



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ALEKSI LUOMA  
VIRTUAALITODELLISUUDEN HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISUU-  
DET RAKENNUS- JA KIIINTEISTÖALALLA

Kandidaatintyö

Tarkastaja: Suvi Nenonen  
Syyskuu 2018

## TIIVISTELMÄ

**Alexi Luoma:** Virtuaalitodellisuuden hyödyntämismahdollisuudet kiinteistö- ja rakennusalailla. Englanniksi: The potential for exploiting Virtual Reality in real estate sector and construction industry.

Tampereen teknillinen yliopisto

Kandidaatintyö, 42 sivua

Syyskuu 2018

Rakennustekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Talonrakentaminen/ Rakennustuotanto

Tarkastaja: Suvi Nenonen

Avainsanat: Virtuaalitodellisuus, VR, Virtual Reality, rakennusala, tulevaisuus, suunnittelu, koulutus, visualisointi, 3D, rakennusalan disruptio.

Virtuaalitodellisuus (Virtual Reality, VR) eli tekotodellisuus on tietokoneella luotu keinotekoinen maailma, joka toimii interaktiivisesti käyttäjänsä kanssa. Virtuaalitodellisuutta tarkastellaan pääasiassa virtuaalilasien avulla, mutta olemassa on monia tukilaitteita, joilla voidaan tehostaa virtuaalista elämystä. 1990-luvulla teknologia ei ollut vielä tarpeeksi kehittynyttä, jotta VR olisi yleistynyt, mutta tietokoneiden ja näyttötekniikan kehittyminen antavat virtuaalitodellisuudelle nyt paremmat mahdollisuudet onnistua. Virtuaalitodellisuudessa teknologian kehitys seuraa myös selvästi Gartnerin hypekäyrää. Teknologia on nyt vaiheessa, jossa sijoittajat panostavat siihen valtavasti. Tästä syystä virtuaalitodellisuuden teknologia kehittyy ennen sisältöä. Peliteollisuus on virtuaalitodellisuuden edelläkävijä kuluttajamarkkinoilla, mutta myös NASA ja USA:n armeija ovat hyödyntäneet teknologiaa jo pitkään. Sisältöä on vielä niukasti, mutta tulevaisuus näyttää valoisalta ja uusia liiketoimintamahdollisuuksia syntyy jatkuvasti.

Rakennusalan yritykset ovat vahvasti kehittämässä virtuaalitodellisuutta, vaikka se ei vielä jokapäiväisessä tekemisessä niinkään näy. Arkkitehdit ja suunnittelijat pystyvät hyödyntämään virtuaalitodellisuutta työssään, mutta virtuaalitodellisuuden ehdottomasti parhaita puolia on kohteen visualisointi ja asiakaslähtöisen suunnittelun mahdollistaminen. Aidon tuntuksen virtuaalimallin tarkastelu oikeassa mittakaavassa asettaa osapuolet tasarvoisempaan asemaan keskinäisessä vuorovaikutuksessa. Asiakkaan tarpeet tilojen ja toimintojen osalta tulevat paremmin ymmärretyksi, mikä johtaa asiakkaalle enemmän arvoa tuottavan rakennuksen syntymiseen. Visualisointi virtuaalitodellisuudessa auttaa kohteiden myynnissä ja markkinoinnissa, mutta sen avulla on myös pystytty vauhdittamaan lupaprosesseja. Suunnittelun ja visualisoinnin lisäksi tämänhetkiset virtuaalitodellisuuden sovellukset keskittyvät turvallisuuden parantamiseen sekä koulutukseen.

Tulevaisuudessa arkkitehti todennäköisesti suunnittelee suoraan luonnollisessa VR-ympäristössä ja rakennesuunnittelija arvioi rungon rakennettavuutta virtuaalitodellisuudessa yhdessä ulkomailla asuvan kollegansa kanssa. Rakentamisprosessi voidaan simuloida virtuaalitodellisuudessa ennen rakentamista ja näin välttyä virheilta oikeassa rakentamisvaiheessa. Työtehtävien, huollon ja turvallisuuden koulutus muuttuu tekemällä oppimiseksi edullisempaan ja vaarattomampaan virtuaaliseen ympäristöön. Virtuaalitodellisuus avaa alalle uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja muokkaa perinteisiä prosesseja. Sen avulla tullaan varmasti saavuttamaan kustannussäästöjä ja tuottamaan asiakkaalla enemmän arvoa, mutta disruptoiko se alaa ja onko siitä nostamaan rakennusalan heikkoa tuottavuutta jää nähtäväksi.

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Tausta .....	1
1.2	Tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	2
1.3	Rakenne ja rajaus .....	2
1.4	Tutkimusmenetelmät ja aineisto.....	3
2.	VIRTUAALITODELLISUUS .....	4
2.1	Yleiskuvaus .....	4
2.2	Virtuaalitodellisuuden historia ja teknologian kehitys.....	5
2.3	VR-teknologia .....	7
2.3.1	VR-lasit .....	7
2.3.2	Sisällön tuotto .....	8
2.4	Virtuaalitodellisuuden edistyksellisimmät käyttökohteet .....	9
2.5	Tekniset haasteet ja ongelmat .....	12
3.	VIRTUAALITODELLISUUDEN NYKYTILANNE RAKENNUSALALLA .....	13
3.1	Tuottavuuden kehittyminen ja VR-teknologian tilanne.....	13
3.2	Virtuaalitodellisuudesta apua kohteen visualisointiin.....	14
3.3	Rakennushankkeen virtuaalinen suunnittelu .....	16
3.4	Vuorovaikutus ja asiakaslähtöisyys .....	18
3.5	Virtuaalitodellisuus rakennustuotannossa .....	19
3.5.1	Aluesuunnittelu, koulutus ja turvallisuus.....	20
3.5.2	Työn suunnittelu .....	21
3.6	Virtuaalitodellisuus korjausrakentamisessa .....	22
3.7	Liiketoiminta ja kustannustehokkuus.....	23
4.	VIRTUAALITODELLISUUDEN TULEVAISUUS JA SEN HYÖDYNTÖMINEN RAKENNUS- JA KIINTEISTÖALALLA .....	24
4.1	Virtuaalitodellisuuden tulevaisuus .....	24
4.2	Kolmiulotteisen suunnittelun tulevaisuus .....	26
4.2.1	Virtuaalitodellisuus moduulirakentamisessa.....	27
4.3	VR voi muuttaa perinteisiä tuotannon prosesseja .....	28
4.4	Koulutus ja työturvallisuuskulttuurin luominen.....	29
4.5	Kiinteistön huollon ja ylläpidon tulevaisuus VR:n avulla .....	31
4.6	Virtuaalitodellisuuden mahdollisuus disruptoida rakennusala.....	31
4.7	Tilaajan VR-strategia .....	33
5.	YHTEENVETO .....	35
5.1	Päätelmät .....	35
5.2	Lisätutkimustarve .....	37
	LÄHTEET.....	38

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Ihminen muistaa 10 % lukemastaan, 20 % kuulemastaan, 30 % näkemästään ja 90 % tekemästään. Virtuaalitodellisuus eli VR mahdollistaa todellisten tilanteiden simuloimisen eli tekemällä oppimisen näkemisen lisäksi. Läsnaolon kokemusta on vaikea selittää sanoin, mutta aivot reagoivat VR-kokemukseen lähes samalla tavalla kuin tilanne olisi todellinen. (Pänkäläinen 2017) Lähes jokainen ensimmäistä kertaa virtuaalitodellisuutta kokeileva hämmästynee, kuinka pitkällä teknologia oikeastaan on. Virtuaalitodellisuus kiehtookin ihmisiä ehkä juuri sen aitouden ja rajattomien mahdollisuuksien vuoksi.

Mutta mikä sitten erottaa tämänhetkisen VR innostuksen 90-luvun kokeilusta? Teknologian kehitys on ollut viime vuosikymmenenä valtavaa, ja sen kehitystä pidetään jopa eksponentiaalisena (Kurzweil 2016). Prosessori- ja näyttöteknologia ovat täysin toisella kehitystasella 90-lukuun verrattuna. Viihdeteknologia panostaa virtuaalitodellisuuteen valtavasti ja uusia sovelluksia tulee jatkuvasti lisää. Pelimaailma on varmasti tällä hetkellä yksi alan edelläkävijöistä, mutta myös USA:n armeija ja NASA ovat hyödyntäneet teknologiaa jo pitkään osana koulutusta. Mutta mistä sitten löytyy kehityksen kärki?

VR on tulossa voimakkaasti myös rakennusalalle. Rakentamisprosessin aikana havaitut ongelmat ovat usein kalliita korjata, mutta virtuaalitodellisuuden avulla voisi olla mahdollista puuttua ongelmiin jo suunnitteluvaiheessa. Rakennushankkeissa ihmisten välinen vuorovaikutus on usein heikkoa, ja asiakaslähtöinen suunnittelu jää toteutumatta. Voisiko virtuaalitodellisuuden avulla tasa-arvoistaa osapuolia vuorovaikutustilanteissa ja näin luoda enemmän arvoa tuottava lopputulos. Rakennusala on yhä yksi vaarallisimmista työympäristöistä. VR:stä odotetaankin apua turvallisuusongelmiin ja tutkimukset sen hyödyistä on jo aloitettu. Virtuaalitodellisuus ei vielä näy jokapäiväisessä tekemisessä ja sen suurin potentiaali on varmasti vielä hyödyntämättä.

Rakennusalan ulkopuoliset yritykset ovat huomanneet VR:n tuomat liiketoimintamahdollisuudet ja uusia startup-yrityksiä syntyy alalle jatkuvasti. Koulutukseen, turvallisuuteen ja suunnitteluun VR tulee vaikuttamaan varmasti eniten, mutta se voi tulla muuttamaan myös muita perinteisiä prosesseja, kuten esimerkiksi hankintaa. Loppujen lopuksi virtuaalitodellisuuden on tuotava yrityksille jotain lisäarvoa, joko suoraan tai välillisesti, pelkästään imago syistä sitä ei voida kehittää. VR:n kehittäminen vaatii investointeja sekä aikaa, mutta mahdollisuudet ovat valtavat. Voimme maalaila hienoja visioita tulevaisuudesta, mutta realiteetit, ihmisten suhtautuminen ja muut kilpailevat teknologiat osaltaan ohjaavat mihin suuntaan virtuaalitodellisuus rakennusalla kehittyy.

## 1.2 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Kandidaatintyön aihe tuli Suomen Yliopistokiinteistöiltä. Tehtäväksi annettiin selvittää virtuaalitodellisuuden teknologian tilanne ja miten sitä hyödynnetään rakennusalalla tällä hetkellä sekä mitkä ovat sen hyödyntämismahdollisuudet rakennus- ja kiinteistöalla tulevaisuudessa. Oma tietopohja aiheesta oli lähes olematon, mutta kaikki uusi ja ihmeellinen kiinnostaa, joten päätin tarttua haasteeseen. Lisäksi aihe on tällä hetkellä erittäin ajankohdainen ja sen tutkimisesta on varmasti hyötyä urallani tulevaisuudessa. Haasteena saattaa olla tieteellisen tutkimusaineiston ajantasaisuus sekä niukkuus. Tavoitteena oli löytää viimeisin tieto aiheesta käyttäen pääasiassa muita kuin kirjallisuuslähteitä. Tämä voi aiheuttaa haasteita myös lähteiden luotettavuuden kanssa.

Tutkielmassa pyritään luomaan selkeä kuva virtuaalitodellisuudesta ja miten sitä hyödynnetään rakennusalalla tällä hetkellä. Työn päätavoitteena on kuitenkin selvittää virtuaalitodellisuuden tulevaisuuden kehityksen suuntaviivat ja mahdollisuudet rakennus- ja kiinteistöalalla.

### Päätutkimuskysymys

- 1) Miten virtuaalitodellisuutta (Virtual Reality, VR) voidaan hyödyntää kiinteistö- ja rakennusalalla?

### Alatutkimuskysymykset

- 1) Mitä on virtuaalitodellisuus ja mitkä ovat sen edistyksellisimmät käyttösovellukset tällä hetkellä?
- 2) Miten virtuaalitodellisuutta hyödynnetään ja mitkä ovat sen edistyksellisimmät käyttösovellukset kiinteistö- ja rakennusalalla?
- 3) Mikä on virtuaalitodellisuuden tulevaisuus kiinteistö- ja rakennusalalla?

Tutkimuksen tavoitteisiin päästään tutkimuskysymyksiin vastaamalla. Tärkeimmät tulokset esitetään päätelmissä. Alatutkimuskysymyksillä pyritään avustamaan päätutkimuskysymykseen vastaamista, sekä pohjustamaan tutkimusaihetta.

## 1.3 Rakenne ja rajaus

Johdannossa pyritään herättämään lukijan mielenkiinto aiheeseen, mutta varsinaisessa tutkielmassa on kolme selkeää pääosaa. 1) Virtuaalitodellisuuden tämän hetkinen tilanne yleisesti. 2) Virtuaalitodellisuuden tilanne rakennusalla 3) Virtuaalitodellisuuden hyödyntämismahdollisuudet rakennus- ja kiinteistöalla. Näitä teemoja pyritään käsittelemään loogisessa järjestyksessä, jotta aiheesta kokematonkin pystyy saamaan hyvän kokonaiskuvan.

Ensimmäisessä osassa tutkimusta tullaan paneutumaan siihen, mitä virtuaalitodellisuus on. Esitellään teknologiaa, sisällön tuottoa sekä laitteita. Selvitetään mistä löytyy kehityksen terävin kärki sekä miksi aihe on tällä hetkellä niin ajankohtainen. Luvussa avataan myös teknologian yleistä kehitystä, joka luo pohjaa sille, miksi virtuaalitodellisuu-  
della on paremmat mahdollisuudet onnistua nyt kuin 90-luvulla.

Toisessa osassa tutkimusta selvitetään virtuaalitodellisuuden tämänhetkistä hyödyntämistä rakennusalalla. Ketkä virtuaalitodellisuutta käyttävät tai kehittävät voimakkaimmin ja miten se näkyy yritysten jokapäiväisessä toiminnassa. Tarkoituksena oli myös löytää edistyneisimmät VR-sovellukset rakennusalalta, ja selvittää löytyvätkö ne Suomesta vai muualta. Kappaleessa pohditaan myös VR:n lisäarvon tuottoa rakennushankkeelle ja yritykselle.

Kolmannessa osassa tullaan keskittymään VR:n mahdollisuuksiin. Tulevaisuutta on vaikea ennustaa, mutta se kiinnostaa kaikkia. Luvussa pyritään löytämään suuntaviivoja ja ennustamaan mahdollisia tulevaisuuden käyttökohteita virtuaalitodellisuu-  
delle rakennusteollisuudessa. Pohditaan disruptoiko VR koko alaa vai tuleeeko siitä vain yksi työkalu muiden joukossa pienelle osalle alan toimijoita. Päätelmissä nidotaan yhteen keskeisimmät havainnot tutkimusaiheesta ja todetaan lisätutkimustarpeet.

Tutkielmassa tullaan tarkastelemaan hyödyntämismahdollisuuksia hyvin laajasti rakentamiseen liittyen sekä myös kiinteistön omistajan kannalta. Koska aihe on erittäin laaja, yksityiskohtiin ei paneuduta kovin tarkasti, vaan pyritään pikemminkin luomaan hyvä kokonaiskuva aiheesta. Työssä keskitytään nimenomaan virtuaalitodellisuuteen (Virtual Reality, VR), ei lisättyyn todellisuuteen (Augmented Reality, AR).

## **1.4 Tutkimusmenetelmät ja aineisto**

Työssä pyritään käyttämään uusimpia tiedonlähteitä, koska teknologian kehitys on hyvin nopeaa. Lähdeaineiston tuli olla julkaistu vuonna 2016 tai myöhemmin. Työn tilaajan tahdosta ei keskitytty ainoastaan kirjallisuuslähteisiin, vaan tietoa pyrittiin kasaamaan mahdollisimman monista eri lähteistä. Näitä olivat esimerkiksi erilaiset VR-tapahtumat, YouTube, Facebook, Google ja monet verkkojulkaisut. Aineistoa löytyi valtavasti, mutta monet käsittelevät aihetta hyvin pinnallisesti. Syvemmälle vietyjen tutkimustuloksien löytäminen oli erittäin haastavaa.

Lisäksi suoritettiin haastatteluja kahdessa eri yrityksessä, joita olivat Sweco ja Fira. Sweco on yksi virtuaalitodellisuuden edelläkävijöitä Suomessa, he hyödyntävät VR:ää erityisesti suunnittelussa. Swecolta haastattelun antoi VR-asiantuntija Jyri Tuomi. Fira taas eroaa perinteisistä rakennusliikkeistä ja on hyvin vahvasti mukana digitalisoimassa rakennusala, joten molemmilla on vahva näkemys siitä, mihin alaa ollaan viemässä. Firalta haastattelun antoi arkkitehti ja ilmiörakentaja Tero Vanhanen.

