

VIRTUAALITODELLISUUDEN HYÖDYNTÄMINEN SISUSTUS- JA PIHASUUNNITTELUSSA

Tiivistelmä

Tekijä(t) Tokola, Anton	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 38	Valmistumisaika Kevät 2020
Työn nimi Virtuaaliodellisuuden hyödyntäminen sisustus- ja pihasuunnittelussa		
Tutkinto Tradenomi (AMK)		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia virtuaaliodellisuuden (VR) mahdollisia hyötyjä sisustus- ja pihasuunnittelussa. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi maanrakennusliike Saldatur Oy, ja tutkimuksen toiminnallisen osan kohteena asiakkaan rakenteilla oleva puolitoistakerroksinen omakotitalo. Opinnäytetyön toiminnallinen osa toteutettiin tekemällä asiakkaan rakennuksesta ja tontista tietokoneohjelmilla kolmiulotteiset mallit, joita oli mahdollisuus tarkastella VR-laseilla talon sisä- ja ulkopuolelta.</p> <p>Projektin tarkoituksena oli mahdollistaa kohdeasiakkaan sisustus- ja pihatöiden suunnittelu virtuaaliodellisuuden avulla, sekä selvittää asiakkaan kokemusten perusteella, mitä hyötyjä virtuaaliodellisuudesta on suunnittelutyössä. Tutkimuksessa selvitettiin myös kolmiulotteisten mallien ja virtuaaliodellisuuden rahallista hyötyä rakennusteollisuuden näkökulmasta.</p> <p>Työn tutkimusaineisto koostui asiakkaan, ja eri rakennusyriyten haastatteluista, joten tutkimus on laadullinen. Haastatteluilla pyrittiin selvittämään virtuaaliodellisuuden käytännön hyödyt rakennusteollisuudessa. Opinnäytetyön tutkimusprosessi perustui kohdeasiakkaan, ja muiden rakennusyriyten havainnoimien hyötyjen vertailuun, sekä mahdollisten uusien hyötyjen havainnointiin. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että virtuaaliodellisuudesta on runsaasti hyötyä sisustus- ja pihasuunnittelussa, mutta hyödyn määrä riippuu mallinnettavasta rakennuskohteesta, sekä siitä kenelle hyöty pyritään kohdistamaan.</p>		
Asiasanat VR, AR, BIM, WMR		

Abstract

Author(s) Tokola, Anton	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2020
	Number of pages 38	
Title of publication Utilizing Virtual Reality in Interior and Yard Design		
Name of Degree Bachelor of Business Administration		
Abstract <p>The aim of this thesis was to study the possible benefits of virtual reality (VR) in interior design and yard design. The thesis was commissioned by excavation company Saldatur Oy, and the object of the functional part of the thesis was a detached house under construction by the customer. The functional part of the thesis was carried out by making three-dimensional models of the customer's building and plot with computer programs, which could be viewed with VR glasses from inside and outside the house.</p> <p>The purpose of the project was to enable the target customer to design interior and yard work with virtual reality, and to find out, based on the customer's experience, what is the benefit of virtual reality in the design work. The study also examined the financial benefits of three-dimensional models and virtual reality from the perspective of the construction industry.</p> <p>The research material of the work consisted of interviews with the client, and various construction companies, so the research is qualitative. The interviews aimed to find out the practical benefits of virtual reality in the construction industry. The research process of the thesis was based on a comparison of the benefits observed by the target customer and other construction companies, as well as the observation of possible new benefits. The results of the study showed that virtual reality has many benefits in interior design and yard design, but the amount of benefit depends on the construction site to be modeled and on whom the benefit is allocated.</p>		
Keywords VR, AR, BIM, WMR		

SISÄLLYS

ASIASANAT	6
1 JOHDANTO	1
2 TUTKIMUKSEN KUVAUS	3
2.1 Virtuaalitodellisuuden hyödyt sisustus- ja pihasuunnittelussa	3
2.2 Toiminnallisen osan kuvaus	4
2.3 Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmät	5
3 TIETOPERUSTA	6
3.1 Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus (Virtual Reality ja Augmented Reality) ...	6
3.1.1 VR ja AR-laitteiden käyttökohteet	7
3.1.2 VR & AR-laitteiden historia ja tulevaisuus	8
3.2 Tietomalli (BIM – Building Information Modelling)	9
3.3 Aikaisemmat tutkimukset	10
4 TEKNINEN TOTEUTUS	13
4.1 Tutkimusprosessi	13
4.2 Tutkimushypoteesi	14
4.3 Ohjelmat ja laitteisto	14
4.3.1 3DS Max	15
4.3.2 Unity	15
4.3.3 Lenovo Windows Mixed Reality (WMR) - virtuaalitodellisuuslasit	16
4.4 Projektin kohderakennus ja tontti	17
4.5 Toiminnallisen osan toteutus ja suunnittelutyö virtuaalitodellisuuden avulla	18
4.5.1 Rakennuksen ja tontin kolmiulotteisten tietomallien toteutus	19
4.5.2 Suunnittelutyö asiakkaan kanssa	20
5 TUTKIMUSAINEISTO	23
5.1 Kohdeasiakkaan haastattelu	23
5.2 Ulkopuolisen rakennustoimijan haastattelu	25
6 AINEISTON ANALYYSI	27
6.1 Asiakkaan haastattelujen tulokset	27
6.2 Ulkopuolisen rakennustoimijan haastattelujen tulokset	28
6.3 Tulokset tietomallien mallintamiseen käytetystä ajasta	28
6.4 Virtuaalitodellisuuden ja tietomallien hyötysuhde, sekä kustannukset	29
6.4.1 Mallintamiseen käytetyn ajan hyötysuhde pihasuunnittelussa	30
6.4.2 Mallintamiseen käytetyn ajan hyötysuhde sisutussuunnittelussa	31

6.4.3	Tulokset virtuaaliodellisuuden rahallisesta hyödystä sisutus- ja pihasuunnittelussa	32
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	34
7.1	Mitä hyötyä virtuaaliodellisuudesta on piha- ja sisustussuunnittelussa?	34
7.2	Oma näkemys tuloksista	35
8	YHTEENVETO	37
	LÄHTEET	39
	ELEKTRONISET LÄHTEET	39
	SUULLISET LÄHTEET	42

ASIASANAT

VR – Virtuaalitodellisuus (Virtual Reality) on tietokoneen tuottama keinotekoinen, ihmisen stereonäköä hyödyntävä kolmiulotteinen ympäristö, jota voi tarkkailla virtuaalitodellisuutta varten kehitetyillä virtuaalilaseilla.

AR – Lisätty todellisuus (Augmented Reality) on teknologia, joka yhdistää tietokoneen tuottaman grafiikan ja ihmisen havaitseman todellisen maailman samanaikaisesti. Lisättyä todellisuutta käytetään sitä varten valmistetuilla AR-laseilla.

BIM – Tietomalli (BIM) on tietokoneella tuotettu, digitaalisessa muodossa oleva kolmiulotteinen rakennuksen malli.

WMR – Windows Mixed Reality on Microsoftin vuonna 2018 julkaisema virtuaalilasibrändi.

1 JOHDANTO

Virtuaalitodellisuus (VR) tarkoittaa elektronista laitteistoa ja ohjelmistoa, joka vie käyttäjänsä mukanaan immersiviseen, kolmiulotteiseen maailmaan saaden käyttäjänsä aivot luulemaan, että hän on oikeasti eri paikassa. Virtuaalitodellisuudesta saattaa tulla mieleen ensimmäisenä jokin tietotekniikan apuväline, tai laite, jota käytetään digitaalisen viihteen parissa. Kuluttajille kohdistetun virtuaalitodellisuuden käyttäjäkunta onkin koostunut tähän asti pääasiassa pelikonsolleille ja tietokoneille kohdistettujen videopelien pelaajista ja muun virtuaalitodellisuusviihteen kuluttajista, mutta virtuaalitodellisuus on nykyään hyvin paljon muutakin. Yritykset ovat ottaneet viime aikoina huomasti kehittyneen tekniikan tosisaan. Ydinvoimalat ja merenkulkuala käyttävät virtuaalitodellisuutta ohjaussimulaattoreissaan, ja nyt VR-tekniikasta on tulossa myös osa autokoulujen opetuslaitteistoa. Virtuaalitodellisuutta käytetäänkin yritysmaailmassa tänä päivänä eniten rakennusteollisuudessa, sekä koulutus ja valmennustarkoituksessa. (Ficom 2020.)

Virtuaalitodellisuudella on paikkansa myös Suomen yritysmaailmassa. Virtuaalitodellisuuslaseja kehittävä, suomalainen teknologiayritys Varjo ja viestintäyhteyksien tuottaja Elisa suorittivat Slushissa 2019 maailman ensimmäisen reaaliaikaisen virtuaalitodellisuuslähetyksen, joka toteutettiin ihmissilmän tarkkuudella. Tietoliikenteen osalta ratkaisu toteutettiin Elisan uuden 5G-verkon ja 5G Edge Cloud-pilviteknologian avulla. Varjo:n kehittämien VR-lasien resoluutio vastaa kuudenkymmenen neljän High Definition (HD)-näytön tarkkuutta. Kuva on resoluutioltaan niin tarkkaa, ettei ihminen erota silmillään onko kuva keinotekoisista vai tosielämää. Tällainen tekniikka avaa täysin uusia mahdollisuuksia esimerkiksi pelastustehtävien, etävalvonnan, virtuaalikoulutuksen, tai teollisen suunnittelun kannalta. Vaikka virtuaalitodellisuus ei ole ottanut vielä niin isoa harppausta kuin aluksi luultiin, kehittyy se tekniikkana ja käyttömuotona koko ajan. (Elisa 2019.)

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, mitä hyötyä virtuaalitodellisuudesta on piha- ja sisustus suunnittelussa. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii mäntsäläläinen maanrakennusyhtiö Saldatur Oy, jonka toimialaan kuuluu laaja-alaiset maanrakennustyöt. Projektin toiminnallisena osana toimeksiantajan asiakkaan rakenteilla olevasta omakotitalosta ja sen tontista tehdään tietomallit, joita käytetään hyödyksi sisutus- ja pihasuunnittelussa virtuaalitodellisuuden avulla. Virtuaalitodellisuutta tiedetään käytettävän nykypäivänä jossain määrin rakennusteollisuuden eri osa alueilla, kuten sisutus- ja maisemasuunnittelussa. VR-tekniikan käyttö suunnittelutyössä perustuu kolmiulotteisten tietomallien havainnointiin virtuaali maailmassa, jolloin suunniteltavasta kohteesta saadaan realistinen kuva valmiina kokonaisuutena.

Opinnäytetyön aihe virtuaalitodellisuuden ja rakennussuunnittelun yhdistämisestä valikoitui omakohtaisen mielenkiinnon ja aikaisemman ammatin, sekä tutun asiakkaan ja toimeksiantajan perusteella. Aihe on hyvin kiinnostava ja ajankohtainen, koska VR-tekniikka on kehittynyt viime vuosina todella paljon. Kehitystyö on laskenut laitteistojen hintoja niin, että tekniikka on nykyään lähes kaikkien kuluttajien saatavilla. Suunnittelun työnsä kohteeksi valikoitui piha- ja sisutustyöt, koska ne ovat yleensä rakenteilla olevien uudisrakennuksien viimeisimpiä työvaiheita, ja vaikuttavat kohteen visuaalisuuteen, lopulliseen ulkonäköön ja tyyliin, joten tarkka suunnittelutyö on kummassakin työvaiheessa hyvin tärkeässä asemassa. Opinnäytetyön toiminnallista osaa ja toteutusta helpotti kymmenen vuoden työkokemus talo- ja maanrakennus alalla, sekä aikaisemmin opiskelujen yhteydessä, ja vapaa-ajalla toteutettu tietomallipohjainen virtuaalitodellisuusprojekti.

2 TUTKIMUKSEN KUVAUS

Tutkimuksen tarkoituksena on ottaa selvää, mitä hyötyä virtuaalitodellisuudesta on piha- ja sisustussuunnittelussa. Aihe on hyvin kiinnostava ja ajankohtainen, koska virtuaalitodellisuuden käyttäjäkunta laajenee koko ajan. Se on levinnyt yksityisten käyttäjien lisäksi myös yritysten liiketoimintaan, ja sen kehittämiseen investoidaan jatkuvasti suuria määriä rahaa. Lisäksi digitalisaatio on muuttanut tietotekniikan kehityksen myötä muiden teollisuusalojen lisäksi myös rakennusteollisuutta, niin käytännön kuin suunnittelutyönkin osalta koko ajan tietoteknisempään suuntaan.

Työn toiminnallisen osan tavoitteena on selvittää, onko rakennuskohteen pihan, ja sisustuksen suunnittelua, sekä ulkoista tarkastelua varten erikseen mallinnettu kolmiulotteinen tietomalli rahallisesti kannattava toteuttaa. Työn toiminnallisella osalla ja aikaisemmillä tutkimuksilla selvitetään yleisesti, mitä hyötyjä virtuaalitodellisuudesta käytännössä sisustus- ja pihasuunnittelussa on.

2.1 Virtuaalitodellisuuden hyödyt sisustus- ja pihasuunnittelussa

Tämän opinnäytetyön tutkimuskysymys on ”Mitä hyötyä virtuaalitodellisuudesta on käytännössä sisustus- ja pihatöiden suunnittelussa?”

Hyödyllä tarkoitetaan tyytyväisyyden ja onnellisuuden mittaa seurausetiikassa tai taloustieteessä. Hyödyn oletetaan olevan mitattavissa lukuina, ja taloustieteessä hyödyn käsitettä mitataan usein hyötyfunktioista koostuvan indifferenssikäyrän avulla, jonka tehtävänä on kuvata kahdesta hyödykkeestä muodostuvia yhdistelmiä, joita kuluttaja pitää samanarvoisina. Tyytyväisyyden ja onnellisuuden mitan yhteydessä puhutaan yleensä hyödyn määrällisestä lisäämisestä, ja sillä selitetään esimerkiksi ihmisten käyttäytymistä ostopäätöksiä tehdessä olettaen sen olevan tietoista toimintaa, joka tähtää hyödyn lisäämiseen. (Vocabulary 2020.) (Wikipedia 2020a.) (Termipankki 2020.) (Friman 2017.)

Virtuaalitodellisuuden hyödyllä sisustus- ja pihasuunnittelussa tarkoitetaan, että etukäteen, kolmiulotteisen tietomallin avulla tehdystä suunnitelmasta on mahdollista konkreettista apua myöhemmin, kun itse suunniteltua työvaihetta aletaan toteuttamaan. Kyseisen tekniikan olettaisi hyödyttävän rakennustöiden toteuttajaa, sekä asiakasta. Asiakkaalla olisi mahdollisuus päästä tarkastelemaan valmista rakennusta ja suunnittelemaan mahdollisia rakennukseen tai pihaan tehtäviä muutoksia virtuaalimaailman kautta ennen kuin kohdetta on edes alettu todellisuudessa rakentamaan. Kun tavallinen suomalainen ihminen harkitsee ostavansa, rakentavansa tai rakennuttavansa itselleen talon, voidaan sanoa, että hän suunnittelee tällöin yleisesti ottaen elämänsä kalleinta ostosta. Tältä kantilta

ajateltuna virtuaalitodellisuudesta voisi kuvitella olevan hyötyarvoa, kunhan virtuaalitodellisuusprojektiin kohdistuvat kustannukset ovat hyötyyn nähden tasapainossa.

