**T.C**
**HARRAN ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# SAHA ÇALIŞMALARINDA ALTYAPI VERİLERİNİN ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİ İLE GÖSTERİMİ

**Mehmet Emin DOLAŞ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA**
**2022**

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa No**


ÖZET ..... i
ABSTRACT ..... ii
TEŞEKKÜR ..... iii
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... iv
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ ..... vi
1. GİRİŞ ..... 1
1.1. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi ..... 4
1.1.1. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin tarihçesi ..... 8
1.1.2. Artırılmış gerçeklik teknolojisinde donanım ..... 12
1.1.3. Artırılmış gerçeklik teknolojisinde içerik ..... 15
1.1.4. Artırılmış gerçeklik teknolojisinde yazılım ..... 17
1.1.5. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin uygulama alanları ..... 19
1.1.5.1. Eğitim ..... 19
1.1.5.2. Tıp ve medikal ..... 20
1.1.5.3. Mimari ve inşaat ..... 22
1.1.5.4. Pazarlama ..... 22
1.1.5.5. Spor ..... 23
1.1.5.6. Sanayi ..... 24
1.1.5.7. Turizm ..... 25
1.2. Altyapı ..... 26
1.2.1. Altyapı hizmetlerinde teknoloji kullanımı ..... 29
1.2.2. Altyapı hizmetlerinde yaşanan sorunlar ..... 32
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ..... 35
3. MATERYAL ve YÖNTEM ..... 46
3.1. Materyal ..... 46
3.2. Yöntem ..... 48
3.2.1. Çalışma alanına ait altyapı verilerinin düzenlenmesi ..... 48
3.2.2. Uygulamanın tasarlanması ..... 50
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA ..... 58
4.1. Araştırma Bulguları ..... 58
4.2. Tartışma ..... 63
5. SONUÇ ve ÖNERİLER ..... 64
KAYNAKÇA ..... 65
ÖZGEÇMİŞ ..... 71

# ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

## SAHA ÇALIŞMALARINDA ALTYAPI VERİLERİNİN ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİ İLE GÖSTERİLMESİ

**Mehmet Emin DOLAŞ**

**Harran Üniversitesi**
**Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ULUKAVAK**
**Yıl: 2022, Sayfa: 71**

Teknolojik gelişmelere paralel olarak dünya genelinde kentleşme oranı da hızla artmaktadır. Şehirler tasarlanırken, kentlerde yaşayan toplumların refah düzeyinin artırılması açısından altyapı çalışmalarına da önem verilmektedir. Altyapı hizmetleri bakımından elektrik, içme suyu, kanalizasyon, doğalgaz, telekomünikasyon ve internet hizmetlerinin insanların kullanımına sunulması resmi ve özel kurumlarca sağlamaktadır. Altyapı hizmetlerinin sağlıklı bir şekilde kullanıma sunulabilmesi için şehir planlarının oluşturulma aşamasında altyapı projelerine de önem verilmesi gerekmektedir. Altyapı yönetiminde altyapı envanterlerinin takip edilmesi ve bakım onarımlarının düzenli olarak yapılması bu açıdan önemlidir. Saha çalışmalarında mevcut altyapı verilerinin görüntülenmesinin sağlanması ile altyapı hizmetlerinin iyileştirilmesinde ve bakımında yaşanan sorunlar azaltılabilecektir. Bu bağlamda, yapılan çalışmada, saha çalışmalarında artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanılması ile altyapı hizmetlerinde verimliliğin artırılması amaçlanmıştır. Tasarlamış olduğumuz mobil artırılmış gerçeklik uygulaması ile çalışma bölgesinde yer alan içme suyu ve kanalizasyon şebekelerine ait altyapı verilerin görselleştirilmesi sağlanmıştır. Altyapı çalışmalarında artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanılması sağlanarak yaşanan ekonomik ve zaman kayıplarının önüne geçilebileceği öngörülmüştür.

**ANAHTAR KELİMELER:** Altyapı, Coğrafi Veri, Artırılmış Gerçeklik, Saha Çalışmaları

## ABSTRACT

**MSc Thesis**

**DISPLAYING INFRASTRUCTURE DATA WITH AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY IN FIELD WORKS**

**Mehmet Emin DOLAŞ**

**Harran University**
**Graduate School of Natural and Applied Sciences**
**Department of Geomatics Engineering**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mustafa ULUKAVAK**
**Year: 2022, Page:71**

The rate of urbanization worldwide is increasing rapidly in parallel with technological developments. While designing the cities, importance is given to infrastructure studies in order to increase the welfare level of the societies living in the cities. Infrastructure services provide electricity, drinking water, sewerage, natural gas, telecommunication and internet services to people. In order to provide infrastructure services in a healthy way, it is necessary to give importance to infrastructure projects during the creation of city plans. In infrastructure management, it is important to follow the infrastructure inventories and make maintenance repairs regularly. It is thought that the problems experienced in infrastructure services will be reduced by enabling the display of existing infrastructure data in field studies. In this context, it is aimed to increase efficiency in infrastructure services by using augmented reality technology in field studies. With the mobile augmented reality application, we have designed, the visualization of the infrastructure data of the drinking water and sewerage networks in the study area is provided. It is foreseen that economic and time losses can be prevented by using augmented reality technology in infrastructure works.



**KEYWORDS:** Infrastructure, Geographic Data, Augmented Reality, Field Studies

# TEŞEKKÜR

Tezin konusunun seçiminde, uygulanmasında ve çalışmamda yardımlarını esirgemeyen danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ULUKAVAK'a teşekkür ederim. Hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen Annem ve Babama teşekkür ederim. Desteklerini her zaman hissettiğim Sevgili Eşim ve Biricik Kızıma şükranlarımı sunarım.

# ŞEKİLLER DİZİNİ

**Sayfa No**


Şekil 1.1. Gerçek ve Sanalın Sürekliliği ..... 7
Şekil 1.2. Sensorama Adı Verilen Cihaz Resmi ..... 8
Şekil 1.3. İlk Başa Takılabilir Ekran ..... 9
Şekil 1.4. Tinmith Tasarımı ..... 10
Şekil 1.5. EyeTap Adı Verilen Dijital Gözlükler ..... 11
Şekil 1.6. Google Glass ve Microsoft Hololens Teknolojileri ..... 12
Şekil 1.7. Merkezi İşlem Birimi (CPU) ..... 13
Şekil 1.8. Grafik İşlem Birimi (GPU) ..... 14
Şekil 1.9. Chicago Bilim ve Endüstri Müzesinde Kiosklarla AR Örneği ..... 15
Şekil 1.10. Eğitim Alanında Kullanılan Bir AR Uygulaması ..... 20
Şekil 1.11. Medsigts Tech Tarafından Geliştirilen AR Uygulaması ..... 21
Şekil 1.12. Augmedix tarafından geliştirilen AR uygulaması ..... 22
Şekil 1.13. Top Gear Magazine AR dergisi ..... 23
Şekil 1.14. MBL At Bat Uygulaması ..... 24
Şekil 1.15. Bmw Tarafından Bilgilendirmesi Yapılan AR Örneği ..... 25
Şekil 1.16. Akıllı Şehirler İçin AR Turizm Uygulaması Örneği ..... 26
Şekil 1.17. Altyapı Bileşenleri ..... 28
Şekil 1.18. Yeraltı Görüntüleme Cihazı (GPR) ..... 31
Şekil 1.19. Vidente AR uygulaması Görseli ..... 32
Şekil 3.1. Unity Ana Ekranı ..... 46
Şekil 3.2. Mapbox Studio Görüntüsü ..... 47
Şekil 3.3. Çalışma Alanı ..... 49
Şekil 3.4. Mapbox Studio Ortamında Altyapı Verileri ..... 50
Şekil 3.5. Mapbox Unity SDK'sı Görseli ..... 51
Şekil 3.6. AR Uygulamasının Ana Ekran Tasarımı ..... 52
Şekil 3.7. ArAlignedMap Objesi ..... 54
Şekil 3.8. Veri Kümelerinin Düzenlenmesi ..... 55
Şekil 3.9. ArController Objesi ..... 56
Şekil 3.10. Gnss Butonu Ayarları ..... 56
Şekil 4.1. Mobil AR Uygulamamızın Ana Ekranı ..... 58
Şekil 4.2. Mobil AR Uygulamamızın Görüntüleri ..... 59
Şekil 4.3. Mobil AR Uygulamamızın AR ortamında görüntüleri ..... 60

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Sayfa No**

Çizelge 4.1. Kullanılan Cihazın Teknik Özellikleri ..... 57
Çizelge 4.2. Kontrol Amaçlı Alımı Yapılan Koordinatlar ..... 61
Çizelge 4.3. Koordinatlar Arası Farklar ..... 62

# SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|---|---|
| ACSIT | : Advances in Computer Science and Information Technology (Bilgisayar Bilimi ve Bilgi Teknolojisindeki Gelişmeler) |
| AR | : Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik) |
| ARK | : Arkadaşları |
| AYKOME | : Altyapı Koordinasyon Merkezi |
| BMW | : Bayerische Motoren Werke (Bavyera Motor Fabrikaları A.Ş.) |
| CAD | : Bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design) |
| CBS | : Coğrafi bilgi sistemleri |
| CPU | : Merkezi işlem birimi (Central Processing Unit) |
| GPR | : Yeraltı görüntüleme cihazı (Ground Penetrating Radar) |
| GNSS | : Küresel Konumlandırma Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems) |
| GPU | : Grafik işlem birimi (Graphics Processing Unit) |
| İD | : Kullanıcı numarası (Identification Number) |
| SDK | : Yazılım geliştirme kiti (Software Development Kit) |
| TRMUA | : Toms River Belediye Kamu Hizmetleri Kurumu (Toms River Municipal Utilities Authority) |
| TV | : Televizyon |
| VB | : Ve Benzeri |
| VR | : Sanal Gerçeklik (Virtual Reality) |

# 1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze insanlar öğrendikleri ve uyguladıkları bilgileri gelecek nesillere aktararak teknolojinin ilerlemesine katkıda bulunmaktadır. Teknolojik gelişmelerin artması ile birlikte hayatımızın çok hızlı değiştiğine şahitlik etmekteyiz. Teknoloji çağında insanlar, ulaşmak istedikleri verilere kolayca ulaşabilir ve ulaştığı verileri rahatlıkla analiz edebilir hale gelmektedir. Günümüzde cep telefonları, giyilebilir teknolojiler ve nesnelerin interneti teknolojilerinin yaygınlaşmasına paralel olarak inanılmaz büyüklükte bir veri hacmi ortaya çıkmaktadır. Veri sorunu yaşamadığımız günümüzde, veriyi doğru zamanda ve doğru yerde kullanabilmemiz önem kazanmaktadır. Artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisi ihtiyaç duyduğumuz verileri gerçek zamanda ve fiziksel dünya üzerinde bize sunarak hayatımızı kolaylaştırmayı planlamaktadır. AR teknolojisi sanal ortamda oluşturulan ses, görüntü, animasyon veya konum bilgisi gibi verilerin gerçek dünya üzerinde gösterilmesini sağlayarak kullanıcıların sanal dünya ile gerçek dünya arasında etkileşim içerisinde olmasını sağlamaktadır (Akbaş ve Güngör, 2017). AR teknolojisi gerçek ile sanal teknolojilerin bütünleşmesini sağlamaktadır (Arslan ve Elibol, 2015).

AR teknolojisinde sanal dünyada oluşturulan verilerin kullanılması nedeniyle AR ile VR (Sanal Gerçeklik, Virtual Reality) karıştırılabilmektedir. VR teknolojisinde kullanıcının kendini sanal ortamda hissetmesi amaçlanarak gerçek dünyanın sanal ortama taşınması sağlanmaktadır. VR teknolojisi askeri, spor, sağlık, mühendislik, oyun, eğlence, vb. birçok sektörde sıklıkla kullanılabilmektedir (Ramazanov, 2017).

Sosyal hayatımızda sürekli olarak dünya ve nesneler ile etkileşim içerisinde bulunmaktayız. AR teknolojisi gerçek dünya ve nesneler ile olan etkileşimimizi artırmaktadır. AR, bilgisayar ortamında oluşturulan ses ve görüntülerin gerçek dünya üzerinde kullanılmasını sağlayan teknolojidir. AR teknolojisi normal şartlarda fiziki dünya üzerinde görmemizin mümkün olmadığı görüntüleri kullanımımıza sunarak bizlere avantaj sağlamaktadır. AR teknolojisi sayesinde kullanıcıların etkileşim içerisinde olmasının sağlanması ile farklı deneyimler yaşanması sağlanmaktadır

(Altınpulluk, 2015). AR teknolojisi barkod okuyucu teknolojilerinde, mobil uygulamalarda ve akıllı gözlüklerde kullanılabilmektedir (Altınpulluk, 2015).

AR teknolojisi pazarlama, inşaat, mimarlık, müzecilik, tıp ve eğitim gibi birçok sektörde kullanılır hale gelmiştir. Pazarlama alanında yapılan AR uygulamaları ile müşterilerin etkileşimi artırılarak pazarlama teknikleri geliştirilmiştir. İnşaat sektöründe AR teknolojisi yardımıyla inşaat kontrollerinin yapılması maliyet ve zaman kaybını önleyecektir. Eğitim sektöründe ise artırılmış gerçeklik uygulaması daha kalıcı ve akıcı bir eğitim uygulamasının önünü açmıştır.

AR teknolojisinde sanal ortamda oluşturulan görüntüleri gerçek dünyaya yerleştirmenin yanında var olan nesnelerin kullanıcının görüş açısından kaldırılması da mümkündür (Azuma, 1997). Kullanıcının görüş açısında yer alan bir nesnenin sanal ortamda yapılan düzenlemeler ile kaldırılması veya yerine başka nesnelerin eklenmesi AR uygulamalarında kullanılmaktadır. Gerçekte var olan nesnelerin kaldırılması gibi çalışmalarda oluşturulan görüntülerin gerçekçi olması da bu açıdan önemlidir (Azuma, 1997).

AR teknolojilerinde genel olarak görüntüler üzerinde yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir. Günümüzde yeni teknolojik gelişmeler ile birlikte AR teknolojisi farklı duyu özelliklerine entegre olarak çalışabilmektedir (Azuma, 1997). Kullanıcının kullanacağı mikrofon ve kulaklık yardımıyla ortamdan gelen seslerin filtrelenmesi, frekanslarında oynama yapılması veya farklı seslerin eklenmesi de mümkündür (Azuma, 1997). Dokunarak etkileşim içerisine girmeyi sağlayacak olan teknolojik eldivenler de AR teknolojisinde farklı bir duyu özelliğinin kullanılmasına örnek oluşturmaktadır (Azuma, 1997).

Mobil iletişim teknolojisinde yaşanan gelişmeler neticesinde mobil AR uygulamalarında gelişmeler yaşanmıştır (Arol, 2014). Mobil iletişim ekipmanlarında ağ altyapısının geliştirilmesi, konum hassasiyetlerinin iyileştirilmesi ve mobil kameraların görüntü kalitelerinin iyileştirilmesi mobil AR teknolojilerinden daha fazla yararlanmaya imkân sağlamıştır. AR teknolojisinin ortaya çıktığı doksanlı yılların

başında, mobil iletişim teknolojisinin günümüzdeki kadar yaygın olmadığı bilinmektedir.

Kentleşmenin artması ile birlikte sürdürülebilir ve yaşanabilir kentlerin oluşturulabilmesi önem kazanmıştır. Şehirler tasarlanırken gelecek nesillerin yaşam kalitesi düşünülerek tasarlanmalıdır. Altyapı ve üstyapı projelerinin insanların yaşam kalitesine doğrudan etki ettiğinin farkındalığıyla tasarlanması önem arz etmektedir.

Teknik altyapı hizmetleri insanların içme suyu, doğalgaz, internet, telekomünikasyon ve elektrik gibi önemli ihtiyaçlarının yerine getirilmesini sağlamaktadır. Söz konusu altyapı hizmetlerinin insan yaşamı açısından vazgeçilmez olduğu bilinmektedir. Altyapı hizmetlerinin kesintisiz olarak kullanıma sunulabilmesi için ilgili kurum ve kuruluşlarca birçok çalışma yapılmaktadır. Kazı çalışmalarının kontrollü yapılarak, kazı çalışmaları esnasında meydana gelebilecek kazaların önlenmesi önem arz etmektedir. Ülkemizde altyapı çalışmalarının disipline edilmesi ve koordinasyonun sağlanabilmesi için 15.06.2006 tarihinde Resmî Gazete'de yayımlanan "Büyükşehir Belediyeleri Koordinasyon Merkezleri Yönetmeliği" ile altyapı koordinasyon merkezleri kurulmuştur. Altyapı koordinasyon merkezi kazı çalışmaları için ruhsat düzenlemesi yaparak kazı çalışmalarında ortaya çıkabilecek maddi ve manevi zararları önlemeyi amaçlamıştır. Altyapı Koordinasyon Merkezi (AYKOME) birimleri kentte faaliyet gösteren tüm altyapı çalışması yapan firmalar ve ilgili kuruluşlar arasında koordinasyonu sağlamaktadır (Bayraktar, 2019).

Teknolojik gelişmelerin yaygınlaşması ile birlikte kamu kurumlarında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'ne verilen önem artmıştır. Kurumların sorumluluğunda bulunan envanterlerin koordinatlı bir şekilde bir veri tabanına kaydedilerek sunucular aracılığı ile yaygınlaşmasını ve analiz edilmesini sağlamıştır. Belediyelerin altyapı envanterlerinin takip edilebilmesi için altyapı bilgi sistemlerini faaliyete geçirmişlerdir. Altyapı bilgi sistemleri kimi zaman tek başına bir uygulama olarak tasarlanabildiği gibi kimi zaman da kent bilgi sistemleri olarak kent ile ilgili tüm coğrafi veriler ile birlikte ele alınmaktadır.

Altyapı bilgi sistemleri tasarlanırken altyapı verilerinin temini noktasında sorunlar yaşanmaktadır. Doğru verilerin elde edilememesi buna bağlı altyapı bilgi sisteminin de yönetimini zorlaştırmaktadır. Geçmişte yapılmış olan imalatların kayıt altına alınmamış olması veya doğru koordinatlarla kaydedilmemiş olması sık sık karşılaşılan durumlardandır. Yeraltını görüntülemekte kullanılan GPR (Ground Penetrating Radar) cihazı ile birlikte altyapı envanteri tespiti yapılmaktadır. Belediyelerin altyapı yönetimi için kaynak ve personel tahsisini sağlayarak altyapı envanterini oluşturması sürecin idaresi bakımından gelecekte yapılacak projeler için de önemlidir.

Altyapı hizmetlerinin yerine getirilmesi anlamında en önemli nokta, hizmetin sürekliliğinin sağlanmasıdır. Altyapı hizmetleri günümüzde vazgeçilmez olarak değer kazanmıştır. Özellikle yapılan kazı çalışmalarında kazı yapılan bölgede bulunan yer altındaki altyapı envanteri net olarak bilinemediğinden kazı çalışmaları esnasında kazalar meydana gelmektedir. Yaşanan kazalar iş gücü, zaman ve ekonomik kayıpların yanı sıra can kayıplarına da sebep olmaktadır. Kazı çalışmalarında kazı yapan kurum, kuruluş veya şahıslarca altyapı envanterinin varlığının bulunduğu konumların bilinmesi olası kazaları önleyecek tedbirlerin alınmasını sağlayacaktır.

Yapmış olduğumuz bu çalışmada altyapı verilerinin koordinatlı bir şekilde mobil AR teknolojisi ile görüntülenmesi sağlanarak sahada yapılacak olan çalışmalarda kullanıma sunulması amaçlanmıştır. Oluşturulan sistemde, saha çalışmalarında AR teknolojisinin kullanılması ile çalışma yapılan altyapı hakkında kolaylıkla bilgi sahibi olmak mümkün olacaktır.

## 1.1. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi

Artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisi bir araç olarak tanımlanabilmektedir. Tüm teknolojik gelişmelerin paralelinde AR teknolojisi diğer teknolojiler tarafından da bir araç olarak kullanılabilmektedir. AR teknolojisi diğer teknolojilerde yaşanan gelişmeler ışığında önemli bir noktaya ulaşmıştır. AR teknolojisi dünya ile insanların etkileşiminin artırılmasını sağlar. Fiziki dünya üzerinde görmek istediğimiz

görüntüleri veya işitmek istediğimiz sesleri gerçekte varmış gibi tatmamızı sağlamaktadır. Gerçek dünya üzerinde hayal ettiğimiz bir evi hayal ettiğimiz şekilde görmemizi sağlayabilecek bir teknolojidir (Craig, 2013). AR teknolojisi fiziki dünya üzerinde var olan nesneleri görüş alanımızdan kaldırmayı da sağlayarak farklı bir deneyim sağlayabilmektedir. AR teknolojisi yardımıyla fiziksel ile olan etkileşimimiz artırılabilmektedir.

Geçmişten günümüze insanlar yaşadıkları ortama bilgilerini aktarmak istemişlerdir. Mağaralarda yaşayan insanların duvara semboller çizmesinden, yaşamış olduğumuz çağa kadar her zaman dünyaya bilgi ve birikimimizi aktarmaya çalıştık. Geçmişte sadece resimler çizerek bilgiler aktarılırken günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte sanal gerçeklik kavramı ortaya çıkmıştır. Sanal gerçeklik kavramı ile bilgisayar ortamında oluşturulan görüntüler veya sesler hayatımızın her alanında varlığını hissettirmeye başlamıştır (Craig, 2013). Sanal gerçeklik teknolojisi yardımıyla oyunlar ve filmler daha dikkat çekici hale getirilmiştir. Sanal gerçeklik teknolojisi tamamen sanal ortamda oluşturulan verilerin kullanılması ile oluşturulmaktadır. Tüm bu gelişmelerin paralelinde konumlandırma sistemlerinde gelişmeler yaşanması ile birlikte üretilen sanal verilerin konum odaklı olarak kullanıma sunulması mümkün hale gelmiştir. Örneğin sanal oyun oynayan bir kişinin hareketleri ve konum değişimi algılanarak daha keyifli bir etkileşim sunulması mümkün hale getirilebilmektedir. Küresel konum belirleme sistemlerinde (GNSS) yaşanan gelişmeler hayatımızın her alanında konumumuzun tespitini mümkün kılmıştır. Kullandığımız cep telefonlarından arabalarımıza hatta evimizde yer alan sensörlere kadar her sistemin içerisinde konum tespitinin yapılması mümkün hale getirilmiştir. Tüm bu sistemlerin konum tabanlı olarak çalışması ise ulaşmamız gereken bilgilerin veya görmemiz gereken görüntülerin AR teknolojisi yardımıyla bize sunulmasına aracılık etmektedir.

Teknolojik gelişmelerin hızla yayılması ile birlikte hayatımızın her alanında AR teknolojisi varlığını hissettirmektedir. Mobil telefonlardan otonom araçlara hatta ekranı olan her platformda AR teknolojisi kullanılabilir hale gelmiştir. AR teknolojisi hakkında çok geniş tanımlar yapılabildiği gibi yalnız bir konuya özgü tanımlamalar da

yapılmaktadır (Craig, 2013). Ronald T. Azuma, 1997 yılında yayınlamış olduğu 'A Survey Of Augmented Reality' isimli makalesinde AR teknolojisini 3 temel özellikle tanımlamıştır;

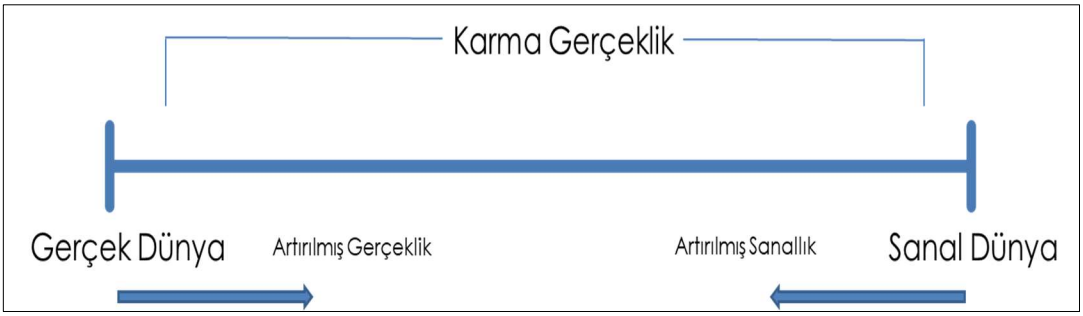
1) Gerçek ve sanalı birleştirir.
2) Gerçek zamanlı etkileşim sağlar
3) 3 boyutlu olarak görünüm sağlar (Azuma, 1997).