## 2. VIRTUAALITODELLISUUS

### 2.1 Yleiskuvaus

Virtuaalitodellisuus eli tekotodellisuus on tietokoneella luotu keinotekoinen maailma. Se voi joko pyrkiä simuloimaan jotakin olemassa olevaa tilaa tai sillä on voitu luoda täysin kuvitteellinen ympäristö. Sisältö toimii interaktiivisesti käyttäjän kanssa, ja sitä voidaan katsoa virtuaalilasien avulla. Käyttäjän on mahdollista tutkia tilaa, vaikuttaa tilaan, toteuttaa erilaisia toimintoja tai jopa muuttaa sitä. Virtuaalitodellisuuden maailma on kolmiulotteinen, ja se tuntuu hyvinkin aidolta. (Pänkäläinen 2017) Virtuaalitodellisuus niin sanotusti huijaa aivoja. Virtuaalitodellisuus luodaan tekniikalla, joka on melko yksinkertainen ja perustuu ihmisen normaaliin näköaistimukseen. Laseissa on kummallekin silmälle oma näyttö, joilla saadaan luotua syvyyttä ja 3D-vaikutelma. Laseissa on myös kiihtyvyyssanturi, joka rekisteröi pään liikkeet ja mahdollistaa katseen kohdistamisen eri suuntiin. Yksinkertaisen huijaus toimii niin hyvin, että aivot uskovat silmien katsovan todellista maisemaa. (Arvanaghi & Skytt 2016)

Ihminen muistaa 10 % lukemastaan, 20 % kuulemastaan, 30 % näkemästään ja 90 % tekemästään. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa todellisten tilanteiden simuloimisen ja sitä kautta tekemällä oppimisen. Virtuaalinen kokemus on paljon muutakin kuin vain 3D-näkymä kuvitteellisesta tai aidosta ympäristöstä. Virtuaalimaailmassa ihminen käyttää näön lisäksi myös muita aisteja, joiden käyttöä ihminen ei edes tiedosteta, kuten esimerkiksi tasapainoaistia. Läsnaolon kokemusta onkin vaikea selittää sanoin, se on koettava itse. Aivot kuitenkin reagoivat VR-kokemukseen lähes samalla tavalla kuin tilanne olisi aito. Korkeat paikat saattavat tuntua monen mielestä jopa pelottavan aidoilta. Hyvänä esimerkkinä toimii Stanfordin yliopistossa tutkimusta tekevän Jeremy Bailenson koeasetelma. Siinä koehenkilöille laitettiin virtuaalilasit päähän ja heitä pyydettiin ylittämään rotko kapeaa lankkua pitkin. Vaikka ihminen tiedostaa, että kyseessä ei ole todellinen rotko, silti noin 30 % kävijöistä ei uskaltanut lähteä ylittämään sitä. (Pänkäläinen 2017)

Virtuaalitodellisuus eli VR ja lisätty todellisuus eli AR sekoitetaan monesti toisiinsa, vaikka ovat eri asioita. Virtuaalitodellisuudella on tarkoitus luoda ns. tekotodellisuus, kun taas lisätyllä todellisuudella on tarkoitus tuoda lisäarvoa käyttäjän todelliseen tilanteeseen. Virtuaalitodellisuuden tarkoitus on viedä käyttäjä kuviteltuun antiikin Kreikkaan, kun taas lisätyllä todellisuudella voi Kreikassa ollessa nähdä, miltä edessä olevat rakennukset näyttivät antiikin aikana. (Pänkäläinen 2017)

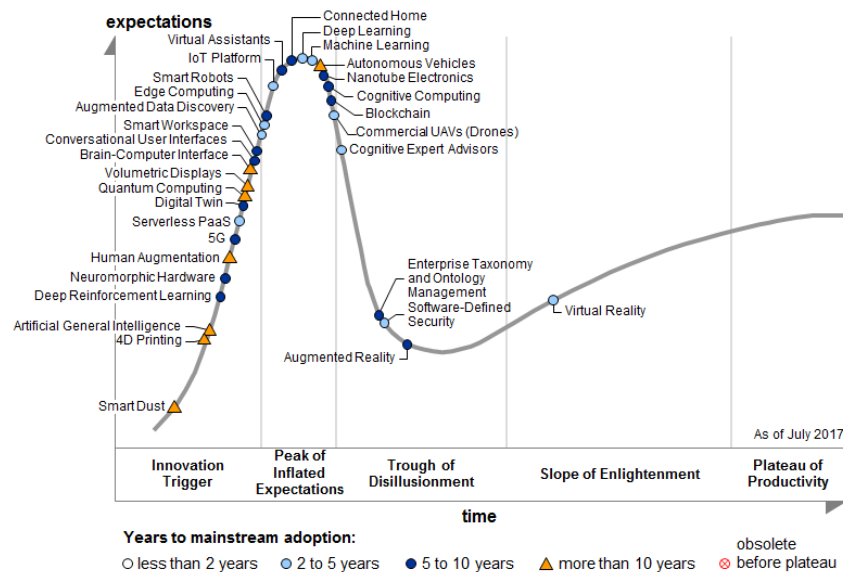
## 2.2 Virtuaalitodellisuuden historia ja teknologian kehitys

Virtuaalitodellisuus ei ole mikään uusi keksintö. Ihminen onkin haaveillut siitä jo vuosikymmeniä. Virtuaalitodellisuus-käsitettä käytettiin ensimmäisen kerran vuonna 1938, kun ranskalainen Antonin Artaud novellikokoelmassaan kuvasi teatterin vaikutuskeinoja ilmaisulla "la réalité virtuelle" – virtuaalitodellisuus. (Arvanaghi & Skytt 2016) Kuten avaruusmatkailun ja robotiikan, myös virtuaalitodellisuuden juuret ovat fiktiössä. Tosiinsa virtuaalitodellisuuden tuloa yritettiin kuitenkin vasta 90-luvulla, jolloin Sega ja Nintendo kehittivät virtuaalilaseja, joista jotkut pääsivät jopa kuluttajamarkkinoille. Teknologian hype ei kuitenkaan vastannut ihmisten odotuksia monien heikkouksien vuoksi, jonka vuoksi mielenkiinto ilmiöön hiipui. (Hämäläinen 2016) VR ei tullut kuluttajien saataville tuolloin, mutta tutkimus VR:n parissa on jatkunut yliopistomaailmassa, NASA:ssa ja USA:n armeijassa.

Nyt virtuaalitodellisuus tekee uutta tulemista, mutta miten voidaan olla varmoja, että siitä tulee osa ihmisten arkea tällä kertaa? Teknologian kehitys viime vuosikymmenenä on ollut valtavaa, ja sen ennustetaan jatkuvan eksponentiaalisesti. Muutos tapahtuu paljon nopeammin kuin osataan kuvitella. (Kurzweil 2016) Kun Apple toi markkinoille ensimmäisen iPhone'n vuonna 2007, voidaan sanoa jonkin uuden teknologisen aikakauden alkaneen. Sama voi nyt tapahtua myös virtuaalitodellisuudelle, mutta teknologian on oltava riittävän hyvää, jotta se luo unohtumattomia kokemuksia ihmisille. Myös laitteiden hintojen pitää olla sellaisia, että ne ovat lähes kaikkien ihmisten saatavilla. Aiemmat kokeilut tuottaa aidontuntuinen virtuaalinen todellisuus ovat epäonnistuneet, koska tekniikka ei ole ollut vaadittavalla tasolla. Ongelmana on ollut suorittimien ja näyttöjen riittämättömät ominaisuudet. Älypuhelinmarkkinoiden kova kilpailu on kehittänyt näyttö- ja anturitekniikka niin valtavasti, etteivät ne ole enää esteenä aidon tuntukselle VR-kokemukselle. Myös tietokoneiden tehot ovat kasvaneet räjähdysmäisesti, mikä mahdollistaa VR:n tuottamisen sekä sovellusten pyörittämisen. (Pänkäläinen 2017)

Virtuaalitodellisuuden uutta tulemista voidaan vahvistaa myös Gartnerin hypekäyrän avulla. Gartner julkaisee vuosittain hypekäyrän, jolla ennustetaan kehittyvien tekniikoiden kypsyyttä ajan suhteen. Hype-sykli tarjoaa graafisen ja käsitteellisen esityksen kehittyvien tekniikoiden kypsyydestä viiden vaiheen kautta. (Gartner 2017)





**Kuva 3.2.3.** Gartnerin hypekäyrä (Gartner 2017)

Gartnerin hypekäyrän viisi vaihetta ovat teknologian esittelyvaihe, teknologian hypen huippu, epäonnistumisen jälkeinen kiinnostuksen lasku, teknologiaymmärryksen kasvu, teknologian suuri yleistyminen ja käyttöönotto (Gartner 2017). Kuten kuvasta 3.2.3. voidaan todeta, on VR:n kehityskin kulkenut hyvin pitkälle tätä polkua. Hypetyksen jälkeen teknologia on epäonnistunut, aikaa kulunut ja ymmärrys kasvanut. Isot yritykset (esim. Facebook ja Microsoft) sijoittivat muutama vuosi sitten teknologiaan, ja nyt ollaan matkalla kohti kuluttajien jokapäiväistä käyttöä.

Monet maailman suurimmista teknologiayrityksistä panostavat virtuaalitodellisuuteen valtavasti. Kuten esimerkiksi Facebook, Microsoft, Sony, Samsung, HTC, Nokia ja Google, mutta myös Applen huhutaan kehittävän omaa VR-teknologiaansa. Digicapita on ennustanut, että VR-markkinat ovat vuonna 2021 30 miljardia dollaria maailmanlaajuisesti. Yhdistettynä VR ja AR muodostavat vuonna 2021 108 miljardin markkinan. Facebook osti virtuaalilaseja valmistavan Oculus VR:n maaliskuussa 2014 noin 2 miljardilla dollarilla, joten teknologiassa täytyi olla jotain mullistavaa. Myös Google on sijoittanut Mixed Reality -yritys Magic Leapiin satoja miljoonia euroja. (Pänkäläinen 2017)

Kulttuuri on muuttunut valtavasti viime vuosina internetin ja sosiaalisen median vaikutuksesta. Tiedonvälitys on erittäin nopeaa ja yhteys on mahdollista saada sekunneissa keeneen tahansa ympäri maailman. Tämä mahdollistaa uusien teknologioiden räjähdysmäisen kehityksen, esimerkkeinä tabletit ja älykellot. Kun VR-laitteiden käyttäjämäärä ylittää kriittisen massan, voi kehitys olla todella nopeaa. Kriittistä massaa ei kuitenkaan voida saavuttaa ilman riittävän hyvää sisältöä. Ihmisten asenteet ovat teknologiaa kohtaan ovat muuttuneet avoimemmiksi. Eetenkin nuorille älylaitteet ovat jo täysin arkipäivää ja virtuaalimaailma on luonnollinen jatkumo. Virtuaalitodellisuuden tekniikoita on kehitetty vuosikymmeniä, mutta vasta nyt niiden ennustetaan tekevän läpimurtonsa. Hyvä todiste

tästä on se, että myös aikuisviihdeteollisuus on kiinnostunut VR:stä. Historiassa tällainen kiinnostus on taannut monen keksinnön menestyksen. (Arvanaghi & Skytt 2016)

## 2.3 VR-teknologia

### 2.3.1 VR-lasit

Laadukkaat virtuaalilasit vaativat paljon tehoja toimiakseen kunnolla. Mikäli halutaan paras mahdollinen VR-elämys, tapahtuu se vielä tehokkaisiin pelitietokoneisiin liitetyillä laseilla ja näytönohjaimelta vaaditaan paljon. Sopivia näytönohjaimia on esimerkiksi Nvidia GTX970, 980, 1060, 1070 tai 1080. Tietokoneeseen kytkettäviä laseja tällä hetkellä ovat mm. Oculus Rift, HTC Vive ja Sony PlayStation VR. (Pänkäläinen 2017) Nämä lasit mahdollistavat liikkeen ja sijainnin tunnistamisen. Monilla malleilla on myös omia ohjaimia, joilla voidaan ns. teleportata VR-maailmassa. Ohjaimilla voidaan tarttua esineisiin ja siirrellä niitä. Kampusareenan VR-aamun haastattelujen perusteella HTC Vive on yksi suosituimmista laseista käyttäjien keskuudessa tällä hetkellä niiden luonnollisen ohjaimen ja suuren liikkuvuusalueen (5x5m) vuoksi. Monet yritysmaailman sovellukset kehitetäänkin juuri HTC Vive:lle. Alla on esitetty taulukko, jossa vertaillaan tämänhetkisten lasien ominaisuuksia.

Virtuaalilasit 21.3.2016 Virtuaalimaailma.fi	Google Cardboard	Samsung Gear VR	HTC Vive	Oculus Rift	Sony PSVR
<b>Hinta</b>	7€	n. 150€	n. 950€	n. 750€	n. 500€
<b>Langaton</b>	kyllä	kyllä	ei	ei	ei
<b>Ohjaimet</b>	ei	Kehitteillä	Käsiohjaimet mukana	Xbox ohjain, käsiohjaimet Q2 2016	Käsiohjaimet mukana
<b>Liikkuminen VR-tilassa</b>	ei	ei	5 x 5 m	1,5 x 1,5 m	1,5 x 1,5 m
<b>Resoluutio</b>	Riippuu puhelimesta	1280x1440	1080x1200	1080x1200	1080x960
<b>Kuvataajuus</b>	Riippuu puhelimesta	60	90	90	120
<b>Peligrfiikan laatu</b>	*	**	****	****	****
<b>Parhaimmillaan</b>	360 video	360 video	Pelit huoneen kokoisessa tilassa	Pelit istuen tai seisoen	Pelit istuen tai seisoen
<b>Julkaisu</b>	Myynnissä	Myynnissä	05/04/2016	28/03/2016	H1 2016
<b>Vaatii toimiakseen</b>	Älypuhelimien	Uudehkon Samsung puhelimen	Tehokkaan tietokoneen	Tehokkaan tietokoneen	PS 4 pelikonsolin

*Kuva 2.3.1 Virtuaalilasien vertailu (Pänkäläinen 2017)*

Kuten kuvasta 2.3.1. huomataan, toinen mahdollisuus katsoa virtuaalitodellisuutta on mobiililasein avulla. Ne toimivat yhdessä älypuhelimien kanssa. Puhelin kiinnitetään lasiin ja sovellukset on luotu mobiililaitteille. Mobiililaseilla ei vielä päästä samalle tasolle grafiikassa eikä liikkeen tai sijainnin tunnistuksessa, mutta tulevaisuus on varmasti menossa mobiilimpaan suuntaan, varsinkin kuluttajien keskuudessa. Maailmassa oli vuonna 2016 noin kaksi miljardia älypuhelimien omistajaa, joten markkina on valtava. Samsung Gear VR on ensimmäinen kunnollinen älypuhelimella toimiva laite, se on helppo ottaa mukaan ja käyttää missä vain sen langattomuuden vuoksi. Google Daydream on Googlen VR-alusta, jonka pohjalta suurimmat älypuhelinvalmistajat alkavat valmistamaan omia VR-yhteensopivia puhelimiaan. Google Cardboard ja muut edulliset vaihtoehdot toimivat lähes millä tahansa älypuhelimilla. Pahviset mallit maksavat noin 10 € ja muoviset 20-30 €. Näiden lasien VR-kokemus ei vastaa vielä kalliita laitteita, mutta ei niiden ole tarkoituskaan, vaan tuoda VR kaikkien ulottuville. Esimerkiksi suomalaisen Fincloudin 29 € hintaiset VR-lasit ovat jo melko laadukas Cardboard-tyyppinen vaihtoehto. (Pänkäläinen 2017)

### 2.3.2 Sisällön tuotto

Sisältöä virtuaalilaseille voidaan tuottaa eri tavoin, mutta useimmiten virtuaalimaailman luomiseen käytetään siihen tarkoitettuja pelinkehitysalustoja, eli niin sanottuja pelimoottoreita. On tärkeää, että tuotettu sisältö on alustariippumatonta, jotta sitä voidaan käyttää mahdollisimman monipuolisesti eri alustoilla. Alustariippumattomuudella voidaan tarkoittaa selainkäyttöä, mobiilikäyttöä tai saman sovelluksen käyttö eri käyttöjärjestelmillä tai laitteilla. Laiteriippumattomuudessa sovellus voidaan viedä eri laitealustoille, kuten älypuhelimien tai tietokoneeseen. (Lappalainen, Poikolainen & Trapp 2015) Tämän toteuttamiseen vaaditaan erityinen kehitysalusta. Unity on yksi tällainen kehitysympäristö, joka on pääasiassa tarkoitettu pelien kehittämiseen. Unity Technologies kehitti Unityn monialustaiseksi pelimoottoriksi, jolla voidaan rakentaa kaksi- ja kolmiulotteisia sovelluksia vaikkapa yritysten käyttöön, niin virtuaalisten harjoitussimulaattoreiden kuin pelienkin muodossa. Alustoina voivat toimia Windows-, MacOS-, Linux-, iOS-, Android-, Windows Phone-, selain- ja konsolialustat. Lisäksi pelien ja sovellusten toimiminen on mahdollistettu Internet-selaimissa Web Playerin tai WebGL:n avulla ilman, että laitteelle tarvitsee asentaa mitään. On myös olemassa muita pelimoottoreita, mutta Unity on yksi eniten käytetyistä tällä hetkellä. (Alajuuma 2016)

Toinen tapa tuottaa sisältöä virtuaalilaseille on immerstiivinen 360°-videoteknologia. Siinä käytetään kaikkiin suuntiin otettuja valokuvia tai videoita todellisuudesta pohjana immerstiivisille ympäristöille tai jopa reaaliaikaiselle etäläsnäölle. 360°-videokamerat ovat kehittyneet valtavasti ja hyvän laatuista kuvaa on jo mahdollista tuottaa. Virtuaalilasein avulla on mahdollista liikkua kuvatussa. Tavoite on sama kuin pelimoottoreilla tuotetussa VR:ssä, mutta toteutustapa on erilainen ja lopputulos täysin fotorealistinen. (Lappalainen, Poikolainen & Trapp 2015)

## 2.4 Virtuaalitodellisuuden edistyneisimmät käyttökohteet

Peliteollisuudesta löytyy varmasti edistyneisimmät VR-sovellukset tällä hetkellä, mutta VR on jo paljon muutakin kuin tietokonepelejä. VR on ollut hyötykäytössä monella alalla jo pitkään ja sitä on tutkittu yliopistomaailmassa jatkuvasti, vaikka teknologia epäonnistui kuluttajamarkkinoilla 90-luvulla.