Opinnäytetyön toiminnallisena osana tehtävän virtuaalimaailman rakentaminen perustuu itse tuotettaviin kolmiulotteisiin tietomalleihin. Tietomalleista voi olla hyötyä työsuunnittelun lisäksi myös kustannuslaskemisen ja projektin aikataulutuksen kannalta, yleisesti ottaen teollisuuden aloilla merkittävimpiä resursseja ovat aina aika ja raha. Kuten muillakin aloilla, myös rakennusteollisuudessa aikaa ja rahaa pyritään säästämään aina niin, että asiakastyytyväisyys ja laatu eivät kärsi. Hyvin toteutetulla ja laadukkaalla tietomallisuunnittelulla voisi mahdollisesti ehkäistä myöhemmin eteen tulevia väärinymmärryksiä, tavara-hukkaa, sekä turhaa työtä. Suunnittelutyötä tehdessä kohteesta voidaan toteuttaa hyvin-kin tarkka ja realistisen näköinen tietomalli, mutta projektissa tulee kuitenkin ottaa huomioon, ettei siihen käytetä kohtuuttomasti resursseja, koska liiallinen resurssien käyttö suunnittelutyössä ei ole rahallisesti kannattavaa koko projektia silmällä pitäen. (Wikipedia, 2019)

Sisustussuunnittelua ajatellen virtuaalitodellisuus toisi oletettavia hyötyjä esimerkiksi katto-, lattia-, ja seinäpintojen värien, ja materiaalien valitsemisessa, sekä huoneiden ja terassien kalustamisessa. Haluttujen pintamateriaalien ja kalusteiden sijoittelun jälkeen asiakkaan ja rakennustöiden toteuttajan olisi helppo tarkkailla asuntoa virtuaalimaailman kautta, jolloin esimerkiksi myös oikeanlaisten valaisimien valitseminen ja sijoittelu olisi mahdollista. (Tapanainen 2019, 1-5.)

Pihasuunnittelun näkökulmasta virtuaalitodellisuus saattaisi helpottaa muun muassa mahdollisten istutusten, pihakiveyksien, parkkipaikkojen sekä nurmikkoalueiden sijoittelua ja materiaalien valitsemista. Halutessaan asiakkaan olisi mahdollista vaikuttaa muun muassa siihen, rakennetaanko tontin rajalle esimerkiksi raja-aita, sekä mistä materiaalista raja-aita mahdollisesti tehtäisiin. Joissain tapauksissa asiakas voisi vaikuttaa jopa myös pihan muotoihin ja muihin maanrakennukseen liittyviin yksityiskohtiin. Mikäli tietomalli sisältäisi tontin ulkopuolisenkin alueen, asiakas saisi yksityiskohtaisen kuvan siitä, miltä tonttia ympäröivä maisema näyttäisi kokonaisuudessaan esimerkiksi asunnon ikkunoista katseltaessa. (Lehikoinen 2019.)

2.2 Toiminnallisen osan kuvaus

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajan asiakkaan tontista ja omakotitalosta tehdään aluksi arkkitehdin suunnitelmien mukaiset tietomallit, joka käsittää rakennuksen ulkokuorauksen, vesikaton, ovet ja väliseinät. Suunnitelmien mukaan mallinnettava tontin tietomalli tulee sisältämään asemakuvan mukaiset pihan muodot ja korot, ja piirustusten mukaisten

mallien valmistuttua sisustus- sekä pihatyöt suunnitellaan kohdeasiakkaan kanssa virtuaaliodellisuutta hyväksikäyttäen. Tietomalleja päivitetään sitä mukaa, kun suunnittelutyö etenee asiakkaan ja toimeksiantajan kanssa. Mallien päivitystyöhön kuuluu sisutustöissä seinien, katon, ja lattioiden pinnat, sekä asunnon kalustaminen valaistuksineen. Pihan tietomalli koostuu lopullisista pihan pintakoroista, kasvillisuudesta, ja mahdollisista muista luonnon elementeistä. Pihan tietomalliin sisältyy myös mahdolliset ulkokalusteet ja pihavalaistus. Tontin ulkopuolinen alue mallinnetaan kymmenien metrien matkalta myös realistiseksi tietomalliksi sisältäen luonnon mukaisen valaistuksen. Tietomallista tehdään luonnon mukaisen valaistuksen osalta kaksi erillistä ratkaisua simuloimaan yötä ja päivää, jolloin rakennuksen valaistuksesta saadaan myös asiakkaan toiveiden mukainen kokonaisuus.

2.3 Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmät

Projektin tutkimusaineisto koostuu aikaisemmin tehdyistä tutkimuksista, haastatteluista, sekä tietomallien toteutukseen ja suunnitteluun käytetystä työajasta. Tutkimuksen luonne on pääasiassa kvalitatiivinen, koska tulokset perustuvat suurelta osin haastateltavien henkilöiden tai yritysten omiin kokemuksiin 3D-projektin mahdollisista hyödyistä heidän eri työvaiheissansa. Haastattelujen kohteena ovat projektin kohdeasiakas, kohdeasiakkaan pihatöistä vastannut maanrakennusliike Kaivuu Pakanen Oy, sekä sisutustöistä vastannut Tmi Ahti Korkala.

Projektin toiminnallisen osan tutkimustiedot perustuvat yksittäisten henkilöiden kokemuksiin, sekä yksittäisen, tietyn luontoisen rakennustyömaan ympärille. Tietomallien mallintamiseen, ja suunnittelutyöhön käytetystä ajasta saatuja lukuja käytetään tutkimuksessa empiirisenä mittarina. Lasketusta kokonaisajasta saadaan laskettua tietomallien ja suunnittelutyön suurpiirteinen kokonaishinta, jonka avulla voidaan arvioida, onko tietomallien toteuttaminen rahallisen hyödyn kannalta järkevää. Rahallista hyötyä tarkastellaan skenaariolla, jossa virtuaaliodellisuuden avulla toteutetun suunnittelutyön perusteella tehdyt muutokset olisi jätetty tekemättä piha- ja sisutustöiden yhteydessä, ja ne olisi teetätetty jälkeinpäin, jolloin teetättäminen olisi ollut luonnollisesti paljon kalliimpaa.

3 TIETOPERUSTA

3.1 Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus (Virtual Reality ja Augmented Reality)



Kuva 1. Havainnekuva virtuaalitodellisuudesta ja lisätystä todellisuudesta (Marr 2020.)

Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus ovat tietokoneen tai pelikonsolin avulla käytettävää tekniikkaa, jolla voidaan luoda VR-lasien avulla ihmisen syvyyssnäköä hyödyntäen kolmiulotteinen maailma.

Virtuaalitodellisuus (VR) tarkoittaa täysin erillistä tietokoneella tuotettua virtuaalista kuvaa, jota voidaan havainnoida virtuaalilasien kautta. Nykyiset VR ja AR-lasit koostuvat yleensä kahdesta näytöstä, kiihtyvyyssanturista, sekä langallisista tai langattomista käsiohjaimista. Kiihtyvyyssanturi rekisteröi pään liikkeitä jokaiseen suuntaan reaaliajassa. Rekisteröidyt pään liikkeet on ohjelmoitu muuttamaan VR-lasien näyttöjen kuvakulmaa niin, että se luo laitteiston käyttäjälle todentuntuiset pään liikkeet myös virtuaalimaailmaan. Käyttäjän on mahdollista liikkua virtuaalimaailmassa käsiohjainten avulla, sekä käytettävissä olevan huonetilan mukaan myös kävellen. (Arvanaghi 2019.)



Kuva 2. AR-sovellus IKEA:n verkkokaupassa (IKEA 2020.)

Lisätty todellisuus (AR) toimii hyvin samalla periaatteella kuin virtuaalitodellisuus, mutta tietokoneella tuotettu sisältö yhdistetään todellisuuteen. Lisätyn todellisuuden ero virtuaalitodellisuuteen on se, että käyttäjä näkee virtuaalilasien avulla yhtäaikaaisesti todellisen näkymän sekä virtuaalimaailman- tai jonkin asteista virtuaalista informaatiota virtuaalimaailmasta. Lisättyä todellisuutta voidaan havainnoida sovelluksen mukaan esimerkiksi kameralla varustetun mobiililaitteen, tai AR-lasien avulla. AR-laitteissa on virtuaalitodellisuuslaitteiden tapaan anturitekniikkaa, joka tunnistaa käyttäjän liikkeit. (Jensen 2018.) (Suhonen 2010, 34-40.)

Virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden laitteissa ovat myös huonot puolensa. Vielä tälläkin hetkellä markkinoilla olevien laitteiden käytöstä saattaa aiheutua sivuvaikutuksia, kuten tasapainohäiriöitä ja pahoinvointia. Jotta sivuvaikutuksia voitaisi vähentää, ja VR-lasien käyttökokemuksesta saataisiin vielä todentuntuisempi, ruudunpäivityksen tulisi olla parempi, lasien näyttöjen tulisi olla leveämpiä sekä resoluution huomattavasti tarkempi. (Arvanaghi, B. Skytt, L. 2018.)

3.1.1 VR ja AR-laitteiden käyttökohteet

Virtuaalitodellisuus on luonut nykyisen kannattajakuntansa erilaisten pelien ja elokuvien kautta, mutta laitteiston kehitys ja virtuaaliympäristön helppo muokattavuus on mahdollistanut kuitenkin sen hyötykäytön myös esimerkiksi päivittäisenä työkaluna, ja

koulutustarkoituksessa monilla aloilla. Tekniikan on katsottu olevan varteenotettava vaihtoehto muun muassa lääkäreiden, astronauttien ja sotilaiden koulutuksessa. Virtuaalitodellisuudella voidaan simuloida oikeita työ- ja harjoitusilanteita tuntuvasti edullisemmin, kuin esimerkiksi todellisilla avaruuslennoilla tai sotaharjoituksilla. VR-tekniikan on todettu toimivan jopa kivun lievittäjänä esimerkiksi haavoittuneilla, tai pahoja palovammoja saaneilla potilailla. Kivunlievitys perustuu potilaan aivojen huomion siirtämiseen kivuista virtuaali maailmassa tapahtuviin asioihin, jolloin potilas unohtaa kipunsa hetkellisesti. (Demos Helsinki 2019.)

Lisätty todellisuus on myös hyvin suosittu niin peli- kuin yritysmarkkinoilla, esimerkiksi suosittu Pokemon Go-mobiilipeli perustuu lisättyyn todellisuuteen. Ruotsalainen Ikea on kehittänyt mobiililaitteilla toimivan huonekalusovelluksen, jolla on mahdollista sijoitella huonekaluja eri paikkoihin realistisesti, kolmiulotteisessa tilassa. Lisätyn todellisuuden kolmiulotteinen kuva muodostuu sovelluksessa mobiililaitteen kameran avulla. (Jensen 2018.)

Suomalainen tutkimus ja kehityspalveluja tarjoava yritys ”VTT” on kehittänyt Euroopan Avaruusjärjestölle lisättyä todellisuutta (Augmented Reality) hyödyntävän työkalun, joka on suunniteltu astronauttien kouluttamista ja avaruuslentoja varten. Heidän kehittämällä työkalulla voi välttää inhimillisiä erehdyksiä, sekä se vauhdittaa töiden etenemistä, ja mahdollistaa astronauttien itsenäisen kouluttamisen. (Helin 2020.)

”Työkalu hyödyntää lisättyä todellisuutta uudella tavalla, josta on hyötyä vaativissa, turvallisuuden tai talouden kannalta kriittisissä huolto- ja asennustehtävissä myös muilla toimialoilla, kuten kaivoksissa, paperitehtaissa ja ydinvoimaloissa” (Helin 2020.)

3.1.2 VR & AR-laitteiden historia ja tulevaisuus

Virtuaalitodellisuus ei ole viimeaikaisista kehitysharppauksista huolimatta kovin tuore keksintö. Maailman ensimmäinen virtuaalitodellisuuslaite ”Sensorama” kehiteltiin vuonna 1956, ja patentoitiin vuonna 1962, mutta laite ei ollut kovinkaan suuri menestys. Laitteen käyttö perustui ihmisen näkö, haju, kuulo, sekä kosketusaisteihin. ”Sensorama” oli suuri kokoinen mekaaninen laite, jolla voitiin esittää viittä lyhyttä kolmiulotteista filmiä. Filmejä tehostettiin laajan kuvan lisäksi tuulettimilla, stereoäänellä, ja erilaisilla tuoksuilla. (Wikipedia 2020b.) (Arnaldi 2018.)

Vaikka nykyisissä VR- ja AR-laitteissa on vielä kehitettävää, virtuaalitodellisuus on kehittynyt viime vuosina tietotekniikan rinnalla huimalla vauhdilla. Nykyaikaiset virtuaalitodellisuus lasit ovat ottaneet pienen kokonsa ja painonsa lisäksi harppauksia etenkin tarkemman kuvanlaadun ja ruudunpäivityksen suhteen. Yksi merkittävimmistä edistysaskelista on sisällön tuottamisen helppous, joka on lisännyt osaltaan laitteiden kehitykseen käytettäviä resursseja. Lähes kaikki nykyaikaiset VR-lasivalmistajien tuotteet tukevat tunnettuja Unity, ja Unreal-pelitekologioita, joilla sisällöntuottaminen on yleistä myös harrastelija piireissä. (Arvanaghi, B. ym. 2018.)

Ensimmäiset virtuaalitodellisuusratkaisut ja keksinnöt eivät olleet aikanaan kovin tunnettuja tai menestyksekkäitä, mutta tällä hetkellä markkinoilla olevat ratkaisut ovat osoittaneet sen, että ne eivät ole häviämässä mihinkään, vaan niitä kehitetään koko ajan parempaan ja edistysellisempään suuntaan. Yhdysvaltalainen suuryhtiö Apple on muun muassa ilmoittanut heidän aloittamistaan jättimäisistä VR- ja AR-hankkeistaan. Yhtiö kehittää VR- ja AR-laseja, jotka ovat suunniteltu yhteensopiviksi Applen muiden tuotteiden, kuten puhelinten ja tablettien kanssa. (Heinvuo 2019.)