Aynı zamanda Alan B. Craig 2013 yılında yayınlamış olduğu 'Understanding Augmented Reality: Concept and Applications' isimli kitabında AR teknolojisinin özelliklerinden bahsetmiştir;

1) Fiziksel dünya üzerine dijital bilgiler eklemeyi sağlar
2) Veriler fiziksel dünya üzerinde kullanılır
3) Görüntülenen veriler kullanıcının gerçek dünyadaki konumuna bağlı iken dijital ortamdaki perspektifini yansıtır
4) AG deneyimi etkileşimlidir (Craig, 2013).

AR teknolojisi ile sanal gerçeklik zaman zaman karıştırılmaktadır. Sanal gerçeklikte görüntüler tamamen dijital ortamda oluşturularak kullanıcıya sunulmaktadır (Craig, 2013). Sanal gerçeklikte kullanıcının fiziksel dünya ile olan etkileşimi minimum düzeyde tutularak oluşturulan dijital veriler içerisinde kullanıcının kaybolması sağlanır. Oluşturulan veriler görüntü, ses ve diğer duyu organlarımıza hitap edecek şekilde olabilmektedir. AR'ın sanal gerçeklikten en büyük farkı fiziksel dünya ile olan etkileşimdir. AR teknolojisi sayesinde kullanıcının fiziksel dünya ile etkileşimi artırılarak var olan nesnelerin üzerinde deneyim yaşanması sağlanmaktadır.

Milgram ve Kishino (1994) "Gerçek ve Sanalın Sürekliliği" adını verdikleri şekil ile sanal ve artırılmış gerçekliği tanımlamışlardır (Şekil 1.1.). Şeklin en solunda gerçek dünya ortamı ve en sağında ise sanal ortam yer almaktadır. Soldan sağa doğru sanal nesneler artmakta ve gerçek ortamdan uzaklaşılmaktadır (Sırakaya ve Seferoğlu, 2016). Karma gerçeklik de artırılmış gerçeklik ve artırılmış sanallığı kapsamaktadır.




Şekil 1.1. Gerçek ve Sanalın Sürekliliği

AR teknolojisi genellikle konum tabanlı olması sebebiyle GNSS teknolojisi ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojileri ile ilişkilendirilebilir (Craig, 2013). GNSS teknolojisi yardımıyla kullanıcıların konumu ve hareketleri tespit edilebilmektedir. CBS yardımıyla fiziki dünya üzerindeki nesnelerin 2 boyutta ve koordinatlı olarak görselleştirilmesi ve kayıt altına alınması mümkündür. Koordinatlı olarak kaydedilen nesneler ile ilgili analizler yapılabildiği gibi karar vericilere kolaylıklar sağlanmaktadır. CBS'de 2 boyutlu olarak yer alan verilerin aracı yazılımlar vasıtasıyla 3 boyutlu hale getirilmesi ile AR teknolojisinde kullanılması mümkün olacaktır.

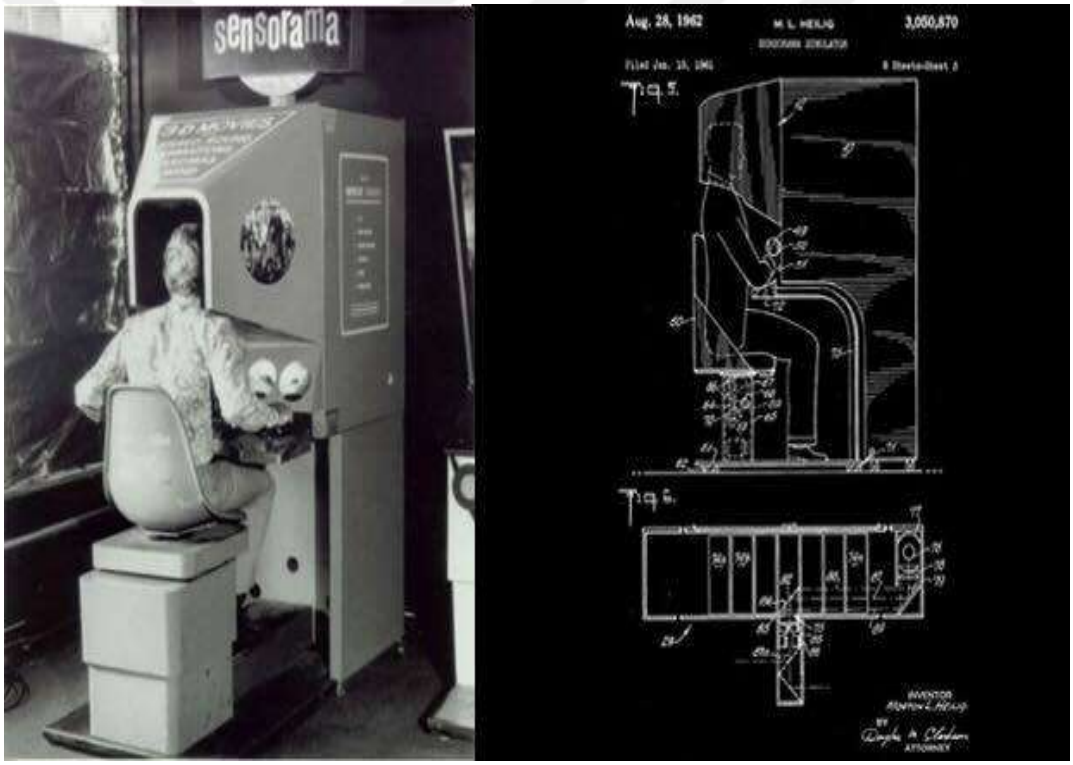
Advances in Computer Science and Information Technology (ACSIT)'de A. Katiyar, K. Kalra ve C. Garg tarafından 2015 yılında yayınlanan "Marker Based Augmented Reality" adlı makalede artırılmış gerçekliğin hedefleri

- İmkansızı zorlamak
- Daha zengin bir kullanıcı deneyimi için sanal ortam oluşturmak
- Kitlelere yardımcı olmak için günlük yaşama entegre etmek
- Gerçek dünyada sınırlı olan başarılara ulaşmak
- İnsanların hayal gücünü geliştirmek olarak tanımlanmıştır (Katiyar ve ark., 2015).

AR uygulamaları işaretçi tabanlı uygulamalar ve konum tabanlı uygulamalar olarak ikiye ayrılmaktadır (İçten ve Bal, 2017). İşaretçi tabanlı uygulamalar belirtilen bir işaretçi üzerine oluşturulan verilerin yansıtılmasını sağlamaktadır. Konum tabanlı uygulamalar ise kullanıcının konumunun ve hareketlerinin algılanarak verilen gerçek koordinat sistemine göre yansıtılmasını sağlamaktadır.

### 1.1.1. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin tarihçesi

AR teknolojisi ilk ortaya çıktığında yapılması zor ve maliyetli olarak düşünülürken yazılım ve donanım anlamındaki gelişmelerle beraber birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır (İçten ve Bal, 2017). 1957 yılında sinematograf Morton Heilig tarafından Sensorama adı verilen bir sistem tasarlanarak bu sistem ile sinema sektöründe ses ve görüntü dışında diğer duyu organlarının da etkileşim içerisine girmesi amaçlanmıştır (Altınpulluk ve Kesim, 2015; Özgüneş ve Bozok, 2017) (Şekil 1.2.). Üretilen bu cihaz klasik artırılmış gerçekliğin ilk uygulaması olarak değerlendirilmektedir.




Şekil 1.2. Sensorama Adı Verilen Cihaz Resmi (Heilig, 2016)

1968 yılında Harward Üniversitesinden Ivan Sutherland tarafından mekanik olarak izlenen başa takılabilir ekran tasarlanmıştır (Höllerer ve Feiner, 2004; Özgüneş ve Bozok, 2017). Tasarlanan ekran taşınabilir bir cihaz olmadığından laboratuvarda tavana asılı olarak kullanılmıştır (Altınpulluk ve Kesim, 2015) (Şekil 1.3.).



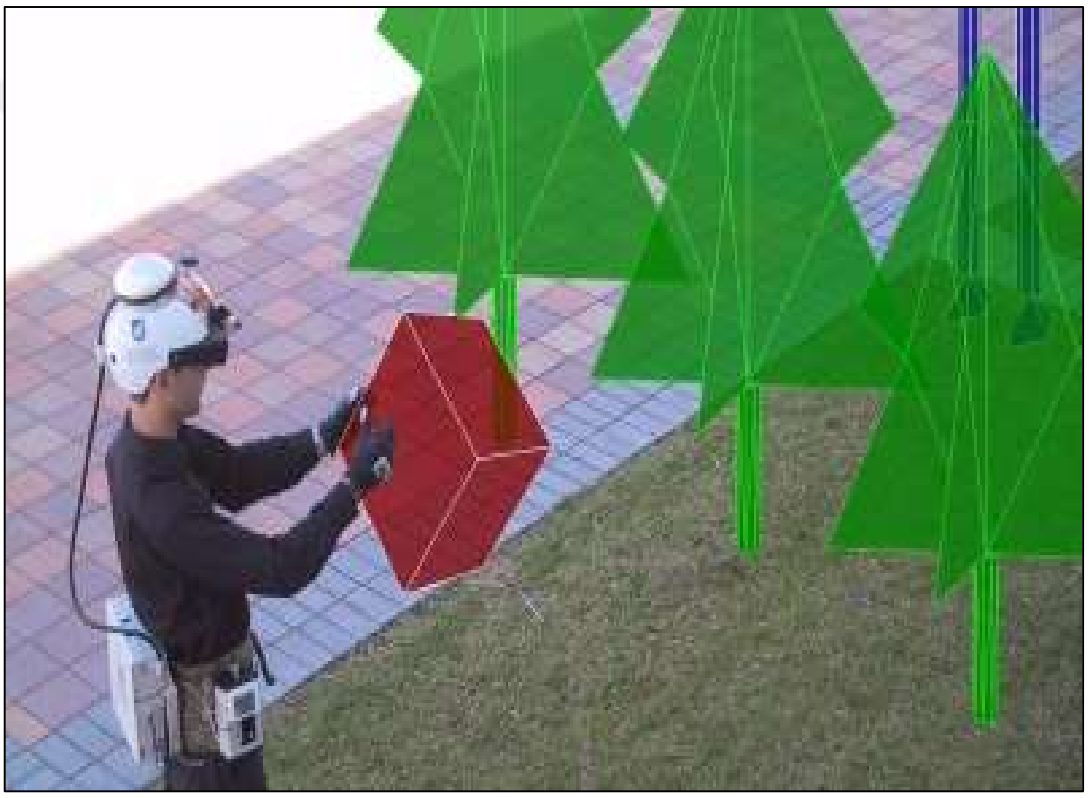
Şekil 1.3. İlk Başa Takılabilir Ekran (Lowood, 1998)

1992 yılında Thomas Caudell ve David Mizell tarafından Boeing uçak üretim firması için montaj çalışmalarında yardımcı olması açısından tasarlanan uygulama ile AR terimi ilk defa kullanılmıştır (Altınpulluk ve Kesim, 2015; Höllerer ve Feiner, 2004).

1995 yılında Jun Rekimoto ve Katashi Nagao optik izleme amacıyla kullanılan mobil ekrana monte edilmiş bir kameraya sahip Navicam'ı ürettiler. Navicam kameradan algılanan görüntülerdeki renk kodlarını algılanarak AR deneyiminin sunulmasını sağlamaktadır. Aynı yıl Benjamin Bederson tarafından bir müze rehberi

olması adına müzelerde ses ile bilgilerin işitilmesini sağlayan AR uygulaması geliştirilmiştir (Arth ve ark., 2015).

1998 yılında Bruce Thomas ve arkadaşları tarafından GNSS, ekran ve pusula içeren giyilebilir teknoloji örneği olarak sırt çantası şeklinde bir bilgisayar üretilmiştir. Bu sistem giyilebilir teknolojiler ve AR uygulamaları açısından önemli bir ilerleme olmuştur (Şekil 1.4.). Tasarlanan sistem daha sonra Tinmith adı altında üretilmeye devam etmiştir (Arth ve ark., 2015).



Şekil 1.4. Tinmith Tasarımı (Tinmith, 2006)

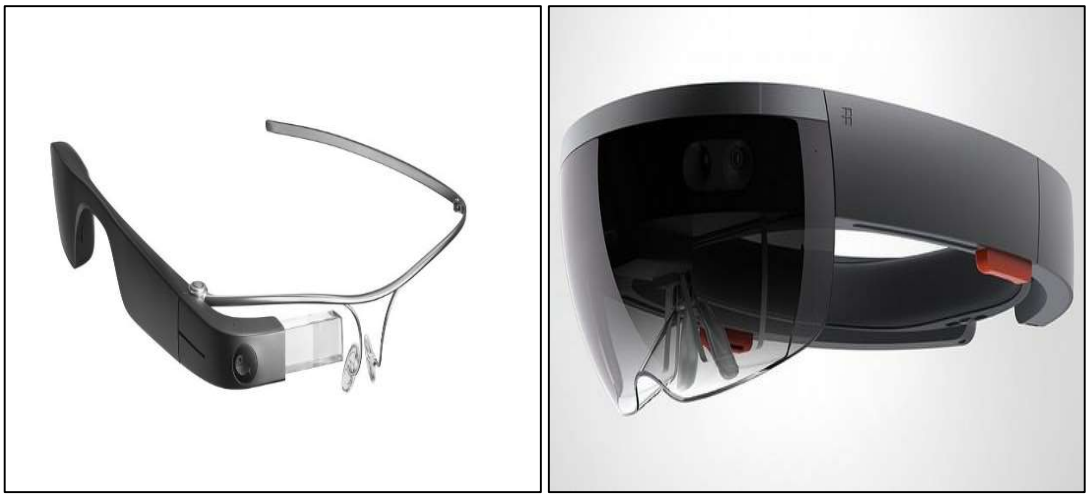
1999 yılında Toronto Üniversitesi profesörlerinden Prof. Steve Mann giyilebilir teknolojiler konusunda birçok çalışma yaparak 1980'li yıllardan itibaren üzerinde sıklıkla çalıştığı dijital gözlüklere EyeTap adını vererek Google Glass'a öncülük etmiştir (Altınpulluk ve Kesim, 2015; Özgüneş ve Bozok, 2017) (Şekil 1.5.).



Şekil 1.5. EyeTap Adı Verilen Dijital Gözlükler (Butler, 2020)

2000'li yıllardan itibaren mobil telefon teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler ile birlikte AR teknolojisinde de hızla gelişim yaşanmaya başlanmıştır. Bu süreçte mobil telefonlarda GNSS teknolojisi, yüksek çözünürlüklü ekranlar ve kameralar görülmeye başlanmıştır. Bu teknolojik gelişmelerin ışığında 2004 yılında Mathias Möhring tarafından işaretçi tabanlı ilk mobil AR uygulaması tasarlanmıştır (Altınpulluk ve Kesim, 2015).

2012 yılında Google tarafından geliştirilen giyilebilir teknoloji olan Google Project Glass'ın tanıtımı yapılmıştır (Şekil 1.6.). Google glass sesli veya göz hareketleri ile komutları algılayarak hava durumu, yol tarifi ve mesajlaşma gibi uygulamalara erişim imkanı sağlamıştır (Sünger, 2019) .



Şekil 1.6. Google Glass ve Microsoft Hololens Teknolojileri (Statt, 2020)

Son yıllarda giyilebilir teknolojiler ve AR uygulamalarına yönelik yazılım geliştirme araçları da yaygınlaşarak kullanıma sunulmuştur. Bu teknolojik gelişmelerin devam edeceği düşünülerek AR uygulamalarının da hayatımızın birçok yerinde görülmeye başlanacağı bilinmektedir.

### 1.1.2. Artırılmış gerçeklik teknolojisinde donanım

AR teknolojisinin kullanılmasını sağlayan donanımlar mevcuttur. Bu donanımlar üç ana başlıkta ifade edilmektedir (Craig, 2013). Kullanıcının hareketlerini ve konumunu tespit eden sensörler mevcuttur. GNSS, ivmeölçer ve jiroskop gibi donanımlar buna örnek verilebilmektedir. Sanal dünyada oluşturulan verilerin kullanıcının kullanımına sunulması için işlemci kullanılmaktadır. Son olarak kullanıcının görüntülemesinin sağlanması için ekranlar donanım olarak kullanılmaktadır.

Kullanıcının konum vb. tespitlerinin yapılması amacıyla kullanılmakta olan sensörler farklı tiplerde bulunmaktadır. Dış mekanlarda kullanılan AR uygulamaları için GNSS veya pusula sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Optik izleme olarak adlandırılan sistemlerde ise kamera yardımıyla ortamdan elde edilen görüntülerin analizi sağlanarak ortam hakkında bilgiler elde edilmektedir. Optik izleme sistemleri AR uygulamasının kullanıldığı cep telefonu veya tablet gibi sistemlerde kamera

bulunması sebebiyle kolaylıkla kullanılabilmektedir (Craig, 2013). Optik izleme sistemlerinin en büyük dezavantajı ise karanlık ortamlar veya aynı renk tonunun fazla olduğu ortamlarda kullanılması durumudur. Optik izleme sistemleri dışında mekanik izleme, elektromanyetik izleme ve akustik izleme gibi farklı sistemler de bulunmaktadır.

AR teknolojisinde işlemciler olarak adlandırdığımız donanımlar ortamdan gelen bilgilerle birlikte gerekli sinyalleri oluşturarak ekranlara verilerin yansıtılmasını sağlarlar (Craig, 2013). İşlemciler uygulamanın çalışabilmesi için en önemli yetkiyi üstlenmiş durumdadır. İşlemciler içerisinde merkezi işlem birimi (CPU: Central Processing Unit) ve grafik işlem birimi'nden (GPU: Graphics Processing Unit) oluşmaktadır (Şekil 1.7. ve 1.8.). AR uygulamalarında üç boyutlu (3-D) görüntülemeler yoğun olarak kullanıldığı için GPU'lar grafik hesaplamaların yapılmasını sağlayarak AR uygulamalarında aktif rol almaktadır (Craig, 2013).



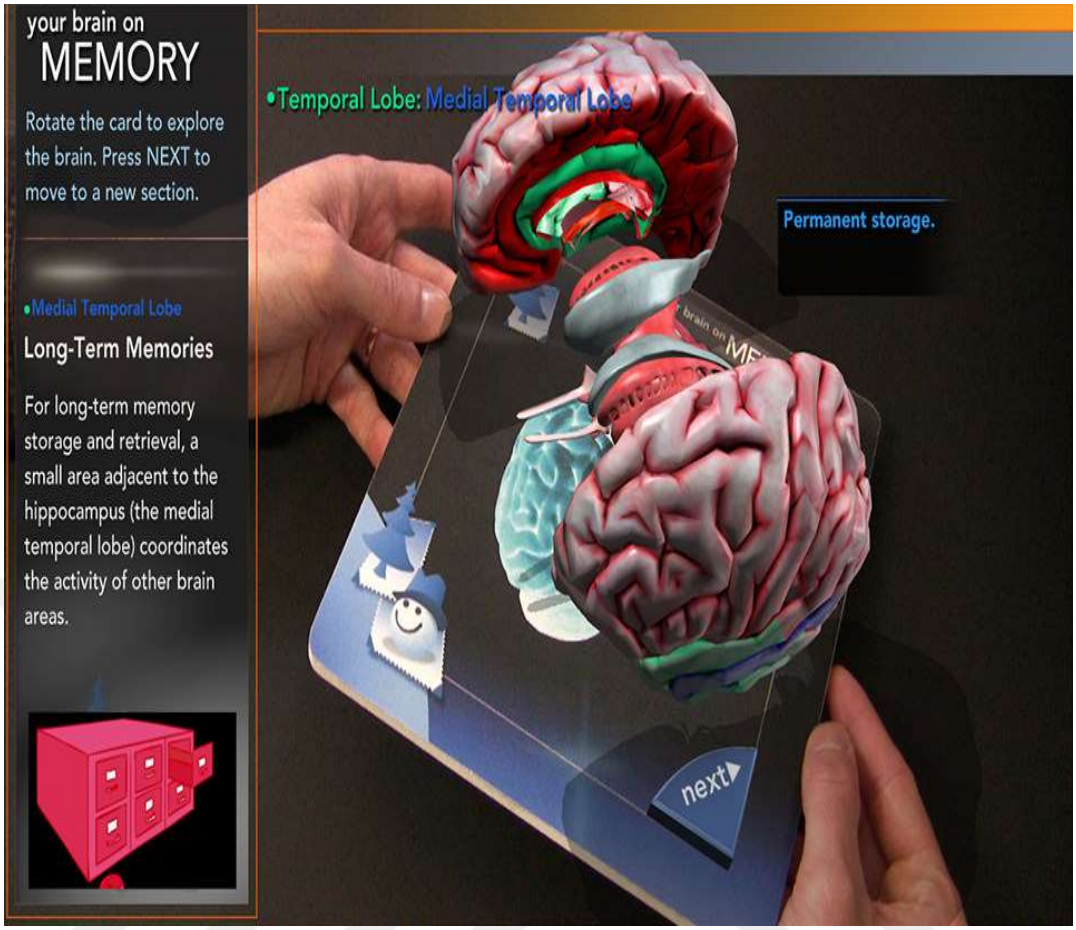

Şekil 1.7. Merkezi İşlem Birimi (CPU) (Yeren, 2022)




Şekil 1.8. Grafik İşlem Birimi (GPU) (Mujtaba, 2020)

İşlemcilerin özellikleri AR uygulamalarından alınacak olan verimi doğrudan etkileyecektir. İşlemciler bulundurduğu mikro işlemci sayısı, bant genişliği ve kullanılabilir depolama kapasitesi gibi özelliklere göre farklılık göstermektedir (Craig, 2013).

AR teknolojisinde sanal olarak oluşturulan verilerin kullanıcıya yansıtılmasını sağlayan donanımlara ekran denilmektedir. Ekranlar görüntüleri ve sesleri kullanıcıya yansıtabilmektedir. Ekranlar sabit ekranlar, başa takılan gözlükler ve kullanıcının hareketlerine odaklı ekranlar olarak sınıflandırılabilmektedir (Craig, 2013). Sabit ekranlar müzelerde, eğitim kurumlarında veya benzer toplu kullanım alanlarında sıklıkla kullanılabilmektedir. Kiosk cihazları sabit ekranlar olarak AR uygulamaları açısından uygun kullanıma sahiptir. Örnek olarak Chicago Bilim ve Endüstri Müzesi verilebilir (Şekil 1.9.).




Şekil 1.9. Chicago Bilim ve Endüstri Müzesinde Kiosklarla AR Örneği (Ward, 2020)

AR teknolojisi ilk çıktığı yıllarda özel cihazlar ile kullanılabilmekteydi. AR'ın ihtiyaç duyduğu donanımları bir arada bulunduran cihaz sayısı çok az bulunmaktaydı. Cep telefonlarında yaşanan teknolojik ilerleme ile birlikte AR'ın ihtiyaç duyduğu ekranlar, ileri teknoloji mikro işlemciler, grafik işlem kartları ve GNSS teknolojileri cep telefonlarında mevcut hale gelmiştir (Azuma ve ark., 2011). Bu durum mobil AR uygulamalarının artmasını ve AR uygulamalarının her ortamda kullanılabilmesini sağlamıştır.

