtual Reality, Augmented Reality, Architectural Design, Architectural Practice, Architectural Education, Reality Technologies.

## ÖZ

# ÇAĞDAŞ GERÇEKLIK TEKNOLOJİLERİNİN MİMARİ ANLATIM VE TASARIMLA ETKİLEŞİMİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Demir, Nilsu

Yüksek Lisans, Mimarlık Bölümü

Tez Yöneticisi : Dr. Öğr.Üyesi Nezih Burak BİCAN

Ekim 2023, 118 sayfa

Mimarlık alanı, yapılı çevreyi farklı ölçeklerde biçimlendiren bir disiplindir. Mekânın tasarımı, yenilenmesi veya dönüşümü tasarımcının zihninde oluşan alternatif çözümlerin farklı biçimlerde somutlaşması ile mümkün olur. Bu tasarım süreci tekrarlanan ve geri dönüşleri olan bir süreçtir. Bu süreçte, mimarlar, tasarımcılar, denetleyiciler, müşteriler, danışmanlar, eğitmenler, öğrenciler gibi farklı kişi veya gruplar arasında iletişim ve/veya koordinasyonun sağlanması gerekir. Mimari tasarım alanında nihai ürün en son noktada “gerçek” hale geldiğinden, süreç içerisinde bu gerçekliğin çeşitli ifade biçimleri (reprezantasyon) ile ortaya konulması özneler arası iletişimi kolaylaştırır. Mimarlık pratiği ve eğitiminde, bu iletişimi sağlamak için farklı gerçeklik teknolojileri kullanılmıştır.

Teknoloji, insanın doğayla ilişkisini düzenleyen, farklı alanlardaki sorunları daha kısa ve verimli bir biçimde çözmeyi sağlayan araç ve yöntemlerin bilgisini kapsar. Mimarlık alanı, çağlar boyunca kendi pratik ihtiyaçlarını çözmek üzere gelişmekte olan teknolojilerden yararlanmışır. Parşömen, kâğıt gibi somut nesnelere üzerine iki ve üç boyutlu el çizimleri ile başlayan bu ilişki, perspektif, fotoğraf, kolaj tekniklerinin gelişmesiyle artmış; son yüzyılda Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD), sunum ve üretim yöntemlerinin gelişmesiyle karmaşık ama çok daha verimli bir seviyeye çıkmıştır. Son yıllarda gelişen yeni “gerçeklik” teknolojileri sanal evrenlerin gelişmesine önyak olarak dünyada yeni iletişim ve ticaret ortamlarının ortaya

çıkmasını sağlamış; mimarlık alanında da dönüştürücü etkiler yaratmıştır. Artık, “sanal gerçeklik” (Virtual Reality - VR) teknolojisiyle tasarlanan yapıların içinde gezintiye çıkmak ya da mimarlık ürünlerinin modellerini gerçek ortamlarla karşılaştıran izleme araçlarıyla “arttırılmış gerçeklik” (Augmented Reality - AR) algısına ulaşmak mümkün olabilmektedir. Bu teknolojiler gerek mimarlık pratiğindeki gerekse mimarlık eğitimindeki araçları dönüştürürken mimarların tasarım ve iletişim yaklaşımlarında değişiklikleri de beraberinde getirmektedir.

Bu çalışma kapsamında, çağdaş gerçeklik teknolojileri ile mimarlık alanının ilişkisini anlamak üzere bir literatür taraması yapılmış, elde edilen veriler tarihi gelişim içerisinde düzenlenmiş; gerçeklik teknolojilerinin halen sürmekte olan dönüşümü nedeniyle internet tabanlı güncel web siteleri ve sosyal medya kaynaklarındaki bilgiler toplanmış; bu teknolojileri kullanan ve bu konuda araştırma yapan mimar ve akademisyenlerle temas edilmiş, yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla teknolojinin dün, bugün ve geleceği üzerine uzman görüşleri bir araya getirilmiş, MAXQDA programı ile gruplandırılarak analitik bir çerçevede elde edilmiştir. Konunun mimari pratik ve eğitim yönleriyle ele alınması, mimarlık alanının bu teknolojilerle olan güncel ve gelecek ilişkilerine dair yerel açılımların yer aldığı bir tartışmanın altlığını oluşturmuştur. Yapılan araştırma ve görüşmeler sonucunda, çağdaş gerçeklik teknolojilerinin mimari tasarım pratiğinde geçmiş, günümüz ve geleceğine dair eleştirel bir değerlendirme ile bu teknolojilerin bir sonraki basamağında neler olacağı ön görülmeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sanal Gerçeklik, Arttırılmış Gerçeklik, Mimari Tasarım, Mimarlık Pratiği, Mimarlık Eğitimi, Gerçeklik Teknolojileri.



AILEME ...

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecim ve tez çalışmalarım boyunca, destek, ilgi ve zamanını benden esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Nezih Burak Bican'a, ardından bu süreçte farklı bakış açılarından fikir yürütmemi sağlayan ve bu sürecin sonuna kadar manevi destekteğini esirgemeyen Doç. Dr. Üyesi Emel Akın'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, kıymetli zamanını benimle paylaşan ve her zaman yeni fikirlere açık olan jüri üyesi Doç. Dr. Üyesi Aktan Acar'a saygılarımı iletirim.

Son olarak, eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan aileme, sonrasında yüksek lisans sürecine beraber başladığımız değerli Başak'a, hep yanımda olan arkadaşlarım Gizem, Ceren ve Pınar'a teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ABSTRACT.....	iii
ÖZ .....	v
İTHAF .....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
TABLO LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiv
SEMBOL/KISALTMA LİSTESİ .....	xv
<b>BÖLÜM 1</b>	
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı .....	3
1.2 Tezin Kapsamı ve Kısıtları.....	3
1.3 Tezin Yöntemi.....	4
1.4 Araştırma Soruları .....	5
1.5 Tezin İçeriği .....	5
<b>BÖLÜM 2</b>	
2. MİMARLIKTA TASARIM VE İFADE ARACI OLARAK TEKNOLOJİ KULLANIMI.....	7
2.1 Bir Mekân Tasarım İşİ Olarak Mimarlık.....	7
2.2 Mimarlık ve Teknoloji İlişkisi.....	9
2.3 Mimari Tasarım ve Anlatım Tekniklerinin Dönüşümü.....	11
2.3.1 Konvansiyonel Anlatım Teknikleri.....	12
2.3.2 Perspektif ve Fotografik İfadenin Mimarlıkta Kullanımı .....	14
2.3.3 Bilgisayar Destekli Tasarım/Üretim ve Görselleştirme Teknikleri .....	17
2.3.4 Bilgisayar Destekli. Tasarım ve Uygulamaya Yönelik Donanımlar....	22
<b>BÖLÜM 3</b>	

3. ÇAĞDAŞ GERÇEKLIK TEKNOLOJİLERİ: SINIFLANDIRMA, GELİŞİM VE KULLANIM .....	23
3.1 Çağdaş Gerçeklik Teknolojileri: Sınıflandırma ve Tanımlar .....	24
3.1.1 Sanal Gerçeklik ( <i>Virtual Reality</i> ) .....	24
3.1.2 Artırılmış Gerçeklik ( <i>Augmented Reality</i> ) .....	25
3.1.3 Karma Gerçeklik ( <i>Mixed Reality</i> ) .....	27
3.1.4 Genişletilmiş Gerçeklik ( <i>Extended Reality</i> ) .....	28
3.2 Sanal ve Artırılmış Gerçekliğin Gelişimi .....	31
3.2.1 Sanal Gerçekliğin Tarihçesi .....	32
3.2.2 Artırılmış Gerçekliğin Tarihçesi .....	38
3.2.3 Donanım ve Yazılımlar .....	49
3.2.4 Kullanım Alanları .....	62
BÖLÜM 4	
4. MİMARLIK PRATİĞİ VE EĞİTİMİNDE ÇAĞDAŞ GERÇEKLIK TEKNOLOJİLERİNİN GÜNCEL DURUMU .....	66
4.1 Mimarlık Alanındaki Kullanımı .....	66
4.2 Mimarlık Pratiği ve Eğitiminde ÇGT'nin Kullanımına Dair Öne Çıkanlar .....	84
4.2.1 Karşılaşılan Sorunlar .....	90
4.2.2 Avantajlar .....	92
4.2.3 Potansiyeller .....	93
5. SONUÇ: MİMARLIKTA GERÇEKLIK TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI ÜZERE .....	95
KAYNAKÇA .....	100

## TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 VR Donanımları.....	49
Tablo 3.2 AR Donanımları.....	56
Tablo 3.3 AR Geliştirici Araçlar.....	62
Tablo 4.1 Mimarlık Alanındaki Kullanımı .....	67
Tablo 4.2 Katılımcıların Listesi .....	85
Tablo 4.3 Katılımcıların ÇGT'nin Teknolojilerinin Mimari Tasarım Ve Eğitim Süreçlerinde Kullanımının Özet Tablosu.....	86

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Öğrencinin Maket Aşamaları .....	13
Şekil 2.2 Perspektif Çizimi .....	15
Şekil 2.3 Perspektif Çizimi .....	16
Şekil 2.4 Camera Obsura'lar (18. Yüzyıl Ortası).....	17
Şekil 3.1 Sanal Süreklilik .....	27
Şekil 3.2 Bilgisayarlar, İnsanlar ve Çevre Arasındaki Etkileşimler .....	27
Şekil 3.3 Genişletilmiş Gerçeklik .....	29
Şekil 3.4 Gartner, 2008 Hype-Cycle Grafiği .....	30
Şekil 3.5 Gartner, 2014 Hype-Cycle Grafiği .....	30
Şekil 3.6 Gartner, 2017, Hype-Cycle Grafiği .....	31
Şekil 3.7 Gartner, 2022 Hype-Cycle Grafiği .....	31
Şekil 3.8 Mavi Kutu Uçuş Simülatörü .....	32
Şekil 3.9 Ivan Sutherland ve Sketchpad .....	33
Şekil 3.10 Telepresence Mask .....	34
Şekil 3.11 Ames Araştırma Merkezindeki Başa Giyilebilen Cihaz .....	35
Şekil 3.12 Paris'te 3D Lazer Tarama Teknolojisi Ile Gerçekleştirilmiş Bir Evin Cephe Modeli .....	36
Şekil 3.13 Sensorama .....	38
Şekil 3.14 Üç Boyutlu Görüntüleme Sisteminin Parçaları .....	39
Şekil 3.15 Kullanılan Mekanik Başa Konumlandırılmış Sensör .....	39
Şekil 3.16 Videoplance Kullanımından Bir Görüntü .....	40
Şekil 3.17 ARQuake .....	41
Şekil 3.18 Çoklu Kullanıcı AR Sistemi .....	41
Şekil 3.19 Orijinal Resim (Üst), Artırılmış Resim (Alt) .....	42
Şekil 3.20 Kullanıcı Cep Telefonunda Transparan AR'ı Destekleyen Uygulama ....	43
Şekil 3.21 SixthSense .....	44
Şekil 3.22 Google Glass .....	45
Şekil 3.23 Pokemon Go .....	45
Şekil 3.24 Hololens .....	46
Şekil 3.25 FIFA+  Your Home for Football .....	47
Şekil 3.26 Keops Pramidi'nin İç Mekânı .....	50
Şekil 3.27 Meta Quest .....	51
Şekil 3.28 BOOM .....	52
Şekil 3.29 CAVE .....	52
Şekil 3.30 Sanak Küre'nin Çalışma Sistemi .....	53
Şekil 3.31 Kuvvet Kolları .....	55
Şekil 3.32 Xiaomi AR Gözlüğü .....	58
Şekil 3.33 Instagram Uygulaması .....	58
Şekil 3.34 Yaşayan Mimari: Casa Battló (Living Architecture: Casa Battló) .....	59
Şekil 3.35 İşaretçi Örneği.....	60

Şekil 4.1 Sanal Ortamlar Laboratuvarı (Üst) ve Kentsel Alan Modeli (Alt) .....	69
Şekil 4.2 Deneyin Gerçekleştirildiği Yerlerden Biri (Üst), Alıştırma Denemesi (Orta), Helikopter Pist Çalışması Ekran Görüntüleri (Alt) .....	71
Şekil 4.3 Sistem Kurulumu (Üst), TAR Sistemi İle Kentsel Tasarım Eğitimi (Alt)..	73
Şekil 4.4 SketchAR Öğrenci Çalışması Örneği .....	74
Şekil 4.5 Yapılan Çalışmaların Alanda Görüntülenmesi .....	75
Şekil 4.6 Kullanılan İşaretçi (Üst) ve AR'nin Deneme Aşaması (Alt) .....	76
Şekil 4.7 Deneyin İlerleme Diyagramı.....	77
Şekil 4.8 AR Uygulaması ile Mimari Görselleştirme .....	79
Şekil 4.9 Simüle Edilmiş Oran Problemi (Üst), Simüle Edilmiş Güvenlik Problemi (Alt).....	81
Şekil 4.10 Fibrosa Connection Projesi .....	81
Şekil 4.11 Dış Mekan Gösterimi.....	82
Şekil 4.12 Giriş Bölümü ve Salon.....	82

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1: Sanal Gerçekliğin Tarihçesi.....	37
Çizelge 3.2: Artırılmış Gerçekliğin Tarihçesi.....	48



## SEMBOL/KISALTMA LİSTESİ

2D	<i>Two Dimensional</i> ; İki boyutlu
3D	<i>Three Dimensional</i> ; Üç boyutlu
ÇGT	Çağdaş Gerçeklik Teknolojileri
VR	<i>Virtual Reality</i> ; Sanal Gerçeklik
AR	<i>Augmented Reality</i> ; Artırılmış Gerçeklik
MR	<i>Mixed Reality</i> ; Karma Gerçeklik
XR	<i>Extended Reality</i> ; Genişletilmiş Gerçeklik
CAD	<i>Computer Aided Design</i> ; Bilgisayar Destekli Tasarım
BIM	<i>Building Information System</i> ; Yapı Bilgi Modellemesi
HDM	<i>Head Mounted Displays</i> ; Başa Giyilebilen Cihazlar
CAVE	<i>Cave Automatic Virtual Environment</i> ; Mağara Sistemi

## BÖLÜM 1

### 1. GİRİŞ

Teknoloji, insanın doğayla ilişkisini düzenleyen, farklı alanlardaki sorunları daha kısa ve verimli bir biçimde çözmesini sağlayan araç ve yöntemleri kapsar. Mimarlık alanı, çağlar boyunca gelişmekte olan teknolojileri kendi pratik ihtiyaçlarını çözmek üzere bir araya getirmiştir. Parşömen, kâğıt gibi somut nesnelere üzerine iki ve üç boyutlu el çizimleri ile başlayan bu ilişki, perspektif, fotoğraf, kolaj tekniklerinin gelişmesiyle artmış; yirminci yüzyılın son çeyreğinde bilgisayar destekli tasarım (*Computer Aided Design- CAD*), sunum ve üretim yöntemlerinin gelişmesiyle karmaşık olmasına rağmen çok daha verimli bir seviyeye çıkmıştır.

Teknolojinin sunduğu olanaklar sayesinde, mimarlık pratiği ve eğitimine yeni ve modern çözümler üretilmesi mümkün olabilmektedir. Konvansiyonel yöntemlerin sınırlılığı nedeniyle yavaşlayan süreçlere otomatik çözümler sunulması hem tasarım süreçlerinin daha verimli bir hale getirilmesine hem de zaman tasarrufunun sağlanmasına imkân tanımaktadır. Mimari tasarım ve teknoloji arasındaki ilişki tarih boyunca karmaşık bir evrim geçirmiş ve her iki alan da birbirini etkileyip dönüştürmüştür. Teknolojideki gelişmeler, mimarların tasarım süreçlerini, üretim yöntemlerini, malzeme seçimlerini ve mekân temsillerini değiştirmelerine olanak tanımıştır. Aynı zamanda, mimarlar da teknolojik yeniliklere katkıda bulunmuş ve yeni araçlar, algoritmalar ve sistemlerin geliştirilmesine yardımcı olmuşlardır. Günümüzde, bilgisayar teknolojisi ve dijital tasarım araçları, mimari tasarım süreçlerini büyük ölçüde etkilemektedir. Bilgisayarlar tasarımcılara karmaşık formların modellenmesi, enerji analizi, simülasyonlar oluşturulması ve gibi çeşitli imkanlar sağlamaktadır (Evli, 2021).

Mimari tasarım ile teknoloji arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılması için anlamak için bazı örnekler verilebilir:

VR ve AR teknolojileri, mimarların tasarımlarını üç boyutlu görselleştirmelerine, müşterilerine sunmalarına ve iş birliği yapmalarına imkân verir. Bu teknolojiler

sayesinde, mimarlar tasarımlarını daha gerçekçi ve etkileşimli bir şekilde deneyimleyebilir ve değişiklik yapabilirler.

3D baskı teknolojisi, mimarların fiziksel modellerini hızlı ve verimli bir şekilde üretmelerine yardımcı olur. Bir CAD programı ve bir 3D yazıcı kullanarak, mimarlar yüksek kaliteli, özelleştirilebilir ve karmaşık modeller oluşturabilirler.

Nesnelerin interneti teknolojisi (IoT), mimarların akıllı binalar tasarımlarına olanak tanır. IoT sayesinde, binaların enerji verimliliği, güvenliği, konforu ve sürdürülebilirliği artırılabilir. IoT ayrıca binaların kullanıcı davranışlarına uyum sağlamasını ve geri bildirim vermesini sağlar (Evli, 2021).

Hesaplamalı tasarım yaklaşımı, mimarların biçim, strüktür ve malzeme arasındaki ilişkiyi keşfetmelerine yardımcı olur. Hesaplamalı tasarım sayesinde, mimarlar doğanın evrimsel süreçlerini taklit edebilir, performansı optimize edebilir ve yeni formlar yaratabilirler (Yıldırım, 2004).

Günümüze geldiğinde ise, çağdaş gerçeklik teknolojileri (ÇGT) gelişen donanım ve yazılımlar sayesinde insan algısını sentetik olarak üretilebilir seviyeye ulaşmıştır. Bu teknolojiler ile tasarlanan yapıların henüz proje aşamasındayken gelecekteki halini temsil eden prototiplerin oluşturulması ya da tasarlama eyleminin sanal ortamda gerçekleşmesi mümkün hale gelmiştir. ÇGT, sanal gerçeklik (*Virtual Reality- VR*), artırılmış gerçeklik (*Augmented Reality- AR*), karma gerçeklik (*Mixed Reality- MR*), genişletilmiş gerçeklik (*Extended Reality- XR*) teknolojilerini içerisinde barındırmaktadır. Bu teknolojiler, insan duyularını ve algılarının çalışma biçiminden yararlanarak konvansiyonel iki ve üç boyutlu (*two dimensional- 2D* ve *three dimensional- 3D*) sunum ve ifade yöntemlerinin ötesine geçmekte ve kullanıcılara farklı bir kapı aralamaktadır. Mimarlıkta ÇGT'nin sunduğu imkanlar sayesinde, sanal ortamlarda birebir ölçekte kurgulanmış mekânların içerisinde dolaşılması, fiziksel ortamın üzerine sanal objelerin bindirilerek mekânların düzenlenmesi ya da yeni bir mimari düşüncenin hedeflenen kişilere/ gruplara/ kitlelere aktarılması mümkün olmakta, tasarım, değerlendirme, karar verme, görselleştirme gibi eylemler gerçekleştirilebilmektedir. ÇGT'nin böylesi bir noktaya ulaştığı bu dönemde, mimarlar da etkileşimli sanal mekânlar aracılığıyla (oyun, *Metaverse* gibi), bilgisayarlar veya VR gözlükleri gibi donanımlarla, tasarladıkları mekânların içine

sanal olarak girerek çalışmalarını yürütebilmektedir. Bu durum, teknoloji ve mimarlık arasındaki karşılıklı ilişkinin bir göstergesidir.

ÇGT, mimarların tasarımlarını daha gerçekçi ve etkileşimli bir şekilde görselleştirmelerine, müşterilerine sunmalarına ve iş birliği yapmalarına olanak tanımaktadır. Bu nedenle, ÇGT'nin mimari tasarıma olan etkilerini araştırmak için bilimsel araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu araştırmalar, ÇGT'nin mimarlık pratiğinde ve eğitimindeki etkisini anlaşılmasına ve daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlanmasına yardımcı olacaktır.

### **1.1 Tezin Amacı**

Bu çalışma, ÇGT'nin günümüz koşullarında mimarlıkta yer alan tasarım sürecinde nasıl kullanıldığını değerlendirmek ve gelecekteki potansiyellerini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu genel çerçevede, mevcut durumu anlamak ve bütüncül bir yaklaşım elde etmek için uzman görüşlerine dayanarak ÇGT'nin özellikle mimari eğitim ve pratiğinde tasarım kalitesine, mekân algısına etkisi ve bu teknolojilerin kullanımıyla ilgili karşılaşılan donanım, yazılım, eğitim eksiklikleri ve teknik sorunların vb. çözümleri ele alınarak tartışılacaktır. Böylelikle, ÇGT'nin mimari eğitim ve pratiğindeki kullanımının potansiyel katkılarını, etkilerini ve gelecekte nasıl şekillenebileceğini ele almayı hedeflemektedir.

### **1.2 Tezin Kapsamı ve Kısıtları**

Çalışmanın başında, İngilizce ve Türkçe dillerinde yayınlanmış kaynakların yer aldığı literatür taraması yapılmıştır. “VR, AR, XR, MR, mimari eğitim, mimari tasarım” ve diğer benzeri temel anahtar sözcüklerle yapılan aramalar sonucunda, ÇGT'nin Türkiye'deki mimari pratikte ve mimari eğitimdeki kullanımının veya denemelerinin genellikle mimarlık öğrencileri üzerinden denendiği fakat mimarlar üzerinden genel çıkarımları içeren konularda eksiklikler olduğu saptanmıştır. Bu nedenle, mimarlık pratiği ve eğitimi alanında faaliyet gösteren mimarlar ve akademisyenler ile ÇGT değerlendirilerek bu eksikliğin giderilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, ÇGT teknolojilerinin gerçek yapıların tasarımı ve üretimine olan katkısına odaklanılmış, sanal evrenlerdeki (*Metaverse*) yapay üretimler kapsam dışında bırakılmıştır.

### 1.3 Tezin Yöntemi

Çalışmada, akademik literatür taraması, güncel çevrimiçi kaynakların araştırılması ve değerlendirilmesi ile ÇGTler ve mimarlık alanıyla ilişkisine dair veriler toplanmış; konunun güncelliği nedeniyle uzman ve kullanıcı görüşlerine başvurularak bu ilişkinin geleceği tartışılmak üzere bir değerlendirilme zemini oluşturulmuştur. Bu bağlamda ÇGT'nin, mimarlıktaki etkisini belirlemek için ilgili yerli ve yabancı literatürü taranmış öne çıkan veya farklılaşan, makale, tez, kitap, konferans bildirileri vb. çalışmaları incelenmiştir. Teknolojinin güncelliği nedeniyle hali hazırda akademik çalışmalara konu olmamış gelişmeleri kapsam dışı bırakmamak adına çeşitli sosyal medya kanalları ve *Youtube*, *Twitter* gibi internet sitelerindeki yayınlanmış uygulama yöntemlerini ve yenilikleri derleyerek sunulmuştur. Teknolojilerin güncelliğini koruması ve hızlı bir evrim süreci yaşaması nedeniyle konuyla ilgilenen, benzeri teknolojileri mimarlık pratiği ve mimarlık eğitimi alanında deneyimlemiş tecrübeli kullanıcılar ve meslek uzmanlarından alınan görüşler tezin çerçevesini desteklemek ve bilgi örüntüsünü detaylandırmak üzere kullanılmıştır. ÇGT'nin potansiyellerini tartışmak üzere 15 katılımcı ile iletişim kurulmuş; 11'i ile görüşme gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar belirlenirken bahsedilen alana ilişkin yayın veya üretim gerçekleştirmiş olmaları öncelenmiş; yarı yapılandırılmış görüşmeler yürütülmüştür. Çalışmanın amacına uygun olarak veri toplamak üzere Türkiye'de bulunan üniversitelerde ve/veya mimarlık ofislerinde ÇGTleri deneyimlemiş mimarlar ve akademisyenler “kartopu seçimi” (*snowball selection*) yöntemiyle seçilmiştir. Görüşmelerin ilk aşaması için Ankara'da doğrudan iletişim kurulabilecek, konuyla ilgili çalışmalar yaptığı ön araştırma yoluyla tespit edilen katılımcılar belirlenmiş; sonraki aşamalarda görüşülen katılımcılardan yeni katılımcılar önermeleri konusunda talepte bulunularak görüşme alanı genişletilmiştir. Veriler, araştırmacı tarafından geliştirilen soru çerçevesine dayanan açık uçlu mülakatlar yoluyla toplanmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmeler sırasında araştırmanın temel konusuna uygun olarak katılımcıların ÇGT ile ilişkileri öğrenilmiş, kullanım deneyimlerine ilişkin detaylar vermeleri istenmiş, mimarlık alanında bu teknolojilerin kullanımı konusunda öneri ve görüşleri dinlenmiştir. Bu kapsamda hazırlanan ancak katılımcılarla yazılı olarak paylaşılmayan soru listesinde on soru yer almaktadır. Ayrıca görüşmeler için belirlenen on temel analizde kolaylık sağlaması bakımında dört temel başlıkta ele alınmıştır (Ek A, Ek B, Ek C).

Görüşmeler, katılımcıların isteği ve olanakları doğrultusunda yüz yüze veya çevrimiçi olarak gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerin süresi 40 dakika ile 80 dakika arasında değişkenlik göstermiştir. (Belirtilen süreler, görüşmelerin seyir haline veya kişinin ÇGT deneyimine göre farklılaşmıştır.). Katılımcıların sorulan sorulara ilişkin yaptıkları açıklamalar araştırmacıların isimleri kodlanarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Ham veriler MAXQDA programı ile içerik analizi yapılmış, analiz sonuçları araştırma sorularına uygun olarak altlık hazırlanarak veriler tartışma metnine dahil edilmiştir.

#### **1.4 Araştırma Soruları**

Çalışmanın genel amacı doğrultusunda aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır:

- Mimari tasarım (gösterim-üretim) süreçlerinde (mimari pratik ve eğitim) ÇGT kullanmanın avantajları, eksiklikleri ve geliştirilmesi gereken yönler nelerdir?
- Mimarlık pratiği ve eğitiminde ÇGT kullanımı hangi aşamadır; bu bağlamdaki potansiyeller, kısıtlılıklar ve (varsa) yenilikçi denemeler/gelişmeler nelerdir?
- Yakın gelecekte ÇGT'lerin mimarlık alanındaki tasarım ve eğitim süreçlerine nasıl etkileri olabilir?

Bu tez çalışması, sürekli güncellenmekte ve eş zamanlı olarak son kullanıcılar tarafından kullanılmakta olan ve bu nedenlerle evrimini sürdüren bir teknolojinin dünü ve bugününe dair olabildiğince güncel bir bilgi havuzu sunarak geleceğe dair öngörüler geliştirmek üzere kurgulanmıştır. Bahsedilen teknolojinin mimarlık gibi hayatın ayrılmaz ve içkin bir yerinde duran bir disiplinin anlatım ve üretim yöntemlerini dönüştürme potansiyeli nedeniyle araştırılan veri seti, yazılı literatürle birlikte çevrimiçi güncel kaynaklar ve doğrudan kullanıcı deneyimlerinin dinlenilmesini de kapsamıştır. Tez bu anlamda, çağdaş gerçeklik teknolojilerine dair tekil değerlendirmeleri bir araya getirmekte ve olabildiğince bütüncül bir çerçeve çizerek benzerlerinden ayrılmaktadır. Bu yönüyle, gelinen noktada literatüre güncel tarihli bir bakış noktası sunmayı hedeflemektedir.

#### **1.5 Tezin İçeriği**

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde; araştırmanın konusu, amacı, kapsamı ve yöntemini açıklanmakta, ikinci bölümde; mimari tasarım ve düşüncenin

temsil biçimlerinde kullanılan ifade aracı olarak kullanılan teknolojilerin gelişimi ele alınmaktadır. Üçüncü bölümde ise ÇGT'nin, genel tanımı yapılarak; VR, AR, XR, MR gibi temel türleri tanıtılmakta, bu teknolojilerin mimarlık pratiği ve eğitimindeki yansımalarından bahsedilmektedir

Dördüncü bölümde, özellikle VR ve AR teknolojileri üzerinden yapılan literatür taraması sonucunda ulaşılan, mimari eğitim ve pratikteki örnekler incelenerek, gerçekleştirilen görüşmeler doğrultusunda elde edilen verilerin değerlendirildiği bir tartışma bölümü sunulmaktadır. Bu kapsamda çağdaş gerçeklik teknolojilerinin güncel mimarlık pratiği ve eğitimindeki yeri ile kullanım durumu ortaya konularak, mekân tasarımı ve ifade yöntemlerine katkısı ve yetersiz kaldığı yönler araştırılmaktadır. Çalışmanın son bölümünde ise gelişmekte olan diğer teknoloji ve mekânsal ihtiyaçlara paralel olarak, mimarlık ile çağdaş gerçeklik teknolojileri arasındaki ilişkinin olası dönüşümüne dair öngörüler paylaşılmaktadır.

## BÖLÜM 2

### 2. MİMARLIKTA TASARIM VE İFADE ARACI OLARAK TEKNOLOJİ KULLANIMI

Mimarlık, Türkçe kullanımda hem bir mesleği hem de belli bir döneme, çağa, üsluba, coğrafya ait bütüncül yapı kültürünü ifade eder. Tasarlama işi her iki anlamda da mimari üretimin temelinde yer alır. Tasarlanan olgu, mekânsal bir ögedir. Bu öge açık ya da kapalı, iç ya da dış, tekil ya da çoklu, basit ya da karmaşık ya da tüm bunların alt kombinasyonlarından oluşan bir çeşitleme olabilir. Bu üretim, zamansal ve mekânsal bir planlama temeline dayanır ve bu plan üretim öncesinde ve sırasında bir biçimde çeşitli muhataplara aktarılır. Bu aktarım sırasında, her durumda bir ifade aracına ihtiyaç duyulur. Bu ifade araçları, ilkel ya da gelişmiş, konvansiyonel ya da gelişkin teknolojilerle biçimlenir. Bu bölümde mimarlık alanında kullanılan bu anlatım tekniklerinin gelişimi ve dönüşümü incelenmektedir.

#### 2.1 Bir Mekân Tasarım İşisi Olarak Mimarlık

İnsanoğlu çağlardan beri varlığını sürdürebilmek amacıyla kendini koruma, kendine ait bir yaşam alanı yaratma ve çevresini biçimlendirme ihtiyacını hissetmiştir. Bu nedenle, doğal koşullara uyum sağlama, sığınma ihtiyacı gibi içgüdüleri doğrultusunda kendini korumak ve temel barınma ihtiyacını gerçekleştirmek üzere yapılar ve çevreler oluşturmuştur. Yaşam alanlarını oluşturma eyleminin devreye girdiği noktada mekân tasarımı başlamaktadır. Bu anlamda mimarlık, insanların günlük yaşam aktivitelerini sürdürebilmeleri için doğal çevreden ayrılmış fiziksel mekânlar yaratma işisi / sanatı olarak tanımlanabilir (Ünver, 2007)

Mimarlık kavramı evrensel bir tanıma sahip değildir. İnsanlarla yaşamın etkileşim içinde olduğu birçok tanımlamayı içerir. Literatürde mimarlık kavramı, ‘yapılar, nesnelere ve sistemleri tasarlayan, sanat ve bilim dalı’ veya ‘yapıları ve fiziksel çevreyi tasarlama ve inşa etme sanatı’ olarak tanımlanmaktadır (Zafer, 2007), (Hasol, 2020). Bu tanımlamaların haricinde mimarlık kavramının ve yaklaşımlarının, tarih boyunca toplumun yaşam biçimine ya da zamana göre de şekillenebildiği izlemek mümkündür. Örneğin, 18.yy İngiliz düşünürü John Ruskin ‘mimarlığın heykel tasarımdan farkının,

belli bir yer için tasarlanıp, yapı prensipleri dikkate alınarak inşa edilmesi gerekliliği olduğunu belirtirken, mimarlık ürününün bir sanat eseri ve bulunduğu coğrafyayı yansıtan önemli parça olduğu, 20. yüzyıl mimarlarından olan Mies van der Rohe ise ‘mimarlığı içinde bulunulan zamanın beklentilerinin, mekânsal olarak ortaya çıkışı’ olarak tanımlayarak mimarlığın zamanla değişebileceğini vurgulamaktadır (Soygeniş, 2017). Son dönemlerde, gelişen farklı disiplinlerle olan bir arada çalışma zorunluluklarının artmasının altını çizen Joshua Ramus ise mimarlık alanını ‘birçok işbirlikçi süreç’ olarak betimlemektedir (Quintal, 2019). Bahsedilen tanımlamaların çeşitliliği, mimarlığın toplumun yaşam tarzına veya zamanın gereksinimlerine göre şekillenebilen bir kavram olduğunun göstergesidir (Soygeniş, 2017).

Mimarlığın temelini oluşturan bir diğer temel kavram mekândır. Mekân kavramı genellikle iki farklı şekilde tanımlanmaktadır. İlk tanım doğal sınırlarla belirlenmiş, doğal olarak oluşmuş olanı ifade ederken, diğer tanım yapay sınırlarla belirlenmiş ve insanlar tarafından oluşturulan olarak tanımlanmaktadır. İlk tanım; sınırları doğal yollarla belirlenmiş, doğal olarak ortaya çıkan, diğeri ise; yapay unsurlarla sınırlanmış ve insan tarafından oluşturulan olarak tanımlanmaktadır. Mekân, görsel ya da fiziksel sınırlamalar kapsamında eylemlerin gerçekleştiği alanlara dönüşebilmektedir (Soygeniş, 2017). Günümüzde hızla gelişen bilgisayar teknolojisi, mekân kavramının gözden geçirilmesini gerektirmektedir. Bu bağlamda mekân tanımı fiziksel, siber ve sanal olarak üç farklı kategoride yorumlanmaktadır. “Fiziksel mekânlar”, günlük yaşamımızın devam ettiği somut ve var olan çevreleri ifade ederken, “sanal mekânlar” ise içinde yaşadığımız fiziksel dünyayla etkileşim kurmayan soyut mekânları içerir. “Siber mekânlar” ise hem fiziksel hem de sanal dünyaları bir araya getiren, somut ve soyut unsurları birleştiren; insan bedeni ile dijital dünya arasında köprü kuran mekânlar olarak tanımlanmaktadır. Kısacası “siber mekânlar”, bilgisayar tarafından üretilmiş sanal öğelerin fiziksel dünyada görüntülenmesi veya fiziksel nesnelerin sanal dünyada varlığını sürdürmesi ile oluşmaktadır (Yalçın & Yazıcı, 2022)

Mimarlar, mekân tasarımını yaparken düşüncelerini aktaracakları araçlara ihtiyaç duymaktadır. Bu araçlar iki-üç boyutlu, analog-dijital gibi gruplara ayrılabilir. Bunlar sayesinde mimarlar düşüncelerin taslaklarını ortaya koyarak tasarımın bütünlüğünü, doluluk-boşluk ilişkisini, estetiğini, mekânlar arası ilişkilerini

gibi faktörleri üretilmeden önce deneyerek tasarımın nihai oluşumuna karar vermektedir. Bir sonraki başlıkta, mimari tasarım ve değişen anlatım teknikleri detaylandırılarak tasarım düşüncesinin hangi yöntemlerle aktarıldığı ve geliştirildiği incelenecektir.

## 2.2 Mimarlık ve Teknoloji İlişkisi

İnsanoğlunun teknoloji kullanımı/tercihi, kişisel ve çalışma hayatında giderek artmaktadır. Pratik ve hızlı çözümler için tercih edilen teknoloji, *techne* ve *logos* Yunanca kelimelerinin birleşmesinden meydana gelmektedir. *Techne*; sanat, beceri, herhangi bir şeyin ediliş biçimi, araç sözcükleriyle tanımlanırken, *Logos*; kelime, düşüncelerin anlamlandırıldığı söylem, anlatımı veya ‘bir sanata, bir bilime özgü teknik terimlerin topu’ olarak ifade edilebilir; bu çerçevede, teknoloji ise ‘‘araç bilgisi’’, ‘‘beceri bilgisi olarak’’ doğrudan bir ilişkiyle tanımlanabilir ya da ‘ilgili teknolojik nesnelerin ve bilginin bir alt kümesi’ olarak ifade edilebilir (Oregon State University, 2023) (Hasol, 2020).

Teknoloji mimari tasarım ve üretim süreçlerinin birçok aşamasında az veya çok gelişmiş yöntemlerle dahil olmaktadır. Tasarım aktivitesi, zihinsel süreçle başlayarak nesnelleştirilir. Düşüncenin somut ve belirgin bir hal alması için kâğıt, kalem, maket gibi görsel araçlardan destek alınır. Teknolojinin gelişimi ve değişimi ile bilgisayar veya diğer cihazların desteğinden de yararlanılmaya başlanmıştır. Mimariye modern çözümler getiren teknoloji, yavaşlayan süreçlere otomatik çözümler ile pratik yöntemler sunarak sürece yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda, insanlık tarihindeki teknolojik dönüşüm ile yapı yapma ve üretim süreçleri arasında da bir paralellikten söz etmek mümkündür. Teknoloji yeni yapı malzemeleri, sistemleri, teknikleri sunarken; mimarlıkta yaşam alanlarını teknolojinin sağladığı imkanlar doğrultusunda düzenlenmesinde, düşüncenin aktarılmasında tercih edilerek, insan ve teknoloji arasında simbiyotik ilişki kurmaktadır (Yıldırım, 2004).

Mimarlık ve teknoloji arasındaki ilişki, insanlığın tarihsel gelişimi boyunca sürekli olarak evrimleşmiş ve birbirini etkilemiştir. Bu ilişki, birçok açıdan derin ve karmaşıktır. Bu durumun farklı ortamlardaki yansımaları kısaca şöyle özetlenebilir:

Malzeme ve İnşaat Teknolojileri: Mimarlık, farklı inşaat malzemeleri ve tekniklerinin kullanılmasını içerir. Teknolojik ilerlemeler, yeni malzemelerin geliştirilmesine ve inşaat süreçlerinin daha verimli ve dayanıklı hale getirilmesine katkı vermektedir.

Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD): Bilgisayar teknolojisi, mimarların tasarım süreçlerini büyük ölçüde kolaylaştırmıştır. CAD yazılımları, mimarların tasarımlarını dijital olarak oluşturmalarına ve incelemelerine olanak tanır. Bu, daha hızlı tasarım iterasyonlarına ve daha iyi görselleştirmelere olanak sağlamaktadır.

İfade ve Sunum Teknikleri: VR ve AR gibi gerçeklik teknolojileri, mimarların tasarımlarını daha etkileşimli bir şekilde deneyimlemelerine ve müşterilere veya kullanıcılara sunmalarına yardımcı olur. Bu teknolojiler, tasarımın daha iyi anlaşılmasını sağlar ve tasarımcılara geri bildirim almak için değerli araçlar sunmaktadır.

