

# 3D-AVUSTEINEN PIENTALOSUUNNITTELU

Rakennuttamisen tehokkuuden lisääminen

Mäntylä Emma

Opinnäytetyö  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Insinööri

2020

Tekniikka ja liikenne  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Emma Mäntylä	Vuosi	2020
<b>Ohjaaja(t)</b>	Heikki Ala-Louko		
<b>Toimeksiantaja</b>	Lapin Ammattikorkeakoulu		
<b>Työn nimi</b>	3D-avusteinen Pientalosuunnittelu		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	36 + 2		

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää yksityiskohtaisesti 3D-mallintamisen hyötyjä talosuunnittelun, -myymisen, sekä rakentamisen tukena ja siten kannustaa alan ammattilaisia tutustumaan tämän päivän tehokkaaseen työkaluun rakennuttamisen näkökulmasta. Opinnäytetyössä keskityttiin 3D-mallinnuksen hyötyihin pientalojen rakennussuunnittelun kannalta. 3D-mallinnuksesta kertovassa kohdassa, jossa tutustuttiin opinnäytetyön kohteeseen tarkemmin, havainnollistettiin eri mallinnuksen kohtia, asetuksia ja muutoksia kuvin. Valmis mallinnus renderoitiin vielä Twinmotionissa, jonka eri toimintoja käytiin opinnäytetyössä läpi. Työtä varten kerättiin aineistoa ohjelmista, ohjelmien ohjekirjoista sekä internetistä.

Opinnäytetyön alussa kerrattiin Suomen rakennussuunnittelun historiaa 50-luvulta tähän päivään. 2D-suunnittelun ja 3D-mallinnuksen eroihin tutustuttiin yleisesti ja hyvin suppeasti, sillä aihetta käsiteltiin myöhemmin opinnäytetyössä. Lisäksi opinnäytetyössä käytiin läpi yleisiä tietomallivaatimuksia ja avattiin opinnäytetyön kohteen mallinnukseen käytettäviä ohjelmia, jotka olivat ArchiCAD 21 ja -23 sekä Twinmotion.

Johtopäätöksenä todettiin, että 3D-mallinnus on tehokas työväline, kunhan ohjelmaa oppii käyttämään sujuvasti. Niin talomyyjä, arkkitehti, rakennesuunnittelija kuin asiakas sekä lisäksi muut rakennusprojektiin osallistuvat henkilöt hyötyvät 3D-avusteisesta rakennussuunnittelusta, sillä sen avulla voidaan vaikuttaa aikataulutuksiin, työturvallisuuteen, kustannuksiin ja laatuun.

Avainsanat

3D-mallinnus, 3D, mallinnus, pientalo,  
rakennussuunnittelu, ArchiCAD, Twinmotion

Degree Programme in Civil  
Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Emma Mäntylä	Year	2020
<b>Supervisor</b>	Heikki Ala-Louko		
<b>Commissioned by</b>	Lapland University of Applied Sciences		
<b>Subject of thesis</b>	3D-aided Construction Planning		
<b>Number of pages</b>	36 + 2		

---

The aim of the thesis was to clarify the benefits of 3D modelling in house planning, selling and construction, and thus to encourage professionals of the field to become familiar with today's effective tool from the construction perspective.

The thesis focused on the advantages of the 3D modelling from the point of view of the construction planning. In addition, the history of the Finland's construction planning from the beginning of the 50's to the present day was discussed. Furthermore, the differences between 2D design and 3D modelling were introduced in general and very briefly. The common BIM requirements were discussed and the programs that were used for the modelling ArchiCAD 21 and 23 and Twinmotion were discussed. The various points of modeling as well as settings and changes were illustrated with pictures. The material for the thesis was collected from the programs, the program manuals and from the Internet.

The conclusion was that the 3D modelling is an efficient tool when it is used fluently. With its help the scheduling, industrial safety, costs and quality of the work can be influenced.

Key words                      3D modelling, 3D, modelling, one-family house, building planning, ArchiCAD, Twinmotion

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	RAKENNUTTAMINEN .....	8
2.1	Ajatus kodista .....	8
2.2	Rakennussuunnittelun historiaa .....	8
2.3	Nykypäivän haasteet.....	9
3	2D-SUUNNITTELUN ERO 3D-MALLINNUKSEEN YLEISESTI.....	10
3.1	2D-suunnittelu.....	10
3.2	3D-mallinnus .....	10
4	LAADUN VARMISTUS .....	11
4.1	Yleiset tietomallivaatimukset.....	11
4.2	Käytettävät ohjelmistot.....	11
4.3	Mallien luovuttaminen tilaajille ja projektin muille osapuolille .....	11
4.4	Mittayksikkö ja koordinaatisto .....	12
4.5	Mallien mittatarkkuus .....	12
4.6	Mallinnuksessa käytettävät työkalut.....	12
4.7	Rakennukset, kerrokset ja lohkot.....	13
5	MALLINNUKSEN TOTEUTUS.....	14
5.1	Käytetyt ohjelmat .....	14
5.2	Peruskäsitteitä ArchiCAD:stä.....	14
5.3	Twinmotion .....	15
6	KOHDE .....	16
6.1	Kohteen kuvaus .....	16
6.2	Tontti.....	16
6.3	Pohja.....	19
6.4	Perustus.....	21
6.5	Objektit.....	24
6.6	Ulkopuolen visualisointi.....	25
7	VIIMEISTELEVÄT TYÖT .....	28
7.1	Siirtyminen Twinmotioniin .....	28
7.2	Ympäristö ja maasto .....	28

7.3	Pinnat.....	29
7.4	Valaistus ja muut objektit .....	30
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	32
8.1	Tehokkuus .....	32
8.2	Mahdollisuudet.....	32
8.3	Ongelmat .....	32
8.4	Rakennuttajien kokemuksia .....	33
9	POHDINTA .....	34
	LÄHTEET.....	35
	LIITTEET .....	36

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
BIM	Building Information Modeling, rakennuksen tietomalli
CAD	Computer Aided Design
Graphisoft	ArchiCADin valmistaja, ohjelmistokehittäjä
IFC	Industry Foundation Classes (rakennuselementtien ja objektien luokittelujärjestelmä) (M.A.D 2013)
IFC-tiedosto	International Alliance for Interoperabilityn kehittämä avoin ISO-standartoitu (16739) XML-pohjainen tiedostomuoto (M.A.D 2013)
M.A.D	Micro Aided Desing Oy. Suomen johtava rakentamisen tietomallinnuksen asiantuntijayritys (M.A.D 2010)

## 1 JOHDANTO

3D-mallintaminen on kasvava trendi monella alalla, niin myös rakennussuunnittelussa. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää 3D-mallintamisen hyötyjä talosuunnittelun, myymisen, sekä rakentamisen tukena ja siten kannustaa alan ammattilaisia tutustumaan tämän päivän tehokkaaseen työkaluun rakennuttamisen näkökulmasta.

