



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# VIRTUAALITODELLISUUS JA TEOLLISUUS

Juho Heinonen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2018  
Tieto- ja viestintäteknikka  
Ohjelmistotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tieto- ja viestintäteknikka  
Ohjelmistotekniikka

HEINONEN JUHO:  
Virtuaalitodellisuus ja teollisuus

Opinnäytetyö 26 sivua  
Toukokuu 2018

---

Opinnäytetyön tavoite oli tutkia tällä hetkellä olemassa olevia tekniikoita ja teknologioita, jotka hyödyntävät virtuaalisia todellisuuksia. Näiden tekniikoiden soveltuvuutta tutkittiin työnteon tehostamisen kannalta. Tutkituista laitteista ja tekniikoista valittiin sopivin prototyyppiä varten. Prototyypin tarkoituksena oli havainnoida yritykselle ja yrityksen ulkopuolelle teknologian mahdollisuuksia nyt ja tulevaisuudessa.

Virtuaalisten todellisuuksien teknologioita tarkasteltiin ensin yleisesti ja jokaisesta teknologiasta mainitaan muutamia suurimpia tekijöitä. Lisäksi mainitaan muita huomioon otettavia laitteita, joiden lähestymistavat virtuaaliseen todellisuuteen ovat erilaisia.

Teknologioita verrattiin yleisesti myös toisiinsa ja niiden soveltuvuutta arvioitiin työn tehostamisen kannalta. Vertailluista teknologioista valittiin parhaiten soveltuvaksi teknologiaksi AR-teknologiat, johon kuuluvia tekniikoita verrattiin tarkemmin. Tekniikoiden vertailussa huomioitiin tilan tarve, laitteen yksikköhinta sekä tulevaisuuden mahdollisuudet. Tässä vertailussa päädyttiin Googlen tarjoamaan ARCore-projektiin, jota voidaan kehittää Android-mobiililaitteille. Syitä tälle valinnalle olivat esimerkiksi Android-laitteiden määrä, älypuhelimien hinta sekä mahdollisuus rajattomaan tilaan.

Vertailujen jälkeen luotiin valitulla tekniikalla sovellus, jolla havainnoidaan kyseisen tekniikan mahdollisuuksia teollisuudessa. Sovellus käyttää puhelimen kameraa havainnoidakseen ympäristöstään pintoja. Sovelluksen havaitsemille pinnoille käyttäjä pystyy luomaan virtuaalisen kahvinkeitin. Sovelluksessa olevia nappeja painamalla käyttäjä pystyy seuraamaan kahvinkeitin käyttöopasta.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in ICT Engineering  
Software engineering

HEINONEN JUHO:  
Virtual reality in manufacturing

Bachelor's thesis 26 pages  
May 2018

---

The goal of this bachelor's thesis was to research existing techniques and technologies that utilize virtual realities. These techniques were also studied from a suitability viewpoint to increase work efficiency in manufacturing. The most suitable technique was selected to create a prototype for Collapick Company Oy. The point of the prototype was to show what virtual realities can do in manufacturing now and what they can do in the future.

Virtual, Augmented and Mixed Reality technologies were researched and compared. A few of the most notable devices in each technology was looked at more closely.

Comparing the technologies lead to the conclusion that AR and MR-technologies were the most suitable to increase efficiency in manufacturing. Size requirements, the cost of a device and future possibilities were taken into consideration. From the existing AR-platforms Google's ARCore was chosen for the prototype application. The main reasons were the amount of Android devices capable of AR, the cost of a AR-capable Android phone and the possibility of a limitless play space in AR.

The created application uses the phones camera to observe and distinguish features and planes in its surroundings. The user could then click on a detected plane to create a 3D-model of a coffeemaker. Tapping on a button in the user interface would start a tutorial on how to make coffee.

---

Key words: virtual reality, augmented reality, mixed reality, manufacturing

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	VIRTUAALITODELLISUUSLASIT JA -LAITTEET .....	7
2.1	Virtuaalinen todellisuus .....	7
2.1.1	HTC Vive .....	8
2.1.2	Oculus Rift .....	9
2.1.3	Mobiililaitteet.....	10
2.2	Lisätty todellisuus .....	11
2.2.1	Microsoft HoloLens .....	12
2.2.2	Google Glass .....	13
2.2.3	Mobiililaitteet.....	14
3	SOVELLETTAVAT KOHTEET.....	15
4	VALITTU TEKNIikka JA LAITE.....	16
5	AR-TEKNIKALLA KEHITETTY SOVELLUS.....	18
5.1	ARCoren toiminnan konsepti .....	19
5.2	Sovelluksen rakenne .....	20
6	POHDINTA.....	23
	LÄHTEET.....	25

## ERITYISSANASTO

VR	Virtuaalinen todellisuus (Virtual Reality). Todellisuus, joka on kuvattu aikaisemmin 360°-kameralla tai emuloidaan täysin tietokoneella.
AR	Lisätty todellisuus (Augmented Reality). Reaaliaikainen tilanne, jonka päälle lisätään informaatiota.
MR	Hybriditodellisuus (Mixed Reality). Reaaliaikainen tilanne, jossa laitteella sisällytetään informaatiota ympäristöön. Informaatio kiinnitetään johonkin kohteeseen, jota sisällytetty informaatio pyrkii seuraamaan.
SDK	Ohjelmistokehityksen työkalu (Software development kit tai developer kit). Työkalu tai kokoelma työkaluja tietyille ohjelmistoille.

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää todellisuuslasitekniikoiden ja -laitteiden tämän hetkistä tilannetta ja kartoittaa niiden mahdollisuuksia nyt ja tulevaisuudessa. Laitteita ja teknologioita tarkastellaan ja vertaillaan keskenään. Laitteista valitaan sopivin tekniikka käytännön sovellusta varten. Laitteita ja tekniikoita tarkastellaan ohjelmistotalon näkökulmasta teollisuuden käyttöön. Sovelluksen tarkoituksena on tehostaa työntekoa niillä pisteillä, jossa automaatiotekniikalla ei voida sitä tehdä tai automaatiotekniikan käyttäminen aiheuttaisi huomattavia kustannuksia verrattuna saatuun hyötyyn. Lopu-sovelluksen tarkoitus on havainnoida virtuaalitodellisuustekniikoiden mahdollisuuksia teollisuudessa ja antaa osviittaa siitä, mitä sillä voidaan tulevaisuudessa tehdä.