Enerji Verimliliği ve Çevresel Sürdürülebilirlik: Teknolojik gelişmeler, binaların enerji verimliliğini artırmak ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerini karşılamak için kullanılır. Akıllı bina sistemleri, enerji tüketimini izlemek ve optimize etmek için kullanılırken, yeşil malzemeler ve çevresel tasarım ilkeleri daha sürdürülebilir binaların inşa edilmesine yardımcı olmaktadır.

Yapay Zekâ ( *Artificial Intelligence- AI*) ve Veri Analitiği: Yapay zekâ ve veri analitiği, büyük veri setlerini analiz etmek ve daha iyi tasarım kararları almak için kullanılabilir. Ayrıca, yapay zekâ, binaların otomasyonunu artırabilir ve enerji verimliliğini optimize edebilmektedir.

Bu faktörler, mimarlık ve teknoloji arasındaki yakın ilişkiyi göstermektedir. Teknoloji, mimarların daha yaratıcı, verimli ve sürdürülebilir tasarımlar yapmalarına olanak tanırken, aynı zamanda inşaat süreçlerini iyileştirir ve yapıların daha işlevsel ve konforlu olmasını sağlamaktadır. Mimarlar, teknolojik gelişmeleri yakından takip etmeli ve tasarım süreçlerinde bu teknolojileri kullanmalıdır. Bu nedenle, teknoloji ve mimarlık arasındaki bu karşılıklı ilişki, modern mimarlık pratiğinin önemli bir parçasıdır (Evli, 2021) (Yıldırım, 2004).

### 2.3 Mimari Tasarım ve Anlatım Tekniklerinin Dönüşümü

Temel anlamda tasarım, belirli ihtiyaçları karşılayacak bir nesnenin gerçekleştirilmesi için yürütülen yaratıcı süreci ifade eder. Bu süreç, üç temel unsuru içerir. Vries'e göre bu süreç:

**Planlama ve Modelleme:** İlk adım, nesnenin üretilmeden (mimarlık ürünleri için inşa edilmeden) önce projesinin yapılmasıdır. Bu aşamada, nesnenin temsili bir modeli oluşturulur. Bu model, nesnenin fiziksel olarak var olmadan önce nasıl görüneceğini belirlemeye yarar ve tasarımın gelişimine katkıda bulunur.

**İhtiyaçları Karşılama:** Tasarım, bir nesnenin kullanım amaçlarına uygun olmasını sağlama amacını taşır. Çünkü mevcut durum ile nesnenin kullanılacağı dünya arasında uyumsuzluklar olabilir. Bu nedenle tasarım, kullanıcı ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak onu, amaçlarına uygun hale getirir. Tasarımcılar, bağlamsal şartları analiz ederek, yinelemeli denemeler yaparak ve hayal güçlerini kullanarak nesneyi amaçlarına uygun hale getirirler.

**Temsil ve Formülasyon:** Tasarım, çözümün doğrudan hesaplanması değil, nesnenin temsili üzerinden formülasyon sürecini içerir. Yani tasarım, nesnenin temsil biçimini oluşturur. Tasarım sırasında geliştirilen yardımcı modeller, sürecin rehberidir, ancak gerçek dünyanın işleyişi hakkında bilgi sağlamazlar. Bu bağlamda, tasarım eyleminin sonucu, elde edilen ürün veya nesnenin temsil biçimidir ve gelecekteki durumu yansıtır (Vries, 1994).

Mimarlık ve tasarım kavramı bütün olarak değerlendirilebilir. Bu bağlamda daha detaylı tanımlamalara rastlanabilmektedir. Hasol'a göre tasarım (Hasol, 2020), 'alışlagelmiş günlük nesnelere, mobilyalardan mimarlık ve peyzajda kentsel planlamaya kadar uzanan ve insan yaratıcılığına dayalı olarak çevreye estetik bit uyum getirmeyi amaçlayan üretim etkinliği, tasarlama işi, dizayn' ya da 'düşüncenin üretimi' olarak tanımlanmaktadır (Sevim, 2019). Mimari tasarım bu anlamda, tasarım alanının içerisinde ele alınabilir. İnan ve Yıldırım'a göre (2009), 'yapı bütününe sağlanmasında uygulanacak olan niteliklerin süzgeçlenerek belirlenmesi' olarak yorumlanmaktadır. Balta'ya göre ise, 'belirli bir ihtiyaç veya programa karşılık olarak, anlamlı boşlukların tanımlanması ve düzenlenmesiyle alanların oluşturulması ya da

topluluk veya kültürlerin uzaysal ve deneysel formlarla ifade edilmesi olarak da tanımlanabilir. Her iki tanım da mimari tasarımı hem fiziksel (physical) hem de sanal (virtual) anlatımı olan bir kavram veya fikir olarak ortaya koymaktadır.’

Kısacası, mimari tasarımda düşüncelerin somut bir hale getirilmesi sürecini kapsamaktadır (Balta, 1999). Bu süreçte hedef belirleme, değerlendirme, tasarımı üretme, problemleri çözme, isteği anlama gibi eylemler ön plandadır. Bu süreç içerisinde problemlerin ya da isteklerin çözüme kavuşturulması için güncel teknolojiden veya diğer disiplinlerden de yararlanılması gerekmektedir (Hasol, 2020) (İnan & Yıldırım, 2009). Mimarlıkta, tasarım düşüncesini somutlaştırmak için iki ve üç boyutlu görselleştirme teknikleri kullanılmaktadır (İnan & Yıldırım, 2009). Bu teknikler bir sonraki başlıklarda incelenerek tasarımın aktarımın tarih içerisindeki değişimine yer verilecektir.

### **2.3.1 Konvansiyonel Anlatım Teknikleri**

Switch ve Warke (2014), düşüncenin aktarılmasında kullanılan iki veya üç boyutlu teknikleri içeren ‘görselleştirme araçları’ analog ve dijital olarak ikiye ayrılmaktadır. Tasarımda analog araçlar, kâğıt, kalem ve maket gibi el ile kontrol edilen; dijital araçlar ise iki veya üç boyutlu temsiller oluşturulmasında bilgisayar tabanlı yazılımları içermektedir.

Analog araçlara dahil olan kâğıt, farklı doku, malzeme ve kalınlıkta üretilmektedir. Temel anlamda görselleştirilecek nesnenin iki boyuttaki ve farklı tekniklerdeki yansımalarının aktarıldığı fiziksel nesnelere dir. Dolayısıyla üzerindeki çizgilerin bütünlüğünü, çizgisel katmanları veya temsillerin yansıtıldığı düzlemi içeren somut bir araçtır. Kâğıdın üzerindeki ifadeyi anlaşılır kılan çizgilerin biçimi, rengi ve kalınlıklarıdır. Bu sayesinde, planların ya da çizimlerin, kütselliği, geometrisi vb. arasındaki hiyerarşinin anlaşılmasında ve ürünün görsel bir bütünlükte görüntülenmesinde yardımcı olmaktadır (Switch & Warke, 2014).

Maketler, genellikle kâğıt, karton, pleksi gibi hafif malzemeler kullanılarak elde edilmektedir. Günümüzde farklı bileşenlerin temsili için kullanılan malzemeler çokça çeşitlendirilebilmekte; fiziksel maketler, üç boyutlu yazıcılar veya karma tekniklerle üretilebilmektedir. Tasarım sürecinde maket, görme ve dokunma algısının oluşmasında, üç boyutlu düşünmede, tasarımın yeniden yorumlanmasında, düşüncenin

sorgulanmasında, temsilinde ve sürecin desteklenmesinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla, tasarım sürecinde kullanılan ifade araçları bağlama göre değişkenlik göstermektedir. Maket ve model kavramları her ne kadar aynı anlamda kullanılsa da bu iki kavramın çağrıştırdığı noktalar ayrıdır. Maket genellikle eğitimde kullanılan kâğıt, ahşap gibi malzemelerin kullanılmasıyla oluşturulan ‘üç boyutlu fiziksel nesnelere’; model ise bilgisayar programları aracılığıyla oluşturulan ‘üç boyutlu görseller’ olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.1). Bu bağlamda, maket ve model iki farklı temsiliyet biçimini ifade etmektedir. Makette tasarımcı ve ürün arasında elle üretilen ve dokunsal algıyı uyandıran bir ilişki bulunduğundan, model de tasarımcı ve ürün arasında bilgisayar kullanımının (araç) entegrasyonu söz konusudur (Asar, 2018). Maketler kağıdının iki boyutluluğundan kurtularak üçüncü boyuta aktarılmasında rol oynamaktadır.



Şekil 2.1 Öğrencinin Maket Aşamaları (Asar, 2018)

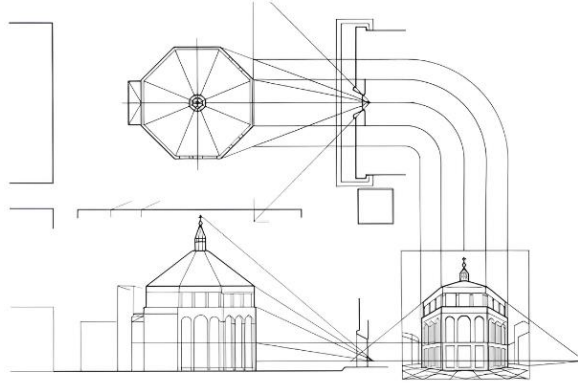
Dijital görselleştirme araçları yapının teknik içeriği hakkındaki verilerin bilgisayarlara aktarılarak iki ve üç boyutlu temsillerin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Bir sonraki başlıklarda daha detaylı incelenen bu araçlar, tasarımın dijital ortamda geliştirilmesine olanak sağlayarak bilgisayarlar aracılığıyla 3D modeller veya iki boyutlu çizimlerin oluşturulmasında kullanılır. Böylelikle, analog temsillerinde yer alan fiziksel kütlelerin ya da çizgisel temsillerin aksine daha kolay ve masrafsız olarak bozma-birleştirme, kesme-birleştirme, deneme-yanılma gibi eylemlerin gerçekleştirilmesine imkân tanımaktadır. Bu noktada, analog ve dijital görselleştirme araçlarının arasındaki en temel fark, analog araçlarda yapı hiyerarşinin anlaşılması için çizgi kalınlıkları, ölçeklendirme, renklendirme, malzeme bilgisi gibi özelliklerin anlık olarak karar

verilmesi ve uygulanması gerekirken, dijital araçlarda bu verilerin tasarım sürecinden önce, farklı aşamalarında veya anlık değiştirilebilmesini mümkün kılmaktadır (Switch & Warke, 2014).

Sonuç olarak, tasarım ve mimarlık, düşünceleri somutlaştırma sürecini ifade eden ve çeşitli meslek gruplarına önemli bir temel sağlayan karmaşık ve çok yönlü kavramlardır. Bu süreçte görselleştirme araçları, tasarım düşüncesinin ifadesinde kritik bir rol oynar. Bu amaçla hem analog hem de dijital teknikler kullanılmakla birlikte, her yöntemin kendi karakteristiği bulunmaktadır.

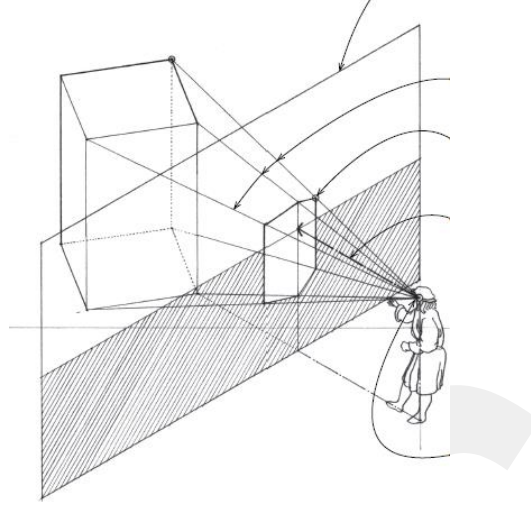
### **2.3.2 Perspektif ve Fotografik İfadenin Mimarlıkta Kullanımı**

Kurt'a göre, 'Mimari üretim iki gerçekliği bir arada içerir: Bunlardan ilkinin inşa edilmiş ürünün kendisi, diğerini ise mimarın tasarımını aktaran çizim oluşturur. İnşa edilecek üç boyutlu gerçeklikle, bu gerçekliğin iki boyutlu düzlem üzerinde temsil edilmesi, gösterilmesi arasındaki ilişki mimarlık tarihinin önde gelen belirleyicileri arasındadır' (Kurt, 2008). Bu bağlamda, tasarımda yapma eyleminin kadar görme eylemi de önemli bir role sahiptir. Görme eyleminin fizikselleştirildiği bir "represantasyon" (temsil) aracı olarak kullanıldığı tarihteki ilk örnek perspektif çizimleridir. Çizgisel perspektif, 15. yüzyılda rönesans sanatçısı ve mimarı Filippo Brunelleschi tarafından kavramsallaştırılmıştır. Perspektif ifade, insan görme biçiminin analizine dayanan bir anlatım biçimidir. Sabit bir noktada duran gözlemcinin, bulunduğu noktaya ulaşan güneş ışınlarının onun göz yuvarlağının arkasında göz merceği aracılığıyla ters olarak yansıyan ışınların beyin tarafından işlenmesiyle zihinde oluşan görme duyusunu taklit eder. Kısacası perspektif çizim, bu görme biçiminin iki boyutlu düzlem üzerine yansıtılmasıyla ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.2 Perspektif Çizimi (Kurt, 2008)

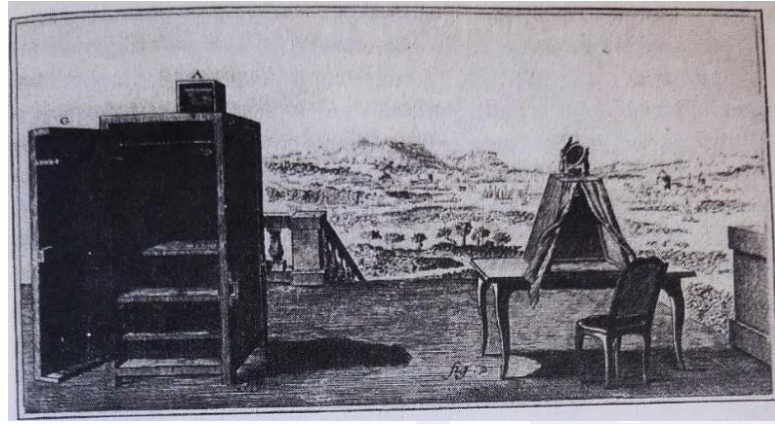
Gözlemci fiziksel mekânda geniş bakış açısına sahiptir. Bundan dolayı çevre ve mekânlar hakkında daha fazla bilgiyi zihinde tutar. Perspektif çizimlerinde göreceli boyut, uzaklık ve düşey çizgiler sabit kalarak sadece yatay çizgiler belirlenen noktaya göre çizilir ve gözlemcinin bakış açısına göre yeniden düzenlenir (Şekil 2.2). Perspektif çizimlerinde kâğıt veya ekran tarafından aktarılan görüntü boyutlandırılmadan dolayı tek noktaya sabitlenir. Bu bağlamda perspektif çizimleri, fiziksel mekânın benzerliğini artırmada önemli bir role sahipken, sabit bakış açısından dolayı görüşü sınırlandırılmaktadır (Kayapa, 2010). Ayrıca renk, doku gibi görselliği artırıcı özellikler eklendiğinde de gözlemcide mekânın görsel algısına yakın bir etki bırakır. Merkezi perspektifin keşfi, resimde doğal gerçekliğin ifadesine katkı sağlanmıştır. Aynı bağlamda, resim ve teknik bilimlerin gelişmesine katkıda bulunmuştur (Kurt, 2008).



Şekil 2.3 Perspektif Çizimi (Ching, 2015)

Rönesans döneminde perspektifin kullanımının artması ile resimlerdeki tekniklerin gelişmesinin ardından 17.-18. yüzyılda gözleme dayalı ışık, göz ve merceğin kullanıldığı bilimsel araştırmalar gelişmeye başlamıştır. Bu dönemde görmeyi anlamlı kılan mercek ve ışığın birleştirilerek oluşturulduğu, aynı zamanda ilk kamera örneği *Camera Obscura* buluşudur. *Camera Obscura* (karanlık kutu) kapalı bir kutuydu (Şekil 2.3). 18. yüzyılda sanatçılar tarafından kopya ya da resimlerde kılavuz çizgiler, oluşturmak için kullanılmaktaydı. *Camera Obscura*, ilk başlarda gözlemci ve fiziksel ortam arasındaki ilişkiyi betimleyen görsel cihaz olarak betimleniyordu fakat zaman içerisinde gözlemciyi çevreleyen ve fiziksel ortam ile yalnız bırakılan ‘özelleştirilmiş ortam’ olarak değişti. *Camera Obscura*, perspektif tekniğinde olduğu gibi gözlemci ve bakış açısına sahiptir. Perspektif ile her ne kadar ilişkileri olsa da farklılıklarını da göz ardı etmemek gerekmektedir. Bu farklılıklardan biri, kamera tarafından görüntünün yönlendirilmesi sebebiyle, gözlemcinin görme eylemini insan bedeninden uzaklaştırarak bedensiz kılmasıdır. İkincisi, *Camera Obscura* fiziksel ortamın sınırlandırıldığı ortam içerisinde gözlemciye yer verirken perspektif, gözlemciyi görüntünün karşısında konumlandırmasından dolayı başka bir gözlemci bakış açısı sunmamaktadır. Üçüncüsü, *Camera Obscura* görüntünün içerisinde yer alan nesnelere anlık olarak yakalayarak detaylı görüntülenmesini ve doğal görmeyi yansıtırken, perspektif çizimlerinde bunu karşılaştırmak bile mümkün değildir. Bu bağlamda

*Camera Obscura* en önemli özelliği fiziksel ortam ile gözlemci arasındaki görüntüyü (bakış açısını) sınırlandırmamasıdır (Crary, 2004)



Şekil 2.4 Camera Obsura'lar (18. Yüzyıl Ortası) (Crary, 2004)

Konvansiyonel anlatım teknikleri, yeni teknolojilerin gelişmesiyle bütünüyle ortadan kalkmamıştır. Halen mimarları hemen hepsi özellikle fikir geliştirme, konsept üretme, detay çalışma gibi birçok aşamada konvansiyonel aletler olan kalem, kâğıt, cetvel gibi araçlardan faydalanmayı sürdürmektedir. Geliştirilmekte olan birçok “girdi-input” teknolojisinde insanoğlunun bu araçlarla olan ilişkisini baz alınmakta; ergonomi ve kullanım tekniklerini bu ilişkiler üzerinden kurulmaktadır. Yine ekranlar üzerinde görüntülenen CAD, CAM ve BIM programları “kâğıt” üzerinden aktarılan bilgiyi esas alarak “kanvas”, “masaüstü”, “zemin” benzeri ifadeler ve buna benzer soyutlanmış araçlarla “girdi” ve “çıkı” tarifleri yapmaktadır. Bir sonraki bölümde bu yeni teknolojilerin gelişiminden bahsedilmektedir.

### 2.3.3 Bilgisayar Destekli Tasarım/Üretim ve Görselleştirme Teknikleri

Zaman içerisinde ilkel makine kullanımı, internet ağları, bilgisayarlar yazılımları gibi teknolojik ürünlerinin gelişmesi, beraberinde görme algısını ve tasarım araçlarının değişmesine neden olmuştur Büyük bilişim teknolojileri şirketi olan IBM'nin (*International Business Machines*; Uluslararası İş Makineleri), 1981 yılında kişisel bilgisayarlar ile çizim, boyama, 3D modelleme, animasyon gibi teknik yazılımları piyasaya sürülmesiyle bilgisayar destekli programların ilk adım atılmıştır. (Sorguç & Yemişcioğlu, 2020). 1990'lı yıllarında ki bu gelişme aracılığıyla ilk başlarda uçak, araba, gemi ve makine gibi teknik açıdan desteğe ihtiyaç duyulan mühendislik

alanlarında, daha sonrasında tasarım ve yaratıcılığı kullanan her alanda dijitalleşme yaygınlaşmıştır. Bu sayede, teknolojinin çıktısı olan yazılımlar medya, sanat, mimarlık gibi birçok disiplinde sıkça kullanılan araç olarak yerini almaya başlamıştır. Özellikle 2000'li yıllardan sonra yazılım şirketleri ürünlerini artırarak, tasarım ve mimarlık alanları üzerine yönelmiştir. Böylelikle, mimari tasarımda kullanılan analog görselleştirme araçlarına bilgisayar desteği de eklenerek modern ve pratik çözümler sunmaya başlamıştır. Dijitalleşmeye geçilmesi ile Bilgisayar Destekli Tasarım (*Computer Aided Design- CAD*), Bilgisayar Destekli Üretim (*Computer Aided Manufacturing- CAM*), Yapı Bilgi Modellemesi (*Building Information Modelling- BIM*) gibi uygulamalar/programlar geliştirilmiştir. CAD, tasarım sürecinde 'yaratma, analiz, düzenleme, değiştirme ve verilerin optimizasyonunu' sağlanmasında kullanılmaktadır. CAD uygulamalarıyla kullanıcının bilgisayar üzerinden verdiği komutlar doğrultusunda; çizim, şekil ve sembolleri kullanarak tasarımın iki boyuta dönüştürülmesinde ve sil baştan yapılmadan değişiklikler yapılabilir. Ayrıca CAD uygulamalarda bulunan özellikler ile tasarım üzerinde eklentiler, değişimler veya detaylandırmalar yapılabilmesine de imkân tanımaktadır. Bunlarda tasarımda hataları aza indirgeyerek, kaliteli ürünlerin ortaya konması ve ürün hakkındaki ölçü, içerik gibi verilerin görüntülenmesinde rol oynayarak, üretkenlik ve zaman tasarrufunda da kolaylık sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Keskinel, 1985).

Genel olarak değerlendirildiğinde CAD; mimarlık, mühendislik gibi alanlarda, ürünün hem görsel hem de teknik çizimlerin yer aldığı, temsil biçimlerinin yer aldığı, sembol tabanlı bilgisayar programlarının tümüdür. Tasarımı anlama, sorgulama, uygulama ve ihtiyaca göre kolayca değişiklik yapılmasına, müşteri-tasarımcı arasındaki iletişimi kuvvetlendirilmesine tasarımı ifade etme aracı olarak tercih edilmektedir. (Aouad, Wu, Lee, & Onyenobi, 2012). Bir başka anlamla CAD, sentetik bilgileri içeren, holografî, uçuş simülatörleri, bilgisayar animasyonları, resim algılayıcıları gibi görme eylemini insan gözünden başka bir ortamda yeniden yorumlanmasını sağlayan dijital teknik örneğidir (Crary, 2004)

CAD programların gelişimi kısaca özetlendiğinde ilk adımı 1960'larda Sutherland tarafından geliştirilen *Sketchpad* (çizim levhası) isimli bilgisayar program ile atılmıştır. 1970'lerden sonra maliyetin düşmesi ve bilgisayar kullanımı yaygınlaştırılması, CAD programlarının ilerlemesini tetiklemiştir. Bununla beraber,

1980’li yıllarda CAD yazılımı ve programlarının yaygınlaştırılmasına ve eğitime dahil edilmesi için öğrencilere konferans ve seminerlerin düzenlenmiştir.

CAD programlarının değişimi, Sutherland ile başlayarak zaman içerisinde bireysel bilgisayarın kullanıma geçilmiş ardından, vektörel program olan *Autocad 1.0* ve CAD, CAM, *Catia 1.0* gibi yazılımların üretilmesini tetiklemiştir (Işık, 2008). Bu bağlamda 1982 yılında, mimarlık, mühendislik gibi alanlarda kullanılmak üzere; tasarımları ilk başlarda iki boyutlu daha sonrasında da hem iki hem de üç boyutlu dijital ortama aktarılmasına yardımcı olan ve Autodesk tarafından geliştirilen AutoCAD aracını üretildi (Caetano & Leitão, 2020). 1985 yılında Bentley Systems, *AutoCAD* yazılımına benzer, sınırlı ara yüze sahip ve basit iki boyutlu çizimlerin yapıldığı *Microstation* uygulaması piyasada yerini almıştır. Bu gelişimleri bir adım daha ileriye taşımak için *Pro/ENGINEER* aracı geliştirilmiştir. 1897 de Samuel Heinsberg tarafından geliştirilen bu araç, mekanik mühendislerine yönelik üç boyutlu model yapımının maliyetini düşülmesinde ve fiziksel kısıtlamaları ortadan kaldırarak parametrik bileşenlerin ilişkilendirilmesine yardımcı bir araç olarak kullanılmaktaydı 1998 yılında Robert McNeel & Associates tarafından matematiksel olarak eğrilere ve özgün çizimlerin oluşmasına olanak sağlayan *Rhinoceros 3D* uygulaması üretilmiştir. 2000 yılında, mimarların tasarımlarını üç boyutlu olarak daha kolay ifade edilebilmesi için @lastsoftware şirketi *Sketchup* uygulaması geliştirilmiştir. 2006 yılında şirketi Google satın alarak adını ilk *Google Sketchup*, 2012 yılında ise *Trimble Navigation* olarak değiştirmiştir. Programları otomatikleştirmek ve ara yüz araçlarını yenilemek için 1986 yılında yeniden Autodesk tarafından *AutoLISP* piyasaya sürülerek bu amaç desteklenmeye çalışılmıştır. 2007 yılında Bentley tarafından nesnelere arasındaki ilişkiyi algoritmalar aracılığıyla kontrolünün sağlandığı *Generative Components 2* üretilmiştir. 2008 yılında görselleştirme aracı niteliğinde kullanılan *Grasshopper*, karmaşık parametrik tasarımı modellemek için mimarlar tarafından görselleştirme ve modelleme aracı olan *Rhinoceros 3D*’ye eklenmiştir (Caetano & Leitão, 2020).

Özellikle 2000’li yıllardan sonra yazılım şirketleri ürünlerini çeşitlendirerek, tasarım ve mimarlık alanları üzerine yönelmiştir (Taşdelen & Gül, 2017). Zaman içerisinde dijitalleşmeye geçilmesi ile CAD uygulamalarının yenilendiği görülmektedir. Bu bağlamda tasarım sürecinde CAD, ‘yaratma, analiz, düzenleme, değiştirme ve

verilerin optimizasyonunu' sağlanmasında kullanılmaktadır. CAD uygulamalar kullanıcının bilgisayar üzerinden verdiği komutlar doğrultusunda çizgi, şekil ve sembolleri kullanarak tasarımın bilgisayar diline dönüştürülmesinde izin vermektedir. Kısacası CAD uygulamalarında bulunan özellikler ile tasarım üzerinde eklentiler, değişimler veya detaylandırmaları kolayca yapılabilmektedir. CAD sayesinde hem mimari tasarım aşamalarının süreleri kısaltılmış hem de geleneksel revizyon işlerini bir üst seviyeye taşınmasında kolaylık sağlamıştır. Bunlarla beraber, tasarımda hataları aza indirgeyerek, kaliteli ürünlerin ortaya konması ve ürün hakkındaki ölçü, içerik gibi verilerin görüntülenmesinde rol oynayarak bilginin iş birliği yapılan diğer mesleki ortaklara kolayca aktarılmasında, üretkenlik ve zaman tasarrufunda da kolaylık sağlamaktadır (Keskinel, 1985).

Genel olarak değerlendirildiğinde CAD; mimarlık, mühendislik gibi alanlarda, ürünün hem görsel hem de teknik çizimlerin yer aldığı, 2D ve 3D ile ifade edilebilen, sembol tabanlı bilgisayar programlarının tümüdür (Aouad, Wu, Lee, & Onyenobi, 2012).

Kısacası CAD sentetik bilgileri içeren, holografi, uçuş simülatörleri, bilgisayar animasyonları, resim algılayıcıları gibi görme eylemini insan gözünden başka bir ortamda yeniden yorumlanmasını sağlayan dijital teknik örneğidir (Crary, 2004). Bu bağlamda CAD sistemiyle, insan-makine arasında yeni bir ilişki ile karşı karşıya kalınmaktadır. İnsan-makine ilişkisinde tasarımcı, problem çözme, yaratıcılık, düşünme eylemlerini üstlenirken; bilgisayar pratikleşme, hızlı hesaplama, görselleştirme, veri depolama görevini görmektedir. Dolayısıyla, sistemde tasarımcı bilgisayar değil kullanıcıdır (Keskinel, 1985).

Dijital tasarım araçlarının gelişimi, bilgisayar teknolojisi ile insan gücünü kıyaslanamayacak konuma getirerek, bilgisayar ve insan tabanlı tasarımın arasında birçok farkı su üzerine çıkarmıştır. Bu farklardan ilki, büyük ölçekli sayısal veriler bilgisayarlar tarafından kolayca sınıflandırılabilirken, insanda bu eylemin kapasitesi daha kısıtlı olmasıdır. İkincisi; bilgisayarlar bilgiyi sistemlerine işleyerek hızlıca yapılandırır ve düzenler. İnsanlarda ise aktarılan bilgiyi yorumlamak ya da özümsemek zaman alabilmektedir. Bir başka açıdan, CAD kullanılması elle yapılan (manuel) çalışmaya göre daha kolaydır çünkü uygulamalarda bulunan komutlar sayesinde herhangi bir hata anında ya da veri eksikliğinde uygulamaya yeniden

başlamaya gerek yoktur. (Shivegowda, Boonyasopon, & Rangappa, 2022). CAD uygulamaların yanı sıra CAM, BIM gibi uygulamalarda tasarım ve üretim süreçlerine yardımcı tasarım araçları bulunmaktadır.

Ürünleri tasarlamak ve üretim süreçlerini hızlandırmaya yardım eden diğer teknolojilerden biri Bilgisayar Destekli Üretim'dir. (*Computer Aided Manufacturing-CAM*). CAM, üretim sürecinin planlanması, hesaplanması, yönetimi, taşınması, depolanması vb. tüm adımların bir bilgisayar ile kontrolünü sağlamak için kullanılmaktadır. Bu sayede, daha hızlı ve net sonuçların elde edilmesine yardım etmektedir (Shivegowda, Boonyasopon, & Rangappa, 2022).

Caetano ve Leitão göre (2020), tasarım araçlarının gelişimi 21. yüzyılda başlamıştır. Tasarım süreçlerini etkileyen araçlar CAD veya CAM olduğu gibi BIM de genellikle analiz ve simülasyon araçları olarak kullanılmaktadır. Tasarım sürecinde BIM programları CAD programları kadar önemli bir role sahiptir. BIM araçlarının tarihsel gelişimi kısaca şöyledir; 1982 yılında Graphisoft şirketi BIM'ı geliştirdi ve ardından mimarlar için 1987 yılında elementerin parametrik ilişkilerini anlaşılmasına yardımcı, yapı bilgisi sunan ve 3D modellemeye imkân sağlayan Archicad I uygulamasını üretti. 2000 yılında ise Revit Technology Corporation tarafından yapı bilgisi, yapı modellemesi, parametrik tasarımların oluşturulması gibi modelleme ve geometrisine yardımcı olan *Revit* piyasaya sürüldü. 2002 yılında Autodesk şirketi satın alarak Revit yazılımı geliştirmeye başladı. Ardından, 2005'te *Revit Structure*, 2006'da *Revit Mep* ve 2011'de görselleştirme programı olan *Dynamo* piyasaya sürdü. Bunlara ek olarak süreç içerisinde, yapı davranışını, yapı analizi gibi denetimlerin yapılmasına izin veren *Energyplus*, *Ecotec*, *Robot* ve benzeri simülasyon araçları da üretilmiştir (Caetano & Leitão, 2020).

Genel olarak BIM iyileştirme, proje yönetimi, inşaat, mimarlık gibi birçok alan ve meslekte kullanılmaktadır. BIM tasarımın yapısal, görünüş ve estetiğinin veya yapı ile ilgili diğer verilerin (malzeme gibi) yapım aşamasından önce görüntülenmesine ve üzerinde değişikliklerin yapılmasına yardımcı olmaktadır. Kısacası BIM, mekân tasarımında, sanal yapı modellemesinde, tasarımın iç ve dış mekân akışını yeniden düzenlenmesinde, yapı-çevre ilişkisinin incelenmesinde, farklı perspektiflerden yapının görünüşünün görüntülenmesine kadar tasarımın detaylı incelenmesine

mümkün kılmaktadır. Bu sayede, mimara/tasarımcıya mekân tasarımını geliştirmesini, malzeme seçimi, yapının konumunu ayarlaması gibi birçok seçenek sunabileceği gibi maliyet, alan hesabı ve istatistik verilerini de kullanıcıya aktarabilmektedir. Bu da BIM teknolojisinin çok yönlü ve işlevsel olduğunun göstergesidir (Luo, Liu, & Liu, 2021).

#### **2.3.4 Bilgisayar Destekli. Tasarım ve Uygulamaya Yönelik Donanımlar**

BIM ve CAD uygulamalarından önce bilgisayarlar, birden fazla kablo bağlantısının bulunduğu ve insan kontrolünde kullanılan ana bilgisayarlardan oluşmaktaydı. Ardından kişisel bilgisayarların kullanımının artmasıyla bilgisayarlar zaman içerisinde küçülerek dokunulabilen ekranlara (tablet gibi) ve daha kullanışlı cihazlara dönüştürülmüştür. Bu gibi gelişmelerin gerçekleşmesinde, bilgisayarların giriş birimleri olan fare, klavye ve ekranın sunduğu insan-makine etkileşimi baz alınmıştır. Söz konusu pek çok değişim sadece bilgisayarlarda değil cep telefonları, televizyon, müzik seti, telefon ve ev elektrik sistemi gibi birbirinden bağımsız cihazların gelişmesinde ve aynı ortamda çalışabilmesine imkân sağlanarak yeni teknolojilere dönüştürülmüştür (Altın, 2017).

Günümüzde ise bilgisayar teknolojisi HDM (*Head Mounted Displays-* Başa Giyilebilen Ekranlar) gözlüklerinin içerisine entegre edilmeye çalışılmaktadır (Apple, b.t.). Bunlarla beraber, CAD ve BIM programlarıyla ÇGT'nin gelişimi de paralel olarak devam etmektedir. ÇGT, çok boyutlu düşünme, yaratıcılığı arttırma, görselleştirme, simüle etme, işitsel ve dokusal etkileşim sağlama gibi BIM ve CAD uygulamalarına göre benzer ve farklı özellikleri içerisinde barındırmaktadır. Oyun, eğitim, mimarlık, mühendislik gibi alan ve mesleklerde kullanılmaktadır (Küçüksaraç, 2022).

Bir sonraki bölümde halen gelişmekte ve güncellenmekte olan ÇGT teknolojileri incelenmektedir. Bu bağlamda, ÇGT'nin temel kavramları sınıflandırılmıştır. Ardından ÇGT'nin temeli olan VR ve AR teknoloji üzerinde yoğunlaşarak gelişim ve kullanımlarına yer verilmektedir.

## BÖLÜM 3

### 3. ÇAĞDAŞ GERÇEKLIK TEKNOLOJİLERİ: SINIFLANDIRMA, GELİŞİM VE KULLANIM

Teknoloji birçok farklı alandaki sorunların kısa ve pratik yoldan çözülmesine odaklanır. Mimarlıkta teknoloji, yapıların tasarım veya üretim süresince kısa zamanda nitelikli ürünlerin elde edilmesi, hedef kitleler ile daha iyi iletişim kurulması veya yeni tasarım yaklaşımları geliştirilmesi gibi çeşitli imkanlar sunmaktadır. Bu bağlamda, sürekli değişen teknolojinin mimarlığı da etkilediği söylenebilir. Mimarlık pratiğinde tasarlama veya eğitim amaçlı olarak kullanılan en ilkel eskiz, maket, perspektif, kolaj yöntemleri dahil tasarımcının zihninde oluşan düşünceyi aktarmak üzere kullanılan “gerçeklik teknolojileri” olarak kabul edilebilir. Tasarımcı bu yolla henüz gerçek olmayan bir zihinsel olguyu bir biçimde kendine veya başkalarına aktarmak ve gerekirse yeni denemeler yapmak üzere yapay bir gerçeklik ortamına transfer etmektedir. Bu yönden bakıldığında, mimarlıkta düşüncenin el çizimleriyle veya maketlerle başlayan aktarımı son yüzyılda CAD uygulamaları ve AR ve VR gibi gerçeklik teknolojilerinin entegre olduğu araçlarla daha hızlı ve nitelikli hale gelmiştir. Gerçeklik teknolojileri, tasarlanan ürünü hayata geçmeden önce, sanal ya da fiziksel ortamlarda üç boyutlu olarak inceleme imkânı sunarak hedef kitleye, (müşteri, iş ortağı, meslektaş, danışman, denetleyici, eğitmen öğrenci gibi) bilgi aktarımını daha ifadeli ve dahil edici (*immersive*) hale getirmektedir. Günümüzde bu ve benzeri amaçlarla kullanılan çağdaş gerçeklik teknolojileri, VR, AR, MR ve XR kavramları altında öne çıkmakta ve gelişmeye devam etmektedir. Bu bağlamda bu bölümde, insana ait gerçeklik algısını farklı yöntemlerle yeniden üretmeye çalışan tüm güncel teknolojiler, ‘çağdaş gerçeklik teknolojileri’ adı altında incelenecektir. Bu kapsamda bu teknolojilerin temeli olan VR ve AR’ın gelişimi detaylandırılarak mimari tasarım ve mimarlık eğitimindeki örnekleri üzerinden mimari pratiğe etkisi değerlendirilecektir.

### 3.1 Çağdaş Gerçeklik Teknolojileri: Sınıflandırma ve Tanımlar

Gerçeklik, ‘en genel anlamı içinde, dış dünyada nesnel bir varoluşa sahip olan varlık, var olanların tümü, var olan şeylerin bütünü; bilinçten, bilen insan zihninden bağımsız olarak var olan her şey.’ olarak tanımlanmaktadır (Cevizci, 2005). Gerçeklik olgusu, geçmişten günümüze kadar tartışılan ve ‘teknolojik gelişmelerle birlikte nesnelere be duyular aracılığıyla kavranabilen, dönüştürülebilir ve inşa edilebilir bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır.’ (Küçüksaraç, 2022). Baudrillard günümüz gerçeklik olgusunu (Baudrillard, 2021), herhangi bir sistemin işlevselliğinin açıklanmasını aktaran, maket veya bilgisayar programlarını kullanarak yapay yollarla oluşturulmuş benzetim ‘simülasyon’ evreni olarak nitelendirmektedir (Baudrillard, 2021).

Gerçeklik bir anlamda insanın varlığıyla ilişkilidir. İnsan, duyularıyla hissedebildiği (görmek, duymak, dokunmak, koklamak, tatmak) her varlığı kısmen veya bütünüyle algılayabilir. Bu duyularının doğrudan ve eş zamanlı olarak veri alabildiği varlıklara dair bileşenler “gerçeklik” algısını arttırır. Günümüzde, farklı uygulama alanlarında, bu algıyı taklit etmeye veya yapay biçimde üretmeye yönelik teknolojilerin kullanılması söz konusudur. Bu çalışma kapsamında çağdaş gerçeklik teknolojileri (ÇGT) olarak ifade edilen yöntemlerinden bazıları VR, AR, MR ve MR olduğu ifade edilebilir. Bahsedilen teknolojik alanın süregelen gelişimi literatür araştırması çerçevesinde incelendiğinde VR ve AR teknolojilerinin bu alandaki temel yöntemler olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, çalışma kapsamında bu iki temel teknoloji detaylı olarak incelenmekte ve ilişkili araştırma ve çalışmalara daha sık değinilmektedir.