### 1.1.3. Artırılmış gerçeklik teknolojisinde içerik

AR teknolojisinde sanal olarak oluşturulan veriler içerik olarak adlandırılmaktadır. İçerikler görsel ve işitsel olabilmektedir. İçerikler tasarlanacak olan AR uygulamasında, kullanıcıya sunulmak istenen verilerin sunulma biçimini

ifade etmektedir. AR uygulamalarında elde edilen etkileşimi doğrudan etkilemektedirler.

Görsel içerikler 3 boyutlu görüntüler, 2 boyutlu görüntüler ve animasyonlar olarak sınıflandırılabilmektedir (Craig, 2013). AR uygulamaları tasarlanırken oluşturulan içerikler, farklı dosya formatlarında kullanılmaktadır. 3 boyutlu görüntüler yaygın olarak; .obj, .max, .skp, .blend, .wri, .x3d, .dae dosya biçimlerinde yer alırlar (Craig, 2013).

2 boyutlu görüntüler; raster görüntüler ve vektör görüntüler olarak ikiye ayrılmaktadır. Vektör görüntüler nokta, çizgi ve alanlardan oluşmakta olup genellikle bilgisayar programları aracılığıyla oluşturulmaktadır. Vektörel grafikler çözünürlükten bağımsız olması sebebiyle ölçeklendirilirken veri kaybına uğrayabilmektedir (Karatay, 2015). Raster görüntüler piksel değerlerinin matrisinden oluşmaktadır. Dijital kameralar raster görüntüler oluşturmayı sağlamaktadır (Craig, 2013). Vektör grafik veri formatlarına Svq ve cqm örnek verilebilir. Raster grafik veri formatlarına tiff, jpg, gif, png, ve bmp örnek verilebilir.

AR uygulamalarında görsel içerik olarak animasyonlar da kullanılabilmektedir. Birkaç resmin arka arkaya hızlı gösterimi ile animasyonlar elde edilmektedir (Karatay, 2015). AR teknolojilerinde animasyonların kullanıldığı durumlarda, animasyonlar kullanıcıların hareketlerinden bağımsız olarak bilgisayar ortamında oluşturulduğu hali ile kullanıcıya sunulmaktadır.

AR uygulamalarında coğrafi veriler sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Navigasyon özelliğinin desteklendiği telefonların hızla yayılması ile birlikte konum tabanlı AR uygulamaları da artmıştır. AR uygulamalarında navigasyon, kimi zaman kullanıcının yön bulması için kullanıldığı gibi kullanıcının seyahat etmesi için de kullanılabilmektedir. Coğrafi veriler konum tabanlı uygulamalarda navigasyon desteği ile birlikte değerli bir hale gelmiştir.

AR teknolojisinde işitsel içeriklerin kullanıldığı uygulamalar da mevcuttur. İşitsel içerikler ses kaydetme, ses tasarımı ve ses işleme gibi yöntemlerle oluşturularak AR uygulamalarında içerik olarak kullanılabilmektedir (Karatay, 2015). İşitsel içerikler .mp3, .wma, .wav, .ogg gibi dosya formatlarında kullanılmaktadır.

### 1.1.4. Artırılmış gerçeklik teknolojisinde yazılım

AR teknolojisinde yazılımlar hata ayıklama, bilgi toplama, geri bildirim, hesaplama ve ekrana yansıtma gibi birçok işlemin belli bir düzen içerisinde çalışmasını sağlamaktadır (Karatay, 2015). AR uygulamalarına olan taleplerin artması ile birlikte mobil uygulama geliştirme yazılımları, konuma dayalı uygulama geliştirme yazılımları, açık kaynak kodlu yazılımlar veya çoklu erişime dayalı yazılımlar gibi birçok farklı projeye hizmet eden yazılımlar çıkmıştır. Genellikle bu yazılımlar firmalar tarafından kendi tescilleri ile yayınlanmaktadır (Çakal ve Eymirli, 2012).

AR uygulamalarının tasarlanmalarını sağlayan ücretli ve ücretsiz yazılım geliştirme araçları mevcuttur. Ücretsiz yazılım geliştirme araçlarına ARToolkit, FLARToolkit ve Droid AR örnek verilebilir (İçten ve Bal, 2017). ARToolkit 1999 yılında Hirokazu Kato tarafından geliştirilmiş ücretsiz bir yazılım geliştirme aracıdır (İçten ve Bal, 2017).

AR uygulamalarının tasarlanmasını sağlayan yazılım geliştirme araçlarından ücretli olanlar daha geniş olanaklara sahip olabilmekteyken ücretsiz yazılımlar daha dar yetenekli olmaktadır (Tekin, 2019). Tasarlanacak uygulamanın IOS, Android veya Windows gibi hangi platformda kullanılacağına karar verilerek yazılım seçilmesi gerekmektedir. Günümüzde birçok platformu destekleyen yazılım geliştirme araçları çoğalmaktadır. Oyun motoru olarak kullanılan Unity 3D yazılımı da AR uygulamasını tüm platformlarda basit ayarlarla yapmayı sağlamaktadır (Tekin, 2019).

AR teknolojisinde kullanılması gereken yazılımlar 4 aşama olarak gruplandırılabilir.

1. AR uygulaması oluşturmak için kullanılan yazılımlar

2. AR uygulamasına dahil edilen yazılımlar
3. AR uygulamasında içerik oluşturmayı sağlayan yazılımlar
4. AR ile ilişkisi bulunan diğer yazılımlar (Craig, 2013 ; Karatay, 2015)

AR uygulamalarına dahil edilen yazılımlar tasarlanan uygulama ile donanımlar arasında gerekli entegrasyonları sağlamaktadır. Bu yazılımlar aracılığıyla sensörlerden veri toplama, sensörlerin entegrasyonu veya toplanan bilgiye göre gerekli emirlerin verilmesi gibi görevlerin yerine getirilmesi sağlanmaktadır (Karatay, 2015).

AR uygulamalarını oluşturmak için kullanılan yazılımlar uygulamanın oluşturulma amacına uygun olarak seçilmelidir. Bu yazılımlar IOS, Android veya Windows gibi farklı platformlarda uygulama yapmayı destekleyebildiği gibi bu platformların hepsinde uygulama yapmayı destekleyen yazılımlar da mevcuttur. AR uygulamalarının oluşturulması için gerekli kod bilgilerini derleyerek uygulama haline getiren bu yazılımlar sayıca her geçen gün çoğalmaktadır.

AR uygulamalarında içerik olarak ses ve görüntüler kullanılabildiğini belirtmiştik. Söz konusu içeriklerin oluşturulmasını sağlayan yazılımlar AR uygulamasının içerik olarak zenginleşmesini sağlamaktadır (Karatay, 2015). İşitsel veriler hazırlamak için, animasyon hazırlamak için veya coğrafi verileri hazırlamak için kullanılan yazılımlar bu kategoride incelenmektedir.

AR uygulamalarının tasarlanma sürecinde yaygın kullanılan bazı platformlar mevcuttur. Bu platformlar aracılığıyla AR uygulamalarının hızlıca yayılması sağlanmıştır (Karatay, 2015). Yazılım geliştirme aracı (software development kit – SDK) olarak tanımlanan bu platformlara vuforia, metaio sdk, layar sdk örnek verilebilmektedir.

Qualcomm tarafından geliştirilen vuforia sdk ile çoklu hedef izleme yöntemi yardımıyla 2 boyutlu veya 3 boyutlu görüntüler kullanılarak görüntülerin tanınması sonrasında AR uygulamasının yapılması mümkün kılınmıştır(Ortman ve Swedlund,

2012) . Vuforia, Unity 3D ile birlikte kullanılabilen bir kit iken android ve ios tabanlı AR uygulamaları tasarlamaya yardımcı olmaktadır.

Metaio tarafından geliştirilen yazılım geliştirme aracı vasıtasıyla qr kod ve barkod kullanılarak AR uygulamaları tasarlamak mümkün olduğu gibi metaio sdk tarafından yer çekimi kuvvetinin tanımlanabildiği bir çözüm de geliştirilmiştir (Ortman ve Swedlund, 2012).

Layar coğrafi konuma dayalı AR uygulaması tasarlamak açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Layar tarafından ios platformunda geliştirilen Layar Reality Browser adlı bir tarayıcı aracılığıyla konuma dayalı hazır içerikler kullanmak mümkün hale gelmiştir (Ortman ve Swedlund, 2012).

### 1.1.5. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin uygulama alanları

#### 1.1.5.1. Eğitim

Teknolojinin hızla ilerlemesi ile birlikte eğitim alanında teknoloji kullanımı sıklıkla gündeme gelmeye başlamıştır (Erbaş ve Demirer, 2014). Eğitim faaliyetlerinin başarılı olabilmesi için öğrencilere uygulamalı eğitim verilebilmesi önemlidir. AR teknolojisi kullanıcıların etkileşimini artırmaktadır. Eğitim alanında AR teknolojisinin kullanılması ile birlikte kalıcı ve uygulamalı bir eğitim ortamının sağlanması mümkün olabilmektedir. AR'ın eğitim alanında uygulanabilmesi ile ilgili birçok araştırma yapılmaktadır. Yapılan araştırmalarda AR teknolojisinin eğitim alanında kullanılmasının öğrencilere kalıcı bir eğitim sağladığı gibi motivasyon ile birlikte ilgi uyandırdığı da belirtilmektedir (Erbaş ve Demirer, 2014).

AR teknolojisinin eğitim alanında kullanılması ile birlikte öğrencilere farklı deneyimler sağlanmaktadır. Eğitim alanında yapılacak olan AR uygulamalarında soyut kavramların somut olarak gösterilmesini sağlayan 3 boyutlu görselleştirmeler, soyut bilgilerin kalıcı olarak öğrenilmesini sağlamaktadır (Sırakaya ve Seferoğlu, 2016) (Şekil 1.10.). AR uygulamaları eğitim faaliyetlerinin daha eğlenceli olmasını

sağladığı gibi öğrencilerin derslerde daha aktif olmasını sağladığı belirtilmektedir (Sırakaya ve Seferoğlu, 2016).

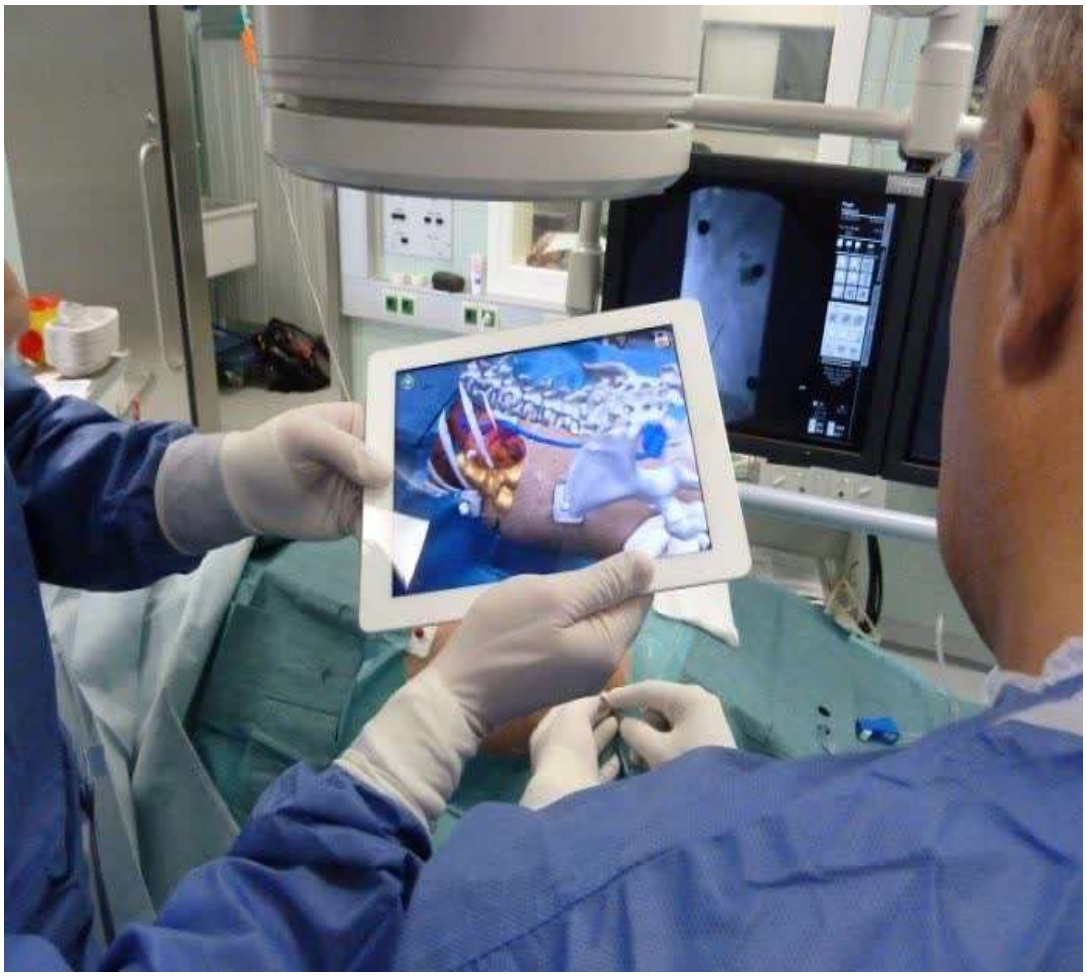



Şekil 1.10. Eğitim Alanında Kullanılan Bir AR Uygulaması (Yağcıoğlu, 2018)

### 1.1.5.2. Tıp ve medikal

AR teknolojisi yardımıyla hastaların röntgen ve tomografi görüntüleri hasta üzerinde konumsal olarak gösterilebilmektedir. Muayene esnasında sağlık çalışanlarına daha etkili muayene şansı sunulabilmektedir. Gerçekleştirilen ameliyatlarda buna benzer gerekli görüntüler kullanılarak ameliyatların da daha başarılı gerçekleşmesi sağlanabilmektedir. Tıbbi müdahalelerde sesli yönlendirmeler ile teknik bilgiler sağlık çalışanlarına verilebilmektedir. Ayrıca tıp eğitiminde de eğitimin daha etkili ve kalıcı olması açısından AR teknolojisinden yararlanılabilmektedir (Azuma, 1997).

Medsights Tech adlı şirketin yapmış olduğu yazılım ile doktorların x ışını görüntülerini AR uygulaması aracılığıyla görmesi amaçlanmıştır (Şekil 1.11.). Yapılan sistem ile birçok hasta muayenesi yapılarak gerekli testler yapılmıştır.



Şekil 1.11. Medsigts Tech Tarafından Geliştirilen AR Uygulaması (Oneyoungworld, 2022)

San Francisco'da yer alan Augmedix isimli şirket Google Glass gözlükler yardımıyla doktorların hastalar hakkındaki teknik bilgiler ve geçmiş tanıları, AR yardımıyla okumasını sağlamaktadır (Şekil 1.12.). Bu sistem sayesinde doktorlar daha hızlı ve daha kolay bilgiye ulaşmaktadır.



Şekil 1.12. Augmedix tarafından geliştirilen AR uygulaması (Medicalfuturist, 2017)

### 1.1.5.3. Mimari ve inşaat

AR teknolojisinin inşaat çalışmalarında kullanılması, yapılan inşaat faaliyetlerinin daha güvenli ve kontrollü olmasını sağlayabilmektedir. Mimari projelerin AR uygulamasına eklenmesi ile birlikte, yapılacak inşaatın son halini görmek ve çevre ile olan etkileşimine şahitlik etmek mümkün olacaktır (Kıvrak ve Arslan, 2018). İnşaat çalışmalarında AR teknolojisi aracılığıyla, görev alan personellerin sanal eğitimi yapılabileceği gibi iş güvenliği açısından da verim alınması sağlanabilmektedir.

### 1.1.5.4. Pazarlama

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte geleneksel reklamcılık anlayışı yerini teknoloji ile iç içe olan modern reklamcılık anlayışına bırakmıştır (Göçmen, 2018). Pazarlama sektöründe etkileyici reklamlar önem arz etmektedir. AR teknolojisinin pazarlama sektöründe kullanılması ile birlikte pazarlama sektörünün geliştiği bilinmektedir.

Engine Creative, Aurasma ve Top gear şirketleri AR uygulaması tasarlamak adına iş birliği yaparak ilgi çekici ve etkileşimli artırılmış içerikler oluşturarak AR dergisi hazırlamıştır (Şekil 1.13.).




Şekil 1.13. Top Gear Magazine AR dergisi (Topgear, 2022)

### 1.1.5.5. Spor

AR teknolojisi sportif faaliyetlerde sporculara eğitim verilmesi, spor faaliyetlerinde sporculara daha etkileşimli deneyim sağlanması ve izleyicilere sunulan yayınların da daha eğlenceli hale getirilmesini sağlayabilmektedir. Özellikle yayıncılık anlamında AR teknolojisinin kullanılması yaygınlaşmaktadır.

MLB TV tarafından ücretsiz olarak izleyicilerin kullanımına sunulan AR teknolojisinden faydalanarak tasarlanan MLB At Bat uygulaması ile izleyiciler oyuncuların hareketlerini, hızını ve topun hareket yönlerini teknik bilgileriyle anlık olarak görebileceklerdir (Şekil 1.14.).




Şekil 1.14. MBL At Bat Uygulaması (Lovejoy, 2017)

### 1.1.5.6. Sanayi

AR teknolojisi yardımıyla makine imalat, bakım ve onarımlarının sesli veya görsel yönlendirmeler yardımıyla kolaylıkla yapılması sağlanabilmektedir (Azuma, 1997). Karmaşık imalatların kolaylaştırılması sağlanarak kısa sürede daha fazla imalat yapılması mümkün olabilmektedir.

Günümüzde otomotiv sektöründe birçok teknolojik yeniliğe şahitlik etmekteyiz. Bayerische Motoren Werke (BMW) tarafından otomobillerde AR teknolojisinin kullanılacağına dair bilgilendirmeler yapılmıştır (Şekil 1.15.). Yapılan bilgilendirmede sürücülerin gözlerini yoldan ayırmaması için bazı verilerin, sürücünün önünde yer alan cama yansıtılacağı ifade edilmiştir.




Şekil 1.15. Bmw Tarafından Bilgilendirmesi Yapılan AR Örneği (Kartal, 2018)

### 1.1.5.7. Turizm

Turizm sektöründe faaliyet gösteren kuruluş ve firmalar, turistik faaliyetlerinin artırılması açısından tanıtım konusuna önem vermektedirler. Turizm değeri olan mekanların tanıtımlarının yapılabilmesi için AR teknolojisinin kullanılması mümkündür. Turistik mekanlarda seyahat faaliyetlerinde AR teknolojisinden yararlanılması, kullanıcıların deneyimlerinin artırılmasını sağlayacaktır.

Yenilikçi Şehir Plancısı ve EOLEXCITYLAB kurucusu Pablo Sánchez Chillón tarafından yayınlanan turizm uygulaması ile AR teknolojisinin turizm sektöründe kullanılması amaçlanmıştır (Şekil 1.16.).




Şekil 1.16. Akıllı Şehirler İçin AR Turizm Uygulaması Örneği (Tsarchopoulos, 2012)

## 1.2. Altyapı

Altyapı kentin ihtiyaç duyduğu su, elektrik, telekomünikasyon, doğalgaz vb. hizmetlerin yerine getirilmesini sağlayan, tamamı yer altında bulunan şebeke ağlarını ifade etmektedir (Bayraktar, 2019). Ülkemizde altyapı hizmetlerinin daha sağlıklı yürütülebilmesi ve koordinasyonun sağlanarak denetimlerin yapılabilmesi için büyükşehirlerde AYKOME birimleri kurulmuştur. AYKOME birimleri altyapı ile ilgili kazı çalışmalarını ruhsatlandırarak kişi ve kuruluşların altyapı anlamındaki faaliyetlerini düzenlemektedir.

Teknik altyapı hizmetlerinin yerine getirilmesi ile birlikte vatandaşların ihtiyaç duyduğu temel hizmetlerin sağlanması mümkün olacak ve kentin altyapı ile birlikte

üstyapı hizmetlerinin de ilerlemesini sağlayacaktır (Şılak, 2020). Altyapı hizmetlerinde yapılacak olan doğru planlamaların üstyapı elemanlarında alınacak verimi etkilediğinden, kentin gelişimine altyapı hizmetleri doğrudan etki etmektedir.

Altyapı hizmetleri, bir yerin iskana açılabilmesi için yerine getirilmiş olması gereken hizmetlerdir. Altyapı hizmetleri bir bölgenin yerleşime açılmasını ve yerleşime açılması sonrasında sağlıklı yaşam şartlarının yerine getirilmesini sağlamaktadır (Erdin, 2009). Altyapı hizmetlerinin projelendirilmesinden inşasına kadar gereken iş adımlarında organizasyon, finansman desteği ve uzmanlık gerekmektedir (Erdin, 2009). Altyapı hizmetlerinin yerine getirilmesi için gerekli kaynakların kişisel olarak bir araya getirilmesi mümkün olmadığından altyapı hizmetleri kamusal hizmetlerdir.

Altyapı hizmetlerinin birçok özelliğini saymak mümkündür. Başlıca altyapı hizmetlerinin özellikleri;

- İmar planları baz alınarak projelendirilmektedir.
- Yolların kentin her yerine ulaşmış olması sebebiyle yollar aracılığıyla yerine getirilmektedir.
- Sağlıklı yaşam ve çevre şartlarının yerine getirilmesini sağlamaktadır.
- Tüm vatandaşlar tarafından yararlanılmaktadır.
- Şebeke özelliğine sahiptir.
- Hizmet bedeli genel olarak kullanıcılardan karşılanmaktadır.
- Kamu yararı söz konusudur.
- Stoklanamaz mal olarak kabul edilir.
- Kullanıcı sayısının artması ile birlikte kalitesi artmaktadır.
- Refah ve gelişmişlik düzeyine olumlu etki etmektedir.
- Uzun ömürlü planlanması gerekmektedir. (Erdin, 2009)

Teknik altyapı hizmetleri olarak içme suyu, kanalizasyon, doğalgaz, elektrik, iletişim ve haberleşme bileşenlerini saymak mümkündür (Enönü, 2020). Bu

bileşenlerin bir araya gelmesi ile birlikte kentlerde yaşam kalitesinin artırılması da mümkün olacaktır (Şekil 1.17.).




Şekil 1.17. Altyapı Bileşenleri

Teknik altyapı elemanları sayesinde içme suyu ihtiyacının karşılanması sağlanabilmektedir. İçme suyu temini yer altı ve yüzey suları yardımıyla temin edilebilirken, elde edilen sular arıtma sisteminden geçirilerek şebekeler yardımıyla dağıtılarak kullanıma sunulmaktadır (Şılak, 2020). Kentin nüfus artışı yaşayabileceği de göz önüne alınarak içme suyu temininin sağlanması açısından yapılan altyapı projeleri uzun yıllar su sıkıntısı yaşanmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Küresel ısınma ve kuralık problemlerinin yaşandığı günümüzde, içme suyu projelerinin önemi her geçen gün artmaktadır. İçme suyu hizmetlerinin yerine getirilmesi insanların biyolojik olarak yaşamını devam ettirebilmesini sağlamaktadır (Erdin, 2009).

Kanalizasyon sistemleri ev ve iş yerlerinde kullanılan atık hale gelen suların bertaraf edilmesi için tasarlanmaktadır. Kanalizasyon sistemleri, yağmur suları ile birlikte veya ayrı toplanması durumuna göre ayrık sistem veya birleşik sistem olarak iki gruba ayrılmaktadır(Şılak, 2020). Kanalizasyon sistemlerinin tasarlanma sürecinde, içme suyu şebekelerinden daha derinde olmasına dikkat edilmektedir. Kanalizasyon sistemlerinin tıkanmasının önlenmesi açısından bakım ve onarımlarının düzenli olarak yapılması önemlidir. Kanalizasyon sistemleri oluşturulurken rögar adı verilen bacalar oluşturularak bu bacalardan basınçlı sular yardımıyla bakımlarının yapılması sağlanmaktadır (Şılak, 2020). Yağmur sularının ayrı olarak toplanıldığı ayrık sistemler yardımıyla toplanan yağmur suları, en yakın deniz veya dere gibi su

toplama alanlarına iletilmektedir (Şılak, 2020). Yağmur drenaj sistemleri, ayrık sistem olarak adlandırılan sistem ile kanalizasyon sistemlerinden ayrı olarak tasarlanabilmektedir.