3D-mallintaminen ei ainoastaan auta suunnittelijaa visualisoimaan ajatuksiaan, vaan lisäksi auttaa ymmärtämään, analysoimaan sekä toimeenpanemaan suunnitelmissa tehtyjä ratkaisuja. Opinnäytetyö sisältää yleisiä tietomallivaatimuksia sekä vertailua 2D-piirtämisen, eli viivalla piirtämisen, ja 3D-mallintamisen välillä.

Vaikka kyseinen projekti tehdään pientalosta, varmasti erityisen paljon hyötyä 3D-mallinnuksesta ja pidemmälle menevästä tietomallinnuksesta olisi erityisesti isompiin projekteihin, kuten kerrostalon tai vaikka teollisuusrakennuksen suunnitteluun.

Täytyy kuitenkin muistaa, että mallintaminen ja piirtäminen ovat erittäin laaja käsite. Kyseisessä opinnäytetyössä lähinnä esitellään 3D-mallintamisen hyötyjä, eikä tarkoitus ole opettaa mallintamaan. Koska aloja ja niihin suunniteltuja mallintamisohjelmia on monia, myös tyylejä mallintaa on erilaisia. Mallintamisen taidon ja parhaan tehokkuuden oppii vain kokeilemalla ja harjoittelemalla. Opinnäytetyössä mallintamiseen käytetään Suomen tämän hetken suosituinta tietomallinnusohjelmaa ArchiCAD:iä ja viimeistelyyn Twinmotionia, joista molemmista kerrotaan perustietoja.

## 2 RAKENNUTTAMINEN

### 2.1 Ajatus kodista

Kun ihminen alkaa suunnittelemaan mielessään tulevaa kotiaan, on hänellä monesti jo jonkinlainen mielikuva sen ulkonäöstä, joskin se on vaikeaa hahmottaa paperille. Tässä vaiheessa apuun pyydetään ammattilainen, jonka kanssa taloa aletaan hahmottelemaan. Liikkeelle lähdetään pohjakuvasta. Monesti ensimmäiseksi kodiksi kuitenkin valitaan remontoitava omakotitalo, jolle täytyy miettiä toimiva peruskorjaus- tai laajennustoimenpide.

### 2.2 Rakennussuunnittelun historiaa

Ennen tietokoneita rakennepiirustukset on piirretty käsin. Mitat ovat olleet suuntaa antavia, joten timpureilla on ollut suuri vastuu. Lopputulos on luultavasti poikennut piirustuksista jonkin verran. On vaikeaa havaita muutamasta julkisivukuvasta ja pohjakuvasta mahdollisia suunnitteluvirheitä.

1950-luvun vaihteessa, sodan jälkeen rakennettiin Suomessa paljon niin sanottuja rintamies-taloja, joista monet ovat yhä pystyssä ja asuttuja. Niitä peruskorjataan ahkerasti ja ne ovat yhä suosittuja, idyllisiä omakotitaloja. Talomalleja on monia, vaikkakin talot muistuttavat yleisesti toisiaan. Rintamamies-talossa on 1,5 kerrosta ja harjakatto. Talon keskelle sijoitetun hormin ympärille on levitetty tupa, tilava tupamainen keittiö sekä makuuhuone. Huoneet ovat suunnilleen samankokoisia. Vintin tilan käyttötarkoitus vaihtelee. (Rintamamiestalot yhä suosiossa 2014.)

Pohjaratkaisu oli siis 1950-luvun talossa hyvin yksinkertainen ja se oli helppo toteuttaa. Talomalli on ajaton, yhä hyvin suosittu. Rintamamies-talossa on alun perin ollut neljä nurkkaa. Nykyään tiedetään, että neljän nurkan talo on energiatehokkain ratkaisu. Talo myös rakennettiin yleensä korkealle paikalle, kauas rannasta, jotta maaperän kosteus ei pääsisi nousemaan talon pohjaan.

1970-luvulla taloihin alettiin tekemään monipuolisempia ratkaisuja. Tasamaan talot olivat tyypillisesti yksikerroksisia ja rinnetalot kaksikerroksisia. Yleisin ulkoverhousmateriaali oli tiili ja kattona tasakatto. Talossa on lisäksi monesti ollut



valesokkeli, joka nykyään tiedetään olevan riskirakenne. Tasakatot muutetaan yleisesti nykyään harja- tai aumakatoiksi, jotka ovat kosteusteknisesti toimivampia ratkaisuja. (Raksystems 2019a.)

1980-luvulla alettiin siirtymään nykyaikaisempaan piirtämiseen, eli tietokoneavusteisella CAD-järjestelmällä piirtämiseen, minkä seurauksena omakotitalojen arkkitehtuuri monipuolistui ja pohjaratkaisuissa oltiin rohkeampia. Esimerkiksi kodinhoitohuoneita, apukeittiötä ja muita varusteluita alettiin suunnitella. Myös energia-asioihin alettiin viimein kiinnittää huomiota ja huomio alkoi kiinnittyä rakenteiden lujuuteen. (Raksystems 2019b.)

### 2.3 Nykypäivän haasteet

Oli kyseessä sitten vanha talo, jota aletaan peruskorjaamaan mieleiseksi, tai kokonaan uusi talo, jonka rakentaminen aloitetaan tyhjästä, tarvitaan onnistuneeseen hankkeeseen toimivat ja selkeät suunnitelmat. Suunnittelijalta odotetaan laajaa tietotaitoa, mielikuvitusta ja selkeää ulosantia. Hankkeen tilaajalle ei saisi tulla isoja yllätyksiä enää rakennusvaiheessa, saati rakennuksen ollessa valmis. Tiedon välittäminen ei tietenkään ole riippuvainen pelkästään suunnittelijan ja tilaajan sanallisesta tai kirjallisesta sananvaihdosta, vaan visuaalisella tiedonsiirrolla on suuri osa projektissa. Esimerkiksi rakennuksen ja rakennusalueen ympäristön suunnitelmien havainnollistaminen ja muokkaaminen 3D-visualisoinnilla on tehokas ja toimiva menetelmä.

Nykypäivänä voidaan turvautua tietokoneisiin asennettaviin tietomallinnus-ohjelmiin, joita on monenlaisia. Tietomallinnus-ohjelmia on tehty ja tehdään yhä erilaisille aloille erilaisiin käyttötarkoituksiin. Mitä enemmän tekniikka kehittyy, sitä tarkempaa työtä pystytään tekemään. Kehittyminen kuitenkin vaatii uuden asian opettelemista ja avarakatseisuutta. 3D-mallintaminen monesti mielletään kalliiksi ja monimutkaiseksi työkaluksi, mikä osittain onkin totta, mutta mitä isompi projekti on kyseessä ja mitä sujuvammin käytettävää ohjelmaa opitaan käyttämään, sitä nopeammin 3D-mallinnusohjelma maksaa itsensä takaisin.