#### 3.1.1 Sanal Gerçeklik (*Virtual Reality*)

VR, gerçeği taklit eden ‘gelişmiş insan-bilgisayar arayüzü’ olarak tanımlanmaktadır. Bu arayüzde, gözlemci, nesnelere farklı perspektiflerden görebilir, hareket ettirebilir ya da nesnelere içerisinde dolaşabilmektedir. Ayrıca sanal ortamdaki sanal nesnelere hareket ettirebilmek için küçük simgelerin olduğu ekranlara ya da bilgisayardan yapılacak herhangi bir müdahaleye (komut girişine) ihtiyaç duyulmamaktadır. Bunlarla beraber, VR sisteminin bütünlüğünü oluşturabilmek için sadece duygusal geri bildirim olması yeterli değildir. Yazılımsal, donanımsal, hızlı internet erişimi gibi koşullarında sağlanması gerekmektedir (Zheng , Chan , & Gibson, 1998).

Başka bir tanıma göre; 'bilgisayar grafiklerinden yardım alınarak oluşturulan gerçeğe yakın görüntülerin bir araya getirilmesinden ve kullanıcıların yapay ortamdaki etkileşimine yanıt veren "simülasyon" olarak tanımlanmaktadır. VR da önemli olan kullanıcıların sistem ile "eş zamanlı" etkileşiminin sağlanmasıdır (Burdea & Coiffet, 2003). Burdea ve arkadaşları (2003), bir bilgisayar sisteminin VR olarak kullanılabilmesi/algılanabilmesi için, 'immersion, interaction, imagination' (daldırma, etkileşim, hayal gücü), başka bir anlamla, '3İ' nin bir arada bulunması gerektiğini savunmaktadır (Burdea & Coiffet, 2003). Daldırma, kullanıcının birden fazla donanımı kullanarak sanal ortama daldırılması/içine alınması; etkileşim, insan ve bilgisayar arasındaki eş zamanlı veri alışverişi; hayal ise, sanal dünya içerisinde yer alan içeriğin yaratıcısının zihninde yer alan, paylaşıldığı zaman öğrenilen ve aktarılabilen hayali boşluk olarak tanımlanmaktadır 3İ tarafından oluşturulan algı sayesinde insan-bilgisayar, insan-makine arasındaki etkileşim desteklenerek ortama dahil edilen kullanıcı yapay ortam ile daha rahat etkileşime geçebilmektedir (Karışma, 2017).

VR, gelişen teknoloji ile yapay yollarla (bilgisayar vb.) oluşturulmuş olan dijital ortamda kullanıcıların birden fazla duygusal etkileşimin sağlandığı sürükleyici ortamdır. Böylelikle sanal ortamdaki kullanıcıların, yeni şeylerin deneyimlenmesine ve keşfedilmesine izin vermektedir. Ek olarak VR; tat, koku, dokunma, görme, duyma gibi duyuları kullanarak simüle edilen bir ortamı da barındırmaktadır. Yapay ortamda duyuları harekete geçirilen kullanıcı, kendisini orada yaşıyormuş hissine kapılmaktadır. Bu bağlamda duyuları harekete geçirmek ve kullanıcı-ortam ilişkisini güçlendirmek ya da gerçeklik algısını arttırmak için daldırma kaskları (HDM), VR kulaklıkları, eldivenler gibi giyilebilir donanımlar kullanılmaktadır (Küçüksaraç, 2022).

### **3.1.2 Artırılmış Gerçeklik (*Augmented Reality*)**

Sürükleyici deneyime izin veren, sanal ve fiziksel ortamı birleştiren bir sonraki gerçeklik teknolojisi AR'dır. Azuma yaptığı çalışma ile ilk kez AR tanımını kavramsallaştırarak literatüre katkı sağlamıştır. Azuma, AR teknolojisini 'Sanal Gerçekliğin varyasyonu' olarak tanımlamaktadır. Çünkü VR, bilgisayar yoluyla oluşturulmuş sanal ortamda kullanıcıyı tamamen içine çekebilmektedir/daldırmaktadır. Bu özellikle kullanıcı, daldırılan sanal ortam

içerisindeyken fiziksel dünya arasındaki bağ engellenir fakat AR teknolojisi ile durum tam tersidir. Gerçek dünya verilerinin/nesnelerin üzerinde, önceden oluşturulmuş sanal nesnelerin aktarımına sağlanır. Böylece kullanıcının fiziksel dünyada ile ilişkisi tamamen koparılmamaktadır. Başka bir anlamla, tamamen yapay ya da tamamen gerçek olma arasında köprü görevi görerek gerçeği yönlendirilir. Bu vasıta ile, VR teknolojisine alternatif bir model oluşturmaktadır (Azuma, 1997).

Kılıç AR teknolojisini (2016), sadece sanal ya da sadece gerçekten oluşmadığını onun yerine, sanal ve gerçekliğin bir araya gelerek oluştuğunu savunmaktadır. Ayrıca Kılıç, VR ve AR görünüşünde benzerlikler olduğu kadar farklılıkların da yer aldığını belirtmektedir. Bu farklardan en belirgin olanı önceden bahsedildiği gibi AR teknolojisinde gerçek ile olan ilişkinin kesilmemesidir.

AR her iki mekânda bulunan nesnelere eş zamanlı etkileşimin gerçekleşmesini sağlayan yeni (!) teknolojidir. Dijital verilerin eş zamanlı olarak fiziksel ortama aktarılmasını sağlayan AR teknolojisi, fiziksel mekânı sanal nesnelere ile zenginleştirmektedir. Bu da her iki mekânda bulunan nesnelere etkileşime geçebildiğinin göstergesidir. Ek olarak, VR da olduğu gibi kullanıcının beş duyu organına hitap edebilecek grafik, ses, video gibi araçlarla mekân ya da nesnelerin daha iyi algılanmasına olanak sağlamaktadır. Akıllı telefonlarda bulunan AR uygulamaları, HDM, lensler gibi teknolojik cihazlar AR deneyimi arttıran araçlardır (Küçüksaraç, 2022).

Birçok çalışmada yer alan Miligram ve Kishino (1994), MR (*Mixed Reality*- Karma Gerçeklik) kavramını ortaya atarak AR çalışmalarının gelişmesine yardımcı olmuştur. Miligram ve Kishino MR'ı 'sanal süreklilik' (*virtuality continuum*) şemasında tanımlamıştır (Şekil 3.1). Bu şemada, en solda sadece gerçek çevre/nesne bulunurken, en sağda ise sadece sanal çevre/nesnelerin bulunmaktadır. Soldan sağa gidildikçe ortamın sanallığı artarken, sağdan sola gidildikçe de gerçekliği artmaktadır. Bu şemada AR'ın yerini, sanal ve gerçekliğin ortasında bulunan bir alan olarak tanımlamışlardır (Milgram & Kishino, 1994).



Şekil 3.1 Sanal Süreklilik (Günümüze Uyarlanmıştır) (Milgram & Kishino, 1994)

### 3.1.3 Karma Gerçeklik (*Mixed Reality*)

MR, sanal nesnelere eş zamanlı olarak fiziksel nesnelere gibi gerçek ortamda konumlandırılmasını sağlayan hem AR hem de VR teknolojisine dönüşebilen sanal ve gerçek arasında köprü gören teknolojidir. MR'ın, VR ve AR teknolojilerinden farkı şu şekilde özetlemek mümkündür (Küçükşaracı, 2022) :

‘Bir antik kente gitmeden onu evinizde sanal görseller içeren bir gözlükle deneyimlediğinizde, bu bir sanal gerçeklik aktivitesi iken; antik kente gittiğinizde eski yapısını kaybetmiş eserlere gözlüklerinizle baktığınızda, eserlerin eski halini gördüğünüzde bu bir artırılmış gerçekliktir. Ancak antik kente girdiğinizde kentin sokaklarında insanların dolaştığını sohbet ettiğini gördüğünüzde, bir de evde pişen yemek kokuları burnunuza geldiğinde, evin kapısını açıp kapatabildiğinizde ve kent yerleşim yeri olarak kullanıldığı zaman ki gibiyse artık bir karma gerçeklik ortamındasınızdır.’

MR grafik işleme, ekran teknolojileri gibi çeşitli alanlardaki gelişmelerin sonucu oluşmuştur (Şekil 3.2). Bilgisayar, akıllı telefon vb., sonra gelen, ekranlarla sınırlandırılmayan, yaşam alanlarına entegre edilen doğal 3D modellerinden oluşan, fiziksel ve dijital dünyanın karışımıdır (Microsoft, 2023).

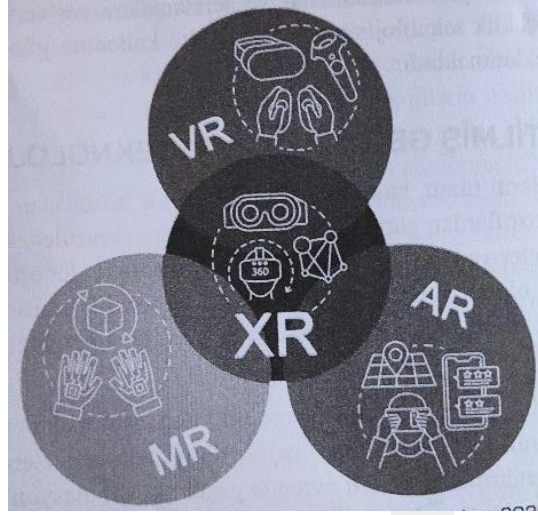


Şekil 3.2 Bilgisayarlar, İnsanlar ve Çevre Arasındaki Etkileşimler (Türkçe ye çevrilmiştir) (Microsoft, 2023)

### 3.1.4 Genişletilmiş Gerçeklik (Extended Reality)

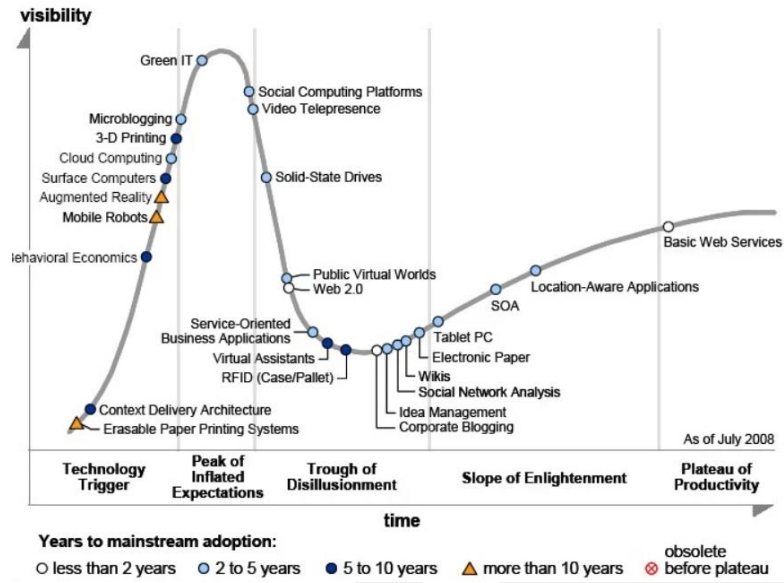
Baudrillard simülasyon evreninde gerçeklik kaybolarak hiper gerçekliğe dönüşmektedir. Bundan dolayı, medya ve iletişim teknolojileri ile üretilen ve istenilen şeklin elde edilmesiyle insana gerçeğe benzer yapay gerçekliği ya da gerçeğin geride bırakarak hiper gerçekliğe kadar götürmesiyle inşa edilmektedir. Bu da hipergerçeklik ile istenilen zamanda yeni veya farklı gerçeklikler oluşturulabildiğinin göstergesidir (Baudrillard, 2021). Günümüzde hipergerçekliğin kurulmasında yardımcı olan teknolojilerden biri genişletilmiş gerçekliktir. Genişletilmiş Gerçeklik, VR, AR ve MR teknolojilerinin birleşiminden oluşmaktadır (Şekil 3.3). XR fiziksel dünyadaki gerçeklik algısı ve bilgisayarlar aracılığıyla duyuşal verilerini birleşiminden oluşarak, kullanıcıyı sürükleyici ortama dalmalarına yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda XR, gerçekteki fiziksel nesnelere sanalda, sanal ortamdaki sanal nesnelere de gerçek ortamda görüntülenmesini sağlamaktadır. Metaverse olarak adlandırılan sanal dünyalarda XR teknolojisi kullanılmaktadır (Küçüksaraç, 2022)

XR, X gerçekliği olarakta bilinmektedir. Yukarıdaki paragrafta bahsedildiği gibi VR, AR ve MR teknolojilerini içinde barındırdığı gibi bu teknolojiler arasında kalan bölgeyi temsil etmektedir. Bilgisayar teknolojisi ve giyilebilir cihazları kullanarak gerçek sanal ortamların insan-bilgisayar arasındaki etkileşimi içerisinde barındırmaktadır. Başka bir anlamla X, tüm teknolojilerin şemsiye terimi olarak tanımlanarak, gelecekteki yeni teknolojiler için değişken olarak ifade edilir (Doolani, ve diğerleri, 2020). Bu bağlamda, XR teknolojisini anlamak için VR, AR ve MR teknolojilerinin de açığa kavuşturulması gerekmektedir.

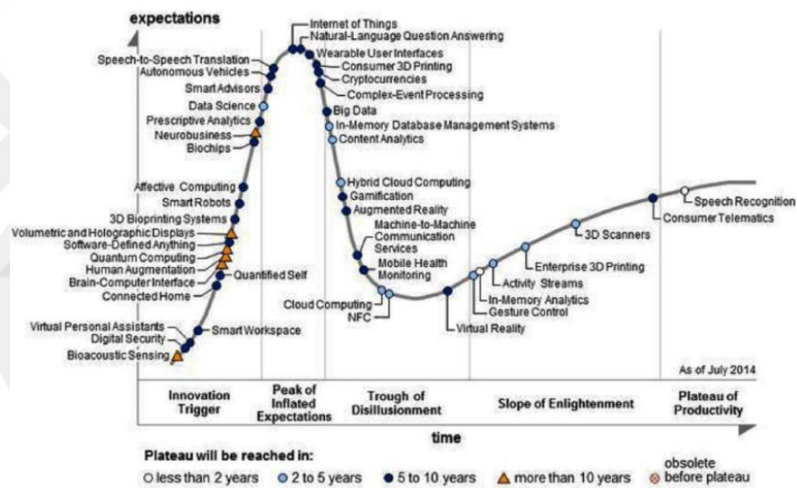


Şekil 3.3 Genişletilmiş Gerçeklik (Küçüksaraç, 2022)

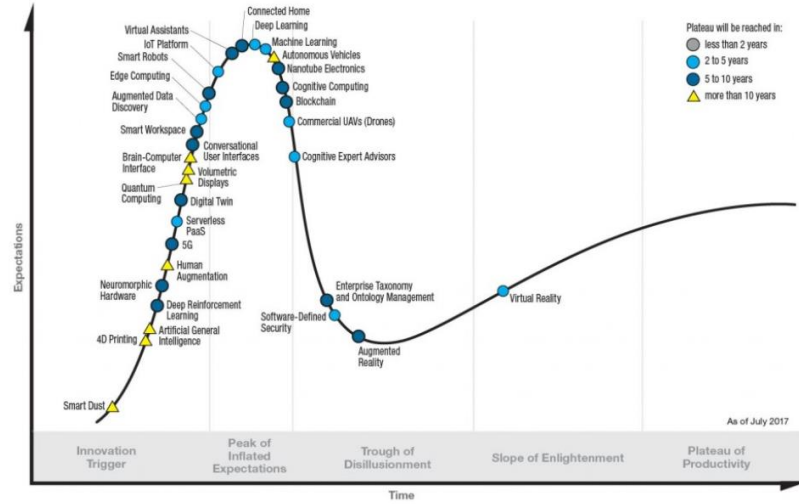
IT araştırma ve danışmanlık şirketlerinden biri olan Gartner farklı teknolojilerin gelişimlerini grafiksel olarak her yıl paylaşmaktadır. Bu doğrultuda, 2000 yılından itibaren her yıl düzenli olarak *Hype-Cycle* grafiklerini yayınlamaktadır. *Hype-Cycle* grafiği ile, yeni teknolojilerin geleceği hakkında öngörülerini sunulmaktadır. Dikey ekseninde müşteri beklentilerini (y), yatay ekseninde (x) ise teknolojinin yaşam döngüsünü gösterilmektedir. Teknolojinin yaşam döngüsü; 1-*Technology Trigger* (Teknolojinin Tetiklenmesi), 2-*Peak of Inflated Expectations* (Abartılmış Beklentilerin Zirvesi), 3-*Through of Disillusionment* (Gerçekleri Anlamaya Doğru), 4-*Slope of Enlightenment* (Aydınlanma Eğimi), 5-*Plateau of Productivity* (Verimlilik Platosu) olarak beş evrede incelenmektedir. AR 2008 yılında birinci evreden grafikte yerini almaktadır (Şekil 3.4) 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarında ikinci evrede zirveye çok yakın konumda seyretmektedir. 2013 yılından 2017 yılına kadar üçüncü evrede (Şekil 3.5), 2018 yılında da dördüncü evreye yaklaştığı görülmektedir. 2019'dan 2022 yılına kadar da AR teknolojisinin yerini Web3 gibi farklı teknolojilerle değiştirildiği gözlemlenmektedir (Şekil 3.6) Ayrıca aynı grafikte, VR 2014 yılında dördüncü evreden girerken, 2018 yılında grafikte yer almamaktadır. 2017 yılına ait grafikte VR teknolojisinin etkisinin azaldığı da görülmektedir (Şekil 3.7) (Perri, 2023) (Wikipedia, b.t.).



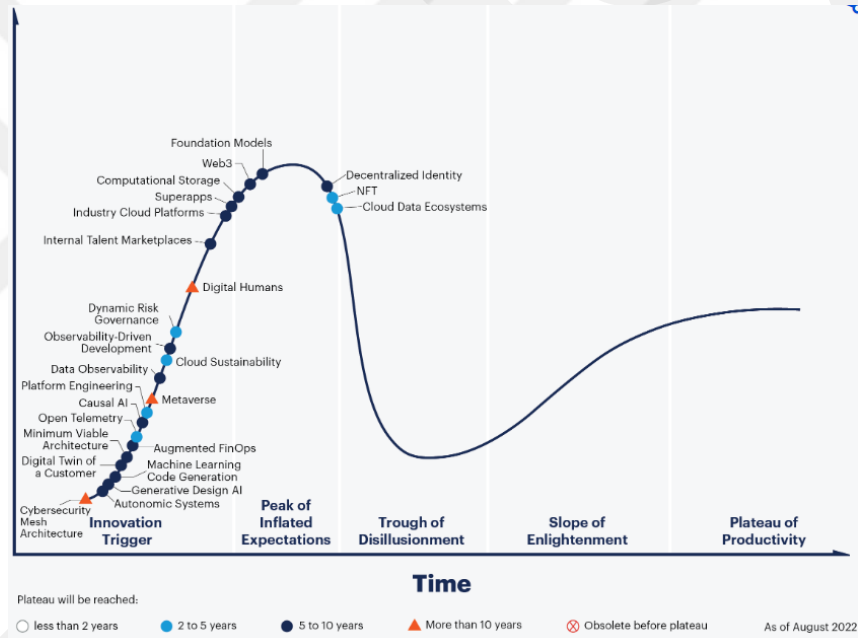
Şekil 3.4 Gartner, 2008 Hype-Cycle Grafik (Perri, 2023)



Şekil 3.5 Gartner, 2014 Hype-Cycle Grafik (Perri, 2023)



Şekil 3.6 Gartner, 2017, Hype-Cycle Grafiği (Perri, 2023)



Şekil 3.7 Gartner, 2022 Hype-Cycle Grafiği (Perri, 2023)

ÇGT'nin gelişimi VR ve AR teknolojilerinin tarihselliği ile ilişkilidir. Bu bağlamda VR ve AR gelişimini incelemek önemlidir.

### 3.2 Sanal ve Artırılmış Gerçekliğin Gelişimi

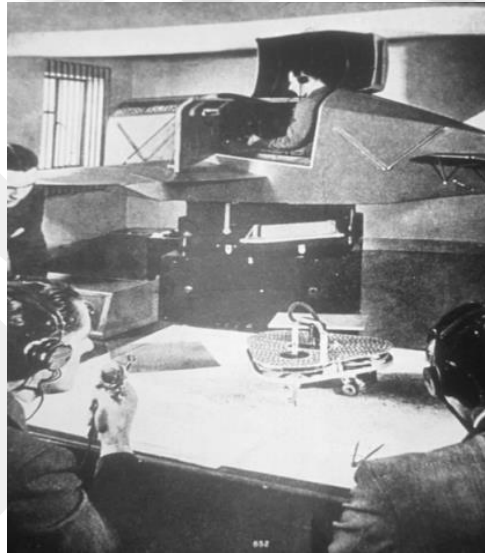
ÇGT'nin kullanılabilirliğini, gelişimini vb. konuları hakkında bilgi sahibi olmak ve güncel durumunu değerlendirebilmek üzere süreç içerisindeki değişimini incelenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, çalışma amacını daha iyi anlamak ve çalışmanın sonucunu

iyi yorumlayabilmek için ÇGT'nin tarihsel gelişimi önemli bir konuma sahiptir (Çizelge 3.1) (Çizelge 3.2).

### 3.2.1 Sanal Gerçekliğin Tarihi

VR'ın gelişimi Eski Yunan dönemine kadar dayanmaktadır. Bu dönemde matematikçi olan Euclid, görüş açısına göre sağ ve sol gözün görüntüyü farklı algıladığını keşfederek stereo göreceli anlamına gelen kavramı kullanmıştır. 'Günümüzde stereo kavramının asıl çıkış noktası resim ve fotoğraf teknikleridir.' Daha sonrasında, iki boyutlu nesnelere derinlik algısını kullanarak 3D görünmesine olanak sağlayan stereoscope gibi cihazlar geliştirilmiştir (Karışma, 2017), (Sekerci, 2017).

20. yüzyılın başlarında, uçak tasarımcıları sürüş deneyimini taklit edebilmek için bilgisayarlar aracılığıyla grafik görüntüleri, modelleme gibi yöntemleri kullanarak simülasyon ya da uygulamalar geliştirilmeye başlanmıştır (Karışma, 2017). Bu bağlamda 1922 yılında, mucit olan Edward Albert Link tarafından 'Mavi Kutu' (*Blue Box*) isimli ilk uçuş simülatörünü geliştirilmiştir (Şekil 3.8) Mavi Kutu simülatörünün temel amacı, pilotların uçuş öncesinde veya uçuş anındaki uçak hareketlerini ve hisselerini aktarmaktı (RMK AIMES, b.t.).



Şekil 3.8 Mavi Kutu Uçuş Simülatörü (RMK AIMES, b.t.)

Simülatör denemelerinden sonra, 1961 yılında Philco Corporation şirketi, kullanıcının baş hareketlerini uzaktan takip eden, video kamera görüntüleme sistemi olan Headsight isimli HDM (*Head Mounted Displays- Başa Giyilebilen Ekranlar*)

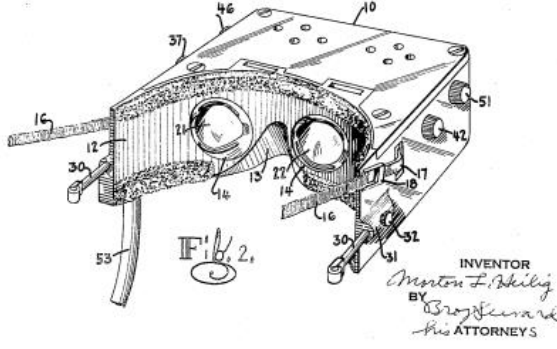
üretilmiştir. Kask, askeri personel eğitimi için kullanılmaktaydı (Greenwald, ve diğerleri, 2017).

1963 yılında, Ivan Sutherland tarafından Sketchpad isimli yazılım geliştirilmiştir (Şekil 3.9). Bu yazılımda, klavyeden yapılan seçme ve çizme komutları ve benzer fonksiyonlara sahip ve bilgisayarlar tarafından da algılanabilen kalem (*Light Pen*) donanımını da eklemiştir. Bu sayede, insan- makine arasında etkileşimin bir sonraki seviyeye taşınmasında öncülük etmiştir. Sketchpad, günümüzde kullanılan CAD programlarının temelini oluşturduğu da bilinmektedir (Sutherland, 1964).



Şekil 3.9 Ivan Sutherland ve Sketchpad (Sutherland, 1964)

1968 yılında Morton Heiling, sinemanın, ekranlar aracılığıyla izleyicileri içine alan ve bütün duygularının uyarılmasını sağlayan bir aktivite olması gerektiğini savunmuştur. 1962 yılında bu düşüncenin ardından AR teknolojisinin de gelişimine katkıda bulunan sürükleyici (*immersive*) ve duygusal geri bildirim alınıdığı somutlaştırılmış ve motosiklet simülatörü olarak kullanılan Sensorama adındaki AR modelini üretmiştir. Sensorama, ekranlar ile motosiklet sürüşünü simüle edildiği (benzetme); görsel, işitsel, titreşim ve kokunun da algınabildiği sürükleyici bir duygusal model olarak kullanılmaktaydı (Carmigniani & Furht, 2011), (Kipper & Rampolla, 2012). Aynı yıl içerisinde Heilig, *Telephere Mask* isimli başa giyilebilen ilk VR gözlüğünü geliştirmiştir (Şekil 3.10). Gözlük bireysel kullanım prototipi olarak kullanılmaktaydı. Prototip, görüntüye derinlik vererek (stereoskopik görüntü) 3D olarak algılanmasını sağlayan ve geniş ekranlı sesli film gösterisi sunmaktaydı ancak günümüz teknolojilerinde yer alan hareket takibi sistemi bulunmamaktadır (Karışma, 2017).



Şekil 3.10 Telepresence Mask (Jerald, 2016)

1970'lere gelindiğinde, Myron Krueger tarafından *Videoplace* isimli bir çalışma gerçekleştirilmiştir. VR teknolojisinin yanında, AR'ın gelişmesine de yardımcı olan *Videoplace*, kullanıcıların sanal objelerle etkileşime girme olanağı sağlayan ilk sistemdir. Sistemde kullanıcının herhangi bir giyilebilen bir teknolojiyi kullanmadan, kullanıcının beden hareketlerine karşılık veren yapay bir gerçeklik algısı sağlayabilmekteydi (Töre, 2010).

1977'de MIT (*Massachusetts Institute of Technology*- Massachusetts Teknoloji Enstitüsü) tarafından ilk etkileşimli harita olan *Aspen Movie Map* geliştirilmiştir. Sistem, Colorado'daki Aspen kentin içinde yürüyormuş gibi hissedilmesine olanak sağlayan sanal simülasyonlardan oluşmaktaydı (Töre, 2010), [96]. Aynı dönem içerisinde, Jaron Lanier tarafından ilk kez VR kavramı kullanılmıştır. Lanier VR kavramını, var olmayan nesnenin sanal ortamda bulunan 3D nesnelere ile etkileşimin fiziksel ortamda "varmış gibi hissettirilmesi" olarak tanımlamıştır (Sekerci, 2017). 1980'lerde yine NASA (*National Aeronautics and Space Administration* – Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi), Ames Araştırma Merkezi'nde insanlı uzay uçuşları için pilot eğitiminde kullanılmak üzere (Şekil 3.11) çeşitli çalışmalar gerçekleştirmiştir (Töre, 2010).



Şekil 3.11 Ames Araştırma Merkezindeki Başa Giyilebilen Cihaz (Töre, 2010)

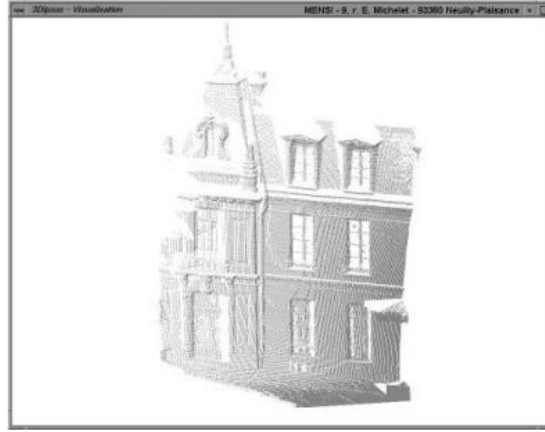
1982 yılında William Gibson tarafından ‘siber uzay’ (cyberspace) tanımı *Neuromancer* adlı kitabında kullanmıştır. Gibson siber uzay kavramını ‘insanların, bilgi tabanlı mekânı yönlendirdiği sonsuz, yapay bir dünya’ olarak tanımlamıştır. Kitabında, İnsan- bilgisayar kombinasyonunun internet ağı içerisinde ortaya çıkan zaman-mekân ilişkisinin sınırlamalardan uzak benzetmesini konu almaktadır (Sekerci, 2017).

1990’li yıllarda Chicago Illinois Üniversitesi’nde bulunan Electronic Visulation Laboratuvarı tarafından CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) sistemi geliştirilmiştir. Sistem, ‘çevrili odaya benzetilen mekânın duvarlarının arkasından grafiklerin, görüntülerin yansıtılmasından’ meydana gelmektedir (Töre, 2010).

1990’lü yıllara gelindiğinde ise, VR teknolojisinin yazılımsal protokollerinin gelişiminin görüldüğü döneme girilmiştir. Bu bağlamda, üç boyutlu grafiklerini elde edebilmek için Silicon Graphics tarafından *Open Inventor* ve *Iris Performer* isimli gerçek zamanlı simülasyon uygulama-planlama ara yüzleri/kitaplığı tanıtılmıştır. Bu programla aracılığıyla, sanal ortamın oluşturulmasına izin verilmekteydi. 1990’lı yılların ortalarına doğru internet üzerinden sanal dünyalara bağlanmasını/girişini sağlamak için Web3D tarafından Sanal Gerçeklik Modelleme Dili (VRML - *Virtual Reality Modelling Language*) ve Microsoft tarafından Direct3D ve Java3D geliştirilmiştir (White, 2002). Başka bir örnekte, Fredrick Brooks tarafından 1967’den 1999 yılına kadar devam eden çalışmasında *North Carolina at Chapel Hill* isimli

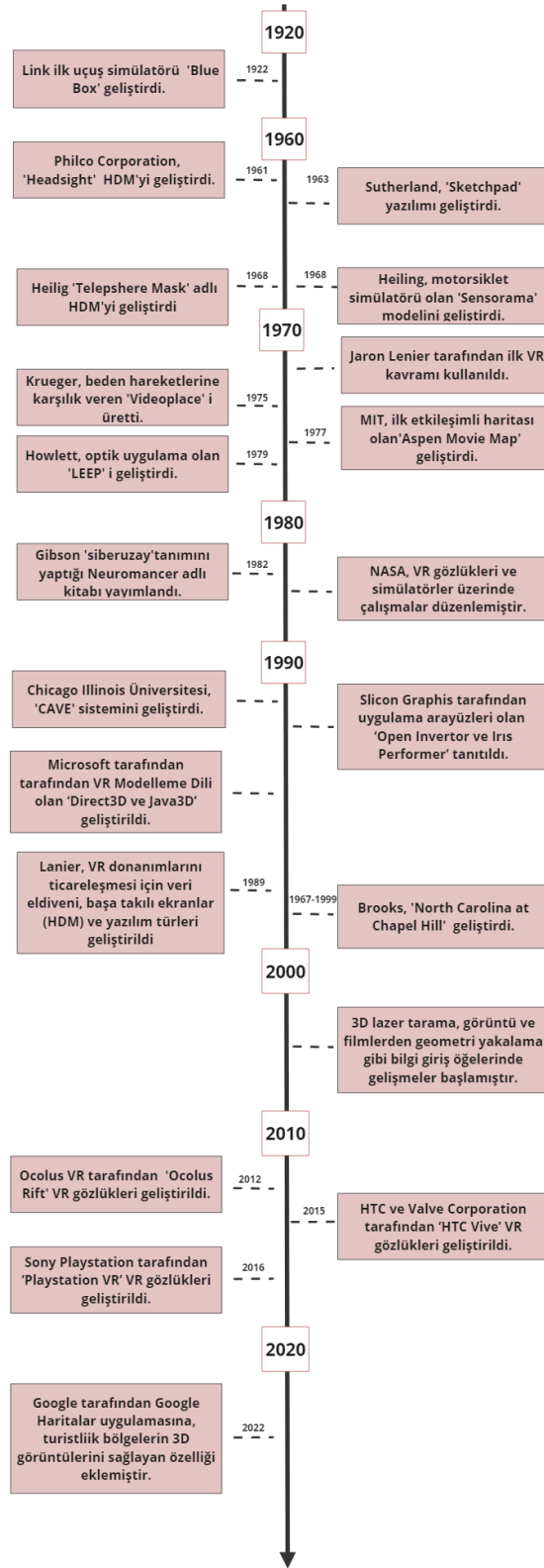
uygulamayı geliştirmiştir. *North Carolina at Chapel Hill* amacı, moleköl tasarımcılarının, moleköller arasındaki çekim kuvvetlerinin hissedirilmek istenmesiydi. 1989 yılında, VR donanımlarını hem ticarileştirmek için adımlar atmış hem de VR kavramını kullanan ilk kişilerden birisi olmuştur. Lanier, veri eldiveni, Başa Giyilebilen Ekranlar (HDM) vb. donanımlar ile VR yazılım türlerini de gelişmiştir (Töre, 2010) (Virtual Reality Society1, b.t.).

2000’li yıllara giriş yapıldığında, 3D lazer tarama, görüntü ve filmlerden geometri yakalama gibi bilgi giriş öğelerinde gelişmeler başlamıştır. Bu gelişmeler sayesinde, tasarım aşamasında kullanılan CAD programları dışında, inşaatı tamamlanmış yapıların da modellerinin kolayca dijitalle aktarılmasında yardımcı olarak kullanılmaktadır (şekil 3.12) (Sekerci, 2017) .



şekil 3.12 Paris’te 3D Lazer Tarama Teknolojisi Ile Gerçekleştirilmış Bir Evin Cephe Modeli (Sekerci, 2017)

İlerleyen yıllarda VR’ın gelişimi donanımlar üzerine ilerlemektedir. Bu bağlamda, donanımlardan biri olan VR gözlüklerinde ticareleştirilme başlamıştır. Sırasıyla, 2012 yılında Oculus VR tarafından *Oculus Rift*, 2015 yılında HTC ve Valve Corporation tarafından *HTC Vive*, 2016 yılında Sony Playstation tarafından *Playstation VR*, VR gözlükleri piyasaya sürölmüştür (Wikipedia1-2-4, b.t.). 2022 yılında Google tarafından Google Haritalar uygulamasına, turistik bölgelerin üç boyutlu görüntülerini sağlayan özelliği eklemiştir (TRT Haber, 2022).



Çizelge 3.1: Sanal Gerçekliğin Tarihçesi

### 3.2.2 Artırılmış Gerçekliğin Tarihçesi

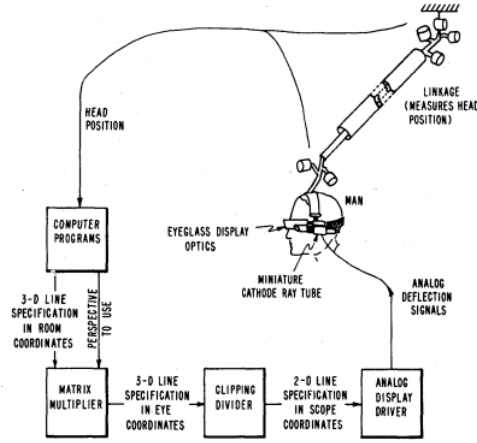
Bir önceki bölümlerde ifade edildiği gibi AR, VR'dan farklı olarak, fiziksel ortamı tamamen yok saymadan fiziksel ve sanalın beraber çalışmasını mümkün kılar. Başka bir anlamla hem sanal hem de fiziksel ile aynı anda çalışır. AR, sanallığıda kullandığı için tarihsel gelişiminde VR ile aynı veya bağımsız gelişmelere yer vermektedir.

AR'ın gelişiminde, VR da bahsedildiği gibi 1962 yılında Morton Heiling tarafından motosiklet simülatorü olarak kullanılan Sensorama adındaki AR modelini üretmiştir (Şekil 3.13) (Carmigniani & Furht, 2011) (Kipper & Rampolla, 2012).



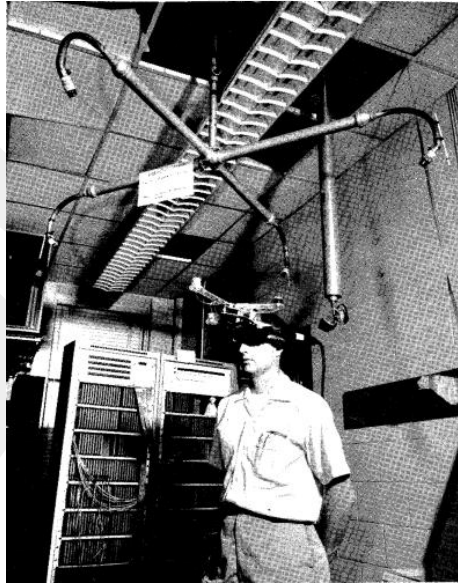
Şekil 3.13 *Sensorama* (Kipper & Rampolla, 2012)

1968 yılında bilgisayar bilimcisi olan Ivan Sutherland tarafından Damocles'in Kılıcı (*The Sword of Damocles*) olarak adlandırılan ve ilk AR sistemi olan optik HDM geliştirilmiştir. Bu sistem sayesinde, ilerleyen bölümlerde açıklanmakta olan 6DOF (*Six Degree of Freedom*) takip cihazlarının öncülüğünü de başlatılmıştır (Şekil 3.14) (Kipper & Rampolla, 2012).



Şekil 3.14 Üç Boyutlu Görüntüleme Sisteminin Parçaları (Kipper & Rampolla, 2012)

Sutherland çalışmasında, retinanın görüntüleri iki boyutlu algıladığından ve üç boyutu kazanması için de perspektif çizimlerinin hareketinden yararlanılması gerektiğinden de bahsetmektedir. Böylelikle HDM cihazında bulunan, manyetik izleme aygıtı ile bilgisayardan hazırlanmış basit sanal görüntüler, eş zamanlı olarak transparan bir biçimde nesnelere giydirilmekteydi. Sistemin tavana monte edilmesinin sebebi, donanımın ağır ve taşınmaz oluşuydu (Şekil 3.15) (Sutherland, 1968) (Gülbahar, 2019).