Teknik altyapı hizmet türlerinden elektrik hizmetleri ile elektrik kabloları aracılığıyla elektrik ve ısınma ihtiyaçları karşılanmaktadır. Elektrik kabloları yer üstünden ve yer altından döşenebilirken yer altından döşenmesinin daha güvenli olduğu bilinmektedir (Şılak, 2020).

Doğalgaz şebekeleri tasarlanırken çok dikkat edilerek tasarlanması gerekmektedir. Doğalgaz şebekelerinde meydana gelecek kazalar ölümcül sonuçlar doğurabilmektedir. Doğalgaz şebekelerinin yaygınlaştırılması sağlanarak hava kirliliğinin azaltılması sağlanabilmektedir.

Telekomünikasyon hizmetleri olarak internet ve telsiz iletişim hizmetleri sayılabilmektedir. İnternet ve cep telefonu kullanımının yaygınlaşması ile birlikte bu hizmetlerin yerine getirilmesi de önem kazanmıştır.

### 1.2.1. Altyapı hizmetlerinde teknoloji kullanımı

Kent ve kentte yaşayan insanlarla ilgili her türlü bilginin kayıt altına alınması ile bilgi sistemleri kurulmaktadır (Keskin ve Yılmaz, 2005). Veriler sözel ve sayısal olarak kayıt altına alınırken, bu veriler arasındaki ilişkilendirmeler de yapılabilmektedir. Kent bilgi sistemlerinin kurulması, yerel yönetimlerin hızlı ve pratik çözümler üretmesi açısından gerekli bilgiye ulaşım ve analiz imkânı doğurmaktadır. Altyapı verilerinin sayısallaştırılarak bilgi sisteminin kurulması ile altyapı bilgi sistemleri de elde edilmektedir. Altyapı faaliyetlerinin bilgiye dayalı olarak yönetilmesi, altyapı bilgi sistemlerinin kurulması ile mümkündür. Ülkemizde altyapı bilgi sistemlerine ağırlık verilerek daha fazla yatırımların yapılması sağlanmalıdır.

Altyapı bilgi sistemlerinin kurulması ile birlikte;

1. 3 boyutlu modellemeler yapılabilmesi
2. Coğrafi sorgulamaların yapılabilmesi
3. Verilerin analizinin yapılabilmesi
4. Planlama esnasında coğrafi olarak plan bölgesi hakkında analizler yapılabilmesi
5. Altyapı verileri ile birlikte öznitelik bilgilerine erişilebilmesi mümkün kılınacaktır (Büyükkarakurt, 2019).

Altyapı faaliyetlerinin sağlıklı yürütülebilmesi için altyapı verilerinin koordinatlı olarak kayıt altına alınması önemli olduğu gibi bu verilerin düzenli olarak güncellenmesi de önem arz etmektedir (Bayraktar, 2019). Bilgilerin kayıt altına alınmasının yanında bu bilgilerin kullanılarak değerlendirilmesi, altyapı yönetiminin ekonomik ve planlı yönetilmesi açısından değerlidir (Bayraktar, 2019).

Altyapı verilerinin, bir veri tabanı yardımıyla analiz edilmesi esasında CBS teknolojisinde bir analiz yöntemi olan ağ analizi yöntemi yardımıyla yapılmaktadır. En kısa yol tespiti ve bir kesinti durumunda etkilenecek şebekelerin tespit edilmesi gibi imkanlar bu analiz ile mümkündür (Demircioğlu, 2019).

Geçmiş yıllarda yapılmış olan altyapı şebekeleri ile ilgili bilgi ve doküman elde etmek çok zordur. Yapılan şebekelerin koordinatları kayıt altına alınmadığından veya kayıt altına alınan verilerin zamanla güncellenmemiş olmasından dolayı problemler yaşanmaktadır. Altyapı verilerinin tekrardan kayıt altına alınması, sahada kazı yaparak yapılması mümkün değildir. Bu durum yol kaplamalarının zarar görmesine sebep olacaktır. Yeraltı görüntüleme cihazı olarak adlandırılan GPR cihazı yardımıyla bu işlemi yapmak çok kolaylaşmıştır. Yer altı taramaları yaparak yer altındaki boruların koordinat ve yükseklikleri hakkında bilgiler veren GPR teknolojisi, yer altı verilerinin sayısallaştırılmasını sağlamaktadır (Şekil 1.18.).




Şekil 1.18. Yeraltı Görüntüleme Cihazı (GPR) (Sensors and Software, 2020)

Altyapı yönetiminde AR teknolojisi kullanımı ile ilgili çalışmalar sıklıkla yapılmaktadır. Altyapı verilerinin sayısallaştırılarak AR platformlarına aktarılması, kazı çalışmalarında ve altyapı yönetiminde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Mobil AR teknolojisinin yanında giyilebilir teknolojilerde gelişmelerin artması ile birlikte altyapı alanında AR uygulamaları artmaktadır. Gerhard Schall ve ark. tarafından 2014 yılında GeoHydroinformatics: Integrating GIS and Water Engineering'de yayınlanan VIDENTE- 3D Visualization of Underground Infrastructure using Handheld Augmented Reality çalışmasında elle taşınabilir cihaz yardımıyla altyapı anlamında

AR uygulaması örneği anlatılmaktadır. Yapılan çalışmada Avusturya'nın Graz semtinde yer alan Energia Graz kuruluşuna ait altyapı verileri kullanılarak altyapı verilerinin AR yardımıyla görselleştirilmesi sağlanmıştır (Schmalstieg ve ark., 2015) (Şekil 1.19.).



Şekil 1.19. Vidente AR uygulaması Görseli (Schall, 2009)

### 1.2.2. Altyapı hizmetlerinde yaşanan sorunlar

Altyapı tesisatlarının tamamı yer altında bulunmaktadır. Altyapı tesisatlarının yer altında bulunması sebebiyle yapılacak bakım ve onarımların yollara da ciddi zararları olmaktadır. Gelişigüzel olarak yapılan projelerin zamanla yetersiz kalması durumunda maddi kayıpları göz ardı edilememektedir. Ülkemizde yaşanan en büyük problemlerin başında altyapı tesisatlarının uzun vadeli planlanmamış olması gelmektedir (Ekin ve Çabuk, 2011). Uzun vadeli planlanmamış olan altyapı şebekelerinin yenilenmesi sırasında yol kaplamalarına zarar verildiği gibi maddi kayıplar da yaşanmaktadır.

Altyapı anlamında yapılan çalışmalarda, kurum ve kuruluşların coğrafi tabanlı altyapı bilgi sistemleri yetersiz kalmaktadır. Kazı çalışmalarında kazı mahallinde farklı kuruluşlara ait altyapı tesisatları bulunabilmektedir. Altyapı çalışmalarında meydana gelen istenmeyen hatalar maddi ve manevi kayıplar doğurmaktadır

(Behzadan ve Kamat, 2009). Geçmişte yapılan altyapı tesisatlarının koordinatlı olarak kayıt altına alınmamış olması sebebiyle kazı çalışmaları esnasında kazalar meydana gelmektedir. Doğalgaz firmalarının bu konuda çok dikkatli olması gerektiğinden kurmuş oldukları sistemler diğer kuruluşlara da örnek olmuştur (Ekin ve Çabuk, 2011). Kazı çalışmalarında kullanılabilmesi açısından tüm altyapı firmalarının ve kurumlarının coğrafi verilerini güncel ve eksiksiz kayıt altına alması ve ortak bir platformda paylaşması önem arz etmektedir.

Altyapı çalışmalarında bulunan kurum ve kuruluşların kullanmakta olduğu bilgi sistemi yazılımları arasında farklılıklar bulunmaktadır. Yazılımların yanında farklı kurum ve kuruluşların üretmekte olduğu veriler arasında da koordinat ve veri formatı gibi farklılıklar görülmektedir (Bayraktar, 2019). Veri farklılıklarından ötürü verilerin ortak bir çalışma bölgesi için birlikte kullanılabilirliği zorlaşmaktadır.

Altyapı çalışmalarını yürütmekte olan kuruluşların büyükşehir belediyeleri bünyelerinde yer alan AYKOME birimlerine, ürettikleri verileri paylaşmaları ile ilgili yasal zorunluluklar bulunmaması, ilgili kuruluşların veri paylaşmak istememesini doğurmaktadır (Bayraktar, 2019).

Altyapı hizmetlerinde yaşanan sorunlar sorumlu kurum ve kuruluşlardaki yöneticilerden kaynaklı sorunlar olabildiği gibi planlama sürecinde yaşanan sorunlar ve yönetime bağlı sorunlar da olabilmektedir. Genel olarak bu sorunları maddeler halinde incelemek gerekirse;

- İleriye dönük yürütülen yanlış tahminler
- Günün koşullarına göre planlar yapılması
- Kullanılan teknoloji ve malzemeden kaynaklı olarak kalitesiz üretimler yaşanması
- Gerekli olan kalite standartlarına uyulmaması
- Kentlerde aşırı fiziksel değişiklik yaşanması sebebiyle altyapı yetersizliği yaşanması
- Bütçe ve kaynak finansmanının yeterli oluşturulmaması
- Gereksiz yatırımlar sonrasında mükerrer çalışmaların yapılması

- Daha düşük bütçeli yatırımlara yönelinmesi
- Görev dağılımlarına uygun olarak eşgüdümlü çalışmaların yetersiz olması
- Kurumsallık anlamında yetersizlikler yaşanması
- Teknolojik ilerlemelere ayak uydurulmaması

Altyapı hizmetlerinde yaşanan problemler olarak karşımıza çıkmaktadır (Erdin, 2009).

# 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sanal gerçeklik (VR: Virtual Reality) ile artırılmış gerçeklik (AR: Augmented Reality) teknolojik gelişmeler ile birlikte birçok araştırmaya konu olmaktadır. Sherman ve Craig (2003), VR'in iletişim aracı olarak etkin bir biçimde kullanılmasını vurgulamışlardır. VR uygulamalarının tasarlanabilmesi için gerekli bileşenlerden söz ederek VR teknolojisine neden ihtiyaç duyulduğunu ve gelecekteki kullanılabilecek alanlardan bahsetmektedir. Teknolojik gelişmelere paralel yazılım geliştirme maliyetlerinin ucuzlaması neticesinde VR teknolojisinin birçok sektörde iletişim aracı olarak kullanılmasını sağlamaktadır.

AR ile ilgili tanımlamalar yapan Azuma (1997), AR uygulamalarını uygulamanın hizmet ettiği sektörlere göre inceleyerek AR ile ilgili kavramlar hakkında bilgiler vermiştir. Zlatanova (2002), AR teknolojisinin tıp, mühendislik ve mimarlık gibi sektörlerde kullanıldığına değinmektedir. AR uygulamalarının kapalı mekanlarda ve nispeten küçük alanlarda daha sık kullanıldığını belirtmektedir. Artırılmış gerçekliğin açık alanlarda daha da yaygınlaşabilmesi için mobil cihazların, kablosuz teknolojilerin, anlık konum verilerinin ve coğrafi verilerin öneminden bahsetmektedir. Mobil kullanıcılara AR alanında daha başarılı deneyimler sunulabilmesi için teknolojik yaklaşımlar ve yenilikçi projeler hakkında bilgi vermektedir. Vallino (1998), artırılmış gerçekliğin etkileşimi üzerine yapmış olduğu çalışmada teknolojinin ilerleyişine paralel olarak elektronik cihazların sensör ve ekranlarında yaşanacak gelişmeler ile kullanıcılara daha kaliteli bir etkileşim sunulabileceğini açıklamıştır. Bilgisayarlarda grafik tasarımları aracılığıyla sanal görüntüler oluşturulmaktadır. Artırılmış gerçekliğin amacı oluşturulan görüntünün gerçek dünya ile tek parça olarak algılanmasını sağlayabilmektir. Bilgisayar grafik teknolojisinde yaşanacak gelişmeler AR teknolojisinin gelişmesine de katkı sunacaktır. Azuma (1997), AR uygulamalarının tasarlanma ve kullanılma sürecindeki problemlerini de incelemiştir. AR'in verilerin aktarılması ve ortamın algılanması olarak iki ana probleminin olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı 1997 yılına kadar AR üzerine yapılan akademik çalışmaları da inceleyerek çıkarımlarda bulunmuştur.

Furht (2011), yapmış olduğu çalışmada AR'ın tanımını yaparak AR üzerine gelecekteki öngörülerini paylaşmıştır. Craig (2013), AR'ın bileşenlerine, uygulama alanlarına ve yeteneklerine değinmiştir. AR ile yapılmış uygulamalar hakkında bilgiler vererek AR teknolojisinin mevcut durumunu açıklamıştır. Kipper ve Rampolla (2013), AR'ın hayatımızın içerisinde birçok alana yayılması ile birlikte oluşturduğu riskler ve faydalardan söz etmişlerdir. AR teknolojisi ile üretilen uygulamalarda geliştirici ve kullanıcının güvenliğinin sağlanabilmesi hakkında bilgiler vermişlerdir. Kipper ve Rampolla (2013), Geçmişte ilkel olarak kullanılan AR teknolojisinin; akıllı telefonların ve internet altyapısının yayılması ile birlikte her ortamda kullanılabilir hale geldiğini belirtmiştir. Craig (2013), yapmış olduğu çalışmanın bir kısmında AR'ın gelecekteki durumuna ve yaygınlaşa bilirliğine de örnekler vermiştir. Furht (2011), Giyilebilir teknolojiler, mobil AR uygulamaları ve AR yazılımları hakkında birçok bilgi paylaşmıştır.

Altınpulluk ve Kesim (2015), AR uygulamalarının sanal verilerin gerçek dünya üzerinde gösteriminden oluştuğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar AR'ın daha verimli anlaşılabilmesi için geçmişten günümüze AR'ın değişimlerini incelemek gerektiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar AR'ın yazılım, donanım ve uygulamalarını inceleyerek bu alanlardaki değişimleri 50 yıllık periyotlar halinde açıklamışlardır. Araştırmacılar 2000'li yılların başında mobil AR uygulamalarının ortaya çıktığını ve 2010'lu yıllardan itibaren de giyilebilir teknolojiler konusunda gelişmeler yaşandığını ifade etmişlerdir. Sünger (2019), son yıllarda teknolojinin gelişmesi ile birlikte popüler olan AR ile ilgili ülkemizde yayınlanan 2009-2018 yılları arasındaki yüksek lisans ve doktora tezlerini incelemiştir. Araştırmacı söz konusu yıllar arasında yapılmış olan çalışmaların çoğunlukla Türkçe olarak ve genellikle eğitim alanında yapıldığını belirtmiştir.

Arth ve ark. (2015), mobil AR'ın 1968 ile 2014 yılları arasındaki tarihsel gelişimini incelemiştir. Mobil AR ile ilgili terimlere değinilerek açıklamalarda bulunmuşlardır. Höllerer ve Feiner (2004), cep telefonlarının AR uygulamalarına uygun hale gelmesi ile birlikte her ortamda ve her durumda erişilebilirliğin sağlanmış olduğunu belirtmişlerdir. Mobil AR uygulamalarının örnek çalışmalarını, faydalarını,

eksikliklerini ve gerekli donanımsal gerekliliklerini incelemişlerdir. Ortman ve ark. (2012), mobil AR üzerine yapmış oldukları çalışmada artırılmış gerçekliğin mobil platformlarda nasıl uygulandığını incelemişlerdir. Akıllı cep telefonlarının ortaya çıkması ile birlikte insanlar veri toplama özelliği bulunan cihazlara sahip hale geldiler. Cep telefonları mikrofon, kamera ve Küresel Konum Belirleme Sistemi (GNSS: Global Navigation Satellite Systems) sayesinde sürekli olarak ortamdan veri toplayabilmektedir. Mobil AR uygulamaları hızla artıyor olsa da kullanıcılara sağladığı yararları istenilen düzeye ulaşamamıştır. Cep telefonları sensörlerinde gerekli hassasiyetlerin artırılabilmesi ile birlikte kullanıcılar şüphesiz mobil AR uygulamalarından daha fazla yararlanacaktır. Arol (2014), AR teknolojisini başkasının göremediği nesneleri görebildiğimiz, diğer insanlardan daha fazla ses duyduğumuz ve daha fazla etkileşim içinde olduğumuz bir teknoloji olarak tanımlamıştır. Mobil AR uygulamalarını konum tabanlı uygulamalar ve görsel uygulamalar olarak iki gruba ayırmıştır. Araştırmacı konum tabanlı uygulamalar ile kullanıcının konumuna bağlı olarak gerçek dünya üzerinde koordinatlı nesnelerin gösterilmesinin sağlandığını ifade etmiştir. Diğer mobil uygulamalarda ise kamera özelliği sayesinde sanal oluşturulan nesnelerin ekranda gösterilmesinin sağlandığını belirtmiştir.

Arol (2014), akıllı telefonlarda yaşanan gelişmelere paralel olarak mobil AR uygulamalarından elde edilen gelirlerin her geçen gün arttığı ve önümüzdeki yıllarda daha da artacağını söylemiştir. Araştırmacı özel sektör ve kuruluşlar için AR teknolojisinin kullanılmasının pazarlama alanında faydalarına değinmiştir. Pazarlama alanında AR teknolojisinden faydalanmanın müşterilere ürün tanıtımlarının daha kolay yapılmasını sağlayacağını açıklamıştır. Günümüz teknolojisi ile insanların sanal ortamda bilgiyi arayıp bulması mümkün hale gelmiştir. AR sayesinde insanların bilgiyi gerçek dünya üzerinde daha kolay tüketmesi sağlanmıştır. Ortman ve ark. (2012), mobil AR uygulamalarını inceledikleri çalışmada uygulamalar ile kullanıcıların etkileşimlerine göre sınıflandırma yapmıştır. Etkileşim tasarımı olarak adlandırdıkları bu yönerge ile yapılacak olan AR uygulamalarında kullanıcının amacına en uygun sonuca ulaşmanın önemine değinmiştir.

Ramazanov (2017), AR teknolojisi yardımıyla mobil kampüs asistanı uygulamasını geliştirmiştir. Cep telefonunun gerçek zamanlı anlık konum bilgisi elde edilerek kullanıcının bulunduğu konum itibariyle görselliği artırılmış veriler yardımıyla navigasyon hizmetinden faydalanması sağlanmıştır. Tasarlanmış mobil navigasyon uygulamasında kullanıcıya sunulmakta olan veriler CAD ortamında üretilerek AR uygulamasına entegre edilmiştir. Mobil AR uygulamalarının konum bilgisi ile entegre olarak çalışabilmesini sağlayan mobil cihazlardan elde edilen anlık konum verileri hakkında açıklamalar yapılmıştır. Mobil AR uygulaması tasarlanırken gerekli olan yazılım ve donanımlar hakkında da açıklamalar yapılarak tasarlanmış olan kampüs asistanı uygulamasının tasarım süreci hakkında bilgiler verilmiştir.

Portales ve ark. (2010), şehir görüntülerinin fotogrametri yardımıyla elde edilmesi ve şehirlerin AR teknolojisi yardımıyla görselleştirilmesi hakkında açıklamalar yapmışlardır. Fotogrametriden yararlanarak koordinatlı görüntüler elde edilmesi mümkündür. Fotoğrametri kullanılarak elde edilen verilerin AR ortamına aktarılması konum tabanlı bir uygulama tasarlamaya ve etkileşimin artırılmasına katkı sağlayacaktır. Yapılan çalışmada fotoğrametri yardımıyla şehirde belli konumlarda 3 boyutlu görüntüler elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler AR uygulaması ile gerçek dünya üzerinde görselleştirilmiştir. Uygulamanın tasarımında ve tasarım sonrası kullanımında meydana gelen problemlerden bahsedilerek AR uygulamaları için kullanılan yazılım ve donanımlar hakkında bilgiler verilmiştir.

Akbaş ve Güngör (2017), AR teknolojisinde takip sistemlerinin önemli bir rol üstlendiğini belirtmiştir. Yapmış oldukları çalışmada AR teknolojisinde işaretçi tabanlı takip sistemi modellerinden çok katmanlı işaretçi modeli hakkında incelemeler yapmışlardır. ARToolkit kütüphanesi kullanarak tasarladıkları çok katmanlı işaretçi modelinin faydalarından bahsetmişlerdir. Araştırmacılar AR'ın gerçek dünyayı sanal verilerle zenginleştirmeyi hedeflediğini ve mobil platformlarda yakın gelecekte adından sıkça söz ettirecek bir teknoloji olduğundan bahsetmişlerdir. AR teknolojisinde takip sistemleri gerçek dünyadaki 3 boyutlu konum ve yön gibi bilgileri tespit etmeye yaramaktadır. Araştırmacılar işaretçi taban takip sistemlerinin daha uygun maliyette olduğunu belirtmiştir. İşaretçi taban takip sistemlerinde yaşanan en

büyük problem olan işaretçiden uzaklaşıldıkça ortaya çıkan görüntü kaybının önlenebilmesi araştırmacıların ulaşmak istedikleri hedefleridir.

Karatay (2015), müzelerde teknolojinin kullanılmasının yanında AR teknolojisinin kullanılması ile ilgili bilgiler vermiştir. Müzelerin toplumun geçmişinden izler taşıması bir iletişim ortamı olarak kullanılmasını sağlamaktadır. AR teknolojisinin kullanıldığı müzelerden bahsederek AR'ın müzelerde kullanılmasının yaygınlaştırılmasından bahsetmiştir. Müzelerde müze içi eser bilgilendirmesinin AR teknolojisi yardımıyla yapıldığı uygulamanın tasarlanması ve kullanılması hakkında bilgiler verilmiştir. Polat (2017), yapmış olduğu AR uygulaması ile Safranbolu'da yer alan tarihi ve kültürel mirasımızın tanıtımını yapmıştır. Konum tabanlı olan veriler ile turistlerin ve araştırmacıların gerçek dünya üzerinde tarihi ve kültürel mirasımız hakkında bilgiler edinmesi ve etkileşim içerisinde olması sağlanmıştır. Konum tabanlı olmayan veriler yardımıyla da Safranbolu'da olmadan bilgiler edinmek mümkün kılınmıştır. Google Sketchup yardımıyla 3 boyutlu modellemeler yapılmıştır. Modellemesi yapılan görüntülerin gerçek görüntüleri ile birleştirilmesi sağlanmıştır. Unity 3D aracılığıyla Android tabanlı olarak AR uygulaması tasarlanmıştır. Araştırmacı şehir tanıtımlarının yaygınlaştırılabilmesi ve etki alanının artırılması açısından tasarlanmış olan uygulamanın önem arz ettiğini belirtmiştir. Uluğ (2020), müzelerin zamanla kendini yenilemeye ihtiyaç duyduğunu belirterek yeni teknolojik gelişmeler ışığında müzelerde yeniliklerin ortaya çıktığını belirtmiştir. Eser tanıtım ve korumalarının müzecilikte en önemli konu olduğunu belirten araştırmacı, AR uygulamalarının bu noktada sunabileceği avantajları belirtmiştir. Sakıp SABANCI müzesinin mobil AR uygulamasını da inceleyen araştırmacı, müzecilik sektöründe AR uygulamaları tasarlanırken dikkat edilmesi gerekenler hakkında önerilerde bulunmuştur.