3.2 Tietomalli (BIM – Building Information Modelling)



Kuva 3. Tietomalli opinnäytetyön toiminnallista osaa varten mallinnetusta rakennuksesta

Tietomalli on rakennuksesta digitaalisesti tuotettu realistinen virtuaalimalli, sekä prosessi, jossa luodaan ja hallitaan rakennushanketta koskevia tietoja koko projektin elinkaaren ajan. Kuvan tietomalli on tutkimusprojektin kohteena oleva puolitoistakerroksinen

asuinrakennus, joka on mallinnettu 3DS Max-mallinnusohjelmalla. Tietomallien yksi tärkeimmistä tehtävistä on mallin ominaisuuksien digitaalinen ja visuaalinen kuvaus. Mallin tiedot ja ominaisuudet on koottu ja päivitetty yhteistyönä hankkeen keskeisissä vaiheissa eri toimijoiden kanssa, tietomalli on siis tiimityöskentelyyn tarkoitettu työkalu. Tietomalli sisältää tarkat tiedot, mitat, sekä geometrian, joita tarvitaan rakennuksen eri rakennusvaiheissa. Prosessin päämääränä on tehokkuus, turvallisuus, kestävä kehitys, sekä suunnittelun ja rakentamisen laatu. Vaikka tietomalli yhdistetään yleensä uudisrakentamiseen ja sen suunnitteluun, niitä hyödynnetään nykyisin myös rakennuksien käyttöä ja ylläpitoa silmällä pitäen. Digitaalisen rakennustietomallin luominen antaa rakennuksen kanssa vuorovaikutuksessa oleville mahdollisuuden optimoida toimintansa, mikä johtaa suurempaan eliniän arvoon. (Autodesk 2020a.) (NBS 2016.)

Ennen tietotekniikan kehitystä suunnittelutyöt toteutettiin paperille, mutta teknologian kehityksen myötä 1980-luvulla alettiin käyttää tietokoneavusteista kaksiulotteista piirtämistä, joka mahdollisti myöhemmin myös kolmiulotteisen piirtämisen tietokoneohjelmilla. Nykyään rakennusteollisuudessa käytetään hyvin paljon kolmiulotteisia tietomalleja, joilla voidaan havainnoida lopullinen lopputulos. Tietomalleja voidaan esittää paperitulosteen tai tietokoneen monitorin avulla, mutta joissain tapauksissa niitä esitellään nykyään myös virtuaalitodellisuutta, tai lisättyä todellisuutta hyväksi käyttäen. (Jylkäs 2019.)

3.3 Aikaisemmat tutkimukset

Virtuaalitodellisuuden soveltuvuutta rakennusteollisuuden työkaluna on tutkittu monissa aikaisemmissa tutkimuksissa, sekä VR-tekniikka on ollut päivittäisessä käytössä monilla suomalaisilla yrityksillä. Aikaisemmillä tutkimuksilla pyritään selvittämään luvussa 2.1 mainittua hyötyä käsitettä virtuaalitodellisuuden näkökulmasta.

(Mainio 2020.) tutki tutkielmassaan virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä rakennusteollisuudessa, ja totesi että virtuaalitodellisuuden suurin hyöty perustuu rakennustyön lopputuloksen visualisointiin. Hän näki virtuaalitodellisuuden hyötyinä erityisesti kustannusten ja riskien minimoimisen, sekä rakennusprojektissa mukana olevien, eri osapuolten välisen viestinnän tehostumisen (Mainio 2020, 19). Kirjallisuuskatsauksessa tutkittiin virtuaalitodellisuutta suunnittelutyön apuna, ja Mainion tekstistä kävi ilmi, että perinteinen 2D-suunnittelu on osa syy rakennusvirheisiin. Hänen mukaansa virtuaalitodellisuus antaa mahdollisuuden tutkia suunnitteluvaiheessa olevaa kohdetta sen todellisessa mittakaavassa jo ennen kuin rakennusta on alettu edes rakentamaan. VR-tekniikalla on merkittävä vaikutus, jos sitä voidaan käyttää projektiin osallistuvien osapuolten kommunikointi välineenä.

Virtuaalitodellisuus antaa realistisen lopputuloksen esittelyn ja kommunikoinnin ansiosta huomattavaa lisäarvoa asiakkaalle (Mainio 2020, 27).

Tutkimuksessa on perehdytty myös virtuaalitodellisuuden käyttöön asuntoesittelyissä. VR-laitteisto mahdollistaa käytännössä ajasta ja paikasta riippumattoman virtuaalisen asuntoesittelyn, sekä antaa asiakkaalle täysin erilaisen kuvan asunnosta, kuin esimerkiksi tavanomaiset kaksiulotteiset esitteet tai pohjapiirroksot (Mainio 2020, 27).

Virtuaalitodellisuus mahdollistaa vierailun esittelyasunnossa, jolloin säästyy aikaa, koska asiakkaan ei tarvitse vieraila paikan päällä tarkastelemassa asuntoa. Potentiaalinen asunnon ostaja saa virtuaalitodellisuuden avulla etenkin uudiskohteissa selkeämmän käsityksen siitä, mitä on ostamassa. Ostaja voi tutustua kohteeseen jo ennen rakentamisen aloitusta, sekä suunnitella haluamiaan yksityiskohtia ja kertoa omista toiveistaan esimerkiksi rakennustoimijoille (Mainio 2020, 23).

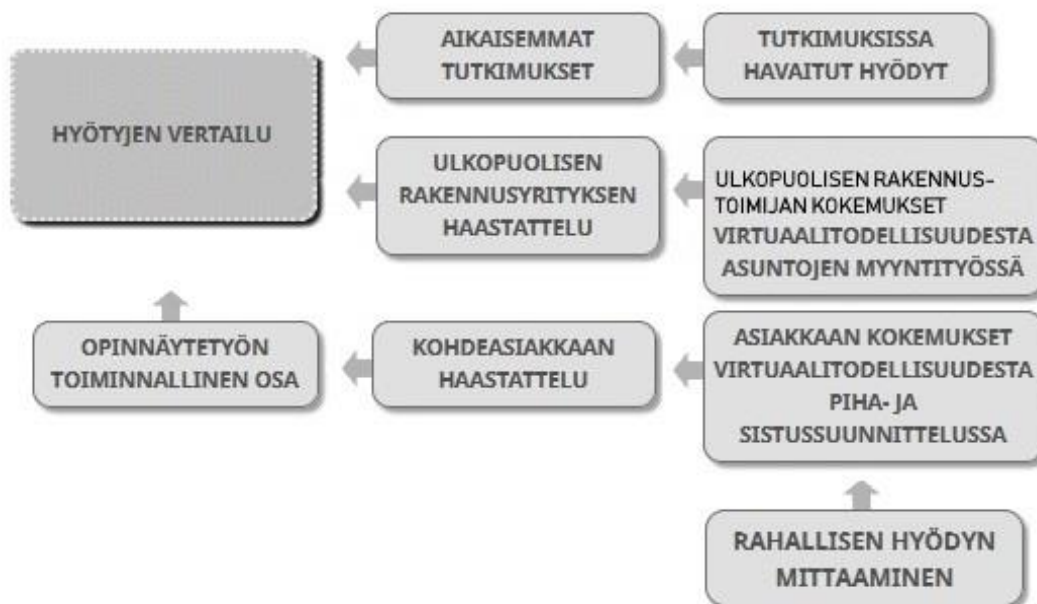
Mainio (2020) mukaan virtuaalitodellisuus hyödyttää asuntoa ostavan asiakkaan lisäksi asuntojen myyjiä, sillä virtuaaliesittelyjen on todettu vähentävän asuntojen esittelyihin käytettävää aikaa, sekä kustannuksia (Mainio 2020, 27). Tutkimus osoittaa, että virtuaalitodellisuus on levinnyt hitaasti rakennusteollisuuden keskuuteen. Osasyinä ovat olleet muun muassa virtuaalitodellisuuslaitteiden ja ohjelmien korkeat kustannukset, niiden omaksumiseen liittyvä epäkäytännöllisyys, sekä se, että rakennusteollisuus on hitaasti muuttuva ja vanhollinen ala (Mainio 2020, 19). Tutkimuksesta käy ilmi, että virtuaalitodellisuuden käyttö rakennusteollisuudessa perustuu nykypäivänä valmiin lopputuloksen esittelemisen lisäksi virheiden ja päällekkäisyyksien havainnointiin, erilaisten suunnitteluvaihtoehtojen tutkimiseen, työmaaturvallisuuden varmistukseen, sekä kommunikointiin suunnittelussa (Mainio 2020, 26).

YIT, joka on yksi Suomen suurimmista rakennusliikkeistä, on käyttänyt Slovakian toimipisteillään virtuaalitodellisuutta asuntoesittelyissään jo vuodesta 2016. 3D-tietomallien tarkastelu tapahtuu tavallisesti tietokoneen ruudulta käsin, mutta Slovakiassa käyttöön otettu VR-sovellus on ollut hyvä etu malleja tarkasteltaessa. Virtuaalitodellisuus on käytössä asuntoesittelyissä myös muiden rakennusliikkeiden keskuudessa Slovakiassa. YIT:n CEE-liiketoimintaryhmän Brand Manager, Renata Zatkova on kokenut virtuaalitodellisuuden potentiaalisesti lisävaihtoehdoksi asuntoesittelyissä, nykyisten, kehittyneempien, ja edullisempien VR-laitteiden vuoksi. Hänen mukaansa tekniikka on nykyään tarpeeksi kehittynyttä, että virtuaalitodellisuuden käyttäminen on taloudellisesti kannattavaa. He suunnittelivat ja kokeilivat eri palvelutarjoajia, sekä ratkaisuja, ennen kuin tarjosivat valmista palvelua asiakkailleen. (YIT 2017.)

YIT:n kehityspäällikkö Toni Ruuskan, ja VR:n sekä AR:n parissa työskentelevän, Faken luovan johtajan Santtu Parikan mukaan virtuaalitodellisuuden käyttö suomalaisessa rakennusteollisuudessa ei ole ottanut vielä tuulta alleen kustannusten, laitteiden kömpelyyden, ja perinteiden vuoksi. Hän on kuitenkin sitä mieltä, että edullisuuden lisäksi laitteiden kehittyessä kevyemmiksi ja kuvanlaadultaan tarkemmiksi, suunta Suomessakin tulee muuttumaan. Ruuska on sitä mieltä, että hyvin monet teollisuusalojen toimijat miettivät, milloin he rupeavat käyttämään virtuaalitodellisuutta työkalunaan. Hänen mukaansa tässä vaiheessa ei enää voida puhua siitä, etteikö laitteisto tulisi olemaan yksi työkalu muiden joukossa teollisuuden aloilla lähiaikoina. (YIT 2017.)

4 TEKNINEN TOTEUTUS

4.1 Tutkimusprosessi



Kuvio 1. Kuvio tutkimusprosessista

Opinnäytetyön tutkimusprosessi perustuu hyötyjen vertailuun, joita selvitetään käytännössä työn toiminnallisessa osassa. Opinnäytetyön tutkimusaineisto koostuu toiminnallisessa osassa mukana olleen kohdeasiakkaan käytännön kokemuksista virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä piha- ja sisustussuunnittelussa sekä ulkopuolisen rakennusyrityksen kokemuksista virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä asuntojen myyntiesittelyissä.

Työn toiminnallinen osa alkoi syyskuussa 2019 toimeksiantajan asiakkaan rakenteilla olevan omakotitalon, sekä tontin tietomallien 3D-mallintamisella. Kun tietomallit olivat valmiit, niistä tehtiin virtuaalitodellisuuslaseilla tarkasteltava kokonaisuus, jonka avulla asiakkaan oli mahdollista suunnitella haluamansa elementit pihan ja rakennuksen sisutuksen osalta. Tämän jälkeen asiakas teetätti suunnitelmansa käytännössä rakennusurakoitsijoiden toimesta, ja kun rakennuskohteeseen teetetyt suunnitelmat oli toteutettu, tutkimusprosessi eteni asiakkaan haastatteluihin, joiden perusteella pyrittiin selvittämään asiakkaan kokeamat mahdolliset hyödyt suunnittelutyössä virtuaalitodellisuuden avulla. Tutkimuksen toiminnallisessa osassa selvitettiin myös, voiko virtuaalitodellisuudesta olla mahdollisesti rahallista hyötyä piha- ja sisustussuunnittelussa. Rahallisen hyödyn selvittäminen perustui myös asiakkaan haastatteluissa ilmenneisiin kokemuksiin.

Kun työn toiminnallisessa osassa havaitut hyödyt oli selvitetty, niitä vertailtiin opinnäytetyön aikaisemmissa tutkimuksissa, sekä ulkopuolisen yrityksen haastatteluissa löydettyihin mahdollisiin hyötyihin.

4.2 Tutkimushypoteesi

Kustannusten minimointi	Riskien minimointi
Viestinnän tehostus	Virheiden ja päällekkäisyyksien havainnointi
Suunnitteluvaihtoehtojen tutkiminen	Työmaaturvallisuuden varmistus
Kommunikointi suunnittelussa	Ajan säästö
Lopputuloksen realistinen visualisointi	

Kuvio 2. Aikaisemmista tutkimuksista löydetty hyötylajit

Tämän opinnäytetyön tutkimushypoteesi koostuu luvun 3.3 aikaisemmissa tutkimuksissa löydettyistä hyödyistä, ja se toimii koko tutkimustyön perustana. Kuvioon koottuja aikaisempien tutkimusten yhteydessä löydettyjä hyötylajeja vertaillaan myöhemmin opinnäytetyön toiminnallisessa osassa mahdollisesti havaittuihin hyötyihin, tutkimushypoteesi toimii siis vertailupohjana työn lopussa toiminnalliselle osalle. Asiakkaan suunnittelutyössä löydettyjä mahdollisia hyötylajeja sekä tutkimushypoteesia analysoidaan ja vertaillaan lopuksi keskenään.

Aikaisemmista tutkimuksista kävi ilmi, että virtuaalitodellisuudesta on havaittu olevan käytännön hyötyä kustannusten ja riskien minimoinnissa, viestinnän tehostamisessa, ja suunnittelutyössä virheiden sekä päällekkäisyyksien havainnoinnissa. Lisäksi virtuaalitodellisuus on tuonut hyötyä suunnittelutyöhön erilaisten suunnitteluvaihtoehtojen tutkiminnan, työmaaturvallisuuden, sekä suunnitteluun liittyvän kommunikoinnin osalta. Aikaisempien tutkimusten mukaan virtuaalitodellisuudesta on ollut kuitenkin eniten hyötyä rakennusteollisuudessa etenkin rakennustyön lopputuloksen visualisoinnissa. Tekniikka on helpottanut muun muassa asuntoesittelyjä viestinnän osalta, antaen asiakkaalle realistisen kuvan esiteltävästä asunnosta. Tehokkaan viestinnän ja laitteiston vapaan liikuteltavuuden ansiosta sekä myyjät että asiakkaat ovat säästäneet myös aikaa.