Laitteiden arvioinnissa otetaan huomioon koko, hinta ja liikuteltavuus sekä tulevaisuuden mahdollisuudet. Tällä hetkellä tekniikat ovat vielä alkuvaiheessa, mutta laitteita on paljon erilaisia ja ne kehittyvät nopeasti. VR- ja AR-tekniikoiden haasteita ovat laitteiden korkea hintataso ja vaikea saatavuus. Esimerkiksi HTC Vive maksaa tutkimushetkellä valmistajan mukaan hetkellä 700 euroa. Oculusin vastaava laite Rift maksaa valmistajan mukaan 500 euroa. Nämä laitteet tarvitsevat tehokkaan pöytäkoneen toimiakseen, jolloin kokonaisuuden hinta on nopeasti yli tuhat euroa. Microsoftin Mixed Reality-laite HoloLens maksaa versiosta riippuen valmistajan mukaan 3000 dollarista 5000 dollariin.

## 2 VIRTUAALITODELLISUUSLASIT JA -LAITTEET

Todellisuuslaseista puhuttaessa viitataan kaikkiin lasihin ja linsseihin, joilla voidaan sisällyttää nähtävään asiaan lisätietoa. Todellisuuslaitteista puhuttaessa viitataan VR-, MR- ja AR-tekniikan laitteisiin. Tämä sisällyttää myös laitteet, joita ei tarvitse pukea päälleen. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi mobiililaitteet, joita pidetään kädessä tai kokonaiset virtuaalitodellisuushuoneet. Tällä hetkellä todellisuuslaitteet keskittyvät käyttäjän visuaaliseen harhauttamiseen. Todellisuuslaitteiksi lasketaan myös muita aisteja harhauttavat laitteet, kuten esimerkiksi haptiset hanskat, joita on käytetty esimerkiksi peliohjaimina (Lanier 2017, 133).

### 2.1 Virtuaalinen todellisuus

Virtuaalista todellisuutta on kuvailtu ja pohdittu jo kauan. Jaron Lanier on yksi VR-tekniikan ”isistä”. Hänen mukaansa ensimmäinen VR-laite luotiin jo 1960-luvun lopulla ja sitä kutsuttiin nimellä Sword of Damocles (Lanier 2017, 41). Se oli ensimmäisiä puettavia näyttöjä, mutta se painoi niin paljon että sitä piti kannatella erillisellä varrella, jonka mukaan laite sai nimensä (Lanier 2017, 44). VR-laitteita on kehitelty 1960-luvun lopulta asti, mutta suurin hidaste on ollut tietokoneiden hitaus. Käyttäjän liikkeet ovat olleet liian ketteriä, joten mikään laite ei pitkään aikaan pysynyt käyttäjän perässä. Lanierin (2017, 131) mukaan käyttäjät mukautuivat laitteiden hitauteen hidastamalla omia liikkeitään, usein jopa huomaamatta sitä itse. Tietokoneiden nopeuduttua VR-tekniikkaa on käytetty kirurgien ja lentäjien kouluttamiseen, erilaisten prototyyppien mallintamiseen ja jopa autokoulussa (Lanier 2017, 2).

Virtuaalinen todellisuus ja sitä hyödyntävät lasit tuottavat tällä hetkellä keinotekoisien todellisuuden ja pyrkivät imitoimaan hahmottamaamme todellisuutta. Virtuaalilaitteet yrittävät seurata käyttäjän tai laitteen liikkeitä, ja matkivat näitä liikkeitä myös virtuaalimaailmassa. Virtuaalisen todellisuuden laitteet voivat olla hyvin erilaisia riippuen tekniikasta, jolla ne on toteutettu. Useimmiten VR-tekniikasta puhuttaessa ajatellaan puettavia laseja, mutta tekniikkoihin lasketaan myös esimerkiksi suuret kupolimaiset tilat. Tällainen tila on esimerkiksi Särkänniemen Planetaario. Kupolin seinille heijastetaan 3D-kuvaa, jolla saadaan sama vaikutelma kuin silmien edessä olevilla näytöillä.

Tällä hetkellä VR-laitteissa pidetään tärkeänä niiden kykyä upottaa käyttäjä luotuun ulottuvuuteen. Tähän pyritään imitoimalla käyttäjien liikkeitä virtuaalimaailmassa. Joissain laitteissa on myös mahdollisuus vaikuttaa virtuaalimaailmaan ohjaimilla tai erillisillä sensoreilla. Näiden vuoksi laitteilla on minimivaatimukset, jotta käyttäjän immersio ei riko – käytännössä laitteiden on kyettävä näyttämään tarpeeksi suuri näkökenttä, tarpeeksi suurella päivitystaajuudella, jotta käyttäjä ei tule pahoinvoivaksi. Suuri latenssi tai virheet liikkeissä aiheuttavat helposti käyttäjälle matkapahoinvointia muistuttavan olotilan. (Craig, Sherman & Will 2012, 242.) Pääsääntöisesti erilliset VR-lasit ovat kiinni tehokkaissa pöytäkoneissa, jotka tekevät suurimman osan käyttäjän näkemän sisällön prosessoinnista.

Edellä mainittujen laitteiden lisäksi on mahdollista kokea virtuaalisia todellisuuksia tehokkailla puhelimilla. Tällä hetkellä ainoastaan uusimmat puhelimet kykenevät tähän, mutta ne ovat silti halvin vaihtoehto VR-tekniikan käyttämiseen. Esimerkiksi valmistajan mukaan Samsungin S9 maksaa 1000 euroa, S8 maksaa 700 euroa ja S7 maksaa 470 euroa. Puhelimien VR-tekniikka voi toimia kahdella eri tavalla. Puhelinta voi liikutella käsin ja katsoa virtuaalista maailmaa puhelimen ruudulta, kuten normaalisti puhelinta käytettäisiin. Toinen tapa on jakaa puhelimen ruutu kahteen osaan. Tämä mahdollistaa erillisten lasien ja linssien käytön, jolloin puhelin voidaan kiinnittää lasien tavoin käyttäjän silmien eteen. Jaetun näytön ja linssien avulla voidaan hahmottaa virtuaalisen ulottuvuuden syvyyksiä paremmin kuin suoraan puhelimen ruudulta.