Sırakaya ve Seferoğlu (2016), teknolojinin gelişimi ile çağımızdaki öğrencilerin farklı öğrenme metotlarına ihtiyaç duyduklarını ve öğrencilerin teknolojiye uygun yeni yöntemlere ilgi duyduğunu söylemişlerdir. Sanal gerçeklikten farklı olarak kullanıcıyı gerçek ortamdan koparmayan AR, eğitim sektörü için uygun bir teknolojidir. Araştırmacılar bu çalışmada AR'ın eğitimde kullanılması ile ilgili öğrenci ve

öğretmenlerin görüşüne yer vererek, öğrenciler açısından kalıcı bir eğitim metodu olduğunu öğretmenler açısından ise pratik bir eğitim metodu olduğunu belirtmişlerdir. Arslan ve Elibol (2015), eğitim amaçlı tasarlanmış mobil AR uygulamalarını inceleyerek bazı çıkarımlarda bulunmuşlardır. Araştırmacılar Android tabanlı mobil AR uygulamaları üzerinde çalışmışlardır. Google Play Markette yer alan 100 AR uygulamasını belirledikleri indirme sayısı vb. parametrelerle inceleyerek en başarılı buldukları ilk 18 uygulamanın tanıtımını yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada eğitim amaçlı mobil AR uygulamalarının büyük çoğunluğunun işaretçi tabanlı video oynatımı sağlanarak tasarlandığı fakat gerçek dünya üzerinde uygulanmasının mümkün olduğu uygulamaların daha dikkat çekici olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar tasarlanacak eğitim amaçlı AR uygulamalarının nasıl olması gerektiği hakkında bilgiler vermişlerdir.

Kurtuluş (2019), AR kullanımının teknolojinin gelişmesi ile birlikte birçok alanda yaygınlaştığına değinerek mimarlık eğitiminde ve mimarlık projelerinde de kullanılmaya başlandığına değinmiştir. Araştırmacı AR tabanlı tasarladığı uygulamada mimarlık ile ilgili yapı bileşenlerinin anlatılabilmesini amaçlamıştır. Kılıç (2016), iç mekân tasarımına AR'ın olası faydalarından bahsetmiştir. İç mekân tasarımında teknolojinin kullanılması ile zaman ve maliyet kaybının önlenebileceği öngörülmüştür. AR teknolojisinin iç mekân tasarımında kullanılmasını sağlayan uygulamaları incelemiştir. Kıvrak ve Arslan (2018), yapmış oldukları çalışma ile inşaat projelerinin imalat işlerinde gerekli bilgilere kolay ulaşılmasını sağlamak istemişlerdir. Araştırmacılar inşaat projelerinde AR teknolojisinin kullanılması ile sektörde maliyet ve zaman kaybının azalabileceğini belirtmiştir. Yapmış oldukları sistemi tuğla duvar imalatı uygulaması ile test etmişlerdir. Tasarlamış oldukları sistemde görüntü izleme, genişletilmiş izleme, nesne izleme, yüz tanıma ve marker izleme yöntemlerini kullanarak sistemden alınabilecek verimliliği artırmışlardır. Araştırmacılar deneyimsiz personellerin eğitiminin daha kolay sağlanması ve deneyimli personellerin imalat sürecinde bilgilerini daha sağlıklı ortaya koyması açısından, inşaat sektörüne AR teknolojisinin büyük katkılar sunacağını belirtmişlerdir.

Şılak (2020), geçmişten günümüze kentleşmenin artmış olmasına değinerek kentlerde tarım dışı faaliyetlerin arttığını belirtmiştir. Araştırmacı kentlerde sanayi faaliyetlerin hızla yayılması ile birlikte şehirlerde altyapı ve üstyapı projelerine olan ihtiyaçların arttığını ifade etmiştir. Altyapı projelerinin doğru yatırım ile yerine getirilmesi ile birlikte üstyapı projeleri de daha başarılı olacaktır. Araştırmacı Çanakkale ilinin Lapseki ilçesinin imar durumunu inceleyerek altyapı faaliyetleri hakkında bilgiler vermiştir. Altyapı faaliyetlerinin üstyapı faaliyetlerine ve peyzaj çalışmalarına etkisi anlatılarak önerilerde bulunulmuştur.

Keskin ve Yılmaz (2005), altyapı hizmetlerinin sağlıklı yerine getirilebilmesi açısından yetkili kurum ve kuruluşlarca kent bilgi sistemi içerisinde yer alan altyapı bilgi sisteminin tasarlanarak uygulanmasının önem arz ettiğini belirtmektedirler. Yerel yönetimlerin gelecek nesillere sağlıklı bir altyapı hizmeti bırakabilmesi ve altyapı hizmetlerinin maliyet kaybı yaşanmadan planlı bir şekilde yerine getirilebilmesi için altyapı bilgi sisteminin öneminden bahsetmiştir. Ağuş ve Dinç (2011), kentlerde yaşanan büyümeler ile birlikte altyapı hizmetlerine ihtiyaçların artacağını ve altyapı hizmetlerinin hızlıca yerine getirilmesi için altyapı bilgi sistemlerine ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Yerel yönetimlerde yaşanan teknik yetersizlikten ötürü altyapı bilgi sistemleri tasarım sürecinde doğru adımların atılamaması problemlere sebep olmaktadır. Ağuş ve Dinç (2011), altyapı bilgi sistemleri tasarım sürecinde doğru planlamaların yapılmasına değinirken coğrafi verilerin doğruluklarının kontrol edilerek temin edilmesi gerektiğini ve sistemin sürekliliğinin sağlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Büyükkarakurt (2019), altyapı şebekelerinin insanların yaşam kalitesine faydalar sunduğunu savunarak altyapı şebekelerinde yaşanan problemlerin insanların hayatına olumsuz etki ettiğini belirtmiştir. CBS tabanlı altyapı bilgi sistemlerinin kurulması ile altyapı şebekeleri ile ilgili verilerin bir platformda toplanarak yönetilebileceğini belirtmiştir. Keskin ve Yılmaz (2005), altyapı hizmetlerinden içme suyu ve kanalizasyon hizmetlerini altyapı bilgi sistemi açısından incelemiştir. Ağuş ve Dinç (2011), Adana Su ve Kanalizasyon İdaresi tarafından tasarlanan altyapı bilgi sistemi projelerinde veri temini ve süreklilik açısından problemler yaşandığını ifade etmişlerdir. Büyükkarakurt (2019), yapmış olduğu çalışmada Konya ili Selçuklu ilçesinde yer alan Bosna Hersek mahallesindeki altyapı

şebekelerinin bir altyapı bilgi sistemine aktarılarak yönetilmesini planlamıştır. Altyapı bilgi sistemlerine güncel verilerin eklenmesiyle yapılacak olan altyapı çalışmalarında doğru analiz ve planlamaların yapılması mümkün olacaktır.

Bayraktar (2019), kent nüfuslarında yaşanan artışlarla birlikte teknik altyapı ihtiyacının da arttığını ve teknik altyapıya zamanla daha fazla önem verilmesi gerektiğini belirtmiştir. Teknik altyapı çalışmalarında yaşanacak olan iş kazalarında maliyet ve zaman kaybının yanında can kaybı da söz konusu olabilmektedir. Yapılacak olan çalışmalarda verilerin ulaşılabilirliğine ve doğruluğuna değinmiş olan araştırmacı, AYKOME içerisinde altyapı verilerinin yer aldığı altyapı bilgi sistemi kurmayı amaçlamıştır. Araştırmacı teknik altyapı hizmeti veren firmaların çeşitlilik göstermesi ve bu firmaların verilerinin farklılık göstermesinin yanında verilerin doğruluğunda yaşanan sorunlara değinmiştir. Altyapı bilgi sisteminin doğruluğu yüksek verilerle tüm firma ve kurumların verileri ile oluşturulması gerektiğini vurgulamıştır. Demirel (2020), kentlerin hızlıca büyümesiyle birlikte kent nüfusunun da artmasıyla altyapı ve üstyapı projelerinin sıklıkla yapılmakta olduğunu belirtmiştir. Altyapı ve üstyapı projelerinin inşaatına başlanması ile birlikte yapılan kazı çalışmalarında altyapı şebekelerinin koordinat ve kot bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Araştırmacı kazı çalışmalarında altyapı şebekelerine zarar verilmesi ile birlikte vatandaşların mağduriyet yaşadığını, firma ve kurumların da maliyet kaybı yaşadığını belirtmiştir. Araştırmacı altyapı bilgi sisteminin, önemini bahsettiği bu problemlerin çözümü olacağına inandığını belirtmiştir. Araştırmacı tasarlamış olduğu altyapı bilgi sistemi modeli ile altyapı verilerinin 3 boyutlu görüntülenmesini sağlamıştır. Bayraktar (2019), tarafından yapılan çalışmada CBS teknolojisi incelenerek CBS standartlarına değinilmiş olup Trabzon Büyükşehir Belediyesi AYKOME müdürlüğü için Altyapı bilgi sisteminin önemi belirtilmiştir.

Kamat ve Behzadan (2009), kazı operasyonları sırasında meydana gelebilecek kazalarda insan hayatını tehdit eden unsurlar olduğunu belirterek inşaat operatörlerinin iş güvenliğinin artırılması amacıyla görselleştirme ve izleme teknolojilerinin kullanılabilirliğinden bahsetmektedir. Araştırmacılar kazı çalışmalarında meydana gelen kazaların mevcut kazının sonlanmasına sebebiyet verebileceği gibi kazı

çalışmasında görev alan kişilerin can kaybına sebep olabileceğini ifade etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde birçok eyalette inşaat firmalarının kazı çalışması öncesinde yerel kamu hizmeti kuruluşlarından mevcut yeraltı nesnelerinin konumları hakkında doküman aldığını belirtmektedir. Kâğıt baskı olarak alınan bu dokümanların hazırlanması zaman aldığı gibi hazırlanan dokümanlarda verilerin yanlış belirtilmesi veya verilen dokümandaki konumların gözden kaçması gibi durumlar olabilmektedir. Schall ve ark. (2009), altyapı verilerinin son yıllarda coğrafi bilgi sistemlerine 2 boyutlu olarak aktarıldığını fakat bu verilerin gerçek dünya üzerinde 3 boyutlu olarak bulunduğunu belirtmektedir. Altyapı çalışmalarında yer alan kişilerin altyapı verilerini sahada 3 boyutlu olarak görmek istediklerini ifade etmektedir. AR teknolojisi yardımıyla verilerin sahada 3 boyutlu olarak görüntülenmesi mümkündür. Demircioğlu (2019), CBS teknolojisinde altyapı verilerinin kayıt altına alınması kamu ve özel sektörde aktif olarak kullanılmaktadır. Altyapı verilerinin görselleştirilmesini sağlayan CBS teknolojisi karar destek aracı olarak yetersiz kalmıştır. Altyapı hizmetlerinin yerine getirilmesinde yaşanan sorunları ve maliyet kayıplarını önlemek adına AR teknolojisinden yararlanmanın öneminden bahsetmiştir. Kamat ve Behzadan (2009), Araştırmacılar önerilerinde Bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design-CAD) verileri kullanılarak hazırlanacak olan AR uygulaması ile bu problemlerin önüne geçilebileceğini belirtmektedir. AR uygulaması tasarlanarak görsel ve sesli uyarı özellikleri de kullanılarak kazı çalışması yapan kişilerin uyarılması sağlanabilmektedir. Schall ve ark. (2009), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamındaki altyapı verilerinin bir yazılım aracılığıyla 3 boyutlu olarak düzenlenmesi gerektiğini belirterek sahada AR teknolojisinin daha verimli olarak kullanılabilmesi için de uygun bir donanım ihtiyacı olduğunu ifade etmektedir. Sahada kullanılacak olan donanımın elle tutulabilir bir cihaz olması gerektiğini belirterek altyapı çalışmalarında kullanılabilecek donanım ekipmanının özelliklerinden bahsetmişlerdir. Çalışmanın önemli bir noktası da yapılan AR uygulamasının sahada kullanılması sağlanarak saha personellerinden görüş ve önerileri hakkında bilgi alınmasıdır. Demircioğlu (2019), Eskişehir'de belirli bir bölgenin doğal gaz altyapı verilerini kullanarak AR uygulaması tasarlamıştır. Tasarlanan uygulamada ARKit, CoreLocation platformu ve Xcode yazılım geliştirme platformunda Swift 4.2 programlama dilinden yararlanmıştır. Mobil AR uygulamalarından yararlanarak

altyapı verilerinin görüntülenmesinin sağlanması ile altyapı hizmetlerinin yerine getirilmesinde yaşanan zaman ve maliyet kayıpları önlenebilmektedir.

Schall ve ark. (2010), Vidente adı verdikleri sisteme değinerek sistemin 3 boyutlu yer altı modelleri kullanılarak tasarlanan mobil AR uygulaması olduğunu belirtmişlerdir. Sistemin tasarım süreçlerinden ve katkılarından bahseden yazarlar sistemin iş akış süreçlerinden de bahsetmişlerdir. Sistem sayesinde yer altı kanallarının incelenmesi, kazı faaliyetlerinin sağlanması, gömülü hasar kablolarının tespiti, öngörülen varlıkların yerinde incelenmesi ve eski verilerin düzenlenmesi işlemleri kolaylıkla yapılabilecek hale gelmiştir. Yazarlar videntenin tasarlanma sürecinde coğrafi bilgi sistemleri, AR, uydu navigasyonu ve bilgisayar grafikleri teknolojilerini incelemişlerdir. Vidente sistemi ile kamu hizmetleri tarafından işletilen su şebekeleri hedef alınmıştır. Masaüstü coğrafi bilgi sistemleri ile sahada coğrafi verilere ulaşılmasının mümkün olmadığına değinen araştırmacılar AR teknolojisinin önemine değinmişlerdir.

Meehan (2017), New Jersey'de yer alan orta ölçekli bir kamu biriminin karma gerçeklik uygulamasından bahsetmiştir. Toms River Municipal Utilities Authority (TRMUA) saha çalışanlarında kullanılabilmesi için AR teknolojisinden yararlanmıştır. Meehan TRMUA'nın AR teknolojisinden yararlanarak oluşturmuş olduğu sistemin maliyetli onarımların azaltılmasını sağladığını belirtmiştir. Söz konusu sistemde 3 köklü teknolojiden yararlanıldığı belirtilmiştir. Sistem; altyapı verilerinin bulunduğu coğrafi bilgi sistemleri teknolojisi, Microsoft Azure bulut bilişim servisi ve Microsoft Hololens akıllı gözlükleri kullanılarak tasarlanmıştır. Meehan söz konusu yazısında, tasarlanan sistem sayesinde altyapı verilerinin fiziki dünya üzerinde görüntülenmesinin sağlanması ile birlikte zaman ve maliyet kaybının en aza indirildiğini belirtmiştir. AR teknolojisinin önümüzdeki yıllarda kullanımının hızla artacağı ve AR teknolojisine entegre gözlük, kask, kulaklık vb. ekipmanların da artacağı belirtilmiştir.

Orlandi ve ark. (2018), İtalya da yer alan elektrik sektöründeki bir operatörün AR teknolojisinden yararlanarak iş akışındaki verimliliği artırmasından

bahsetmişlerdir. Bilgisayar ortamında oluşturulan görüntülerin fiziki dünya üzerinde gösteriminde konum tabanlı ve işaret tabanlı uygulamalar olarak iki farklı seçeneğin olduğunu belirten araştırmacılar AR teknolojisi hakkında bilgiler vermişlerdir. AR teknolojisinin farklı sektörlerde kullanılabilirliğine de örnekler vererek AR teknolojisinde kullanılan donanımlardan bahsetmişlerdir.

Tekin (2019), AR üzerine yapılan incelemelerde mobil AR uygulamaları içerisinde konum tabanlı AR uygulamaları nispeten daha az olduğu gözlemlenmiştir. Altyapı verilerinin konum tabanlı AR uygulamasında gösterilmesi için çalışma yapmıştır. Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'nde bulunan su ve atık su hatlarının kullanıldığı çalışmada, coğrafi veriler autocad ve netcad yardımıyla düzenlenerek mapbox harita servisine aktarılmıştır. Android tabanlı olarak tasarlanan uygulama Unity 3D ile tasarlanmıştır. Tasarlanan uygulama da çizgisel verilerin gösteriminde konum hassasiyetinin istenen düzeyde olmadığı ortaya konulmuştur. Açık kaynak kodlu yazılımlar kullanılarak tasarlanan uygulama geliştirmeye açık halde tasarlanmıştır. AR üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde artırılmış gerçekliğin hala gelişmeye açık olduğu ve ileride çok sık adından bahsedileceği düşünülmektedir.

Yapılan literatür çalışmasında geçmiş yıllarda AR teknolojisini anlamaya yönelik çalışmaların ağırlıkta olduğu görülmektedir. Ülkemizde yüksek lisans ve doktora çalışmalarında AR sıklıkla çalışılan bir konu haline gelmiş olup eğitim alanında olduğu gibi diğer alanlarda da AR uygulamaları tasarlanarak anlatılmıştır. Ulusal ve uluslararası birçok çalışma incelendiğinde artık her sektörde AR teknolojisinin kullanılmaya başlandığı anlaşılmaktadır.

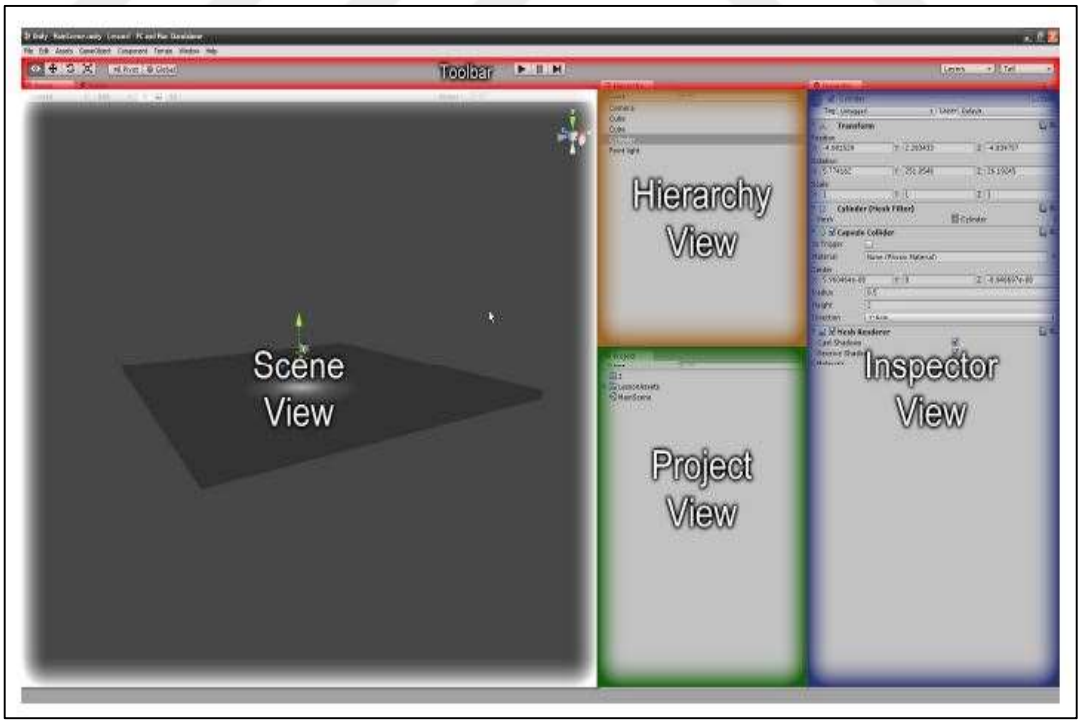
# 3. MATERYAL ve YÖNTEM

## 3.1. Materyal

Tasarlanan mobil AR uygulamasında 3 yazılımdan yararlanılmıştır;

1) Unity 3D (218.3.1. versiyon)
2) Mapbox
3) Google ARCORE

Unity; bilgisayarlar, konsollar ve mobil cihazlar için simülasyonlar ve video oyunlar geliştirmeyi sağlamaktadır. Unity platformu aracılığıyla C# programlama dili yardımıyla uygulama tasarlanmıştır.

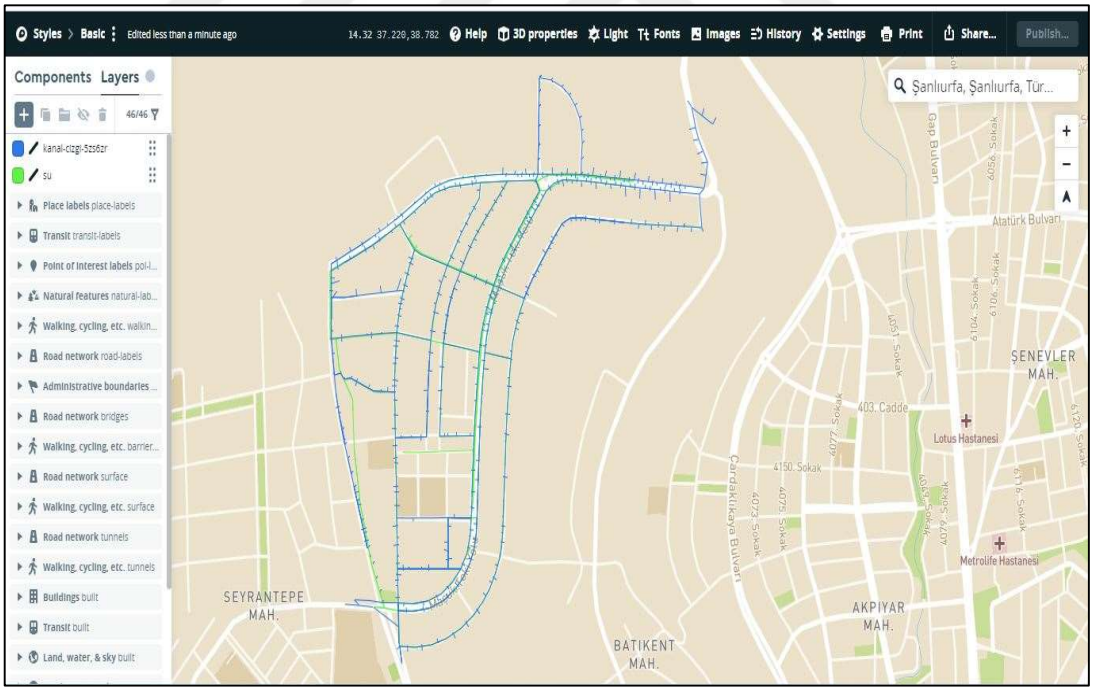



Şekil 3.1. Unity Ana Ekranı (Anomalusundrdog, 2009)

Unity yazılımının ana ekranında 4 panel bulunmaktadır;

1. Scene Paneli: Oyun alanını 3 boyutlu görmeyi sağlamaktadır.
2. Hierarchy Paneli: Sahnedeki tüm objelerin listelendiği paneldir.
3. Inspector Paneli: Seçili objeler hakkında detaylı bilgilerin yer aldığı paneldir.
4. Project Paneli: Oyununuzda kullanabileceğiniz tüm kaynak dosyaları burada yer alır (Anomalusundrdog, 2009) (Şekil 3.1.).

Uygulama alanındaki altyapı verilerinin Unity ortamında kullanılması için Mapbox Studiodan yararlanılmıştır. Mapbox Studio; coğrafi verilerin düzenlenmesini ve coğrafi web servis aracılığıyla yayınlanmasını sağlamaktadır (Şekil 3.2.). Mapbox Studio aracılığıyla düzenlenerek yayınlanan coğrafi veriler, Unity 3D ortamında kullanıma hazır hale getirilebilmektedir. Mapbox tarafından Unity 3D'de kullanım kolaylığı sağlanması için Mapbox Unity SDK'sı hazırlanmıştır. Mapbox Unity SDK'sı sayesinde Mapbox Studio kullanılarak birçok uygulama tasarlanabilmektedir.