4.3 Ohjelmat ja laitteisto

Tämän opinnäytetyön toiminnallisen osan toteuttamisessa käytettiin kolmea eri sovellusta; Unity-pelimoottoria, Autodesk 3DS Max 3D-mallinnus- ja animointi ohjelmaa, sekä Manic-Time-ajanlaskenta ohjelmaa.

Projekti aloitettiin mallintamalla 3DS Max-sovelluksella omakotitalon tietomalli, jonka jälkeen tietomalli ja virtuaalimaailma yhdistettiin Unityn avulla virtuaalitodellisuuslaseilla tarkasteltavaksi kokonaisuudeksi. Rakennuksen tietomallin mallintamiseen ja virtuaalitodellisuusmaailman rakentamiseen käytetystä ajasta pidettiin kirjaa, ja ajan käytön laskemisen apuna käytettiin osittain ManicTime-ajanlaskentaohjelmaa. Käytössä ollut VR-laitteisto koostui Lenovon ”Windows Mixed Reality” VR-laseista ja langattomista ohjaimista.

4.3.1 3DS Max

3DS Max on yhdysvaltalaisen ”Autodesk Media and Entertainment”-ohjelmistoyhtiön kehittämä, animointiin, renderöintiin sekä 3D-mallintamiseen tarkoitettu ohjelma, joka on hyvin tunnettu ja laajalti käytössä ammattilaisten keskuudessa muun muassa kehittyneen plugin-arkkitehtuurin, oman MAXScript-ohjelmointikielen sekä mallinnusominaisuuksien vuoksi. Sovelluksesta kehitettiin ”3D Studio”-niminen prototyyppi vuonna 1988, ja se kantoi myöhemmissä versioissa samaa nimeä vuoteen 1994 asti. Vuonna 1996 julkaistu ohjelman kuudes versio sai nimekseen ”3D Studio MAX”, jonka jälkeen nimi vaihtui myöhemmin lyhenteeksi ”3DS MAX”. Windows-käyttöjärjestelmää tukeva ohjelma on yleisessä käytössä videopelien kehittäjillä, sekä monilla kaupallisilla TV-kanavilla, mutta se on suosittu myös elokuvien erikoisefektien, sekä visualisointien tuottamisessa. (Wikipedia 2020c.) (Wikipedia 2020d.)

Ohjelmistoyhtiö tarjoaa ohjelman halvimmillaan noin kahdentuhannen euron vuosihinnalla, mutta mikäli käyttäjä tarvitsee muita kolmannen osapuolen lisäosia esimerkiksi laadukkaampaa renderöintiä varten, vuosihinta voi nousta lähes neljäntuhanteen euroon. (Autodesk 2020b.)

4.3.2 Unity

Unity on vuonna 2004 perustetun tanskalaisen Unity Technologiesin kehittämä kaksi- ja kolmiulotteisten, sekä virtuaalitodellisuuteen ja lisättyyn todellisuuteen pohjautuvien pelien, sekä sovellusten tuottamiseen tarkoitettu monialustainen pelimoottori. Unityn sovelluskehittäjien alkuperäisenä suunnitelmana oli käyttää pelimoottoria ainoastaan heidän omissa, yksittäisissä PC-peleissään, mutta pelimarkkinoilla vallitsevan kysynnän vuoksi he päättivät kehittää sovelluksesta kaupallisen version. Microsoftin C#-ohjelmointikieltä tukeva Unity ei ollut kovinkaan menestyvä alkuaikoinaan, syitä olivat muun muassa sijoittajien haluttomuus sijoittaa sovellukseen, sekä ensimmäiset Unityn versiot tukivat

ainoastaan MAC-käyttöjärjestelmää. Unity on ollut pelintekosovelluksista kuitenkin helppo-käyttöisin, joten sen käyttäjäkunta oli alussa harrastelija ja aloittelija painotteista. (Haas 2014.)

Tällä hetkellä se on kuitenkin ylivoimaisesti suosituin peliteknologioihin keskittynyt sovel-lus, ja työllistää noin 2000 henkeä ympäri maailmaa. Jopa yli viisikymmentä prosenttia ny-kyisistä virtuaalitodellisuuteen ja lisättyyn todellisuuteen pohjautuvista peleistä on tuotettu Unityllä. (Unity 2020.) (Lehtonen 2015.) (Wikipedia 2020e.) (Petrell 2017.)

4.3.3 Lenovo Windows Mixed Reality (WMR) - virtuaalitodellisuuslasit

”Windows Mixed Reality” on Microsoftin kehittämä virtuaalitodellisuutta ja lisättyä todelli-suutta tukeva immersioteknologia-alusta. Microsoft julkaisi alustan elokuussa 2018 ”Win-dows 10 Fall Cretekös”-päivityksen mukana. Alustaa varten kehiteltiin omat virtuaalilasit, mutta Microsoft ulkoisti lasien valmistuksen Acer, Asus, Dell, HP, Lenovo, ja Samsung-elektroniikkavalmistajille, jotka jokainen suunnittelivat ja valmistsivat tuotteista oman näköi-sensä ratkaisun. Vaikka virtuaalilasien valmistajia oli monia, laseihin suunniteltu tekniikka pysyi kuitenkin lähes kaikissa laitteissa samana. (Carbotte 2018.) (Lenovo 2020.) (Gold-man 2018.)

Muiden virtuaalilasivalmistajien aikaisemmista resoluutioratkaisuista poiketen Windows Mixed Reality-brändin VR-laitteisiin kehiteltiin tarkemmat, 1440x1440 pikselin LCD-näytöt kummallekin silmälle, lukuun ottamatta Samsungia, joka kehitti ”Odyssey”-laseihinsa laa-dukkaammat 1440x1600 pikselin AMOLED-näytöt. Pienistä teknisistä eroista huolimatta kaikille ratkaisuille suunniteltiin samanlaiset paristoilla toimivat langattomat käsiohjaimet, jotka ovat yhteensopivia minkä tahansa Windows Mixed Reality tuotteen kanssa. WMR-virtuaalitodellisuuslasien ja niiden käsiohjaimien liikkeentunnistus eroaa myös muiden val-mistajien erillisistä liiketunnistusratkaisuista huomattavasti lasien etupuolella olevilla kiin-teillä kuusi portaisilla liikesuunnantunnistimilla, jotka mahdollistavat käyttäjän rajattoman liikkumisen virtuaalimaailmassa. Kiinteät liiketunnistinkamerat nopeuttavat Windows Mi-xed Reality-laitteen käyttöönottoa, koska VR-laseihin ei tarvita ulkopuolisia tunnistinsenso-reita, kuten monien muiden VR-laitevalmistajien tuotteissa. Laitteiden ainoaksi rajoitta-vaksi tekijäksi liikkumisen kannalta jää VR-laitteen tietokoneeseen kytkettävän yhtenäisen USB ja HDMI-johdon lyhyt pituus, joka on vuonna 2018 markkinoille tulleissa WMR-tuot-teissa neljä metriä. Windows Mixed Reality-brändin nimi on hämännyt ihmisiä joissain ta-pauksissa luulemaan kyseisen sarjan laitteita AR-laitteiksi, koska nimi antaa osittain sellai-sen mielikuvan, että laitteistolla on mahdollista yhdistää virtuaalitodellisuus ja lisätty todel-lisuus yhdeksi kokonaisuudeksi. Toisaalta laitteisto mahdollistaa lisätyn todellisuuden ja virtuaalitodellisuuden yhdistämisen tietyllä tavalla, koska WMR VR-laseja

käyttöönottaessa virtuaalimaailmaan on mahdollista merkitä rajat liikkumista varten, todellista maailmaa mukaillen. Käytännössä rajat liikkumista varten tehdään huonetilassa, jossa virtuaalilaseja käytetään. VR-laseja liikutetaan halutun alueen reunoja myöten, jolloin virtuaalimaailmaan piirtyy aitauksen tapainen alue, jonka sisällä käyttäjä voi kävellä vapaasti törmäämättä esimerkiksi huonekaluihin tai seiniin liikkeessään huonetilassa.

Tutkimuksessa käytetyissä Lenovon valmistamissa WMR-virtuaalilaseissa on muiden WMR-lasien tavoin 90 hertsin virkistystaajuus, gyroskooppi, kiihtyvyyssanturi, sekä magneettimittari. Lenovon virtuaalilasien näkökenttä on 110 astetta, ja lasien etuosan saa nostettua tarvittaessa hitsausmaskin tavoin ylös otsan yläpuolelle niin, että käyttäjä voi lopettaa virtuaalimaailman tarkastelun, milloin vain. (Goldman 2018.) (Lenovo 2020.) (Verkkokauppa 2020.)

4.4 Projektin kohderakennus ja tontti



Kuva 4. Valokuva asiakkaan rakenteilla olevasta rakennuksesta joulukuussa 2019

Virtuaaliodellisuusprojektin tietomallinnettavana kohderakennuksena toimi toimeksiantajan asiakkaan puolitoistakerroksinen omakotitalo, jonka asuinpinta-ala oli noin sata

neljäkymmentäkolme asuinneliötä. Kohteen rakennustyöt alkoivat maanrakennustöillä kesällä 2019, ja sisustustyöt päästiin aloittamaan joulukuussa 2019. Lattioiden oli määrä olla lähes koko rakennuksessa materiaaliltaan laminaattia, eteistilan ja märkätilojen valkoisia kaakelipintoja lukuun ottamatta. Sisustuksen osalta muiden pintojen, kuten kipsilevy-pintaisten seinien ja katon värivalinta oli suunniteltu monin paikoin valkoiseksi. Kohteeseen suunniteltu savupiippu oli tarkoitus sijoittaa lähes keskelle rakennusta saunan puolelle niin, että saunan ja keittiön väliseen seinään tehtäisiin keittiön puolelle mahdollista tulisijaa varten hormivaraus. Rakennuksen harmaaksi maalattu ulkokuoraus tehtiin syksyllä ennen sisustustöiden aloitusta.

Kohteen tontti oli noin 1260 neliön kokoinen moreenipohjainen alue, johon oli myönnetty rakennusoikeutta kaksisataaviisikymmentä neliötä asuinrakennusta varten, sekä viisikymmentä neliötä varastollista autokatosta varten. Asemapiirroksen merkittyjen suunnitelmien mukaan pihan lopullinen pinta olisi kahdessa eri tasossa. Asuinrakennuksen perustuksien ja yläpihan nurmialueen korko tulisi olla noin metrin ylempänä kuin alemman pihan korko, johon mahdollisen autokatoksen paikka, sekä pihaliittymä oli myös merkitty. Pihan alemmalle osuudelle oli määrä tehdä yksi autopaikka autokatosta vasta päätä, sekä tontin suuntaisesti kulkevan Humaljoentien ja pihaosan rajalle oli asemapiirroksen mukaan suunniteltu istutettava tuija-aita. Alempana olevalta parkkialueelta oli määrä tehdä polku kivituhkasta ylemmälle piha osuudelle niin, että polku johtaisi rakennuksen pääsisäänkäynnin luona olevalle terassille. Parkkialueen, autokatoksen, ja pihaliittymän ympäristö oli suunniteltu myös kivituhka-alueeksi. Asemapiirroksen merkittyjen suunnitelmien mukaan tuija-aidan lisäksi tontille ei tulisi ylemmälle pihaosuudelle sijoittuvan nurmialueen lisäksi muita istutuksia, ja nurmialueiden ulkopuoliset osuudet jäisivät pääasiassa hoidettuun luonnontilaan.

4.5 Toiminnallisen osan toteutus ja suunnittelutyö virtuaalitodellisuuden avulla

Opinnäytetyön toiminnallinen osa aloitettiin elokuussa 2019 mäntsäläläisen maanrakennus yritys Saldatur Oy:n toimesta. Tutkimuksen kohteena oli toimeksiantajan asiakkaan puolitoistakerroksinen omakotitalo, jonka perustustyöt oli aloitettu kesän 2019 lopulla. Projekti aloitettiin mallintamalla kohdeasiakkaan omakotitalosta tietomalli 3DS Max-mallinnusohjelmalla, jonka jälkeen asiakkaan tontista tehtiin Unity-pelimoottorilla asemapiirrosta vastaava piha. Omakotitalosta tehty tietomalli liitettiin tontista tehtyyn tietomalliin, jonka jälkeen piha- ja sisustusmallinnukset toteutettiin arkkitehdin piirustusten mukaan. Tämän jälkeen aloitettiin suunnittelutyö asiakkaan kanssa, jonka perusteella tietomalleihin tehtiin

halutut muutokset. Lopuksi asiakasta haastateltiin, ja haastattelujen perusteella käytiin läpi, mitä hyötyä virtuaalitodellisuudesta suunnittelutyön aikana oli.

4.5.1 Rakennuksen ja tontin kolmiulotteisten tietomallien toteutus



Kuva 5. Asiakkaan piha ja asuinrakennus suunnittelutyön jälkeen

Kohteen mallintaminen aloitettiin asiakkaan päärakennuksen mallintamisella syyskuussa 2019. Kuvan tietomalli toteutettiin 3DS Max-mallinnusohjelmalla .DWG tiedostoja hyödyntäen. DWG-tiedostot sisälsivät arkkitehdin AutoCad-ohjelmalla toteutetut tarkat kaksiulotteiset piirustukset talosta tietyssä mittasuhteessa. Piirustukset kattoivat talon jokaisen ulkoseinän kaikista ilmansuunnista, ja ylä- ja alakerran lattioiden pohjakuvat, sekä tontin asemakuvan, josta saatiin kuviin merkittyjen maapisteiden korot merenpinnasta. 3DS Max-ohjelma mahdollisti .DWG-tiedostojen lisäämisen mallinnusprojekteihin, jolloin mallinnusta varten oli olemassa valmiita kaksiulotteisia elementtejä, joista saatiin koottua lopuksi kolmiulotteisia malleja. Valmiit AutoCadilla piirretyt seinäelementit oli helppo nostaa pystyyn ja asettaa oikeille paikoilleen, jonka jälkeen mallin työstäminen jatkui ulkovuorauksen, väliseinien, lattioiden ja katon mallintamisella. DWG-tiedostojen sisältämät maanpintojen korot mallinnettiin rakennuksen tietomalliin kolmiulotteisiksi merkeiksi myöhempää käyttöä varten. Korkomerkkien mallintaminen samaan tietomalliin päärakennuksen kanssa oli välttämätöntä, koska tällöin korkomerkit saatiin samassa mittasuhteessa rakennuksen kanssa oikeille paikoilleen myöhempää tontin mallintamista varten. Lopullinen päärakennuksen valmis tietomalli koostui ulkoseinistä, terasseista, ikkuna- ja oviaukoista, ulkovuorauksesta, väliseinistä, perustuksista, ränneistä, lumiesteistä, sekä huoltotikkaista, ja

vesikatosta konesaumapelteineen. Rakennuksen valmistuttua tietomallista tehtiin 3DS Max-ohjelmalla yksittäinen .OBJ-tiedosto myöhempää käyttöä varten.