### **2.1.1 HTC Vive**

Yksi nykypäivän tunnetuimmista VR-laitteista on HTC Vive (kuva 1). Laittekokonaisuuteen kuuluu lasit, kaksi ohjainta sekä kaksi etäisyysensoria ja niiden kolmijalat. Tämä mahdollistaa liikkuvuusalueeksi noin 4 \* 3 metrin alueen (Vive VR System n.d).





KUVA 1. HTC Viven laitekokonaisuuteen kuuluvat laitteet

Viven lasit on yhdistetty tietokoneeseen kaapelilla, joka kulkee käyttäjän selkäpuolelta alas lattialle. Kaapeli mahdollistaa lasien päivitystaajuudeksi 90 Hz ja tarkkuudeksi molemmille silmille 1080 x 1200 pikseliä. Laite itsessään ei tee raskasta prosessointia, vaan vaatii tehokkaan pöytäkoneen toimiakseen. Kaapeli ja paikallaan olevat etäisyysensorit vaativat laitteelle avoimen tilan, jolloin sen siirtäminen on hyvin epäkäytännöllistä. Vive on tällä hetkellä yksi tehokkaimmista VR-laiteyhdistelmistä, mutta sitä rajoittaa erikseen hankittava pöytäkone ja sen tehovaatimukset. (Vive VR System n.d.)

### 2.1.2 Oculus Rift

Oculus Rift on laadultaan samantasoinen kuin HTC Vive – molemmilla on omat heikkoutensa ja vahvuutensa. Oculus Rifitin hintataso on matalampi, sen ohjaimet ovat luonnollisemmat, mutta liikkumisalue on pienempi kuin Vivellä. Alla olevassa kuvassa näkyy Oculusen mukana tulevat laitteet (kuva 2). Laitekokonaisuuteen kuuluu lasit, kaksi ohjainta ja kaksi etäisyysanturia (Oculus Rift, n.d.).



KUVA 2. Oculus Riftin laitekokonaisuuteen kuuluvat laitteet

Laitepaketti sisältää samantyyppiset lisäsensorit kuin Vive. Oculuksen etäisyysensorit ovat omien matalien jalkojen päällä, jolloin näköesteet voivat luoda ongelmia tilan havainnoimisessa (Oculus Rift, n.d). Tämän ongelman voi kuitenkin ratkaista kiinnittämällä sensorit korkeammalle.

### 2.1.3 Mobiililaitteet

Erillisten VR-laitteiden lisäksi on hyvä mainita mobiililaitteiden kyvykkyys. Tällä hetkellä uusimmissa älypuhelimissa on pääsääntöisesti jo tarpeeksi prosessointitehoa virtuaalisen todellisuuden käsittelyyn. Esimerkiksi Oculus on määrittänyt puhelimelle minimaatimuksiksi vähintään 2 GB RAM-muistia ja 2 GHz prosessorin (Oculus Developers, n.d). Useat puhelinvalmistajat ovat alkaneet kehittää runkoja puhelimia varten, jolloin niitä voitaisiin käyttää samalla tavalla kuin virtuaalilaseja. Ongelmana on pääasiassa niiden yhteensopivuus muihin puhelimiin. Tunnetuimpia nimiä tällä alalla on Samsung Gear VR (kuva 3) ja Google Daydream View.



KUVA 3. Samsungin valmistama Gear VR-paketti

Suurin mobiililaitteiden valtti on niiden liikuteltavuus ja tulevaisuuden kehittämismahdollisuudet. Jokaisella on pian mahdollisuus omistaa virtuaaliseen todellisuuteen kykenevä mobiililaitte, joskin sitä hidastaa kehityksen keskittyminen uusimpiin puhelimiin, esimerkiksi Google rajoittaa VR-projektiaan tiettyihin uusimpiin Android-pohjaisiin puhelimiin (ARCore, n.d). Liikuteltavuuden vastapainona mobiililaitteilla voi vaikuttaa vain vähäisissä määrin lasien kautta näkyvään maailmaan. Suurin syy tähän on VR-tekniikan sovellustapa. Kasvoille puettava mobiililaitte estää kosketusnäytön käyttämisen. Tällä hetkellä useimpien VR-kykenevien mobiililaitteiden kehityksen painopiste on visuaalisessa näyttävyydessä ja muut aistit ja tavat on jätetty pienemmälle huomiolle. (Lanier 2012, 127.) Samsungin Gear VR on yksi harvoista, jonka mukana tulee erillinen ohjain. Sen sijaan kädessä pidettävät VR-mobiilisovellukset mahdollistavat kosketusnäytön käytön, jolloin virtuaaliseen todellisuuteen voidaan vaikuttaa.

## 2.2 Lisätty todellisuus

Lisättyyn todellisuuteen kuuluu AR- ja MR-kykenevät (Augmented Reality, Mixed Reality) laitteet. Lisätyn todellisuuden teknologioiden haasteita ovat tällä hetkellä laskenta-tehon riittävyys ja akun kesto. AR ja MR toimivat eri tavalla – molemmat kuitenkin pohjautuvat VR-teknologiaan. VR-laitteet luovat kokonaan uuden todellisuuden, kun taas AR- ja MR-laitteet lisäävät oikeisiin tilanteisiin virtuaalisia asioita. Näihin virtuaalisiin asioihin voivat kuulua esimerkiksi kuvat, videot ja haptiset syötteet. Useimmiten ne ovat visuaalisia. Kipperin ja Rampollan (2012, 10) mukaan AR-teknologian määritelmän on luonut Ronald Azuma vuonna 1997. Määritelmään kuuluu kolme osa-aluetta: AR-tekniikan täytyy yhdistää oikeaa ja virtuaalista, sen kanssa täytyy voida vuorovaikuttaa reaaliassa ja sitä on voitava havainnoida kolmiulotteisessa tilassa.

AR-termiä käytettäessä puhutaan usein AR- ja MR-tekniikoista. AR-laitteet lisäävät informaation näkökentän päälle, jolloin ne eivät tarvitse erityisen paljon laskentatehoa. AR-laitteiden ei myöskään tarvitse seurata ympäristön liikkeitä. MR-laitteet upottavat informaation näkymään ja kiinnittävät sen haluttuun kohteeseen. Tällöin käyttäjän kääntäessä päätään, informaatio seuraa kiinnitettyä objektiota. MR-laitteet seuraavat kiinnitetyn kohteen sijaintia, vaikka käyttäjä ei katso kohti. Se vaatii laitteelta kykyä erottaa kappaleiden syvyys laitteen edessä sekä laitteen liikkeitä ja kääntymiset kolmiulotteisesti. Hyvä esimerkki AR- ja MR-tekniikan sekoituksesta on hävittäjälentäjien lasit tai heijastusnäytöt. Lentäjälle näytetään koneen nopeus ja korkeus jatkuvasti ruudulla, joka hyödyntää AR-tekniikkaa. Sen lisäksi samalla näytöllä kerrotaan miten päin ja missä suunnassa horisontti on. Tämä ominaisuus on MR-tekniikkaa, sillä lentokone seuraa horisonttia riippumatta lentokoneen suunnasta. (Cipper, Rampolla 2012, 1.)