Şekil 3.2. Mapbox Studio Görüntüsü

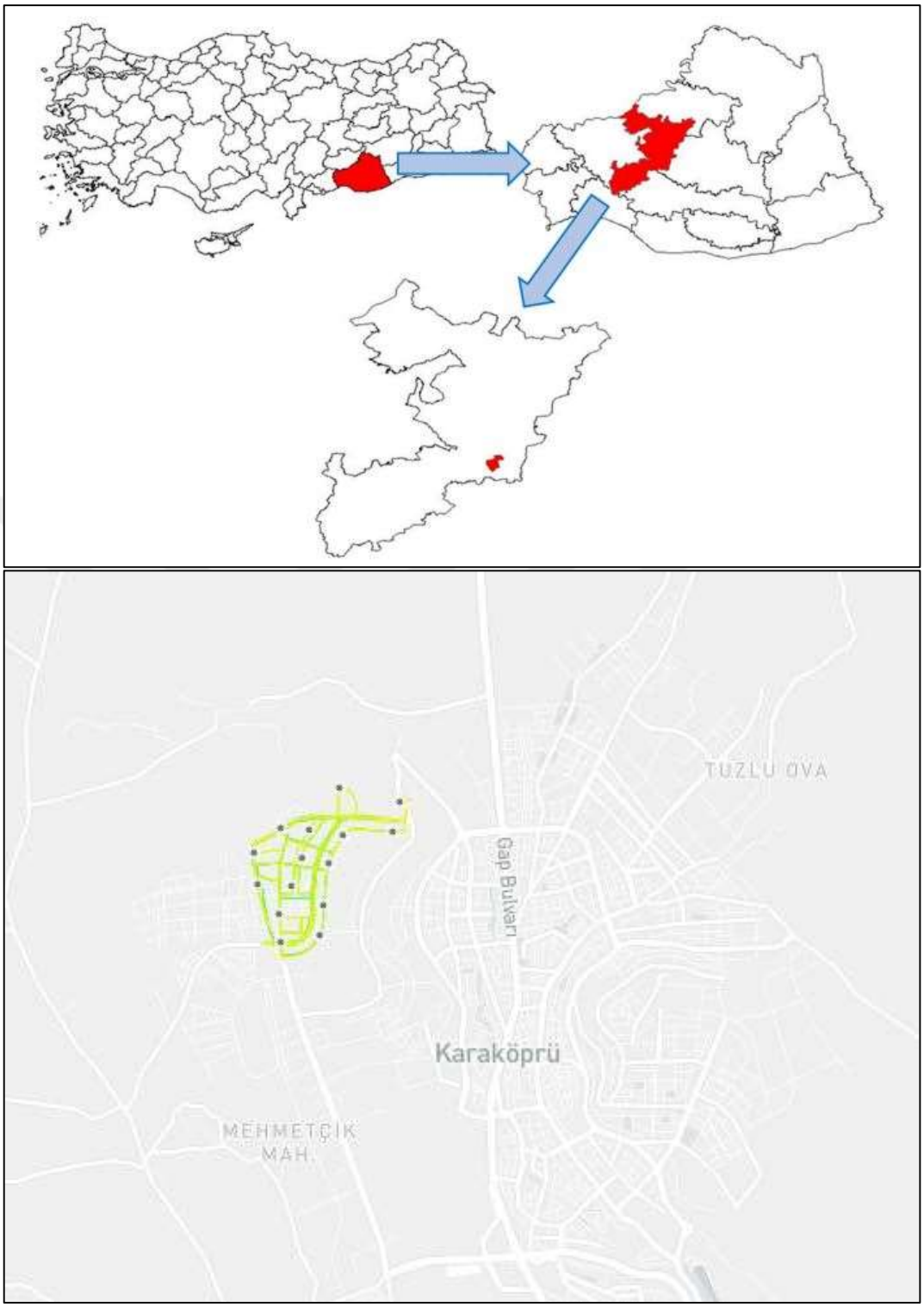
Google Arcore AR için Google Play Hizmetleri sunmaya yaramaktadır. Arcore sanal nesnelerin gerçek dünya üzerinde görüntülenebilmesi için 3 temel bileşenden faydalanmaktadır;

1. Mobil cihazın konumunun algılanması ve izlenmesi
2. Çevresel anlayış kapsamında yüzeylerin tespit edilmesi
3. Işık tahmini kapsamında ortam yansımasının tespit edilmesi (Wikipedia, 2021)

## 3.2.Yöntem

### 3.2.1.Çalışma alanına ait altyapı verilerinin düzenlenmesi

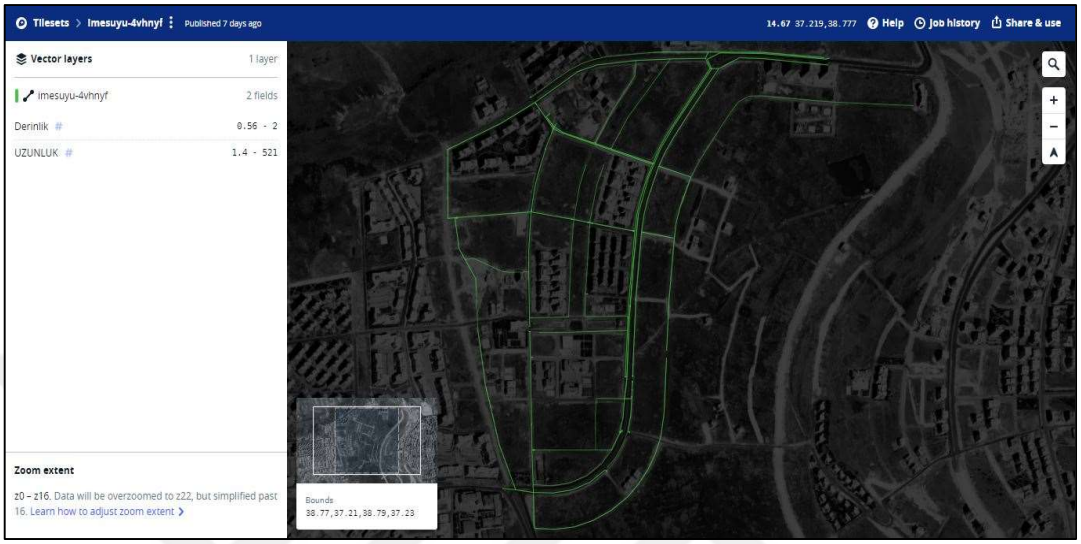
Yapılan çalışmada Şanlıurfa İli Karaköprü İlçesi Seyrantepe Mahallesi'nde yer alan bir bölge pilot çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 3.3.). Çalışma alanının içerisinde yer alan içme suyu ve kanalizasyon şebekelerine ait veriler kullanılarak Android tabanlı mobil AR uygulaması hazırlanmıştır.




Şekil 3.3. Çalışma Alanı

Çalışma alanında yer alan içme suyu ve kanalizasyon şebekelerine ait veriler ncz dosya formatında yer almaktaydı. Veriler CBS platformları yardımıyla geojson

formatına dönüştürerek kullanıma hazır hale getirmiştir. Çalışma alanına ait altyapı verileri web servis desteğinden yararlanan Mapbox Studio ortamına geojson formatında aktarılmıştır (Şekil 3.4.).

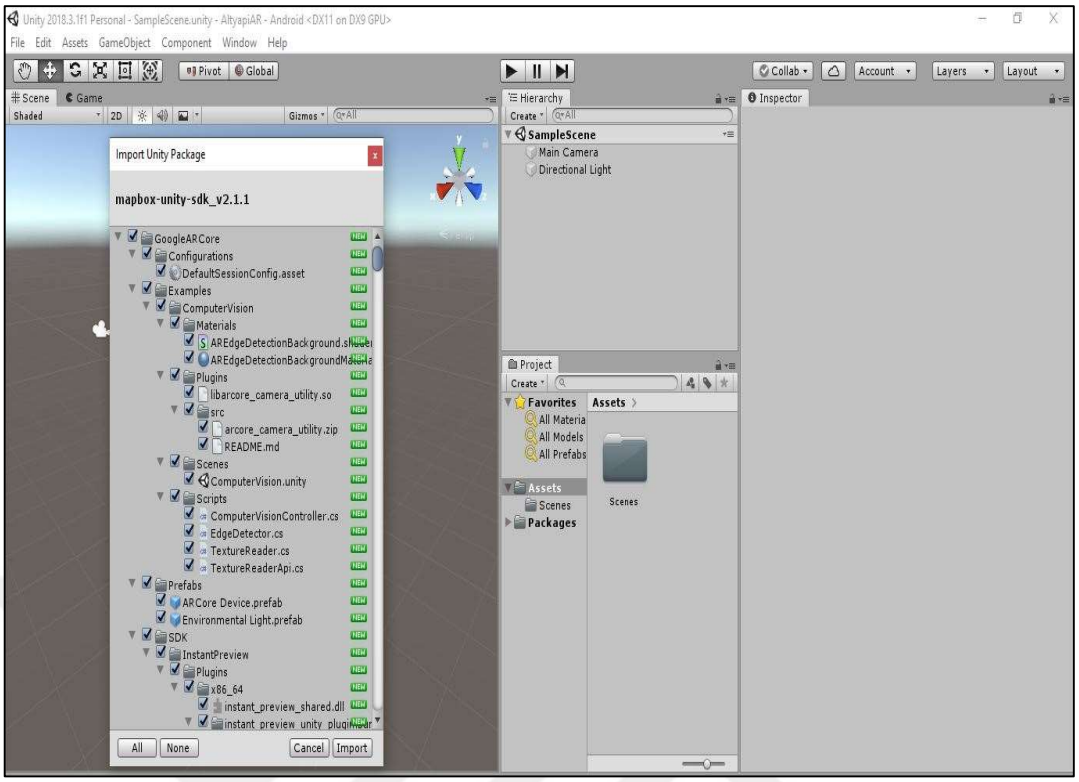



Şekil 3.4. Mapbox Studio Ortamında Altyapı Verileri

### 3.2.2. Uygulamanın tasarlanması

Mapbox tarafından coğrafi verilerin Unity platformuna kolayca aktarılması ve lokasyon bazlı mobil uygulamalar tasarlanabilmesi için Unity SDK'sı tasarlanmıştır (Şekil 3.5.). Mapbox Unity SDK'sı, Unity içerisinde açıldığında birçok örnek uygulama karşımıza çıkmaktadır. Dünya ölçeğinde AR uygulamaları için de Mapbox tarafından World Scale AR (Dünya Ölçeğinde AR) örneği hazırlanmıştır. Mobil AR uygulaması tasarlanırken Mapbox Unity SDK 2.1.0 versiyonu kullanılmıştır.

Unity platformuna Mapbox tarafından üretilmiş olan Mapbox Unity SDK 2.1.0'ı dahil ederek uygulamamı tasarlanmaya başlanılmıştır. Unity ortamına aktarılan Mapbox Unity SDK'sı konuma dayalı oyun ve AR uygulamaları tasarlanmasına katkı sağlamaktadır.

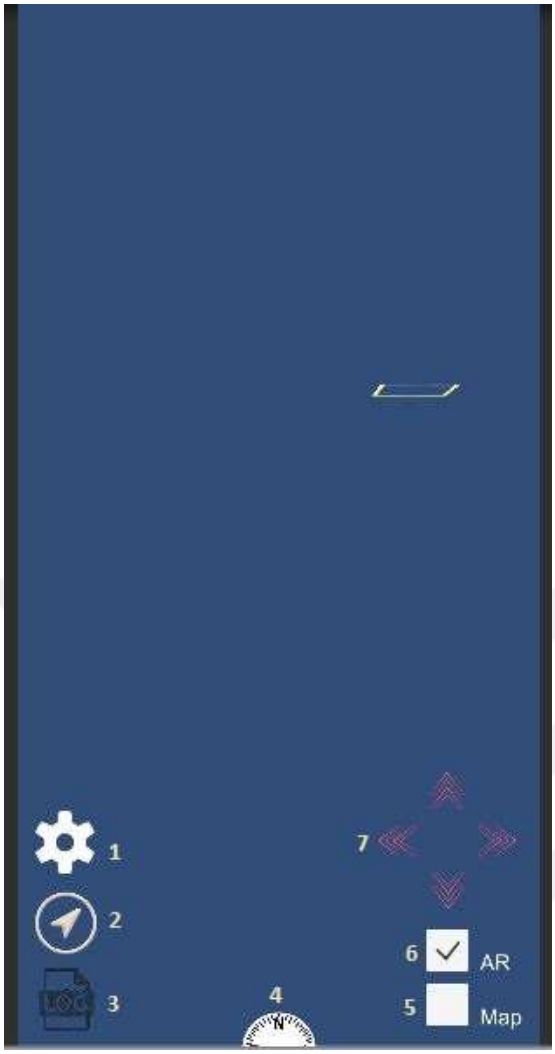



Şekil 3.5. Mapbox Unity SDK'sı Görseli

Unity 3D içerisinde uygulama tasarlama aşamasında oluşturulan sahnelere eklenmekte olan objelere oyun nesnesi (Game Object) denilmektedir. Mapbox Unity SDK'sı kullanarak oluşturulan uygulamada Mapbox SDK'sı içerisinden alınmış olan beş adet hazır oyun nesnesi bulunmaktadır. Mapbox tarafından coğrafi verilerin görselleştirilmesini ve AR uygulamasına dönüştürülmesini sağlayan bu oyun nesneleri kullanılarak kişiselleştirilmiş uygulama tasarlanmıştır.

Mapbox tarafından örnek olarak hazırlanan Dünya Ölçeğinde AR uygulaması içerisinde; ARRoot, MapCamera, ArAlignedMap, DebugCanvas ve LocationProvider objeleri bulunmaktadır.

Unity 3D yazılımı aracılığıyla uygulamalar tasarlarken ana ekranda yer alan butonlara .png formatında görüntüler yükleyerek istenilen simgelerle görselleştirmek mümkün kılınmıştır. Uygulama tasarlanırken ana ekranda yer alan butonlara uygun görseller kullanarak anlaşılabilir bir tasarım yapmaya özen gösterilmiştir.




Şekil 3.6. AR Uygulamasının Ana Ekran Tasarımı

Ana ekran tasarımında yedi adet buton kullanılarak bu butonlar yardımıyla uygulama üzerinde işlemlerin yapılması sağlanmıştır (Şekil 3.6.). Oluşturulmuş olan butonlar;

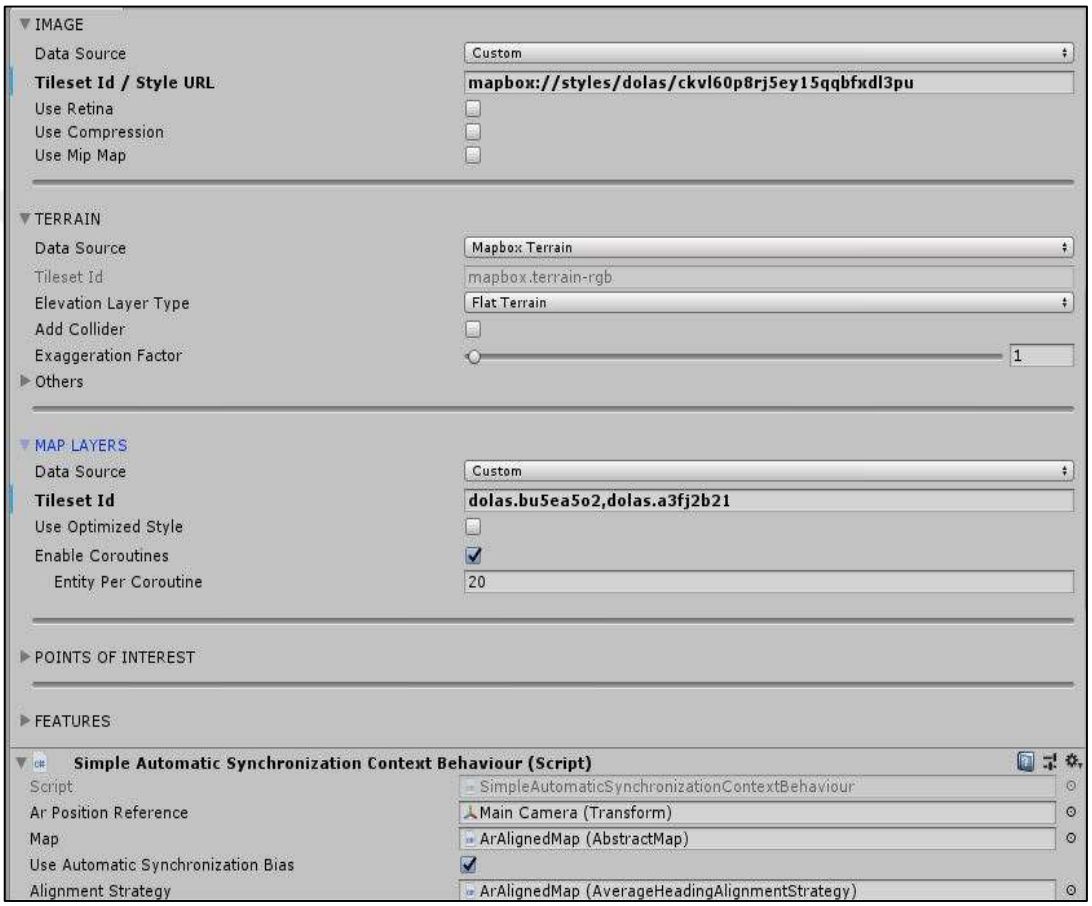
1. Ayar (Settings) simgesi olarak gösterilmiş olan buton, konumsal hassasiyetlerin yetersiz olduğu yerlerde AR ortamında gösterilen verilerin doğrultu ayarlamalarının manuel olarak yapılmasını sağlamaktadır. Bu butona basıldığında 7 numaralı yön butonları açılmakta ve yön butonları yardımıyla da manuel ayarlamalar yapılmaktadır.
2. GNSS simgesi ile gösterilmiş olan buton yardımıyla uygulamayı kullanan kullanıcının hareket halinde olması durumunda konum hassasiyetine

bağlı olarak verilerin güncellenmesinin yetersiz olması mümkündür. Bu durumlarda buton aracılığıyla GNSS konumuna göre verilerin tekrardan güncellenmesini sağlanmaktadır. Bu buton yardımıyla zemin üzerinde görünen veriler yenilenerek tekrardan gösterilmektedir.

3. Log simgesi ile gösterilmiş olan 3 numaralı buton GNSS kayıtlarının tutulduğu yerdir. GNSS hassasiyetlerini ve anlık GNSS okumalarını görmemizi sağlamaktadır.
4. Pusula uygulamayı kullanmakta olan kullanıcının yön tespitine katkı sunmaktadır.
5. Map olarak ifade edilmiş olan buton yardımıyla coğrafi verilerin yanında yolların ve önemli binaların yer aldığı bir haritanın ekranda gösterilmesi sağlanmaktadır. Bu harita Mapbox Studio aracılığıyla Mapbox altlık haritaları yardımıyla hazırlanmıştır.
6. AR olarak ifade edilmiş olan buton, telefonun kamerasının açık olduğu ve telefonun ekranına coğrafi verilerin konumlarına göre yerleştirildiği AR platformunun kullanılmasını sağlamaktadır.
7. Yön oklarının yer aldığı bu butonlar yardımıyla 1 numaralı butonda ifade edilmiş olan manuel ayarlamaların yapılması sağlanmaktadır (Tvfkufuk, 2018; Tekin, 2019).

Mapbox web servisi aracılığıyla Unity 3D içerisinde görüntülenmesi sağlanmış olan coğrafi verilerin uygulama üzerindeki görünümüyle alakalı olarak düzenlemeleri Unity 3D platformunda yapmak mümkün olmaktadır. Coğrafi verilerle ilgili tüm düzenlemeler için ArAlignedMap olarak adlandırılan obje kullanılmaktadır. ARAlignedMap objesi içerisinde bazı ayar tanımlamaları yapılmıştır. Bu obje içerisinde bulunan ayar tanımlamaları yardımıyla coğrafi veriler ile ilgili düzenlemeler yapılmaktadır. Coğrafi verilerin Unity 3D'de görselleştirilmesi ile ilgili 3 farklı verinin görselliği düzenlenmiştir. Image olarak ifade ettiğimiz kısım; coğrafi verilerin, yolların ve önemli binaların yer aldığı haritanın görselliğinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Terrain kısmı yardımıyla arazi yüzey modellemesinin yapılması sağlanmaktadır. Map Layers yardımıyla AR ortamında gösterilecek verilerin düzenlemeleri yapılmaktadır.

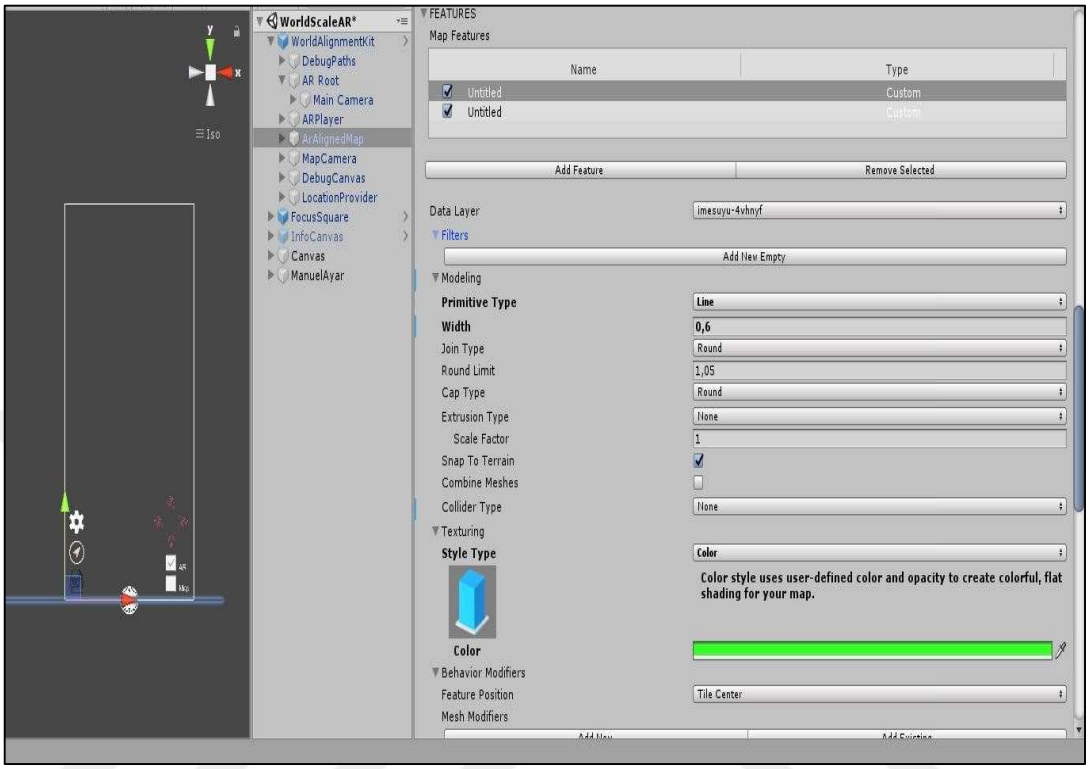
Harita ve AR düzenlemeleri yapılmış olan ArAlignedMap objesinde Mapbox Studio da yer almakta olan coğrafi verilerin kullanılması için coğrafi servis url bilgileri kullanılmaktadır (Şekil 3.7.). Mapbox Studio da oluşturduğumuz her veri kümesi için bir özel kimlik numarası (id) oluşturulmaktadır. Her veri kümesi için oluşturulan id bilgileri kullanılarak birden fazla veri kümesinin yer aldığı haritalar hazırlamak mümkündür.