Pisimpään virtuaalitodellisuuden parissa ovat toimineet NASA ja USA:n armeija, joten edistyneisimmät VR-koulutussovellukset löytyvät varmasti heiltä. NASA:lla onkin yli 20 vuoden kokemus virtuaalitodellisuuden kehittämisestä, ja se on iso osa heidän astronauttiensa koulutusta. NASA:n VR-laboratorioissa kokemuksesta tehdään niin aito, että se vastaa lähes täysin avaruuden olosuhteita. VR-lasit ovat vain osa kokemusta, laboratoriossa myös ympäröivät laitteet vastaavat täysin avaruussukkulaa. Teknologialla pystytään luomaan kaikkia mahdollisia tilanteita, joita saattaa tulla vastaan avaruudessa, ja näin valmistetaan astronautteja niihin. On todettu, että tekemällä oppiminen on paljon tehokkaampaa kuin lukeminen, luennointi tai kuvilla havainnollistaminen. Astronautteille jää VR-koulutuksesta hyvin vahva muistijälki ja ovat näin valmiita toimimaan tositalanteissa. (Carson 2015)

USA:n armeija taas käyttää virtuaalitodellisuutta sotatilanteiden simuloimiseen. VR:n avulla on mahdollista luoda lentosimulaatioita, laivaston koulutusta ja erilaisia taistelutilanteita. Virtuaalitodellisuudessa luodut sotaharjoitukset ovat huomattavasti aitoja tilanteita halvempia ja helpompia toteuttaa sekä sotilaat pääset kokemaan lähes aidon tunteisen sotatilanteen. Aseet ovat täysin oikeiden aseiden kopiota ja sotilaat täysissä varusteissa. Sotilas voi jopa tuntea fyysisen iskun luodin osuessa VR-taistelutilanteessa. Virtuaalitodellisuutta käytetään myös postraumaattisen stressihäiriön hoitoon ja valmistetaan sotilaita tulevaan sotatilanteeseen myös psykologisesti. (Parkin 2015)



*Kuva 2.4.1 USA:n armeijan VR-sotaharjoitus (Parkin 2015)*

Virtuaalitodellisuuden käyttöä lääketieteessä on tutkittu jo noin 25 vuotta ja siitä on julkaistu lukuisia tieteellisiä tekstejä. Se tuokin lääketieteen opiskeluun, harjoitteluun sekä hoitoon monia uusia ulottuvuuksia. Esimerkiksi TT- ja magneettikuvien kolmiulotteisten reformaattien ja muiden kolmiulotteisten kuvien visualisointi onnistuu VR:n avulla erittäin hyvin verrattuna tietokoneen näyttöön. Kuvia voidaan suurentaa luonnolliseen kokoon sekä kääntää että leikata kuvaa. Tämä auttaa lääkäreitä diagnosoinnissa, toimenpiteiden suunnittelussa ja harjoittelussa. Kirurgi voi katsella potilaan segmentoitua TT-kuvaa virtuaalitodellisuudessa ja suunnitella tulevaa leikkausta. Virtuaalitodellisuutta on tutkittu paljon myös psykiatriassa ja sen suhteen ollaan saatu erittäin hyviä tuloksia erityisesti ahdistuksen, fobioiden sekä traumaperäisten stressihäiriöiden hoidossa. (Takala 2017)

Virtuaalimatkailusta on tulossa yhä suosittumpaa ja sisältöä luodaan jatkuvasti enemmän. Esimerkiksi National Geographic tuottaa uskomattoman hienoja 360°-kuvattuja luontodokumentteja, mutta vaikuttavampaa on se, mitä mahdollisuuksia virtuaalitodellisuus luo opiskeluun. Oppilaat on mahdollista viedä maantiedon tunnilla virtuaaliselle tutkimusretkelle Grönlantiin ja näyttää millainen maisema on odotettavissa, jos ilmastomuutos jatkuu ja ikijäät sulavat. Kokemus on oppilaille konkreettinen ja vaikuttaa voimakkaasti heidän ajatteluunsa. Suomen Punainen Risti teki VR-elokuvan, joka havainnollistaa, miltä kolmen vuoden kuivuus näyttää ja tuntuu somalialaiskylässä. Sovelluksen avulla Punainen Risti lisäsi empatiaa ja ymmärrystä ongelmia kohtaan sekä tavoitti nuoria aikaisempaa paremmin. Virtuaalitodellisuus tulee tuomaan opiskeluun ja oppimiseen valtavasti uusia ulottuvuuksia. (Häkkinen 2016)

Peliteollisuudesta löytyy kuluttajille tarjolla olevan virtuaalitodellisuuden teknologian kehityksen kärki. Kuluttajat tuottavat peliteollisuudelle valtavasti rahaa ja vaatimustaso kasvaa jatkuvasti, tämän vuoksi uusia keksintöjä pitää tuottaa markkinoille yhä tiheämmin. Virtuaalitodellisuus ei rajoitu pelkästään virtuaalilaseihin, vaan jo nyt on olemassa monenlaisia lisälaitteita jotka tukevat virtuaalista elämystä. Omni Directional Dreadmill on Virtuixin rakentama juoksualusta, jonka avulla pelaaja voi kävellä, juosta, liikkua sivuttain, kyykistyä tai hyppiä. Alusta tarjoaa täydellisen 360 asteen vapauden. Tämä muuttaa liikkumisen virtuaalitodellisuudessa ja avaa uusia mahdollisuuksia virtuaalitodellisuuden kehittämiseen. (Virtuix Omni 2017) STEM on taas langaton liiketunnistinalusta, joka seuraa käyttäjänsä liikkeitä raajoihin kiinnitettävien palikoiden avulla. Tämä voi korvata VR-lasien omat ohjaimet ja mahdollistaa tarkemman liikkumisen VR-maailmassa. (Sixense 2016) Yksi erittäin mielenkiintoinen lisä virtuaalikokemukseen on Feelreal-maski. Se on kasvoille puettava maski, jolla voit haistaa, tuntea kuumaa/kylmää, vesipisaroihin ja tärinää. Haju- ja tuntoastin lisääminen virtuaalikokemukseen tekee siitä entistäkin vaikuttavamman. (Feelreal 2017)



**Kuva 2.4.2 TeslaSuit (Teslasuit 2017)**

Kaikkein hämmästyttävimpiä keksintöjä on kuitenkin päälle puettavat puvut (kuva 2.4.2), joiden kautta pelaaja voi aistia virtuaalitodellisuudessa. Pukuvalmistajia on ainakin kaksi Teslasuit ja Axon exosuit. Teslapuvussa on liikkeentunnistimia, haptinen palautejärjestelmä, biometrinen systeemi, joka mittaa elimistön toimintoja sekä lämpötilavaihtelua tuottava järjestelmä. Pukuun pukeutuneen pelaajan on mahdollista aistia saatu osuma kehossa puvun antamien impulssien kautta. Myöskin peliympäristön muutokset (esim. lämpötila) ovat mahdollista aistia puvun kautta. (Teslasuit 2017) Myöskin jopa keinoihonon puhuttu olevan suunnitteilla. Virtuaalitodellisuus tulee kehittymään niin uskomattoman aidoksi, että sitä on vielä vaikea edes kuvitella.

360°-kamerat ovat tulleet markkinoille nopeasti. Actionkamera-jätti GoPro, julkaisi elokuussa 2016 kuuden kameran Omni-kehikon, jolla voi tuottaa 360°-kuvaa. Nokia taas julkaisi oman ammattikäyttöön tarkoitetun 40 000 € maksavan Nokia OZO:n 2016 alkupuolella. Se on toistaiseksi ainoa, joka pystyy tuottamaan live 3D 360°-lähetyskäsiä. (Pänkäläinen 2016) 360°-kuvausteknologian avulla viihdeteollisuus voi tuottaa aivan uudenlaista sisältöä kuluttajille. Virtuaalimatkailussa on mahdollista katsoa kotisohvalta, miltä Bali näyttää juuri tänään tai kiertää Rooman nähtävyyksiä. Penkkiurheilun ystävä voi kulkea jalkapallokentällä lempipelaajansa mukana tai rockfani voi olla eturivissä suosikkiaartistinsa keikalla. 360°-kuvasteknologian avulla tuotettu viihdesisältö tulee varmasti syrjäyttämään nykyisiä viihteen katsomismuotoja. VR ei rajoitu vain urheilun katsomiseen, vaan luo uusia tapoja myös harjoitella urheilua. VR:n avulla on toteutettu monia harjoitussimulaatioympäristöjä eri urheilulajeille.

Verkkokauppa eBay julkaisi Myers-tavaratalon kanssa yhteistyössä virtuaalitodellisuuden perustuvan verkkokaupan. Kaupassa liikutaan virtuaalilasien, kuten esimerkiksi Samsungin Gear VR:n avulla. Kaupassa on myynnissä jokaisesta tuotekategoriasta 100

suosituista tuotetta. Silmillä suoritettavaa ostotapahtumaa pidetään VR-kaupan vahvuutena sen helppouden vuoksi. Myös monet tuotteet on helpompi hahmottaa virtuaalitodellisuudessa. (Tamminen 2016)

## 2.5 Tekniset haasteet ja ongelmat

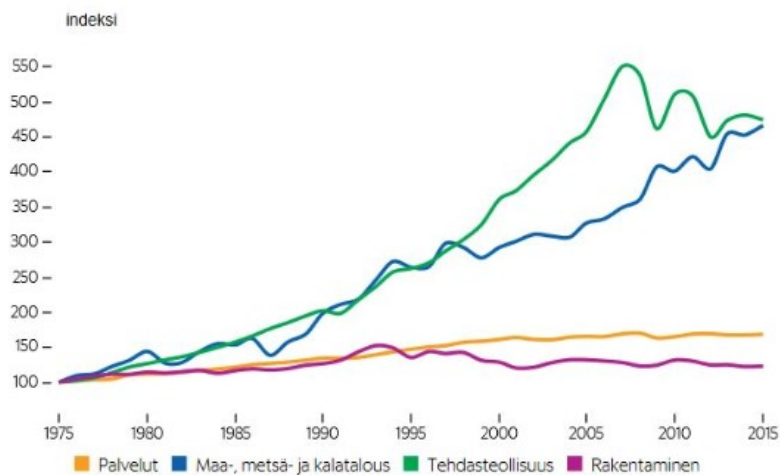
Vaikka virtuaalitodellisuus on tulossa jäädäkseen, on sillä vielä paljon ongelmia ratkotavanaan. Laitteet ovat melko kömpelöitä ja painavia, eikä akkujen kestot ole kovinkaan hyviä. Laitteita on pystyttävä käyttämään koko päivän, ja niitä on voitava kantaa helposti mukana. Osa laitteista onkin jo langattomia, mutta parhaimmat kokemukset saadaan tietokoneisiin liitetyillä laitteilla. Mobiililaitteiden tehot eivät vielä riitä, mutta kilpailevat älypuhelinmarkkinat tuottavat koko ajan tehokkaampia laitteita markkinoille. (Pänkäläinen 2017) Myöskään lasien näyttötarkkuudet eivät ole vielä HD-tasolla. VR-sovelluksia ohjataan usein liikkeillä, eivätkä ne ole kovin tarkkoja ja huitominen voi olla turhauttavaa. Haasteita liittyy myös VR-ohjelmistokehitykseen. Uusien ominaisuuksien tai tehtyjen muutosten testaaminen vie aikaa, koska kehittäjä joutuu vaihtamaan kahden käyttöliittymän, eli näppäimistön ja hiiren, ja toisaalta virtuaalilasien välillä. Alalta puuttuu vielä standardeja, ja useampien laitteiden tukeminen vaatii ylimääräistä vaivaa. Teknologia kehittyy niin kovaa vauhtia, että nämä tullaan varmasti ratkaisemaan lähitulevaisuudessa. VR:n menestys ei liity pelkästään siihen, kuinka hienoa teknologiaa on tarjolla, vaan kuinka mukava sitä on käyttää. (Häkkinen 2016)

Pahoinvointi on virtuaalitodellisuuden yksi ongelmista. Monet ihmiset kärsivät joko pahoinvointia tai päänsärkyä VR-laseja käyttäessään. Se aiheutuu aistien ristiriitaisesta informaatiosta. Jos ihminen kokee virtuaalimaailmassa esimerkiksi vauhdikkaita kaarteita auton kyydissä, mutta sisäkorvan vestibulaarijärjestelmä viestii, että ollaankin täysin paikallaan ja siitä seuraa pahoinvointia. Näköaistimus on siis ristiriidassa tasapainoaistin kanssa. Tämäkin ongelma saadaan varmasti kuriin oikeanlaisen sisällön, näyttöjen tarkkuuksien ja oikean näkökulman avulla. Silmien rasitus virtuaalilaseissa johtuu sekin aistikonfliktista. Näöissä on kaksi tarkennusmekanismia, jotka ovat tottuneet tarkentamaan samaan pisteeseen. 3D:ssä näin ei ole, koska konvergenssi kohdentaa lumekuvaan, mutta akkommodaatio näyttöruutuun, mikä rasittaa silmiä. (Häkkinen 2016)

## 3. VIRTUAALITODELLISUUDEN NYKYTILANNE RAKENNUSALALLA

### 3.1 Tuottavuuden kehittyminen ja VR-tekniikan tilanne

Teknologia kehittyy erittäin nopeasti, ja työn tuottavuus onkin kasvanut monella alalla huomasti 1970-luvun jälkeen. Rakennusallalla näin ei kuitenkaan ole käynyt, vaan työn tuottavuus ei ole juurikaan noussut yli 40 vuoteen. Syitä on varmasti monia, mutta vauhdikas kaupungistuminen ja sitä kautta jatkuvasti kasvava kysyntä on yksi syy tähän. Ala ei ole ollut pakotettuna muuttamaan, koska maksaja on tähän mennessä aina ollut helppo löytää. Osaltaan rakennusalan suuri aliurakointiaste ja kahdenkeskeiset sopimukset johtavat terveen yhteistyön puutteeseen. (Lohilahti 2017) Nyt on yritysten keskuudessa kuitenkin selvästi havaittavissa aitoa halua muuttaa toimintatapoja. Rakentamisen digitalisointiin ollaan panostamassa tosissaan, ja siitä osoituksena myös TEKES:in myöntämät suuret apurahat yrityksille. Osittain muutospaine tulee myös rakennusalan ulkopuolelta. Monet alan ulkopuoliset yritykset näkevät tilaisuuden rakennusalan huonossa tuottavuudessa ja yrittävät nyt disruptoida alaa erilaisten digitaalisten ratkaisuiden avulla. Monet VR-alan startup-yritykset ovatkin lähteneet havittelemaan omaa osaansa näiltä markkinoilta.



**Kuva 3.1.** Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain. (Tilastokeskus 2016)

Vaikka rakennusalan digitalisaatio on jo selvästi käynnissä, virtuaalitodellisuus ei näy vielä jokapäiväisessä tekemisessä kovinkaan paljoa. Virtuaalitodellisuuden hyödyntämisen haasteina rakennusallalla on ollut teknologian heikkous ja kalliit laitteet. Aikaisemmin kohteen virtuaaliseen esittelyyn on tarvittu virtuaalinen Cave. VR-Cave on erillinen



huone, jossa kohdetta on voitu tarkastella kolmiulotteisena virtuaalitodellisuudessa. Nyt teknologia on jo sillä tasolla, että tekniset esteet ovat poistuneet ja kaikilla on mahdollisuus hyödyntää virtuaalitodellisuutta ilman suuria investointeja. Tällä hetkellä monet toimijat miettivät milloin ja miten ryhtyvät käyttämään virtuaalitodellisuutta, eivätkä ryhtyvätkö käyttämään. Kyse on ajattelutavan muutoksesta, mutta myös prosessien muuttamisesta, mikä tietenkin vie aikaa ja tuo mukanaan kustannuksia. (Parikka & Ruuska 2017) Virtuaalitodellisuutta ei oteta käyttöön vain sen takia, että muutkin tekevät niin tai koska se on trendikästä. Sen on tuotava yritykselle myös jotain lisäarvoa nyt tai tulevaisuudessa. Potentiaali on huomattu ja siksi mielenkiinto virtuaalitodellisuutta kohtaa on alalla suurta.

Tällä hetkellä vain pieni osa yrityksistä hyödyntää virtuaalitodellisuutta luonnollisena osana projektejaan tai panostaa sen kehittämiseen. Osaamisen kirjo alalla on hyvin suurta, koska hankkeissa on mukana niin monenlaisia yrityksiä toiminimistä pörssiyrityksiin. Yleisesti asenne teknologiaa kohtaan on kuitenkin parantunut, eikä negatiivisiin asenteisiin virtuaalitodellisuutta kohtaan juuri törmää. Sweco on yksi Suomen johtavista yrityksistä VR:n käytössä. Heillä virtuaalitodellisuutta hyödynnettiin vuonna 2017 noin kymmenessä projektissa. Mielenkiinto VR:ää kohtaan tilaajien puolelta on jatkuvassa kasvussa, kun asiakkaat tunnistavat sen mahdollisuuksia. Suomessa on kuitenkin vielä kovin vähän tuottajia, jotka pystyvät asiakkailleen sitä tarjoamaan. (Tuomi 2017)

### **3.2 Virtuaalitodellisuudesta apua kohteen visualisointiin**

Virtuaalitodellisuuden tämän hetkisiä parhaita käyttökohteita rakennuslalla on ehdottomasti kohteen visualisointi ja sen esittely. Pelimooottoreilla (esim. Unity) voidaan luoda todella aidon tuntuinen virtuaalinen ympäristö kohteesta lisäämällä 3D-malleihin interaktiivisia elementtejä. Asuntoja, toimistoja tai muita kohteita on helppo esitellä asiakkaille ennen kuin mitään on edes rakennettu. Suoraan pelisuunnitteluhjelmistojen avulla tehtyihin VR-malleihin on helpompi luoda interaktiivisia ominaisuuksia verrattuna BIM-mallista tehtäviin VR-malleihin.