### 2.2.1 Microsoft HoloLens

HoloLens on itsenäisesti toimiva MR-laite, joka lisää näkökenttään tietoa samalla tavalla kuin elokuvateattereiden projektorit (kuva 4) (Microsoft HoloLens, n.d).



KUVA 4. Microsoftin kehittämän HoloLensin sivuprofiili

Laite sisältää kokonsa nähden paljon sensoreita, mutta siitä puuttuu kokonaan erillinen ohjain tai kosketuspinta. Kaikki käyttäjän toiminnot luetaan eleistä lasin etupuolelta. HoloLens koostuu kahdesta kamerasta, neljästä mikrofoniasta ja useista erilaisista antureista, jotka mittaavat esimerkiksi kiihtyvyyksiä, magneettikenttiä ja valon määrää. (Microsoft HoloLens, n.d.) Erillisten sensorien ja laitteen oman prosessorin myötä laitteen akunkesto on noin pari tuntia (Gilbert 2016). Tällä hetkellä HoloLens on yksi pisimmällä olevista

AR-/MR-projekteista. Jo pelkästään teknologian määrä pienessä yksikössä nostaa laitteen hinnan useaan tuhanteen dollariin (Microsoft HoloLens, n.d).

### 2.2.2 Google Glass

Myös Google Glass (kuva 5) on itsenäinen yksikkönsä, mutta laseissa on näyttö vain näkökentän kulmassa. Glass näyttää tiedot heijastamalla kuvan lasien kulmassa olevaan optiikkaan. Käyttäjän toiminnot ovat kosketuspinnalla tai äänellä ohjattavia. (Glass, n.d.) Google Glass on hyvä esimerkki AR-laitteesta termin varsinaisessa merkityksessä, sillä se lisää lisätietoja näkökentän päälle.



KUVA 5. Googlen kehittämät AR-lasit nimeltä Glass

Vaikka Google Glass toimii itsenäisesti, siitä saadaan eniten irti yhdistämällä laite puhelimeen Bluetoothilla. Tämän lisäksi Google Glassin voi liittää wifillä verkkoon. Näiden viestintäkanavien kautta Google Glass pystyy hakemaan verkosta tietoja ja pystyy käyttämään käyttäjän kontakteja. Laitteen tarkoitus on pysyä huomaamattomana, kun sitä ei tarvitse, mutta olla helposti saatavilla tarpeen mukaan. (Glass, n.d.) Laitetta myydään handsfree-laitteena työntekijöille, joiden täytyy käyttää käsiään paljon (Company X, Glass)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> ” Glass is a hands-free device, for hands-on workers.” (Company X, Glass, n.d)

### 2.2.3 Mobiililaitteet

Mobiililaitteiden AR-tekniikan tunnetuimpia tekniikoita ovat tällä hetkellä Googlen tarjoama ARCore ja Applen tarjoama ARKit. Molemmat ovat ohjelmistokehyksiä kehittämilleen puhelimille. Molemmat AR-alustat ovat ominaisuuksiltaan hyvin lähellä toisiinsa. Googlella on aikaisempaa kokemusta AR- ja VR-kehityksestä, jota Applella ei ole. ARCore on kuitenkin uudempi projekti, jolloin Applen dokumentaatio on paremmalla tasolla.

Googlen ARCorea tukee tällä hetkellä vain pieni osa Android-käyttöjärjestelmällisistä puhelimista (ARCore 2018). Näihin puhelimiin kuuluvat Googlen tarjoamat Pixel-puhelimet sekä tietyt uusimmat Samsungin älypuhelimet Galaxy- ja Note-sarjoista. Tulevaisuudessa Google lupaa tukea suurinta osaa Android Nougat-versiollisista ja uudemmista älypuhelimista. ARCore pohjautuu aiemmin Googlen kehittämään AR-tekniikkaan nimeltä Tango. Tango perustui ulkoisiin komponentteihin, kuten kameraan ja sensoreihin. Näitä komponentteja ei kuitenkaan käytetty useimmissa Android-laitteissa, jolloin Tangon vaikutus jäi vähäiseksi. Marraskuussa 2018 Google lakkautti Tangon tukemisen julkaisustaan ARCoren. ARCoren perimmäinen tarkoitus oli tuottaa AR-tekniikkaa laajemmin Android-puhelimiin, sillä Tango ei siihen kyennyt. (Kastrenakes 2017.)

Googlen ARCore tukee useita eri kehitysalustoja. Eri kehitysalustat tarjoavat kehittäjille tiettyjä vahvuuksia. AR-tekniikkaa voidaan soveltaa natiivisti Android Studiolla, jolloin kaikki grafiikka tuotetaan 3D-tilan koordinaateilla ja niihin liitetyillä tekstuureilla. AR-tekniikkaa voidaan soveltaa myös kahdella tunnetulla pelimoottorilla nimeltään Unity ja Unreal. Näillä grafiikan tuottaminen ja sen syöttäminen Android-sovellukseen on tehty helpoksi. Alustojen tarkoitus on helpottaa grafiikan luontia ja syöttää sille lainalaisuuksia sen ympäristössä. Näillä voidaan helposti luoda esimerkiksi virtuaalisten objektien painovoima tai valoeffektejä.

Applen ARKittiä voi käyttää kaikilla Applen mobiililaitteilla, joissa on iOS 11 tai uudempi käyttöjärjestelmä (Apple Developer, n.d). ARKit-kehityksessä Apple jatkaa samoilla linjoilla, kuin normaaleissa puhelinsovelluksissaan. Ainoa kehitystyökalu on Applen tarjoama natiivi Xcode (Apple Developer, n.d).