Tontin tietomalli aloitettiin marraskuussa 2019, ja se toteutettiin Unity-pelinteko ohjelmaa käyttäen. Tontti hahmoteltiin aluksi arkkitehdin PDF-asemakuvaa hyödyntäen, asettamalla asemakuva tyhjän planaarisin pelikentän päälle tiettyyn tasoon. Esillä oleva asemakuva mahdollisti tontin suurpiirteisten maanmuotojen ja oikeanlaisten tekstuuriin työstämisen pelikenttään, jolloin tontin rajoista ja rakennuksen tulevasta sijainnista, sekä metsä ja tie-alueista saatiin oikeanlainen kuva. Alustavan hahmotelman valmistuttua päärakennuksen valmis OBJ-tietomalli liitettiin Unity-projektiin pelikentän päälle, jonka jälkeen rakennus säädettiin kaikkine elementteineen samaan mittasuhteeseen asemakuvassa olevan rakennuksen kanssa.

Kun rakennuksen ja tontin mittasuhteet oli säädetty toisiaan vastaavaksi, päärakennuksen ylä- ja alakerran lattioiden päälle asetettiin sisustusta varten rakennuksen PDF-pohjakuvat, joiden avulla oikeat kalusteet saatiin oikeille paikoilleen oikeissa mittasuhteissa. Pihan nurmi- ja metsäalueiden mallinnus toteutettiin käyttämällä Unityn omia kasvimalleja, sekä kolmansien osapuolien ilmaisia metsäaiheisia 3D-malleja, kuten puita, puskia, kiviä, ja kantoja.

4.5.2 Suunnittelutyö asiakkaan kanssa



Kuva 6. Tontin tietomalli

Sisustus- ja pihasuunnittelutyö toteutettiin asiakkaan kanssa pääasiassa VR-laseilla, mutta osaksi myös rakennuspiirustuksia apuna käyttäen. Suunnittelutyö aloitettiin asiakkaan

toiveesta pihan tietomalliin kohdistuvilla muutostöillä. Tontin tietomalli oli toteutettu suunnittelutyön alkaessa arkkitehdin alkuperäisten suunnitelmien mukaan, ja asiakas oli melko tyytyväinen kyseisen tietomallin lopputulokseen. Arkkitehdin alkuperäisten suunnitelmien mukaan ylemmän pihaosuuden ja alemman pihan parkkipaikan välille sijoittuva penkere tulisi olla nurmialuetta, mutta asiakas halusi kyseisen penkereen raekooltaan kolmekymmenen ja viidenkymmenen sentin välisistä luonnonkivistä tehtynä tukimuuri kiveyksenä. Alkuperäisten suunnitelmien mukaan tontin ja Humaljoentien rajalle olisi istutettu tuija-aita, mutta asiakas päätti, että kyseistä aitaa ei istuteta, joten sitä ei mallinnettu tietomalliin. Tontin etelän puoleinen raja oli merkitty suunnitelmiin hoidetuksi luonnontilaksi, mutta asiakas halusi rajalle suurista luonnonkivistä tehdyn penkereen, johon tuli noin puolen metrin pudotus tontista pois päin.

Kun tontin muutostyöt oli toteutettu tietomalliin, asiakas aloitti asuinrakennuksen sisustus suunnittelun. Ennen sisustussuunnittelun aloitusta rakennuksen tietomallin sisutus oli toteutettu rakennesuunnittelijan alkuperäisen suunnitelman ja pohjapiirustuksen mukaan, ja asiakas oli tähän ratkaisuun myös melko tyytyväinen. Ainoat muutokset, jotka asiakas halusi tehdä, liittyivät yläkerran väliseiniin ja porraskuilun viereiseen väliseiniin. Tarkasteltiin tietomallia virtuaalitodellisuuden avulla, hän totesi, että porraskuilun alue ei ole hänestä tarpeeksi avoin tila.



Kuva 7. Virtuaalitodellisuuden avulla suunniteltu aukko porraskuilun viereisessä seinässä

Uuden suunnitelman mukaan porraskuilun ja olohuoneen välinen väliseinä leikattaisiin portaiden ja välikaton suuntaisesti poikki niin, että väliseinään tulisi aukko portaiden ja olohuoneen välille. Lisäksi asiakas suunnitteli, että yläkerrassa sijaitsevan idän puoleisen makuuhuoneen, ja yläkerran aulan väliset väliseinät jätettäisiin rakentamatta kokonaan, jotta aulasta saisi myös mahdollisimman avonaisen tilan. Tällöin myöskään yläkertaan suunniteltua vaatehuonetta ei tehty. Päärakennusta koskevat muutokset jätettiin toteuttamatta tietomalliin, koska asiakas ei ollut tietomallin tarkastelu hetkellä täysin varma väliseinää koskevista suunnitelmistaan. Hän päätti suunnittelewansa porraskuilua ja yläkerran väliseiniä koskevat ratkaisut itseksensä sitä mukaa, kun etenisi rakennustöissä. Sen sijaan rakennuksen tietomalliin lisättiin joitain valaisimia, ja seinäpintoja kokeiltiin eri värisinä. Rakennuksen seinäpinnat oli suunniteltu alkuperäisen suunnitelman mukaan pääasiassa valkoiseksi, ja erilaisten kokeilujen jälkeen asiakas päätti, että seinäpintojen väriä ei tarvitse vaihtaa.



Kuva 8. Asiakkaan asuinrakennukseen mallinnettu keittiö suunnittelutyön jälkeen

5 TUTKIMUSAINEISTO

Tutkimusaineisto koostuu opinnäytetyön toiminnallisessa osassa mukana olleen asiakkaan, sekä entuudestaan tuntemattoman, ulkopuolisen rakennusyhtiön haastatteluista. Haastattelut perustuvat käytännön kokemuksiin VR-lasien hyödyntämisestä rakennussuunnittelussa ja asuntojen myyntiesittelyissä. Haastattelujen tavoitteena oli selvittää virtuaalitodellisuuden mahdolliset hyödyt rakennusteollisuudessa.

5.1 Kohdeasiakkaan haastattelu

Opinnäytetyön toiminnallisessa osassa mukana ollut kohdeasiakas on toiminut työnjohtaja ja suunnittelutehtävissä talo- ja maanrakennusalalla noin kymmenen vuoden ajan. Asiakas käytti virtuaalitodellisuuden avulla tarkasteltavaa tietomalliprojektia hyödyksi oman rakennuskohteensa suunnittelutyössä. Haastattelu suoritettiin maaliskuussa 2020 puhelinhaastatteluna, kolme kuukautta sen jälkeen, kun asiakas oli saanut piha- ja sisustus suunnittelutyöt päätökseen virtuaalitodellisuuden avulla. Haastattelu ajoitettiin niin, että piha- ja sisustus suunnitelmat oli toteutettu myös käytännössä, sekä asuntoon oli teetätetty muutotarkastus. Ajoitus tehtiin sen vuoksi, että asiakkaan oli helpompi vertailla virtuaalitodellisuuden, sekä suunnittelutyön jälkeä, kun rakennuskohde oli täysin valmis. Haastattelun tavoite oli selvittää asiakkaan kokemusten perusteella virtuaalitodellisuuden mahdolliset hyödyt sisustus- ja pihasuunnittelun kannalta.

Oliko sinulla aikaisempaa kokemusta virtuaalitodellisuudesta ennen tätä projektia?

”En ollut kokeillut minkäänlaisia VR-laseja ennen kuin tämä projekti aloitettiin.”

Koitto ennen projektin aloittamista, että virtuaalitodellisuudesta voisi olla hyötyä piha- tai sisustus suunnittelussa?

”En kyllä ajatellut, että VR-laseista olisi mitään hyötyä, sitä oli silti vaikea arvioida, kun en ollut koskaan kokeillutkaan VR-laseja. En tiennyt yhtään minkälainen laite se on.”

Oliko virtuaalitodellisuudesta käytännön apua pihasuunnittelussa? Missä asioissa?

”Yllätyin positiivisesti projektin suhteen ja ylipäättään VR-lasien tekniikasta, etenkin siitä kuinka hyvin ja realistisesti laitteella pystyy esittämään kolmiulotteisia elementtejä. Huomasin heti ensikokeilulla, että tästä tulee olemaan jonkunlaista hyötyä ainakin pihan suunnittelussa. Halusin ensisijaisesti nähdä asuntoni valmiina sisältä, koska asunnossani ei ollut vielä syksyllä väliseiniä. Kun aloin tarkastelemaan tietomalleja ja tekemään tarkempia suunnitelmia, huomasin, kuinka paljon helpompaa

suunnittelutyö on virtuaalilasien avulla, kuin paikan päällä roskaisella työmaalla, missä maan pinta ei ole lopullisessa muodossaan. Olin päihkäillyt ennen tätä projektia mielessäni, miten erotan pihan ylemmän ja alemman osan. VR-laseilla kulkiesani tajusin, että kesän jälkeen maatöiden yhteydessä yli jääneistä kivikasoista voisi tehdä kivimuurit parkkipaikan ja rakennuksen väliin, sekä tontin rajalle. Lisäksi päätin, etten istuta arkkitehdin suunnittelemaa tuija-aitaa tien ja tontin rajalle. Virtuaalitodellisuusmallissa ei ollut kyseistä aitaa, ja mielestäni piha näytti fiksummalta ilman sitä.”

Oliko virtuaalitodellisuudesta käytännön apua sisutussuunnittelussa? Missä asioissa?

”VR-laseilla katsottuna sisustus oli minun mielestäni erittäin hyvän näköinen, melkein parempi kuin mikä sisustuksesta loppujen lopuksi oikeasti tuli. Yllätyin myös sisutuksen osalta, kuinka selkeän kuvan virtuaalimaailma antaa rakennuksen eri tiloista. Huomasin että virtuaalimallissa porraskuilu ja yläkerran yläaula ovat melko ahtaan oloisia, muuten olin tyytyväinen sisutukseen. En osannut päättää silloin ensi kokeilulla mitä teen porraskuilun ja yläkerran aulan kanssa, mutta päätin että niistä on saatava jollakin tavalla avonaisemmat. Kun kokeilin VR-projektia toisen kerran, olin hahmotellut mielessäni, että porraskuilun viereiseen väliseinään voisi tehdä jonkinlaisen aukon, jolla portaiden ympäristöä saisi vähän avonaisemmaksi. Virtuaalimallin alkuperäisiin portaisiin olin kuitenkin tyytyväinen. Samalla VR-suunnittelu kerralla päätin, että osa yläkerran väliseinistä jätetään tekemättä, jolloin aulasta tulee isompi ja saan sovittua biljardipöydän sinne.”

Oletko kuullut muiden ammattilaisten kokemuksia virtuaalitodellisuudesta rakennusteollisuudessa?

”Kuulin että työnantajani Sikla Oy kokeili virtuaalilaseja asuntojen myyntien yhteydessä, mutta he käyttivät tekniikkaa lyhyen aikaa, koska siitä ei ollut myynnin kannalta järkeä. Heidän mielestään laitteisto on muutenkin melko vaivalloisen oloinen käyttää, ja kuvan laatu ei ollut mikään paras mahdollinen. Kokeilu taisi olla vuonna 2018.”

Koitko virtuaalitodellisuuden epäkäytännölliseksi joiltain osin pihasuunnittelussa? Miltä osin?

”Mielestäni projektissa käytetyssä VR-laitteessa (Lenovo WMR) oli huono ja epätarkka kuvanlaatu. Virtuaalimaailmassa liikkuminen ohjainten avulla oli kuitenkin yllättävän helppoa, vaikka en ole mikään tietokone-ekspertti.”

Koitko virtuaalitodellisuuden epäkäytännölliseksi joiltain osin sisutussuunnittelussa? Miltä osin?

”En mielestäni. Sisutuksen osalta virtuaalimaailman työn jälki oli tarpeeksi tarkkaa ja rakennuksen eri tiloista sai todella hyvän käsityksen.”

Onko sinulla kehitysehdotuksia, mitä virtuaalitodellisuusprojektissa tulisi tai olisi tullut tehdä toisin piha- tai sisutussuunnittelun osalta?

”VR-lasien kuvan laatua pitäisi saada paremmaksi, sen jälkeen laite on täydellinen suunnittelutyöhön.”

Kumpi olisi mielestäsi parempi vaihtoehto suunnittelutyössä, tietokoneen monitori tai jonkin älylaitteen näyttö – vai VR-lasit? Mitä eroa, miksi?

”Lopputuloksen kannalta VR-lasit olisi paras vaihtoehto, kunhan kuvanlaadun ja resoluution saisi tarkemmaksi. Käyttäisin päivittäisessä työssä mieluummin tietokoneen monitoria kuin projektissa mukana olleita VR-laseja.”

Mihin rakennusteollisuuden osa-alueeseen suosittelisit virtuaalitodellisuutta käytettäväksi?

”Pihojen tekoon ja sisutukseen. Valmiin asunnon esittelyyn laite on erittäin hyvä.”

5.2 Ulkopuolisen rakennustoimijan haastattelu

Asuntoja myyvä (Silver, 2020) on ollut mukana projektissa, jossa kokeiltiin virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä asuntoesittelyjen yhteydessä. Ennalta tuntematon rakennustoimija valittiin haastattelun kohteeksi vuoden 2020 ”Rakenna ja Remontoi”-messuilta tutkimusaineiston monipuolisuuden vuoksi. Haastattelun avulla pyrittiin selvittämään hänen aikaisempiin kokemuksiin perustuvia mielipiteitä virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä rakennusteollisuudessa. (Silver, 2020)

”Kokeilimme virtuaalitodellisuutta vuonna 2017 asuntoesittelyjen yhteydessä erään startup yrityksen toimesta, mutta kokeilusta ei ollut myynnin kannalta mitään hyötyä, joten luovuimme täysimittaisesta kokeilusta melko pian. Palvelun tuottaminen itsessään ei ollut kovinkaan kallista, eli emme jääneet kokeilun vuoksi tappiolle. Myynti ei vain lisääntynyt laitteiston avulla, vaan pysyi samanlaisena kuin aiemminkin, joten päätimme lopettaa sen kokonaisvaltaisen käyttämisen. Meillä käytetään Turussa vielä näitä virtuaalitodellisuusesittelyitä erään ulkopuolisen yrityksen toimesta, sekä meiltä saa erillisenä palveluna muualla Suomessa myytäviin kohteisiin asuntoesittelyjä virtuaalitodellisuuden avulla, mikäli asiakas niin haluaa. Me käytämme myynnin

yhteydessä tällä hetkellä pääasiassa tietokoneen monitoria sekä puhelinsovellusta, jonka avulla asiakas voi liikkua esimerkiksi haluamassaan huoneistossa. Meille tulee jatkuvasti yhteydenottopyyntöjä IT-yrityksiltä, jotka tarjoavat virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä palveluna. En suosittelen virtuaalitodellisuuden käyttöä ainakaan yksittäisten omakotitalojen myynnin yhteydessä. Jos laitetta käytettäisiin useiden, täysin identtisten kerrostaloasuntojen esittelyissä, niin silloin laitteistosta saattaisi ehkä olla jotain hyötyä. Silloinkin asiakkaita täytyisi olla kymmeniä.” (Silver 2020.)