Virtuaalitodellisuus voi helpottaa myös asunnon ostopäätöstä, kun asiakas tietää täsmälleen mitä on hankkimassa. Kiinteistövälittäjät ovatkin jo huomanneet virtuaalitodellisuuden edut asuntojen myynnissä. Goldman Sachs ennustikin 2016 julkaisemassaan raportissa, että vuoteen 2020 mennessä virtuaalitodellisuusteknologiaa hyödyntää yli 130 000 asuntovälittäjää (Virtanen 2016). Uusista kohteista luodaan virtuaaliympäristö tietokoneilla, mutta jo olemassa olevien kohteiden esittelyyn voidaan taas hyödyntää yleistyvää 360° 3D-kuvaamista. Kohde käydään kuvaamassa 360°-kameralla ja asiakas voi tarkastella sitä jo muutaman tunnin kuluttua kotisohvalta VR-lasit päässä. Kokemuksesta saadaan hyvin saman kaltainen kuin oikeasta asuntonäytöstä. 3D-tilaesittelyt alkavatkin olla jo osa kiinteistönvälittäjien arkipäivää. Asuntonäytöt tuskin poistuvat lähitulevaisuudessa kokonaan, mutta niiden merkityksen uskotaan vähenevän selvästi. (Virtanen 2016)

Suomalainen teknologiayhtiö Outotec lanseerasi vuoden 2015 lopulla uuden cPlant-laitoskonseptin malmien vaahdotukseen. Design Reform ja Player Entertainment rakensivat laitoksesta pelimaailmasta tutulla pelimoottorilla 3D-ympäristön, jossa käyttäjät tutustuivat laitoksen toimintaan ja eri prosesseihin, ennen kuin ensimmäistäkään laitosta on rakennettu. Outotecin Design Manager Matti Luukkosen mukaan virtuaalinen malli osoitautui erittäin monikäyttöiseksi ja sitä myötä kustannustehokkaaksi. Sen avulla ensimmäiset kaupat saatiin ennätysajassa. (Partanen 2016) VR-mallin avulla asiakas saadaan nopeasti vakuuttuneeksi tehtaan tai rakennuksen toiminnasta ja kannattavuudesta, mikä taas helpottaa päätösten teossa. VR-malli on osoittautunut erittäin kustannustehokkaaksi työvälineeksi kaupankäyntiin rakennusalla. VR-tekniikan hyödyntäminen tuo myös suoraa kilpailuetua. Jos kilpaileva yritys yrittää esitellä vastaavan tehtaan toimintaa perinteisin keinoin tai BIM-mallin avulla, on ero todella suuri.

Suomessa VR-mallintaminen ja kohteen visualisointi ovatkin aivan maailman kärkiluokkaa. Zoan on Tampereläinen VR-yritys, joka luo interaktiivisia ja digitaalisia ympäristöjä, joiden avulla asiakas voivat kokea, tehdä ja oppia. Kaiken pohjana toimii dynaaminen 3D-malli, joka palvelee eri sidosryhmiä koko rakennuksen elinkaaren aikana. Mallien pohjalta Zoan toteuttaa myös kokemuspohjaista VR-markkinointia. (Zoa 2018)

Kun isoille kohteille haetaan rahoitusta tai lupia, on äärimmäisen tärkeää, että visio tulee ymmärretyksi oikein. Virtuaalimallin avulla kohde saadaan esiteltäväksi oikein ja istutettua se olemassa olevaan ympäristöön oikeassa mittakaavassa. Kolmiulotteisia virtuaalimalleja on hyödynnetty päätöksenteossa esimerkiksi kaavamuutoksissa ja lupahakuprosesseissa. Rakennuslupaprosessia ja valituskierrettä voidaan mahdollisesti lyhentää, kun kohde saadaan esiteltäväksi oikein, eikä epäselvyyksiä jää. Ihmiset usein vastustavat hankkeita, joita eivät ymmärrä. Virtuaalitodellisuudessa ihmiset puhuvat niin sanotusti samaa kieltä insinöörien kanssa, toisin kuin perinteisten paperikuvien tai BIM-mallien kanssa. Asemakaavakäsittely eteni Espoon Nupurin pientaloalueella huomattavasti nopeammin, kun päättäjät pääsivät tutkimaan suunnitteilla olevaa kaupunginosaa virtuaalitodellisuudessa ennen kaavapäätöksen tekemistä. 3D-virtuaalimallia on hyödynnetty myös Espoossa sijaitsevan kaatopaikan muuttamisessa Tapiola Golfiksi. (Pänkäläinen 2016)

Virtuaalitodellisuutta voidaan entistä paremmin hyödyntää myös paremman kaupungin suunnittelussa ja rakentamisessa. Ne tavalliset ihmisryhmät, jotka eniten käyttävät kaupunkien palveluita, pääsevät harvoin kuitenkaan osallistumaan kaupungin suunnitteluun. Porin kaupunkisuunnittelu osallistui viime vuonna SAFAn ja MAL-verkoston 3DYKS-projektiin, jossa pohdittiin digitalisaation tuomia mahdollisuuksia suunnitteluprosessiin. Case esimerkissä käyttäjät pääsivät osallistumaan suunnitteluun 3D-mallin ja virtuaalilaisien avulla. Tuloksena saatiin hyviä suunnitteluideoita, ja saatiin lisättyä ihmisten aktiivisuutta yhteisen kaupungin kehittämiseen. Tulokset olivat niin hyviä, että virtuaalitodellisuus tulee olemaan jatkossakin kiinteä osa kaupunkisuunnittelua Porissa. (Viljanen 2018) Myös Helsingin kaupungista on luotu jo monenlaisia tulevaisuuden kuvia virtuaalitodellisuuden avulla. Esimerkiksi Sito esitteli 2017 kaupunkisuunnittelumessuilla Helsingin

kaupunkisuunnitteluhankkeita VR-lasien avulla. Näytteillä oli mm. tulevaisuuden elävä ja viihtyisä Erottajan aukio. Tällä hetkellä yksi parhaimmista VR-sovelluksista rakennusalalla onkin juuri kokonaisuuksien visualisointi ja hahmottaminen. VR:n avulla saadaan myös lapset ja nuoret kiinnostumaan omasta tulevaisuuden kaupungista ja osallistumaan sen suunnitteluun. Tällaisia kokeiluja on toteutettu Suomessa varsin hyvällä menestyksellä. Voi kuitenkin olla, että AR tulee yleistymään kaupunkisuunnittelussa VR:ää enemmän, koska sen avulla voidaan nähdä myös todellinen maailma samaan aikaan.

### 3.3 Rakennushankkeen virtuaalinen suunnittelu

Arkkitehdit ovat aina pyrkineet esittelemään luonnoksiaan mahdollisimman havainnollistavasti, joko pienoismallein tai piirustuksin. Virtuaaliset 3D-mallit ovat kuitenkin korvaamassa pienoismallit, eikä mallin tarvitse enää olla pelkästään pienoiskoossa, vaan mallit voidaan esitellä luonnollisessa mittakaavassa virtuaalitodellisuuden avulla. VR-malli on todella joustava verrattuna perinteisiin metodeihin. 2D-kuvissa muutokset aiheuttavat paljon työtä, koska muutoksilla on vaikutus moniin muihin kuviin (leikkaukset, julkisivut), kun kaikki joudutaan päivittämään. Tietomallipohjaisissa virtuaalimalleissa ei tätä ongelmaa esiinny, vaan tehdyt päivitykset ohjautuvat heti kaikkialle. Revitin 3D-suunnitteluohjelmalla luodusta mallista voi Enscapin (Revitin lisäosa) avulla luoda virtuaalimallin muutamassa minuutissa. Revitissä tehtävät päivitykset siirtyvät välittömästi virtuaalimaailmaan ja arkkitehti voi tarkastella suunnitelmiaan esimerkiksi HTC Vive virtuaalilasien kautta jatkuvasti prosessin edetessä. Vaihtoehtojen vertailu on paljon helpompaa ja ideoita voidaan pienemmällä kynnyksellä testata myös asiakkailta. (Pänkäläinen 2016)

Yhdysvaltalainen arkkitehtuurin suunnitteluohjelmisto Archi Virtual hyödyntää useimmiten käytettyä pelisuunnitteluohjelmaa Unitya. Pelisuunnitteluohjelmistot auttavat lisäämään interaktiivisia ominaisuuksia malliin. Interaktiivisuuden avulla kohteista voidaan tehdä myös elävämpiä ja aidomman näköisiä. Tällaisten toiminnallisuuksien rakentaminen vie vielä kuitenkin huomattavasti aikaa. Suomalainen Tridify puolestaan kehittää ohjelmistoa helpottamaan sisustusarkkitehdin työtä. Tridifyn avulla voidaan rakennuksen tietomalli viedä yksinkertaiseen tablet-ohjelmistoon, jossa voidaan muuttaa esimerkiksi kalusteita, seinien värejä tai paikkoja. Tuloksen voi tarkistaa virtuaalilasien avulla, mikä auttaa hahmottamaan etenkin tilojen kokoja. (Pänkäläinen 2016)

Jos kohteesta halutaan nopeasti esitellä jotain tiettyä kohtaa, onnistuu se käyttämällä IrisVR nimistä ohjelmaa. Revitistä voidaan luoda Iriksen 3D-malli hyvin nopeasti. Tämän jälkeen Iriksessä kaapataan 3D-virtuaalinäkymiä ja lisätään ne ohjelman pilvipalveluun. Kuvat ovat avattavissa mobiilisovelluksella ja nämä voidaan kokoustilanteessa esi-

tellä asiakkaalle älypuhelimien ja mobiililasien (esim. Google Cardboard) avulla. Kokeemus ei vastaa tietokoneisiin liitettävien lasien avulla toteutettua, mutta kyseisessä tilanteessa se ei ole päätarkoitus. (Iris-verkkosivu 2017)

Huolellinen rakennesuunnittelu on kaiken perusta, niin kustannusten kuin rakennuksen laadunkin kannalta. Suunnittelu toteutetaan yhä useammin 3D-mallinnuksena käyttämällä esimerkiksi Teklaa tai Revitiä. Myös rakennesuunnittelijoilla on mahdollisuus käyttää virtuaalitodellisuutta suunnittelun tukena. Esimerkiksi Teklalla luotua BIM-mallia on mahdollista tutkia virtuaalilasien avulla. BIM-malli voidaan hyvin nopeasti muuntaa virtuaalimalliksi muutamalla klikkauksella, jonka jälkeen voidaan tutkia rakenteita virtuaalilasit päässä. Esimerkiksi haastavat teräsrakenteet ovat helpompia hahmottaa oikeassa mittakaavassa, jolloin suunnittelija pystyy tutkimaan suunnitelmiansa laatua ja mahdollisesti miettimään työteknisesti parempia ratkaisuja. Suuren anturan raudoituksen mitoitus sujuu ongelmitta ilman virtuaalitodellisuuttakin, mutta on vaikea arvioida sen työtekniistä toteutettavuutta. Virtuaalilaseilla suunnittelija voi suurentaa anturan oikeaan kokoon ja konkreettisesti kokeilla, mahtuuko raudoittajan käsi sitomaan haastavia raudoitteita. Sweco hyödyntää virtuaalitodellisuutta rakennesuunnittelussa jo luontevasti ja siitä on ollut konkreettista apua heidän suunnittelijoilleen. (Tuomi 2017) Virtuaalimaailmassa tehtävät muutokset on mahdollista tuoda BIM-malliin helposti. Emme ole vielä siirtymässä kokonaan virtuaalimaailmassa tehtävään rakennesuunnitteluun, mutta VR toimii erinomaisena apuna yhä monimutkaisempien rakenteiden suunnittelussa.

Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen suunnittelussa ei rajoitu vain kohteen visualisointiin tai rakenteiden suunnitteluun, vaan myös rakennuksen toimintojen tai toiminnan tarkastelu on hyvin tärkeää. Lentokentän läpivirtaama ja palvelukokonaisuus ovat avain tekijöitä onnistuneen lentokentän suunnittelussa. Finavia hyödynsi Unity3D:llä luotua virtuaalimallia Helsinki-Vantaan terminaali 2 laajennuksen suunnittelussa. Finavia järjesti virtuaalisafareiksi nimettyjä workshoppeja, joissa virtuaalilasit päässä tarkasteltiin lähtevien ja saapuvien matkustajien mahdollisia matkustajakokemuksia. Safareja toteutettiin eri sidosryhmien kanssa. Mukana oli muun muassa turvallisuuden, ylläpidon ja operatiivisen toiminnan asiantuntijoita sekä lentoasemalla toimivia yhteistyökumppaneita. Virtuaalisafarien aikana pysähdyttiin tutkimaan optimaalisia ratkaisuja, ovatko tilat oikean kokoisia ja oikeissa paikoissa sekä myöhemmin puututtiin jopa yksityiskohtiin. (Finavia 2016) Maailmalla on toteutettu samantapaisia kokeiluja myös hyvin tuloksin. Virtuaalitodellisuuden avulla voidaan simuloida matka lentokentän pääovelta portille ja näin kokea lentokentän virtaama ja palvelukokonaisuus. Tämä ei ole ollut mahdollista perinteisin suunnittelukeinoin. Tämä on yksi konkreettinen esimerkki, miten asiakkaalle tuotetaan arvoa virtuaalitodellisuuden avulla.

Virtuaalitodellisuudessa on toteutettu myös muunlaisia simulointeja. Mahdollista on esimerkiksi simuloida suunnitteilla olevan rakennuksen palotilanne. Ihmiset käyttäytyvät katastrofin sattuessa eri tavoin, ja käyttäytymistä on vaikea ennustaa. Koehenkilölle laitetaan virtuaalilasit päähän ja hänet sijoitetaan mallinnettuun rakennukseen ja toteutetaan

virtuaalinen tulipalotilanne. Kokeessa seurataan, miten koehenkilö evakuoituu rakennuksesta. Evakuointitesti toistetaan riittävän monella ihmisellä, jos toistuvia ongelmia havaitaan, voidaan tehdä muutoksia rakennuksen poistumisteihin tai rakenteisiin. Virtuaalitodellisuudessa on mahdollisuus kokeilla rakennuksen toimivuutta turvallisesti ja kustannustehokkaasti.

Perussääntönä pidetään, että jos lopputuote on kallis, kannatta sen suunnitteluun uhrata paljon resursseja. Rakentamisen aikana huomattavat virheet ovat aina äärimmäisen kalliita korjata. Virtuaalitodellisuudella on mahdollisuus selvästi parantaa suunnitelmien laatua sekä vähentää väärin ymmärryksiä, niin tilaajan ja päätoteuttajan välillä, kuin aliurakka-suhteissakin. Paremmat suunnitelmat ja parempi ymmärrys johtavat väistämättä aikataulu- ja kustannussäästöihin sekä parempaan laatuun.

### 3.4 Vuorovaikutus ja asiakaslähtöisyys

Rakentaminen on monen eri intressinen omaavien toimijoiden yhteistoimintaa, jonka keskiössä on ihmisten välinen vuorovaikutus. Monesti asiakas nähdään ulkopuolisena tai välttämättömänä pahana. Rakentamisen perimmäinen tarkoitus on kuitenkin luoda asiakkaalle mahdollisimman paljon arvoa tuottava rakennus. Tämä ei tarkoita täydellisesti valettuja pilareita, vaan tiloiltaan ja toiminnoiltaan rakennusta, joka vastaa asiakkaan tarpeisiin tai tukee yrityksen strategiaa mahdollisimman tehokkaasti.

Virtuaalitodellisuuden parhaita puolia onkin aidon asiakaslähtöisen suunnittelun mahdollistaminen. Visuaalisen virtuaalimallin luominen asettaa mahdollisesti rakentamisesta ymmärtämättömän asiakkaan ja projektin toteuttajan tasa-arvoisempaan asemaan. Virtuaalitodellisuuden myötä asiakas voidaan oikeasti osallistaa suunnitteluun. Osallistamisen myötä heidän tarpeensa tulevat paremmin ymmärretyksi, ja toisaalta myös asiakkaan omat tarpeet kirkastuvat. Virtuaalitodellisuuden avulla tapahtuvan aidon vuorovaikutuksen kautta päästään todennäköisemmin asiakkaalle enemmän arvoa tuottavaan lopputulokseen kuin perinteisin keinoin.