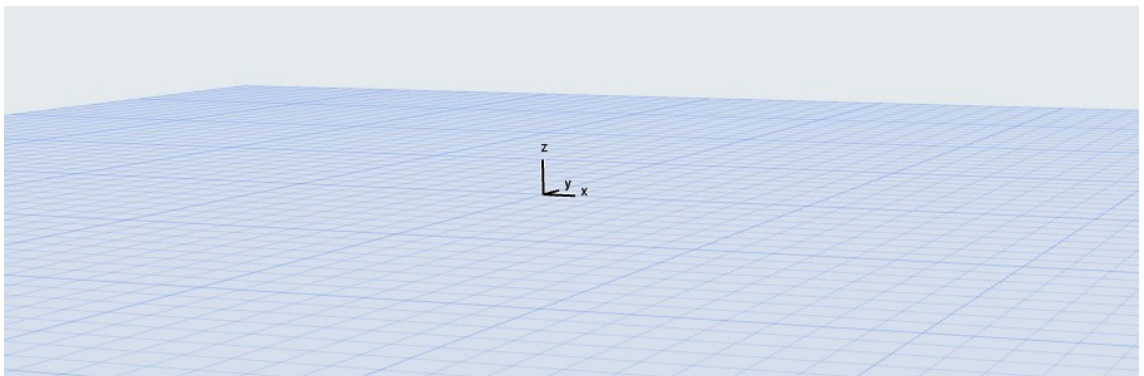
### 3 2D-SUUNNITTELUN ERO 3D-MALLINNUKSEEN YLEISESTI

#### 3.1 2D-suunnittelu

2D-suunnittelu tarkoittaa viivapiirtämistä joko käsin tai tietokoneavusteisesti. 2D-suunnittelussa koordinaatisto rajoittuu x- ja y-suuntiin. Viivojen paksuus, väri ja viivan tyyppi voidaan määritellä erikseen. Rakennuslupaa varten vaadittavat rakennuslupakuvat tehdään jokainen erikseen ja niiden lisäksi piirretään erikseen vielä tarvittavat rakennekuvat. Vaikka 2D-suunnittelu on yksinkertaista, rakennusosien yhteensovitus, rakennusalan suunnitteluohjeiden mukainen rakennusosan hahmotus ja kuvaus sekä piirustusmerkintöjen oikeellisuuden varmistaminen on haasteellista. (Anttonen 2016, 11–12.)

#### 3.2 3D-mallinnus

3D-suunnittelussa rakennusosat mallinnetaan kolmiulotteisesti x-, y- ja z-koordinaatistoon (Kuvio 1). 3D-suunnittelussa kaikki rakennusosat ja objektit mallinnetaan sellaisiksi, kuin ne todellisuudessa ovat. Rakennuslupakuvista leikkaus, julkisivu- sekä pohjakuvat valmistuvat yhtä aikaa. Toki tämän hetken 3D-mallinnusohjelmilla on haasteellista tehdä kohteen kuvat kokonaan 3D:nä ja apuna onkin käytettävä 2D-suunnittelua. Esim. detaljikuviin vaadittavaan tarkkuuteen käytetään apuna viivapiirtämistä, mutta rakenneosien mitat saadaan oikeellisiksi esimerkiksi kopioimalla leikkauskuvasta vaadittavat osat.



Kuvio 1. Koordinaatistoakselit 3D-mallissa. (ArchiCAD 23 2020)

## 4 LAADUN VARMISTUS

### 4.1 Yleiset tietomallivaatimukset

Työssä noudatetaan yleisiä tietomallivaatimuksia 2012, jotka on kehitetty COBIM -kehittämishankkeessa rakennusalan tietomallintamisen ohjeistukseksi. Kyseisessä julkaisussa esitetään vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja mallien tietosisällölle, joita tulee noudattaa kaikissa rakennushankkeissa, joissa näitä vaatimuksia halutaan käyttää. Kyseiset mallinnusvaatimukset ja -sisältö on esitettävä kaikissa suunnittelusopimuksissa sitovasti ja yhdenmukaisesti. Tietomallinnuksen päätavoitteiksi on asetettu mm. suunnittelun- ja rakentamisen laadun varmistaminen ja tehokkuuden, turvallisuuden sekä kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. (COBIN – hankkeen osapuolet 2012, 5.)

### 4.2 Käytettävät ohjelmistot

Suunnittelijan on tarjouksessa mainittava työssä käyttämänsä mallinnusohjelma ja sen versio, sekä sen tukema IFC -muotoisen tiedoston versio. Julkisissa hankkeissa on käytettävä vähintään IFC 2x3 -sertifioituja mallinnusohjelmia, mutta erityisvaatimuksia voidaan asettaa hankekohtaisesti. (COBIN – hankkeen osapuolet 2012, 6.) IFC-formaatti on tarkoitettu objektien älykkääseen tiedonsiirtoon talonrakennusalalla, jolloin rakennusosan muoto ja ominaisuudet siirtyvät ohjelmasta toiseen. (Anttonen 2016, 9)

Mikäli ohjelmistoja tai niiden versioita vaihdetaan projektin aikana, on siitä sovittava hankkeen osapuolien kesken erikseen. Ainoastaan tilaajan suostumuksella voidaan käyttää mallintamisessa muita kuin IFC -sertifioituja ohjelmistoja. Ohjelmistorajoituksia ei kuitenkaan ole sisäisesti työskenneltäessä tai dokumentteja tuottaessa. (COBIN – hankkeen osapuolet 2012, 6.)

### 4.3 Mallien luovuttaminen tilaajille ja projektin muille osapuolille

Työnaikaisesta mallien jakelutavasta sovitaan projektikohtaisesti. Projektin päättyessä mallit ja sähköiset dokumentit luovutetaan sopimuksen mukaisesti

asiakkaalle, jolla on oikeus käyttää malleja vastaavin ehdoin kuin projektien perinteisiä dokumentteja. Ennen työn luovutusta malleista on poistettava ylimääräiset, niihin kuulumattomat tasot ja mallinnuskomponentit tietomallivaatimusten laadunvarmistusosan mukaisesti. (COBIN – hankkeen osapuolet 2012, 6.)

#### 4.4 Mittayksikkö ja koordinaatisto

Projektikoordinaatisto määritellään siten, että koko rakennusalue on positiivisessa koordinaatistossa ja origo sijaitsee lähellä rakennusta (ks. esim. kuvat 1 ja 5). Käytettävästä suunnittelukoordinaatiosta sovittaessa muunnetaan inventointimallit liitteineen (esim. lasermittauksen pisteet) kyseiseen koordinaatistoon sopiviksi. Suunnittelussa voidaan myös käyttää inventointimallin koordinaatistoa. (COBIN – hankkeen osapuolet 2012, 7.)

#### 4.5 Mallien mittatarkkuus

Rakennusosamallissa kaikki mallin osat tulee mallintaa todellisilla mitoilla, eli esimerkiksi ovet ja ikkunat tulee mallintaa todellisille sovitusvaroilta. Johdonmukaisia nimellismittoja saa käyttää kuitenkin tähän vaiheeseen asti, kunhan ne ovat normin mukaisia. (COBIN – hankkeen osapuolet 2012, 7–8.)