Şekil 3.7. ArAlignedMap Objesi

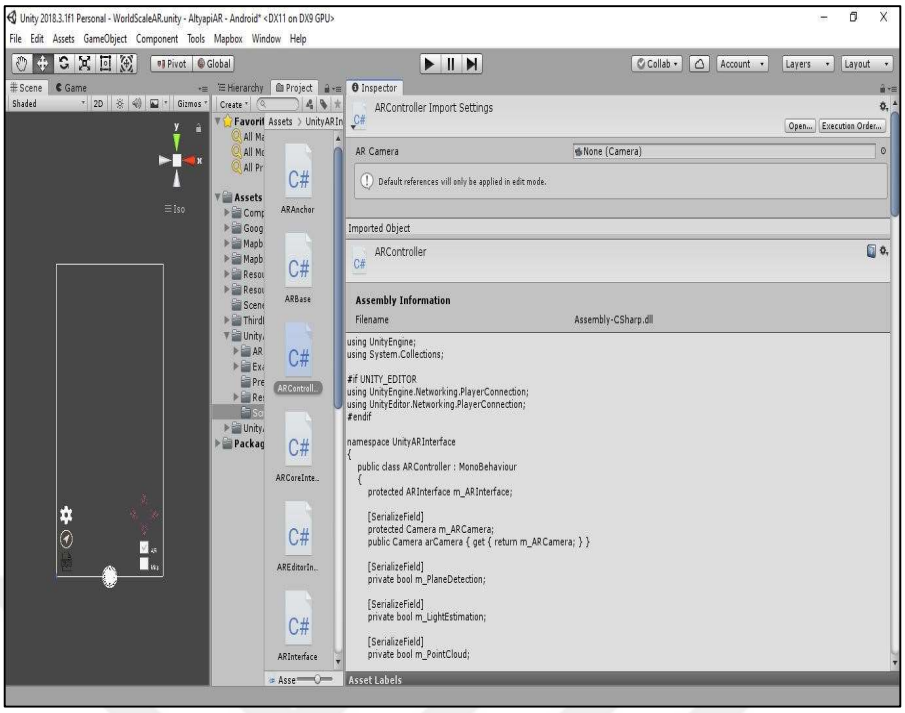
ArAlignedMap objesi içerisinde ayarlanmış olan iki coğrafi veri kümesi vardır; içme suyu verileri ve kanalizasyon verileri. Coğrafi veri kümelerimizin id bilgileri ile Unity 3D ortamında açılması sağlandıktan sonra veri kümeleri ile ilgili düzenlemeler yapılabilmektedir. Veri özellikleri olarak adlandırılan özellikler kullanılarak her veri kümesinin Unity 3D platformundan ayarlanması sağlanabilmektedir. Coğrafi veri

kümelerinin gösterim şekli, boyutu ve konumu kolayca ayarlanabilmektedir (Şekil 3.8.).



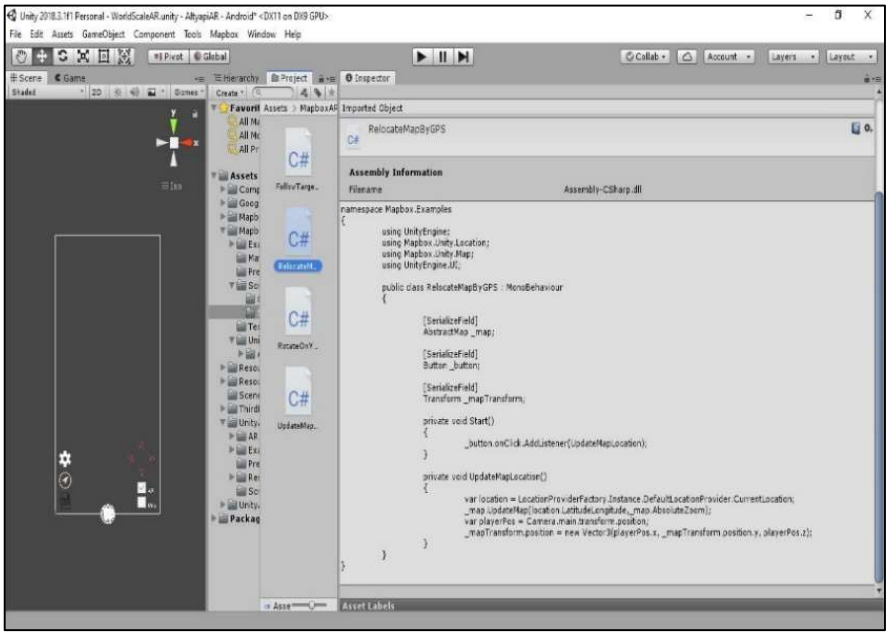

Şekil 3.8. Veri Kümelerinin Düzenlenmesi

Görselliği oluşturulmuş olan coğrafi verilerle yapılmış olan testlerde çizgisel coğrafi verilerde doğrultu problemlerine rastlanmıştır. Noktasal verilerin doğrultusu bulunmamasından dolayı daha hassas olarak konumlandığı bilinmektedir. Çizgisel ve alansal coğrafi veriler kullanılarak hazırlanan AR uygulamalarında çizgisel verinin doğrultusu da önemlidir. Doğrultu ile ilgili problemlerin düzenlenmesi için butonlar yardımıyla ayarlama özelliği kullanılabilmektedir. Butonlar yardımıyla verilerde doğrultu değişikliği; AR uygulamasında ekranda gösterilen verilerin butonlar yardımıyla kaydırılması aracılığıyla yapılmaktadır. Tasarlanmış olan mobil AR uygulamasında istenildiğinde kullanılabilmek üzere doğrultu değişikliklerinin sağlandığı yön butonları bulunmaktadır (Şekil 3.9.).




Şekil 3.9. ArController Objesi

Mobil telefonlarda kullanıcıların hareket ettikten sonra GNSS hassasiyetinin tekrar sağlanması zaman almaktadır. Tasarlanan mobil AR uygulamasında GNSS butonu yardımıyla haritanın güncellenmesi sağlanmaktadır (Şekil 3.10.).




Şekil 3.10. Gnss Butonu Ayarları

Unity paltformu aracılığıyla gerekli düzenlemeler yapılarak oluşturulan AR uygulaması Android İşletim Sistemi 7.0 ve üzeri mobil cihazlarda uyumlu olarak çalışması sağlanarak dizayn edilmiştir. Google ARCORE desteğinin de bulunduğu uygulamada altyapı verilerinin AR ortamında görselleştirilmesi sağlanmıştır.

Tasarlamış olduğumuz mobil AR uygulamasının test edilmesi sürecinde Xiaomi Redmi Note 8 cihazı kullanılmıştır. Cihazın teknik özellikleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

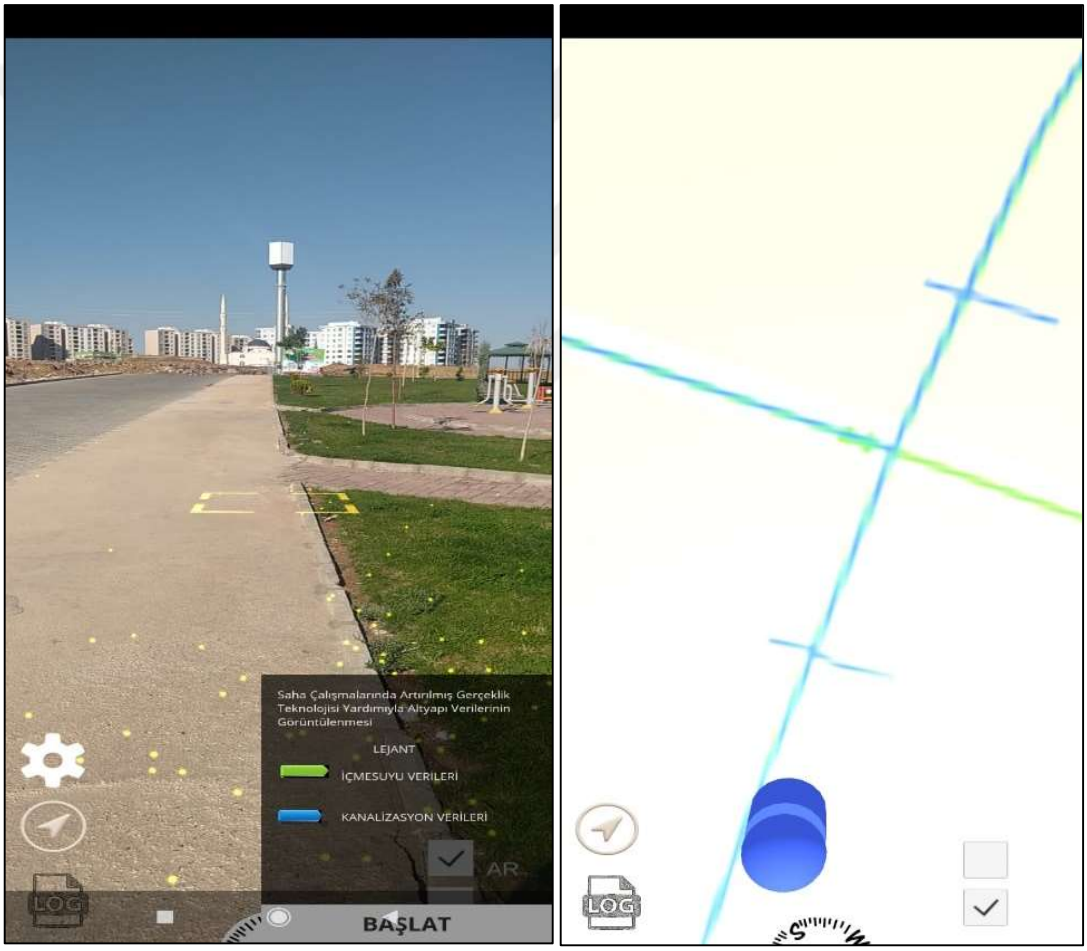
Çizelge 4.1. Kullanılan Cihazın Teknik Özellikleri

| **EKRAN** | |
|---|---|
| Ekran Teknolojisi: | IPS LCD |
| Ekran Boyutu: | 6,3 inç |
| En-Boy Oranı: | 19,5:9 |
| Ekran Çözünürlüğü: | 1080 x 2340 piksel |
| Piksel Yoğunluğu: | 409 ppi |
| Renk Derinliği: | 16 Milyon Renk, 24 bit |
| Ekran / Gövde Oranı: | 82% |
| Ekran Yenileme Hızı: | 60 Hz |
| **DONANIM / YAZILIM ÖZELLİKLERİ** | |
| İşletim Sistemi (OS): | Android 9.0 Pie |
| Kullanıcı Arayüzü (UI): | MIUI V10 |
| Yonga Seti (Chipset): | Qualcomm Snapdragon 665 |
| İşlemci (CPU) Çekirdek Sayısı: | 8 |
| Merkezi İşlem Birimi (CPU): | 4x 2.0 GHz Kryo 260, 4x 1.8 GHz Kryo 260 |
| CPU Üretim Teknolojisi: | 11 nm |
| İşlemci (CPU) Tasarım: | 64 bit |
| Grafik İşlemcisi (GPU): | Qualcomm Adreno 610 |
| **BAĞLANTI ÖZELLİKLERİ** | |
| Wi-Fi: | 802.11a (IEEE 802.11a-1999) |
| USB Bağlantı Tipi: | USB Type-C |
| Bluetooth Versiyon: | 4.2 |
| Navigasyon: | GPS, A-GPS, GLONASS, BDS (BeiDou) |
| Diğer Bağlantı Tipleri: | Kızılötesi bağlantı noktası |
| | VoLTE |

# 4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

## 4.1. Araştırma Bulguları

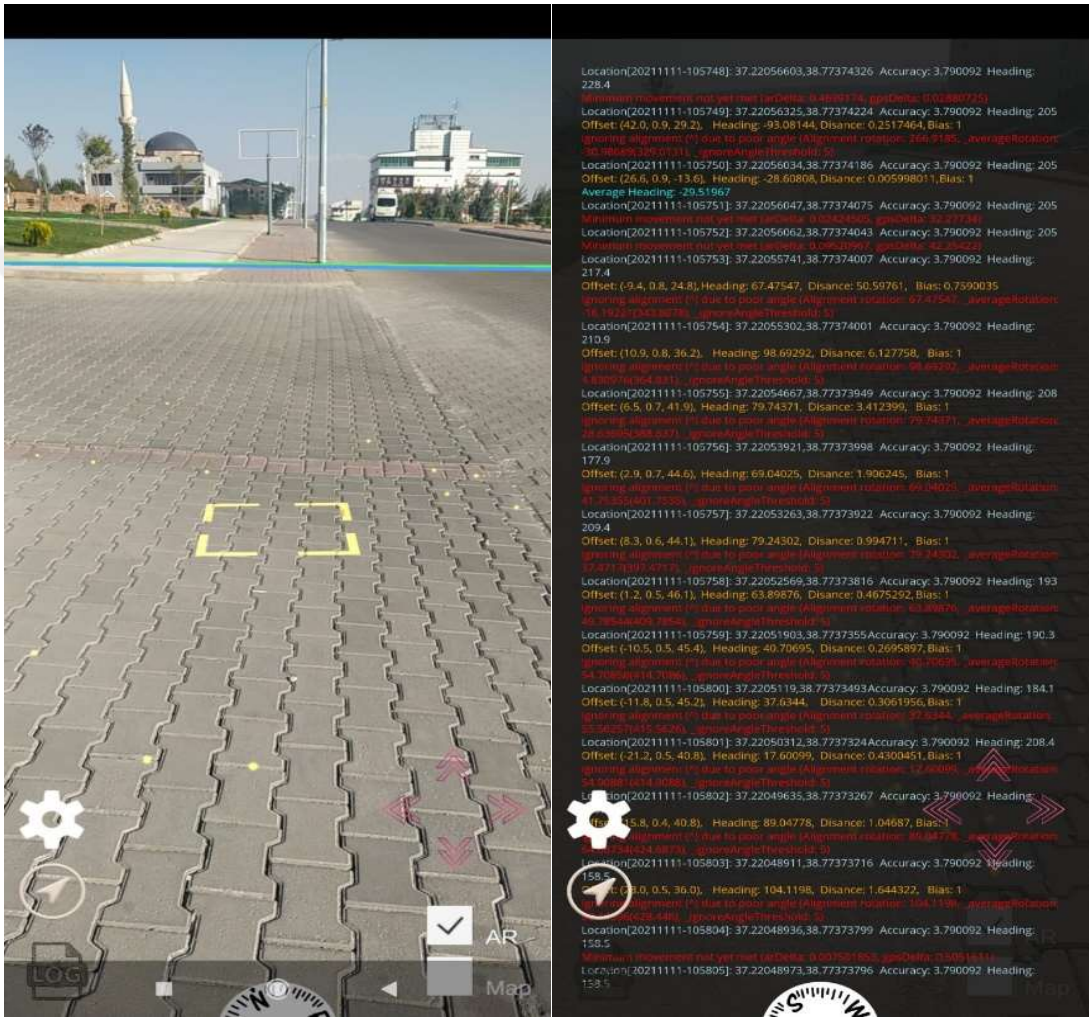
Tasarladığımız mobil artırılmış gerçeklik (AR) uygulamasında altyapı şebekelerine ait çizgisel verileri kullanılmıştır (Şekil 4.1.).




Şekil 4.1. Mobil AR Uygulamamızın Ana Ekranı

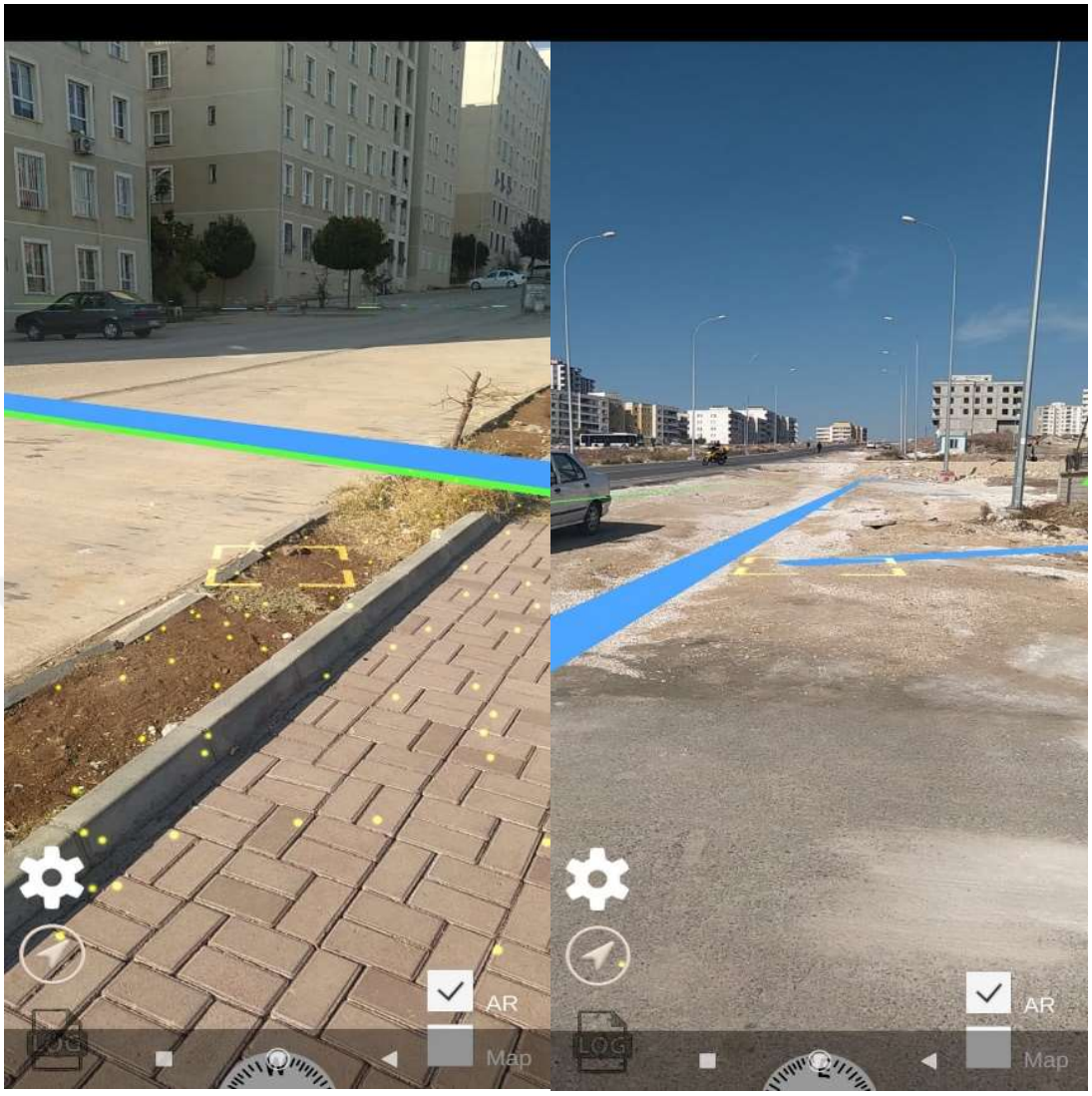
Çizgisel verilerin daha hassas bir şekilde konumlandırılabilmesi için tasarlanan mobil uygulamalarda, verilere hareket özelliği sağlayan manuel ayarlama butonları eklenebilmektedir. Manuel ayarlama butonları yardımıyla tasarlanacak olan mobil AR

uygulamalarında, çizgilerin gerçek dünya üzerinde yer kontrol noktaları aracılığıyla hassas olarak konumlandırılabilmesi için çalışma alanında bilinen sabit noktalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bilinen sabit noktalar veya arazi üzerinde görülebilen altyapı verileri aracılığıyla AR görüntülerine ait çizgilerin noktalara göre konumlandırılması sağlanabilmektedir (Şekil 4.2.).




Şekil 4.2. Mobil AR Uygulamamızın Görüntüleri

Hazırlanan uygulamanın konum doğruluğunu belirlemek amacıyla coğrafi veriler üzerinde belirlenmiş olan yer kontrol noktaları ile sahada AR uygulamasına ait görüntüler kullanılarak koordinat okumaları yapılmıştır (Şekil 4.3.).




Şekil 4.3. Mobil AR Uygulamamızın AR ortamında görüntüleri

Arazi üzerinde yapılan koordinat okumaları hem CORS destekli GNSS alıcısı ile hem de mobil uygulama üzerinden gerçekleştirilmiştir. Mobil AR uygulamasında görülen hat ile arazi üzerinden alınan koordinatlar karşılaştırılmıştır. Mobil AR uygulamasında manuel düzeltme yapılarak arazi üzerindeki hat doğrultuları altyapı verileriyle çakıştırıldığı için mobil AR uygulamasından elde edilen konum bilgisine güvenilmemiştir ve doğrulama kriteri olarak kullanılmamıştır. Yapılan çalışmada koordinat sistemi olarak UTM koordinat sistemi WGS84 Datumu 6 derecelik dilimler (Dilim numarası 37, Dilim orta meridyeni 39) kullanılmıştır. Yer kontrol noktaları üzerinde coğrafi veriden ve sahadan koordinat bilgileri toplanarak tasarlanmış olan mobil AR uygulamasının konum doğruluğu hata teorisindeki çift ölçüler yöntemi ile

ortalama hata hesabı kullanılarak yapılmıştır. Saha verilerinde doğrultu problemleri AR uygulamasında manuel ayarlar yapıldıktan sonra koordinat bilgileri toplanmıştır. Bundan dolayı saha verileri daha hassas olarak CORS yardımıyla toplanabilmiştir (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.2. Kontrol Amaçlı Alımı Yapılan Koordinatlar

| Nokta No | Arazi Koordinatları | | AR Uygulaması ile CORS Koordinatları | |
|---|---|---|---|---|
| | Sağa (m) | Yukarı (m) | Sağa (m) | Yukarı (m) |
| 1 | 479811,89 | 4119162,92 | 479811,88 | 4119162,62 |
| 2 | 479817,90 | 4119163,24 | 479817,91 | 4119163,03 |
| 3 | 479825,41 | 4119163,14 | 479825,60 | 4119162,98 |
| 4 | 479833,04 | 4119163,42 | 479833,05 | 4119163,53 |
| 5 | 479844,21 | 4119163,38 | 479844,39 | 4119163,56 |
| 6 | 479861,33 | 4119163,72 | 479861,52 | 4119164,16 |
| 7 | 479890,48 | 4119164,16 | 479890,86 | 4119164,87 |
| 8 | 479926,85 | 4119164,72 | 479926,91 | 4119164,99 |
| 9 | 479958,71 | 4119165,20 | 479958,83 | 4119164,96 |
| 10 | 479994,48 | 4119165,77 | 479994,49 | 4119165,58 |
| 11 | 480021,53 | 4119166,18 | 480021,61 | 4119165,90 |
| 12 | 480057,50 | 4119166,73 | 480057,69 | 4119166,23 |
| 13 | 480090,05 | 4119167,28 | 480090,01 | 4119167,22 |
| 14 | 480093.48 | 4119167.14 | 480093.18 | 4119166.76 |
| 15 | 480097.57 | 4119167.30 | 480097.28 | 4119167.32 |
| 16 | 480100.04 | 4119171.66 | 480100.10 | 4119171.14 |
| 17 | 480100.41 | 4119177.03 | 480100.27 | 4119176.85 |
| 18 | 480100.97 | 4119189.94 | 480100.84 | 4119189.75 |
| 19 | 480101.39 | 4119197.07 | 480101.29 | 4119196.83 |
| 20 | 480102.72 | 4119209.65 | 480102.55 | 4119209.85 |
| 21 | 480105.96 | 4119231.95 | 480105.76 | 4119231.79 |

Çizelge 4.2.'de pilot bölge olarak seçilen sahadan alınan UTM koordinatları görülmektedir. Çizelge 4.3.'de, sahadan toplanan koordinatlar arasında farklar alınarak Sağa koordinat farkları ($de$) ve Yukarı koordinat farkları ($dn$) hesapları santimetre biriminde yapılmıştır (Eşitlik 4.1. ve 4.2.) (Yalçınkaya, 2019).

$$de = (y_{AK} - y_{AR}) * 100 \quad (4.1.)$$

$$dn = (x_{AK} - x_{AR}) * 100 \quad (4.2.)$$

Burada, $x_{AK}, y_{AK}$ ve $x_{AR}, y_{AR}$ sırasıyla arazi ve artırılmış gerçeklik uygulamasından alınan koordinatlardır.