Pisimpään virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen asiakaslähtöisessä suunnittelussa on ollut mukana sairaalahankkeissa. Suunnittelijoiden on mahdotonta tietää esimerkiksi leikkaussalin tilaratkaisuja tai toimintoja. Suunnittelijoilla on malleja, jotka ohjaavat sairaalasuunnittelua, mutta realistisia tilantarpeita on mahdotonta tietää. Virtuaalitodellisuuden avulla lääkäreillä ja hoitajilla on mahdollisuus arvioida esimerkiksi leikkaussalin toiminnot tai tilantarpeita suunnitteluvaiheessa, jolloin muutokset ovat helppoja toteuttaa. Sairalahankkeen neliöt ovat aina äärimmäisen kalliita. Sweco onkin käyttänyt virtuaalitodellisuutta sairaalahankkeissa nimenomaan tehostamaan tilantarpeita ja poistamaan hukkaneliötä. Asianomaiset ollaan osallistettua virtuaalitodellisuuden avulla suunnitteluun,

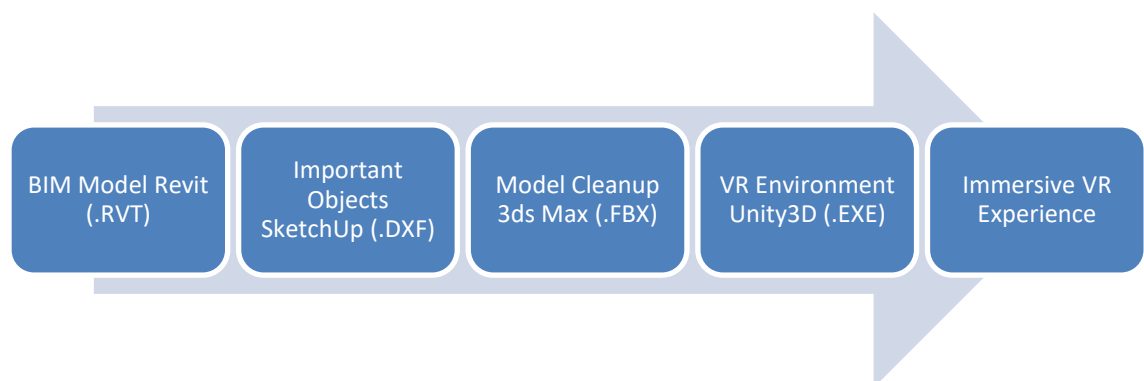
ja näin yhdessä haettu parhaita mahdollisia ratkaisuja. Virtuaalitodellisuus on auttanut heitä tekemään tiloista tehokkaampia ja leikkaamaan turhia kustannuksia. (Tuomi 2017)

Sweco on kehitellyt virtuaalista tuotekirjastoa ja se on otettu käyttöön ainakin putkiremonttien yhteydessä. Sweco tarjoaa asiakkaille mahdollisuuden päästä tutustumaan asuntonsa ratkaisuihin virtuaalitodellisuudessa. Asunnon kylpyhuoneesta on tehty virtuaalimalli, johon tuotekirjasto on linkitetty. Asiakas näkee hyvin realistisen kuvan omasta kylpyhuoneestaan ja voi rauhassa vertailla esimerkiksi eri laattavaihtoehtoja. Tämän kaltaisen toiminta poistaa palveluinsinöörien tarvetta, mutta nostaa silti palvelun tasoa. Kun materiaali on valittu, ohjelma tulostaa suoraan tilauslistan kyseisen kylpyhuoneen tarvikkeista ja tilaus voidaan laittaa eteenpäin. (Tuomi 2017)

Virtuaalitodellisuus luo mahdollisuuden myös parempaan suunnittelijoiden väliseen vuorovaikutukseen. Suunnitelmat kulkevat suunnittelijalta toiselle eikä tieto ei aina virtaudu oikein. Nykyisin pystytään BIM-mallissa tekemään törmäystarkasteluja ja ohjelmat ilmoittavat virheistä automaattisesti, mutta virtuaalitodellisuus voi kuitenkin avata asioita aivan toisella tavalla ja vahvistaa suunnittelijoiden välistä vuorovaikutusta. Mahdollista on esimerkiksi ottaa etäyhteys kiinalaiseen suunnittelija kollegaan ja pyytää hänet virtuaalimalliin sisälle pohtimaan rakennuksen ratkaisuja. Tätä kutsutaan myös niin sanotuksi monipelimalliksi. Toimintatapa ei ole vielä mitenkään yleinen, mutta mahdollinen. (Tuomi 2017)

### 3.5 Virtuaalitodellisuus rakennustuotannossa

Virtuaalitodellisuutta pystytään hyödyntämään myös tuotannon suunnittelussa, kuten alue- tai turvallisuussuunnittelussa sekä koulutuksissa. Työmailla virtuaalitodellisuus ei ole vielä arkipäivää, mutta uusia pilottikohteita syntyy jatkuvasti. Useimmiten virtuaalielämykset luodaan pelimoottoreilla, kuten esimerkiksi Unity3D:llä. Virtuaalimallia ei tarvitse luoda tyhjästä, koska useimmat projektit ovat nykyisin jo tietomallinnettu. BIM-mallista voidaan luoda virtuaalimalli tuotannon suunnitteluun melko helposti.



**Kuva 3.5.1.** Virtuaalimallin luominen BIM-mallista (Froehlich & Azhar 2016)

Kuvassa 3.5.1 on esitetty yksi mahdollinen tapa luoda virtuaalimalli esim. työmaan toimintojen simulointiin tai turvallisuuskoulutuksiin. BIM-malli on luotu Revitillä, joka viedään Sketch up:iin, jossa voidaan lisätä työmaalle tyypilliset objektit, kuten nosturit, kaivinkoneet, telineet, kaiteet tai sosiaalitulat. Autodeskin 3ds Maxilla puhdistetaan mallista kaikki ylimääräinen, jota ei tässä käyttötarkoituksessa tarvita mallin koon pienentämiseksi. Tämän jälkeen malli viedään Unity 3D:hen, jossa luodaan muu ympäristö kuten puut, valot ja lisätään materiaalit. Näin on saatu luotua virtuaalinen 3D-malli, jota voidaan tutkia virtuaalilasien avulla. Tilassa voidaan liikkua virtuaalilaseihin liitettyjen ohjaimien avulla sekä tilaan voidaan vaikuttaa. (Froehlich & Azhar 2016)

### 3.5.1 Aluesuunnittelu, koulutus ja turvallisuus

Kuvan 3.5.1 mukaisen prosessin avulla luotua mallia voidaan käyttää hyväksi työmaan toimintojen tai turvallisuuden suunnittelussa. Työmaan aluesuunnittelun tärkeyttä aliarvioidaan monesti, mutta se on kuitenkin ratkaisevassa osassa työmaan logistiikan onnistumisen ja turvallisuuden kannalta. Virtuaalisen mallin ja VR-lasien avulla on mahdollista kokeilla aluesuunnitelmien toimivuutta, liikkumalla mallissa. Tarkasteltavia asioita voivat olla esimerkiksi turvalliset kulkureitit, porrastornien sijainnit, nostureiden sijoitukset tai jätepisteiden sijainnit.

Virtuaaliodellisuutta on myös hyödynnetty työmaiden turvallisuuskoulutuksissa. Käyttäjä voi kulkea työmaalla ja törmätä oletettuihin riskeihin, kuten nostureihin tai koneisiin ilman todellista riskiä loukkaantumisesta. Työmaan turvallisuus ja työntekijöiden koulutus virtuaaliodellisuuden avulla tulee olemaan arkipäivää tulevaisuudessa, viitteitä tähän antaa tämän hetkiset kokeilut. Turvallisuutta voidaan kouluttaa mallista luotujen virtuaalimaailmojen avulla, mutta myös 3D-kuvauksen avulla. Työmaa voidaan 3D-kuvata ja siten luoda virtuaalinen koulutusalue koulutuksia varten. Virtuaalilaseilla voi liikkua täysin fotorealisticella työmaalla ja tutkia paikkoja. Kriittisiin paikkoihin voidaan lisätä infopisteitä ja avata niitä ohjaimia apuna käyttäen. Näin koulutettava saa lähes realistisen kokemuksen työmaasta. Työturvallisuuskoulutuksia järjestävä Tampereen Aikuiskoulutuskeskus TAKK tahtoi kehittää erityisesti maahanmuuttajataustaisten opiskelijoiden koulutusta. TAKK tutustui Leonidaksen avustuksella virtuaaliodellisuuden tarjoamiin mahdollisuuksiin ja totesi teknologian olevan juuri oikea tarkoitukseen. Leonidaksen avulla luotiin sovellus, jossa opiskelijat pystyivät turvallisessa ympäristössä siirtymään rakennustyömaan sisälle ja tutustumaan millainen työmaa on, millainen äänimaailma siellä on ja miten paljon pelkästään työmaalla liikkuminen vaatii keskittymistä ja kykyä arvioida riskejä. Kokemusperäinen koulutus koettiin erinomaiseksi. (Talvinen 2017) Tarkka VR-koulutussovellus on vielä kehityksen alku vaiheessa, mutta se on kuitenkin jo kaupallisessa tarjonnassa.

Monia muitakin virtuaalitodellisuuden avulla toteutettuja koulutusmahdollisuuksia on jo kehitetty. Esimerkiksi Lincoln Electric Company on kehittänyt VRTEX 360 hitsauskoulutusohjelman auttamaan hitsauksen opetuksessa. Hitsausta on vaikea opettaa, sen välineiden ja vaarallisuuden vuoksi. Näin voidaan ensin opetella taitoa virtuaalimaailmassa, ennen kuin sytytetään oikea puikko palamaan. (VRTEX 2017) koneiden hallinnan harjoitteluun on luotu virtuaalisia alustoja, näissä voidaan esimerkiksi harjoitella trukilla tai nosturilla ajoa. Hallintalaitteet ovat identtiset oikeiden koneiden kanssa ja virtuaalilasit päässä voidaan nähdä hyvinkin realistinen kuva tilanteesta.

### 3.5.2 Työn suunnittelu

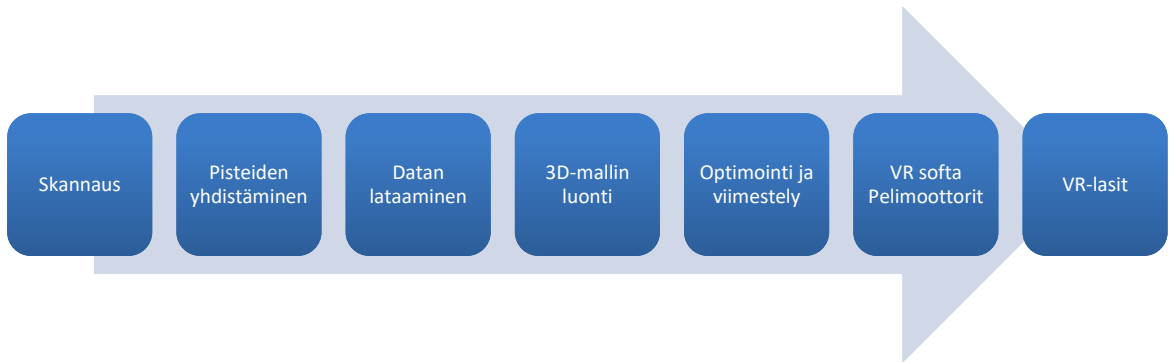
Högfors GTS on lämmitysjärjestelmiä valmistava yritys. Heidän uusimpiin tuotteisiin kuuluu esimerkiksi hybridiready-lämmönjakokeskus ja he myyvät erilaisia kokonaisuuksia kerrostalojen lämmöntalteenottoa varten. Högfors toimittaa tuotteensa työmaalle selkein ohjein yhdessä kontissa sisältäen täsmälleen oikeat komponentit. He eivät kuitenkaan tee urakointia itse, mutta ovat ottaneet virtuaalitodellisuuden avukseen, jotta asennuksen lopputulos olisi paras mahdollinen. Ennen kuin tuotteita aletaan asentaa kohteisiin, pidetään asennuskoulutus valitulle urakoitsijalle virtuaalitodellisuuden avulla. Högforsin järjestelmä mallinnetaan kyseiseen kohteeseen ja siitä tehdään virtuaalinen simulaatio, jossa asennusprosessia voidaan harjoitella. Koulutus tapahtuu noin kaksi viikkoa ennen työn aloittamista, jotta kaikki olisi tuoreessa muistissa ennen työn alkua. Uusien asentajien on helpompi aloittaa työt, kun prosessi on harjoiteltu. Näin Högfors myös varmistaa asennustyön hyvän laadun, vaikka ostavatkin sen aliurakointina. (Tukholman rakennusmessut 11.05.2018)

Virtuaalimaatodellisuutta käytetään hyväksi myös esimerkiksi tuotantolaitoksilla huoltotöiden suunnitteluun/harjoitteluun, joissa aikataulut ovat äärimmäisen tiukat. Esimerkiksi Fortum käyttää virtuaalitodellisuutta seisokkien aikaisten huoltotöiden harjoitteluun. Heidän monet tilat ovat sellaisia joihin ei pääse muuten kuin seisokin aikana, ja silloin työn on onnistuttava ilman ongelmia. Jos tämän myötä saadaan laitoksen seisokista esimerkiksi yksi päivä pois, voivat kustannussäästöt olla todella merkittävät, joten panostus virtuaalitodellisuuden kannattaa varmasti. (Tuomi 2017)



### 3.6 Virtuaalitodellisuus korjausrakentamisessa

Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen on monesti mielletty vain uudisrakentamisen yhteyteen, mutta se ei kuitenkaan ole ainoa käyttö mahdollisuus. Korjausrakentamisessa voidaan yhtä hyvin käyttää virtuaalitodellisuutta hyväksi, mutta sen tuottamisprosessi on hieman erilainen. Edellä kappaleessa 3.5.1 esiteltiin, miten uudiskohteen BIM-mallista luodaan virtuaalitodellisuuteen sopiva malli, mutta myös olemassa olevasta rakennuksesta on mahdollista luoda virtuaalimalli.



**Kuva 4.6.** *Virtuaalimallin luominen korjauskohteesta (Froehlich & Azhar 2016)*

Huoneen tai rakennuksen skannaus tapahtuu syvyyskameralla, joka lähettää lasersäteitä ympäristöön ja rekisteröi niiden paluun. Tämän jälkeen useat skannaukset yhdistetään paikkatietojen perusteella. Saadun mallin data ladataan ja putsataan, jonka jälkeen se on valmiina 3D-virtuaalimallin luontiin. Skannauksen pohjalta luodaan BIM-malli, jonka jälkeen malli viimeistellään ja optimoidaan pelimoottoreille sopivaksi. Tämän jälkeen jatketaan samoin kuin uudisrakennuksen VR-mallin luomisessa (kappale 3.5.1). Malli on prosessin jälkeen katsottavissa VR-laseilla. (Froehlich & Azhar 2016)

Korjaushankkeissa on usein ongelmana kohteen visualisointi ja vaihtoehtojen arvioniti. Virtuaalimallin avulla on helpompi vertailla eri vaihtoehtoja jo suunnitteluvaiheessa, jolloin muutosten tekeminen on vielä huomattavasti helpompaa ja edullisempää kuin rakentamisvaiheessa. Korjaushakkeiden skannaamiseen on yhdistetty myös drone-lennokkeja. Drone voi lentää alueen ympäri laserskannaten rakennuksen ja näin tuottaa datan virtuaalimallin luomiseen. Kuten voimme todeta, teknologia on jo hyvin pitkällä, mutta käyttöönotto vie aikaa.

### 3.7 Liiketoiminta ja kustannustehokkuus

USA on virtuaalitodellisuudessa edelläkävijöitä ja siellä suuri osa rakennusalan yrityksistä hyödyntää virtuaalitodellisuutta jo jollakin tavalla. Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen jo nyt on kuitenkin yllättävää, koska kyseessä on todella uusi teknologian muoto. Yli puolet rakennusalan ammattilaisista USA:ssa ajattelee, että VR on seuraava teknologiatrendi alalla. Viimeisimpien selvitysten mukaan Suomessakin jo noin 100 yritystä hyödyntää virtuaalitodellisuutta tai lisättyä todellisuutta, ja moni näistäkin liittyy rakennusalaan. Maailman tasolla mitaten Suomessa ollaan hyvin edistyksellisiä virtuaalitodellisuuden hyödyntämisessä. Keväällä 2017 Business Finland dedikoi kolmelle vuodelle 30 miljoonaan euron rahoituksen yrityksille, jotka hyödyntävät liiketoiminnassaan joko virtuaalitodellisuutta tai lisättyä todellisuutta. Business Finland haluaa rohkaista yrityksiä ymmärtämään, miten merkittävästä teknologiasta on kyse, sekä olla jakamassa alkuvaiheen riskejä. Mitä laajemmin yritykset ymmärtävät tämän teknologian hyödyntämismahdollisuudet, sitä laajempi hyöty on koko ekosysteemille ja suomalaiselle yritys kentälle. (Ulmanen 2018)

Monissa rakennushankkeissa on pystytty osoittamaan, miten virtuaalitodellisuuden avulla on voitu saavuttaa mittavia kustannus- ja aikataulusäästöjä, sekä asiakastyytyväisyys on ollut merkittävästi parempi. Teknologian yleistyminen vie kuitenkin aikaa, eikä hyvistä näytöistä huolimatta monikaan rakennusalan yritys ole alkanut hyödyntää virtuaalitodellisuutta vielä kunnolla. Osa yrityksistä on kuitenkin vahvasti mukana virtuaalitodellisuuden kehityksessä ja saavat siitä varmasti merkittävän kilpailuedun lähi tulevaisuudessa.

## 4. VIRTUAALITODELLISUUDEN TULEVAISUUS JA SEN HYÖDYNTÖMINEN RAKENNUS- JA KIINTEISTÖALALLA

### 4.1 Virtuaalitodellisuuden tulevaisuus

90-luvulla internet toi tiedon kaikkien ulottuville, ja virtuaalitodellisuus voi tulevaisuudessa tehdä saman kokemuksille. Virtuaalitodellisuuden lähitulevaisuuden kehitys tulee olemaan laitteiden ja teknologian parantumisen aikaa. Enemmän tehoja, parempia näyttöjä ja kevyempiä kannettavia laseja. (Pänkäläinen 2017) Esimerkiksi Apple kehittää omia virtuaalilaseja, joiden huhutaan yltävän jopa 16K resoluutioon. Jos kuvan virkistystaajuus saadaan niin hyväksi, niin käyttökokemus tulee olemaan paljon parempi verrattuna nykyisiin VR- ja AR-laseihin. (Matney 2018) Käsien ja silmien käyttö ohjaimina tulee yleistymään, ja ensimmäisiä askelia siihen suuntaan ollaankin jo otettu. Todennäköisesti VR- ja AR-lasit yhdistyvät yhdeksi ja samaksi teknologiaksi. Mahdollisesti tulee olemaan vain yksi laite, joka mahdollistaa virtuaalimaailmassa toimimisen ja lisätyn todellisuuden hyödyntämisen. Näiden laitteiden oletetaan korvaavan älypuhelimet sellaisena kuin ne tunnetaan nyt. Todennäköisenpään on, että tulevaisuuden teknologia tulee olemaan enemmän AR:n kaltaista, jotta ihminen voi toimia myös reaali maailmassa maailmassa samaan aikaan. (Chaykowski 2016) Tulevaisuudessa voimme nähdä myös ihmiseen integroituja laitteita. Spekuloitu on esimerkiksi piilolinsseihin rakennetuista näyttöistä, jotka saavat käyttövirtansa kyynelneesteestä ja toimivat langattomasti. (Härkönen 2016)

On ennustettu, että virtuaalitodellisuus saattaa olla jo vuonna 2021 108 miljardin bisnes. (Pänkäläinen 2017) Suurimmat teknologiajätit panostavat suuria summia sen kehitykseen, eivätkä varmasti halua epäonnistua tällä kertaa. Markkina tulee olemaan todella valtava ja osa ihmisistä saattaa jopa työskennellä virtuaalitodellisuudessa tulevaisuudessa. HS:n tekemässä haastattelussa markkinatutkimusyhtiö Gartnerin analyytikko Annette Jump pohtii kuitenkin virtuaalitodellisuuden lähitulevaisuutta. Hänen mukaansa kuluttajan kannattaa vielä lykätä virtuaalilasien ostoa, koska teknologia vanhenee vuodessa. Uusi aalto tulee markkinoille vuoden sisällä. Hän painottaa myös, että AR-tulee yleistymään työkäytössä ja VR viihdekäytössä. Lopuksi hän arvioi, että virtuaalitodellisuuskyperiä tai -laseja ei nähdä katukuvassa vielä muutamaan vuoteen, mutta viiden vuoden kuluttua elämme sekoitetussa todellisuudessa. Suomi on kuitenkin virtuaalitodellisuuden edelläkävijä, joten täällä se voi tapahtua jopa hieman aikaisemmin. (Rissanen 2016)

Tulevaisuuden tutkija Risto Linturi taas uskoo, että virtuaalitodellisuus voi yleistyä jo vuoden kuluttua ja se muuttaa elintapojamme nopeammin kuin uskommekaan. Varsinkin rakennetun ympäristön hän uskoo muuttuvan rajusti virtuaalisuuden myötä. Välttämättä

tauluja, televisioita tai edes ikkunoita emme tarvitsisi kotona, kun laitamme yhdistetyt AR/VR-lasit päähämme, voimme muokata ympäristöä hyvinkin vapaasti. Voimme tilata lasien kautta kotiovellemme ruokaa tai kuljetuksen. (Härkönen 2016) Virtuaalitodellisuuden peruslupaus on, että sen avulla voi liikkua paikasta tai ajasta riippumattomasti. Mulistavin juttu tulee olemaankin paikasta riippumattomuus. Nykyään lennetään tuhansien kilometrien päähän vain yhtä kokousta tai luentoa varten, vaikka Skype on ollut olemassa jo pitkään. Videopuhelun avulla ei voi kuitenkaan kokea läsnäolon tunnetta sanoin kuin VR:n avulla. Tulevaisuuden yliopistossa voi ehkä opiskella kotisohvalla kaverien kanssa, jotka asuvat ympäri maailmaa. Vuoteen 2040 mennessä 70 prosenttia pareista tapaa verkossa ja ihmisillä voi olla partneri mistä päin maailmaan tahansa. Ajatukset voivat nyt tuntua hulluilta, mutta 10 vuotta sitten ei olisi voitu kuvitellakaan, että nyt lähes kaikilla maailman ihmisillä on saatavilla lähes kaikki maailman tieto ilmaiseksi ja sekunneissa. (Vechev 2016).