### 3 SOVELLETTAVAT KOHTEET

Opinnäytteen tarkoituksena on tutkia tekniikoita, joilla VR-/AR-/MR-teknologioita voidaan käyttää teollisuudessa työnteon tehostamiseen. Sovellettavavia kohteita on erilaisia eri työpisteistä ja teollisuuden aloista riippuen. Tarkoitus on luoda yleinen kuva, jolla pystytään hahmottamaan mahdollisimman monta käyttökohdetta ja -mahdollisuutta. AR- ja MR-teknologiat luovat teollisuudessa enemmän mahdollisuuksia kuin VR-teknologia.

Työntekijät voivat hyödyntää AR-teknologiaa useissa erilaisissa paikoissa. Esimerkiksi varastoissa työntekijät voivat löytää nopeasti hakemansa tavarat virtuaalisella opasteella, joka vie suoraan tietylle hyllypaikalle koko varastossa. Työpisteillä voidaan esimerkiksi seurata mobiililaitteelta kokoamisopasta, joka näyttää tarkalleen mihin mikäkin komponentti tai ruuvi kuuluu. Tällä voidaan myös hahmottaa nopeasti kokoamisvirheet, jos virtuaalinen laite ei täsmää fyysiseen laitteeseen kameran edessä.

Esimies voi hahmottaa tuotantolinjalla työpisteiden senhetkisiä tilanteita lisäämällä tilanetietoja työpisteelle. Rakennustyömaalla esimies voi kiertää ja tarkastaa mobiililaitteen kameralla esimerkiksi sen, onko rakennus tehty suunnitelluilla mitoilla tai onko sähköt johdotettu oikein. Valmiiden rakennuksien muutoksia voidaan helpottaa hahmottamalla rakenteiden vaarapaikkoja, kuten esimerkiksi edellä mainittuja sähköjohtoja. Tietyömailla voidaan seurata maan alla kulkevien johtojen ja putkien paikkoja, jolloin kaivinkoneet osaavat varoa näitä alueita helpommin. Suurin osa sovellettavista kohteista olettaa 3D-mallinnuksien pitävän paikkansa. Hankaluuksia aiheuttaa esimerkiksi laitteen aloituspisteen yhdistäminen 3D-mallin paikkaan: jos alkupiste maastossa ja virtuaalisessa ulottuvuudessa ei täsmää, koko sovelluksen tuoma etu katoaa.

Tällä hetkellä virtuaalisia todellisuuksia hyödynnetään paljon suunnitteluvaiheissa. Joissain tapauksissa näistä suunnitelmista voidaan suoraan luoda jotain konkreettista. Hyvä esimerkki tästä on 3D-tulostaminen valmiista mallinnoista. AR-teknologialla voidaan hahmottaa suurempien laitteiden kokovaatimuksia paremmin. Uuden laitteen mahtuminen oviaukoista voidaan testata laitteen kolmiulotteisella mallilla tehtaan tiloissa.

#### 4 VALITTU TEKNIikka JA LAITE

Valinnassa otettiin huomioon tekniikan ja laitteen hinta ja sen kehitysmahdollisuudet. Arvioinnissa otettiin mukaan kyseisen tekniikan senhetkinen tilanne ja saatavuus kehityskäyttöön. Tarkoitus oli saada aikaan yksikkö, joka on edullinen, mutta joka tehostaa työntekoa.

VR-tekniikat rajautuivat pois niiden yksikköhintojen ja tilan rajallisuuden takia. Pienempien tekijöiden kehittämiä VR-laseja ei tarkasteltu niiden suljetun kehitysympäristön tai rajallisen dokumentaation takia. Virtuaalisia ympäristöjä on hankala hyödyntää teollisuuden työpisteissä. VR-tekniikkaa on kuitenkin hyödynnetty aikaisemmin koulutuksissa ja suunnittelutöissä. VR-tekniikkaa hyödynnetään kalliissa, vaarallisissa tai muuten hankalissa tilanteissa. Näihin kuuluu kirurgien ja liikennelentäjien kouluttaminen simulaattoreissa (Lanier 2017, 2).

Erilliset AR-lasit nähtiin vaihtoehtona niiden koon ja liikkuvuuden takia. Näistä suurimmat tekijät HoloLens ja Google Glass vaikuttivat ominaisuuksiltaan kaikkein parhaimmilla vaihtoehdoilta, mutta ne jouduttiin karsimaan kehityslaitteiden saatavuuden takia. AR-tekniikkaa käyttäviä pienempiä tekijöitä löytyi huomattavasti vähemmän. Siihen voi vaikuttaa suoran videokuvan prosessoinnin haastavuus. Tällä hetkellä on muutama tekniikka, jota suuremmat yritykset käyttävät hyväkseen, esimerkiksi Asuksen Zenfone AR käyttää hyväkseen kolmea eri kameraa. Ensimmäinen kamera on tarkka yleiskamera, toinen kamera tunnistaa liikettä ja kolmas kamera tunnistaa syvyyksiä. (Asus, n.d.) Microsoftin HoloLens taas käyttää vielä enemmän erilaisia sensoreita, joita laitteesta löytyy yli kymmenen kappaletta. HoloLensin sensoreihin kuuluvat esimerkiksi mikrofonit, kamerat, kiihtyvyyssanturit ja valosensorit. (Microsoft HoloLens, n.d.)

Eri tekniikoista parhaiten tarkoitukseen soveltuivat Googlen ARCore- ja Applen ARKit-projektit. Nämä tekniikat mahdollistavat liikkuvan yksikön, joka vaatii tehokkaan puhelimen Android- tai iOS-käyttöjärjestelmällä. Molemmat tekniikat tukevat uusimpia puhelimia ilman erillisiä lisälaitteita. Molemmat projektit käyttävät yleisiä älypuhelimien sensoreita ja normaaleja kameroita, joita on nykyään lähes kaikissa mobiililaitteissa.



Käytettäväksi teknologiaksi valittiin Googlen tarjoama ARCore. Suurimpana tekijänä Googlen ja Applen projektien välillä oli laitteiden hinta sekä aiempi kokemus sovelluskehittämisestä. ARCore tukee tällä hetkellä parhaiten sen sivulla ilmoitettuja laitteita, mutta lupaa tulevaisuudessa tukea kaikkia Android-laitteita Android 7.0 versiosta uudempiä. Laitteissa täytyy olla kamera, kiihtyvyysanturi ja tarpeeksi prosessointitehoa. Android-laitteiden komponenttivaatimuksia Google ei ole vielä julkaissut. Lopulliseksi Android-laitteeksi valittiin Samsungin valmistama S7, pääasiassa sen saatavuuden takia.