Şekil 3.15 Kullanılan Mekanik Başa Konumlandırılmış Sensör (Sutherland, 1968)

Fiziksel ortamdaki nesnelere üzerine sanal objelerinin bindirilmesinden sonra 1975 yılında, VR teknolojisinin tarihselliğinde bahsedildiği gibi Myron Krueger tarafından

*Videoplace* sistemi üretilmiştir (Şekil 3.16) (Töre, 2010). AR teknolojisi 1990'lı yıllara kadar cihazlar üzerinden tanımlanmaktadır fakat 1992 yılında ilk kez Tom Caudell ve David Mizell tarafından kavramsallaştırılmıştır. Daha sonrasında Caudell ve Mizell, AR teknolojisinin kavramsallığından uzaklaşarak, Being şirketinde çalışan işçilerin teller ve kabloları uçak içerisine yerleştirmelerine olanak sağlayan bir AR sistemini sunmuşlardır. Aynı yıl içerisinde, L.B Rosenberg tarafından, tamamen sistemin içine d alınabilen (*immersive*), *Virtual Fixtures* adında ilk işlevsel ve sabit AR sistemini; Steven Feiner, Blair MacIntyre ve Dore Seligmann tarafından da ilk AR sistemi prototipi olan KARMA (*Knowledge Augmented Reality Maintenance Assistant- Artırılmış Gerçeklik Bilgi Bakım Asistanı*) geliştirilmiştir (Carmigniani & Furht, 2011). 1993 yılında yapılan KARMA çalışması, HDM cihazı sayesinde kullanıcıya lazer yazıcının bakım ve onarımı hakkında bilgilerin aktarılmasına rehberlik etmekteydi (Kılıç, 2016)



Şekil 3.16 Videoplace Kullanımından Bir Görüntü (Gülbahar, 2019)

1994 yılında Paul Miligram ve Fumio Kisho tarafından, gerçek çevre ve sanal çevrenin arasında kalan bölümde AR'ın yerini tanımlamıştır. 1997 yılında Ronald Azuma, AR ile ilgili ilk araştırma makalesi yayınlanmıştır. 1999 yılında Hirokazu Kato ve Mark Billinghurst tarafından *ARToolkit* isimli, ilk açık kaynaklı yazılım kütüphanesi geliştirilmiştir. *ARToolkit*, gerçek zamanlı ve küçük karelerden oluşan işaretçiler aracılığıyla hem kişisel bilgisayarlar üzerinden de görüntülenmesine yarar sağlamış hem de kullanıcıların bakış açısını görme ve takip eylemi sorununu çözmüştür. Ayrıca, açık kaynaklı bir yazılım olmasından dolayı AR uygulamalarının hızla önünü açarak yeni yazılımların geliştirilmesine öncülük etmiştir (Milgram & Kishino, 1994), (Azuma, 1997), (Kılıç, 2016).

2000’li yıllara gelindiğinde, ‘Giyilebilir Bilgisayarlar Uluslararası Sempozyumu’nda’ (*International Symposium on Wearable Computers*) Bruce Thomas tarafından ilk açık hava mobil oyunu olan *ARQuake* tanıtılmıştır (Şekil 3.17). *ARQuake*, oyuncunun oyundaki birincil şahıs karakterin bakış açısının kullanıldığı (*First Person Shooter-FBS-* oyunudur. Oyunda dış mekânda 6DOF izleme, hareket sistemi, dijital ve GPS (*Global Positioning System- Küresel Konumlama Servisi*) ve görüntü takip sistemleri kullanılmıştır (Carmigniani & Furht, 2011) (Kılıç, 2016).



Şekil 3.17 *ARQuake* (Kılıç, 2016)

2001 yılında Reitmayr ve Schmalstieg tarafından mobil ve çok kullanıcıli olan AR sistemi geliştirilmiştir (Şekil 3.18). Önerilen sistemde AR için mobil teknolojisi öne çıkmış, sanal objeler fiziksel ortamda çoklu kullanıcılar ile paylaşılarak etkileşim sağlanılmıştır (Reitmayr & Schmalstieg, 2001).



Şekil 3.18 Çoklu Kullanıcıli AR Sistemi (Reitmayr & Schmalstieg, 2001)

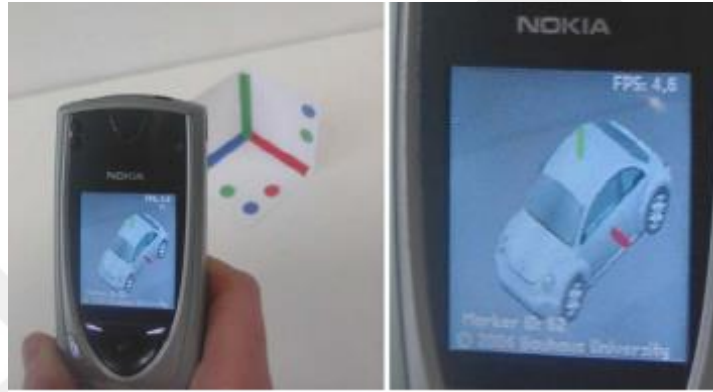
Aynı yıl içerisinde Vlahakis ve arkadaşları, kültürel miras, turizm ve eğitim amaçlı kullanılabilen Archeoguide isimli kültürel mirası tanıtan AR projesini geliştirmiştir. Projede Yunanistan'ın tarihi Olimpia kenti modellenmiştir. Burada, kablosuz bağlantılı iletişim sistemi ve GPS özellikleri ile dizüstü bilgisayar, HDM kullanılmıştır. Sistem, kullanıcıların bulunduğu noktayı ve yönleri algılayarak bölgede yer alan tarihi dokuların eş zamanlı render görüntülerini üretmektedir (Şekil 3.20). Bu sayede, yok olmuş veya bulunamayan parçalara sahip antik tapınakların, heykellerin gibi tarihi nesnelerin üç boyutlu modellerinin gözlemlenmesini ve tarihçeleri hakkındaki bilgileri kullanıcıya aktarmaktadır. (Vlahakis, ve diğerleri, 2001).



Şekil 3.19 Orijinal Resim (Üst), Artırılmış Resim (Alt) (Vlahakis, ve diğerleri, 2001)

Daha sonrasında Kooper ve MacIntyre tarafından ilk AR tarayıcısı olan *The Real – World Wide Web* (RWWW) tasarlanmıştır. Sistemde ağır donanımlar bulunduğu için yavaş çalışmaktaydı. Bu sorun, 2008 yılında *Wikitude World Browser* mobil uygulaması ile bu sorun çözülmüştür (Kılıç, 2016).

2004 Yılında Mathias Möhring, mobil telefonların kameralarını aracılığıyla, üç boyutlu sanal nesnelerin belirli bir nokta ya da alan üzerinde gösterilmesini sağlayan (işaretçiler) ilk AR sistemini üretmiştir. Bu sistem mobil cihaz tüketicilerine yapılmış ilk AR sistemini ortaya koymuştur (Şekil 3.20) fakat diğer donanımlara göre görüntülenme hızının düşük olması, sınırlı bellek ve grafik kapasiteleri gibi donanımsal ve yapısal birçok teknolojik zorluk ile karşı karşıya kalmıştır (Kılıç, 2016).



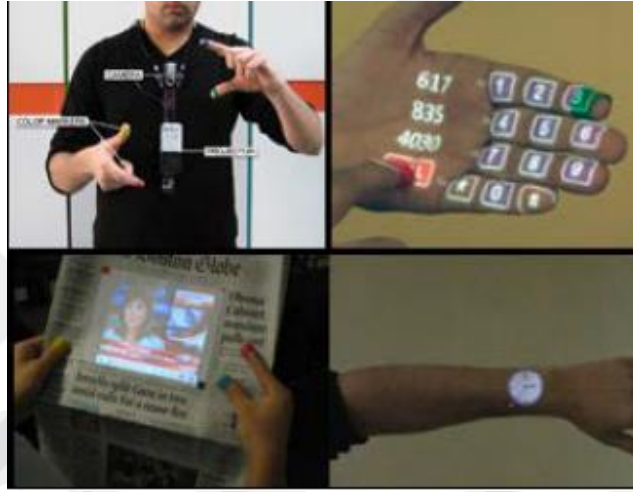
Şekil 3.20 Kullanıcı Cep Telefonunda Transparan AR'ı Destekleyen Uygulama (Kipper & Rampolla, 2012).

2006 yılında NOKIA mobil artırılmış gerçeklik uygulaması prototipi olan MARA (*Mobile Augmented Reality Application* – Mobil Artırılmış Gerçeklik Uygulaması) üretmiştir. Prototipte, kullanılan cihazın kamera yardımıyla çevredeki nesnelerin algılanarak üzerine, grafik ya da yazıların yansıtılmasına olanak sağlamaktaydı. Ayrıca mobil cihazların çoklu sensor uygulamalarını kullanarak rehber niteliğinde kullanılmaktaydı (Kipper & Rampolla, 2012).

AR cihazlarının giderek küçülmesi mobil cihazlara yönelimi arttırmış ve bu cihazlarda kullanılmak üzere yeni yazılımların, donanımların üzerine çalışmalar başlatılmıştır. Bu bağlamda, 2008 yılında Mobilizy şirketi tarafından *Wikitude World Browser* adlı AR uygulaması piyasaya sürülmüştür. Bu uygulama GPS, dijital pusula, çevrimiçi birçok dilde yazılmış internet ansiklopedisi olan *Wikipedia* bilgilerini, akıllı telefonlarda bulunan kamera aracılığıyla gerçek görüntülerin üzerine yansıtılmasında kullanılmaktaydı (Kılıç, 2016).

2009 yılında PRXmobil şirketi *Layar* isimli çevrimiçi ağ tarayıcısı olan uygulamayı geliştirdi. Kullanıcıların GPS ve dijital pusula bilgisini kullanarak buldukları konum

hakkında bilgiler vermektedir. Aynı yıl içerisinde, MIT Laboratuvarları (*Massachusetts Institute of Technology*) tarafından Sixth Sense geliştirilmiştir (Şekil 3.21). *Sixth Sense* kamera ile algılanan nesnelere (fotoğraf, grafik vb.) tanımlayarak, işlevi hakkındaki bilgileri eş zamanlı olarak internetten aktararak nesnelere üzerine yansıtan sistemdir. Bu aşamadan sonra kullanıcı el hareketlerini kullanarak sistem ile etkileşim kurabilmektedir. Bu sistem giyilebilir cihazlar için en önemli örneklerdendir. 1994 ile 1997 yılları arasında başa takılabilen bu cihaz 2009 yılından itibaren ‘kolye gibi bağlanabilecek bir ölçüğe kadar küçültülmüştür’ (Kılıç, 2016).



Şekil 3.21 *SixthSense* (Kılıç, 2016)

2013 yılına gelindiğinde Google tarafından *GoogleGlass* AR gözlüğü tanıtılmıştır. *GoogleGlass* (Şekil 3.22) yan tarafında bellek, işlemci, kamera, hoparlör gibi donanımları içerisinde barındırmaktadır. Telefona kolayca bağlanabilen bu cihaz, dokunmatik yüzeyi sesli komutlarla kontrol edilebilmektedir (Pouge, 2012). Bu gözlük prototip olarak üretilip piyasaya sürülecekken yeni versiyonun geliştirilmesine karar verilmiş ve satışı durdurulmuştur (Kılıç, 2016).



Şekil 3.22 Google Glass (Pouge, 2012)

2016 yılında Niantic tarafından geliştirilen *Pokémon Go* isimli oyunu piyasaya sürüldü (Şekil 3.37). Oyunda temel olarak GPS ve kamera kullanılmaktadır. Bu sayede, oyunun içerisinde yer alan 3D sanal karakterler fiziksel ortamda görüntülenmektedir. Akıllı telefonlara uygulama üzerinden indirilebilen dünyaca ünlü ve konum tabanlı oyundur (Pokemon, b.t.).



Şekil 3.23 Pokemon Go (Pokemon, b.t.)

2016 yılında Microsoft tarafından, işlevsellikten uzak ve ilk ticari amaçla kullanılabilen HDM prototipi olan *Hololens*, AR gözlükleri üretilerek piyasaya sürmüştür. Günümüzde *Hololens 2* gözlükleri (Şekil 3.38); imalat, mühendislik ve inşaat, sağlık, eğitim gibi alanlarda kullanılmaktadır (Microsoft, b.t.).



Şekil 3.24 *Hololens* (Microsoft, b.t.)

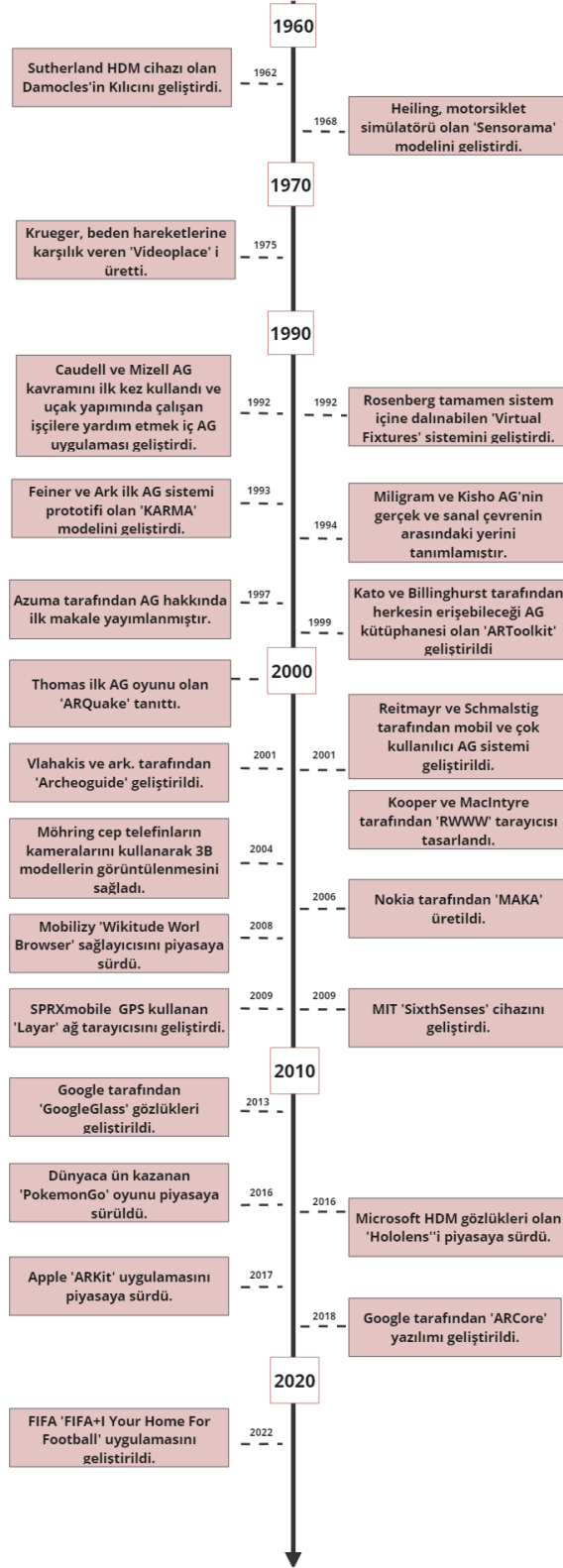
2017 yılında Apple AR ve VR teknolojileri için İOS işletim sisteminde kullanılabilen oyun, ölçüm, eğitim, sanat gibi alanların yararlanabileceği *ARKit* uygulamasını geliştirdi. Uygulama günümüzde daha kaliteli video, fotoğraf gibi görüntülerin sunulmasında tercih edilmektedir (Apple Developer, b.t.) (XinReality, b.t.).

2018 yılında Google tarafından akıllı telefonlar ve tabletlerde bulunan kameralar yardımıyla sanal nesnelere gerçek ortama entegre etmesine yardımcı olan *ARCore* yazılımını geliştirildi. Uygulamanın kullandığı 6DOF teknolojisi sanal ve fiziksel objelerin arasındaki geçiş dengesini korumaktadır (Wikipedia3, b.t.).

AR teknolojisinin gelişiminde günümüze yaklaşırken, 2022 yılında Katar'da düzenlenen FIFA (*Fédération Internationale de Football Association* –Uluslararası Futbol Federasyon Birliği) Dünya Kupası için FIFA+| Your Home for Football isimli AR uygulaması kullanılmıştır (Şekil 3.25). Akıllı telefonlara indirilebilen uygulama, telefonların kamerası ile eş zamanlı olarak maç ve sahada oynayan futbolcular hakkındaki bilgileri seyircilere aktarmaktaydı (Çorluk, 2020). Bu bağlamda, AR herkes tarafından ulaşılabilir bir teknoloji olduğu kanıtlanmıştır. Bütün bu gelişmelerin yanı sıra AR teknolojisi günümüzde hızlıca gelişmeye devam etmektedir.



Şekil 3.25 FIFA+/ Your Home for Football (Çorluk, 2020)



Çizelge 3.2: Artırılmış Gerçekliğin Tarihçesi

### 3.2.3 Donanım ve Yazılımlar

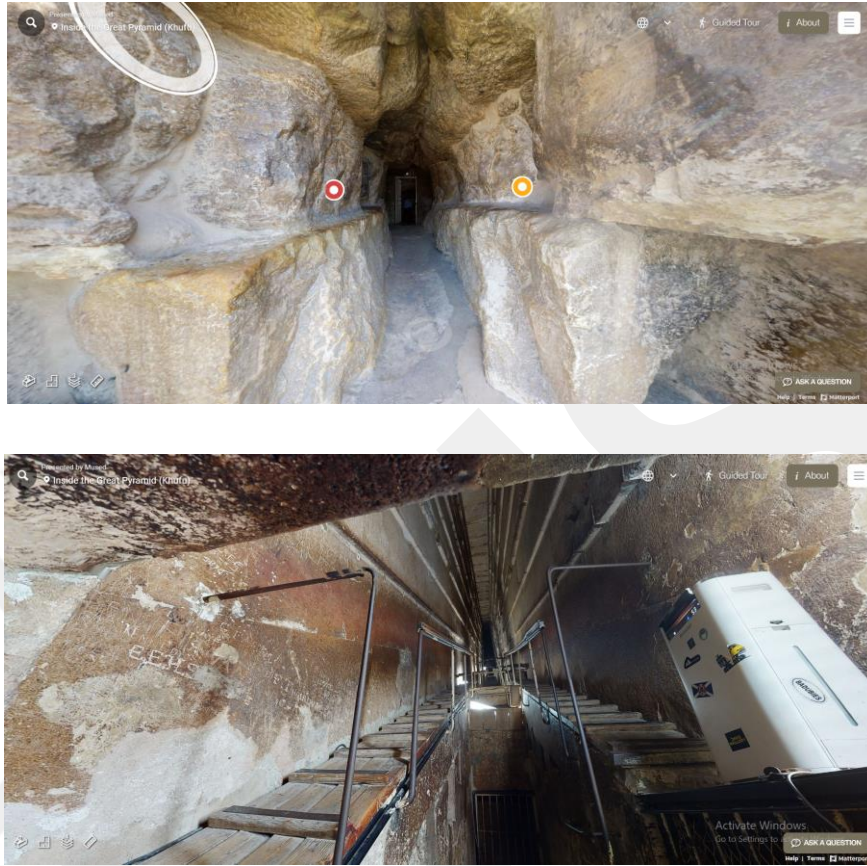
ÇGT amacına uygun çalışması için donanım ve yazılımlara ihtiyaç duyulmaktadır. VR sisteminin oluşturulması için birden fazla bileşenin senkronizasyonu gerekmektedir. Bu sayede, sistem ile kullanıcı arasındaki etkileşim kolaylaştırılarak sanal ortamda bulunma hissiyatı güçlendirilmektedir. Bu bağlamda, aşağıdaki tabloda yer alan VR donanımları kısacada özetlenmiştir (Tablo 3.1). VR sisteminde sunum, izleme, etkileşim sistemleri olarak üçe ayrılmaktadır.

Tablo 3.1 VR Donanımları

VR DONANIMLARI		
VR Sunum Sistemleri	İzleme/Takip Sistemleri	Etkileşim Cihazları
Masaüstü Sistemler	Mekanik İzleyiciler	Eldivenler
HDM	Elektromanyetik İzleyiciler	Kuvvet Topları
BOOM	Optik İzleyiciler	3D Fareler ve Manevra Kolları
CAVE	Ultrasonil İzleyiciler	Diğerleri
Sanal Küre	İnertial İzleyiciler	

Sunum sistemleri, masaüstü, HDM (*Head Monted Displays*), BOOM (*Binocular Omni- Orientation Monitor*), CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) ve Sanal Küre (*Virtualsphere*) olarak beşe ayrılmaktadır. Masaüstü sistemler bilgisayar ekranı ve projeksiyonu kullanarak, 3D imgelerin görüntülenmesinde en yaygın kullanılan cihazlardır. Masaüstü sistemin avantajları; erişebilir, ucuz ve görüntü kalitesinin net olmasıdır fakat diğer sistemlere göre dezavantajı kullanıcıya sarmalama/çevreleme hissiyatını aktaramamasıdır (Şekerci, 2017). Günümüzde masaüstü sistemler ile herhangi bir ülkeye ziyaret etmeden, ülkede yer alan tarihi mekânları, müzeleri, sokakları vb. kentin yaşamının aktarılmasını sağlayan mekânlara internet ve bilgisayar ekranları yardımı ile deneyimleme şansı sunulmaktadır. Örneğin; Mısır'da yer alan Keops Piramidi'nin (*The Great Pyramid of Giza*) bilgisayar ekranı ve internet bağlantısıyla, sanal tur ile iç mekânını keşfedilebilmektedir (Şekil 3.26). Sanal tur, piramidin içerisinde yer alan katmanları iki veya üç boyutlu incelenmesine izin

verirken aynı zamanda mekânın büyüklüğünün anlaşılması için ölçüm seçeneği de sunmaktadır (Mused, b.t.).



Şekil 3.26 Keops Pramidi'nin İç Mekânı (Yazar Tafından Elde Edilmiştir)

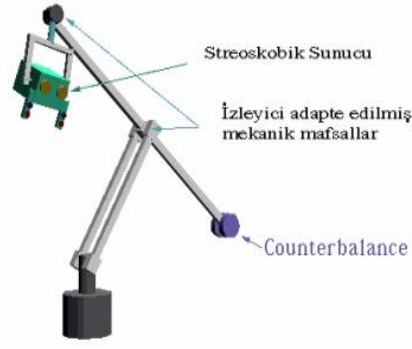
VR gözlükleri ise bir diğer sunum sistemleridir. HDM olarak da bilinmektedir. İlk olarak askeriyede eş zamanlı veri akışının görüntülemesinde veya gece görüşü gibi özellikler için kullanılmaktaydı. İlerleyen dönemlerde ise; 3D oyunlarda, uçuş simülasyonlarında, tıp, eğitim vb. birçok alan ve meslek grubunda kullanımı yaygınlaşmıştır. VR gözlükler, optik sistemleri kullanarak sanal nesnelere gözlükte yer alan ekranlara yansıtılmasında yardımcı olmaktadır. Ayrıca bu cihazlar içerisinde hareket yakalama sensörleri, algılayıcılar gibi özellikleri içerisinde barındırmaktadır. Bunlara ek olarak, diğer cihazlara/ekranlara dokunulmadan sanal nesnelere kontrolüne izin vermektedir (Ling & Rui, 2016). Günümüzde VR gözlüklerine *Meta Quest* gözlükleri örnek verilebilir (Şekil 3.27). Bu gözlük sayesinde, sanal ortamda bir veya birden fazla kullanıcı ile oyunlar oynanabilir, film izlenebilir, toplantılara katılabilir, mimari alanda tasarımlar yapılabilir ve çeşitli aktiviteler

gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca VR gözlüklerin yanında bulunan kontrol kolları ile etkileşim (Sanal objeleri kavrama, seçme, döndürme, büyütme) imkânı sunmaktadır (Meta, b.t.).



Şekil 3.27 Meta Quest (Yazar Tarafından Elde Edilmiştir)

Tüm Yönlü Yönlendirilmiş Dürbün (*Binocular Omni- Orientation Monitor*), HDM başlıklarına kıyasla ekran ve optik sistemleri, hareketli kollar üzerinde bulunan kutuda bulunmaktadır (Şekil 3.28). Başın hareketleri kutunun altında bulunan sensörler tarafından algılanarak HDM ekranlarına göre daha iyi görüntü yansıtmakta ve başka bir kullanıcı tarafından da aynı görüş açısından aynı görüntüleri görülmesine olanak vermektedir (Vafadar, 2013).



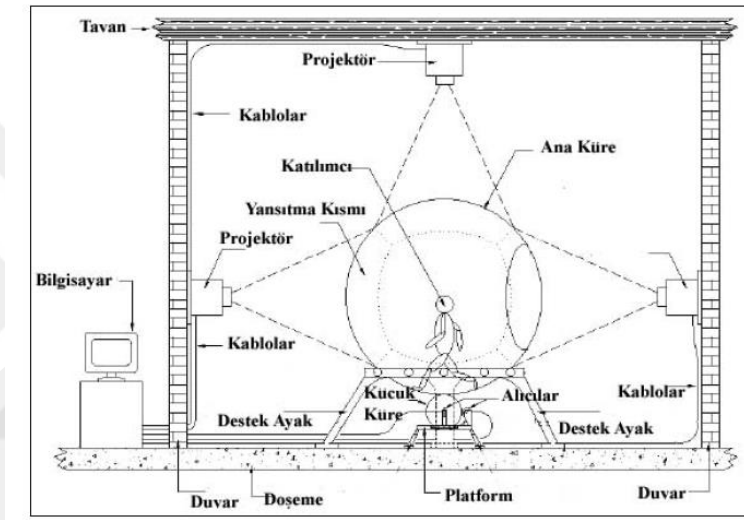
Şekil 3.28 BOOM (Şekerci, 2017)

CAVE takip, ses, görüntü, grafik ve stereografik sahneleme sistemleri bileşenlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.29). CAVE sistemlerinde genellikle duvar, zemin ve tavan bileşenleri kullanılarak bu yüzeyler ekranlarla donatılmaktadır. Proje ve uygulama alanlarında askeri, eğitim, tıp, bilimsel görselleştirme gibi birçok alanda da kullanılmaktadır (Catal & Akbulut, 2019). Bununla beraber CAVE sistemlerde bir ya da birden fazla kullanıcı değişken büyüklüğe sahip odanın içerisinde yer alabilmektedir. Bu sayede kullanıcı, görsel ve işitsel yönden uyarılarak sanal ortam ile etkileşimin gerçekleştirilmesi çalışılır. CAVE sisteminin, HDM ve diğer sunum sistemleri arasındaki en temel fark birden fazla katılımcının aynı anda kullanması ve diğer katılımcılar ile eş zamanlı iletişim kurulabilmesidir. Bu da en basit VR sistem örneğinden bir tanesidir (Zafer, 2007).



Şekil 3.29 CAVE (Zafer, 2007)

Sanal Küre, kullanıcının içerisinde rahatça hareket edebileceği büyük küredir (Şekil 3.30). Sanal Küre sayesinde kullanıcı sistem kısıtlamalarından uzakta kalan, yürüme, koşma, zıplama, farklı yöne bakma gibi beden hareketlerini ve görme duyusunun kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Küre içerisinde VR gözlükler ve hareketi kolaylaştıracak tekerlekli platform bulunmaktadır. Diğer sunum sistemlerinde kablolar, duvarlar, hareket ve yönelme mesafelerinin olması, kullanılacak alanın kısıtlılığını gibi sorunlar olduğundan dolayı kullanıcıyı tam olarak sanal dünyaya daldırmaktadır. Sanal Küre ile bu sorunlar çözülerek kullanıcıya daha iyi bir ortam aktarılmaktadır (Zafer, 2007).



Şekil 3.30 Sanal Küre'nin Çalışma Sistemi (Zafer, 2007)

Bir diğer donanım ise izleme ve takip sistemlerdir. Mekanik, Elektromanyetik, Optik, Ultrasonik ve İnternal izleyiciler olmak üzere beşe ayrılmaktadır. Takip sensörleri, kullanıcının hareket yönlerini ve hızını tespit edilmesinde ve alınan verileri sanal/gerçek dünyada düzenleyerek sanal ortamda hareket özgürlüğü sağlar. VR gözlükler için olan takip sistemlerinin üç ana bileşeni vardır: İlki 6DOF (Şekil 3.15), 3D uzayda (ileri/geri, sol/sağ, yukarı/aşağı, yalpalama, eğim verme, yuvarlama ve eksenden çıkarması hareketlerine izin vermektedir. İkincisi yöndür. Yön, 3D uzaydaki cismin yuvarlama, eksenden çıkma ve eğim verme hareketlerinin kombinasyonundan oluşmaktadır. Üçüncüsü olan koordinasyonlar ise, nesnelerin x, y ve z eksenlerindeki konumlarını ve yönünü belirtmektedir (Nayyar, Mahapatra, Le, & Suseendran, 2018).

Mekanik izleyiciler, çözünürlüğü ve doğruluğu yüksek olan sistemlerdir. Armatür şeklinde bir masa lambasına benzetilmektedir. Genellikle sistemde bir kol ve baş bölgesine giyilebilen kontrol kutusuna sahiptir. Ayrıca, kol üzerinde sistemi takip eden izleme ve konumu ölçen cihazlar bulunmaktadır. Ölçüm sayesinde, referans noktasına göre alınan veriler kaydedilerek izleme gerçekleştirilmektedir. Bu aygıt sabit referans noktasına ve hedef arasındaki yönelmeleri mekanik bağlantı ile çözmektedir. Kullanıcının hareket alanı ise aygıtta bulunan kolların uzunluğuna göre sınırlandırdığı için sistemin dezavantajlarından bir tanesini ortaya koymaktadır (Şekerci, 2017).

Elektromanyetik izleyicilerin çalışma prensibi, 'birbirine dik olarak konumlanmış üç adet tel bobinin, izlenmesi istenen kısımda bir ünite içine yerleştirilmesi ve hareketler esnasında oluşan manyetik alan şiddetlerinin ölçümü esasına dayanır'. Elektromanyetik izleyicilerin avantajı küçük küçük parçalar içine sığdırılabilmesidir. Dezavantajları ise yavaş çalışması ve çevreden yayılan elektromanyetik alanlardan etkilenmesidir. Günümüzde uygulanabilir bir sistem olarak görülmemektedir (Şekerci, 2017).

Optik izleyiciler, başın konumunu ve yönünü tespit etmek için ışığı kullanan sistemdir. Kendi içerisinde ikiye ayrılır. İlk sistemde kamera, fotodit veya fotosensör gibi izleme cihazları bulunan ortamın çevresine, işaret yayıcılar kullanıcıya belirli noktalara sabitlenir. İşaret yayıcıları aracılığıyla kullanıcının hareketleri izleme cihazlarına yakınlık-uzaklığı ile ölçülerek koordinat ve yönelme tespitinin yapılmasında rol oynar. İkinci sistem birinci sistemin tersidir. İkinci sistemde izleme cihazları kullanıcıya, işaret yayıcılar çevreye sabitlenir. Bu sistemin artısı, veriyi hızlıca aktararak gecikmeyi azaltır fakat pahalı ve hareket alanının kısıtlı olması sistemin eksilerindedir (Zafer, 2007) (Virtual Reality Society2, b.t.).

Akustik İzleyiciler, hedef nesnenin konumunu ve yönünü belirlemek için yüksek frekanslı ses dalgaları kullanır. Kullanıcı ultrasonik vericileri takarak, sabit olan sensörlere ulaşan ultrasonik sesin ulaşma hızına göre hedefin konum ve yönü hesaplanır. Bu sistem ucuz, küçük ve kolay erişebilir olmasıyla beraber ses hızının ortamın sıcaklık basınç ve nemine göre değişmesi sistemin dezavantajların da olduğunun göstergesidir (Zafer, 2007) (Virtual Reality Society2, b.t.).

İnertial izleyiciler, insan vücuduna monte edilerek vücudun hareketlerini bir referans noktasına bağlı olarak saptanmasıdır. Jiroskop (*gyroscope*) ve ivmelendirici (*accelerator*) olmak üzere iki çeşittir. Jiroskop sisteminde belli rotada, ters yönlerde hareket eden iki ışık dalgası ile hareket halindeki alıcının yaydığı ışınların karşılaştırılarak saptama gerçekleştirilir. İvmelendirici sistemler ise hareket eden vücudun ivmelerini algılar ve tepki verir. İnertial izleyiciler yüksek hız ve doğruluk derecesine sahiptir ancak maliyetleri yüksektir (Şekerci, 2017).

Etkileşim cihazları eldivenler ve kuvvet topları (*spaceball*) 3D fare ve manevra kolları olarak üçe ayrılmaktadır. VR ortamında dokunma hissiyatını elde etmek için veri eldivenleri (*data glove*) kullanılır. Veri eldivenlerinin içerisinde, kullanıcının yaptığı el ve parmak hareketlerini algılayabilen sensörler bulunur. Bu sensörler ile kullanıcının eş zamanlı hareketlerini sanal ortamda simüle ederek, sanal objeleri kavrama, uzanma gibi hareketler ile algılayarak etkileşimi gerçekleştirilmektedir (Ferhat, 2016).



Şekil 3.31 Kuvvet Kolları (Mazuryk & Gervautz, 1996)

Kuvvet toplarında kullanıcı, mekanizma üzerinde bulunan topu kavrayarak sanal ortamı manipüle edebilmektedir (Şekil 3.31). Topun hareketleri cihazda bulunan alıcı tarafından algılanarak bilgisayara gönderilir. Üzerindeki düğmeler ise etkileşimi arttırmak için kullanılmaktadır. Fakat cihaz etkileşim ve komut vermeye uygun değildir (Mazuryk & Gervautz, 1996).

3D fareler ve manevra kolları, izleyici sensörleriyle donatılmış kullanıcı konumu belirlemek veya eylemleri manipüle etmek için düğmelere sahip cihazlardır. Bazı 3D

fareler hareket kontrolünü sağlamak için üzerinde top bulundurabilmektedir (Mazuryk & Gervautz, 1996).

Diğer VR donanımları ise ses düzenekleri, beden giysileri, platformlar gibi VR ortamda etkileşimin artırılması için kullanılmaktadır. Ses düzenekleri, kullanıcının sanal ortamdaki gördüğü veya göremediği sesleri duymayı algılamasında kullanılmaktadır. Kulaklık, hoparlör ve VR gözlükler gibi donanımların içerisinde bulunmaktadır. Beden giysileri; dokunma hissinin aktarılmasını sağlayan ve içerisinde titreşim cihazları bulunan giysilerdir. Bu giysiler sayesinde kullanıcı, VR senaryosunda yaptığı hareketlerin karşılığı olan yanma, çarpma, düşme hissiyatlarına sahip olur. Platformlar, sanal ortama daldırılan kullanıcının rahat ve güvenli hareket etmesini sağlayan koşu bantlarıdır. Kullanıcının eş zamanlı hareketleri ile uyumlu çalışmaktadır (Ferhat, 2016).

AR da ise donanımlar ekranlar, işlemciler, takip ve duyarlılık sistemleri, girdi aygıtları olarak dörde ayrılmaktadır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2 AR Donanımları

AR DONANIMLARI			
Ekranlar	İşlemciler	Takip ve Duyarlılık Sistemleri	Girdi Aygıtları
HDM	Bilgisayar	Dijital Kameralar	Kameralar
Tablet Göstericiler	Akıllı Telefon	Optik Sensörler	Kol Bandı
Uzaysal Göstericiler	Tablet	GPS	Eldiven
Ekran Göstericiler			

AR teknolojisinin üç önemli ekran donanımı bulunmaktadır. Bunlar; HDM, Tablet Göstericiler (*Handheld Displays*) ve Uzaysal Göstericiler (*Spatial Displays*) olarak adlandırılmaktadır.

HDM, VR teknolojisinde kullanıldığı gibi insanın baş bölgesine giyilebilen ekranların bulunduğu göstericilerdir. Genellikle kaska benzetilmektedir. Görüntüye hacim veren

ve taşınabilir ekranlardan oluşmaktadır. Görüntüler cihazın ekranından izlenebildiği gibi, bilgisayar bağlantısıyla da kullanıcının bakış açısı izlenebilmektedir. Cihazla görüntüler, kullanıcının baş hareketlerine göre yeniden güncellenerek yeni bakış açısını oluşturur ve bu açığa göre ekrandaki görüntüler yeniden güncellenmektedir [92]. Cihazda yer alan ekranlar, gerçek ve sanal ortamdaki resim, nesne gibi öğeleri kullanıcının görüş açısına yerleşmesinde yardımcı olmaktadır. Bu göstericiler kendi içerisinde kapalı ve açık görüş sağlayan sistemler olarak iki gruba ayrılmaktadır. Kapalı görüş sağlayan sistemde gözlükte bulunan kameralar aracılığıyla video formatındaki gerçek sahnenin üzerine sanal nesnelerin bindirilmesini sağlanmaktadır. Açık görüş sisteminde ise, eş zamanlı görüntülenen gerçek ortamın, optik ve video teknolojileri sayesinde sanal görüntülerin göstericinin üzerine düşürülmesinden oluşan sistemdir (Carmigniani & Furht, 2011).

Günümüzde HDM cihazları kullanıcı tarafından daha giyilebilir ve taşınabilir hale gelerek giyilebilir gözlük formatına getirilmeye çalışılmaktadır. Geçtiğimiz günlerde akıllı telefon, giyilebilir teknoloji, akıllı saat vb. birçok teknolojik cihazları üreten Xiaomi şirketi *Xiaomi Wireless Ar Glass Discovery Edition* adlı AR gözlüğün tanıtımını yaptı (Şekil 3.32). AR gözlüğü, akıllı telefonların NFC (*Near Field Communication* - yakın alanda iletişimi sağlayan özellik) özelliği kullanarak bağlantısını ve içerisinde retina seviyesinde yer alan ekranlar bulunmaktadır. Gözlük sayesinde gerçek ortamda kullanıcının istediği yönde hareketi desteklenerek, hareket kısıtlaması ortadan kaldırılmıştır. İçerisinde iki özelliği bulunmaktadır. İlki sanal ortama daldırabilen '*Immersive Mode*' (sürükleyici mod), ikincisi canlı görüntülerin sunulduğu AR özelliği sunan '*Transparent Mode*' (saydam, şeffaf mod) özellikleridir. Bunlarla beraber, gerçek ortamda etkileşime girilen sanal objelerin kontrolünü ile sanal objeleri istenilen yere konumlandırılabilir. Kullanıcı parmak hareketleri ile sanal objeleri büyütebilir, yakınlaştırabilir, sayfaları değiştirebilmek ile beraber, mekânda bulunan akıllı objelerin kontrolü gibi özellikleri sunmaktadır (Xiaomi, 2023).



Şekil 3.32 Xiaomi AR Gözlüğü (Xiaomi, 2023)

Bir diğer ekranlar ise tablet göstericilerdir. Tablet göstericiler küçük, taşınabilir ve erişilebilir ekranlardır. En yaygın örnekleri, akıllı telefonlar ve tabletlerdir. Bu cihazlar grafikleri gerçek ortamın üzerine bindirirken, dijital pusulalar, GPS (*Global Positioning System*- Global Konum Belirleme Sistemi), izleme sensörleri, işaretçilerini kullanmaktadır. Tablet göstericilerde birtakım problemler yer almaktadır. Bu problemlerden biri, ekran boyutlarının kısıtlı olmasından dolayı çevre ile etkileşimi azalması diğeri ise, el ile göstericiyi taşıma zorluğunun olmasıdır (Carmigniani & Furht, 2011). Günümüzde *Snapchat*, *Insagram*, *İkea Place* gibi eğlence, ürün tanıtımı gibi uygulamaları üzerinden, tasarlanan 3D sanal objeler akıllı telefon ve tabletler aracılığıyla fiziksel ortamda harmanlanmaktadır (Şekil 3.33).