Tontin mallinnukset tehdään mahdollisimman tarkkoina, mutta rakennustyön kannalta hyväksyttävät toleranssit sallitaan mallinnuksessa, sillä absoluuttinen tarkkuus voi tehdä mallinnuksesta vaikeasti käytettävän. Tarkkuudessa noudatetaan niin sanottua tarkoituksenmukaisuuden periaatetta. (COBIN – hankkeen osapuolet 2012, 7–8.)

#### 4.6 Mallinnuksessa käytettävät työkalut

Mallinnuksessa käytettäviä mallikomponentteja ja työkaluja on käytettävä niiden varsinaisen käyttötarkoituksen mukaisesti. Seinät tehdään seinätyökalulla, laatat, eli esimerkiksi ala- ja välipohja laattatyökalulla jne.

Mikäli rakennusosalla tai komponentilla ei ole omaa työkalua, voidaan se mallintaa soveltaen, mutta mallinnustapa tulee dokumentoida

tietomalliselostukseen. Suunnittelualakohtaisissa tietomallivaatimuksissa on esitetty ohjeet tähän yksityiskohtaisemmin. (COBIN – hankkeen osapuolet 2012, 8.)

#### 4.7 Rakennukset, kerrokset ja lohkot

Rakennukset on luovutettava erillisinä malleina ja tarvittaessa rakennus voidaan jakaa useampiin lohkoihin. Lohkojaoista sovitaan projektiryhmän kesken. Yleisvaatimuksena on, että rakennukset mallinnetaan kerroksittain, sillä malleista laadittavat analyysit tehdään usein kerroksittain ja asiakkaat sekä muut hankkeen osapuolet käsittelevät tiloja pääosin kerroksittain. Kerroksittaisesta mallinnustavasta voidaan kuitenkin tehdä hankekohtaisesti poikkeus, mikäli se on rakenneratkaisun tai rakennuksen muun ominaisuuden kannalta järkevää. Kun koko rakennus mallinnetaan yhtenä kokonaisuutena, on siinä oltava tietorakenne, joka tulee kerroskohtaista tarkastelua. (COBIN – hankkeen osapuolet 2012, 9.)

## 5 MALLINNUKSEN TOTEUTUS

### 5.1 Käytetyt ohjelmat

Projektiin toteutukseen käytettiin tietomallintamiseen kehitettyä ArchiCAD-ohjelmaa, josta käytössä oli projektin alussa versio 21 ja loppuosassa päivitetty versio 23. ArchiCAD tukee IFC-muotoista tiedostoversiota, millaiseksi mallinnus on tarvittaessa mahdollista tallentaa, mutta projektissa käytettiin ArchiCAD:in omaa tiedostomuotoa PLN. Rakennuksen ollessa valmis projekti avattiin Twinmotion-ohjelmassa, joka on ArchiCAD:in apuohjelma. Twinmotionissa rakennuksen tekstuureja sekä ympäristöä pystyttiin muuttamaan vielä luonnollisemmiksi.

Asiakkaalle tehtiin henkilökohtainen kansio OneDrive -pilvikansioon, mihin asiakkaalla on vapaa pääsy hänelle lähetettävän linkin kautta. Kansioon tallennetaan sen hetkiset piirrokset PDF- sekä DWG-tiedostomuodoissa.

### 5.2 Peruskäsitteitä ArchiCAD:stä

ArchiCAD on Suomen suosituin tietomallinnusohjelma. Suosio perustuu ohjelman tehokkuuteen, monipuolisuuteen ja intuitiivisuuteen (Yrityksestä 2019). ArchiCAD:illä mallinnetaan valmiita elementtejä eri työkaluilla. Elementit näkyvät 2D- ja 3D-näkymissä halutun muotoisina, kokoisina sekä materiaaleiltaan oikeana. Elementtejä voi siirtää ja muokata molemmissa näkymissä, ja muutokset päivittyvät automaattisesti kaikkiin näkymiin, jolloin näkymien välille ei muodostu ristiriitaisuuksia. Näin virheitä syntyy huomattavasti vähemmän kuin muilla työtekniikoilla piirrettäessä. Varsinaisesti ohjelmassa ei siis piirretä viivoilla, joskin niitä on yhä pakko käyttää piirustuksia täydentäviä yksityiskohtia lisättäessä 2D-näkymissä. (M.A.D 2010, 1.)

Rakennusta piirrettäessä rakennus suunnitellaan virtuaalisesti käyttäen oikeita mittoja ja materiaaleja. Graphisoftilla on oma termi tälle virtuaaliselle rakennukselle: Virtual Building™. Rakennus on yksi tiedosto, johon sisältyvät kaikki piirustukset. Rakennuselementit järjestetään ohjelmassa kerroksiin, jotka vastaavat rakennuksen oikeita pystysuunnassa vaihtuvia kerroksia, sekä

tasoihin, joihin elementit voidaan sijoittaa ja sitten piilottaa tai muuttaa näkyviksi tarpeen mukaan. (M.A.D 2010, 1.)

ArchiCAD:in käyttöliittymä koostuu ikkunoista, apuikkunoista ja valikoista. Niitä voi tarvittaessa siirtää ja muotoilla haluamallaan tavalla. Rakennus mallinnetaan 3D- sekä pohjaikkunassa. Pohjaikkuna sisältyy 2D-ikkunoihin, mutta muissa 2D-ikkunoissa elementtien luonti ei onnistu. Näihin ikkunoihin sisältyy mm. leikkaus/julkisivu-, työpiirustus- ja detalji-ikkunat. Muita ikkunoita ovat esimerkiksi taulukko-, projekti-tilukko-, luettelo- ja renderointi-ikkunat. (M.A.D 2010, 2; 2011, 1.)

### 5.3 Twinmotion

Twinmotion on synkronoitu älykkäästi ArchiCAD:in kanssa, joten ArchiCAD:issä tehdyt muutokset tapahtuvat reaaliajassa Twinmotionissa. Ohjelma tuottaa korkealaatuisia kuvia ja näkymiä nopeasti ja helposti, riippumatta projektin koosta tai monimutkaisuudesta, materiaaleista tai käyttäjän IT-taidoista tai BIM-ohjelmasta. Se muuntaa valmiin mallinnuksen kiinnostavaksi ja realistiseksi tuulessa liikkuvilla kasveilla, eläimillä ja ihmisillä, valoilla, materiaaleilla ja rekvisiitalla. Myös vuodenaikaa ja säätä pystytään muuttamaan helposti. Ohjelma on kehitetty arkkitehtuurin, rakentamisen, kaupunkisuunnittelun ja maisemoinnin ammattilaisille. (Graphisoft, 2020; Epic Games, Inc 2004–2020.)