Facebookin perustaja Mark Zuckerberg on jo pitkään puhunut virtuaalitodellisuuden puolesta ja ennustanut sen suosion tulevan. Facebook ostikin virtuaalilasikehittäjä Oculusin vuonna 2014 kahdella miljardilla dollarilla. (Chaykowski 2016) Zuckerberg haluaa luoda Sosiaalisen virtuaalitodellisuuden, jossa ihmiset voivat tuntea olevansa ystäviensä kanssa samassa tilassa, viettää aikaa tai jopa virtuaalimatkailla yhdessä. Tavoite on luoda niin sanottu 3D-internet. Siellä on Second Life -tyyppisiä 3D-virtuaalitiloja, joissa on Avatareja. Avatar ei ole mikään satuhahmo, vaan juuri sinä 3D-kuvattuna virtuaalimaailmaan. Ensimmäinen Beta-versio julkaistiin maaliskuussa 2017, jonka nimi on Facebook Space, mutta se on vasta pintaraapaisu tulevaisuuden sosiaalisesta virtuaalitodellisuudesta. (Franklin 2017)

Kuten voimme todeta, virtuaalitodellisuus mahdollistaa ennennäkemättömän aitoja kokemuksia, mutta niihin liittyy myös riskejä ja se herättää sekä filosofisia, että eettisiä pohdintoja. Keskusteluja käydäänkin, onko digitaalisesta maailmasta eettisesti oikein tehdä liian aidon tuntuinen. Voiko tulevaisuudessa käydä niin, että virtuaalimaailmasta tulee todellista elämää mielenkiintoisampaa. (Arvanaghi & Skytt 2016) Voiko maailmat sekoittua niin, ettei ihminen tiedosta kummassa maailmassa toimii. Esimerkiksi Facebookin ajattelema sosiaalinen kanssakäyminen virtuaalimaailmassa on varmasti tulevaisuutta, mutta miten voidaan asettaa rajat virtuaalisen ja oikean maailman välille, tai onko se mahdollista.

## 4.2 Kolmiulotteisen suunnittelun tulevaisuus

Kappaleessa 3.3.1 esiteltiin, minkälaisia VR-ratkaisuja on olemassa tukemaan arkkitehdin tai rakennesuunnittelijan työtä. VR:n hyödyntämisessä suunnittelun osalta ollaan kuitenkin ottamassa vasta ensimmäisiä askelia. Suunnitteluovellukset ovat vielä melko kankaitea käyttöä ja monissa tapauksissa joudumme muokkaamaan mallia saadaksemme sen virtuaalitodellisuuteen. Todellisuudessa työ jää lähinnä tarkasteluksi ja muutokset tehdään BIM-malliin tai jopa 2D-kuviin. On kuitenkin hyvin todennäköistä, että tulevaisuudessa asetelma tulee kääntymään ja arkkitehti suunnittelee rakennuksia suoraan luonnollisessa VR-ympäristössä. (Pänkäläinen 2017)

Esimerkiksi Microsoft tekee yhteistyötä Autodeskin kanssa lasien liittämistä Fusion 360-suunnitteluohjelmistoon. Tulevaisuudessa VR/AR-lasit toimivat kiinteänä osana suunnitteluohjelmistojen sijaan, että malleja tarvitsee siirtää ohjelmistosta toiseen. Todennäköisesti kaikki arkkitehtien käyttämät suunnitteluohjelmistot tukevat suoraan Oculusin ja Viven tapaisia virtuaalilaseja. Kappaleita on helpointa ja luonnollisinta suunnitella suoraan kolmiulotteisessa ympäristössä. Oculus Medium ja Google Tiltbrush ovat ensimmäisiä askeleita kohti kolmiulotteista muotoilua. Arkkitehdit ja rakennesuunnittelijat voivat tulla työskentelemään jopa kokonaan virtuaalimaailmassa. Etäyhteyksien avulla alansa parhaat voivat yhdessä miettiä haastavia rakenteita virtuaalitodellisuudessa paikasta riippumatta. Nyt paljon käytetyt Big Roomit voisivat siirtyä virtuaalimaailmaan, jossa eri alojen suunnittelijat pystyvät ratkomaan asioita yhdessä ja näin nostamaan suunnitelmien laatua huomattavasti.

Vaikka olemme menossa kovaa vauhtia kohti virtuaalisuutta, niin muutos ei aina tapahdu nopeasti, vaikka teknologia antaisi siihen mahdollisuuden. Swecon Jyri tuomen mukaan todennäköisintä on, että viiden vuoden kuluttua suunnittelijat käyttävät yhä tietokonetta, näppäimistöä ja hiirtä työskentelyyn, mutta virtuaalilasit päässä. Eli tietokoneen näytöt olisi korvattu VR-laseilla ja työskentely tapahtuisi virtuaalitodellisuudessa. Prosessi olisi kuitenkin vielä lähellä nykyistä. (Tuomi 2017) Paljon mietitään, miten työmaille saadaan siirrettyä tietoa asentajien avuksi VR/AR-lasien kautta, mutta mahdollisuuden voi nähdä myös toisin päin. Asentajan pitämät lasit voivat kuvata työntekoa ja asennustekniikoita, joista voidaan saada paljon apua myös suunnittelupöytiin. Varsinkin kun suunnittelijoiden ja toimihenkilöiden työmaakokemus on nykyisin yhä vähäisempää.

Kuten aikaisemmin todettu, AR ja VR tulevat suurella todennäköisyydellä integroitumaan viiden vuoden sisällä. Rakennesuunnittelija voi pyörittää samaa mallia VR-maailmassa, kun taas arkkitehti katsoo sitä AR-laseilla tontin läheisyydessä. Virtuaalitodellisuuden hyödyt suunnittelussa on jo nyt monissa hankkeissa pystytty osoittamaan, mutta sen todellista potentiaalia ei vielä hyödynnetä. Suunnitteluprosessit muuttuvat automaation ja virtuaalitodellisuuden myötä lähitulevaisuudessa, samoin myös suunnittelijoiden roolit. Suunnittelija toimii mahdollisesti enemmän asiantuntijan roolissa ja työstää suunnitelmia enemmän yhteistyössä asiakkaan kanssa.

## 4.2.1 Virtuaalitodellisuus moduulirakentamisessa

Moduulirakentaminen on maailmalla noussut yhdeksi megatrendeistä ja se on myös tulossa kovaa vauhtia Suomeen. Esimerkiksi Firalla on paljon suunnitelmia moduulirakentamisen suhteen. Tällä hetkellä markkinoilla on vasta kylpyhuonemoduuli, johon on lisätty älyominaisuuksia, mutta tarkoituksena on kehittää muillekin osa-alueille vakioituja tuoteperheitä, etenkin asuntorakentamisen puolelle. Moduuleita on helppo pyöritellä suunnitteluvaiheessa ja etsiä asiakkaan tarpeisiin sopivat vaihtoehdot. Tämän kaltainen suunnittelu on mahdollista, kun tietyt osat ovat vakioituja esimerkiksi talotekniikassa. (Vanhanen 2017)

Firan Tero Vanhanen esitteli haastattelujen yhteydessä SchetsUp:lla luomaansa moduulikirjastoa, ja miten taloa voi muokata erittäin joustavasti venyttämällä vain talon ääriarvoja, korkeutta ja lisäämällä moduulipalikoita. Lupakelpoiset kuvat on mahdollista tehdä noin päivässä moduulikirjaston avulla, eikä suunnitteluun tarvitse uhrata valtavia resursseja. Miten tämä liittyy sitten virtuaalitodellisuuteen? SchetsUp:lla tehtyjä malleja pystyy siirtämään helpostikin virtuaalitodellisuuteen ja tarkastelemaan niitä virtuaalilasien avulla. On siis todennäköistä, että suunnitteluprosessi sellaisena kuin rakennusala sen nyt mieltää voi muuttua merkittävästi. Tulevaisuudessa suunnitelmat tehdään mahdollisesti virtuaalimaailmassa modulaarisia palikoita lisäilemällä ja siirtelemällä. Tämä voi kuulostaa absurdilta, mutta sitä se ei ole. Periaatteessa tällainen suunnittelu voi olla mahdollista jo hyvinkin pian, mutta on eri asia, kuinka kauan prosessin muuttuminen vaatii aikaa. Kaikkia kohteita ei tietenkään voida näin suunnitella, mutta vakioidut modulaariset ratkaisut voivat tulla asuntorakentamiseen hyvinkin pian. (Vanhanen 2017)

Suunnitelmien muutokset ja suunnittelu hankkeen edetessä aiheuttavat usein ongelmia. Firankin tahtotila on tulevaisuudessa saavuttaa kliseinen lause ”ekat kuvat on vikat kuvat”. Modulaarisuus ja talojen suunnittelu täysin virtuaalitodellisuudessa tulevat varmasti auttamaan tavoitteen saavuttamisessa. Nyt yleinen tapa on, että hankkeita lähdetään viemään nopeasti eteenpäin, koska suunnittelu vie niin paljon aikaa. Ei voida jäädä odottamaan kaikkien suunnitelmien valmistumista, eikä se ole aina tarpeen mukaistakaan. Kuitenkin tästä syntyy monesti paljon ongelmia esimerkiksi hankinnan ajoittamisessa ja työmaan arjessa. Kun suunnittelu nopeutuu modulaarisuuden myötä, voidaan suunnitelmat viedä paljon pidemmälle virtuaalitodellisuudessa ja testata ratkaisut käyttäjillä sekä tilaajilla ennen rakentamisen aloittamista. Tulevaisuuden suunnittelun toivotaan ja uskotaan menevän kohti valmiiksi suunniteltuja virtuaalimalleja ja yhä enemmän osallistuvaan suunnitteluun, jossa osapuolet pääsevät tasa-arvoisesti vaikuttamaan prosessiin.

### 4.3 VR voi muuttaa perinteisiä tuotannon prosesseja

Virtuaalimallit tulevat varmasti kehittymään nopeasti. Lähitulevaisuudessa voimme realistisesti simuloida rakennushankkeen alusta loppuun ennen rakentamista, ja pystymme sitä kautta löytämään mahdollisesti eteen tulevat virheet. Nykyisin suositaan hyvin paljon perinteistä projektinjohtourakointia sekä SUKE-projektinohjausrakentamista, jossa rakentaminen aloitetaan mahdollisimman nopeasti ja suunnittelun ohjauksella hallitaan suunnitelmien oikea-aikainen valmistuminen. Virtuaalitodellisuus ja virtuaalimallien kehittyminen voi kuitenkin viedä prosessia takaisin siihen suuntaan, että kaikki suunnitellaan valmiiksi ennen rakentamista. Kun projektit simuloidaan virtuaalitodellisuudessa ennen rakentamista, suunnitelmien toteuttamiskelpoisuus tulee ns. testatuksi. Näin tullaan varmasti saavuttamaan suuria aikataulu ja kustannussäästöjä. Myös tuotannonohjaus helpottuu, kun hanke on kerran jo rakennettu virtuaalitodellisuudessa.

On erittäin tärkeää, että hankkeista kerätään mahdollisimman paljon dataa, vaikka ei välttämättä vielä tiedetä, mihin sitä voidaan hyödyntää. Kerätyn Datan liittäminen virtuaalimalleihin antaa pohjan sille, että rakentamisprosessi pystytään tulevaisuudessa simuloimaan luotettavasti. Tämä avaa aivan uusia mahdollisuuksia aikataulutuksen suhteen. Esimerkiksi tahtiaikataulun pohjalle saadaan luotettavaa dataa ja näin tahtisuunnittelu on tarkempaa. Tahtisuunnittelulla ja -aikataululla voidaan nopeuttaa rakentamisprosessin läpimenoaikaa. Tahtiajassa on myös helpompi pysyä, kun virtuaalitodellisuuden avulla voidaan havainnollistaa tehtäviä ja jopa toteuttaa niitä ennen rakentamista. Esimerkiksi väliseinäurakoitsija voi harjoitella omat työvaiheensa VR-lasien avulla ennen urakkansa aloitusta. Tämän jälkeen tehtävät ovat hyvin selvät ja tahdissa on mahdollisuus pysyä paremmin. Virtuaalitodellisuus nopeuttaa hanketta suunnitelmien paremman laadun kautta, mutta sen avulla on myös mahdollista tehostaa tuotantoprosessia ja näin vaikuttaa hankkeen läpimenoaikaan.

Kappaleessa 3.4 esiteltiin, miten Sweco hyödyntää virtuaalitodellisuutta putkiremontti-kohteissaan tuotekirjastojen avulla. Mikäli prosessi on menossa siihen suuntaan, että rakennusliikkeellä on valmiit tuote- ja materiaalikirjastot virtuaalimalliin hinnoiteltuina, joista asiakas valitsee VR-maailmassa itselleen parhaat vaihtoehdot, muuttaa se perinteistä hankintaprosessia myös melkoisesti. Projektimuotoisesta hankinnasta siirrytään lähemmäs tuotantolaitoksen hankintaa, jossa kilpailutetaan tietyt tuotteet ja niille annetaan yksikköhinnat tuotekirjastoon. Valintojen jälkeen tehdään vain materiaalitilaukset tai ne lähtevät automaattisesti materiaalityöntekijöille. Tämä saattaa johtaa hankintatoimea enemmän kohti kumppanuuksia ja pidempiä kausisopimuksia kerta ostojen sijaan. Hankinnan rooli voi siirtyä enemmän yhteistyöhön suunnittelijoiden kanssa ja sitä kautta yritetään etsiä kirjastoon oikeat kustannustehokkaat materiaalit oikeilta kumppaneilta. Tämä saattaa erottaa työn ja materiaalien hankinnan melko vahvastikin toisistaan, mikä vaatii taas aliurakoitsijoilta toimenpiteitä. Voi myös olla mahdollista, että materiaalit hankitaan tulevaisuudessa virtuaalitodellisuudessa erilaisten alustojen kautta (vertaa Ebay tai Ali-

baba). Tämän kaltainen suunta muuttaisi rakennusalalla perinteisiä toimittajaketjuja melkoisesti. Mahdollisesti mentäisiin vielä enemmän kohti ekosysteemiajattelua, ja nimenomaan alustojen kautta toimivia ekosysteemejä. Toimittajien hallintaa ei voida myöskään enää ajatella ketjumaisesti, vaan eri ekosysteemien yhteistoimintana.

#### 4.4 Koulutus ja työturvallisuuskulttuurin luominen

Kappaleeseen 3.5.1 viitaten, monia turvallisuuteen ja koulutukseen liittyviä VR-sovelluksia on jo olemassa, mutta niiden käyttö ei vielä ole kovinkaan arkipäiväistä rakennusalalla. Tutkimuksissa on havaittu, että koulutuksen puutteet ovat yksi suurimmista syistä heikkoon turvallisuuteen rakennusalalla (Työterveyslaitos 2018). Virtuaalitodellisuudesta odotetaan yhtä suunnan muuttajaa rakennusalan turvallisuusongelmiin, mutta voiko virtuaalitodellisuudessa todella oppia turvallisuutta. Sotilaat ja astronautit ovat jo pitkään käyttäneet virtuaalitodellisuutta koulutuksissaan, mutta toisaalta on vasta vähän tutkimusnäyttöä VR-ympäristöjen hyödyistä turvallisuusoppimisessa. VR-ympäristöissä toteutettavan turvallisuuskoulutuksen lisääntyessä tarvitaan tutkimustietoa sen vaikutuksista ja vaikutusmekanismeista.