Şekil 3.33 Instagram Uygulaması (Yazar Tarafından Elde Edilmiştir)

Uzaysal göstericiler projektörler, optik elemanlar, hologram ve diğer izleme teknolojileri ile, herhangi bir ekran kullanılmadan grafiksel veriyi gerçek nesnelere doğrudan yansıtan teknolojidir. Sistemdeki en önemli özellik, herhangi bir cihaz ya da ekranın kullanıcı tarafından taşınmamasıdır. Bu sayede, AR herkes tarafından benimsenebilmektedir (Carmigniani & Furht, 2011) (Ünal, 2013). Uzaysal göstericilere örnek olarak; Türk medya sanatçısı ve tasarımcısı olan yapay zekayı kullanarak işitsel ve görsel, sürükleyici sanal- gerçek entegrasyonu sağlayan, Refik Anadol'un tarihsel yapıların duvarlarına sanal nesnelere yansıttığı çalışmalarını örnek olarak gösterilebilir (Şekil 3.34).



Şekil 3.34 Yaşayan Mimari: Casa Battló (*Living Architecture: Casa Battló*) (Bilinmeyen, 2023)

Ekran göstericiler, bilgisayardaki grafik verisinin, birbiriyle bağlanmış saydam ekranlardan görüntülenmesini sağlamaktadır. Askeri alanda savaş uçaklarının kokpitlerinde kullanılmaktadır (Ünal, 2013).

Bir diğer donanım işlemcilerdir. İşlemciler, sanal verilerin üretilip daha sonrasında da gerçek dünya üzerine yerleştirilmesine yardımcı olmaktadır. Bundan dolayı AR sisteminde anahtar görevini üstlenmektedir. 'İşlemci tanımlaması bilgisayarlar, akıllı telefonlar, tabletler, oyun konsolları vb. gibi işlem gerçekleştiren AR uygulamasının ihtiyaçlarını karşılayabilecek sistemler için kullanılmıştır'. Bununla birlikte, AR sisteminde kullanılan grafik yoğunluğu VR dan daha az olduğu için işlemci kapasitesinin büyük olmasına ihtiyaç duyulmamaktadır (Ünal, 2013).

Takip sistemi, gerçek nesnelere yerinde tanımlayarak daha sonrasında AR uygulamalarında veya sisteminde kullanılacak verilerin kaydedilmesine yardımcı olan

sistemdir. AR çıktılarından düzgün bir şekilde yararlanabilmek için sanal ve gerçek ortamdaki verilerin doğru hizalanması gerekmektedir. Bu sistem sayesinde kullanıcının konumuna göre sanal objenin gerçek ortama yerleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Dijital kameralar, optik sensörler, GPS, ivme ölçerler, kablosuz sensörler vb. yardımcı elemanlardır. İşaretçi temelli takip en basit takip şeklidir (Şekil 3.35) (QR (siyah beyaz karekod) (Carmigniani & Furht, 2011) (Ünal, 2013).



Şekil 3.35 İşaretçi Örneği (Yazar Tarafından Elde Edilmiştir)

AR görüntünün izlendiği girdi aygıtları kameralardır. Kameralar aracılığıyla sistem sanal nesnelere gerçekçi görüntülerini kopyalayarak konuma göre fiziksel ortama yerleştirir. Kameralar akıllı telefonların üzerinde, bilgisayar monitörleri ile kullanılan bilgisayar kamerası gibi birçok cihaz için farklı konumlarda yer alabilmektedir (Köymen, 2014). Bütün bu donanımlarla beraber AR sisteminde görsel verilerin alınmadığı durumlarda kol bandı, eldiven vb. araçlar kullanılarak sağlanmaktadır (Ünal, 2013).

VR ve AR sisteminin oluşturulabilmesi için donanım kadar yazılımlara da ihtiyaç duymaktadır. Modelleme ve geliştirme araçları, VR yazılımlarının temeldir. Modelleme araçları birden fazladır. Popüler olanları *3ds Max*, *Maya* ve *Creator* vb., mühendislikler içinde *CATIA*, *Pro/E*, *Solidworks*, *UG* gibi uygulamalardır. Geliştirme araçları gerçek zamanlı 3D bilgisayar grafikleri, izleme teknolojisi, ses işleme ve dokunsal teknoloji, diğerlerinin yanı sıra, bu nedenle yazılım geliştirme esnekliği ve gerçek zamanlı etkileşim vb. unsurları içerisinde barındırmaktadır. Geliştirme araçları olarak da *C/C++*, *Java*, *OpenGL*, gibi programlama dilleri kullanılmaktadır (Bamodu & Ye, 2013). Bilgisayar programları, model, konum algılayıcıları ve etkileşim araçları

gibi donanım ve yazılımlar VR sisteminin ana bileşenlerini oluşturmaktadır (Kayapa & Tong, 2011).

Herhangi bir cihaz için geliştirilen AR uygulamanın kullanımı yazılım ile mümkün olmaktadır. AR yazılım geliştirme araçları birçok donanımları desteklemekle beraber, çeşitliliğinde arttırmaktadır. Bunlarla beraber yazılımı geliştirme araçları farklı platformlar ile desteklenmektedir. AR teknolojisinde birden fazla yazılım geliştirme araçları/platformları/Frameworks (SDK- *Software Development Kit*) bulunmaktadır. Örnek olarak, *WikiTude*, *LayAR*, *Kudan*, *FaceSDK* gibi yazılım araçları ücretsizken, *ARToolKit*, *SLARToolKit*, *FLARToolKit*, *OsgART*, *Droid AR* gibi araçlarda ücretli kullanılmaktadır (Tablo 3.5). AR sisteminde en önemli bileşen modellemenin oluşturulmasıdır. Kullanılacak olan gerçek hayattaki nesnelere veya karakterlerin 3B tasarlanması gerekmektedir. *Blender*, *Unity 3D*, *Google SketchUp*, *Cinema 4D*, *K-3D*, *Sweet Home 3D*, *Maya* ve *3ds Max* gibi modelleme ve grafik tasarlama programları bu amaçla kullanılmaktadır. Yazılımların mobil cihaza uygun olabilmesi içinde Android ve iOS gibi en yaygın mobil işletim sistemlerini desteklemesi gerekmektedir. AR sisteminin çalışma prensibi olan işaretçi yakalama ve takip etme özelliği, AG kütüphaneleri (*ARTools* gibi) ile daha hızlı ve kolay ulaşmak mümkündür. Bu kütüphaneler oluşması içinde Javascript, C++, C# gibi yazılım dilleri kullanılmaktadır (İçten, 2017) (Köymen, 2014) (Kılıç, 2016).

Tablo 3.3 AR Geliştirici Araçlar (Köymen, 2014) (Kılıç, 2016)

ARAÇ	DONANIM	İZLEME SİSTEMİ	PLATFORM
ARCore	Mobil, Gözlük	İşaretçi Tabanlı, Doğal Özellik İzleme, GPS	Android, IOS, Unity, Unreal Engine
ARKit	Mobil, Bilgisayar, Gözlük	İşaretçi Tabanlı, Doğal Özellik İzleme,	IOS, Unity, Unreal Engine
AR-Media	Mobil	İşaretçi Tabanlı, Doğal Özellik İzleme, GPS	Android, IOS, Unity
ARToolkit	Mobil, Bilgisayar, Gözlük	İşaretçi Tabanlı, Doğal Özellik İzleme, GPS	Android, IOS, Unity
D'Fusion	Mobil	İşaretçi Tabanlı, Doğal Özellik İzleme	Android, IOS
EasyAR	Mobil, Bilgisayar	İşaretçi Tabanlı, Doğal Özellik İzleme	Android, IOS, Unity
Kudan	Mobil	İşaretçi Tabanlı, Doğal Özellik İzleme, GPS	Android, IOS, Unity
Layar	Mobil	Doğal Özellik İzleme, GPS	Android, IOS
MAXST	Mobil, Bilgisayar, Gözlük	İşaretçi Tabanlı, Doğal Özellik İzleme	Android, IOS
Mobil SDK	Mobil	Doğal Özellik İzleme	Android, IOS
VisionLab	Mobil, Bilgisayar, Gözlük	İşaretçi Tabanlı, Doğal Özellik İzleme	Android, IOS, Unity
Vuforia AR SDK	Mobil, Bilgisayar, Web	SDK, Mobil Geliştirici Kiti	Android, IOS, Unity
Wikitude	Mobil, Bilgisayar, Gözlük	İşaretçi Tabanlı, Doğal Özellik İzleme, GPS	Android, IOS
Qualcomm	Mobil	Doğal Özellik İzleme	Android, IOS

### 3.2.4 Kullanım Alanları

ÇGT eğlence ve oyun, pazarlama, reklam, eğitim gibi birçok benzer alanda benzer işlevlerde kullanılmaktadır. VR teknolojisi gerek gündelik hayatta gerekse çalışma hayatındaki kullanımı diğer teknolojilere göre daha yaygın bir yelpazeye sahiptir. Bu kullanım alanlarından bir tanesi e-ticarettir. Elektronik ticaret siteleri, internet ve televizyonu pazarlama aracı olarak kullanarak bu kanallar üzerinden müşterine 24 saat hizmet vermektedir. teknolojinin meyvelerden biri olan VR teknolojisi bu noktada, gelişmekte olan VR donanımlarının web üzerinden müşterilere sanal marketlerde akıcı dolaşımının sağlanması öngörülmektedir. Fakat istenilen öngörünün faaliyete geçebilmesi için hızlı internet bağlantısı ve VR sistemine uygun bilgisayarlar

gerekmektedir. Ayrıca VR teknolojisinin internet tabanlı uygulamalarda kullanımı yaygın değildir (Bayraktar & Kaleli, 2007).

VR, imalatta süreç yönetiminde, tasarımın bütün olarak gözden geçirilmesinde, üretilen ürünün başlangıcından bitişine kadar olan zaman diliminde sanal prototip üzerinden, sürecin takip edilmesinde kullanılır. Nükleer Santrallerde, tasarımda, malzeme üretim ve uygulamasında, mühendislik vb. alanlarda kullanılmaktadır (Bayraktar & Kaleli, 2007).

VR teknolojisinin kullanımı eğitim alanındaki kapsamı geniştir. Mühendislik, sağlık, genel eğitim, mimarlık gibi eğitim kategorilerinde kullanılmaktadır. Örneğin mühendislik eğitiminde, öğrencilerin gerçek hayatta karşılaşabilecekleri problemlerin çözümünü üretmek için simüle edilmiş ortamda gerçeğe yakın 3B nesnelere ile öğrenim ve deneyimleme şansı sunmaktadır. Bu sistem aracılığıyla, zaman ve maliyet tasarrufu yanı sıra öğrencilerin konuları/problemleri daha iyi kavranmasında yardımcı olmaktadır. Tıbbi eğitimde, doktorların, hemşirelerin veya öğrencilerin becerilerinin geliştirilmesinde rol oynar. Eş zamanlı olarak yararlanılan 3D içerikli sanal ortamında organların işleyişinin canlandırılmasından, ağız yapısının incelenmesine ve manipülasyona izin verir. Genel eğitimde ise VR uygulamaları ve donanımları aracılığıyla kullanılmaktadır (Kamińska, ve diğerleri, 2019).

Endüstriyel üretimin zaman içerisinde evrimleşmesi yeni üretim teknikleri, çalışma yöntemleri gibi birçok fırsatın kapılarını aralamaktadır. VR teknolojileri yeni kullanım alanlarının içerisinde dahil olarak, eğlence sektörü dışında; endüstriyel, inşaat, eğitim, bilişim, lojistik gibi çeşitli alan ve meslek gruplarında etkisini göstermeye başlamıştır (Alkan, b.t.).

Eğlence alanında en hızlı uyum sağlayan oyun ve film sektörüdür. Kültür ve turizmde ise doğal güzelliklerin, tarihi dokunun veya müzelere gidilmeden 3D ortamında sunumunda da kullanılmaktadır.

AR teknolojisi de eğitim, sağlık, bilim, uygulama, mühendislik ve mimarlık, askeriye, sanat, pazarlama, eğlence, endüstriyel tasarım, ürün tanıtımı gibi benzer alanlarda kullanılmaktadır. Sağlık alanında AR sensörler ve kamera bulunan akıllı telefon ve tabletlerin kullanımıyla, doktorların bilgi toplamasını, hasta veya hastalığın durum ve süreçlerini açıklamasında/kontrol edilmesinde kullanılabilir. Böylelikle AR ile

doktorlar yoğun bakıma ihtiyaç duyan hastaların cihazlar aracılığıyla vücut sıcaklığını, kalp atışını vb. yaşamsal değerlerin ölçülmesinde kullanılabilir (Alkhamisi, Arabia, & Monowar, 2013). İlk AR kullanımı savunma ve askeriyedir. Askeriyede en yaygın kullanımı HDM cihazları ile savaş pilotlarına, yönerge, harita, düşman yönün gösterilmesinde vb. kullanılmaktadır. Bunlarla beraber, oyun ve eğlence sektörlerinde de kullanılmaktadır. Oyun sektöründe görsel ve işitsel duyulara odaklanıldığında ekranlarla gerçek çevreden alınan veriler doğrultusunda sistemin sunduğu sanal objeler ile etkileşimi artırılmasında AR tercih edilebilmektedir. Mühendislik ve inşaat sektöründe tasarımcılara, mühendislere, inşaatçılara fiziksel çevrede yer alacak binanın görüntülenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca inşaat sırasında tesisatın nereden geçmesi gerektiğinin kılavuzluğunu yapar. Bu sayede yapılan çalışmaların doğruluğu ya da yanlışlığı ölçülmüş olur. Bu da hem para hem de zamandan tasarruf sağlamaktadır (Bingöl, 2018).

AR teknolojisi, restorasyon çalışmalarında, tarihi kazılarda vb. eylemlerde kültür varlıklarının tanımlanmasında ve tamamlanmasında kullanılmaktadır. Genellikle çizim ve görseller üzerine çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Arkeoloji müzelerinde ya da tarihi dokunun bulunduğu bölgelerde yer alan eserlerin üç boyutlu izlenmesini, hasar almış ya da zaman içinde aşınmış yapıların ya da eserlerinin yeniden 3D modellemesi aracılığıyla için kullanılmaktadır. Arkeolojideki yaygın kullanımı sit alanlarındaki yapıların eksik kalan bölümlerini canlandırmak için, bilgisayar ortamında hazırlanan görüntü ve ses ile birleştirilmesinde, müzelerde ise nesne hakkında bilgilere ulaşmak için artırılmış gerçeklik kullanılmaktadır (Durak, Saritepeci, & Çam).

VR ve AR'ın mimarlık pratiği ve eğitiminde gerçekçi, etkileşimli veya daldırılan sanal ortamlar ile görselleştirme, üç boyutlu düşünme, modelleme, perspektif gibi ifade teknikleri yerine yeni bir ortamda tasarımı gerçekleştirme, 1:1 ölçekte ürünü inşasından önce görme gibi çeşitli imkanları bulunmaktadır. Bu bağlamda bu araçlar sayesinde tasarımı yansıtan gerçekçi görseller elde edilirken, tasarımın gerçekleştirildiği farklı ve yeni bir ortam örneğini de sunmaktadır.

İzleyen bir sonraki bölümde çalışma kapsamında yapılan literatür araştırmasında, mimarlıkta ÇGT'nin kullanımını incelendiği akademik yayınlara ve meslek pratiğindeki örneklere yer verilmektedir. Değerlendirmeye alınan yayınlar bu ilişkiyi

doğrudan inceleyen çalışmaları içermektedir. Çalışmalar mimari tasarım olgusunun hem mesleki pratikte hem de mimarlık eğitimi alanındaki yansımalarına odaklanan araştırmalardan oluşmaktadır. Böylelikle hem araştırma alanındaki genel yaklaşımların hem de mimarlıkta ÇGT kullanımının değerlendirildiği çalışmaların geldiği noktanın anlaşılması hedeflenmektedir.



## BÖLÜM 4

### 4. MİMARLIK PRATIĞI VE EĞİTİMİNDE ÇAĞDAŞ GERÇEKLIK TEKNOLOJİLERİNİN GÜNCEL DURUMU

Bu bölümde, yapılan literatür çalışması esnasında sıklıkla karşılaşılan örnekler incelenmektedir. Seçilen örneklerde, ÇGT'nin temeli olan VR ve AR teknolojilerinin mimarlık pratiği ve eğitimindeki yapı taşlarına değinilmektedir. Mevcut durumun anlaşılmasını kolaylaştırmak üzere ÇGT kullanımında deneyimli mimar katılımcıların ve uzmanların görüşlerine başvurulmuştur. Böylelikle, ÇGT'nin avantaj, dezavantaj, potansiyelleri gibi konular karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Bu bölüm hem literatür hem de mevcut durumun incelenmesi sağlayarak, ÇGT'nin gelecekteki yerini belirlemeyi hedeflemektedir.

#### 4.1 Mimarlık Alanındaki Kullanımı

Literatürde bulunan bu çalışmalar, VR ve AR teknolojisinin mimarlık pratiği ve eğitiminde kullanımı keşfedilmek üzere gerçekleştirilmiş; görselleştirme aracı, alternatif yeni tasarım aracı, diğer görselleştirme araçlarıyla karşılaştırma, kullanılabilirlik, işbirlikçi tasarım ve etkileşimli ortam gibi amaçlarla denemeler yapılmıştır. Bunlarla beraber literatürde, mimarlık eğitimi üzerinden bulunan çalışmalar %53 iken, mimarlık pratiğine ise bu rakam %47'dir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Mimarlık Alanındaki Kullanımı

Çalışma Alanı	Araştırmacılar, Çalışmanın Adı, Yılı	Platform/Yazılım	Donanım	VR/AR Türü
Alternatif Yeni Tasarım Aracı	Köymen, SkechAR, 2014	ARToolkit-CS	Bilgisayar, Kamera	İşaretçi Tabanlı
Alternatif Yeni Tasarım Aracı	Akdağ, Mimari Stüdyo Eğitimde Augment Tarayıcısının Kullanımı, 2017	Augment Tarayıcısı	Telefon, Tablet, HDM	İşaretçi Tabanlı
Kağıt, Kalem gibi Diğer Tasarım Araçlarıyla Karşılaştırma	Özgen, Afacan, ve Sürer, Temel Tasarım Eğitimi İçin VR Kullanılabilirliği Uygulaması, 2021	Google Blocks	Bilgisayar, Sensörler, Ekranlar, Ses Sistemleri vb.	VR Gözlük
Kağıt, Kalem gibi Diğer Tasarım Araçlarıyla Karşılaştırma	Chen ve Wang, TAR Tabanlı Öğrenme Sistemi, 2008	ARToolkit, ArciCAD	Bilgisayar, Projeksiyon Cihazı	İşaretçi Tabanlı
Kullanılabilirlik	Alvarado ve Maver, Mimari Eğitimde VR, 1999	CAD, Slicon Graphics	Bilgisayar, Projeksiyon Cihazı, Ekranlar, Ses Sistemleri vb.	CAVE
Kullanılabilirlik	Frost ve Warren, İşbirlikli Mimari Tasarım, 2000	ArchiCAD	Bilgisayar, Projeksiyon Cihazı, Ekranlar, Ses Sistemleri vb.	CAVE
İşbirlikli Tasarım ve İletişim	Schnabel, Kvan ve ark., Sanal Tasarım Stüdyosu, 2014	CAD, Adobe Photoshop vb.	Bilgisayar, Kamera, Ağ Bağlantısı	VR Gözlük
İşbirlikli Tasarım ve İletişim	Rierra ve Ark, Konum Tabanlı AR Uygulaması, 2015	Layar Tarayıcısı	Telefon, Tablet	Konum Tabanlı

Tablo 4.1 Mimarlık Alanındaki Kullanımı (Devamı)

Çalışma Alanı	Araştırmacılar, Çalışmanın Adı, Yılı	Platform/Yazılım	Donanım	VR/AR Türü
Görselleştirme	Königsberger Vannucchi Mimarlık, <i>Fibrasa Connetction Projesi, 2010</i>	-	Telefon, Kamera	İşaretçi Tabanlı
Görselleştirme	Olsson ve Ark, Mobile AR Architectural Planning, 2012	Augment Tarayıcısı	Telefon	Konum Tabanlı
Görselleştirme	WHA Architecture Mimarlık Ofisi Uygulaması	Sentio VR, AutoCAD, Sketchup, Lumion, Vray	Telefon, Bilgisayar, Tablet, HDM	
Görselleştirme	Designhaaus Mimarlık Ofisi Uygulaması	Sentio VR, Sketchup,Vray	Telefon, Bilgisayar, Tablet, HDM	
Diğer Tasarım Araçlarıyla Karşılaştırma	<i>Florentino ve ark,Mimari Stüdyo Eğitimde Augment Tarayıcısının Kullanımı, 2020</i>	Rhinoceros	Telefon,Tablet,HDM	-
Kullanılabilirlik	Dias ve ark., Viarmodes, 2015	Revit, Blender	Bilgisayar,Projeksiyon Cihazı,Ekranlar, Ses Sistemleri vb.	CAVE
İşbirlikçi Tasarım ve Karmaşıklığın Giderilmesi	Broll ve Ark, ARTHUR, 2004	MORGAN,CAD	Bilgisayar,HDM,Konsollar	-

1999 yılında Alvarado ve Maver (1999), İskoçya Üniversitesi Mimarlık ve Yapı Bilimleri Bölümü Araştırma Birimi olan ABACUS tarafından ilk görsel sürükleyici tesis/sistemi olan ‘Sanal Ortamlar Laboratuvarı’ (*Virtual Environments Laboratories*) geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında, mimarlık eğitiminde yer alan mimari tarih dersinde öğrencilere kentsel ve mimari kavramları öğretilmektedir. Çalışmada VR teknolojisinin sunduğu, etkileşimli 3D modellemesini ve birden fazla kullanıcının aynı ortama katılıma izin veren özelliğini kullanarak mimari tasarımdaki etkisini ölçmek amaçlanmıştır. Sanal Ortamlar Laboratuvarının ana bileşeni olarak CAVE donanımı tercih edilmiştir. CAVE içerisinde; yüksek çözünürlüklü görüntüyü aktarmak için kıvrımlı panoramik ekranlar (*curved-panoramic screen*), üç koordine video projeksiyonu; CAD formatında üç boyutlu modellerin etkileşimine izin veren Slicon Graphics motoru, operatör olarak kullanılan bilgisayar, ses ve 3D işaretçileri ile 14

koltuk bulunmaktadır. ‘Sanal Kent’ (*The Virtual City*) adlı ve İskoçya odaklı sanal kentsel proje, büyük ölçek ve mimari dokuya sahip olan Glasgow şehri simüle edilmiştir (Şekil 4.1). Sistem aracılığıyla, sanal kentte daha önceden Avrupa’da yaşama şansı olmayan veya ziyaret edemeyen yabancı öğrenciler için orada bulunmadan kentin tarihi ve yapısı, dokusu, ölçeği vb. kent hakkındaki bilgilerin elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Ardından, öğrenciler sanal kentin içerisine tasarladıkları endüstriyel yapıları kentin içerisine yerleştirilerek geri dönüşleri gözlenmiştir. Çalışma sonrasında değerlendirilen geri dönüşlerde, simüle edilen modeller üzerine detay eklemede ya da modellerin ölçeğinin büyük olması gibi faktörler sistemin kullanımı sınırlandırdığını öne çıkarırken; seyahat gerektirmeden diğer mekân ya da kentlerin deneyimlenmesi ve mimari tasarımda kullanılan geleneksel görselleştirme araçlarının dışında yapı tasarımıyla bütünleşik ilişkiyi ön plana çıkaran sistem örneği de elde edilmiştir (Alvarado & Maver, 1999).



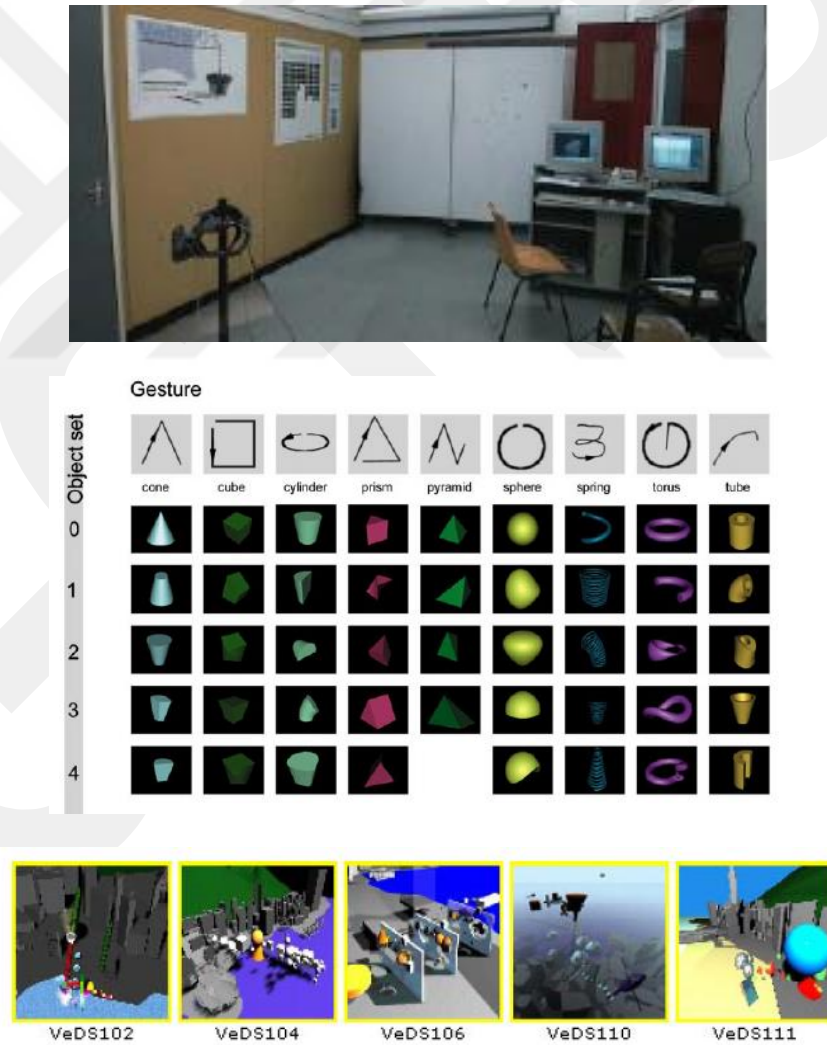
Şekil 4.1 Sanal Ortamlar Laboratuvarı (Üst) ve Kentsel Alan Modeli (Alt) (Alvarado & Maver, 1999)

2000 yılında Frost ve Warren (2000), VR kullanımının mimari tasarımın yapısal sürecinde nerede konumlanacağını öğrenmek için bir çalışma gerçekleştirmiştir. VR düzeneğini test etmek için İsviçre’de bulunan Lund Üniversitesi Kimya bölümündeki

çalışanlar için laboratuvar binası tasarlamıştır. Tasarım sürecinin ilk başında, kimya bölümünde görevli kişilerin, çalışma alanlarındaki isteklerini analiz edebilmek için atölye çalışması (*workshop*) düzenlenmiş, daha sonrasında, elde edilen verilere göre tasarım aşamasına geçilerek süreç başlatılmıştır. Laboratuvarın gelecekteki temsili hakkında daha fazla bilgiye sahip olmak için tasarım CAVE sistemine aktarılmış ve hedef kitleye gösterilmiştir. Sistem aracılığıyla, hedef kitlenin tasarım hakkındaki düşünceleri değerlendirilmiştir. Görüşme esnasında, CAVE sisteminin içerisinde sağlanan iletişim düzeneği kullanılmış, üç boyutlu modelleme için de *ArchiCAD 6.0* uygulaması tercih edilmiştir. CAVE sisteminde, geri dönüşleri desteklemek ya da düşünceleri aktarmada kâğıt, kalem gibi geleneksel ifade araçları üzerinden devam ettirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, VR teknolojisinin gelişmiş görselleştirme aracı olduğu, mimari tasarım sürecine entegrasyonunda ve işbirlikçi tasarım sürecine izin veren bir sistem örneği olduğu ortaya çıkmıştır. Bunlara ek VR, mimari tasarım sürecinde elde edilecek ürünün 1:1 ölçekte; test edilmesinde, yeniden değerlendirilmesinde, analiz edilmesi gibi çok yönlü imkanları da sunmaktadır. Ayrıca gelişmiş görselleştirme aracı tasarım sürecine dahil edilmiş ve olumlu geri dönüşler alınmıştır. Bu olumlu görüşlerin içerisinde, katılımcılar fikirlerini daha iyi formüle ederek tasarımların gerçekleştirebilecekleri yeni bir yöntem ve ortak zemin oluşturulması gibi sonuçlar yer almaktadır. (Frost & Warren, 2000).

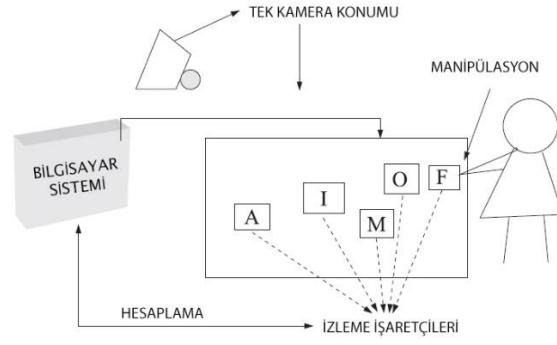
Schnabel ve arkadaşları (2001), 2000’li yılların başında ilk sanal tasarım stüdyosu denemesi gerçekleştirilmiştir. Sanal tasarım stüdyosundaki amaç, VR teknolojisi kullanarak, sanal ortamda iletişim kabiliyetini ölçmek ve tasarım stüdyosundaki yeni ifade biçimlerini tartışmaktır. Çalışmanın ilk adımında, Hong Kong Üniversitesi ile Weimar Bauhaus Üniversitesi’ndeki mimarlık öğrencileri aynı sanal ortamda bir araya getirilerek öğrenciler gruplara ayrılmıştır. Çalışma süresince grubun içerisinde yer alan öğrenciler, modelleme yapan (tasarımı yapan) ve tasarım hakkında notlar tutan olarak ayrılmıştır. Görev dağılımı yapıldıktan sonra, Hong Kong’un merkezinde bulunan ve helikopterler için küçük ölçekte iniş alanı tasarlanmaları istenmiştir. Deney süresince, grupların iş birliği ve koordinasyonunu korunmaya çalışılmış; süreç bilgisayarlar, monitörler, HDM, internet, web tabanlı veri tabanı ve sunum yazılımları (*AutoDesk, 3DstudioVIZ ve Adobe Photoshop*) gibi teknik ekipmanlar ile desteklenmiştir. Çalışmanın başlangıcında, VR deneyimi bulunmayan öğrencileri

sisteme alıştırmak için küçük sanal obje denemeleri yaptırılmıştır (Şekil 4.2). Çalışma sırasında, Weimar Bauhaus Üniversitesi tarafından The Virtual Reality Architectural Modeler (*Sanal Gerçeklik Mimari Modelleyici*) geliştirilerek yeni giriş aygıtları ve diğer özellikleri eklenmiş; kullanıcının kalemle üç boyutlu nesnelere manipüle edilmesini mümkün kılınmıştır. Kaydedilen öğrenci çalışmaları ve geri dönüşlerin sonucunda, tasarım boyunca VR gözlüklerinin ergonomik sorunları açığa çıkarken; farklı konumlarda yer alan öğrencilerin işbirlikçi çalışması ile sanal objeleri kolayca değişimini sağlayan örneği sunulmuş, sunulan ortamda öğrencilerin tasarımlar üzerinden yeni düzenlemeler ve yeni formlar ortaya çıkartıldığı gözlemlenerek yaratıcılıklarını arttırdıkları ortaya çıkmıştır (Schnabel, Kvan, Kruijff., & Donath, 2001).



Şekil 4.2 Deneyin Gerçekleştirildiği Yerlerden Biri (Üst), Alıştırma Denemesi (Orta), Helikopter Pist Çalışması Ekran Görüntüleri (Alt) (Schnabel, Kvan, Kruijff., & Donath, 2001)

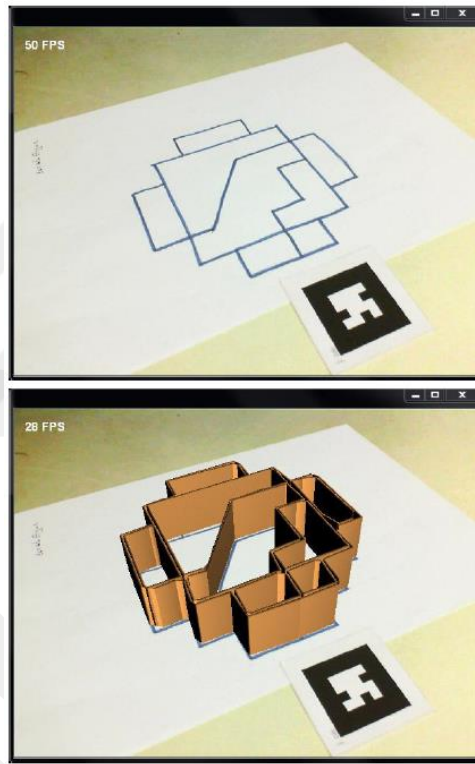
Chen ve Wang 2008 yılında yayınladıkları makalede (2008), TAR (*Tangible Augmented Reality*- Somut Artırılmış Gerçeklik) sistemini ile dokunsal geri bildirim alındığı ahşap kütlelerin tercih edildiği bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Kentsel tasarım öğreniminde veya eğitimde öğrenme problemlerini TAR sistemi ile değerlendirerek, öğrenme ve tasarlama eylemlerini nasıl yardımcı olabileceğini keşfetmektir. Bu sayede, işbirlikçi öğrenme sürecinin eğitimsel etkinliğini keşfetmeyi de amaçlamaktadır. Çalışmada kullanılan TAR , bilgisayardan üretilen sanal objelerin gerçek dünyada entegre edilmesinde kullanılan bir araçtır. Bu araç, dijital öğrenme araçlarını fiziksel ortama adapte ederek yeni bir öğrenme alanı sunmakta ve kullanıcıya gerçek tasarımların görselleştirilerek diğer kişiler ile paylaşılabilen bir ortamda tasarımların manipüle edilmesine olanak sağlamaktadır. Çalışma kapsamında iki farklı grup oluşturularak kentsel tasarım yapılması istenmiştir. Bu düzenekte kullanılmak üzere, sanal görüntülerin fiziksel objelere yerleştirmesinde yardımcı olan *ARToolkit*, sanal nesnelere modellemesini için de *ArchiCAD* uygulaması tercih edilmiştir. Bu sayede hem tasarımcıya hem de hedef kitlenin aynı ortamda tasarımı görüntülemesinde ve üzerinde yeniden tartışılmasına olanak sağlamaktadır. Ahşap kütleler ve işaretçiler ile TAR sistemine aktarılan üç boyutlu tasarımlar fiziksel dünyaya yansıtılmıştır. Öğrenci deneyimleri ve tasarımları üzerinden teorik çerçeve altında analiz edilen çalışmada, tasarımın görsel olarak algılanmasına yardımcı, işbirlikçi tasarıma izin veren, tasarımın her noktasına kolayca müdahale edilebilen ve geleneksel tasarım araçlarına oranla daha kolay çözümler sunan bir sistem örneği elde edilmiştir. Ayrıca TAR sistemi ile ahşap kütlelerin üzerine daha detaylı veriler aktararak (ahşap kütlelerin üzerine yapılan modeller ve detayları eklenmiştir) hem görsellik hem de algıyı arttırmıştır. Bu sayede, nesnelere sanal temsillerinin geliştirilebilir olduğu ve öğrenci fikirlerinin tartışıldığı ve eğitim için öğrenme, verimlilik gibi etkenlerin desteklendiği ortaya çıkmıştır (Şekil 4.3) (Chen & Wang, 2008).



Şekil 4.3 Sistem Kurulumu (Üst), TAR Sistemi İle Kentsel Tasarım Eğitimi (Alt) (Chen & Wang, 2008)

Köymen (2014), 2014 yılında doktora çalışması ile AR teknolojisinin mimarlık alanına nasıl entegre edileceğini ve mimari ön tasarım sürecinde kullanımını keşfetmek üzere *SketchAR* yazılımını geliştirmiştir. Bu yazılımla, mimarlık eğitimine yeni başlamış öğrenciler için üç boyutlu düşünme ve görme algısını desteklemek, biçimselleşmiş mimari tasarım süreçlerine yenilerini eklemek ve tamamen mimari odaklı yeni bir yazılım geliştirerek, AR teknolojisinin sınırlarını genişletmeyi amaçlamıştır. Çalışmanın bir diğer vurgu noktasından biri, AR'ı sunum odaklı olmasından kurtararak mimari ön tasarımı destekleyen ve “gerçek zamanlı tasarım yardımcısı” olarak kullanmaktır. Bu bağlamda *SketchAR* sayesinde öğrenci, iki boyutlu olan eskiz çizimlerini kamera ve işaretçiler aracılığıyla eskiz anında üç boyutlu modellere çevrilmesinde; üç boyutlu modellemenin üzerine de kapı, pencere, mobilya gibi iç mekân elemanlarının eklenmesine yardımcı olmaktadır (Şekil 4.4). Öğrenciler, eskiz kalemi (*marker*) kullanarak tek çizgi ile duvar temsillerini kâğıt üzerine aktarmış sonrasında işaretçi ve bilgisayar kamerasıyla eskizler eş zamanlı boyutlandırılarak öğrencilerin kendi tasarımlarını yeniden yorumlamasında yardımcı

olmuştur. Köymen bu çalışmayı iki farklı üniversitede deneyimlemiş, çalışmanın sonucunda da öğrencileri anket çalışmasına yönlendirmiştir. Anketin sonucunda mimari tasarım alanında kullanılabilecek etkin bir yazılım olduğu ortaya çıkmıştır. Bunlarla beraber, mimari ön tasarım sürecinde ‘ölçme, tarama ve CAD ile iki boyutlu çalışma, üç boyutlu modelleme’ araçlarına göre yeni ve daha hızlı sonuçlara ulaşılabilen bir AR yazılımı elde edilmiştir. Bundan dolayı kullanılabilir, hızlı ve yeni mimari ön tasarım sürecinin oluşturduğu ve çalışmanın hedeflerine ulaştığı belirtilmiştir. Köymen, çalışmanın ekranlarla sınırlandırıldığı ve ilerleyen zamanda yazılımın gözlüklere aktarılması gerektiğini de eklemiştir (Köymen, 2014).