## 6 KOHDE

### 6.1 Kohteen kuvaus

Opinnäytetyön kohteeksi valikoitui Sodankylän Luostotunturille rakennutettava yksikerroksinen noin 120–125 m<sup>2</sup>:n hirsitalo. Talo sijoitetaan tontilla olevan kummun päälle, jonka laskevaan rinteeseen suunnitellaan autokatos, jonka yhteyteen tulee kaksi varastoa. Reilun varastotilan lisäksi asiakas toivoi taloon kolmea makuuhuonetta. Hanke toteutettaisiin kesällä 2020.

### 6.2 Tontti

Tontti on loivahko rinnetontti, jonka korkein kohta sijaitsee noin 260 m merenpinnan yläpuolella. (Infokartta Oy, 2020.) Rinne laskeutuu päärakennuksen taakse, pois päin tieltä.

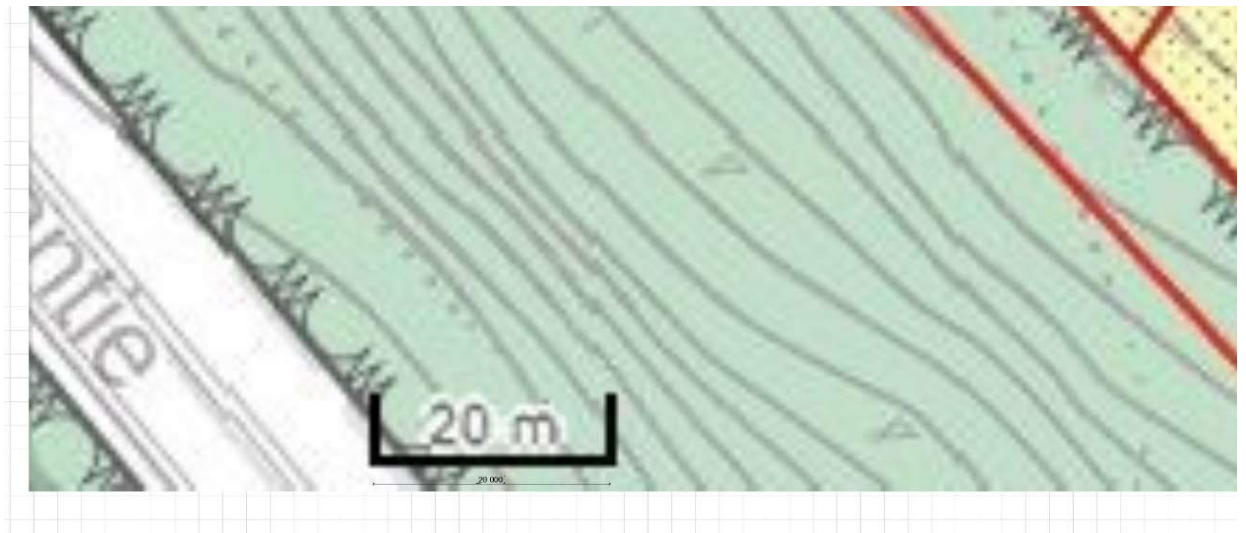
Asemakuvaa piirtäessä voidaan käyttää apuna erilaisia internetsivuja, jotka tarjoavat kaavakarttoja. Esimerkiksi maanmittauslaitoksen sivut ovat tarkoitukseen hyvät. Tähän projektiin käytettiin kaavakarttaa, joka löytyy Sodankylän kaupungin sivujen kaavakartastosta. Oikean tontin löydyttyä, siitä otetaan kuvankaappaustyökalulla kuva. Kuva liitetään projektiin omaan ARK 1 Asema -välilehteensä, joka voidaan tehdä projektivalikkoon. Kyseinen välilehti on niin sanottu piirustus -välilehti, ja asemakuva onkin yksi harvoista kuvista, joka toteutetaan pääosin piirtämällä. Kuva pitää venyttää sopivaan kokoonsa. Kyseinen komento avautuu pikanäppäimillä shift + k. Nykyinen matka on mittaviivan mukaan suunnilleen 2,3 m, vaikka kyseisen matkan kuuluisi olla 20 m. (Kuvio 2.)





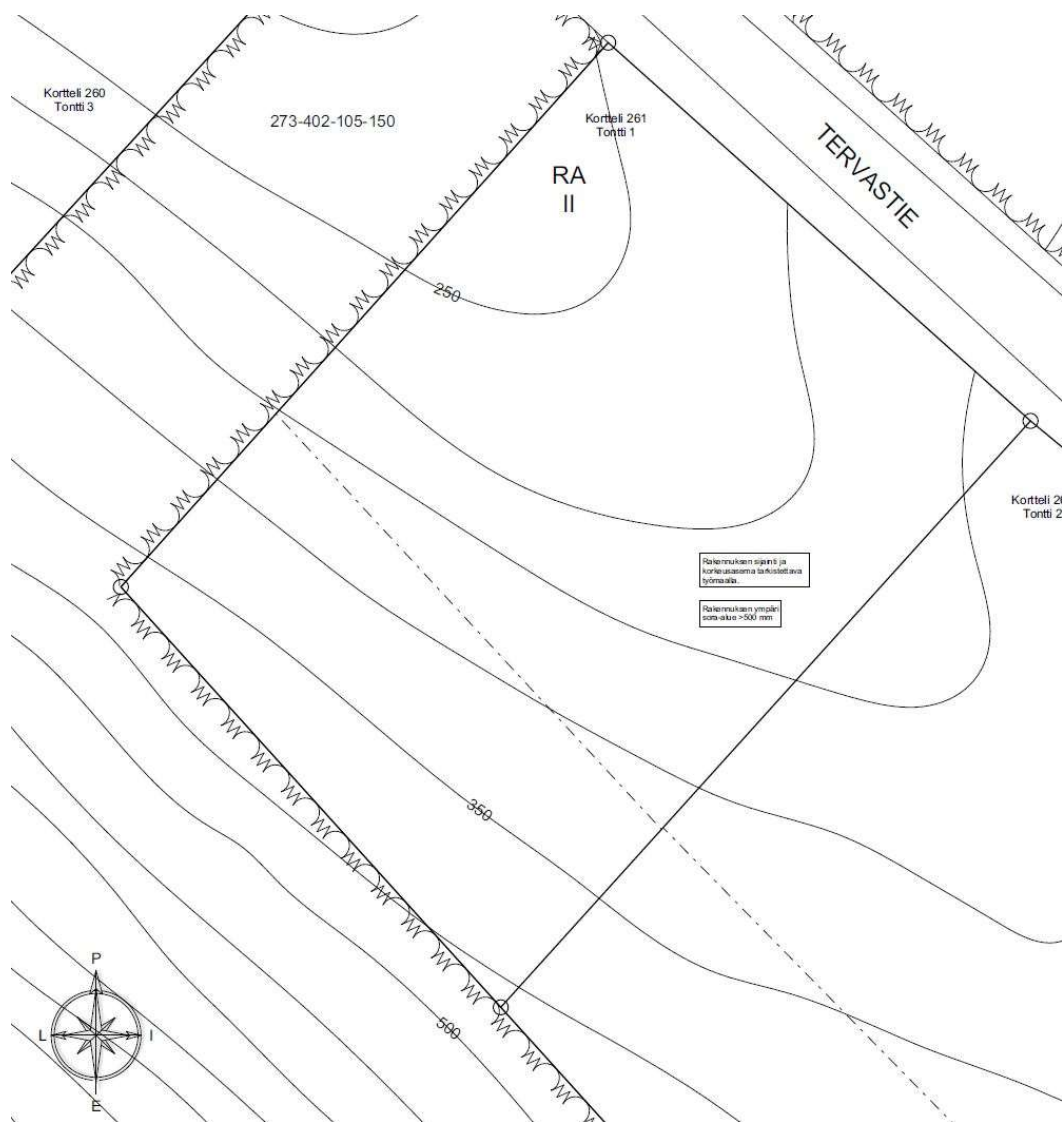
Kuvio 2. Kaavakartan alkuperäinen koko (Infokartta Oy 2020; ArchiCAD 21 2020)