Työsuojelurahasto ja Työterveyslaitos rahoittavat tutkimuksen, jonka tavoitteena on selvittää VR-oppimisympäristön vaikutuksia turvallisuusosaamiseen ja turvallisuusajatteluun. Tutkimuksen vastuullisena tutkijana toimii Maria Tiikkaja, ja tutkimus toteutetaan 01/2018-01/2020. Tutkimus toteutetaan kuudessa rakennusalan yrityksessä interventiotutkimuksena, jossa on mukana yhteensä noin 100 koehenkilöä. (Työterveyslaitos 2018) Monet rakennusalan yritykset ottavat turvallisuuden kehittämisen tosissaan, joten on todella mielenkiintoista nähdä, mitä tutkimustuloksia saadaan ja miten ne vaikuttavat yritysten kouluttamisprosesseihin. Toisaalta tutkimustuloksia saadaan vasta alkuvuodesta 2020 ja siihen mennessä ehtii tapahtua paljon. Nykyisin suositaan myös ketterän kokeilun ilmapiiriä. Laitteet ovat jo melko halpoja ja monenlaisia tuotteita on olemassa, joten miksi yritykset eivät lähtisi rohkeasti kokeilemaan, mitä virtuaalitodellisuuden viemisellä koulutukseen voitaisiin saada aikaan.

Virtuaalitodellisuuden kehitys on yleisesti teknologiavetoista, mutta toivottavasti lähitulevaisuus voisi olla kokeilun aikaa. Esimerkiksi rakennustyömaiden perehdytykset tehdään usein todella huolimattomasti kiireeseen vedoten. Perehdytyksen tarkoitus olisi valmistaa työntekijää juuri kyseiselle työmaalle. E-perehdytyksiä on jo alettu toteuttaa, mutta seuraava askel voisi olla sen vieminen virtuaalitodellisuuteen. Virtuaalitodellisuuden avulla voimme kokeilla asioita ilman, että joudumme vaarantamaan koneita tai järjestelmiä, ihmisistä puhumattakaan. Prototyyppejä on olemassa, niitä on kokeiltu ja esiteltty paljon, mutta todellisessa käytössä niitä on kovin vähän. Virtuaalitodellisuus voitaisiin jalkauttaa työmaille simuloimalla työmaan tyypillisiä vaaratilanteita ja lisäämällä osio perehdytyksiin. Perehdyttämien vie tällä hetkellä runsaasti resursseja. Visiona onkin,



että tulevaisuudessa perehdytyksen voisi suorittaa milloin tahansa pelimäisesti virtuaalitodellisuudessa ilman kouluttajaa. Näin kyseinen työntekijä olisi valmis toimimaan turvallisesti jo työmaalle tullessaan. Työmaa voidaan kuvata 3D-tekniikalla ja se antaa realistisen kuvan työmaan tilanteesta. Simulointiin olisi lisätty nostojen tai kaivuiden aiheuttamia aitoja vaaratilanteita, lisäksi kaikki työmaan yleiset toiminnot olisi esitelty. Virtuaalitodellisuudella olisi varmasti huomattavia vaikutuksia turvallisuuden parantamiseen. Etenkin kun kielimuurin takia monet asiat jäävät nyt epäselviksi kirjallisissa perehdytyksissä. Tekemällä opiskelusta virtuaalitodellisuuden avulla olisi varmasti iso apu maahanmuuttajien kouluttamisessa suomalaisen turvallisuuskulttuuriin. Maahanmuuttajan käsitys turvallisuudesta voi erota täysin suomalaisesta turvallisuusnormeista. Virtuaalitodellisuuden avulla kouluttaminen voisi parantaa myös heidän työllistymistään. Jokainen työntekijä olisi myös saanut samanlaiset valmiudet työmaalle, jolloin turvallisuutta on helpompi hallita ja kehittää.

Turvallisuus on asenne- ja kulttuurikysymys. Turvallisuuskoulutukset nähdään vieläkin pakollisena pahana ja asenteet niitä kohtaa ovat huonot. Vaikka meillä olisi kuinka hienoa teknologiaa käytössä, asenne turvallisuutta kohtaan on se, joka ratkaisee. (Pulkkinen 2017) Monesti myös lukemalla oppiminen voidaan kokea haastavaksi ja motivaatio sitä kohtaa huonoksi. Virtuaalitodellisuudessa tekemällä oppiminen saattaa kuitenkin synnyttää monessa aivan uudenlaisen motivaation. Lähes jokainen, joka kokeilee virtuaalitodellisuutta, kokee ns. ”vau-efektin” ja kertoo varmasti kokemuksestaan eteenpäin. Kun koulutuksissa luodaan aitoja kokemuksia, ne lisäävät koulutuksien vaikuttavuutta sekä niistä jää huomattavasti vahvempi muistijälki. Virtuaalitodellisuuden hienoimpia saavutuksia voisikin tulevaisuudessa olla uuden, paremman turvallisuuskulttuurin luominen, ei niinkään edistyksekkään teknologian käyttö. Muutoksen pelko on inhimillistä ja luonnollista, ja asioiden kehittäminen on siis pitkäjänteinen prosessi, mutta hyvät kokemukset auttavat muutosten hyväksymisessä. (Kyllönen 2017)

Tulevaisuudessa tulemme näkemään virtuaalitodellisuuden isona osana erilaisten työtehtävien koulutuksissa, seisokkien harjoitteluissa sekä turvallisuuskoulutuksissa. Työmaalle työmiehille tai työnjohdon tarkoituksiin virtuaalitodellisuus ei kuitenkaan sovellu, koska se peittää todellisen näkökentän. Yleisesti uskotaankin, että lisätyn todellisuuden kaltainen teknologia tulee yleistymään työmaakäytössä. Lisätylle todellisuudelle on jo kehitelty hyviä sovellutuksia, kuten älykypäriä ja monia sovelluksia Microsoftin Holo Lensseille. Lisätty todellisuus soveltuu paremmin työmaakäyttöön, koska henkilö pystyy hahmottamaan samalla oikein ympäristön, eikä työntekijä altistu vaaroille.

## 4.5 Kiinteistön huollon ja ylläpidon tulevaisuus VR:n avulla

VR/AR-palveluhanke on yksi Juha Sipilän hallituksen kärkihankkeista. Tavoitteena on kehittää järjestelmä, jossa etänä oleva asiantuntija kykenee joustavasti tukemaan kohteessa työskentelevää asentajaa. Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus tulevat lähivuosina muuttamaan huollon ja ylläpidon toimintatapoja. (Lukkari 2018)

Nykyisin tilanne on se, että huoltomies voi lentää Suomesta ulkomaille korjaamaan yrityksensä koneita tai laitteita. Tämä voidaan tulevaisuudessa ratkaista paljon helpommin ja edullisemmalla virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden avulla. Koulutetun huoltohenkilön ei välttämättä tarvitse lentää paikan päälle, vaan Helpdesk teleportataan AR-lasien avulla huoltohenkilölle. Huoltohenkilöä ohjaava asiantuntija taas pistää päähänsä VR-lasit ja näkee täsmälleen saman ympäristön kuin huoltohenkilö. Näin voidaan etätyönä ohjata huollon toteuttaminen, ilman koulutettua asentajaa. Onnistuneet asennuksen ja kunnossapidon toimet tallentuvat virtuaalitodellisuuteen malleiksi, joita voidaan hyödyntää myös myöhemmin. Tästä odotetaan tulevan yleinen osaamisen siirron tekniikka tulevaisuudessa. (Lukkari 2018)

Käyttökohteista ei tule olemaan pulaa. Tälläkin hetkellä erilaisissa huolto- ja ylläpitotehtävissä teollisuudessa ja kiinteistöissä lasketaan Suomessa olevan jopa 200 000 henkilöä. Kiinteistöjen huolto- ja ylläpitotoimiin käytetään valtavasti myös rahaa. Kiinteistöjen omistajien onkin mietittävä, miten he tulevat hyödyntämään virtuaalitodellisuuden potentiaalin ja millaisia kustannussäästöjä tai muita hyötyjä virtuaalitodellisuuden avulla olisi mahdollista saada. Välineiden kalleus rajaa huoltotoiminnan aluksi yritysmaailmaan, mutta se jalkautuu varmasti teknologian yleistyttyä myös tavallisille kuluttajille. Tämä tulee avaamaan täysin uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Tavallinen omakotitalon omistaja voisi tulevaisuudessa ottaa etäyhteyden huoltoliikkeeseen ja pyytää apua esimerkiksi ilmastoinnin suodattimen vaihtoon. Tämä olisi iso harppaus eteenpäin ajankäytön tehostamisessa, mutta myös ympäristön kuormituksenkin kannalta. (Lukkari 2018)

## 4.6 Virtuaalitodellisuuden mahdollisuus disruptoida rakennusala

Kuten kappaleessa 3.1 todettiin rakennusalan tuottavuutta ei olla pystytty kasvattamaan vuosikymmeniin. Monet rakennusalan tekijät ratkovat ongelmaa parhaillaan, mutta löytyykö vastaus kuitenkaan alan sisältä? Alan ulkopuoliset toimijat ovat huomanneet heikon tuottavuuden ja nähneet siinä mahdollisuuden liiketoiminnalle. Tällä hetkellä alalle syntyy todella paljon uusia startup-yrityksiä erilaisten digitaalisten ratkaisujen kanssa. Monet rakennusliikkeet myös aktiivisesti etsivät ja sijoittavat nouseviin startup-yrityksiin ja tuloksia alkaa olla näkyvissä. Esimerkiksi Firan startup-yritys SiteDrive on nousemassa markkinoille vauhdilla. Kaikkein eniten alalle kuitenkin syntyy VR/AR startup-yrityksiä

tällä hetkellä ja suomalaiset ovat aivan maailman kärkiluokkaa teknologian hyödyntämisessä. Muutaman vuoden sisällä tullaan varmasti näkemään VR-ratkaisuja, jotka ovat löytäneet tiensä myös jokapäiväiseen käyttöön.

Rakennusliikkeille raha tulee vielä pääosin rakentamisesta, mutta tämä voi kuitenkin olla muuttumassa. Esimerkiksi Firalla on tavoitteena kansainvälistyä enemminkin digitaalisten rakentamispalveluiden tuottajana kuin rakentaja. Visiona on olla mahdollisimman pieni yritys mahdollisimman suurella verkostovaikutuksella (Aho 2018). Virtuaalitodellisuus tulee varmasti olemaan mukana tässä muutoksessa. Tuleeko VR vain tukemaan ja tehostamaan toimintoja (esim. suunnittelu, koulutus) vai voidaanko sen avulla luoda uskottavaa liiketoimintaa rakentamispalveluina? Tällä hetkellä näyttää siltä, että VR on vielä ns. tukitoiminto, mutta potentiaalia enempäänkin löytyisi. Rakennusalalla on jo jonkin aikaa ollut vahva noususuhdanne. Koska yritysten taloustilanne on kohtalaisen hyvä, monet yritykset ovat valmiita panostamaan kehitykseen huomattaviakin summia, joten nyt on mahdollisuus saada myös VR alalle pysyvästi. Lisäksi Tekes tukee alan digitalisoitumista tosissaan, ja jopa ulkomaalaiset sijoittajat ovat hyvin kiinnostuneita alaa muuttavista yrityksistä. Nyt virtuaalitodellisuudella on ensimmäistä kertaa mahdollisuudet menestyä ja jopa disruptoida rakennusala.

Muutos näkyy myös yritysten organisaatiossa. Enää ei palkata vain rakennusalan ammattilaisia, vaan koodareiden ja muiden it-alan osaajien kysyntä on kova. Esimerkiksi Sweco on palkannut pelisuunnittelijoita kehittämään virtuaalitodellisuutta yhdessä suunnittelijoiden ja asiakkaiden kanssa. Seuraavana tähtäimessä on ns. monipelimalli, jossa useat osapuolet voivat toimia mallissa yhtä aikaa. (Tuomi 2017) Tämä on varmasti oikea suunta, jos malleista halutaan yksinkertaisempia ja käyttäjäystävällisempiä. Mallit eivät tule olemaan enää vain suunnittelijoiden ja muiden ammattilaisten työkaluja, vaan entistä lähempänä asiakkaita ja olemukseltaan lähempänä pelimaailmaa. Organisaation muutos rakennusalan yrityksissä on jo käynnissä ja kasvaa entisestään. Rakentaminen tapahtuu kuitenkin vielä pääosin työmailla. Osaavilla työnjohtajilla, suunnittelijoilla ja insinööreillä on kovempi kysyntä kuin koskaan, mutta perinteisten roolien rinnalle on tulossa uusia osaajia.

Rakennusalan imago ja houkuttelevuus eivät ole olleet kovinkaan hyvät viime vuosina. Osittain negatiivisen uutisoinninkin vuoksi, mutta myös alan sulkeutuneisuuden takia. Virtuaalitodellisuuden avulla voitaisiin päästä lähemmäs ihmisiä ja sitä kautta vaikuttaa asenteisiin. Hankkeita voitaisiin avoimesti esitellä tavallisille ihmisille virtuaalitodellisuuden avulla. Tämä voisi nostaa ymmärrystä hankkeita kohtaa ja sitä kautta luoda positiivisempaa ja avoimempaa kulttuuria rakennusalan ympärille. Myös nuoret voisivat kiinnostua alasta vahvemmin, jos näytämme osaamisemme julkisesti maan parhaiden pelikehittäjien kanssa virtuaalitodellisuuden avulla. Virtuaalitodellisuuden mahdollisuudet ovat moninaiset ja positiiviset vaikutukset voivat tulla myös välillisesti pitkälläkin aikavälillä.

## 4.7 Tilaajan VR-strategia

Rakennusliikkeiden ja suunnittelijoiden toiminta on perinteisesti ollut osittain irrallista tilaajan suuntaan, eikä se ole aina kovin läpinäkyvää. Tilaaja määrittelee tarpeensa ja vaatimuksensa suunnittelijoille ja tämän pohjalta suunnittelijat suunnittelevat. Toisaalta, tilaaja ei aina osaa määritellä tavoitteitaan, ja varsinkin tilantarpeita on vaikea hahmottaa. Tästä syystä tilaajan on syytä miettiä, vaatiiko hankkeensa mallintamista virtuaalitodellisuuteen. Varsinkin isoissa hankkeissa tai neliöhinnaltaan kalliissa rakennuksissa on suositeltavaa, että tulevat käyttäjät tarkastelevat tilantarpeet ja toiminnot virtuaalitodellisuudessa ennen rakentamista. Tilaaja voi säästää suuriakin summia, jos tilat pystytään optimoimaan oikeiden tarpeiden eikä oletusten mukaan. Parhaiten virtuaalitodellisuus palvelee eri sidosryhmiä siten, että suunnittelukatselmuksot järjestetään virtuaalitalassa ja korjaukset kirjataan suoraan malliin. Virtuaalimalli palvelee tällöin ns. projektityötilana, joka altistaa ihmiset kommunikoimaan ja havainnollistamaan asioita tehokkaammin. Katselmuksissa havaittujen käytännön kannalta oleellisten suunnitteluratkaisujen merkitys konkretisoituu kohteen elinkaaren aikaisen käytön ja ylläpidon aikana.

Hyvänä esimerkkinä toimii Tampereen teknillisen yliopiston uusi Kampusareena. Suomen yliopistokiinteistöjen Olli Niemen mielestä tiloista tuli loppujen lopuksi liian matalat, kun kaikki talotekniikka oli asennettu ja tilat valmiit. Tilojen korkeuksia on vaikea hahmottaa BIM-mallista tai arkkitehtikuvista. Olisiko tämä ollut mahdollista välttää, jos Kampusareenasta olisi luotu täysin realistinen virtuaalimalli ja tarkastelu sitä yhdessä loppukäyttäjien kanssa? VR-tekniologiaa olisi kannattavaa hyödyntää arvokkaissa ja haastavissa hankkeissa, mutta myös silloin kun tilaajalla ei ole merkittävää rakennusalan osaamista.

Rakennushankkeet aiheuttavat usein pahennusta ympäristön asukkaiden keskuudessa. Tämä johtuu osittain siitä, ettei hankkeita perustella ja esitellä alueen asukkaille kovinkaan avoimesti. Tilaaja voisi tarjota vapaan pääsyn kaikille osapuolille tutkimaan tulevaa rakennusta virtuaalitodellisuuden avulla ja osalistaa lähialueen asukkaita hankkeeseen. Näin voitaisiin helpottaa valituskirrettä, mutta myös mahdollisesti helpottaa rakennusajaisia ongelmia. Tilaajan pitää myös harkittava, kuinka paljon kohteen markkinointiin on panostettava ja onko VR:stä hyötyä siinä. Aikaisemmin kappaleessa 3.2 esiteltiin, miten VR tuo uusia ulottuvuuksia kohteiden visualisointiin. Näitä keinoja on myös tilaajan syytä harkita, varsinkin jos kohteeseen on tulossa asuntoja tai vuokrattavia toimitiloja. VR on erittäin kustannustehokas ratkaisu kohteiden esittelyyn ja markkinointiin.

Investoinnin omistajan näkökulmasta investoinnin tuottavuus- ja tehokkuusnäkökulma ovat tärkeitä. Investoinnin tuottavuuteen ja tehokkuuteen voidaan vaikuttaa erityisen merkittävästi hyödyntämällä käyttäjälähtöistä suunnitteluprosessia. Useimmissa investoinneissa tilojen ja prosessien toimivuus on kiinni käyttäjien tai esimerkiksi huoltohenkilöstön toiminnasta ko. tiloissa. Toiminnan tehokkuuteen voidaan vaikuttaa monilla tavoilla optimoimalla työskentelyn sujuvuutta, logistiikan toimivuutta ja myös tilojen toimivuutta

esimerkiksi työturvallisuuden kannalta. Virtuaalimallin hyödyt eivät rajoitu vain rakennushanketta edeltävään aikaan. Tulevaisuudessa malleja tullaan hyödyntämään koko rakennuksen elinkaaren aikana. Tämä vaatii kuitenkin laadukasta mallintamista. Tilaajan pitäisikin osata vaatia, että malli on aina määräävä suunnittelussa ja se myös suunnitellaan loppuun asti. Kappaleessa 4.5 esiteltiin miten virtuaalitodellisuus muuttaa huoltoa ja ylläpitoa. Tilaajan onkin syytä pohtia, onko rakennettavan kohteen (esim. tehdas) huolto niin vaativaa, että virtuaalitodellisuus toisi siihen kustannussäästöjä. Myös mahdollisten muutostöiden tai korjaustöiden suunnittelu tulevaisuudessa on varmasti helpompaa jo olemassa olevan virtuaalimallin avulla. Emme myöskään voi tietää kaikkia hyötyjä, mitä laadukas mallintaminen voi tuoda tulevaisuudessa. Tilaajan panostaminen mallintamiseen ja virtuaalitodellisuuteen maksaa sijoituksen varmasti takaisin. Virtuaalitodellisuuden avulla voidaan luoda edellytykset sille, että rakennuksesta saadaan mahdollisimman paljon arvoa tuottava kaikille sidosryhmille.