Şekil 4.4 SketchAR Öğrenci Çalışması Örneği (Köymen, 2014)

2015 yılında Rierra ve arkadaşları (2015), mimarlık ve mühendislik eğitiminde kullanılmak üzere AR aracını deneyimlemişlerdir. Çalışmanın çıkış noktası, öğrencilerin sıklıkla kullandığı akıllı telefonlar ve tabletler gibi dijital cihazları kullanarak mobil cihazlar üzerinden üç boyutlu tasarımın yapılması ve görüntülenmesidir. Bu bağlamda, mobil cihazlar için AR yazılımlarından biri olan *Layar* uygulamasını kullanarak öğrencilerin tasarımlarının üç boyutlu modellerini GPS yardımıyla gerçek konumunda görüntülenmesini sağlamıştır. Çalışma sürecinde

öğrenciler üç gruba ayrılmıştır. İlk grup çevrede bulunan yapıları modellemiş diğer gruplar ise belirlenen alanlar için yeni tasarımlar üzerine yoğunlaşmıştır. Modelleme için *Sketchup* ve *3dsMax* programları tercih edilmiş, ardından üretilen modeller *Layar* uygulamasına aktarılmıştır (Şekil 4.5). Anket ve öğrenci denemeleri üzerinden değerlendirilen çalışma, aldıkları eğitimden sonra kendi tasarımlarını birebir ölçüde görme, diğer kişiler ile paylaşma, yeniden değerlendirme ve mekânsal deneyimlerini gerçekleştirmiş ve sistemin tasarımların bütüncül değerlendirmelerilmesinde yardımcı olduğu ortaya konmuştur (Riera, Redondo, & Fonseca, 2015).



Şekil 4.5 Yapılan Çalışmaların Alanda Görüntülenmesi (Riera, Redondo, & Fonseca, 2015)

Akdağ (2017), 2017 yılında gerçekleştirdiği tez çalışmasında AR ile mimarlık entegrasyonu arasındaki deneyselliğin dışına çıkarak mevcut durumu değiştirmeyi hedeflediği bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmanın temel amacı, mimari tasarım stüdyolarındaki yöntemleri desteklemek ve öğrenci tutumları keşfetmek üzere; geleneksel ifade araçlarına alternatif olarak AR'ın kullanılabilirliğini ve uygulanabilirliğini değerlendirmek üzere bir yöntem geliştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, AR hakkında yetersiz bilgiye sahip olan öğrenciler bilgilendirilmiştir. Ardından, öğrenciler tasarımlarını *Sketchup* modelleme programını kullanarak üç boyutlu modeller oluşturmuştur. Yapılan modeller *Augment* adlı AR tarayıcısına aktarılmıştır (Şekil 4.6). *Augment* tablet, telefonlar ve HDM cihazı üzerinden kullanılabilen uygulama olup, işaretçi (marker) üzerinden yapılan modellerin belirlenmiş alanda üç boyutlu görüntülenmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla, çalışma esnasında öğrencilerin kâğıt, kalem, maket kullanılmadan tasarımlarını üçüncü boyutta eş zamanlı görüntüleyerek yeniden yorumlama imkânı sunulmuştur. Çalışma sonunda bir anket çalışması yapılarak öğrencilerin geri dönüşü değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, öğrencilerin tasarım stüdyolarındaki motivasyonunun arttığı ve AR teknolojisinin geleneksel ifade araçlarına göre daha keyifli ve heyecan verici ifade aracı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışma ile üç boyutlu modeller bilgisayar

ekranlarından tablet, telefon gibi taşınabilir ekranlara aktarılmıştır. Böylelikle, fiziksel ortama entegre edilen sanal modellerinin detaylarını farklı perspektiflerden incelenmesine imkân tanınmıştır. Ek olarak, durağan fiziksel maketlerin yerini etkileşimli sanal maketler almaya başlayarak ürün ve tasarımcı arasında güçlü iletişim kurulduğunda belirtilmiştir (Akdağ, 2017).



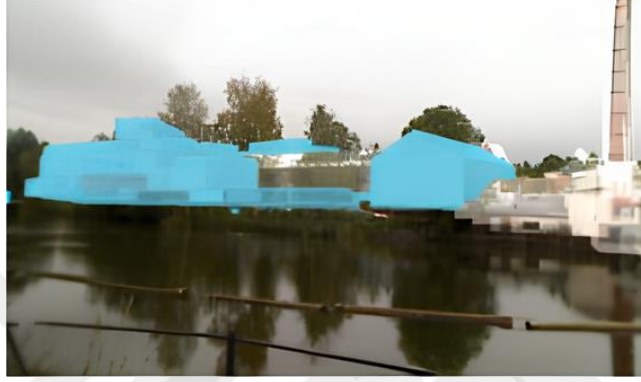
Şekil 4.6 Kullanılan İşaretçi (Üst) ve AR'nin Deneme Aşaması (Alt) (Akdağ, 2017)

2021 yılında Özgen ve arkadaşları (2021), VR'ın mimari eğitiminde kullanıldığı alanların sınırlı olduğunu belirterek, geleneksel yöntemlere yeni çalışmaların eklenmesi gerektiğini savunmuştur. Bu bağlamda, tasarım stüdyosunda VR kullanımının problem çözme kapasitesi ve kullanılabilirliğini sorguladıkları bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmaya başlamadan önce öğrenciler ile deneme çalışmaları yapılmıştır. Ardından yaklaşık 20 öğrenciyi, VR ve geleneksel yöntemlerin kullanıldığı iki gruba ayırmıştır. VR sisteminin kullanıldığı grupta; organik ve inorganik şekiller üretme, şekiller üzerinde renklendirme, döndürme vb. değişiklik yapılabilen Google Blocks uygulaması ile gerçekçi görüntülere ulaşmak için Oculus Rift ve yardımcı kolları kullanılmıştır. Geleneksel yöntemleri kullanan grupta ise; problemleri çözmek için kurşun kalem, kâğıt, yapıştırıcı, karton gibi malzemeler tercih



teknolojisini, mimari tasarım sürecine entegre etmektir. Sistem fiziksel dünyadaki verileri eş zamanlı ve üç boyutlu olarak tasarımcıya aktarılmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede tasarımcı ve ekip arkadaşları inşaat alanına ilişkin kararların alınmasında, yapı ve çevresi ile ilişkilerini değerlendirerek tasarımın formunu vb. oluşturulmasında yardımcı olmaktadır. Bununla beraber CAD uygulamaları üzerinden yapılan çalışmaları da yansıtarak sistem içerisinde değerlendirilmesine imkân sağlamaktadır. HDM, konsollar gibi donanımlar tercih edilirken; MORGAN AR yapılandırması için kullanılmıştır. (MORGAN, verilerin gösterimini, girdi mekanizmalarının kullanımını vb. içeren bileşenlerinden oluşmaktadır.) Mimari tasarımdaki sınırlandırmaları aşmayı hedefleyen çalışmanın sonucunda, CAD uygulamalarının da yardımıyla mekânsal yapıların daha iyi anlaşıldığı ve eğitimsiz kullanıcıların sisteme kolayca entegre edildiği, sistemin işbirlikçi ortamı destekleyerek insan-makine etkileşimine imkân sunduğu gibi çeşitli sonuçlara ulaşılmıştır (Broll, ve diğerleri, 2004).

2012 yılında Olsson ve ark (2012) , mobil AR mimari planlama ve görselleştirmede kullanılabilirliğini araştırmak üzere bir çalışma yürütmüştür. Çalışmanın temel amacı AR teknolojisi kullanılarak, bölgede planlanan otel ve konferans merkezi inşaatlarının sonucunda yapıların tamamlanmış durumunun gösterilmesi (simüle edildiği) ve çevresel dokuyla ilişkisinin incelenmesine ve yerli halkın merakını giderilmesine yardımcı olmaktadır (Şekil 4.8). Bu çalışma, Finlandiya'nın Reseborg bölgesinde 17. yüzyıldan kalma mimari dokunun bulunduğu alanda gerçekleştirilmiştir. Belirlenen bölgede yapıların üç boyutlu modellerin görüntülenmesini sağlayan mobil cihazlar kullanılarak, yerli halkın AR teknolojisine ulaşma şansı arttırılmıştır. Kullanıcı deneyimleri ve anket çalışmasının sonucunda, karar verme mekanizmasının geliştirilmesine, yapıya ait plan ve gerçeğe yakın görünüş gibi bilgilere sistem üzerinden kolayca erişilebilme imkânı sunulmuştur (Olsson, Savisalo, Hakkarainen, & Woodward, 2012).

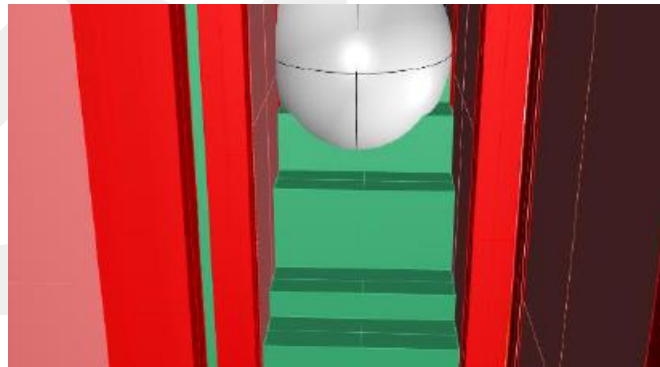


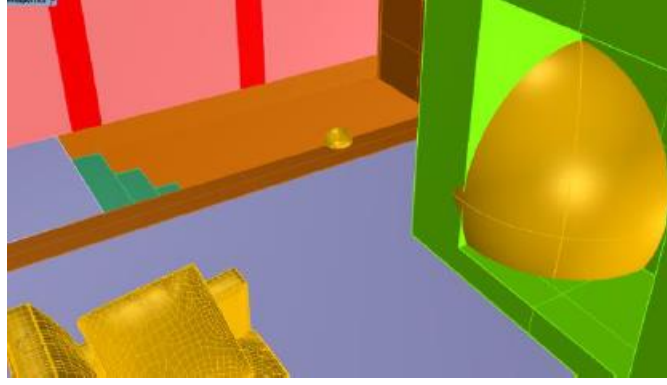
Şekil 4.8 AR Uygulaması ile Mimari Görselleştirme (Olsson, Savisalo, Hakkarainen, & Woodward, 2012)

2015 yılında Corrado ve arkadaşları (2015), VR teknolojisinin mimari tasarımda diğer disiplinlerle iletişimin aracı olarak kullanılabilirliğini ve görselleştirmedeki etkisini incelemek için bir uygulama geliştirmiştir. Çalışmaya başlamadan önce mimarlık ofislerinin üç boyutlu görsel tasarımında izledikleri yol haritası araştırılmıştır. Ardından uygulama için gerekli kriterler belirlenerek uygulama şekillenmeye başlanmıştır. Bu bağlamda, tasarımcılar veya diğer meslek gruplarına mensup kişiler ile takım çalışmasının sürdürüldüğü bir çalışma ortamı sunmak üzere VIARmode uygulamasını geliştirmiştir. Uygulamada, toplanan verileri kullanıcılara aktarmak ve iletişimi kurmak için CAVE donanımı seçilmiştir. *VIARmodes* sisteminde, modeller için Revit ve Blender uygulamaları kullanılmıştır. *VIARmodes* uygulamasını iyileştirmek ve için 12 mimar ile görselleştirme, dosya aktarımı, sunum gibi unsurlar üzerinden tartışılmıştır. Bununla yetinilmemiş, mimarlar haricinde tercih edecek diğer meslek grupları için (mühendisler vb.) karmaşık gelebilecek komut sistemini kolaylaştırmak adına sesli komut özelliği de eklenmiştir. Ayrıca bu özellik sayesinde herhangi bir dilde, dil bilgisi hatası olsa bile sistem yanıt verebilmektedir. Çalışmanın sonucunda, uygulamanın görselleştirme için yeni bir araç olduğu ortaya

çıkılmıştır. Bununla beraber, insan-makine etkileşimi sunan bu çalışmada, sürükleyici sanal gerçeklik ortamından dolayı kullanıcının mimariyle doğrudan yüzleşmesi sağlanmıştır. Bu nedenle, mimari tasarımda iyileştirme ve karar aşamasına katkı gibi sonuçlar elde edilmiştir. Ek olarak sunduğu konuşma yoluyla doğal etkileşimli ortam sunulmuştur. Son olarak, mimarlar ve mühendislerin sanal ortamda etkileşim ve iş birliği içerisinde tasarım yapabildikleri de ortaya çıkmıştır (Dias, ve diğerleri, 2015).

2020 yılında Fiorentino ve arkadaşları (2020), VR teknolojisini mimari tasarımda kullanılmak üzere bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, aynı koşulların sağlandığı VR ve CAD yazılımları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada VR desteği de sunulan ve aynı zamanda bir CAD uygulaması olan *Rhinoceros 6.0* seçilmiştir. Donanımlarda ise *Oculus Rift*, oyun bilgisayar, çift dokunmatik kontrol cihazı, sensörler ve 6DOF navigasyon cihazları kullanılmıştır. Çalışma için gönüllü 10 tane hem mimarlık hem de endüstri tasarım öğrencisi seçilmiştir. Seçilen kişilere tasarım esnasında belirli görevler verilerek tasarımın tamamlanması istenmiştir. Buna ek olarak, çalışma öncesi ve sonrasında anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Araştırma sorularının sonucunda, kullanıcıların VR teknolojisi hakkındaki bilgi eksikleri ve sistemin tutarsız çalışmasından dolayı, VR'ın kullanılabilirliği ve potansiyellerini sınırlandırıldığı ortaya çıkmıştır. Bunlarla beraber, çalışma sırasında kullanıcının aşına olduğu CAD programları da kullanılmıştır. Bundan dolayı, VR ve iki boyutlu çalışma ortamında çok fazla fark olmadığı ve kullanıcı tercihinin VR teknolojisine yönelik olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4.9) (Fiorentino, ve diğerleri, 2020).





Şekil 4.9 Simüle Edilmiş Oran Problemi (Üst), Simüle Edilmiş Güvenlik Problemi (Alt) (Fiorentino, ve diğerleri, 2020)

2010 yılında Königsberger Vannucchi Mimarlık ofisi, Brezilya Vitoria’da tasarlanan karma (ticari, spor, barınma vb. fonksiyonlara sahip) projenin inşasından önceki görüntüsünü müşterilerine sunmak ve birebir ölçeğini aktarmak için AR teknolojisini kullanmıştır (Şekil 4.10). Yapıyı görüntüleyebilmek için, inşaat alanında siyah beyaz kare işaretçi yerleştirilmiştir. Bir helikoptere kameralar bağlanarak, havadan inşaat alanındaki işaretçi taranmış ve hazırlanan animasyonla AR teknolojisi birleştirilerek ekranlar (telefon, TV ekranı gibi) aracılığıyla müşterilere iletilmiştir (Archello, b.t.) (Architizier, b.t.).



Şekil 4.10 Fibrasa Connetction Projesi (Architizier, b.t.)

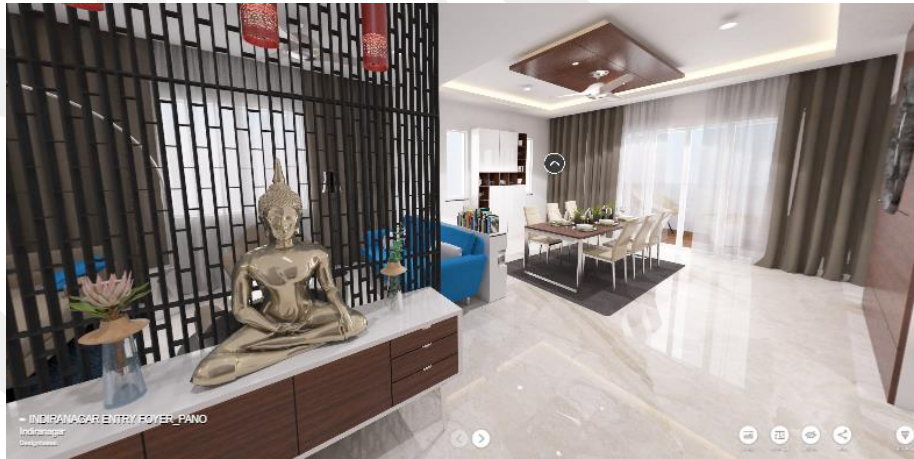
Königsberger Vannucchi Mimarlık ofisinde uygulandığı gibi çeşitli mimarlık ofislerinde de benzer amaçlar doğrultusunda VR ve AR teknolojileri kullanılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri’nde bulunan WHA Architecture mimarlık ofisi üç boyutlu modellerin bilgisayar, telefon tablet, HDM ekranlarını kullanarak görüntülenmesini sağlayan *SentioVR* ve *AutoCAD*, *Sketchup*, *Lumion*, *Vray* uygulamalarını kullanarak müşterilere, fiziksel modeller yerine kat planları ve dış cephelerin gelecekteki

temsillerinin yer aldığı ve panoramik üç boyutlu görüntülerini sunmaktadır. Bu sayede, inşaatın önce eksiklikleri, hataları keşfetmelerine ve maliyetten tasarruf etmelerine olanak sağlamaktadır (Albornoz, 2018).



Şekil 4.11 Dış Mekan Gösterimi (Albornoz, 2018)

Bir başka örnekte ise Hindistan'da yer alan Designhaaus mimarlık ofisinde, yine *SentioVR* ve *Sketchup*, *Vray* uygulamaları görselleştirme için kullanılarak hem müşterilerin karar alma aşamasında hız kazanmasına hem de inşa sırasında çalışanlar için tasarım hakkında zemin oluşturmaktadır. Böylelikle estetik açıdan verimli sanal mekanlar hedef kitlelere yansıtılmaktadır (Albornoz, 2018).



Şekil 4.12 Giriş Bölümü ve Salon (Albornoz, 2018)

İncelenen çalışmaları kısaca özetlemek gerekirse; Köymen diğer VR ve AR uygulamalarında geleneksel ifade yöntemlerinde kullanılan el çizimini tamamen kaldırmamış ve eskizin kullanıldığı SketchAR uygulamasını geliştirmiştir. Böylelikle,

AR uygulaması, geleneksel süreçten tamamen soyutlamamış ve mimarlık eğitimine yeni başlayanlar için mimari ön tasarımda görmeye imkânı sunmuştur. Akdağ, işaretçi ve ulaşılabilir teknolojiler yardımıyla belirlenen bölgede tasarımların üç boyutlu görüntülenmesini sağlamıştır. Böylelikle, Köymen'in çalışmasında kullanılan bilgisayar ekranları yerine, telefon tablet gibi taşınabilir cihazların kullanımını gerçekleştirmiştir. Königsberger Vannucchi Mimarlık ofisi, Olsson ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalarda, literatürde bulunan örneklerde çokça tercih edilen yöntemleri kullanarak, AR teknolojisinin en temel örnekleri vurgulanmıştır. Özgen ve arkadaşları (VR), Chen ve Weng (AR), Fiorentino ve arkadaşlarının (VR) gerçekleştirdiği çalışmalarda VR veya AR teknolojileri CAD uygulamaları, kâğıt, kalem gibi dijital ve analog görselleştirme araçlarıyla karşılaştırmalı olarak mimari tasarımı deneyimlemiştir. Bu amaçla, VR ve AR teknolojilerin mimarlıktaki kullanımlarını keşfetmeye çalışılmıştır. Alvarado ve Maver ilk sanal ortam sistemini deneyimlenmesi, Schnabel ve arkadaşları da ilk sanal stüdyo çalışmasını gerçekleştirerek literatüre destek vermiştir. Frost ve Warren tam anlamıyla mimari tasarım sürecini deneyimleyen çalışma yürütmüş çalışmaya başlamadan önce istekler alınmış ve tasarım aşamasına geçilmiştir. Ardından, VR üzerinden hedef kitlenin tasarımı anlamasına yardımcı olunmuş; geri dönüşler üzerinden istenilen ürüne ulaşılmıştır. Bu sayede. VR teknolojisinin tasarım aracı olmasından çok gelişmiş görselleştirme aracı olduğu ortaya konmuştur. Corrado ve arkadaşları, VR ortamında tasarım yeteneğini mimarlarla değerlendirmiş, VR teknolojisinin sunduğu paylaşımlı ortamı sadece mimarla değil diğer meslek gruplarının da kolayca kullanılmasına yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Ayrıca sesli komut özelliğiyle diğer çalışmalardan ayrılarak literatüre yeni bir özelliğin eklenmesine öncü olmuştur. Broll ve arkadaşları ise AR teknolojisini mimarlar ve diğer meslek grubuna dahil insanların kolayca çalışabileceği bir teknolojiye dönüştürmeye çabalamış ve birden fazla insanının Alvarado ve Maver , Schnabel ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalardaki gibi aynı ortam içerisinde tasarımın gerçekleşebileceğini ortaya koymuştur. Bu çalışmalarda, hedef kitleye yeni görüş ve ortam sağlanılarak üç boyutlu düşünme ve karar aşamasında yardımcı araştırmalar veya uygulamalar gerçekleştirilmiş; hali hazırda kullanılan uygulamalar VR ve AR sistemine entegre edilerek kullanıcıların çalışma süreçlerine yardımcı olunmuştur. Bunun ötesinde gerçek zamanlı tasarım

yardımcısı da keşfedilmiştir. Bir diğer bakımdan, CAVE donamlarının kullanımının giderek azaldığı da gözlemlenmiştir.

ÇGT'lerin mimarlık alanındaki kullanımının çeşitli yansımaları bir önceki başlıkta örneklerle paylaşılmıştır. Mimarlık pratiği ve eğitiminde görev alan mimarların hali hazırda ÇGT desteğiyle tasarım süreçlerinde alternatif yöntemler denedikleri yeni arayışlar sürdürdükleri bilinmektedir. Bu başlıkta, Türkiye'de mesleki uygulama ve akademik çalışma alanlarında bu teknolojileri kullanan, geliştirilmesi için yöntemler deneyen, eğitim alanında potansiyellerini araştıran mimar ve akademisyenlerle yapılan görüşmelerde öne çıkan durumlar, çıkmazlar, sınırlılıklar, yeni ufuklar ve öneriler incelenmektedir. Sunulan tartışma, bir yandan ÇGT'lerin mimari tasarım anlayışına olan katkısını sorgulamakta, bir yandan bugüne kadar yapılan denemelerin ÇGT'lerin gelecekteki dönüşümüne sağlayabileceği geri dönüşleri değerlendirmekte, bir yandan Türkiye bağlamında ÇGT ve benzeri teknolojilere ulaşım ve deneyim konusundaki aksaklık ve yetersizlikleri gerekçeleriyle ortaya koymayı hedeflemektedir. Böylece, yakın geçmişteki tecrübeler ve bugünkü güncel durum üzerinden geleceğe dair çıkarımlar yapılması için bir altlık sunulabilecektir.

#### **4.2 Mimarlık Pratiği ve Eğitiminde ÇGT'nin Kullanımına Dair Öne Çıkanlar**

Yapılan görüşmeler sonucunda katılımcılar hakkındaki bilgiyi ÇGT'nin mimari eğitim ve mimari pratiği süreçlerinde kullanımı ve kullanılan uygulamaları içeren bilgi Tablo 4.2 ; avantajlarını, eksikliklerini ve gelecekteki potansiyel gelişim alanlarına ilişkin görüşlerini özeti ise Tablo 4.3'te yer verilmiştir. Tablo 4.3'teki sonuçlara göre VR, AR, MR ve XR teknolojilerinin kullanım amacı, avantajları, eksiklikleri, geliştirilmesi gerekenler ve gelecek hakkındaki düşünceler olarak beşe ayrılmıştır. Bununla beraber, MAXQDA programı ile süzgeçlenen bilgiler çalışma konusuna göre, ÇGT'nin mimari eğitim ve mimari pratiği süreçlerinde kullanımı, VR teknolojisi ile mimari proje tasarımı eğitimi; AR teknolojisi ile iki boyutlu planları üç boyuta dönüştürme, mimari proje tasarımında VR kullanımı, AR, VR, MR ve XR teknolojilerinin mimari eğitimde kullanımı ,VR teknolojisi ile eksiklik yaşayan öğrencilere çözüm olarak beşe ayrılmıştır. Bu üç veride yer alan sonuçlar altlık olarak kullanılarak aşağıda yer alan veriler katılımcıların deneyimleriyle çakıştırılarak,

gelecekteki potansiyellerinin değerlendirildiği bütüncül bir yaklaşım elde edilmeye çalışılmaktadır.

Tablo 4.2 Katılımcıların Listesi

<b>KATILIMCILAR</b>	<b>MESLEKİ DENEYİM</b>	<b>ÇGT DENEYİMİ</b>	<b>GÖRÜŞME YOLU</b>	<b>KONUM</b>
<b>KATILIMCI 1</b>	Mimar-Tam Zamanlı Akademisyen	VR ile mimarlık eğitimi ve akademik çalışmalar	Çevrimiçi (ZOOM)	İstanbul, Türkiye
<b>KATILIMCI 2</b>	Mimar- Yarı Zamanlı Öğretim Görevlisi	AR ile mimarlık eğitimi	Çevrimiçi (ZOOM)	Ankara, Türkiye
<b>KATILIMCI 3</b>	Mimar-Tam Zamanlı Akademisyen	VR ile mimarlık eğitimi	Çevrimiçi (ZOOM)	Ankara, Türkiye
<b>KATILIMCI 4</b>	Mimar-Tam Zamanlı Akademisyen	VR, AR, MR, XR ile mimarlık eğitimi ve akademik çalışmalar	Çevrimiçi (ZOOM)	İstanbul, Türkiye
<b>KATILIMCI 5</b>	Mimar	VR ile mimarlık pratiği	Çevrimiçi (ZOOM)	Ankara, Türkiye
<b>KATILIMCI 6</b>	Mimar-Tam Zamanlı Akademisyen	VR ve AR ile mimarlık eğitimi ve akademik çalışmalar	Çevrimiçi (ZOOM)	Ankara, Türkiye
<b>KATILIMCI 7</b>	Mimar- Tam Zamanlı Araştırma Görevlisi	MR ile mimarlık eğitimi için akademik çalışmalar	Çevrimiçi (ZOOM)	Ankara, Türkiye
<b>KATILIMCI 8</b>	Mimar	Sanal evrenlerin mimarlığa olan etkileri ile ilgili çalışmalar	E- posta	İstanbul, Türkiye
<b>KATILIMCI 9</b>	Mimar-Tam Zamanlı Akademisyen	VR, AR, MR, XR ile mimarlık eğitimi ve pratiği üzerinden çalışmalar	Çevrimiçi (ZOOM)	Ankara, Türkiye
<b>KATILIMCI 10</b>	Mimar-Tam Zamanlı Akademisyen	VR ve AR ile mimarlık eğitimi	Çevrimiçi (ZOOM)	Ankara, Türkiye
<b>KATILIMCI 11</b>	Mimar-Tam Zamanlı Akademisyen	VR, AR, MR, XR ile mimarlık eğitimi ve pratiği üzerinden çalışmalar	Çevrimiçi (ZOOM)	Mardin, Türkiye

Tablo 4.3 Katılımcıların ÇGT'nin Teknolojilerinin Mimari Tasarım Ve Eğitim Süreçlerinde Kullanımının Özet Tablosu

Katılımcı	Amaç	Kullanılan ÇGT Araçları	Avantajlar	Eksiklikler	Geliştirilmesi gerekenler	Gelecek hakkında düşünceler
1	Öğrencinin mekân algısını geliştirmek	Arcio, Oculus VR, Twinmotion, Enscape	Daha gerçekçi ve canlı bir deneyimin sunulması	Donanım ve yazılım erişilebilirliğinin kısıtlı olması ve öğrencinin sisteme alışmasının zaman alması	Donanım ve yazılım erişilebilirliğinin artırılması, öğrencilerin bu teknolojilere yönelik eğitimleri geliştirilmesi	Sorunların çözülmesi ve bu teknolojilerin yaygınlaştırılması
2	Tasarımı daha kolay anlama ve kavrama, öğrencinin derse olan ilgisi ve merakını artırmak	QR kod, Snapchat, Blender, UV MAPS	Hantal olmayan cihazların kullanıma imkân sağlaması	Donanımların veri depolama boyutunun düşük olması	Giyilebilir teknolojilere dönüştürülmesi ve sunum kalitesinin artırılması	Kullanılabilir ve ulaşılabilir bir teknolojiye dönüştürülmesi
3	Mekân ve algıda eksiklik yaşayan öğrencilere yardım etmek	Bilgisayar Oyunları	Daha gerçekçi ve canlı bir deneyim sunması, mekân algısını geliştirmesi	Donanım ve yazılım erişilebilirliğinin zorluğu, sisteminin sunduğu kalıplaşmış hazır objelerin kullanılması tasarım becerisi azalabilir	Donanım ve yazılım erişilebilirliğinin artırılması, öğrencilerin bu teknolojilere yönelik eğitimleri geliştirilmesi, gerçek ve sanallık alanında farkındalık yaratılması	Sorunların çözülmesi ve bu teknolojilerin yaygınlaştırılması
4	Mekânı algılamada zorluk yaşayan öğrencilere yardım etmek	Unity, Revit, Oculus	Daha gerçekçi ve canlı bir deneyimin sunulması	Donanım ve yazılım erişilebilirliğinin zorluğu ve öğrencinin sisteme alışmasının zaman alması, görsel açıklık, sağlık problemleri, donanımın pahalı olması, el hareketleriyle modelleme olmaması, şantiyelerde kullanımının yeterli olmaması	Dezavantajlarında bulunan sorunların giderilmesi	Mimari eğitiminde bu teknolojilerin yaygınlaşmasıyla verimli kullanımı

Tablo 4.3 Katılımcıların ÇGT'nin Teknolojilerinin Mimari Tasarım Ve Eğitim Süreçlerinde Kullanımının Özet Tablosu (Devamı)

5	Daha gerçekçi ve canlı bir deneyim sunmak	Unity, Revit, Oculus	Mekân algısını geliştirmesi, hedef kitleye satışa yönlendirmesi.	Donanım ve yazılım erişilebilirliğinin kısıtlı olması, VR gözlüklerin fiziksel kullanımının rahat olmaması, el hareketleriyle modelleme olmaması, sunum dışında tasarım için kullanışlı olmaması	Dezavantajlarında bulunan sorunların giderilmesi	Hesaplamalı tasarımın VR teknolojisi ile birleştirilmesi
6	Daha gerçekçi ve canlı bir deneyim sunmak, mekân algısını geliştirmek, tasarım sürecini desteklemek.	Unity, Hololens	Mimarlık eğitiminde tasarım sürecini desteklemek	Nesneler arası entegrasyonun eksikliği, sistem hatalarının olması, tasarım sürecinde birden fazla sanal nesne ile müdahalenin olmaması, elle tasarımın sağlanamaması.	Dezavantajlarında bulunan sorunların çözülmesi	Teknolojinin gelişmesi ve yaygınlaşmasıyla, mimari tasarım sürecinde bu teknolojilerin daha yaygın ve verimli bir şekilde kullanılması
7	Daha gerçekçi ve canlı bir deneyim sunmak	Oyun Motorları, Hololens	Mekân algısını geliştirmesi ve tasarım sürecini desteklemesi	Yardımcı donanımlar yerine el hareketlerinin kullanımını sistemin desteklememesi	Donanım ve yazılım erişilebilirliğinin artırılması, öğrencilerin bu teknolojilere yönelik eğitimleri geliştirilmesi	Teknolojinin sürdürülebilirliğinin (bir sonraki nesle aktarımı) yeniden tartışılması gereksinimi
8	Fiziksel dünya ile Metaverse arasında benzerlikler ve farklılıklar bulmak		Metaverse'ün mimari sunum ve tasarım süreçlerine etkilerini incelemek	Metaverse mekânlarını fiziksel mekânları deneyimlediğimiz biçimde deneyimleyememiz, sistemlerin merkezîyetiz olması	Metaverse mekânlarının fiziksel mekânları deneyimlediğimiz biçimde deneyimlenebilmesinin sağlanması, sistemlerin merkezîyetiz olmasının dezavantajlarının giderilmesi	Metaverse'ün mimari sunum ve tasarım süreçlerine etkilerinin artması

Tablo 4.3 Katılımcıların ÇGT'nin Teknolojilerinin Mimari Tasarım Ve Eğitim Süreçlerinde Kullanımının Özet Tablosu (Devamı)

9	Mimari tasarım, eğitim, yapı bilgisi, üretim gibi farklı alanlarda XR teknolojilerini kullanmayı denemek		Daha gerçekçi ve canlı bir deneyim sunmak, mekân algısını ve tasarım sürecini desteklemek, sunum süreçlerini geliştirmek	Donanım ve yazılım erişilebilirliğinin zorluğu, fiziksel gerçeklik ile sanal gerçeklik arasındaki ayrımın net olmaması, insan-makine etkileşiminin geliştirilmesi ihtiyacı	Dezavantajlarında bulunan sorunların giderilmesi	Teknolojinin sürdürülebilirliğinin yeniden tartışılması gereksinimi
10	Eş zamanlı ve aynı sanal ortamın içerisinde bulunarak kültürel mirası canlandırma veya mimarlık eğitimini denemek	Unreal, Unity	Daha gerçekçi ve canlı bir deneyim sunması, mekân algısını geliştirmesi, farklı deneyimler sunması, insanların merakını arttırması	Donanım ve yazılım sorunları, donanımların maddi olarak zorlayıcı olması, kullanıcıların donanıma alışması zorluğu	Dezavantajlarında bulunan sorunların giderilmesi	Sorunların çözülmesi ve bu teknolojilerin yaygınlaştırılması, kullanılabilir ve ulaşılabilir olması
11	Mimari eğitimde hayal gücünü ve mekân algısını geliştirmek	Unreal,Unity, Archicad	Daha gerçekçi ve canlı bir deneyim sunması, mekân algısını geliştirmesi, farklı deneyimler sunması	Donanım ve yazılım sorunları, donanımların maddi olarak zorlayıcı olması, kullanıcıların donanıma alışması zorluğu, insan duyularının sınırlı olması, insan beyninin mekân temsillerini değerlendirmeye hazır olmaması	Dezavantajlarında bulunan sorunların giderilmesi	Donanım ve yazılım sorunlarının giderilmesi ve insan-makine etkileşiminin daha iyi anlaşılması

ÇGT yeni yapı tasarımı, tasarım eğitimi, kültürel miras, arkeoloji, inşaat uygulamaları gibi kapsamlarda yeniden canlandırma veya görsel kabiliyeti geliştirmek gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Bu teknolojiler yardımıyla iş birliğini ve iletişimi kolaylaştırarak tasarımcılara farklılaşmış deneyimler sunmaktadır. Çalışma kapsamında yapılan görüşmede ÇGT'yi K1, K2, K4, K9, K10 mimarlık eğitiminde yer alan temel tasarım stüdyosunda, öğrencilerin mekân algısını geliştirmek ve tasarım kabiliyetini güçlendirmek için kullanmıştır/kullanmaya devam etmektedir. Bu bağlamda K1, VR gözlük, kontrol kolları gibi donanımları tercih etmiş; canlı mekân algısını üretmek ve yakalamak için Twinmotion, Enscape gibi modelleme araçlarını kullanmıştır. K1'in buradaki temel amacı, Köymen (Akdağ, 2017) ve Akdağ'ın (Köymen, 2014), gerçekleştirdikleri çalışmalarda olduğu gibi öğrencilerin sanal ortamdaki tasarımlarını geliştirmelerinde ve projelerini birebir ölçekte üç boyutlu modelini görüntüleyerek proje üzerindeki eksiklikleri fark etmelerine olanak sağlayan sistemi mimarlık eğitime entegre etmeye çalışmaktır. K10 ise K1 gibi sanal ortamda öğrenciler ile tasarımlar fakat bu süreçte Schnabel ve arkadaşlarının çalışmalarında gerçekleştirildiği gibi tamamen farklı konumlarda bulunan öğrencileri sanal ortamda bir araya getirerek işbirlikçi ve interaktif eğitim modeli deneyimlemiştir. K6 ise K7 ile beraber, konvansiyonel ifade araçlarında kullanılan "el kontrolü" nün ÇGT sistemine taşınmasına yardımcı bir mimari tasarım ifade aracı geliştirmektedir. Çalışmada, Hololens gözlüklerini kullanarak, kontrol kolları yerine el hareketleriyle fiziksel ortamda sanal nesnelerin manipülasyonuna imkân sağlayan yeni bir sistem önerisi ortaya konulmuştur. Bu örneklerin haricinde, projenin sunum aşamasında görselleştirilmesinde veya mekânlar arası ilişkisinin maketler ya da çizimler yerine ek araç olarak kullanıldığı örnekleri de bulunmaktadır (K2, K4, K11). K2 bir lisans dersi kapsamında verilen uygulamada, iki boyutlu planlarının gelecekteki temsillerini ve hacimselliğini keşfetmek için QR kodu ve Snapchat uygulaması ile kâğıtta bulunan planların üzerine yapının gelecekteki görünümünü temsil eden üç boyutlu modelini bindirmesiyle, öğrencilerin mimari planı anlama ve 3D düşünme becerisini gelişmesine yardımcı çalışmalar gerçekleştirmiştir. K2'nin yapmış olduğu çalışma, K4'ün çalışmalarına benzerlik göstermektedir. K4 yine lisans dersi kapsamında yer alan jüri sunumlarında, öğrencilerinden paftalarına QR kodları eklemelerini istemiş ve projelerin sanal modellerin anlık gösterimi sağlamıştır. Bütün bunların aksine K11,

ÇGT'yi öğrencilerle beraber herhangi bir araştırma projesi üzerinden deneyimlemeyi değil de kavramsal tartışmalar üzerinden mimari eğitimde potansiyellerini değerlendirdiği etkinlikleri gerçekleştirmektedir.

Çalışma kapsamında görüşülen katılımcılardan mimarlık pratiği içinde görev alanlar çoğunlukla ÇGT'yi daha kolay ve hızlı görselleştirmelerine ve test etmelerine olanak tanırken, sunduğu gerçekçi görüntü ve etkileşimli özellikleriyle de hedef kitleyi etkilemek gibi amaçlarla kullandıklarını belirtmişlerdir (K2, K5, K9, K8). Bu sayede hem tasarım sürecinin desteklenmesinde hem de sunduğu hizmetler karşısında kişiyi etkilemektedir. K5 mimarlık pratiğinde, planlar üzerinden ilerleyen projenin mekânsal ilişkisini keşfetmek için Revit uygulamasının sunduğu VR desteğini kullanmaktadır. Böylelikle, sanal ortama aktarılmış birebir ölçekli projenin içerisinde gezinerek, tasarımın boyutsallığını ve geçişkenliğini değerlendirmektedir. Bunun haricinde K2 ve K9, müşteriye gelecekteki yapının sanal ortama simüle edilmiş halinin VR veya AR teknolojilerini kullanarak hedef kitlelere aktarıldığı vurgulamaktadır. K8 ise genel çerçeveden bakarak, tasarımın üretilmeden önce 3D halini görme imkanını sağlayan ve sunum aşaması için önemli bir araç görevi gördüğünü vurgulamaktadır.

#### **4.2.1 Karşılaşılan Sorunlar**

Görüşmelerde katılımcılar ÇGT'nin avantajlarından bahsederken, kendi içerisinde sorunların yaşandığını belirtmektedir. ÇGT ile ilgili sorunları şu şekilde gruplandırılmıştır;

##### **Donanım ve Yazılım Erişilebilirliği:**

- VR, AR ve MR için özellikle mimari eğitimde, gerekli donanımların ya da yazılımların pahalı olmasıdır. Bu sebeple öğrenciler bireysel olarak donanımları ya da uygulamaları kolayca temin edememektedir. Kullanılarak donanım veya uygulamalara ancak üniversitenin yardımıyla ya da araştırma projesi bütçesi kapsamında ulaşılmaktadır (K1, K4, K10)

- Kullanıcıların ÇGT deneyimine alışma sürecinin zorluğu bulunmaktadır. K1 ve Fiorentino ve arkadaşlarının (Fiorentino, ve diğerleri, 2020), yapmış olduğu çalışmalarda öğrencilerin ÇGT hakkında yeterli bilgiye sahip olmadığından dolayı ilk

başlarda adaptasyon (uyum) sorunun yaşadığını fakat sonrasında bu sorunun ortadan kalktığını belirtmektedir. K11 ise oyun ve teknolojiye ilgisi olan bireylerin bu sorunu yaşamadan kolayca tasarım işlevini gerçekleştirebileceğini savunmaktadır.