6 AINEISTON ANALYYSI

Tähän lukuun on koottu kaikki opinnäytetyön toiminnallisen osan tulokset, jotka koostuvat toimeksiantajan asiakkaan, sekä ulkopuolisen rakennustoimija (Silver 2020.) haastattelujen analysoinnista. Haastattelujen lisäksi tässä luvussa tutkitaan ja analysoidaan opinnäytetyön toiminnallisen osan tulosten perusteella virtuaalitodellisuuden mahdollista rahallista hyötyä osittain fiktion perustuvan skenaarion avulla. Tutkimuksen haastatteluista sekä rahallisesta hyödystä saadut tiedot tiivistetään yhdeksi kokonaisuudeksi. Tiivistäminen perustuu hyötyjen havaitsemiseen, haastatteluista pyritään löytämään kaikki mahdolliset hyötylajit, joita haastateltavat ovat kokeneet virtuaalitodellisuuden käytön yhteydessä.

6.1 Asiakkaan haastattelujen tulokset

Haastattelussa kävi ilmi, että kohdeasiakkaalla ei ollut minkäänlaista aikaisempaa kokemusta virtuaalitodellisuudesta tai lisätystä todellisuudesta. Hän oli kuullut puhuttavan aiheesta, mutta on käyttänyt päivittäisessä suunnittelutyössään pääasiassa tietokoneen monitoria, ja kokenut sen olevan riittävän hyödyllinen lopputuloksen kannalta. Asiakas osallistui omien sanojensa mukaan projektiin lähinnä mielenkiinnon vuoksi ja kokeilu mielessä, sillä hän ei odottanut, että virtuaalitodellisuudesta tulisi olemaan tosiasiasa konkreettista hyötyä pihai- tai sisustus suunnittelun kannalta. Kun suunnittelutyöt aloitettiin, ensikokeilu virtuaalitodellisuudessa kuitenkin yllätti hänet positiivisesti.

Asiakkaan mukaan suunnitteluprojektin yhteydessä käytetty laitteisto oli helppo omaksua ja oppia, sekä virtuaalitodellisuus hyödytti häntä eniten valmiin lopputuloksen esittelyssä. Valmiin lopputuloksen esittely virtuaalitodellisuuden avulla mahdollisti täysin erilaisen suunnittelutyön, jollaista asiakas ei ollut odottanut. Asiakkaan haastatteluista käy ilmi, että virtuaalitodellisuudesta oli hyötyä viestinnän, suunnittelutyön, materiaalisäästön, ajan säästön, sekä rahallisen säästön kannalta.

Valmiin kolmiulotteisen lopputuloksen esitleminen VR-laseilla auttoi kokonaisuuden hahmottamisessa ja suunnittelemisessa, sekä asiakkaan pihasuunnitelmasta otetut valokuvat helpottivat maarakoitsijan ja asiakkaan välistä viestintää. Asiakas koki, että virtuaalitodellisuudesta oli hyötyä pihalla olleiden ylimääräisten kiviainesten uudelleen käytön, sekä sisustus suunnittelun yhteydessä tehtyjen väliseinäratkaisujen kannalta. Kiviainesten uudelleen käytön ansiosta asiakas säästi materiaaleissa, sekä hänen suunnittelemansa väliseinäratkaisut vähensivät huomattavasti rahallisia kustannuksia. Materiaalien uudelleen käytön ja rahallisen säästön myötä virtuaalitodellisuuden ansiosta asiakkaalta säästy myös aikaa, koska suunniteltujen sisustus- ja pihatöiden teettäminen jälkepäin olisi pitkittänyt rakennusprojektia.

Hänestä projektissa käytössä ollut laitteisto ei antanut kuitenkaan parasta mahdollista kuvaa kohteesta huonon resoluution vuoksi. Asiakas oli sitä mieltä, että nykyiset virtuaaliodellisuuslaitteet eivät ole ensisijaisesti suunnittelutyöhön sopivia laitteita, vaan sopivat paremmin valmiin lopputuloksen ennakkoesittelyyn.

6.2 Ulkopuolisen rakennustoimijan haastattelujen tulokset

Luvussa 5.2, ulkopuolisen yrityksen haastatteluista kävi ilmi, etteivät he kokeneet, että laitteiston käyttämisestä olisi ollut heille hyötyä. Yritys kokeili virtuaaliodellisuusratkaisua asuntojen myyntityössä vuonna 2017, mutta he luopuivat melko pian laitteiston täysimittaisesta käyttämisestä asuntoesittelyissä, yrityksen mukaan kokeilemisella oli ainoastaan työllistävä vaikutus. Virtuaaliodellisuus ei edistänyt myyntitapahtumia millään tavalla, mutta vaikka kokeilu ei ollut yritykselle tuottava, ei siitä koitunut myöskään tappiota. Vaikka kokeilu ei ollut tuottava, (Silver 2020.) mukaan, he käyttävät VR-ratkaisuja silti vielä Turussa sijaitsevien kohteiden esittelyissä, sekä heiltä saa erillisenä palveluna älypuheliin tehtyjä AR-ratkaisuja, joilla voi tarkastella myytäviä kohteita. Yrityksen mukaan virtuaaliodellisuuden käyttämisestä myyntiesittelyissä saattaisi olla jonkinlaista hyötyä, jos myytävä kohde olisi kerrostalo, mutta silloinkaan hyöty ei ole varmaa. Tällöinkin virtuaaliodellisuuden käyttäjiä tulisi olla myyntitapahtumien yhteydessä kymmeniä, ja kaikkien esiteltävien huoneistojen tulisi olla samanlaisia.

6.3 Tulokset tietomallien mallintamiseen käytetystä ajasta

Mallintamisprosessi alkoi syyskuussa 2019, ja kesti noin neljä kuukautta. Prosessi alkoi arkkitehdin mukaisten tietomallien mallintamisesta, ja päättyi suunnittelutyön seurauksena tehtäviin pieniin tietomallien muutoksiin. Tietomallien toteuttamiseen, sekä niiden suunnitteluun ja muutostöihin käytettyä aikaa laskettiin vapaamuotoisella tuntikirjanpidolla. Ajan laskemisen apuna käytettiin myös ManicTime-ajanlaskenta ohjelmaa, jolla työssä käytettyjen ohjelmien ajan käyttö saatiin eriteltä.

Asuinrakennuksen tietomallin toteuttamisessa käytettiin 3DS-Max mallinnusohjelmaa, ja sisutus- sekä viimeistelytyöt tehtiin Unity-pelimootorilla. Rakennuksen mallintamiseen kului aikaa noin kaksikymmentäviisi tuntia. Asuinrakennuksen sisustamiseen kului aikaa noin viisi tuntia, sekä suunnittelutyön seurauksena sisutuksen pieniin muutostöihin noin kolme tuntia. Päärakennuksen mallinnustyöt kestivät kokonaisuudessaan noin kolmekymmentäkolme tuntia, sisältäen asiakkaan suunnittelutyöstä aiheutuneet muutokset.

Kohteen tontti ja sen muodot mallinnettiin kokonaisuudessaan Unity-pelimoottorilla asemapiirustusta apuna käyttäen. Arkkitehdin suunnitelmien mukaisen pihan mallintamiseen kului aikaa noin kymmenen tuntia, sekä suunnittelutyöstä seuranneihin muutostöihin noin kuusi tuntia. Pihan mallintaminen muutoksineen vei aikaa noin kuusitoista tuntia. Kaiken kaikkiaan koko projektin mallintamiseen, ja suunnittelutyöhön asiakkaan kanssa kului aikaa noin viisikymmentäviisi tuntia.

6.4 Virtuaalitodellisuuden ja tietomallien hyötysuhde, sekä kustannukset

Virtuaalitodellisuuden ja tietomallien hyötysuhdetta piha- ja sisutussuunnittelussa on vaikeaa tutkia tarkasti tämän opinnäytetyön toiminnallisen osan perusteella, koska tulokset perustuvat melko pitkälti todennäköisyyksiin. Tietomallien ja virtuaalitodellisuuden hyötyä pyrittiin tutkimaan osittain fiktiivisellä skenaariolla, jossa asiakas olisi suunnitellut pihan ja sisustuksen ilman tietomalleja ja virtuaalitodellisuutta. Tällöin tietyt piha- ja sisustussuunnittelun elementit olisivat saattaneet jäädä toteuttamatta, koska asiakas ei olisi nähnyt ennakoon pihaa ja asuinrakennusta valmiina kokonaisuutena. Ilman tietomalleja hän olisi joutunut suunnittelemaan pihan ja asuinrakennuksen sisutuksen omassa mielessään pelkkien suunnitelmien ja piirustusten avulla sitä mukaa, kun rakennustyöt etenivät. Mikäli asiakas olisi halunnut teetättää virtuaalitodellisuuden avulla toteutuneen suunnittelutyön tuloksena syntyneet muutokset jälkikäteen, olisi niiden toteuttaminen ollut varmasti kalliimpaa. Osittain fiktion perustuvalla skenaariolla tarkoitetaan, että mikäli asiakas ei olisi käyttänyt virtuaalitodellisuutta suunnittelutyössään, hän ei olisi todennäköisesti teetättänyt suunnittelemaansa ratkaisuja jälkikäteen suurten kustannusten vuoksi, vaan tilalle olisi keksitty muiden töiden ohessa jokin halvempi, kyseiseen tilanteeseen sopiva sisustus- tai piharatkaisu. Tässä skenaariossa rahallista hyötyä tutkitaan kuitenkin sillä oletuksella, että asiakas olisi teetättänyt suunnitelmansa jälkeenpäin samoilla kustannuksilla, kuin ne todellisuudessa tehtiin.

Virtuaalitodellisuusprojektiin käytetyn ajan hyötysuhde suunnittelutyössä pyrittiin mittaamaan käyttämällä mittareina mallintamiseen käytettyä aikaa, sekä CAD-suunnittelijoiden ja graafisten suunnittelijoiden keskimääräistä palkkaa. Suunnittelutyöhön kohdistuvat, mahdolliset konkreettiset hyödyt pyrittiin selvittämään kohdeasiakkaan haastattelun perusteella. Lisäksi tietomallien ja virtuaalitodellisuuden yhdistämisestä saatu hyöty mitattiin lasquemalla virtuaalitodellisuudella suunniteltujen työvaiheiden toteuttamiseen tarvittavat rahalliset kulut silloin, jos asiakas teetättäisi kyseiset työvaiheet jälkikäteen, kun piha ja asuinrakennus olisivat täysin valmiina. Mahdollinen rahallinen hyöty muodostui vähentämällä mahdollisten jälkikäteen teetettävien töiden todennäköinen rahallinen häviö

virtuaaliodellisuusprojektin toteuttamiseen kohdistuneista kokonaiskuluista. Kaikki kyseisessä tutkimuksessa vertailun kohteena olleet rahamäärät laskettiin verottomina.

Projektin mallintamiseen ja suunnittelutyön toteuttamiseen kului aikaa kaiken kaikkiaan noin viisikymmentäviisi tuntia, joka tarkoittaa karkeasti arvioituna noin seitsemää kokonaista kahdeksan tunnin työpäivää. Lähteinä käytettyjen, suomalaisten palkkavertailustavustojen, ja tilastokeskuksen tekemien tutkimusten mukaan CAD-suunnittelijat ja graafiset suunnittelijat tienasivat Suomessa vuosina 2018 ja 2020 keskimäärin noin kolmetuhatta euroa kuukaudessa. Kun suomalaisen CAD-suunnittelijan tai graafisen suunnittelijan keskimääräinen päiväpalkka olisi noin sataviisikymmentä euroa, projektin mallintamiseen ja suunnitteluun käytetystä seitsemästä päivästä kertyisi bruttokuluja kaiken kaikkiaan noin tuhat euroa. (Oikotie 2020.) (Palkkavertailu 2020.) (Kuntatyönantajat 2018.)

6.4.1 Mallintamiseen käytetyn ajan hyötysuhde pihasuunnittelussa

Kohdeasiakkaan haastattelujen perusteella virtuaaliodellisuudesta oli hyötyä pihasuunnittelussa etenkin kivimuurien suunnittelussa. Asiakkaan piha- ja kaivuutyöt hoitanut maanrakennusliike Kaivuu Pakanen Oy ilmoitti, että kivimuurien tekemiseen kaivinkoneella kului aikaa noin kaksikymmentäviisi tuntia, ja muihin pihatöihin noin kymmenen tuntia. Kaivuu Pakanen Oy:n kaivinkoneen veroton tunti-laskutus kuljettajineen on kahdeksankymmentäviisi euroa tunnilta, jonka lisäksi edestakainen työkoneiden siirto työkohteeseen ja työkohteesta pois kustansi verottomana kuusisataa euroa. Kivimuurin tekeminen kustansi Kaivuu Pakanen Oy:n mukaan muiden pihatöiden yhteydessä tehtynä noin kaksituhattasata euroa, ja kaiken kaikkiaan pihatöistä kertyi kertatyönä verottomia kustannuksia noin kolmetuhattakuusisataa euroa työkonekuljetuksineen.

Taulukko 2. Kuvitteellisen ja käytännössä toteutuneen skenaarion hintaerittelyt pihatöiden osalta



Kun kivimuurit tehtiin muiden pihatöiden yhteydessä, ei kivimateriaaleja tarvinnut tuoda muualta, vaan urakoitsija pystyi käyttämään aikaisempien maatöiden yhteydessä ylimääräiseksi jääneitä luonnonkiviä. Mikäli asiakas ei olisi teetättänyt kivimureja muiden pihatöiden yhteydessä, vaan olisi tilannut yrityksen tekemään ne jälkeempään, olisi hinta ollut luonnollisesti suurempi. Tällöin kivimateriaalit olisi jouduttu tuoda muualta, ja tämän lisäksi lisäkustannuksia olisi koitunut maa-aineksen poistamisesta, pois viemisestä, ja työkoneiden siirrosta. Nurmi- ja parkkialue olisi jouduttu tekemään urakoitsijan mukaan todennäköisesti samassa yhteydessä pintapuolisesti osittain uusiksi, koska alkuperäisiin pintoihin olisi kohdistunut kosmeettista haittaa työkoneen telojen, kaivuutöiden ja maansiirron vuoksi. Jälkikäteen tehtynä pelkkien kivimuurien kustannukset olisivat olleet kaivuutöiden, sekä kone- ja materiaalsiirtoineen urakoitsijan laskelmien mukaan noin kolmetuhatta viisisataa euroa. Tuloksien perusteella voidaan siis sanoa, että kivimuurien ja pihatöiden teetättäminen samaan aikaan säästi todennäköisesti pihasuunnittelun ansiosta asiakkaalta noin tuhat viisisataa euroa. (Kaivuu Pakanen Oy 2020.)