Googlen ARCoren kehitys onnistuu monella alustalla. Android Studio tarjoaa kehittämismahdollisuuden javalla tai C/C++ -kielellä. Tämän lisäksi Unreal- ja Unity-pelimoottorit tarjoavat mahdollisuuden kehittää Android-puhelimille sovelluksia. Google tarjoaa myös mahdollisuuden kehittää web-pohjaisen puhelinsovelluksen, mutta ARCoren kehittäjien sivuja vertaamalla voidaan huomata, että web-dokumentaatio on suppeampi kuin muilla alustoilla. Sen lisäksi se vaatii prototyypiselaimen toimiakseen.

Sovellus kehitettiin Unity-pelimoottorin päälle, koska sillä oli helppo havainnoida kolmiulotteista tilaa. Sen lisäksi Unity on kehittänyt InstantPreview-sovelluksen, jolla voitiin testata kehitettävää sovellusta hyvin nopeasti.

## 5 AR-TEKNIKALLA KEHITETTY SOVELLUS

Sovelluksen tarkoitus on herättää ajatuksia siitä, millä eri tavoin sitä voidaan hyödyntää teollisuudessa. Käytettäväksi 3D-malliksi valittiin kahvinkeitin, joka sijoitetaan käyttäjän valitsemaan pisteeseen todellisessa maailmassa. Sovelluksen idea on opastaa käyttäjää käyttämään laitetta ja sitä varten toteutettiin vaiheittainen käyttöohje.

Käynnistyessään sovellus avaa puhelimen pääkameran ja ARCore alkaa prosessoida saatua kuvaa. ARCore pyrkii hahmottamaan kuvasta selkeitä pisteitä ja muotoja sekä valon määrää. Visualisoidut pisteet kertovat käyttäjälle mitä pisteitä ARCore tunnistaa kuvasta. Valon määrän muutokset voidaan nähdä luodussa kahvinkeitinissä. ARCore pyrkii muokkaamaan kahvinkeitin valoisuutta huomatessaan muutoksia valossa. Varjoisaan paikkaan asetettu kahvinkeitin on tummempi kuin valoisaan paikkaan asetettu. Sovelluksessa visualisoidaan hahmotettuja tasojen eri värisillä ruudukoilla (kuva 6).



KUVA 6. Näytönkaappaus luodun sovelluksen ensimmäisestä tutoriaalivaiheesta

Kuvassa näkyvää valkoisilla kolmioilla hahmotettua tasoa painettaessa pisteeseen luodaan kahvinkeitin 3D-malli. Malli on muokattu osittain läpinäkyväksi visualisoinnin takia. Läpinäkyvyyden vuoksi voidaan myös nähdä kahvinkoneen sisusta ja millaisista kappaleista se on koottu. Käyttöliittymässä on kaksi nappia. Toinen nappi aloittaa opas-

tuksen, joka luo nuolen sekä ohjeteksti kahvinkeitin päälle. Ohjeteksti seuraa käyttäjän kameraa, jolloin opasteet ovat aina näkyvillä. Näillä ohjeilla käyttäjää opastetaan kahvinkeitin käytössä. Opastuksen eri vaiheet näyttävät mihin vesi ja kahvi laitetaan sekä mistä laite saadaan käyntiin. Toinen käyttöliittymän napeista palauttaa sovelluksen aikaisempaan tilaan, jossa ei ole kahvinkeitintä. Visualisoidut tasot jäävät kuitenkin paikalleen.

Sovellus luotiin kokonaan Unityn editorin avulla. Editorissa oli mahdollisuus rakentaa Androidin sovelluspakkauksia sekä viedä keskeneräinen projekti takaisin Android Studiota tarvittaessa. ARCoren SDK-pakkaus tarjosi pakolliset komponentit AR:n toimivuuden kannalta. Näillä komponenteilla saatiin tasojen ja pisteiden visualisointi sekä kameran käyttö ja kolmiulotteisen tilan havainnointi toimimaan. Niiden päälle rakennettiin C#-kielisiä scriptejä, joilla luotiin toiminnallisuus käyttöliittymän ja kappaleiden välille. Kappaleiden näkyvyyksiä ja kolmiulotteisia koordinaatteja muokkaamalla saadaan ohjetekstit ja nuolet vaihtamaan paikkaa sekä tutoriaali alkamaan alusta.

## 5.1 ARCoren toiminnan konsepti

ARCore hyödyntää kolmea erilaista teknologiaa upottaakseen virtuaalisia objekteja kameran videosyötteeseen: puhelimen liikkeen tunnistaminen, ympäristön hahmottaminen ja valon määrän arviointi. (ARCore, n.d.)

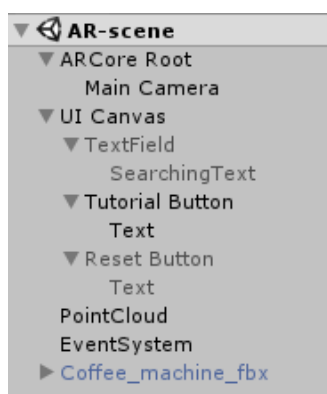
ARCore seuraa puhelimen liikkeitä yhdistämällä kahta tekniikkaa. ARCore tunnistaa selkeästi erotettavia pisteitä ja seuraa niiden paikkaa kolmiulotteisesti. Pisteiden sijainnit yhdistetään laitteen kiihtyvyysanturin ja gyroskoopin kautta saatuun arvioon laitteen paikasta ja suunnasta. Tällä tavalla ARCore pystyy luomaan 3D-objekteja oikealla perspektiivillä ja koolla.

Ympäristön hahmottaminen perustuu samoihin selkeästi erotettaviin pisteisiin kuin laitteen liikkeen tunnistaminenkin. ARCore hahmottaa vaakasuoria tasoja huomatessaan useita selkeitä pisteitä samalla korkeudella. Samalla tavalla se myös erottaa tasojen reunoja. Tasojen tunnistaminen toimii huonosti, jos tasot ovat yksivärisiä tai tasaisia tekstuureiltaan. Tällaisia tasoja ovat esimerkiksi valkoiset ja kiiltävät pinnat. (ARCore, n.d.). Kehitysvaiheessa huomasin ARCoren tunnistavan pintoja paremmin laitteen ollessa noin 45° kulmassa tasoon nähden ja tarpeeksi kaukana, jotta kamera pystyy tarkentamaan.