- Donanımların kullanıcı dostu olmaması sebebiyle K5 ve K10 gerçekleştirdikleri çalışmalar esnasında uzun süreli kullanılan VR gözlüklerin baş bölgesinde ağrılarına sebep olduğunu, Özgen ve arkadaşları (Özgen, Afacan, & Sürer, 2021) ise baş-göz takibinin geciktiği belirtmektedir.

-Yazılımların hata vermesi veya dijital tasarımların dosya boyutundan dolayı sistemin yavaşlaması, çalışmaların hızını ve etkileşimini azaltmaktadır (K1, K2, K5,). K1 ve K2 VR teknolojisinde bu görüşü desteklemiş, K2 AR teknolojisinin tasarım yapılan dosya boyutunun (bilgisayarda/sistemde kullanılan alan) VR teknolojisine daha düşük olduğunu da eklemiştir.

#### **Tasarım Esnekliği ve Kısıtlamalar:**

- VR ve XR'da kullanılan kalıplaşmış hazır nesnelerin tasarım becerisini sınırlayabilmesi ihtimali bulunmaktadır. Bunun sebebi bireysel becerilerin giderek mekanikleşmeye başlamasıdır (K3).

- El hareketleri veya dokunma gibi daha interaktif tasarım özelliklerinin eksikliği ve mevcut donanım ve uygulamaların yetersizliği bulunmaktadır. K5 ve K6 yapılan görüşmelerde aynı noktalara değinilmiştir.

#### **İnsan-Makine Erişim Sorunları:**

- K9, K6 İnsanların bu teknolojilere alışması gerektiğini, K1, K9, K11 etkili ve aktif kullanım için ilk önce kişiye bilgi eğitiminin verilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

-İnsan seslerinin veya ekranların sınırlanması ile bu teknolojilere uyum sağlamada zorluklar yaşanmasına sebep olabilmektedir. K9, K6 ile yapılan görüşmelerde aynı noktalara değinilmiştir.

#### **Bağlantı ve İş birliği Eksikliği:**

-Sanal nesnelere arası bağlantı eksikliği, sistem koordinasyonu, sınırlı internet hızı ve birden fazla sanal nesne ile etkileşimin süreç içinde zorlaştığı ve tasarımın gerçekleştiği alanın ekranlarla sınırlandırılması gibi problemler gelişimi etkilemektedir (K1, K5, K7). Dolayısıyla ÇGT kullanımında aranan hız ve pratik etkenleri kesintiye uğramaktadır.

- Sanal ortamda yer alan mekânsal deneyimlerin simülasyonunda eksiklikler bulunmaktadır (K8). Detaylandırılan sanal nesnelere görüntülenmesi, mekanlar arası geçişte gecikmeler yaşanması bu eksikliklerin örneklerinden birkaçıdır.

#### **4.2.2 Avantajlar**

ÇGT'nin günümüzde mimarlık alanında sağladığı avantajlar şu şekilde özetlenebilir:

ÇGT daha gerçekçi ve canlı bir deneyim sunarak mekân algısını geliştirilmesinde rol oynamaktadır. Bütün katılımcılar bu konuda benzer düşünmektedir. Bu da insanların ÇGT'ye olan ilgisini arttırarak fiziksel mekân ile sanal mekân arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları bulma gibi yeni araştırmaların gelişmesinde rol oynamaktadır (K1, K3, K11). ÇGT, tasarlanan yapıların içinde gezintiye çıkmak, ürünlerinin sanal modellerini gerçek ortamla karşılaştırarak algıyı ve görmeyi arttırmak veya sunum amaçlı kullanımı gibi imkanlar, tasarım süreçlerinin desteklenmesine olanak tanımaktadır. Bu da hedef kitlenin amacı doğrultusunda farklı deneyimlerin gerçekleşmesine imkân tanır (Bütün katılımcılar bu konuda benzer düşünmektedir). Böylelikle öğrenci- tasarım ya da müşteri- tasarım bağlamında kolay iletişimin kurulmasına olanak sağlamaktadır (K1, K2, K3,). Bir diğer avantaj ise hantal olmayan taşınabilir cihazlar ile hedef kitlelerin (öğrenci, müşteri gibi), sunulan ortamlara ya da nesnelere daha algılamasına ve gerek sanal ortam gerekse sanal objeler ile etkileşimi kolaylaştırarak iki farklı ortam arasındaki ilişkinin kurulmasına

ÇGT'nin mimarlık eğitimi ve meslek pratiğindeki geleceğinin tartışılabilmesi için ne, neden, nasıl, kim sorularına yanıt aranması gerekmektedir (K4, K8, K9). Bu konu K2 ve K10'a göre ÇGT'nin mimarlıkta tasarım, eğitim, arkeoloji, kültürel miras gibi çeşitli başlıklar altında yürütülen çalışmaların bu sorularının yanıtlarının zaten on yıldır arandığını ve hali hazırda literatürde bulunduğunu belirtmektedir. Bundan dolayı K2, "artık bu teknolojilere gerçekten gereksinim duyuluyor mu" sorusunun cevabının

aranması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda geçmiş, günümüz ve gelecek değerlerin iyi değerlendirilmesi, sorgulanması ve ileriye dönük adımların atılması gerekmektedir. Bunların haricinde, K2, K5, K9 katılımcıları ÇGT'nin etkisinin giderek azalmaya başladığını da belirtmektedir. Bunun nedeni, ÇGT'nin el çizimleriyle yer değiştirir mi endişesi ve kopmakta olan teknolojilere (CAD gibi) geri dönüşün (K2) içerisinde olduğunu ifade edilmektedir (K1). K1 ve K2 bunların nedeninin hem donanımların hantallaşması hem de alışkanlığın dışına çıkılamamasından kaynaklandığını düşünmektedir. Öte yandan K1, CAD yazılımları çıktığında yukarıda bahsedilen benzer sorunların ya da endişelerin gündemde olduğu ve şu anda da aynı kaygının yaşandığını ifade etmektedir.

### 4.2.3 Potansiyeller

Bunların haricinde mimari eğitim ve pratiğinde yaygınlaşması için öncelikle bu teknolojilerin kullanıcı dostu ve erişilebilir hale getirilmesini gerekmektedir. Daha uygun fiyatlı donanım seçenekleri ve daha kullanıcı dostu yazılımlar, bu teknolojilerin geniş bir kitle tarafından kullanılmasını sağlayacaktır. Bu sayede, tasarım sürecinde kullanıcı daha aktif bir rol oynayarak hem öğrenme hem de tasarlama eyleminde olumlu geri dönüşler alınabilmesini mümkün kılabilir (K1, K4, K10, K11). Donanım ve yazılım sorunlarının giderilmesi ile, erişilebilirliğin artması kullanıcıların donanıma daha kolay adapte olmasına veya bu teknolojilerin popülerliğini artmasına imkân sağlayabilecektir. Bunların yanında bilgisayar ve VR donanımların tek cihaza düşürülmesi (K1), gelişmekte olan bilgisayar ve daldırma teknolojisi ile Unreal gibi oyun motorlarının ya da diğer uygulamaların bireylere öğretilmesi ve bilgilendirilmesi gerekmektedir (K1, K9, K11).

Teknolojinin gelişimi, insan duyularının sınırlılığını ve mekân temsillerini daha iyi anlama ve kullanma yollarını keşfetmeyi gerektirmektedir. K9 ve K6 ile yapılan görüşmede, K9 ÇGT'nin yerine alternatif teknolojiler ile gelişeceğini (VR+ yapay zekâ), K6 ise ekran tabanlı değil de dijital dünyada bedensel olarak bulunulması, bu sayede işbirlikçi etkileşimli tasarımının daha hızlı gelişmesini tetikleyeceğini belirtmektedir. Ayrıca ÇGT'ye ses, dokunma vb. ile gibi duyuşal aktarımın güçlendirilmesi ve insanların karar mekanizmasını etkileyen, yönlendiren teknolojilere dönüştürülmesi gerekecektir (K4, K6).

ÇGT mimari eğitimde el çizimi ve maket yapım ihtiyaçlarını azaltmakta ya da mekân algısı kısıtlı olan öğrencilere yeni yetenekler kazandırmaktadır (K1, K3, K7) fakat literatür çalışmalarından veya görüşmelerin sonucunda elde edilen verilere göre ÇGT görselleştirme aracı olmasından ileriye gidemediği görülmektedir. Buna ek olarak, insan beyni ve algı kapasitesinin sınırları olduğunu bilinmektedir. Bundan dolayı da K6'nın savunduğu tamamen sanal ortamın içine daldırabilmek (immersion), bulunmak ve sanal ortamda tasarımın gerçekleştirilmesini zorlamaktadır (K9).

ÇGTlerin güncel sorunlarının aşılması ve yeni teknolojilerle bütünleşik çözümlerin üretilmesi halinde gelecekte mimarlık alanına katkısı artarak süreceği ön görülmektedir. Ayrıca, XR gibi yeni teknolojik gelişmelerin, mimari sunum ve tasarım süreçlerindeki etkisinin artması beklenerek diğer mühendislik disiplinlerin de katkılarıyla hesaplamalı tasarım örnekleri geliştirilebilir ise mimari eğitim ve tasarım süreçlerinde daha yaygın ve verimli kullanımı sağlanarak daha fazla öğrenci ve tasarımcının bu teknolojileri benimsemesine yardımcı olabilecektir (K1, K5, K9).

ÇGT'lerin gelecekteki dönüşümüne sağlayabileceği geri dönüşler değerlendirilmiştir. Türkiye bağlamında ÇGT ve benzeri teknolojilere ulaşım ve deneyim konusundaki aksaklık ve yetersizlikleri sıralandırılmıştır. Bu bağlamda izleyen sonuç bölümünde, bugünkü güncel durum üzerinden geleceğe dair çıkarımlar paylaşılmaktadır.

## 5. SONUÇ: MİMARLIKTA GERÇEKLIK TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI ÜZERE

Mimarlık pratiğinde ve eğitiminde tasarım düşüncesinin canlı, görülebilir, anlaşılabilir vb. hale getirilmesi için konvansiyonel ve dijital ifade araçları kullanılmaktadır. Bu ifade araçları sayesinde tasarımcı (mimar), mekânları hayal eder, yorumlar, üretir, sunar ve “gerçekleştirir.” Dolayısıyla tasarımcı, düşüncesini “gerçekleştirmek” ve hedef kişiye/kitleye aktarmak için sunum/görselleştirme yöntemlerine başvurur. Bu yöntemler ile hedef kişi/kitle, tasarım (ürün) ve tasarımcı arasındaki iletişim kanalı kurularak düşüncenin aktarılmasına olanak tanınır. Konvansiyonel ve dijital araçlar başta olmak üzere, çağdaş dijital araçları destekleyen ÇGT’ler de bu yöntemler arasına son yıllarda eklenmiştir. ÇGT’ler yalnızca mimari pratik ve eğitimde iletişimi güçlendirmede veya görselleştirmede değil, fiziksel olarak üretilmemiş (sanal) mekânların görüntülenmesinde, içerisinde dolaşılmasında, mekânda bulunan sanal nesnelere ile etkileşime geçmesinde ve daha birçok amaçla kullanılmaktadır. Dolayısıyla, günümüzde VR ile tasarlanan yapıların içinde gezintiye çıkmak ya da mimarlık ürünlerinin modellerini gerçek ortamla karşılaştıran izleme araçlarıyla AR algısına ulaşmak mümkün olabilmektedir. Bu teknolojiler gerek mimarlık pratiğini gerekse mimarlık eğitimindeki yaklaşımları dönüştürürken mimarların tasarım ve iletişim yaklaşımlarında değişiklikleri de beraberinde getirmektedir.

Bu tezde, mimari tasarım ve ifade aracı olarak ÇGT’nin günümüzde nasıl kullanıldığını değerlendirilmesi ve gelecekteki potansiyellerini incelenmesi amaçlanarak mevcut durum değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, gerçekleştirilen görüşmelerde ve incelenen örnekler sonucunda ÇGT’nin genel kullanımını hakkında bilgiler toplanmıştır. Buna göre ÇGT temel olarak, tasarımcılar tarafından hayal edilen mekânı “gerçekçi” biçimde yansıtan/algılatan uygulamaların tercih edilmesi, üretilmesinde,

-Plan, kesit gibi iki boyutlu verilerin ekranlar aracılığıyla üçüncü boyuta taşınarak ÇGT donanımı ile sanal nesne-insan arasındaki etkileşimin sağlanmasında; bu sayede, tasarımcı daha hızlı, kolay ve maliyetsiz işlemlerle tasarımın üzerinde sınırsız değişiklikler yapabilmesinde,

-ÇGT'nin sunduğu sanal ortamda, farklı konumlarda bulunan kişiler ile fiziksel mekânda bulunmadan eş zamanlı ve iş birlikçi tasarım denemelerinin gerçekleştirilmesinde,

-Fiziksel koşulların simüle edilerek (koşulların sanal ortamda birebir aktarılması, benzetilmesi) yapının bağlamla olan ilişkisini ve çevreye yaptığı etkiyi inşa halinden önce tespit edilmesinde,

-Özellikle mimarlık eğitiminde tasarım aracı olarak mimari ofislerde ise müşteriye yapının, inşaat alanında birebir ölçekte gösteriminde veya sanal ortamda ÇGT donanımlarını kullanarak mekânın/yapının içerisinde gezinmesinde kullanılmaktadır. İncelenen literatür çalışmaları ve görüşmeler sonunda ÇGT'nin güncel kullanımında karşılaşılan bazı temel konu/sorunlar şöyle özetlenebilir.

- ÇGT kullanımına dair denemeler halen devam ederek araştırma projelerinde veya çeşitli lisans ve lisansüstü dersler kapsamında sıkça ele alındığı,

-Uygulamada ÇGT yazılımsal ve donanımsal problemlerinden dolayı tasarlama sürecinde yetersiz yetersiz kalındığı,

-Mimarlık eğitimde ÇGT'nin kullanımı öğrencilerin bilgi eksikliğinden dolayı ilgili tasarım derslerinin başlarında sürecin yavaş ilerlemesi veya fazla sayıda öğrenci ile gerçekleştirilen çalışmalarda istenilen verimin alınamaması,

-Mimarlık ofislerinde müşterilere VR gözlük veya tabletler üzerinden gerçekleştirilen yapı ya da mekân sunumlarında kullanılan ifade araçlarının bir süreden sonra “eğlence aracına” dönüşmesi,

- ÇGT donanım ve yazılımların günden güne yenilenmesi ve gelişmesiyle tasarımcının hali hazırda bulunan ifade araçları yerine bir başkası (ÇGT) ile değiştirmek istememesi,

- ÇGT'nin kullanımının halen ekranlar ya da donanımlar ile kısıtlanması nedeniyle tasarımcının fiziksel ya da sanal ortamda özgürce hareket edememesi, gibi durumlar gözlemlenmiş ve dile getirilmiştir.

Tezde, yukarıda sıralanan sorunların çözülmesi için üniversitelerde yeni tasarım araçların daha uygun ortamda kullanılması için laboratuvarlar kurulmaya başlandığı/kurulduğu;

- ÇGT'ne diğer teknoloji veya yöntemler kullanımı entegre edilirse, daha işlevsel ve "çağdaş" uygulamaların öne çıkacağı (yapay zekâ- ÇGT, hesaplamaları tasarım-ÇGT),

- İnsan beyninin ÇGT 'ni kabul etmesi, insan-nesne insan-makine ilişkisinin yakalanması gerektiğine dair öneriler katılımcılar tarafından dile getirilmiştir.

Çalışma kapsamında görüşülen katılımcılar, mimari eğitim ve pratikte ÇGT'nin önemli potansiyele sahip olduğunu düşünmektedir. Ancak, ÇGT'nin kullanımıyla ilgili bazı eksiklikler ve zorluklar da yer almaktadır. Donanım ve yazılım gereksinimlerinin yüksek olması, eğitim eksiklikleri ve teknik sorunlar gibi faktörler, bu teknolojilerin potansiyelinin gerçekleşmesini engelleyebilmektedir. ÇGT'nin potansiyellerinin tam olarak gerçekleştirilebilmesi için yapılması gerekenler arasında dahil edilmelidir. Genel olarak, mimari tasarım ve ifade aracı olarak, ÇGT'nin önemli bir rol oynayacağı ve gelecekte daha fazla benimseneceği söylenebilir.

Mimarlıkta ÇGT, yeni tasarım enstrümanlarını oluştururken, görmenin yeni halini de temsil etmektedir. Bu bağlamda tasarımcıyı süreç anında destekleyerek, karar mekanizmasını da hızlandırmaktadır. Bu enstrümanlar, farklı konumlarda yer alan bireylerin aynı ortamda eş zamanlı bulunmasını sağlayarak interaktif tasarımların gerçekleşmesine, CAD, BIM gibi uygulamalarda kullanılan bilgisayar ekranlarının dışına çıkararak farklı donanımlar ile tasarımı algılama, görme ve yeniden düşünmeyi tetiklemesinde, CAD, BIM gibi uygulamaları tamamen dışlamadan kendi içerisinde etkileşimli bir şekilde kullanılması gibi avantajı bulunmaktadır. Bu da bize ÇGT'nin bağımsız başka bir anlamla, yeni uygulamalar üzerinden değil de hali hazırda bulunan ve kullanıcıların alışık olduğu uygulamaların kullanımı olmadığını göstergesi olabilir.

ÇGT'nin mimarlıkta dezavantajları ise yeni enstrümanlara alışma sürecinin zorluğu ve alışılmıslığın dışına çıkamama, esas gerçeklik ile ekran görüntüsü arasında yaşanan zaman boşlukları, dosya boyutu gibi engellerden dolayı ÇGT'lerinin beklenen şekilde gelişemediği söylenebilir. Gerek incelenen akademik literatürde gerekse araştırma sırasında karşılaşılan uygulamalarda sorunların tam anlamıyla çözülmeyen başka amaç ve konular üzerinden çalışmalara başlandığı ve neredeyse birbirine yakın amaç ve uygulamalar üzerinden çalışmalar gerçekleştirildiği de gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, ÇGT'nin ortaya çıkışından günümüze kadar değişimler gerçekleşmiş fakat

bir noktada durmaya ve tekrar etmeye başlamıştır. Bundan dolayı gelecekteki çalışmaların tutarlılığı ve yenilikçiliği bakımından şüpheler ve endişeler duyulmaktadır.

Bir mekân tasarım işi olarak mimarlık alanında, tasarımcının temel yöntemi zihninde biriktirdiği çeşitli değişkenleri bir tür ifade yöntemiyle yeni bir “gerçeklik” tasarımına dönüştürmeye çalışmaktır. Çağlar boyunca mimarlar hayal ettiklerini ifade etmek için zihinlerindeki “gerçeklik”i aktaran ve sürekli yenisini aradıkları yöntemler aramışlardır. Teknoloji bu arayışta farklı araçlar sunmuştur. Bu araçlar, zaman içinde yok olmamış, üretme bilgi ve yöntemini bir sonraki araca aktarmış ve iç içe bir gelişme süreci izlenmiştir. Bugünün “çağdaş gerçeklik teknolojileri” ile yaratılan sanal ve artırılmış gerçeklik ortamlarında hala “kalem”, “pano”, “perspektif” gibi kavramların asıl değerlerini yitirmeden kullanılmaları söz konusudur. Çağdaş gerçeklik teknolojileri, sunduğu kuşatıcı ortamlarda hayal edilen gerçekliğe daha yakın olmayı, iş birliklerini daha akışkan hale getirmeyi, tasarımcı ile diğer paydaşlar arasındaki düşünce aktarımını hızlandırmayı sağlayabilmektedir. Her ne kadar, güncel teknolojinin sınır noktaları yaygın kullanımla eşleşme de ulaşılan nokta daha geniş ufukları tahmin etmenin yolunu açmaktadır. Kuşkusuz, “gelecekteki gerçeklik teknolojileri” bugün bildiklerimizin ötesine erişecektir. Halihazırda bildiğimiz “yapay zekâ” ve “makine öğrenmesi” ile beslenen yeni teknolojiler ortaya çıkacaktır. Mimarlık mesleği de ortaya çıkan her yeni teknolojiyi kendine devşirmek konusundaki yetkinliğini bugüne kadar göstermiştir; gelecekte de bu beceriyi sürdürecektir. Bu nedenlerle, mekân tasarlama işi -şayet bir gün bütünüyle bilgisayarlara devredilmezse- gerçek ya da sanal evrenlerde devam edecektir. O güne kadar, insanlardan insanlara, insanlardan makinelere, makinelerden insanlara düşünce aktarmak üzere yeni “gerçeklik teknolojilerinin” gelişiminin süreceği öngürülebilir.

Mimarlık eğitimi ve pratiğinde bir ifade aracı olarak ÇGT’nin yaygınlaşması için bir dizi öneriler sunmak mümkündür. ÇGT’nin daha erişilebilir hale getirilmesi gerekmektedir. Bu, donanım ve yazılım maliyetlerinin düşürülmesi ve daha yaygın olarak bulunması ile mümkün olabilir. Tasarımcıların ve öğrencilerin bu teknolojilere yönelik öğrenim görmesi gerekmektedir. Bu sayede, kullanıcılar ÇGT’ni nasıl kullanılacağını öğrenmelerini ve potansiyellerini tam olarak anlamalarına imkân sunacaktır. ÇGT donanımları ve yazılımları aracılığıyla tasarımcı, sanal ve fiziksel

ortam arasındaki ilişkiyi korumaktadır. Bu bağlamda gerek uygulama geliştiricileri gerekse tasarımcılar tarafından insan-makine etkileşiminin güçlendirilmesi önemlidir. Ayrıca donanımların pil ömrü, çözünürlük ve internet bağlantılarının hızı gibi sorunların da çözülmesi gerekmektedir. Böylelikle, tasarımcıların ve öğrencilerin ÇGT ile daha doğal ve verimli bir şekilde etkileşime girebilmeleri olası hale gelecektir. İnsan duyularının sınırlılığı ve insan beyninin mekân temsillerini değerlendirmeye hazır olmamasının göz önünde bulundurularak bu sorunların aşılması için disiplinler arası araştırmalar desteklenmelidir. Bu, XR teknolojilerinin tasarım ve kullanımda bu sınırlamaların üstesinden gelmek için nasıl geliştirilebileceğinin anlaşılmasına yardımcı olacaktır.

Ayrıca CAD ve BIM uygulamalarında yer alan komut sistemi bir kenara bırakılarak, el hareketleriyle zihinde kurgulanan anın gerçekleştirilmesi ve yansıtılmasıyla eskiz, maket vb. yapımındaki dokunma hissinin aktarılması; tasarım esnasında daha kolay ve pratik çalışma ortamı sunmasına imkân sağlayacaktır.

Bu öneriler hayata geçirildiğinde, mimari tasarım ve ifade aracı olarak ÇGT'nin daha yaygın ve verimli bir şekilde kullanılması sağlanabilir. Böylelikle, tasarımcıların yaratıcı ve yenilikçi tasarımlar geliştirmeleri ve öğrencilerin daha zengin ve gerçekçi deneyimler yaşamaları mümkün olabilecektir.

## KAYNAKÇA

- Agarwal, C., & Thakur, N. (2014). The Evolution and Future Scope of Augmented Reality. *International Journal of Computer Science Issues*, 11(6), 59-66.
- Akdağ, F. (2017). *Artırılmış Gerçekliğin Mimarlık Eğitiminde Bir İfade Aracı Olarak Kullanımının Değerlendirilmesi*. [Yüksel Lisans Tezi]. Erciyes Üniversitesi.
- Akipek, F. Ö., & İnceoğlu, N. (2007). Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim Teknolojilerinin Mimarlıktaki Kullanımı. *MEGARON*, 2(4), 237-253.
- Albornoz, M. (2018, Ağustos, 5). 5 Architecture Offices Using VR to Present Their Designs. [Erişim Tarihi: 4.10.2023]. <https://www.archdaily.com/899599/5-architecture-offices-using-vr-to-present-their-designs> adresinden alındı
- Alkan, M. (b.t). *Sanal Gerçeklik (Virtual Reality)*. [Erişim Tarihi: 20.03.2023]. Endustri 4.0: [www.endustri40.com/sanal-gerceklik-virtual-reality/](http://www.endustri40.com/sanal-gerceklik-virtual-reality/)
- Alkhamisi, A. O., Arabia, S., & Monowar, M. M. (2013). Rise Of Augmented Reality: Current And Future Application Areas. *International Journal Of Internet And Distributed Systems*, 1(04), 25-34.
- Altın, A. M. (2017). İnsan Bilgisayar Etkileşimi: Mekâna Yansımaları ve Geleceğe Dair Değerlendirmeler. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 6(2), 54-76.
- Alvarado, G. R., & Maver, T. (1999). Virtual Reality In Architectural Education: Defining Possibilities. *Acadia Quarterly*, 18(4), 7-9.
- Aouad, G., Wu, S., Lee, A., & Onyenobi, T. (2012). *Computer Aided Design Guide For Architecture, Engineering And Construction*. New York: Spoon Press.
- Apple. (b.t). *Apple Vision Pro*. [Erişim Tarihi: 01.08.2023]. <https://www.apple.com/apple-vision-pro/>
- Apple Developer. (b.t). *ARKit*. [Erişim Tarihi: 27.03.2023]. <https://developer.apple.com/augmented-reality/arkit/>
- Archello. (b.t). *Fibrasa Connection Augmented Reality*. [Erişim Tarihi: 29.03.2023] <https://archello.com/project/fibrasa-connection-augmented-reality>
- Architizer. (b.t). *Fibrasa Connection*. [Erişim Tarihi: 29.03.2023]. <https://architizer.com/projects/fibrasa->
- Asar, H. (2018). Mimari Temsil Araçlarından Maketin Tasarım Düşüncesindeki Yeri, 14(26) . *Tasarım+ Kuram Journal*, 24-35.

- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Balta, M. (1999). *Mimari Tasarım Sürecinde Bilgisayar Desteği*. (Tez No: 84941) [Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi] YÖK. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Bamodu, O., & Ye, X. M. (2013). Virtual Reality And Virtual Reality System Components. *Advanced Materials Research*, 1169-1172.
- Baudrillard, J. (2021). *Simülakrlar ve Simülasyon*. Ankara: Doğu Batı Yayınları.
- Bayraktar, E., & Kaleli, F. (2007). Sanal Gerçeklik Ve Uygulama Alanları. *Akademik Bilişim*, 1-6.
- Bilinmeyen. (2023, 03 10). *Living Architecture : Casa Batlló*. Refik Anadol. [Erişim Tarihi: 12.06.2023] <https://refikanadol.com/works/living-architecture-casa-batllo/>
- Bingöl, B. (2018). Yeni Bir Yaşam Biçimi: Artırılmış Gerçeklik (AG). *Etkileşim*, (1), 44-55.
- Broll, W., Lindt, I., Ohlenburg, J., Wittkämper, M., Yuan, C., Novotny, T., & Strothmann, A. (2004). Arthur: A Collaborative Augmented Environment For Architectural Design And Urban Planning. *Journal of Virtual Reality and Broadcasting*, 1(1), 1-10.
- Burdea, G., & Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Caetano, I., & Leitão, A. (2020). Architecture Meets Computation: An Overview of the Evolution of Computational Design Approaches in Architecture, 63(2). *Architectural Science Review*, 165-174.
- Carmigniani, J., & Furht, B. (2011). Augmented Reality: An Overview. *Handbook of Augmented Reality*, 3-46.
- Catal, C., & Akbulut, A. (2019). Cave Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Üniversite-Sanayi İşbirliği Açısından Değerlendirilmesi Ve Örnek Bir Durum Çalışması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 61-69.
- Cevizci, A. (2005). *Felsefe Sözlüğü*. İstanbul: Paradigma.
- Chen, R., & Wang, X. (2008). An Empirical Study On Tangible Augmented Reality Learning Space For Design Skill Transfer. *Tsinghua Science and Technology*, 13(1), 13-18.
- Ching, F. D. (2015). *Architectural Graphics*. New Jersey: John Wiley & Sons.

- Crary, J. (2004). *Gözlemcinin Teknikleri On Dokuzuncu Yüzyılda Görme ve Modernite Üzerine*. (Çev. E. Deldeniz) İstanbul: Metis Yayınları. 1992.
- Çorluk, K. (2020, 12 16). FIFA'nın Yeni Teknoloji Uygulamasında Futbolcuların Gol Ve Asistleri Görülebilir! HaberTürk. <https://m.haberturk.com/fifa-dan-taraftarlari-sevindirecek-uygulama-yeni-artirilmis-gerceklik-teknolojisi-taraflarin-favorisi-olacak-3547862-spor>
- Dias, J., Coroado, L., Costa, T., d'Alpuim, J., Eloy, S., & Pedro, T. (2015). Viarmodes: Visualization And Iteration In Mmersive Virtual Reality For Architectural Design Process. VIARmodes. *Virtual Reality - Evaluation*, 1, 124-134.
- Doolani, S., Wessels, C., Kanal, V., Sevastopoulos, C., Jaiswal, A., Nambiappan, H., & Mekadon, F. (2020). A Review of Extended Reality (XR) Technologies for Manufacturing Training. *Technologies*, 8(4), 77, 1-20.
- Durak, H. Y., Sarıtepeci, M., & Çam, F. B. (156-179). Arkeoloji Alanında Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Kullanımına Yönelik Üniversite Öğrencilerinin Görüşlerinin İncelenmesi. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 2020.
- Evli, A. (2021, 03 20). *Mimari ve Teknoloji Nasıl Birlikte Çalışıyor?*. [Erişim Tarihi: 05.08.2023]. Teknoloji Org: <https://teknoloji.org/mimari-ve-teknoloji-nasil-birlikte-calisiyor/>
- Ferhat, S. (2016). Dijital Dünyanın Gerçekliği, Gerçek Dünyanın Sanallığı Bir Dijital Medya Ürünü Olarak Sanal Gerçeklik. *Trt Akademi*, 1(2), 724-746.
- Fiorentino, M., Alemanno, M. L., Klose, E. M., Giordano, I., Bellis, A. D., Cavaliere, I., & Sorrento, G. (2020). Study on Virtual Reality for Design Reviews in Architecture. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct*, (s. 283-28 ).
- Frost, P., & Warren, P. (2000). Virtual Reality Used in a Collaborative Architectural Design Pprocess. *An International Conference on Computer Visualization and Graphics* (s. 568-573). Londra: IEEE.
- Greenwald, S. W., Kulik, A., Kunert, A., Beck, S., Fröhlich, B., Cobb, S., & Maes, P. (2017). Technology and Applications for Collaborative Learning in Virtual Reality. *12th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning* (s. 719-726). Philadelphia: International Society of the Learning Sciences.
- Gülbahar, K. (2019). *Mimarlık Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Tabanlı Mobil Uygulama Önerisi*. (Tez No: 598336) [Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Hasol, D. (2020). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. İstanbul: Yem Yayın.

- İçten, B. T. (2017). Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 5(2), 111-136.
- İnan, N., & Yıldırım, T. (2009). Mimari Tasarım Sürecinde Disiplinlerarası İlişkiler ve Eş Zamanlı Dijital Ortam Olanakları. *Gazi Üniversitesi Mimarlık, Mühendislik Fakülteleri Dergisi*, 24(4), 583-595.
- Işık, S. (2008). *Bilgisayar Destekli Tasarımda Mekan Kavramı*. (Tez No: 243776) [Tüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Jerald, J. (2016). *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. USA: Morgan and Claypool Publishing.
- Kamińska, D., Sapiński, T., Wiak, S., Tikk, T., Haamer, R., Avots, E., & Anbarjafari, G. (2019). Virtual Reality And Its Applications In Education: Survey. *Information*, 10(10), 1-20.
- Karışma, A. (2017). *İnternet Ortamında Sanal Gerçeklik Kullanım Örnekleri*. (Tez No: 472801) [Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Kayapa, N. (2010). *Gerçek ve Sanal Gerçeklik Ortamları Arasında Algısal Farklılıklarda Görselleştirmeye İlişkin Özelliklerin Araştırılması*. (Tez No: 295644) [Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Kayapa, N., & Tong, T. (2011). Sanal Gerçeklik Ortamında Algı. *Sigma*, 3, 348-354.
- Keskinel, F. (1985). CAD/CAM Sistemlerine Genel Bir Bakış. *Mimarlık*, 85(9), 18-21.
- Kılıç, T. (2016). *Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin İç Mekan Tasarım Sürecinde Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi*. (Tez No: 444452) [Yüksek Lisans Tezi, T.C. Mimar Sinan Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Kipper, G., & Rampolla, J. (2012). *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide To AR*. USA: Elsevier.
- Köymen, E. (2014). *Mimari Ön Tasarım Sürecinde Eskizleri Gerçek Zamanlı 3B Modelleyen, Artırılmış Gerçeklik Dstekli Bir Yazılım Denemesi: "SKETCHAR"*. (Tez No: 411539) [Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

- Kurt, E. K. (2008). *Brunelleschi Modern Sanatçı Mitinin İlk Temsilcisi Miydi?*. Alan İstanbul. [Erişim Tarihi: 10.06.2023]. <http://alanistanbul.com/turkce/wp-content/uploads/2010/08/186.pdf>
- Küçüksaraç, B. (2022). Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojisi ve Metaverse’te Kullanımı. D. S. Esen (Ed.), *Geleceğin Dünyalarını İnşa Edecek Teknolojiler, Fırsatlar ve Tehitler* (s. 89-110). Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Lane, A. (2019, 03 01). *What is technology?* The Open University.[Erişim Tarihi: 15.07.2023] <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-technology/what-technology> adresinden alındı
- Ling, H., & Rui, L. (2016). VR Glasses and Leap Motion Trends in Education. *11th International Conference on Computer Science & Education* (s. 917-920). Japonya: IEEE.
- Luo, X., Liu, M., & Liu, N. (2021). Application of BIM in Computer Aided Design. *Journal of Physics: Conference Series*, 4(9), 1-5.
- Mazuryk , T., & Gervautz, M. (1996). History, Applications, Technology and Future. *Virtual Reality*, 2-72.
- Meta. (b.t.). *Meta Quest 2*. [Erişim Tarihi: 26.04.2023]. [www.meta.com/](http://www.meta.com/)
- Microsoft. (b.t.). *Microsoft Hololens*. [Erişim Tarihi:27.03.2023] <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>
- Microsoft. (2023, 05 01). *What Is Mixed Reality*. [Erişim Tarihi: 01.06.2023] <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *EICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Mused. (b.t.). *Go Incredible Places*. [Erişim Tarihi: 25.05.2023] <https://mused.org/en/>
- Nayyar, A., Mahapatra, B., Le, D., & Suseendran, G. (2018). Virtual Reality (VR) & Augmented Reality (AR) Technologies For Tourism And Hospitality Industry. *International Journal Of Engineering & Technology*, 7(2.21), 156-160.
- Olsson, T., Savisalo, D., Hakkarainen, T., & Woodward, C. (2012). User Evaluation Of Mobile Augmented Reality In Architectural Planning. *Architectural Planning*. In *9th European Conference on Product and Process Modelling* (s. 733-740). Iceland: ECPPM.
- Oregon State University. (2023). *Technology*. [Erişim Tarihi: 15.07.2023]

- Özgen, S. D., Afacan, Y., & Sürer, E. (2021). Usability Of Virtual Reality For Basic Design Education: A Comparative Study With Paper-Based Design. *International Journal of Technology and Design Education*, 31, 357-377.
- Özkul, K. (2019). 21. Yüzyıl Teknolojisi, Kaybettiğimiz Değerler ve Çözüm Yolları . 6. *Uluslararası Eğitim ve Sosyal Bilimlerde Akademik Çalışma Sempozyumu* (s. 113-124). Ankara: Asos Yayınları .
- Perri, L. (2023, 03 18). *Hype Cycle for Emerging Technologies*. Garther. [Erişim Tarihi: 18.03.2023 ].gartner.com/en
- Pokemon. (b.t.). *Pokemon-Go*. [Erişim Tarihi: 27.03.2023]. <https://www.pokemon.com/us/app/pokemon-go/>
- Pouge, D. (2012, 09 13). Google Glass and the Future of Technology. NY Times. <https://archive.nytimes.com/pogue.blogs.nytimes.com/2012/09/13/google-glass-and-the-future-of-technology/?searchResultPosition=4> a
- Reitmayr, G., & Schmalstieg, D. (2001). Mobile Collaborative Augmented Reality. *Proceedings IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality* (s. 114-123 ). New York: IEEE.
- Riera, S., Redondo, E., & Fonseca, D. (2015). Geo-Located Teaching Using Handheld Augmented Reality: Good Practices To Improve The Motivation And Qualifications Of Architecture Students,14. *Universal Access in the Information Society*, 363-374.
- RMK AİMES. (b.t.). *Simülasyon Tarihiçesi*. [Erişim Tarihi: 11.04.2023] <https://aimes.org/tr/page/hakkinda/simulasyon-tarihce>
- Schnabel, M. A., Kvan, T., Kruijff, E., & Donath, D. (2001). The First Virtual Environment Design Studio. *Education and Curricula-Virtual Meeting Places*, 14,, 394-400.
- Sekerci, C. (2017). Sanal Gerçekliğin Tarihiçesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(54), 1126-1133.
- Sevim, H. (2019). *Mimar Müsteri İlişkisinde Sanal Gerçeklik Deneyimlenmesine Yönelik Bir Yöntem Önerisi*. (Tez No: 551273) [Doktora Tezi, Konya Teknik Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Shivegowda, D. M., Boonyasopon, P., & Rangappa, M. S. (2022). A Review on Computer-Aided Design and Manufacturing Processes in Design and Architecture. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(6), 3973-3980.