## 5. YHTEENVETO

### 5.1 Päätelmät

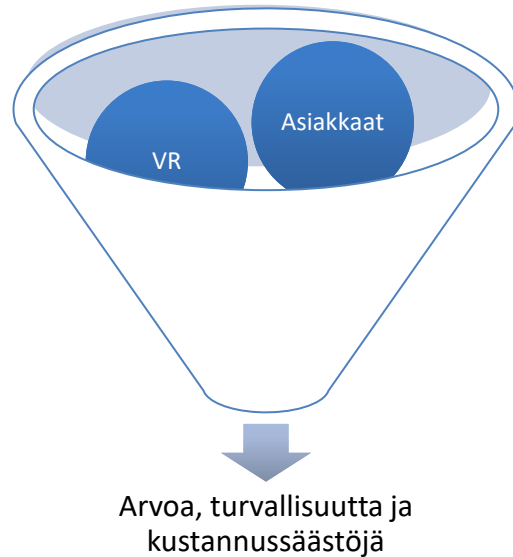
Virtuaalitodellisuus on tällä kertaa selvästi tullut jäädäkseen, mutta sillä on myös paljon ongelmia ratkaistavanaan. Laitteet ovat vielä kömpelöitä ja ne voivat aiheuttaa pahoinvointia. Teknologian kehityksen ei kuitenkaan uskota olevan ongelma, vaan suurempi huolen aihe on sisällön vähäinen tarjonta. Tästä syystä muutaman vuoden takainen hype ei ole kantanut aivan toivotulla tavalla. VR on kuitenkin vakiinnuttanut paikkansa peliteollisuudessa. Yritysmaailmassakin uusia innovaatioita syntyy tasaiseen tahtiin ja VR:n on ennustettu olevan vuonna 2021 kokonaisuudessaan 108 miljardin bisnes. (Pänkäläinen 2017) Kehityskäyrä on selvästi positiivinen ja melko hurjiakin lähitulevaisuuden ennusteita on annettu. AR tulee todennäköisesti olemaan isompi osa työelämää, mutta VR-tekniologia on tällä hetkellä pidemmällä ja sopii paremmin tiettyihin toimiin, esimerkiksi koulutuksen osalta. Todennäköistä kuitenkin on, että viiden vuoden päästä teknologiat ovat hyvin pitkälle integroituneet toisiinsa.

Rakennusalan yritykset ovat eturintamassa etsimässä virtuaalitodellisuuden tuomia hyötyjä. Erinomaisia kokeiluja ollaan toteutettu paljonkin, mutta jokapäiväisestä hyödyntämisestä olemme vielä kaukana. Arkkitehdit ja suunnittelijat pystyvät hyödyntämään virtuaalitodellisuutta työssään jonkin verran, mutta virtuaalitodellisuuden ehdottomasti parhaita puolia on kuitenkin kohteen visualisointi ja asiakaslähtöisen suunnittelun mahdollistaminen. Hyvin aidon tuntuisen virtuaalimallin tarkastelu oikeassa mittakaavassa asetetaan osapuolet tasa-arvoisempaan asemaan keskinäisessä vuorovaikutuksessa. Asiakkaan tarpeet tilojen ja toimintojen osalta tulevat paremmin ymmärretyksi, mikä johtaa asiakkaalle enemmän arvoa tuottavan rakennuksen syntyymiseen ja vähentää korjaamisesta aiheutuvia kustannuksia. Kun tilat on optimoitu loppukäyttäjien avulla, voidaan myös välttyä kalliilta hukkaneliöltä.

Visualisointi virtuaalitodellisuudessa auttaa kohteiden myynnissä ja markkinoinnissa, mutta sen avulla on myös pystytty vauhdittamaan lupaprosesseja. Virtuaalitodellisuuden avulla voi olla mahdollista vaikuttaa hankkeen kustannuksiin myös epäsuorasti esimerkiksi turvallisuuden, materiaalihukkien tai lyhyemmän läpimenoajan kautta. Tällä hetkellä VR:n avulla voidaan ainakin tarjota asiakkaalle parempi asiakaskokemus ja näin saavuttaa kilpailuetua, vaikka ei vielä suoria kustannussäästöjä saataisikaan.

Rakennusala on edelleen yksi turvattomimmista työympäristöistä. Virtuaalitodellisuuden avulla turvallisuuden ja koulutuksen osalta ollaan otettu ensimmäisiä askelia, mutta suurin potentiaali on vielä hyödyntämättä. Koulutus tulee muuttumaan tekemällä ja kokeamalla oppimiseksi edullisempaan ja vaarattomampaan virtuaaliseen ympäristöön. Mikäli

perehdytyksiä tai kalliiden koneiden vaatimia koulutuksia voidaan siirtää virtuaalitodellisuuteen, ovat rakennusliikkeet varmasti valmiita myös maksamaan palveluista. Virtuaalitodellisuuden avulla toteutetuista koulutuksista voikin tulevaisuudessa tulla yleinen osaamisen siirron tekniikka.



**Kuva 5.1.** Lisäarvon synty VR:n avulla

Tulevaisuudessa suunnittelu tulee tapahtumaan enemmän suoraan luonnollisessa VR-ympäristössä. Etäyhteyksien avulla voidaan myös helpommin toteuttaa Big Room-tyyppistä yhteistyöhön perustuvaa suunnittelua. Tietomalli ei ole tulevaisuudessa enää irrallinen malli, vaan koko elinkaari suunnitellaan yhden mallin ympärille, jota voidaan tarkastella helposti myös virtuaalitodellisuuden avulla. Virtuaalitodellisuus avaa alalle uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja voi muokata perinteisiä prosesseja, mutta sen toivotaan myös kohottavan rakennusalan imagoa ja houkuttelevan alalle lisää osaavia nuoria. Virtuaalitodellisuuden avulla tullaan varmasti saavuttamaan kustannussäästöjä, parantamaan turvallisuutta ja tuottamaan asiakkaalle enemmän arvoa. Saadaanko arvoa tuotettua niin paljon, että sen kehitys jatkuu ja teknologia vakiinnuttaa paikkansa alalla. Voiko virtuaalitodellisuus tulla jopa disruptoimaan koko alaa ja nostamaan rakennusalan heikkoa tuottavuutta, se jää kuitenkin nähtäväksi.

## 5.2 Lisätutkimustarve

Virtuaalitodellisuus on melko uusi teknologia, eikä siitä saatavia hyötyjä rakennusalamalle ole tutkittu vielä kovinkaan tarkasti. Lähes kaikissa lähdeaineistoissa käsitellään aiheita melko pinnallisesti tai puhutaan tulevaisuuden potentiaalista. Työsuojelurahasto ja Työterveyslaitos rahoittavat tutkimuksen, jonka tavoitteena on selvittää VR-oppimisympäristön vaikutuksia turvallisuusosaamiseen ja turvallisuusajatteluun. Tutkimuksen on tarkoitus valmistua 2020. Tutkimus on erittäin tärkeä ja tuloksia odotetaan innolla, koska rakennusala on erittäin riskialtis ja tapaturmat aiheuttavat paljon lisäkustannuksia. Tutkimukseen olisi hyvä lisätä vielä, miten virtuaalitodellisuudessa tapahtuva turvallisuuskoulutus edistäisi maahanmuuttajien työllistymistä rakennusalamalle.

Mielenkiitaisia ja hyödyllisiä tutkimusaiheita virtuaalitodellisuuden hyödyntämismahdollisuuksista olisi paljonkin. Tärkeää olisi selvittää, miten hankkeen läpimenoaikaa voidaan lyhentää VR:n avulla ja mitkä ovat siitä syntyneet kustannussäästöt. Tutkia pitäisi myös virtuaalitodellisuuden avulla sairaalahankkeissa saavutetut kustannussäästöt, kun neliöitä ollaan saatu tehostettua yhteistyössä loppukäyttäjien kanssa ja kuinka paljon tyytyväisempi asiakas on ollut tiloihin tai palveluun. Monissa artikkeleissa todetaan, että virtuaalitodellisuudesta ollaan saatu konkreettisia hyötyjä, mutta tutkimukset, joissa olisi selkeitä lukuja oikeista hankkeista jäävät uupumaan. Tutkimukset pitäisi spesifioida tiettyihin osa-alueisiin, kuten turvallisuuteen, kustannussäästöihin tai suunnitteluun tarkemmin ja laajemmin.



## LÄHTEET

Alajuuma R. (2016), Unity-pelimoottorilla toteutettu kuvapohjainen renderöinti rakennusteknisessä sovelluksessa, opinnäytetyö Oulun ammattikorkeakoulu. Saatavilla (viitattu 6.6.2017): [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/110057/Alajuuma\\_Rainer.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/110057/Alajuuma_Rainer.pdf?sequence=1)

Arvanaghi B. & Skytt L. (2016), Virtuaalitodellisuus – tulevaisuus on täällä tänään, Tieteenkuvailehti. Saatavilla (viitattu 2.3.2017): <http://tieku.fi/teknologia/vempaimet/virtuaalitodellisuus>

Chaykowski K. (2016), Mark Zuckerberg Has A Plan To Bring Facebook Users Into Virtual Reality, verkkoartikkeli. Saatavilla (viitattu): <https://www.forbes.com/sites/kathleenchaykowski/2016/02/24/mark-zuckerberg-has-a-plan-to-make-virtual-reality-social/#2e3e321631f1>

Carson E. (2015), NASA shows the world its 20-year virtual reality experiment to train astronauts, Techrepublic-verkkosivusto. Saatavissa (viitattu 5.5.2017): <https://www.techrepublic.com/article/nasa-shows-the-world-its-20-year-vr-experiment-to-train-astronauts/>

Feelreal-verkkosivusto (2018), yrityksen verkkosivut. Saatavilla (viitattu 22.5.2018): <https://feelreal.com>

Franklin R. (2017), A New Way To Connect With Friends In VR, Newsroom of Facebook Spaces. Saatavilla (viitattu 25.5.2018): <https://newsroom.fb.com/news/2017/04/facebook-spaces/>

Froehlich M. & Azhar S. (2016), Investigating Virtual Reality Headset Applications in Construction. Saatavilla (viitattu 4.5.2018): <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPRT195002016.pdf>

Gartner (2017), Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017, Gaetner.fi-verkkosivusto. Saatavilla (viitattu 5.10.2017): <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>

Haastattelu: Jyri Tuomi, VR-asiantuntija, Sweco Oy, Tampere, 11.5.2017

Haastattelu: Tero Vanhanen, Arkkitehti ja ilmiörakentaja, Fira Oy, Vantaa 26.6.2017

- Häkkinen H. (2016), Miten virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus muuttavat aramme?, Elisan verkkoartikkeli. Saatavilla (viitattu 25.5.2018): <https://yksityisille.hub.elisa.fi/virtuaalitodellisuus-lisatty-todellisuus/>
- Hämäläinen T. (2016), Virtuaalitodellisuus tulee taas: Katsaus VR-laitteiden hulluun historiaan, Muropaketin verkkojulkaisu. Saatavilla (viitattu 15.3.2017): <https://muropaketti.com/tietotekniikka/virtuaalitodellisuus-tulee-taas-katsaus-vr-laitteiden-hulluun-historiaan/>
- Kurzweil R. (2016), Technology Feels Like It's Accelerating — Because It Actually Is, SingularityHub. Saatavilla (viitattu 6.5.2017): <https://singularityhub.com/2016/03/22/technology-feels-like-its-accelerating-because-it-actually-is/#sm.0001w0uyuiervd5gxkg1jbi3ew4b2>
- Lappalainen Y., Poikolainen M. & Trapp H (2015), Tila haltuun! - Suositukset virtuaalisen suomen opiskelun toteuttamiseen, Turun yliopiston Brahea-keskus. Saatavilla (viitatti 6.6.2017): <https://www.utu.fi/fi/yksikot/braheakeskus/esittely/Documents/Tila%20haltuun!%20Suositukset%20virtuaalisen%20suomen%20opiskelun%20toteuttamiseen.pdf>
- Lohilahti O. (2017), Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa – onko allianssista tai leanista apua?, Rakennuslehti. Saatavilla (viitattu 30.4.2018): <https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>
- Lukkari J. (2018), VR ja AR mullistavat huollon – "Helpdesk teleportataan lisätyn todellisuuden lasien käyttäjälle", Tekniikka ja talous. Saatavilla (viitattu 20.6.2018): <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/ict/vr-ja-ar-mullistavat-huollon-helpdesk-teleportataan-lisatyn-todellisuuden-lasien-kayttajalle-6719882>
- Matney L. (2018), Apple is reportedly building an insane '16K' VR headset, verkkoartikkeli. Saatavilla (viitattu 25.5.2018): <https://techcrunch.com/2018/04/27/apple-is-reportedly-building-an-insane-16k-vr-headset/?guccounter=1>
- Parikka S. & Ruuska T. (2017), Virtuaalitodellisuus jatkaa siitä, mihin mielikuviutus päättyy, YIT-uutiset. Saatavilla (viitattu 5.5.2018): <http://news.cision.com/fi/yit-oyj/r/virtuaalitodellisuus-jatkaa-siita--mihin-mielikuviutus-paattyy,c2166011>
- Parkin S. (2015), How VR is training the perfect soldier, 31.12.2015, Werable-verkkokajulkaisu. Saatavilla (viitattu 5.7.2017): <https://www.wearable.com/vr/how-vr-is-training-the-perfect-soldier-1757>
- Partanen P. (2016), Virtuaalitodellisuus myy tehtaita, TEK-verkkolehti. Saatavilla (viitattu 30.6.2016): <https://lehti.tek.fi/tekniikka/virtuaalitodellisuus-myy-tehtaita>

Pänkäläinen T. (2016), Virtuaalitodellisuus – rakentaminen, arkkitehtuuri ja suunnittelu, Virtuaalimaailman verkkojulkaisu. Saatavilla (viitattu 4.5.2017): <https://www.virtuaalimaailma.fi/virtuaalitodellisuus-rakentaminen-arkkitehtuuri-suunnittelu/>

Pänkäläinen T. (2017), Virtuaalitodellisuus – 108 miljardin markkina vuonna 2021?, Virtuaalimaailman verkkojulkaisu. Saatavilla (viitattu 2.3.2017): <https://www.virtuaalimaailma.fi/virtuaalitodellisuus/>

Rissanen V. (2017), Suomalaiset elävät sekoitetussa todellisuudessa ennen muita – nyt myytävät VR-laitteet vanhenevat vuodessa, Helsingin Sanomat. Saatavilla (viitattu 25.5.2018): <https://www.hs.fi/teknologia/art-2000005058435.html>

Sherman W. & Craig A. (2003). Understanding virtual reality: interface, application, and design. 582 s. San Francisco (CA): Morgan Kaufmann. ISBN: 1-55860- 353-0 (inb.)

Sixsense-verkkosivusto, Full-body Presense in Virtual Reality, yrityksen verkkosivut. Saatavilla (viitattu 20.5.2018): <http://sixsense.com/wireless>

Takala T. (2017), Virtuaalitodellisuus tuo uusia työvälineitä terveydenhoitoon, Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Saatavilla (viitattu 21.5.2018): <http://duodecimlehti.fi/duo13741>

Talvinen H. (2017), CASE TAKK, Tarkka-verkkosivusto. Saatavilla (viitattu 21.5.2018): <https://tarkka.io/case/case-takk/>

Tamminen T. (2016), eBayilta virtuaalitodellinen verkkokauppa, Mikrobitin verkkojulkaisu. Saatavilla (viitattu 12.12.2016): <https://www.mikrobitti.fi/2016/05/ebaylta-virtuaalitodellinen-verkkokauppa/>

Teslasuit, Ultimate tech in Smart Clothing, yrityksen verkkosivut. Saatavilla (viitattu 5.5.2018): <https://teslasuit.io>

Tilastokeskus (2016), Työntuottavuus toimialoittain, PX-Web-tietokannat. Saatavilla (viitattu 20.5.2018): <http://www.stat.fi/hae?q=tuottavuus>

Työterveyslaitos (2018), Modernia turvallisuusoppimista rakennusalalle – Mosac (2018-2020), internet-artikkeli. Saatavilla (viitattu 16.6.2017): <http://www.virtuix.com/frequently-asked-questions/>

Virtuix Omni-verkkosivusto, Functionality, yrityksen verkkosivut. Saatavilla (viitattu 16.6.2017): <http://www.virtuix.com/frequently-asked-questions/>

Vehey J. (2015), Virtual Reality: The Future Is Coming, Youtube video. Saatavilla (viitattu 25.5.2018): <https://www.youtube.com/watch?v=IJf7BfpKTOY>

Viljanen K. (2018), Osallistamisen uudet tuulet: kaupunkipeliä ja virtuaalimaailmaa, Blogi-kirjoitus. Saatavilla (viitattu 22.5.2018): <http://blogi.safa.fi/tag/3dyks/>

Virtanen S. (2016), Asunonäyttöjen merkitys vähenee huomattavasti" – suomalais-startup tuo asunnot virtuaalitodellisuuteen, Tekniikka ja Talous verkkojulkaisu. Saatavilla (viitattu 4.4.2017): <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/asunonayttojen-merkitys-vahenee-huomattavasti-suomalais-startup-tuo-asunnot-virtuaalitodellisuuteen-6599794>