ARCore arvioi valon ja värien määrää videokuvasta. Tällä tiedolla voidaan muokata 3D-mallien varjoja ja kirkkautta riippuen ympärillä olevasta valon määrästä. Varjoon asetettu objekti on tummempi kuin valoon asetettu.

## 5.2 Sovelluksen rakenne

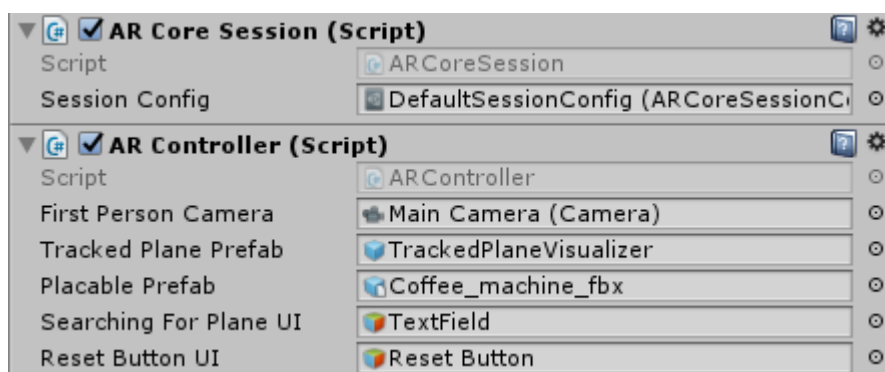
Unityn editorilla 3D-sovellusta kehitetään muokkaamalla scenejä. Alla olevassa kuvassa näkyy kehitetyn sovelluksen lopullinen scenen hierarkia (kuva 7). Scene sisältää kaikki ladattavat objektit sovelluksen auetessa.



KUVA 7. Näytönkaappaus sovelluksen objektien hierarkiasta

Objektien hierarkian järjestys määrittää, missä järjestyksessä sovellus lataa tai renderöi objektit. Haaleammalla värillä olevat objektit on piilotettu käyttäjältä sovelluksen käynnistyessä. Sininen teksti indikoi objektia, joka on helppo monistaa tarvittaessa. Jokainen objekti hierarkiassa saa toimintonsa niihin kiinnitetyillä lyhyillä ohjelmilla. Ohjelmia voidaan kuvailla käytöskomponentteina Unityssä. Esimerkiksi Main Camerassa on käytöskomponenttina ohjelma, joka seuraa puhelimen sijaintia ja suuntaa kolmiulotteisessa tilassa ja siirtää sen Unityn kamera-objektille.

ARCore Root-komponentti sisältää ohjelman sessionhallinnan ja AR-ohjainohjelman, joka hallitsee ARCoren havaitsemien pisteiden ja pintojen visualisoinnin sekä kahvinkeittimen siirtämisen (kuva 8).



KUVA 8. ARCore Root-komponentin sisällä olevat scriptit

Session-ohjelmalle annetaan asetustiedosto, joka määrittää ARCoren toimintoja päälle tai pois. Kehitetyn sovelluksen asetustiedosto on ARCoren SDK:n mukana tulevat oletusasetukset. Nämä asetukset asettavat pintojen tunnistamisen ja valon määrän mittaamisen päälle. Asetustiedostolla rajoitetaan näytön päivystaajuus samalle taajuudelle kameran kanssa.

Controller-ohjelma seuraa sovelluksen toimintaa sen ollessa päällä. Sovellus sammuu virhetilanteissa, ja jos käyttäjä kieltää laitteen kameran käytön. ARCore havaitsee pisteitä ja tasoja, joita Controller visualisoi käyttäjälle. Tämän lisäksi Controller piirtää kahvinkeitimen käyttäjän valitsemaan pisteeseen (kuva 9). Käyttäjän painaessa näyttöä ARCore lähettää säteen kamerasta ja tarkistaa että se osuu havaittuun pintaan. Tähän pisteeseen luodaan ankkuri, joka on ARCoren tapa seurata pistettä, vaikkei käyttäjä katso sitä kohti. Kahvinkeitimen malli siirretään tähän ankkuriin ja se käännetään kohti kameraa. Mikäli kahvinkeitin on jo näkyvässä, ohjelma ei tee mitään.

```

TrackableHit hit;
TrackableHitFlags raycastFilter = TrackableHitFlags.PlaneWithinPolygon | TrackableHitFlags.FeaturePointWithSurfaceNormal;

if (Frame.Raycast (touch.position.x, touch.position.y, raycastFilter, out hit)) {

    if(placableObject.activeSelf){
        return;
    }

    placableObject.transform.position = hit.Pose.position;
    placableObject.transform.rotation = hit.Pose.rotation;
    placableObject.SetActive(true);
    ResetButtonUI.SetActive(true);

    var anchor = hit.Trackable.CreateAnchor (hit.Pose);

    if ((hit.Flags & TrackableHitFlags.PlaneWithinPolygon) != TrackableHitFlags.None) {
        Vector3 cameraPositionSameY = FirstPersonCamera.transform.position;
        cameraPositionSameY.y = hit.Pose.position.y;
        placableObject.transform.LookAt (cameraPositionSameY, placableObject.transform.up);
    }

    placableObject.transform.parent = anchor.transform;
}

```

KUVA 9. Controller-ohjelman osa, joka luo kahvinkeitimen sovellukseen

Main Camera (kuva 7) kuvastaa puhelimen kameraa ja sen sijaintia. Kameraobjekti sisältää ohjelman laitteen sijainnin seuraamista varten ja ohjelman, jolla puhelimen kuvaama syöte siirretään Unityn kameraobjektiin.

UI Canvas (kuva 7) sisältää kaikki UI-komponentit. Näihin komponentteihin kuuluvat tekstikenttä sovelluksen tilasta, sovelluksen resetoiva nappi sekä käyttöoppaan aloittava nappi. Kaikki UI-komponentit ovat olemassa samassa kolmiulotteisessa tilassa, mutta se on piilotettu kameran taakse.