- Sorgu , G. A., & Yemişcioğlu, K. M. (2020). Mimarlıkta Fabrikasyon Teknolojileri ve Endüstri/Mimarlık 4.0. *dosya45*, 6-17.
- Soygeniş, S. (2017). *Mimarlık Düşünmek Düşlemek*. İstanbul: YEM yayın.
- Sutherland, I. E. (1964). Sketch Pad A Man-Machine Graphical Communication System. *Massachusetts Institute of Technology*, 329-346.
- Sutherland, I. E. (1968). A Head-Mounted Three Dimensional Display. *Proceedings*, 757-764.
- Switch, A., & Warke, V. (2014). *The Language of Architecture: 26 Principles Every Architect Should Know*. Amerika: Rockport.
- Şekerci, C. (2017). *Gerçekliğin İç Mimarlık Eğitimine Etkisi*. (Tez No: 469211) [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Taşdelen, S. H., & Gül, L. F. (2017). Mimarlıkta Dijital Piyasa: Mimari Tasarım Süreçlerinde Yazılım Teknolojisi Politikaları. *XI. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Sempozyumu*, (s. 115-123). Ankara.
- Töre, T. (2010). *Sanal Gerçeklik Mimari Koruma (Anlatım ve Sunum Bağlamında Bir Değerlendirme)*.(Tez No: 276835) [Yüksek Lisans Tezi, T.C. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- TRT Haber. (2022, 07 28). Google Haritalar 3 Boyutlu Yeni Özelliğini Duyurdu. TRT Haber. İnternet: [www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/google-haritalar-3-boyutlu-yeni-ozelligini-duyurdu-697668.html](http://www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/google-haritalar-3-boyutlu-yeni-ozelligini-duyurdu-697668.html)
- Ünal, C. (2013). *Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Kullanımıyla Mimarlık Rehberi; Eindhoven Kenti Üzerinden Değerlendirilmesi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Ünver, E. (2007). *Mekanın Düşey Bileşeni Duvarın Zaman ve Teknolojiye Bağlı Olarak Gelişimi ve Dönüşümü*.(Tez No: 223459) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Vafadar, M. (2013). Virtual reality: Opportunities and Challenges. *International Journal of Modern Engineering Research*, 3(2), 1139-1145.
- Virtual Reality Society*. (b.t.). *How Did Virtual Reality Begin?*. [Erişim Tarihi:11.04.2023]. <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/beginning.html>
- Virtual Reality Society1*. (b.t.). *Virtual Reality Tracking Systems*. [Erişim Tarihi:11.04.2023]. <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-gear/tracking.html>

- Vlahakis, V., Karigiannis, J., Tsotros, M., Gounaris, M., Almeida, L., Stricker, D., & Ioannidis, N. (2001). Archeoguide: First Results Of An Augmented Reality, Mobile Computing System In Cultural Heritage Sites. *Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage*, 9(10).
- Vries, E. d. (1994). *Structring Information For Design Problem Solvinng*. [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Eindhoven Teknik Üniversitesi .
- XinReality. (b.t.). ARKit.[Erişim Tarihi: 27.03.2023]. [https://xinreality.com/wiki/ARKit#Uses\\_of\\_ARKit](https://xinreality.com/wiki/ARKit#Uses_of_ARKit)
- Yalçın, Y. F., & Yazıcı, Y. E. (2022). Sanal Gerçeklik Sergi Mekanlarımda Dönüştürüyor. *Kültür Ajandası*.
- Yıldırım, M. T. (2004). Mimari Tasarımda Biçimlendirme Yaklaşımları ile Bilgisayar Yazılımları İlişkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(1), 59-71.
- Yu, D., Jin, J. S., Luo, S., Lai, W., & Huang, Q. (2009). A Useful Visualization Technique: A Literature Review for Augmented Reality and its Application, Limitation & Future Direction. *isual Information Communication*, 311-337.
- Zafer, D. Z. (2007). *Sanal Gerçeklik Teknolojilerinin Mimari Tasarım Sürecinde Etkisi*. (Tez No: 212982) [Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Zheng , J. M., Chan , K. W., & Gibson, I. (1998). Virtual Reality. *IEEE Potentials*, 17(2), 20-23.
- Quintal, B. (2019, 01 12). 121 Definitions of Architecture. Arcdaily. [Erişim Tarihi: 18.06.2023]. <https://www.archdaily.com/773971/architecture-is-121-definitions-of-architecture>
- White, J. (2002). *Virtual Reality and the Built Environment*. Oxford: Architectural Press.
- Wikipedia1. (b.t.). *Oculus Rift*. [Erişim Tarihi: 11.04.2023]. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Oculus\\_Rift](https://tr.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift)
- Wikipedia2. (b.t.). *PlayStation VR*. [Erişim Tarihi: 11.04.2023]. [https://tr.wikipedia.org/wiki/PlayStation\\_VR](https://tr.wikipedia.org/wiki/PlayStation_VR)
- Wikipedia3. (b.t.). *ARCore*. [Erişim Tarihi: 11.04.2023]. <https://en.wikipedia.org/wiki/ARCore>
- Wikipedia4. (b.t. *HTC Vive*. [Erişim Tarihi: 11.04.2023]. [https://tr.wikipedia.org/wiki/HTC\\_Vive](https://tr.wikipedia.org/wiki/HTC_Vive))

Wikipedia5. (b.t.). Gartner Hype Cycle. [Erişim Tarihi: 11.04.2023].  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Gartner\\_hype\\_cycle](https://en.wikipedia.org/wiki/Gartner_hype_cycle)

Xiaomi. (2023, 02 27). *Meet Xiaomi Wireless AR Glass Discovery Edition: Meet Xiaomi Wireless AR Glass Discovery Edition*. [Video]. Youtube.  
[www.youtube.com/watch?v=\\_B5Zgyq4EfM&t=1s](http://www.youtube.com/watch?v=_B5Zgyq4EfM&t=1s)



## EK A

### GÖRÜŞME SORULARI VE KATILIMCI GÖRÜŞLERİ

#### GÖRÜŞME SORULARI

Sanal (VR), Artırılmış (AR), Karma (MR) ve Genişletilmiş Gerçeklik (XR) kullanarak yaptığımız/katkıda bulunduğunuz/izlediğiniz mimari eğitim veya tasarıma yönelik çalışmalar var mı?

Sanal (VR), Artırılmış (AR), Karma (MR) ve Genişletilmiş Gerçeklik (XR) hangi amaçlarla kullanmaktasınız/ kullandınız/ deneyimlediniz?

- Sanal (VR), Artırılmış (AR), Karma (MR) ve Genişletilmiş Gerçeklik (XR) kullanırken gösterim veya tasarım için hangi uygulamaları kullanıyorsunuz?

-Mimari tasarım (gösterim-üretim) / eğitim sürecinde Sanal (VR), Artırılmış (AR), Karma (MR) ve Genişletilmiş Gerçeklik (XR) kullanmanın avantajları nelerdir?

-Yaptığınız çalışmalar sırasında kullandığınız Sanal (VR), Artırılmış (AR), Karma (MR) ve Genişletilmiş Gerçeklik (XR) ilişkin fark ettiğiniz eksiklikler var mı?

-Yapılan çalışmalarda Sanal (VR), Artırılmış (AR), Karma (MR) ve Genişletilmiş Gerçeklik (XR) ilişkin geliştirilmesi gerek unsurlar/özellikler/yöntemler/araçlara vb. var mı?

-Mimarlık alanında (tasarım/eğitim) Sanal (VR), Artırılmış (AR), Karma (MR) ve Genişletilmiş Gerçeklik (XR) teknolojilerinin geleceği hakkında ne düşünüyorsunuz? Yakın/uzak gelecekte bu ve benzeri teknolojilerin kullanımında ne tür değişiklikler öngörülebilir?

#### KATILIMCI GÖRÜŞLERİ

**KATILIMCI-1 :** İki dönem boyunca mimari proje dersi kapsamında öğrencilerim ile tasarım sürecini sanal ortamda gerçekleştirdik. Öğrencilerden Dolmabahçe Sarayında bulunan terk edilmiş gazhanenin yerine otel tasarımlarını istedik ve dönem bitene kadar bu çalışmaları bilgisayar ve VR gözlükleri kullanarak devam ettirdik. Bir başka çalışmada da öğrenciler ile mutfak tezgâhı tasarlıyorduk. Modellenen tezgâhı sanal ortama aktardıktan sonra VR gözlük ile öğrencinin tasarımını birebir ölçekte deneyimlemesini istedik. VR gözlük kullanımı biraz daha kontrollü hale getirmek için alanı sınırlandırdık. Bende eş zamanlı olarak öğrencinin bakış açısıyla gördüğümüz projeyi takip ediyordum. Sesli komutlarla öğrenciyi tezgâh arkasında gönderdik ardından başka bir öğrenciyi de oraya yönlendirdik. Tezgâhın arkasında bulunan öğrenci ‘gelme sıkışacağız’ diye bir tepki vermişti. Bizim için en değerli geri dönüşlerden bir tanesi olmuştur. Az önce bahsettiğim çalışmalarda Oculus VR gözlüğünün içerisinde bulunan Arcio uygulamasını kullanıyorduk fakat uygulamanın

sunduğu grafikler bize gerçeğe yakın görüntüler vermiyordu. Bundan dolayı daha gerçekçi ve canlı sanal mekânlar sunan Twinmotion ve Enscape uygulamalarını kullandık. Uygulamaya başlamadan önce öğrenciler korkarak yaklaşıyordu. Daha sonrasında en çekinen öğrenci en iyi kullan kişi oldu. Ayrıca daha etkin ve hızlı kullanan öğrenciye konsolları bırakıp el hareketleri ile tasarım yapmasına izin veriyorduk. Bu süreç içerisinde, zorluklardan bir tanesi hocalarla çalışmak oldu. Hocaların çoğu böyle bir teknolojiyi kullanmaya çekindi ya da hiç yanaşmadı. Diğer bir zorluk ise tasarıma yapılan eklentiler dosya boyutu arttırdığı için sistemle ilgili problemler yaşayabiliyorduk. Bunların haricinde, geleceği için geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gereken teknolojiler olduğunu düşünüyorum. Ben bilgisayarların ilk kullanımını da denk geldim o dönemde aynı konular tartışılıyordu, aynı endişeler vardı. El çizimlerin yerini mi alacak gibisinden fakat insan doğası gereği el çiziminden ayrılmaz. Bu da alternatif bilgisayarlar sayesinde daha hızlı çözümler sunuyor. Özellikle Covid den sonra bilgisayar ekranından ben nasıl öğrenciye ders anlatacağım derdiyle daha çok yaygınlaştı bence. İleride sadece gözlüklerin kullanacağı bir teknoloji bekliyorum. Ayrıca tasarım yapılan uygulamalarında değişmesi gerekiyor. Bunun dışında özellikle Türkiye için yavaş yavaş laboratuvarlar açılarak eğitime entegrasyonu sağlanacak böylelikle daha az ders süresiyle hem öğrencinin anlama kapasitesi artacak hem de hoca azalacak. Bunlar emek isteyen teknolojilerdir. Belirli bir seviyeye gelmemiz için gerek akademisyenlerin gerekse öğrencilerin üzerinde çalışması gerekmektedir.”

**KATILIMCI-2** “Günümüz öğrencileri Snapchat, Instagram gibi uygulamaları akıllı telefonlar üzerinden sıklıkla kullanmaktadır. Bizde bilgisayar yerine daha taşınabilir cihazlar ve sosyal medya uygulamaları ile bir çalışma gerçekleştirdik. Ders kapsamında kâğıt üzerinde 2D bulunan planları, QR kodu ve Snapchat uygulamasını kullanarak 3D ye çevirdik ardından öğrencinin akıllı telefonunun kamerasını kullanmasını sağladık ve telefonu hareket ettirerek yapının iç ve dış mekânını keşfetmesini sağladık. Bu çalışma ile öğrencinin derse olan ilgisi ve merakı artırılmasında yardımcı olduğunu keşfettik. Gerek eğitimde gerek bireysel olarak bu işi uzun süredir yapıyorum. Bu bağlamda, AR ve VR teknolojilerinin kullanımı yaklaşık 10 yıldır devam etmektedir. AR deneyimi Uv Maps, Object Space, Blender gibi uygulamalar üzerinden gerçekleştiriliyor. AR- VR teknolojisi satın almada ya da sunumda kullanılıyor. Özellikle AR da kişiye telefon ekranlarıyla limitli deneyimle ulaşılabilir fakat ekranlara bağlı bir deneyim sunuyor. Modelleme vs. VR da gösterim yapmak için AR teknolojisi kadar sınırlı bir kapasiteye ihtiyaç yoktur. Bundan dolayı, AR kullanımını biraz daha zordur. MB lar ile çalışılması gerekmektedir. Avantajlarından bir tanesi hantal olmayan cihazları/taşınabilir cihazları kullanması fakat cep telefonların bile hantallaştığını düşünüyorum. Hatta kopmakta olduğu teknolojiye yeniden dönmek istiyormuş gibi. Ek olarak mimarlık pratiği ve eğitiminde gerek literatürde gerekse yapılan birden çok çalışma var. Neredeyse kişinin aklına gelebilecek olan her şey denenmiş fakat sadece denenmiş. Gerçekten de kolayca kullanılabilen ve ulaşılabilen bir teknolojiye dönüşmesi gerekmektedir. Bunlarla beraber, öğrencinin daha kolay anlamasını ve kavramasını kolaylaştırıyor. Bunların haricinde giyilebilir teknolojiler olarak sunumu gerçekleştirse daha iyiye gidebilir.”

**KATILIMCI-3 :** “2D temsilini oluşturulan ve VR aracılığıyla ya da bilgisayar oyunları ile mekânların incelenmesi sağlanıyor. Şu an doktora öğrencim ile beraber VR ve oyunlar üzerinden bir araştırma gerçekleştirmekteyim. Bu teknolojilerin gerek literatür gerekse mimaride kullanılan birçok örneği ile karşılaşmaktayız. Mekân ve algı da eksiklik yaşanan öğrenciler için inanılmaz bir çözüm. VR da el, göz, beyin koordinasyonu tam olarak sağlandığı an 3D düşünme yetisi olmayan öğrenci için rahatlama olacak. Bunların haricinde, bu teknolojilerin kullanımı ile ilgili birtakım endişelerim bulunmaktadır. Örneğin, VR sisteminin sunduğu kalıplaşmış hazır objeler kullanılırsa tasarım becerisi azaltılabileceğini düşünmekteyim. Bence hayal dünyasının, VR kalıpları ile sınırlandırılmaması gerekiyor. Bireysel becerilerimiz fazla mekanik olursa neler olur bilemiyorum. Gerçek ve sanallık alanında farkındalık yaratılarak daha idealist yaklaşımların çıkması an meselesi. Örneğin, Metaverse yaygınlaşmaya başladı. Duyduğum kadarıyla yazılım kaynaklı ara yüz sıkıntısı gerçekleşmektedir. Bunların çözülmesi ve AR,VR vb. yaygınlaşarak daha verimli ve etkili kullanılması gerekiyor.”

**KATILIMCI-4 :** “Çalışmalarım genellikle kuramsal kapsamda. Belirli bir AR VR XR. ayırımı yok. Tamamen öğrencinin ilgi alanına yönelik çalışmalar gerçekleştiriyorum. Öğrenciye destek olmaya çalışıyorum. Bu doğrultuda ilk çalışmam 2004 daha sonrasında en çok atıf alan 2011 yılında gerçekleştirdiğim doktora tezidir. Bunlarla beraber, çalışmalarım günümüze kadar devam etmektedir. Türkiye’de kasklar yokken BOOM, CAVE gibi donanımlar kullanılıyordu sonrasında kasklara geçiş başladı. İlk tezimizde 2D medya ile 3D mimari çalışması gerçekleştiriyorduk ve bir şirketin kullanmadığı kaskı bize vermesiyle ilk defa kask deneyimini bu çalışmanın içerisine entegre edebildik.1997 de stereo graphic kırmızı yeşil gözlük ile paftalar üzerinden öğrenci projelerini inceliyorduk o anda bile diğer eğitimciler, ‘ buna gerek yoktu maket lazım’ dediler. Hâlbuki maket, çizimler paftalar vb. her şey hazırды. Buna benzer durumu günümüzde de yaşamaktayız. Sürece bir türlü alışamadık. Bir başka çalışmada ise paftaya QR kodu yerleştirerek, Google Cardboard aracılığıyla tek tek öğrencinin modellerini izliyordum. Ayrıca bu teknolojilerin kullanımında az öğrenci ile etkileşim içinde bulunmanın daha başarılı sonuçlar verdiğine inanmaktayım. Bundan dolayı yazılım, donanım, öğrenci sayısı ve en önemli etkenlerdir.Yüksek lisans ve doktora çalışmalarında sektörel, arkeoloji, eğitim, denemeleri var. Mimari eğitimi proje odaklı olduğu için eğitimde çok yansıtılmıyor ya da kullanılmıyor. Bunların haricinde mimari eğitimde, seçmeli derslerde öğrencinin tasarladığı projeyi 3D gözlük ile görüntülenmesini istiyoruz. Böylelikle mekân algısı anlaşılabilir. Mimari ofislerde ise AR ve VR kullanılarak hedef kitle satışa yönlendiriyor. Bu teknolojilerden en hızlı ve verimli sonuçları elde edilmeye çalışılıyor. Şimdilerde cep telefonundan uygulanıyor ama VR özelliği daha fazla . Bu nedenle, AR çok tercih edilmiyor. Bunu geliştirmek için yeni çalışmalarımız devam ediyor. İyi derecede modelleme yapabilen öğrenci ve sürece yönelik eğitim gerekli. Öğrencinin kendi çabasıyla öğrenmesi zor o yüzden donanım sahibi birisi gerekiyor. Çünkü AR VR XR MR bilgisizliği affetmez, bilinmediği halde kaliteyi eksik bırakır.

Bunun haricinde, sadece görsel duyuya etki etmek yeterli değil ses, dokunma vb. de önemli. Öğrenciyi adapte edilebilmesi VR da ses özelliğinin kullanılması ile mekânın içinde bulunma ambiyansını arttırıyor. Geleceği için de yapı fiziği, arkeoloji gibi alanlara ayrılması ve buna yönelik gelişmeler olması lazım. Genellikle donanım ya da yazılım teknolojisi bize araştırma projesi üzerinden geliyor. Bundan dolayı araştırma projesi dışına çıkamıyoruz. Bu teknolojiler, çok çabuk değişiyor ve eskiyor, değişiklik yapılmak zorunda. Ayrıca görsel açlığın olduğunu düşünmekteyim. Unreal Engine, Unity motorlar da görsel veriyi elde etmek için saatlerimizi harcarken hedef kitledeki müşteri ya da hoca acaba o görsellere ne kadar sürede bakıyor? Bir el hareketiyle görseli değiştiriyor. Müşterilerde de tabletten ya da gözlükten baktığında belli bir süreden sonra işi eğlenceye dönüşüyor. Bunlarla beraber, Hololens gelişmesi ve sonrasında getirdiği sağlık problemlerinde çözülmesi lazım. Ek olarak, hep yazılımsal ve donanımsal sınırlama ile karşı karşıya kalıyoruz. Donanımlar pahalı olabiliyor ya da sistem hata verebiliyor. Bu teknolojilerinin geleceği için insan vücudu ve hareketiyle uygun başka bir şeyler denememiz lazım. Bahseliden her şey çözüldürse, mekânın algısı yükselerek sunma becerisi artabileceğini düşünmekteyim.”

**KATILIMCI-5):** “Bu teknolojiler yerinde bulunmadan tasarlanan mekânın gösteriminde kullanılıyor. Bizde yaptığımız tasarımda iç mekânı veya 3D halini görüntülemek için kullanıyoruz. Bunu yaparken Oculus ve Revit kombinasyonunu tercih ediyoruz. Fakat yazılımsal olarak birtakım sıkıntılarla karşılaşılıyor. Örneğin; Revit uygulamasına güncelleme gelince Oculus cihazı çöküyor ya da gözlüğe güncelleme gelince Revit uygulaması çalışmıyor. Bu yüzden istenilen verimi alamıyoruz. Ayrıca VR gözlüğünü belirli bir süre kullandıktan sonra baş ağrıtıyor ya da baş dönmesine sebep olabiliyor. Dolayısıyla, 60 yaşındaki bir insanın gençlere göre kullanması kolay değil Şantiyede kullanışlı fakat proje tasarımında yeterli olmadığını düşünüyorum. Gözlüklerin fiziksel kullanımı rahat değil bunun üstünde çalışmaları lazım. Sunum dışında tasarım için kullanışlı değil. Plan kesit bilmeyen bireyler için belki faydalı olabilir ama mimarlar için buna gerek olmadığını düşünüyorum. Zaten hali hazırda bulunan uygulamalar ya da kâğıt üzerine plan görünüş vb. Bu teknolojilerin geleceği için kesin bir şey söyleyemem. Belki hesaplamalı tasarımda mühendislerle beraber, kolay ve hızlı hesaplama yapan bir teknolojiye dönüşürse daha elle tutulur sonuçlar elde edilebilir. Kullanımı artabilir. İternatif tasarımın hızlandırılması gerektiğini düşünüyorum.”

**KATILIMCI-6):** “Gerçeklik teknolojileri üzerinde birden fazla çalışmamız var. Halen devam eden projelerimiz de bulunmaktadır. Şimdiye kadar 2 proje bitirdik. Fiziksel modeller üzerinden değişiklik yapmak istediğimizde kesme, yeniden yapma gibi zaman alıcı süreçlerin içerisine girilebiliyor fakat dijital modellerin ekranda manipülasyonu daha kolaydır. Bu sayede zaman ve emek harcamadan hızlı değişiklikler yapılabilmektedir. Bununla birlikte, fiziksel modellerde elde yapma tekniğini dijitale taşımak istedik. Projelerden birinde, tasarım sürecini desteklemek için (design support) yeni bir araç geliştirmeye çalıştık. Bundan dolayı, temel tasarım dersinde elde yapma tekniğini dijitale aktarmayı amaçladık. Çalışmada, ışığa karşı daha duyarlı Hololens gözlükleri ve UNITY motorunu kullanarak fiziksel ortamda sanal objeleri el ile manipülasyonunu gerçekleştirdiğimiz çalışmamızı öğrenciler

üzerinden deneyimlemiştik. Gerçeklik teknolojileri, tasarımda genel olarak görselleştirme aracı olarak kullanılmaktadır. Bundan dolayı, ekranlar aracılığıyla yapılan görselleştirme ile bir farkının olmadığını düşünmekteyim. Nesnelere entegrasyonun (fiziksel-sanal) geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede tasarımı geliştirmede diğer uygulamalara göre daha hızlı çözümler sunulacağını düşünmekteyim fakat gerçekleştirdiğimiz çalışmalarda gözlemlediğimiz üzere, tasarım sürecinde sistem, birden fazla sanal nesne ile öğrenci ya da kullanıcının müdahalesini yavaşlatmaktadır. Kısacası sistemde aksaklıklar meydana gelmektedir. Gelecekte işbirlikçi entegrasyonların ekran temelli değil de tamamen sanal ortamda olacağını ön görmekteyim akabinde kullanılan donanımlar da gelişecektir. Konsollar yerine daha rahat el hareketleri ile tasarımın geliştirilmesi gerektiğini düşünmekteyim. Mimarlık pratiğinde gelecek için entegrasyon ve teknik problemlerin çözülmesi gerekmektedir. Dijital dünya da bedensel olarak var olma (etkileşim) tasarlanması gerekiyor. Bunların haricinde tasarımın nasıl iletildiğinde önemlidir. Ayrıca çevresel sorunların çözülmesi ve insanlara karar desteği sağlamada öncülük etmesi gerektiğini düşünmekteyim.”

**KATILIMCI-7:**“Yüksek lisans tezim için karma gerçeklik teknolojisini kullanarak (Hololens) öğrenciler ile mimari tasarım denemeleri yaptık. Şimdi de VR oyun özelliğinin mimari eğitiminde kullanılması üzere sorguladığım doktora çalışmasını gerçekleştirmekteyim. Yüksek lisans çalışmamda, toplamda dört kişi ile geliştirdiğim çalışmada fiziksel ortamdan koparılmadan sanal objelerle öğrencinin etkileşimini inceleyerek yaratıcılık ve tasarım odağını inceledim. Tasarımı kademelere ayırarak hangi aşamasının daha fazla denemeye maruz kaldığını araştırdım. Süreç içerisinde hem yazılımcı arkadaşlarla hem de öğrenciler ile irtibat halindeydim. bir arada tutmak zor olmuştu. Araştırmanın sonucunda sistemsel sorunlarla karşılaştık. Öğrenciye sisteminin nasıl çalıştığını anlatma ve daha sonrasındaki uygulama ve alışma süresi zaman alan aşamalardı. Ayrıca dört öğrenciyi bir arada tutmak zor olmuştu. Bunların haricinde, çalışma süresince kâğıt ya da herhangi bir malzeme kullanılmayarak öğrenciyi de maddi olarak zorlamadık. Çalışmanın sonucunda bu teknolojilerin sunum araçları kullanıldığını ortaya çıktı. Gelecek içinde bu teknolojilerin kullanımı ve sürdürülebilirliğinin (bir sonraki nesle aktarma) yeniden tartışılması gerektiğini düşünmekteyim”

**KATILIMCI-8:**“Fiziksel dünya ile Metaverse arasında sistematik olarak benzerlikler bulunmaktadır. Her ikisinde de ekonomik bir sistem, mekânsal bir düzen, sosyallik kurmak için ortak platformlar bulunur. Bu sistemlerin nitelikleri farklılaşmaktadır. En temel farklar metaverse mekânlarını fiziksel mekânları deneyimlediğimiz biçimde deneyimleyememizdir. Metaverse bu bağlamda sanal bir gerçeklik düzleminde var olur ve bedensel olarak fiziken orada bulunamayız. Fiziksel gerçeklikte kullandığımız duyuların aynı şekilde olmasa da benzer şekilde kullanımını sağlamak amacıyla gözlük, doku hissi veren kıyafetler, kulaklık gibi ek donanımlarla deneyim pekiştirilmeye çalışılmaktadır. Bir diğer temel fark ise buradaki sistemlerin merkezîyetiz olması yani kendi kendine işleyen bir kurguda olmasıdır. Mimarlık üzerinden baktığımızda metaverse bir bakıma şu an da sahip olduğumuz tasarımın üç

boyutlu halini görme imkanını sağlamanın yanında bu modelin ek araçlar yardımıyla kısmen de olsa deneyimlenebilmesini sağlayabilir. Bu da mimarlıkta sunum aşaması için önemli bir yeniliktir. Tasarım, çizim, modelleme gibi aşamalar şu an elimizde olan imkanlarla benzer şekilde ilerlemekle birlikte sunum kısmında çeşitli yöntem ve olasılık potansiyellerine sahiptir. Mekân tasarımlarının nasıl yapıldığı konusu teknik, işlev ve uygulama üzerinden değişmektedir. Mekânın neye dönüştüğü önemlidir. Yaşanılan mekân tanımıyla mekân metaverse içerisinde farklı tanımlamalarla bulunmaktadır. Mimari bir yapı gibi düşünmek çok basit bir yaklaşım olacaktır. Uygulamalar yapılacak işleve ve kurguya göre değişiklik göstermektedir. 3D modelleme programlarından FBX, GLB, GLTF ve OBJ uzantılı dosyaları çıktı olarak alınabilen programlar daha avantajlıdır. Oyun motorları da oldukça etkili olmaktadır.”

**KATILIMCI-9:** “Teknolojilerinin hepsi ile ilgi çalışmam var. Burada VR, AR gibi bir alan belirleyerek sınıflandırma yapmak doğru olmaz. Tasarımda kullanılan araçlar ve diller var. Hepsi bağlam çerçevesinde farklı özelliklerde kullanılabilir. 2003’ten beri gözlük geliştirmeden stüdyodaki kullanımına kadar deneyimledim. Bu bağlamda gerek eğitim gerek yapı bilgisi, üretimde denemelerimiz vb. kullanımlarımız oldu. Güncel olarak VR ve yapay zekâ üzerinden çalışmalarımızı gerçekleştirmektedir. Genel olarak mimari eğitimde fiziksel ortamda üretiliyor sonra içine girilerek mekân ya da tasarım deneyimleniyor. Kısacası bilgisayar gibi kullanılan bir araç. Yüceltmenin bir anlamı yok. Geleceği için daldırma teknolojisi gelişecek. Apple gözlüklerin sunduğu teknoloji yakalanabilirse yaşanılan sorunların bir kısmı çözülmüş olur. Geleceği için kavramsal olarak özel amaçlı bilgisayar sistemini (special computing) anlamak heyecanlı olabilir. Dolayısıyla, teknolojiyi bu noktadan yakalanması iyi olacaktır. Bunlardan önce, insan beyninin kabul etmesi ve bu teknolojilerin algısal olarak geliştirilmek lazım. Sanala tamamen geçilmesi zor, insan-nesne ilişkisi yakalanması gerekiyor teknoloji yaygınlaşacaktır fakat büyüme de kapılmamak lazım. Bir ara Metaverse, NFT gibi dönüşümler çıktı ama şu an öldüler.Örneğin Kenya’da bulunan bir binanın dijital twin uygulaması ile aktarılan gerçek verileri üzerinden yapıyı keşfedilebiliyoruz fakat bu gibi uygulamalar sadece uygulamada kalıyor ötesine geçemiyoruz. Kısacası, teknolojiyi okumak ardından bilgiye erişebilmek, sonrasında öğretilmesi lazım ve her adımın beraber atılması gerekmektedir. Bilginin altyapısında Unreal gibi uygulamaların insan-bilgisayar ve gözlük teknolojisinin de detaylı incelenmesi gerekmektedir. Araçlara hakim olunması gerekiyor.80’lerden beri bu teknolojiler anlaşılmaya çalışılıyor burada önemli olan kimin ne için kullandığı.” fakat unutulmamalıdır ki araçlar amaç değildir. Ek olarak, psikolojik geri dönüşleri olabiliyor bununda aşılması lazım. Artık mimaride makale, tez vb. yazmak çokta önemli değil. Yeni konulara, pratikte başka kullanım alanlarına erişmek gerekiyor. Gerçeklik teknolojileri oyun sinema alanlarında ilerleyecek ama diğer disiplinlerde kullanımı zaman alabilir.”

**KATILIMCI-10:** “Uzun süredir VR AR çalışmalarını gerçekleştiriyorum. Bundan dolayı eğitimde birden fazla deneyim bulunmaktadır. Örneklerden birinde Türkiye dışında farklı bir ülkede bulunan mimarlık öğrencileri ile VR gözlüklerini kullanarak bir çalışmam yer almaktadır. Çalışmada eş zamanlı ve aynı sanal ortamın içerisinde bulunarak mimari tasarım eğitimini gerçekleştirdik. Bu süreçte VR gözlüğü pahalı

olduğu için üniversitenin desteğiyle donanıma sahip olabildik. Ardından uygun internet bağlantısı, ortam vb. sağlandıktan sonra tasarımlara başladık. Başlarda biraz yavaş yol aldık fakat sonrasında öğrenci için keyifli bir ortama döndü. Bir başka örnekte kültürel miras kapsamında, AR ve MR teknolojilerini kullanarak eş zamanlı giydirmeye ile Augustus Tapınağı'nı canlandırmıştık. Bu teknolojiler, sundukları görüntülerle beyni aldatıyor. Bu üzerine düşünmemiz, potansiyeli ve tehlikelerini dikkate almamız gereken bir durum. Görme duyusunun sağladığı veri ve beynin bunu işleme biçimi (dokunmadan doku hakkında bir içgörü üretmek, koklamadan nesnelere kokuları hakkında bir fikir sahibi olmak, bedenimizin konum ve pozisyonuna dair gerçek olmayan veriyi gerçekmiş gibi işlemek vb.) üzerine yapılan çalışmaları takip etmemiz, bu çalışmaları yapan disiplin ve uzmanlarla daha fazla temas etmemiz gerekiyor. Bu teknolojiler, araçlar, aslında bu potansiyel sayesinde her kullanıcıya farklı deneyimler sunuyor ve insanların merak etmeye teşvik ediyor. Yaklaşık 7-8 yıldır mimari firmalar bu teknolojileri kullanmaktadır. örnek daire yerine VR teknolojisi kullanarak müşterilere deneyimlemiyor. Genel olarak sanal ortamlarda başka bir kullanıcı ile çalışılmak isteniyorsa internetin hızlandırılması , VR gözlüklerinin batarya sorununun çözülmesi ya da donanımların kullanıcıyı maddi olarak zorlayabilmesi gibi birden fazla durumla karşı karşıya kalınmaktadır. Bu gibi donanım ya da yazılım sorunlarının giderilmesi gerekiyor. Bunların haricinde gerek eğitimde gerek mimari pratikte istenilen bağlamda kullanılabilirliğini biliyoruz. Bunların geliştirilmesi ya da daha farklı bir açıdan değerlendirilmesi gerektiğini düşünmekteyim.”

**KATILIMCI-11:**“ AR, VR, MR, XR hayalin somut hale dönüşümünü destekleyen teknolojilerdir. Benim bu teknolojilerle tanışma serüvenim kısaca şöyledir; lisansa eğitimimim de (2006-2007) Bilgisayar Destekli Tasarım dersi alıyordum. Ders kapsamında Autocad ve Archicad programları öğretiliyordu. 2 boyutta Autocad programını kullanırken üçüncü boyutta Archicad programını kullandım. Bu program ile modellenen yapının sanal ortamda daha gerçekçi görüntüsüyle karşı karşıyaydım. Dolayısıyla hayal gücümün gelişmesine yardımcı olmaktaydı. Daha sonrasında yüksek lisans ve doktora süremde incelemelerde bulunmuştum. Kısacası 2013 ten günümüze kadar çalışmalarım, araştırmalarım devam etmektedir. Mimari eğitimde çok fazla deneyimleyemedim fakat farklı boyutlarda çalışmalarım oldu. Çünkü bulunduğum üniversitede akademisyen yetersizliğinden dolayı yüksek lisans eğitimi verilmiyordu. Sonrasında 2021 de, mimari proje ve araştırma merkezi olarak bir proje stüdyosu açtık. Stüdyoda öğrenciler ile VR ve sanallık kavramı hakkında derin tartışmalar gerçekleştirdik. Ardından bulunduğum kentin Valiliği ile beraber başka bir çalışma gerçekleştirdik. Bu çalışmada kent belediyesine gastronomi projesi sunmamız gerekiyordu. Bizde Unreal, Unity ile tasarladığımız yapıyı HTC ve Oculus gözlüklerini kullanarak mekânlar içerisinde projemizi hedef kitleye aktardık. Sunum esnasında aldığımız geri dönüşlere göre tasarımıımızı yeniden değerlendirerek teslim ettik. Mimari eğitimde ayrı bir eğitim modeli gerektiriyor. Bu eğitim modelinde de öğrencilerle tartışma ortamı kurulması ve öğrencinin hazırlanması gerekiyor.

Ardından öğrencinin ilgisine göre hareket edilmesi gerekmektedir. Bu teknolojilerde, deneyimlere göre herkes farklı bakış açısına sahip. Bence oyun ve teknolojiye ilgisi olan öğrenciler daha verimli geri dönüşler alabiliyor. Bunu bir örnekle açıklayabilirim. Hong Kong’da yüksek lisans eğitimi verdiğim dönemde okulu bırakma noktasına gelmiş ve mimari tasarımla bir türlü bağ kuramayan bir öğrenci vardı. Oyun oynamayı çok sevdiğini öğrendik ve daha sonrasında ona oyun motorunu kullanarak mekânlarını deneyimlediği bir çalışma yapması için destekledik. Şu anda o öğrenci bu alandaki çalışmalarına zevkle devam etmektedir. Mimari pratikte, özellikle plan çizimlerinde hacimseldik anlaşılmıyor. Bu bağlamda ölçeksel algı boyutu oluşturuluyor. Örneğin alışık olduğumuz iki boyutlu düzlem ekranda farklı VR gözlüğü ile daha farklı algı elde edilmesine imkân sunuyor. Ayrıca insan duyuları sınırlı olduğu için sadece araçlar üzerinden değerlendirilmemesi gerekiyor. Bununla beraber, mekân temsillerini değerlendirmede insan beyni hazır değil. Temsilleri hacimsel düşünmek farklı. Burada medya içerik ve aktör üçlüsünün sıkı bir ilişki içerisinde yürütülmesi gerekiyor. Şu an mimarlık temsil üretimine dönmüş durumda. Yapı yapılmıyor onun yerine VR güçlendirici elemanmış gibi kullanılarak temsiller üretiliyor. Ritüelliği yansıtmak için uygulamalar lazım. Genel olarak VR uygulamaları plan, kesit, görünüş vb. şeffaflaştırılan araçlar olarak kullanılıyor. Bunların sadece reklam panolarında kullanılmaması, onun yerine mimari tasarımdaki sorunların çözümüne veya faydasına odaklanması lazım. Gerek mimari pratikte gerekse eğitimde, teknolojinin ilerlemesiyle daha iyi araçlar sunulacaktır. Yeni bağlamlarda kullanılabilirliği tartışılacaktır. Fakat kullanıcılara hitap eden donanımların öncelikli olarak gelişmesi gerekmektedir. Örneğin VR gözlükleri daha bireysel bir donanımdır fakat ergonomik olarak hafifletilmesi gerekmektedir. Bunların haricinde VR uygulamaları ile yapay zekâ birleşerek süreç hızlanması, yeni mekânsal örneklerin keşfedilmesi, yeni işlevlerde kullanımı, büyük ölçekli projelerde kullanımını ön görmekteyim.”

**EK B**  
**ÖRNEK MÜLAKAT SORULARI**

**ÖRNEK MÜLAKAT SORULARI (Araştırmacı: Nilsu Demir – Y.Lisans Öğrencisi – Atılım Üniversitesi)**

**Yüksek Lisans Tez Araştırması**

“TEKNOLOJİK DÖNÜŞÜM ÇAĞINDA MİMARİ TASARIM YAKLAŞIMLARI” başlıklı yüksek lisans tezi için “ÇAĞDAŞ GERÇEKLIK TEKNOLOJİLERİNİN MİMARLIKTAKİ YERİ” temalı araştırma çalışması

**Not:**

Görüşme yapılan kişiye aşağıdaki soruların tamamı veya bir bölümü yönlendirilir. Görüşmenin seyrine göre konu dışına çıkılmadan tamamlayıcı sorular sorulabilir.

**Açık Uçlu Mülakat için Olası Soru Listesi**

ÇGT (Çağdaş Gerçeklik Teknolojileri) ile ilişki

- ÇGT (örneğin AR/VR/XR/MR ) kullanarak yaptığınız/katkıda bulunduğunuz/izlediğiniz mimari eğitim veya tasarıma yönelik çalışmalar var mı? Varsa nelerdir?
- Hangi ÇGTleri, hangi amaçlarla olarak kullanmaktasınız/kullandınız/deneyimlediniz? Detaylandırır mısınız? (Donanım, program, ortam vb.)
- Bu çalışmalarını, ne zamandır sürdürüyorsunuz?

ÇGT kullanım deneyimi

- Mimari tasarım (gösterim-üretim) / eğitim sürecinde ÇGT kullanmanın avantajları nelerdir?
- Yaptığınız çalışmalar sırasında kullandığınız ÇGTLere ilişkin fark ettiğiniz eksiklikler var mı? Varsa nelerdir?
- Bu teknolojileri kullanırken gösterim veya tasarım için hangi uygulamaları kullanıyorsunuz?
- Yapılan çalışmalarda ÇGTLere ilişkin geliştirilmesi gerek unsurlar/özellikler/yöntemler/araçlara vb. var mı? Varsa nelerdir?

ÇGT hakkında öneri ve öngörüler

- Mimarlık alanında (tasarım/eğitim) ÇGT teknolojilerinin geleceği hakkında ne düşünüyorsunuz? Yakın/uzak gelecekte bu ve benzeri teknolojilerin kullanımında ne tür değişiklikler öngörülebilir?

- Bu konuda önereceğiniz yazılı / görsel kaynaklar var mıdır? Paylaşır mısınız?
- Mimarlık alanında ÇGT kullanan/ deneyimleyen/ sizden farklı deneyimleri olan eğitimci/tasarımcılar var mıdır? Kendileriyle görüşülmesini önerir misiniz?