Kuva venytetään kuvan mittaviivaa apuna käyttäen siten, että mitta on lopulta 20 000 mm eli 20 m. (Kuvio 3.) On kuitenkin muistettava, että valmis kuvan koko on suuntaa antava. Varsinainen kaavapiirros virallisien tontin mitoin on pyydettävä kaupungilta. Kuvailtu tapa sopii hyvin alustavaan asemapiirroksen- ja tontin muotojen hahmotteluun.



Kuvio 3. Valmis venytys (Infokartta Oy, 2020; ArchiCAD 21 2020)

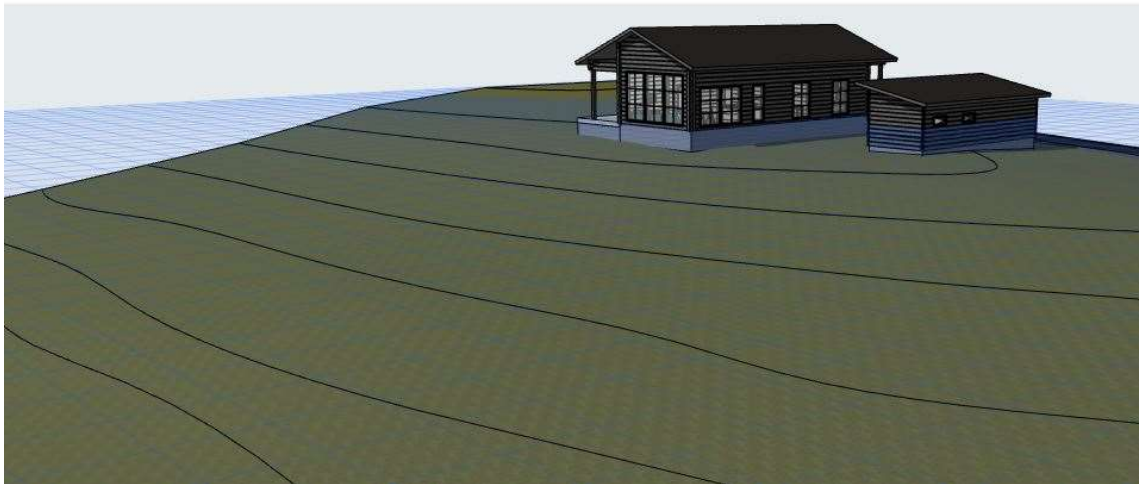
Asiakkaan tontti sopii hyvin 1:200 pohjaan. Tontin rajat piirretään 0,5 mm:n viivalla suunnilleen tonttikartan rajojen mukaan. Pyritään pitämään mitat yksinkertaisina. Maanpinnan korkokäyrät piirretään 0,10 mm käyrällä viivalla. Asemapiirroksen kokonaisuudessaan kuluu aikaa tontista ja piirtäjän taitotasosta riippuen noin tunti. (Kuvio 4.)



Kuvio 4. Alustavaa kuvaa asemakuvasta (ArchiCAD 21 2020)

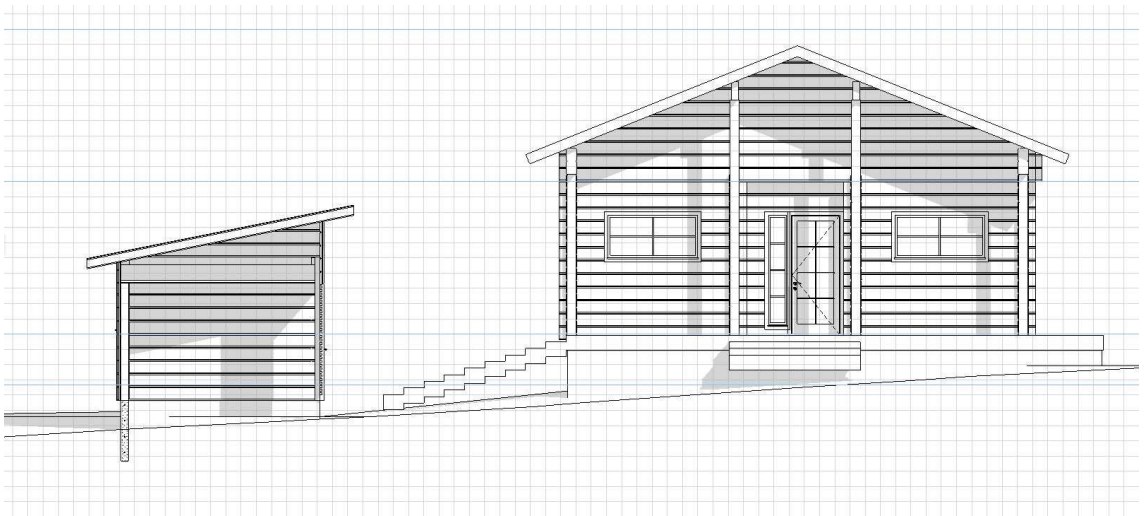
Viivapiirroksella julkisivukuviin alkuperäisen-, että uuden maanpinnan piirtäminen voi olla työlästä ja haastavaa, ellei tontti satu olemaan jo valmiiksi tasainen. Viivojen pitäisi olla joka suunnasta oikeassa korossa tontin reunoille asti.

3D-ohjelmassa korkeuskäyrien avulla saadaan tehtyä tontin maanpinnan korkoja mukaileva mallinnus. Maaston mallinnus voidaan tehdä Perustus-tasolle ja mallintamiseen käytetään Pinta-työkalua. Talon kohdalla oleva korkeuskäyrä yleensä asetetaan nollakorkoon, josta seuraava asetetaan metriä alemmas tai ylemmäs. Ohjelma tekee itse maanpinnan kulmat luontevasti laskeutuviksi ja 3D-näkymässä korkeuskäyrien viivojen näkyvyyttä voidaan muokata. (Kuvio 5.)