PointCloud-komponentti (kuva 7) on kuutio käyttäjän ympärillä. Kuutiolla rajoitetaan ARCoren tunnistamien pisteiden visualisointi kameran ympärille. EventSystem-komponentilla vastaanotetaan käyttäjän näpäytykset kosketusnäytöltä. Coffee\_machine\_fbx on kahvinkeittimen 3D-malli. Tätä mallia siirrellään ja sen näkyvyyttä muutetaan käyttäjän syötteiden mukaan.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön sovellus onnistui hyvin ja tällä saadaan esitettyä AR-tekniikan mahdollisuuksia yrityksen sisällä ja tapahtumissa. Todellisuusteknologioita käytiin läpi yleisellä tasolla ja mainittiin suurimmat tekijät. Parhaimmalta teknologialta teollisuuden kannalta vaikutti alusta alkaen AR-tekniikka. AR-tekniikka on vielä uusi tekniikka, joka vaikeutti testilaitteiden hankintaa.

Todellisuuslaitteita tutkittaessa käytettiin pääosin laitevalmistajien omia sivuja. Paikoitellen hyödynnettiin myös laitearvosteluja, jotta huomioitaisiin valmistajan mainitsematta jättämät heikkoudet. Parempia tuloksia saataisiin testaamalla raportissa mainittuja laitteita, mutta tällä hetkellä se ei ole kannattavaa laitteiden saatavuuden ja hintojen takia.

VR-, AR- ja MR-tekniikat ovat vielä alkuvaiheessa, mutta jokainen osa-alue kehittyy nopeasti. VR-tekniikasta on tutkittu jo 1960-luvulta asti ja AR- ja MR-tekniikat pohjautuvat virtuaalitodellisuustekniikkaan. Tekniikoiden uutuuden takia on vaikea arvioida tarkasti laitteiden saatavuuksia ja mihin niitä voidaan tulevaisuudessa käyttää. Eriyisesti AR-tekniikat voivat vallata huomattavia osa-alueita työnteossa, sillä niiden mahdollisuudet ovat lähes rajattomat. Suuri osa teollisuuden yrityksistä käyttää tuotannon hallinnassa digitaalisia palveluita – näitä palveluita voitaisiin siirtää myös AR-tekniikkaan, jolloin hallinta siirtyisi lähemmäs työpisteitä.

Aikaisemmin virtuaaliulottuvuuksia ovat käyttäneet hyväksi suuret yritykset ja virastot, kuten esimerkiksi Boeing ja NASA (Lanier 2017, 214 & 218). Tällä hetkellä näihin tekniikoihin pystyvät laitteet lähenevät kuluttajille sopivia hintoja, joka mahdollistaa helppomman saatavuuden myös pienemmille kehittäjille.

Hyviä jatkokehitysideoita olisi kokeilla muitakin AR-laitteita. AR-kykenevät mobiililaitteet yleistyvät normaalikäytössä, mutta niiden toiminta riippuu täysin sovelluksen kyvystä hahmottaa tiloja kameran lävitse. AR-tekniikkaa varten luoduissa laitteissa ei ole normaalin kameran rajoitteita, jolloin se saattaa toimia tehokkaammin ulottuvuuksien hahmottamisessa. (Barbee, B. Cogen, D 2017.) Teollisuudessa on vaikea hyödyntää VR-tekniikkaa, mutta esimerkiksi suunnitteluvaiheissa se voi olla toimiva vaihtoehto. Sovel-

lusta voidaan jatkaa kokeilemalla eri tapoja kiinnittää virtuaalisia objekteja hahmotettuihin tasoihin. 3D-malli voidaan luoda esimerkiksi A4-arkin päälle tai yhdistää 3D-malli oikeaan kappaleeseen esimerkiksi QR-tarralla.



## LÄHTEET

Android Developers. N.d. Platform versions. Päivitetty 25.4.2018. Luettu 29.4.2018. <https://developer.android.com/about/dashboards/>

Apple Developer. N.d. ARKit. Luettu 1.5.2018. <https://developer.apple.com/arkit/>

Apple Developer. N.d. Develop. Bring Your Ideas to Life. Luettu 4.5.2018. <https://developer.apple.com/develop/>

ARCore. N.d. ARCore Overview. Päivitetty 17.4.2018. Luettu 1.5.2018. <https://developers.google.com/ar/discover/>

Asus. N.d. ZenFone AR (ZS571KL). Luettu 1.5.2018. <https://www.asus.com/Phone/ZenFone-AR-ZS571KL/>

Barbee, B. Cogen, D. 2017. Tango vs. ARCore: Which is the future of augmented reality on Android? Julkaistu 17.12.2017. Luettu 1.5.2018. <https://www.digitaltrends.com/mobile/tango-vs-arcore-theunlockr/>

Company X. N.d. How Glass can help. Luettu 29.4.2018. <https://x.company/glass/>

Craig, A. Sherman, R. Will, J. 2012. Developing Virtual Reality Applications. Foundations of effective design. Digitaalinen painos. Burlington, MA: Elsevier

Gilbert, B. 2016. Microsoft's futuristic head-mounted computer has a major limitation. Julkaistu 29.2.2016. Luettu 1.5.2018. <http://www.businessinsider.com/hololens-battery-life-is-just-2-to-3-hours-2016-2?r=US&IR=T&IR=T>

Google. N.d. ARCore Overview. Päivitetty 17.4.2018. Luettu 29.4.2018. <https://developers.google.com/ar/discover/>

Kastrenakes, J. 2018. Google's Project Tango is shutting down because ARCore is already here. Julkaistu 15.12.2017. Luettu 1.5.2018. <https://www.theverge.com/2017/12/15/16782556/project-tango-google-shutting-down-arcore-augmented-reality>

Kipper, G. Rampolla, J. 2012. Augmented Reality. An Emerging Technologies Guide to AR. Rockland, Massachusetts: Syngress.

Lanier, J. 2017. Dawn of the New Everything. A Journey through virtual reality. Lontoo: The Bodley Head

Microsoft. N.d. Microsoft HoloLens. Luettu 29.4.2018. <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>

Oculus. N.d. Oculus Rift. Luettu 29.4.2018. <https://www.oculus.com/rift/>

Oculus Developers. N.d. System and Hardware Requirements. Luettu 4.5.2018. <https://developer.oculus.com/documentation/mobilesdk/1.0.4/concepts/mobile-reqs/>

Samsung. N.d. Gear VR with Controller. Luettu 29.4.2018. <http://www.samsung.com/global/galaxy/gear-vr/>

Vive. N.d. Vive VR System. Luettu 29.4.2018. <https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system/>