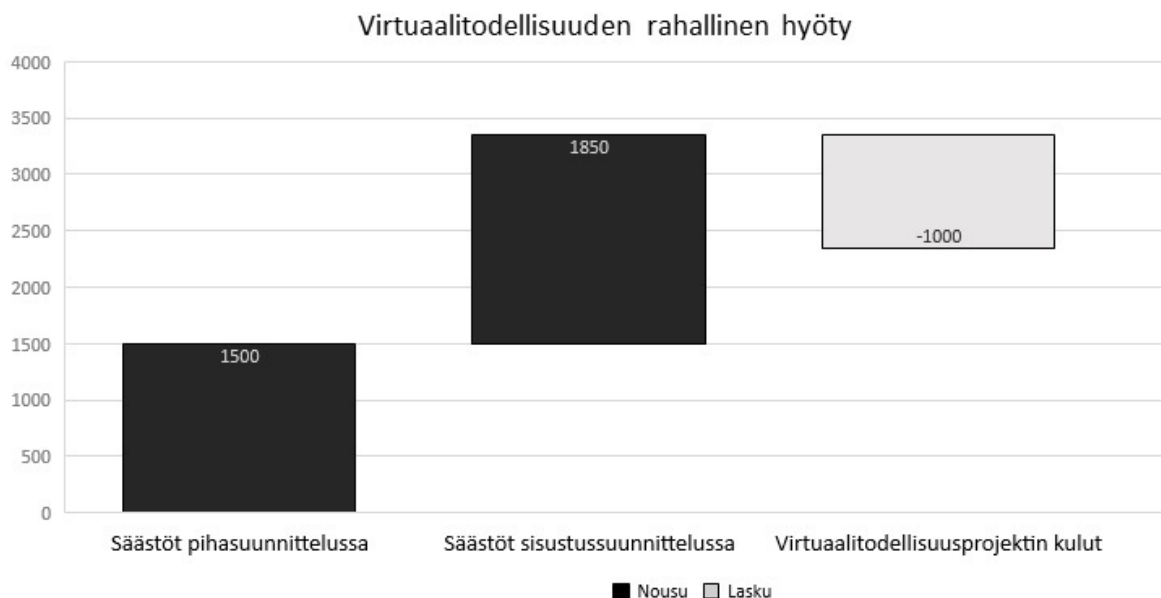
6.4.2 Mallintamiseen käytetyn ajan hyötysuhde sisutussuunnittelussa

Virtuaalitodellisuus helpotti asiakkaan haastattelujen perusteella häntä hahmottamaan asuinrakennuksen porraskuilun ja yläkerran aulan olemusta, jotka vaativat hänestä avoimempia ratkaisuja. Asiakas oli sitä mieltä, että ilman virtuaalitodellisuusprojektia kyseiset

muutokset olisivat jääneet toteuttamatta. Muutokset olivat asiakkaan mukaan hyödyllisiä myös rahallisesti, sillä yläkerran väliseinien jäädessä pois, hän säästi seinämateriaaleissa satoja euroja. Mikäli asiakas olisi teettänyt porraskuilun väliseinään aukon, sekä poistat-
 tanut yläkerran seinät jälkeinpäin, olisi hintaa kertynyt remonttiurakoitsijan tuntitöistä, pu-
 rettavien seinien materiaalihukasta, uusista korjausmateriaaleista, ja kaatopaikkakustan-
 nuksista. Asuinrakennuksen sisustustöistä vastanneen Tmi Ahti Korkala:n mukaan jäl-
 keinpäin tehtynä väliseinien purkamisesta, ja porraskuilun aukosta olisi koitunut huomata-
 tavia lisäkustannuksia. Työt olisivat vieneet aikaa yhdeltä remontoijalta vähintään neljä-
 kymmentä tuntia, ja kyseisen urakoitsijan veroton tuntilaskutus on neljäkymmentä euroa
 tunnilta, joten työtunneista olisi kertynyt kustannuksia noin tuhat kuusisataa euroa. Tämän
 lisäksi korjausmateriaalit, kuten seinätasoitteet, maalit ja lattialaminaatit, sekä kaatopaik-
 kakustannukset kuljetuksineen olisivat kustantaneet verottomana vähintään noin kaksisa-
 taaviisikymmentä euroa. Jälkeinpäin tehtynä yläkerran ja porraskuilun väliseinien remon-
 tointi olisi maksanut urakoitsijan arvion mukaan verottomana ainakin noin tuhat kahdek-
 sansataaviisikymmentä euroa. (Tmi Ahti Korkala 2020.)

6.4.3 Tulokset virtuaalitodellisuuden rahallisesta hyödystä sisutus- ja pihasuunnit- telussa

Taulukko 3. Virtuaalitodellisuuden rahallinen hyöty



Virtuaalitodellisuudesta on hyötyä sisustus- ja pihasuunnittelussa, mutta onko tekniikasta saatava rahallinen hyöty kannattava ja kilpailukykyinen? Virtuaalitodellisuuden rahallinen hyötysuhde voi vaihdella rakennuskohteen ja asiakkaan mukaan hyvin paljon, koska yksikään rakennusprojekti ei ole koskaan samanlainen, kun otetaan huomioon, että eri

asiakkailta voi olla eri mieltymykset. Tämän opinnäytetyön toiminnallisen osan tehtävänä oli tutkia asiaa käytännössä. Pihasuunnittelun ja sisutussuunnittelun osalta tehdyissä skenaarioissa virtuaalitodellisuuden mahdollinen rahallinen hyöty oli kokonaisuudessaan karkeasti arvioituna kolmetuhatta kolmesataa viisikymmentä euroa. Kun summasta vähennettäisiin virtuaalitodellisuusprojektin toteuttamiseen kuluneet tuhat euroa, jäisi virtuaalitodellisuudesta mahdollista rahallista hyötyä kaksituhatta kolmesataa viisikymmentä euroa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Johtopäätökset perustuvat luvussa 4.2 käsiteltävän tutkimushypoteesin, sekä luvussa 6. analysoitujen haastattelujen, ja rahalliseen hyötyyn perustuvan skenaarion keskinäiseen vertailuun. Luvussa vertaillaan opinnäytetyön toiminnallisessa osassa ilmenneitä hyötyjä aikaisemmissa tutkimuksissa, sekä ulkopuolisen rakennustoimijan haastatteluissa mahdollisesti havaittuihin hyötyihin. Tutkimustulosten analysoinnin avaamisen lisäksi tämän luvun lopussa käydään läpi omia näkemyksiä tutkimuksesta.

7.1 Mitä hyötyä virtuaalitodellisuudesta on piha- ja sisustussuunnittelussa?

Tämä luku perustuu luvussa 4.2 käsiteltävän tutkimushypoteesin vertailuun. Luvussa vertaillaan opinnäytetyön toiminnallisessa osassa ilmenneitä hyötyjä aikaisemmissa tutkimuksissa, sekä ulkopuolisen rakennustoimijan haastatteluissa ilmenneisiin hyötyihin.

Virtuaalitodellisuudesta oli aikaisempien tutkimusten tulosten mukaan hyötyä kustannusten minimoinnin, viestinnän tehostuksen, suunnitteluvaihtoehtojen tutkimisen, kommunikoinnin suunnittelun, lopputuloksen realistisen visualisoinnin, riskien minimoinnin, virheiden ja päällekkäisyyksien, työmaaturvallisuuden varmistuksen, sekä ajan säästön kannalta.

Suomalainen rakennustoimija (Silver 2020.) oli mukana projektissa, jossa kokeiltiin virtuaalitodellisuutta asuntoesittelyissä vuonna 2017 edistääkseen asuntojen myyntiä, mutta tutkimuksen tuloksien perusteella kävi ilmi, etteivät he kokeneet, että laitteistosta olisi ollut minkäänlaista konkreettista hyötyä myynnin kannalta vuoden kokeilun aikana. (Silver 2020.) mukaan he käyttävät kuitenkin virtuaalitodellisuutta lisäpalveluna vielä joidenkin kohteiden myyntien yhteydessä, sekä heillä on käytössä älylaitteilla, kuten puhelimella käytettävä ”Augmented Reality”-ratkaisu, joilla he myyvät asuntoja. Haastattelun rakennustoimijan virtuaalitodellisuus kokeilu on osunut juuri siihen ajankohtaan, kun ensimmäiset yksityisille ihmisille, kuten videopelaajille kohdistetut virtuaalitodellisuuslasit tulivat markkinoille. Kyseisten laitteiden käytettävyys, kuvanlaatu ja resoluutio on paljon nykyisiä laitteita huonolaatuisempi, joten on mahdollista, että haastateltavan kanta virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä olisi erilainen, mikäli kokeilu tehtäisiin nykylaitteilla.

Opinnäytetyön toiminnallista osaa varten tehdyssä skenaariossa kävi ilmi, että vaikka suunnittelutyötä varten kehitellyn virtuaalitodellisuusprojektin toteuttamiseen kului aikaa kymmeniä tunteja, oli kolmiulotteisten tietomallien tarkastelusta runsaasti hyötyä. Asiakkaan haastattelujen tuloksista käy ilmi, että virtuaalitodellisuudesta oli konkreettista hyötyä asiakkaan näkökulmasta realistisen lopputuloksen visualisoinnissa, riskien minimoinnissa,

virheiden ja päällekkäisyyksien havainnoinnissa, viestinnässä, suunnitteluvaihtoehtojen tutkimisessa, sekä säästöjen kannalta materiaalien-, ajan-, sekä kustannusten säästämisessä.

Asiakkaan suunnittelutyön yhteydessä havaittiin haastattelujen tulosten perusteella lähes kaikki samat hyötylajit, jotka kävivät ilmi aikaisemmista tutkimuksista, lukuun ottamatta kommunikoinnin suunnittelua ja työmaaturvallisuuden varmistusta. Sisustus- ja pihasuunnittelun yhteydessä ei havaittu minkäänlaisia uusia hyötylajeja, ja aikaisempien tutkimusten, sekä toiminnallisen osan yhteydessä tehtyjen haastattelujen tulosten perusteella virtuaalitodellisuuden merkittävimpänä hyötynä rakennusteollisuuden kannalta pidettiin lopputuloksen realistista visualisointia.

Luvussa 6.4 käsitelty virtuaalitodellisuuden rahallisen hyödyn selvittämiseen perustuva, osittain fiktiivinen skenaario osoittaa, että virtuaalitodellisuudesta oli hyötyä työn toiminnallisessa osassa kustannusten minimoinnin ja materiaalisäästön kannalta. Tietomallien mallintamiseen ja suunnittelutyöhön käytettyyn aikaan perustuvien empiiristen mittarien mukaan asiakas säästi skenaarion yhteydessä kustannuksissa virtuaalitodellisuuden avulla sisustus- ja pihasuunnittelutöiden yhteydessä kaksituhatta kolmesataa euroa, koska hän teetätti suunnittelemansa sisustus- ja pihatyöt samassa yhteydessä muiden töiden kanssa. Kustannussäästöistä on vähennetty virtuaalitodellisuuden toteuttamiseen kohdistuneet kustannukset, jotka olivat kokonaisuudessaan tuhat euroa. Sisustussuunnittelu käsitti yläkerran avaramman aulan, mistä poistettiin uusien suunnitelmien osa arkkitehdin suunnittelemissa väliseinistä, sekä porraskuilun ja olohuoneen väliseinän, johon jätettiin aukko, jotta porraskuilusta saatiin avarampi. Pihasuunnittelu sisälsi arkkitehdin suunnitteleman tuija-aidan poiston pihan rajalta, sekä kaksi kivimuuria maatoista ylijääneillä kiviaineksilla. Asiakas säästi kustannuksissa tuhansia euroja, koska suunnittelutyöt tehtiin ennen sisustus- ja pihatöiden toteutusvaihetta, sekä suunnitellut yksityiskohdat teetätettiin samassa yhteydessä muiden töiden kanssa.

7.2 Oma näkemys tuloksista

Koska projektin toiminnallisen osan tulokset ja johtopäätökset perustuvat pääasiassa ai-noastaan yhteen tutkittuun rakennusprojektiin sekä yhteensä kahden eri henkilön käytännön kokemuksiin, ei ole täysin varmaa minkälaisia tulokset olisivat, jos rakennustyömaa olisi erilainen, tai virtuaalitodellisuuden käytännön kokemusta omaavia henkilöitä olisi enemmän. Lisäksi tutkimuksen, osittain fiktion perustuva skenaario virtuaalitodellisuuden rahallisesta hyödystä ei anna realistista kuvaa kyseisen osan tuloksista. Haastattelujen perusteella laitteiston on koettu olevan käytettävyydeltään kömpelö, sekä kuvanlaatu ei ole ollut tarpeeksi tyydyttävä. Opinnäytetyön toiminnallisessa osassa toteutettu asiakkaan

omakotitalon ja tontin tietomalli ei myöskään ole rahallisesti tarpeeksi kannattavaa, koska mallintamisen kustannukset voivat olla monelle yksityiselle kuluttajalle liian suuret. Virtuaalituodellisuuden ja tietomallintamisen hyödyntämistä tulisi kokeilla suurempien ja raskaampien rakennusprojektien, kuten julkiselle sektorille tai teollisuusyrityksille rakennettavien rakennusten yhteydessä. Tällöin hyötyä voitaisiin kohdistaa työn laajuuden vuoksi mahdollisesti loppuasiakkaan lisäksi useammille toimijoille, kuten esimerkiksi rakennuttajille, suunnittelijoille, sekä LVI- ja sähkötoimijoille.

8 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin virtuaalitodellisuuden hyötyjä sisustus- ja pihasuunnittelun kannalta. Tutkimus oli laadullinen, ja aineisto koostui aikaisemmista tutkimuksista, toiminnallisesta osasta, sekä ulkopuolisen rakennustoimijan haastattelusta. Aikaisemmissa tutkimuksissa, sekä ulkopuolisen rakennustoimijan haastattelussa perehdyttiin virtuaalitodellisuuden hyödyntämiseen rakennusteollisuudessa, ja tutkimusten tuloksista muotoutui opinnäytetyön hypoteesi; hyöty, jonka eri lajeja vertailtiin toiminnallisen osan tuloksiin. Työn toiminnallisena osana toimeksiantajan asiakkaalle mallinnettiin virtuaalitodellisuuden avulla tarkasteltava, kolmiulotteinen tietomalli hänen keskeneräisestä omakotitalostaan sekä tontista. Työn toiminnallisen osan tärkeimmät tulokset pyrittiin tiivistämään, ja toiminnallisen osan työvaiheiden toteuttamiseen käytettyä aikaa empiirisenä mittarina. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää virtuaalitodellisuuden mahdolliset hyödyt sisustus- ja pihasuunnittelun näkökulmasta, sekä helpottaa asiakkaan suunnittelutyötä sisustus- ja pihatöiden näkökulmasta.