Kuvio 5. Tontin maanpinnan muoto (ArchiCAD 23 2020)

Tontin nykyisen maanpinnan korot saadaan samalla heti julkisivu- sekä leikkauskuvissa oikeaan korkoon. (Kuvio 6.) Eritasoissa olevia rakennuksia tai rakenneosia on näin myös helppo sommitella oikeaan tasoon ja esimerkiksi kattojen kaltevuuskulmat ja muodot saadaan sopimaan toistensa kanssa yhteen.

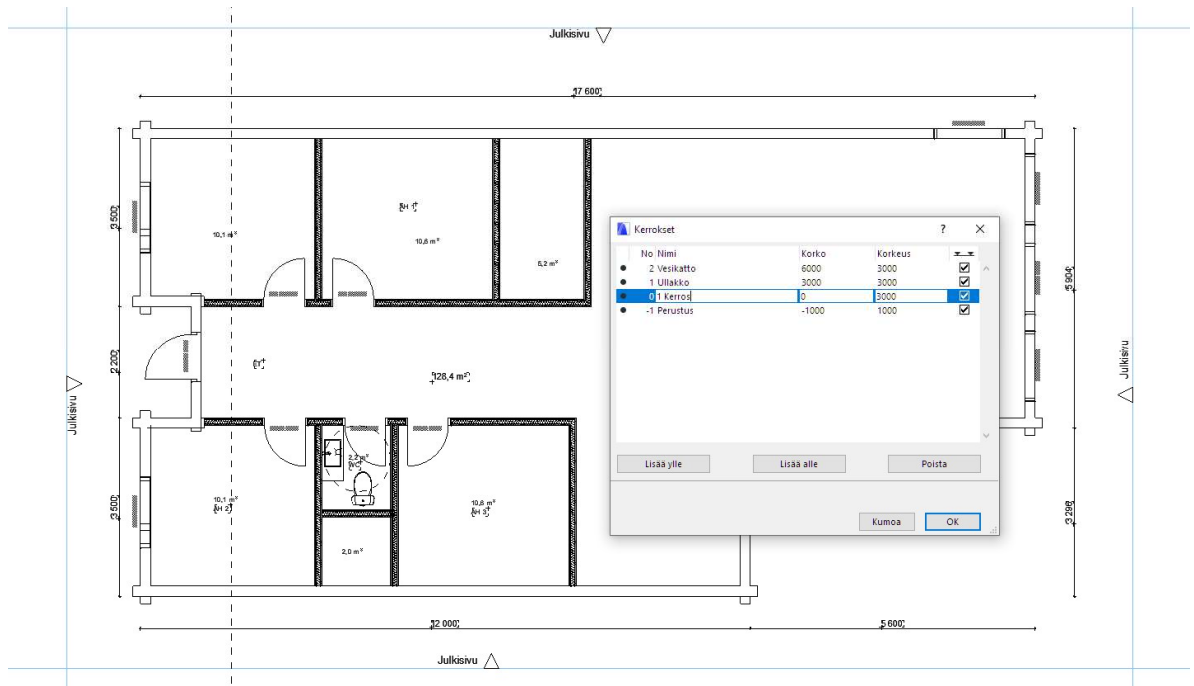


Kuvio 6. Tontin alkuperäinen maanpinnan muoto julkisivuluonnoksessa (ArchiCAD 21 2020)

### 6.3 Pohja

Pohjakuva piirretään 1:50 pohjaan. Projektin aloitetaan ulko- sekä sisäseinien hahmottamisella 0. tason kerrokseen, joka nimetään 1. kerrokseksi. Alla olevassa kuvassa näkyvässä on valittu kerros. Kerrosten nimeäminen, korko sekä korkeus

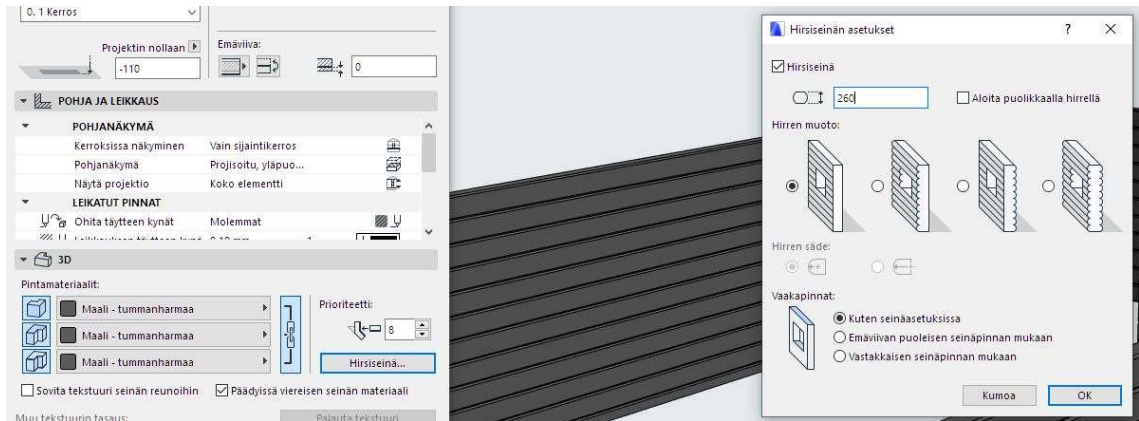
ovat omavalintaisia. Lisäksi kerroksia voi lisätä ja poistaa oman mielen mukaan. (kuvio 7.)



Kuvio 7. Kerrosasetukset (ArchiCAD 21 2020)

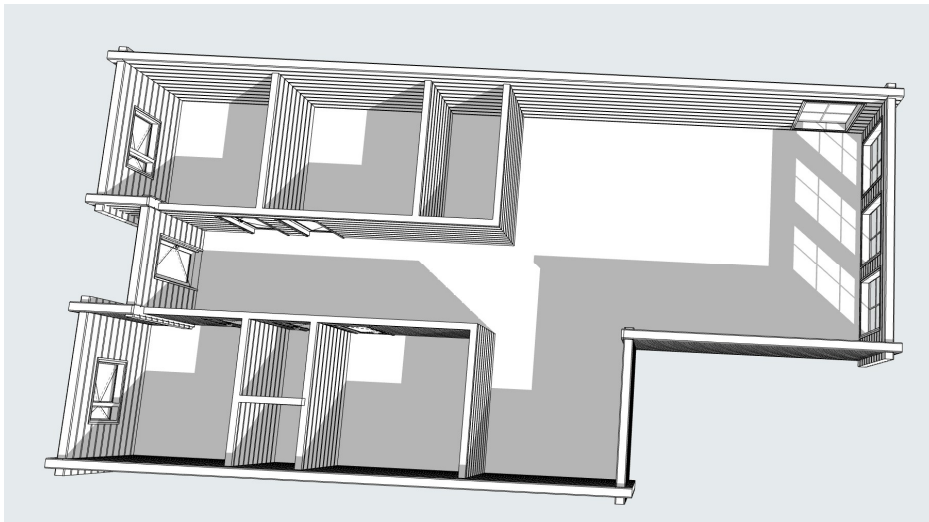
Pohjakuvaan lisätään Julkisivu-työkalulla julkisivuviivat, sekä tarvittava määrä leikkausviivoja. Kyseisten viivojen lisäämisen yhteydessä ilmestyy uusia välilehtiä, eli julkisivu- sekä leikkauskuvat, jotka päivittyvät automaattisesti.