Çizelge 4.3. Koordinatlar Arası Farklar

| Nokta No | Koordinat Farkları | |
|---|---|---|
| | $de$ (cm) | $dn$ (cm) |
| 1 | 1 | 30 |
| 2 | 1 | 21 |
| 3 | 19 | 16 |
| 4 | 1 | 11 |
| 5 | 18 | 18 |
| 6 | 19 | 44 |
| 7 | 38 | 71 |
| 8 | 6 | 27 |
| 9 | 12 | 24 |
| 10 | 1 | 19 |
| 11 | 8 | 28 |
| 12 | 19 | 50 |
| 13 | 4 | 6 |
| 14 | 30 | 38 |
| 15 | 29 | 2 |
| 16 | 6 | 52 |
| 17 | 14 | 18 |
| 18 | 13 | 19 |
| 19 | 10 | 24 |
| 20 | 17 | 20 |
| 21 | 20 | 16 |

Hesaplanan $dn$ ve $de$ değerleri kullanılarak yukarı, sağa ve bileşke ortalama hata hesapları Eşitlik 4.3.'teki ölçü çiftleri arasında ortalama hata formülü ile hesaplanmıştır (Yalçınkaya, 2019).

$$Ortalama\ Hata = \pm\sqrt{\frac{[d_i d_i]}{2 * n}} \tag{4.3.}$$

Burada, $d_i$ her bir ölçü çiftinin yukarı ve sağa arazi koordinatları ile AR uygulamasının CORS ile birlikte alınan koordinatlar arasındaki farkları; $n$ ise toplanan kontrol noktası sayısını göstermektedir. Eşitlik 4.3.'e göre hesaplanan sağa ortalama hata değeri

±11,9cm, yukarı ortalama hata değeri ±21,8cm ve bileşke ortalama hata değeri ±24,9cm'dir.

## 4.2. Tartışma

AR teknolojisi yazılım ve donanımlar üzerinde yapılan geliştirmeler ile daha da gelişecektir. Konum tabanlı AR uygulamaları, konumsal verilerin gerçek dünya üzerinde hassas bir şekilde yerleştirilebilmesi için konumsal hassasiyetlerden etkilenmektedir. Coğrafi veriler kullanılarak hazırlanan AR uygulamalarında, noktasal veriler ile tasarlanan uygulamalar daha başarılı sonuçlar verebilmektedir. Noktasal verilerde konumsal hassasiyetlerin daha iyi olduğu görülen AR uygulamalarında çizgisel verilerin kullanılmasıyla çizgilerin doğrultularının hassas olarak kullanılamadığı görülmektedir. Çizgisel verilerle tasarlanan AR uygulamalarının arazi üzerindeki yer kontrol noktaları ile manuel olarak ayarlanması gerekmektedir.

Altyapı çalışmalarının sağlıklı yürütülebilmesi için altyapı yönetimi içerisinde yer alan tüm paydaşların görüş ve önerilerinin alınması gerekmektedir. Altyapı firmalarının yanında kamu kurumlarının da yer aldığı altyapı yönetiminin ortak bir payda üzerinde gerçekleşmesi gerekir. Altyapı ile ilgili coğrafi verilerin tüm paydaşlar dahil edilerek toplanması sağlanarak bu verilerin tüm paydaşlar tarafından kullanılması sağlanmalıdır. Tüm paydaşların yer aldığı çalışmalarda tüm altyapı şebekeleri korunabilmektedir.

Kullanılan akıllı telefonların konum duyarlığı ek aparatlar kullanılmadan istenilen hassas konum duyarlığına ulaşamadığı için bu uygulamalarda harici konum bilgisi jeodezik GNSS aletleri ile kontrol edilmelidir.

# 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yazılımı üretmekte olan firmalar tarafından ücretli olarak sunulan artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisi hizmetleri yaygınlaşmaktadır. CBS yazılımı kullanarak coğrafi verilerini bir coğrafi sunucuda barındıran kişi ve kurumların AR uygulamasında verilerini görmesi sağlanabilmektedir. Ücretsiz ve açık kaynak kodlu olan geliştirmeye açık yazılımlarda AR uygulaması tasarlamayla ilgili geliştirmelerin yaşanması ile konumsal AR uygulamalarının tasarlanması kolaylaşacaktır.

Tasarlanmış olan mobil uygulamanın yaygınlaştırılabilmesi açısından çizgisel verilerde yaşanan doğrultu problemlerinin giderilmesi gerekmektedir. AR uygulamalarının tasarlanma sürecinde sıklıkla yaşanan bu problemin ek donanımlar kullanılarak giderilebilmesi mümkündür. Mobil cihazlar üzerinde kullanılmak üzere tasarlanan AR uygulamalarında manuel ayar butonları ekleyerek bu butonlar yardımıyla doğrultu düzeltmelerinin yapılması sağlanabilmektedir. Manuel olarak hassas bir ayarlama yapılabilmesi için sahada bilinen sabit noktalara ihtiyaç vardır. Sahada bilinen sabit noktaların AR uygulamalarında noktasal semboller ile gösterilmesinin sağlanması manuel ayarlamaların yapılmasına kolaylık sunacaktır. Her ne kadar alan olarak birkaç sokağı kapsayan bir bölgede böyle bir yöntemin kullanılması kolay olsa da birçok sokağı kapsayacak bir çalışma için çok daha fazla sabit noktaya ihtiyaç duyulacaktır. AR uygulamalarında donanımsal gelişmelerin yaşanması ile birlikte doğrultu problemlerinin de çözülebileceği bilinmektedir.

Coğrafi veriler ve saha verilerinden elde edilen koordinat okumaları arasında yapılan karşılaştırma neticesinde ±24,9cm'lik bir ortalama hata elde edilmiştir. Hesaplanan ortalama hata ile saha çalışmalarında yapılacak kazı işlemlerinde çalışma alanının yakınında hazırlamış olduğumuz AR uygulamasının kullanılması sürecin yürütülmesi açısından büyük avantajlar sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA


AĞUŞ, M. ve DİNÇ, A. O., 2011. Altyapı Bilgi Sistemleri ve Ülkemizde Uygulamalarının Değerlendirilmesi. Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26 (1), 165-174.

AKBAŞ, M. F. ve GÜNGÖR, C., 2017. Arttırılmış Gerçeklikte İşaretçi Tabanlı Takip Sistemleri Üzerine Bir Literatür Çalışması ve Tasarlanan Çok Katmanlı İşaretçi Modeli. Journal Of Science And Engineering, 19 (56), 599-619.

ALBAYRAK, M. ve ALTINTAŞ, V., 2017. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Veritabanı Dersinde Kullanımı. İstanbul Eğitimde Yenilikçilik Dergisi, 3 (1), 13-23.

ALTADMORY, A., 2013. Using Geographic İnformation System To Maintenance And Upgrading Public Utility Networks Using Technology AM/FM. International Journal Of Innovation And Applied Studies, 3(3), 651-661.

ALTINPULLUK, H. ve KESİM, M., 2015. Geçmişten Günümüze Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarında Gerçekleşen Paradigma Değişimleri. Akademik Bilişim Kongresi 4-6 Şubat, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

ALTINPULLUK, H., 2015. Artırılmış gerçekliği anlamak: kavramlar ve uygulamalar. Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi AUAd, Cilt 1, Sayı 4, 123-131, Eskişehir.

ANOMALUSUNDRDOG, 2009. Unity Lesson 1 Draft, http://forum.unity3d.com/threads/unity-lesson-1-draft.103421/ [Erişim Tarihi: 11-11-2021]

AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., FEINER, S., JULIER, S., MACINTYRE, B., 2001. Recent Advances in Augmented Reality. IEEE Computer Graphics And Applications, 21.6, November/December, 34- 47.

AZUMA, R., 1997. A Survey of Augmented Reality, Teleoperators and Virtual Environments, Cilt. 6, No. 4, s. 355-385.

AROL, K. P., 2014. Mobile Augmented Reality Supportıng Marketing: Using Mobile's Augmented Reality-Based Marketing Applications To Promote Products Or Services To End Customers, https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/83259/Kengne_Paul_Arol.pdf?sequence=1.

ARTH, C., GRASSET, R., GRUBER, L., LANGLOTZ, T., MULLONI, A., WAGNER, D. ve SCHMALSTIEG, D., 2015. The History of Mobile Augmented Reality, Graz, http://arxiv.org/abs/1505.01319.

ARSLAN, A. ve ELİBOL, M., 2015. Eğitsel artırılmış gerçeklik uygulamalarının incelenmesi: Android işletim sistemi örneği, International Journal of Human Sciences, Volume: 12 Issue: 2, 2015.

AZUMA, R., BILLINGHURST, M. ve KLINKER, G., 2011. Special Section On Mobile Augmented Reality. Computers And Graphics (Pergamon), 35(4), Vii–Viii.

BAYRAKTAR, Z., 2019. Altyapı Koordinasyon Merkezleri İçin Konumsal Veri Standartlarına Uygun Bilgi Sistemi Tasarımı: Trabzon Örneği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 124 s.

BEHZADAN, A. H. ve KAMAT, V. R., 2009. Interactive Augmented Reality Visualization For İmproved Damage Prevention And Maintenance Of

Underground Infrastructure. In Construction Research Congress 2009: Building A Sustainable Future, 1214- 1222.
BEHZADAN, A. H., DONG, S. ve KAMAT, V. R., 2015. Augmented Reality Visualization: A Review Of Civil Infrastructure System Applications. Advanced Engineering Informatics, 29 (2), 252-267.
BUTLER, J., 2020. 21st Century Digital Art, A Collaborative Survey Of Digital Art Made Since 2000, Erişim Adresi: http://www.digiart21.org/art/eyetap [Erişim Tarihi: 01.01.2022]
BÜYÜKKARAKURT, A., 2019. Altyapı Bilgi Sistemi Ve Konya Örneği. Konya Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 73s.
CRAIG, A. B., 2013. Understanding Augmented Reality: Concept and Applications, Elsevier Science, USA.
ÇAKAL, M. A. ve EYMİRLİ, E. B., 2012. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi. Kuzeydoğu Anadolu Kalkınma Ajansı.
ÇETİNKAYA, H. H. ve AKÇAY, M., 2013. Eğitim Ortamlarında Arttırılmış Gerçeklik Uygulamaları. Akademik Bilişim Kongresi, Antalya, 11, 2015.
DEMİRCİOĞLU, F., 2019. Altyapı Bilgi Sistemlerinde Artırılmış Gerçeklik Ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Entegrasyonu, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 101s.
DEMİREL, F., 2020. Alt Yapı Bilgi Sistemi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 2020. 43s.
DURAK, H. ve Ark., 2020. Arkeoloji Alanında Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Kullanımına Yönelik Üniversite Öğrencilerinin Görüşlerinin İncelenmesi, Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi – ENAD, Cilt 8 / Sayı 1.
EKİN, E. ve ÇABUK, A., 2011. OGC Olanakları ile CBS Tabanlı Hizmet Yönetimi: Akıllı Altyapı. In 6th International Advanced Technologies Symposium, 16-18.
ELDEM, H. ve ELDEM, A., 2015. Artırılmış Gerçeklik ile Mobil Uygulamalar. XVII. Akademik Bilişim Konferansı, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
ERBAŞ, Ç. ve DEMİRER, V., 2014. Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamaları: Google Glass örneği. Journal of Instructional Technologies and Teacher Education, 3 (2).
ENÖNÜ, R., 2020. Kentsel Yönetimlerde Altyapı Yönetim Bilgi Sisteminin Oluşturulması: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Örneği, İbn Haldun Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 90s.
ERDİN, H. E., 2009. Şehirsel Yerleşmelerde Teknik Altyapı Projelerinin Ortak-Eşgüdümsel Niteliklerinin Belirlenmesi Örnek Alan: Tire Belediyesi / İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Doktora Tezi, İzmir, 335s.
FURHT, B., 2011. Handbook of Augmented Reality, Springer Science+Business Media, 2011.
GÖÇMEN, P. Ö., 2018. Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları ile Yeni Medya Reklam Tasarımı. Sanat ve Tasarım Dergisi, (22), 175-191.
HEILIG, M., 2016. The Sensorium: A Brief History of Virtual Reality, Erişim Adresi: http://www.thenerdpocalypse.com/the-nerdpocalypse/tag/Sensorama, [Erişim tarihi: 30.12.2021]
HÖLLERER, T., FEINER, S., HALLAWAY, D., BELL, B., LANZAGORTA, M., BROWN, D., JULIER, S, BAILLOT, Y, ROSENBLUM, L., 2001. User

Interface Management Techniques For Collaborative Mobile Augmented Reality. Computers And Graphics, 25 (5), 799-810.
HÖLLERER, T. ve FEINER, S., 2004. Mobile Augmented Reality. Telegeoinformatics: Location-based Computing and Services, 21.
İBİLİ, E. ve ŞAHİN, S., 2013. Artırılmış Gerçeklik ile İnteraktif 3d Geometri Kitabı Yazılımın Tasarımı ve Geliştirilmesi: ARGE3D. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13 (1), 1-8.
İÇTEN, T. ve BAL, G., 2017. Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 5 (2), 111-136.
KALECİ, D., DEMİREL, T., ve AKKUŞ, İ., 2016. Örnek Bir Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Tasarımı. XVIII. Akademik Bilişim Konferansı, Aydın, Türkiye. Kapluhan, E. (2014). Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) Coğrafya Öğretiminde Kullanımının Önemi ve Gerekliliği. Marmara Coğrafya Dergisi, 29 (1), 34-59.
KARATAY, A., 2015. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi ve Müze İçi Eser Bilgilendirme ve Tanıtımlarının Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Yordamıyla Yapılması, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisas Tezi, Kütahya, 153s.
KARTAL, B., 2018. Gerçek Arttırılmış Gerçeklik Teknolojisi İlk Olarak Otomobillerde Kullanılacak, Erişim Adresi: https://www.webtekno.com/gercek-arttirilmis-gerceklik-teknolojisi-ilk-olarak-otomobillerde-kullanilacak-h32895.html, [Erişim Tarihi: 02.01.2022]
KATIYAR, A., ve ark., 2015. Marker Based Augmented Reality, Advances in Computer Science and Information Technology (ACSIT), Volume 2, Number 5; April-June, 2015 pp. 441-445.
KESKİN, M. E. ve YILMAZ, A. G., 2005. Altyapı Şebekelerinin Yönetiminde Kent Bilgi Sisteminin Önemi. 4. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, 45-46.
KILIÇ, T., 2016. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin İç Mekân Tasarım Sürecinde Kullanılması, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2016.
KIVRAK, S. ve ARSLAN, G., 2018. İnşaat Proje İmalatlarında Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Uygulamaları. Politeknik Dergisi, 21 (2), 379-385.
KIPPER, G. ve RAMPOLLA, J., 2013. Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide To AR. Elsevier.
KÖSEOĞLU, Ö. ve DEMİRCİ, Y., 2018. Akıllı Şehirler ve Yerel Sorunların Çözümünde Yenilikçi Teknolojilerin Kullanımı. Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi, 4(2), 40-57.
KROLL, C., 2018. Communicating Augmented Reality Devices İmproving Technology Acceptance Among Electric Utility Field Workers. Doctoral Dissertation, Marquette University.
KURTULUŞ, S. 2019. Artırılmış Gerçeklik ile Yapı Bileşenlerine Yönelik Yapı Bilgi Modelleme Destekli Bir Uygulama Önerisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 112s.
KÜÇÜKPEHLİVAN, T., 2014. Altyapı Bilgi Sistemleri ve CBS Entegrasyonları. ICSG 2014 Bildiri Kitabı, 197-200.
LIVINGSTON, M. A., ROSENBLUM, L. J., JULIER, S. J., BROWN, D., BAILLOT, Y., SWAN, J. E., GABBARD, J.L. ve HIX, D., 2002. An Augmented Reality

System For Military Operations In Urban Terrain. Proceedings Of The Interservice Industry Training, Simulation, And Education Conference (I/ITSEC '02), Orlando, FL.

LOVEJOY, B., 2017. AR Features For MLB At Bat App Teased In Keynote Won't Go Public Until Next Year, Erişim Adresi: https://9to5mac.com/2017/09/25/mlb-at-bat-augmented-reality/, [Erişim Tarihi:02.01.2022]

LOWOOD, H., 1998. Virtual Reality, Computer Science, Erişim Adresi: https://www.britannica.com/technology/head-mounted-display, [Erişim Tarihi: 30.12.2021]

LUDWIG, C. ve REIMANN, C., 2005. Augmented Reality: Information At Focus. C-Lab Report, 4 (1).

ORTMAN, E. ve SWEDLUND, K., 2012. Guidelines For User Interactions In Mobile Augmented Reality. Umeå University.

MapBox. (2021). World-scale AR. Maps, geocoding, and navigation APIs & SDKs | Mapbox: https://docs.mapbox.com/unity/maps/examples/world-scale-ar/, [Erişim Tarihi: 11-11-2021]

MEDICALFUTURIST, 2017. The Top 9 Augmented Reality Companies in Healthcare, The Medical Futurist, Erişim Adresi: https://medicalfuturist.com/top-9-augmented-reality-companies-healthcare/, [Erişim Tarihi: 02.01.2022]

MILGRAM, P. ve KISHINO, F., 1994. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 77(12), 1321-1329.

MILGRAM, P., TAKEMURA, H., UTSUMI, A., ve KISHINO, F., 1995. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In Photonics for Industrial Applications, International Society for Optics and Photonics, 282-292.

MUJTABA, H., 2020. NVIDIA Readies Turing Powered MX450 Entry-Level Discrete Notebook GPU To Tackle Intel's Xe DG1 And AMD's 7nm Vega Integrated GPUs Erişim Adresi: https://wccftech.com/nvidia-geforce-mx-400-turing-notebook-gpus-tackle-intel-xe-dg1-and-amd-vega-igpus/ [Erişim Tarihi:02.01.2022]

ONEYOUNGWORLD, 2022. The Future Of Augmented Reality İn Advanced Medicine, Erişim Adresi: https://www.oneyoungworld.com/blog/future-augmented-reality-advanced-medicine, [Erişim Tarihi:02.01.2022]

ORLANDI, L., 2018. Improving The Efficiency Of On-Site Operators In Utility Management: Combining Hololens And AR For Real-Time Check Of Electricity Meters, Electronic Imaging, Visual Information Processing and Communication IX, pp. 264-1-264-5(5)

ÖZGÜNEŞ, R. E. ve BOZOK, D., 2017. Turizm Sektörünün Sanal Rakibi (Mi?): Artırılmış Gerçeklik. Uluslararası Türk Dünyası Turizm Araştırmaları Dergisi, 2 (2), 146-160.

POLAT, M., 2017. Coğrafi Bilgi Sistemleri Yaklaşımı ile Tasarlanan Turistik Amaçlı Artırılmış Gerçeklik Uygulaması: Safranbolu Örneği, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük, 85s.

PORTALES, C., LERMA, C., ve NAVARRO, S., 2010. Augmented reality and photogrammetry: A synergy to visualize physical and virtual city

environments, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 65 (2010) 134–142.
RAMAZANOV, R., 2017. Artırılmış Gerçeklik Mobil Uygulaması; İtü Kampüs Asistanı Örneği, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2017.
REITMAYR, G. ve SCHMALSTIEG, D., 2003. Data Management Strategies For Mobile Augmented Reality.
ROTH, R. E., ROBINSON, A., STRYKER, M., MACEACHREN, A. M., LENGERICH, E. J., ve KOUA, E., 2008. Web-Based Geovisualization And Geocollaboration: Applications To Public Health. Joint Statistical Meeting, Invited Session On Web Mapping, 2-5.
SABAH, L. ve ŞİMŞEK, M., 2017. Artırılmış Gerçeklik Yöntemleri ile Konumsal Mobil Kampüs Bilgi Sistemi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(3), 637-649.
SCHALL, G., SCHMALSTIEG, D., ve JUNGHANNS, S., 2010. Vidente-3d Visualization Of Underground Infrastructure Using Handheld Augmented Reality. Geohydroinformatics: Integrating GIS And Water Engineering, 207-219.
SCHALL, G., MENDEZ, E., KRUIJFF, E., VEAS, E., JUNGHANNS, S., REITINGER, B., ve SCHMALSTIEG, D., 2009. Handheld Augmented Reality For Underground Infrastructure Visualization. Personal And Ubiquitous Computing, 13 (4), 281-291.
SCHALL, G., 2013. Mobile Augmented Reality For Human Scale Interaction With Geospatial Models. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
SCHALL, G., 2009. Handheld Augmented Realıty In Civil Engineerıng, Erişim Adresi: https://www.semanticscholar.org/paper/HANDHELD-AUGMENTED-REALITY-IN-CIVIL-ENGINEERING-Schall/52acffca6c1c77b240c5d1d72a8e87578278e7bb, [Erişim Tarihi: 02.01.2022]
SHERMAN, W., ve CRAIG, A., 2003. Understanding Virtual Reality Interface, Application, And Design, Morgan Kaufmann Publishers An imprint of Elsevier Science, USA, 2003.
ŞILAK, G. E., 2020. Kentsel Altyapı Faaliyetlerinin Peyzaj Tasarımı Ve Uygulamalarındaki Önemi: Lapseki Belediyesi Örneği, Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 130s.
SENSORS and SOFTWARE, 2020. Ground Penetrating Radar (GPR) Solutions, Sensors&software: https://www.sensoft.ca/ [Erişim Tarihi: 02.01.2022]
SIRAKAYA, M. ve SEFEROĞLU, S.S., 2016. Öğrenme Ortamlarında Yeni Bir Araç: Bir Eğitlence Uygulaması Olarak Artırılmış Gerçeklik, Eğitim Teknolojileri Okumaları, Salmat Basım Yayıncılık, Ankara, 417-433.
STATT, N., 2020. Google Opens Its Latest Google Glass AR Headset For Direct Purchase Erişim Adresi: https://www.theverge.com/2020/2/4/21121472/google-glass-2-enterprise-edition-for-sale-directly-online [Erişim Tarihi: 02.01.2022]
SÜNGER, İ., 2019. Artırılmış Gerçeklik Kavramı Üzerine İçerik Analizi Çalışması. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 97s.
TEKİN, A. C., 2019. Altyapı Haritaları İçin Konum Tabanlı Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Geliştirilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri

Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 70s.
ZLATANOVA, S., 2002. Augmented Reality Technology. Gıst Report No. 17, Delft, 72.
TINMITH, 2006. Mobile Outdoor Augmented Reality, Erişim Adresi: http://www.tinmith.net/ [Erişim Tarihi: 31.12.2021]
TopGear, 2022. Unite Top Gear's print magazine with their TV content through Augmented Reality, Erişim Adresi: https://www.enginecreative.co.uk/portfolio/tg-mag-extra-augmented-reality/, [Erişim Tarihi:02.01.2022]
TSARCHOPOULOS, P., 2012. Tourism Applications for Smart Cities, Erişim Adresi: https://www.urenio.org/2012/02/22/tourism-applications-for-smart-cities/, [Erişim Tarihi: 02.01.2022]
TVFKUFUK, Instagram-World-Scale-Ar. 2018. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: https://github.com/ufktvfk/ınstagram-world-scale-ar. [Erişim Tarihi: 10-11-2021].
ULUĞ, A., 2020. Müze Sergilerinde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2020. 173s.
VALLINO, J., 1998. Interactive Augmented Reality, University of Rochester, Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree, Doctor of Philosophy, Rochester, New York, 1998.
WARD, P., 2020. A Really Unique And Fun Way To Learn About How The Braın Works… Visually Amazing Erişim Adresi: https://www.perfectprototype.com/site/archives/3770 [Erişim Tarihi:02.01.2022]
YAĞCIOĞLU, İ., 2018. Eğitim ve Öğretimde Artırılmış Gerçeklik Olgularının Kullanımı, Erişim Adresi: https://educathub.com/egitim-ve-ogretimde-artirilmis-gerceklik-olgularinin-kullanimi/ [Erişim Tarihi:02.01.2022]
YALÇINKAYA, M., 2019. Dengeleme Hesabı-1 Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2019.
YEREN, A., 2022. CPU nedir? Erişim Adresi: https://www.mediaclick.com.tr/tr/blog/cpu-nedir [Erişim Tarihi: 02.01.2022]
ZLATANOVA, S., 2002. Augmented Reality Technology, GIS Technology, 2002.