Asiakkaan suunnittelutyön yhteydessä löytämien hyötyjen, kuten ajan- ja materiaalisäästön perusteella toiminnalliseen osaan toteutettiin suunnittelutyön tulosten perusteella osittain fiktiivinen skenaario, jonka avulla tutkittiin, onko kolmiulotteisten mallien ja VR-projektin tekemiseen käytetty aika sen arvoista, että siitä saatava hyöty rakennuksen ja tontin eri vaiheiden suunnittelussa ja katselmoinnissa olisi tarpeellista. Työn tutkimusaineisto koostui asiakkaan, sekä eri rakennustoimijoiden kokemuksista virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä rakennusteollisuudessa. Opinnäytetyön tutkimusprosessi perustui kohdeasiakkaan, aikaisempien tutkimusten tulosten, sekä muiden rakennustoimijoiden kokemien hyötyjen keskinäiseen vertailuun, sekä mahdollisten uusien hyötyjen havainnointiin työn toiminnallisessa osassa. Virtuaalitodellisuudesta oli kohdeasiakkaalle tehtyjen haastattelujen perusteella merkittävää hyötyä, mutta hänen mukaansa tutkimuksessa mukana olleen laitteiston tulisi olla kuvanlaadultaan kehittyneempi ja laadukkaampi. Ulkopuolisen rakennustoimijan (Silver 2020.) haastattelujen tuloksista käy ilmi, että virtuaalitodellisuudesta ei ollut heille minkäänlaista hyötyä asuntojen myynnin yhteydessä. Haastatteluista ei kuitenkaan ilmennyt perusteellisempia syitä sille, miksi laitteisto oli hyödytön. Opinnäytetyön toiminnallisen osan yhteyteen kehitetty, rahallista hyötyä tutkiva, osittain fiktiivinen skenaario osoitti, että virtuaalitodellisuudesta oli kyseisen tutkimuksen yhteydessä rahallista hyötyä. Tulos ei kuitenkaan ole tarpeeksi realistinen, joten virtuaalitodellisuuden rahallisesta hyödyistä ei saa suoraa realistista vastausta.

Työn toiminnallisen osan tulos on projektikohtainen ja suuntaa antava, koska toiminnallisessa osassa oli niin monia muuttujia, jotka vaikuttivat lopullisiin tuloksiin ja

johtopäätöksiin. Jotta tekniikasta saataisiin kaikki hyöty irti rakennusteollisuuden näkökulmasta, tulisi virtuaalitodellisuuden ja tietomallintamisen käyttö kohdistaa niin, että mahdollisimman moni toimija saisi siitä hyötyä itselleen. Tällöin virtuaalitodellisuuden ja tietomallintamisen toteuttamiseen käytetyt kustannukset jakaantuisivat useampaan osaan.

Virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä piha- ja sisustussuunnittelussa tulisi tutkia jatkossa samanlaisella käytäntöön perustuvalla tutkimuksella, jossa olisi mukana eri alojen toimijoita kertomassa oman näkemyksensä hyödyistä. Jotta tutkimuksen tulokset olisivat mahdollisimman monipuoliset ja realistiset, olisi tutkimuksessa hyvä olla mahdollisimman monia eri alojen edustajia, jotka käyttäisivät virtuaalitodellisuutta hyödykseen omassa työssään. Tutkimukseen voisi toteuttaa samantapaisen käytännön rakentamiseen perustuvan tietomalliprojektin, mutta tietomallit tulisi toteuttaa rakennustietomalleja varten tarkoitetuilla ohjelmilla, kuten arkkitehtien ja suunnittelijoiden käytössä olevalla Autodesk Revit-ohjelmalla. Tämän opinnäytetyön tietomallit toteutettiin 3DS Max-ohjelmalla, jota ei ole suunniteltu rakennustietomallien tuottamiseen, vaan muun muassa tietokonepelien kolmiulotteisten elementtien mallinnukseen. Koska tietomallit toteutettiin yleiseen 3D-mallintamiseen tarkoitettulla ohjelmalla, oli mallinnustyö huomattavasti hitaampaa. Rakennusten tietomalleja varten suunnitellulla ohjelmalla tietomallien toteuttamisessa säästettäisiin todennäköisesti huomattava määrä aikaa, ja tietomallien laatu olisi vähintään yhtä hyvä kuin tässä projektissa. Mallinnusohjelmistojen optimoinnin lisäksi virtuaalitodellisuuslaitteiston olisi hyvä olla tässä tutkimuksessa käytettyä laitetta uudempi ja laadukkaampi, etenkin kuvanlaadun suhteen.

Vaikka tutkimuksen toiminnallisessa osassa on realistisuuden suhteen joitain aukkoja, ja tutkittavat yksityiskohdat perustuvat osittain fiktion, saa tuloksista silti selvän käsityksen, että virtuaalitodellisuudesta on käytännön hyötyä rakennusteollisuudessa. Aikaisemmat tutkimukset, ja rakennusyritysten kokeilut, sekä heidän edelleen käynnissä olevat käytännön virtuaalitodellisuusprojektit todistavat, että virtuaalitodellisuudessa on potentiaalia tulevaisuuden rakennusteollisuudessa. Jotta vanhan liiton rakennustyöläiset ja suunnittelijat saadaan vakuutettua laitteiston hyödyllisyydestä heidän työssään, tulisi seuraavissa projekteissa käyttää uudempia ja laadukkaampia VR-laitteita.

LÄHTEET

ELEKTRONISET LÄHTEET

Autodesk. 2020a. [viitattu 24.2.2020]. Benefits of bim. Saatavissa: <https://www.autodesk.com/solutions/bim/benefits-of-bim>

Autodesk. 2020b. [viitattu 25.2.2020]. Features. Saatavissa: <https://www.autodesk.fi/products/3ds-max/features>

Bruno, A. Guitton, P. Moreau, G. 2018. Virtual Reality and Augmented Reality. Lahden Ammattikorkeakoulu. e-kirja. 31-36. John Wiley & Sons, Incorporated. 3/2018. e-Aineistot.

Carbotte, K. Tom's hardware. Lenovo Explorer Windows Mixed Reality Headset Review: A Low-Cost VR On-Ramp. [viitattu 11.4.2018]. Saatavissa: <https://www.tomshardware.com/reviews/lenovo-explorer-windows-mixed-reality-vr.5468.html>

Demos Helsinki. 2019. Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus – uusia tapoja vastata yhteiskunnallisiin haasteisiin? [viitattu 11.12.2019]. Saatavissa: <https://www.demoshelsinki.fi/2018/09/24/virtuaalitodellisuus-ja-lisatty-todellisuus-uusia-tapoja-vastata-yhteiskunnallisiin-haasteisiin/>

Elisa. 2019. Elisa ja Varjo toteuttivat ensimmäisen silmän tarkkuutta vastaavan VR-lähetksen 5G:llä. [viitattu 27.12.2019]. Saatavissa: <https://corporate.elisa.fi/uutishuone/tiedotteet/uutinen/elisa-ja-varjo-toteuttivat-ensimm%C3%A4isen-silm%C3%A4n-tarkkuutta-vastaavan-vr-l%C3%A4hetksen-5g:ll%C3%A4/70502314006264>

Ficom. 2020. Lisätty todellisuus ja virtuaalitodellisuus. [viitattu 2.3.2020]. Saatavissa: <https://www.ficom.fi/ict-ala/tilastot/lis%C3%A4tty-todellisuus-ja-virtuaali-todellisuus>

Friman, J. 2017. Savukkeiden verotus ja hinnanjousta Suomessa. Vaasan Yliopisto. Opin näytetyö. 50-51. [viitattu 25.3.2020]. Saatavissa: <https://osuva.uwasa.fi/handle/10024/6416>

Goldman, J. 2018. Windows Mixed Reality headsets are here and they're affordable [viitattu 20.2.2020]. Saatavissa: <https://www.cnet.com/news/windows-mixed-reality-headsets-coming-this-fall-acer-lenovo-dell-hp-asus/>

Haas, J. 2014. A History of the Unity Game Engine. e-kirja. 4. [viitattu 20.2.2020]. Saatavissa: https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-030614-143124/unrestricted/Haas_IQP_Final.pdf

- IKEA. 2020. UX Connections. IKEA to launch augmented reality app so customers can test furniture at home. [viitattu 26. 3 2020]. Saatavissa: <https://www.uxconnections.com/wp-content/uploads/IKEA-to-launch-augmented-reality-app-so-customers-can-test-furniture-at-home-1-889x500.jpg>
- Jensen, P. S. 2018. Mikrobitti. Mitä on lisätty todellisuus? [viitattu 20.2.2020] Saatavissa: <https://kotimikro.fi/yhteiskunta/uusi-teknikka/mita-on-lisatty-todellisuus>
- Kuntatyönantajat. 2018. KT. Palkkatilastot. [viitattu 20.2.2020]. Saatavissa Kuntatyönantajien Intranetissa: <https://www.kt.fi/tilastot-ja-julkaisut/palkkatilastot>
- Lehikoinen, M. 2019. Noudettu osoitteesta Mitä ottaa huomioon pihasuunnittelussa? Lily. Blogi. [viitattu 20.11.2019]. Saatavissa: <https://www.lily.fi/blogit/villa-lehikko-20/mita-ottaa-huomioon-pihasuunnittelussa/>
- Lehtonen, M. 2015. Megasuositettu Unity-pelimoottori muuttui ilmaisemmaksi — ja versio 5 julkaistiin. Muropaketti. [viitattu 15.11.2020]. Saatavissa: <https://muropaketti.com/pelit/peliuutiset/megasuosittu-unity-pelimoottori-muuttui-ilmaisemmaksi-ja-versio-5-julkaistiin/>
- Lenovo. 2020. [viitattu 26.2.2020] Saatavissa: <https://www.lenovo.com/fi/fi/smart-devices/virtual-reality/lenovo-explorer/Lenovo-Explorer/p/G10NREAG0A2>
- Mainio, V. 2020. Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen rakennusteollisuudessa. Jyväskylän Yliopisto. Kandidaatin tutkielma. [viitattu 15.11.2020] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:juu-202002062011>
- Marr, B. 2020. Bernard Marr & Co. [viitattu 26.3.2020]. Saatavissa: <https://bernardmarr.com/img/5%20Important%20Augmented%20And%20Virtual%20Reality%20Trends%20For%202019%20Everyone%20Should%20Read.png>
- NBS. 2016. What is Building Information Modelling (BIM)?. NBS. [viitattu 30.3.2020] Saatavissa: <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim>
- Oikotie. 2020. Palkkavertailu. [viitattu 30.3.2020]. Saatavissa: <https://tyopaikat.oikotie.fi/palkkavertailu/CAD-SUUNNITTELIJA>
- Palkkavertailu. 2020. 3d-mallintajan palkka. [viitattu 30.3.2020]. Saatavissa: <https://palkkavertailu.com/palkka/3d-mallintaja>
- Petrell, H. 2017. Unity-pelimoottori ja peliprojekti. Haaga-Helia. Opinnäytetyö. [viitattu 10.11.2019]. Saatavissa: <https://docplayer.fi/67749596-Unity-pelimoottori-ja-peliprojekti-heikki-petrell.html>

Suhonen, M. 2010. Lisätyn todellisuuden käyttö rakentamisessa. Kymenlaakson Ammatti-
korkeakoulu. Opinnäytetyö. [viitattu 29.10.2019]. Saatavissa:

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010101213624>

Tapanainen, J. 2018. Virtuaalimallin hyödyntäminen osallistavassa suunnittelussa: : Case
Pihlajiston ala-asteen koulu. Hämeen Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. [viitattu
20.11.2019]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201801291756>

Termipankki, T. 2020. Tieteen Termipankki. [viitattu 20.2.2020]. Saatavissa: <http://tieteen-termipankki.fi/wiki/Filosofia:hy%C3%B6ty>

Arvanaghi, B. Skytt, L. 2018. Virtuaalitodellisuus – tulevaisuus on täällä tänään. Tieteen-
kuvalehti. [viitattu 11.12.2019]. Saatavissa: <https://tieku.fi/teknologia/vempaimet/virtuaali-todellisuus>

Wikipedia. 2020. Tietokoneavusteinen suunnittelu. [viitattu 20.11.2019]. Saatavissa:
https://fi.wikipedia.org/wiki/Tietokoneavusteinen_suunnittelu

Unity, 2020a. This is why creators choose Unity. [viitattu 26.2.2020] Saatavissa:
<https://unity3d.com/public-relations>

Verkkokauppa. 2020. ASUS Windows Mixed Reality Headset -virtuaalilasit. [viitattu
28.2.2020]. Saatavissa: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/64578/jvnfi/ASUS-Windows-Mixed-Reality-Headset-virtuaalilasit>

Wikipedia. 2019. Rakennuksen tietomalli. [viitattu 20.11.2019]. Saatavissa: https://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennuksen_tietomalli#Tietomallintamisen_hy%C3%B6ty

Wikipedia. 2020a. Hyöty. [viitattu 20.2.2020]. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Hy%C3%B6ty>

Wikipedia. 2020b. Morton Heilig. [viitattu 20.2.2020]. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Morton_Heilig

Wikipedia. 2020c. Autodesk 3DS MAX. [viitattu 25.2.2020]. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_3ds_Max

Wikipedia. 2020d. Autodesk and Entertainment. [viitattu 25.2.2020]. Saatavissa:
https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Media_and_Entertainment

Wikipedia. 2020e. Unity Technologies. [viitattu 26.2.2020]. Saatavissa: https://fi.wikipedia.org/wiki/Unity_Technologies

Vocabulary. 2020. [viitattu 24.2.2020]. Saatavissa: <https://www.vocabulary.com/dictionary/benefit>

Helin, K. 2020. VTT on kehittänyt työkalun tukemaan astronautteja monimutkaisissa korjaustoissa – apuna AR eli lisätty todellisuus. VTT. [viitattu 20. 2 2020]. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/medialle/uutiset/vtt-on-kehittanyt-tyokalun-tukemaan-astronautteja-monomutkaisissa-korjaustoissa>

YIT. 2017. Virtuaalidellisuus jatkaa siitä, mihin mielikuviutus päättyy. YIT. [viitattu 15.11.2019]. Saatavissa: <https://www.yitgroup.com/fi/news-repository/uutiset/virtuaalidellisuus-jatkaa-siita-mihin-mielikuviutus-paatty>

SUULLISET LÄHTEET

Pakanen, K. 2020. Toimitusjohtaja. Kaivuu Pakanen Oy. Puhelinhaastattelu 30.3.2020.

Kokkonen, H. Asiakas. Saldatur Oy. Haastattelu 26.3.2020.

Korkala, A. 2020. Toimitusjohtaja. Tmi Ahti Korkala. Puhelinhaastattelu 1.4.2020.

Silver, T. 2020. Puhelinhaastattelu 11.3.2020.