Kohteen ulkoseinät tehdään 204 mm lamellihirrestä. Väliseinät mallinnetaan 92 mm paksuiksi. Seinän paksuus, korkeus, materiaali, hirren asetukset sekä väri voidaan valita Seinä-työkalussa. Lisäksi esimerkiksi seinän aloituskorkeus, eli mistä korosta seinä alkaa, voidaan määrittää jo tässä kohtaa. Projektissa ulkoseinä aloitetaan -110 mm:n korosta projektin nollakorkoon nähden. (Kuvio 8.) Seiniä mallinnettaessa on tärkeää huomioida, että mahdollista 0,01° asteen vinoutta ei pysty havaitsemaan paljaalla silmällä, joten kannattaa käyttää apuna shift-näppäintä. Kun kyseistä näppäintä pitää pohjassa samalla, kun seinää venytetään halutun pituiseksi, ohjelma pitää sen suorassa kulmassa. Mikäli yksi seinä jää vinoksi, luultavasti loputkin seinät ovat lopulta vinoja ja rakennuksen mitat tulevat heittämään.



Kuvio 8. Seinä-työkalun valintoja (ArchiCAD 21 2020)

Alla olevassa kuvassa (Kuvio 9.) nähdään 1. kerroksen seinät sekä joitakin ikkunoita ja ovia alustavasti. Lisäksi voidaan havaita 0. korossa oleva alapohja. 3D-näkymä on muutettu yksinkertaiseksi ja valkeaksi, jotta kuvan yksityiskohdat olisi helpompi hahmottaa. Kyseinen toiminto löytyy Näkymä -välilehdestä. Kuten voidaan huomata, visuaalisesti turhat viivat ja tekstit, kuten julkisivuviivat, pyörähdysympyrät sekä huonekoot, eivät näy 3D-kuvassa.

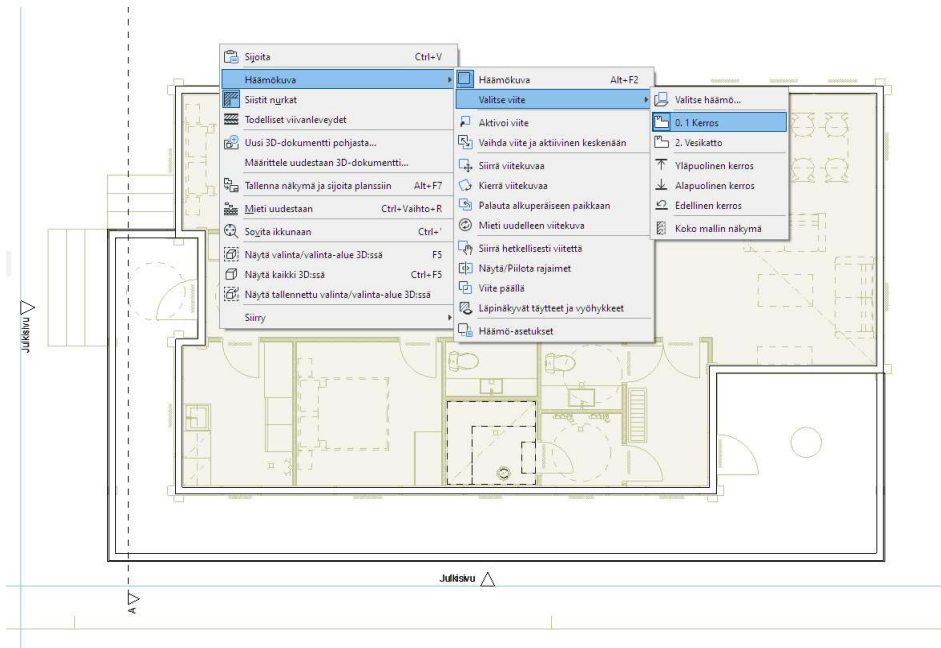


Kuvio 9. 1. kerroksen seinät alustavasti paikoillaan (ArchiCAD 21 2020)

#### 6.4 Perustus

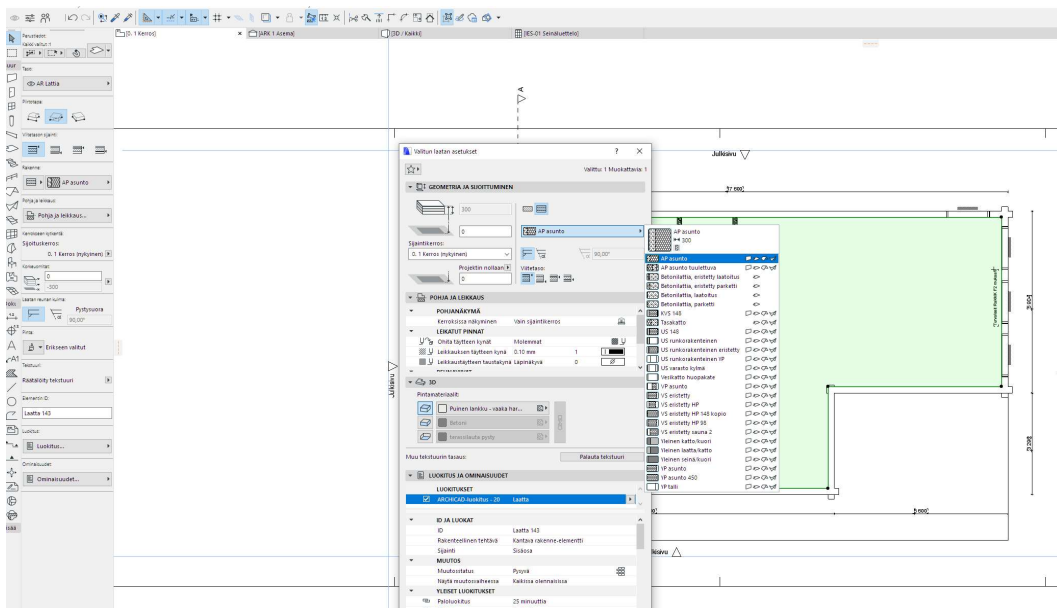
Perusmuurin mallinnukseen käytetään Seinä-työkalua. Kun asetukset on säädetty oikein, muuri vedetään shift-näppäin pohjassa haluttuun kohtaan, käyttäen apuna ulkoseiniä, jotka saadaan näkyviin haalean keltaisina niin sanottua hämökuvatoimintoa käyttäen. (Kuvio 10.) Perusmuurin yläpinta tulee -110 korkoon, eli heti ulkoseiniä alle. Muurin korkeudeksi asetettiin 900 mm, jotta

se olisi 300 mm näkyvissä maanpinnan yläpuolella ja 600 mm maanpinnan alapuolella.



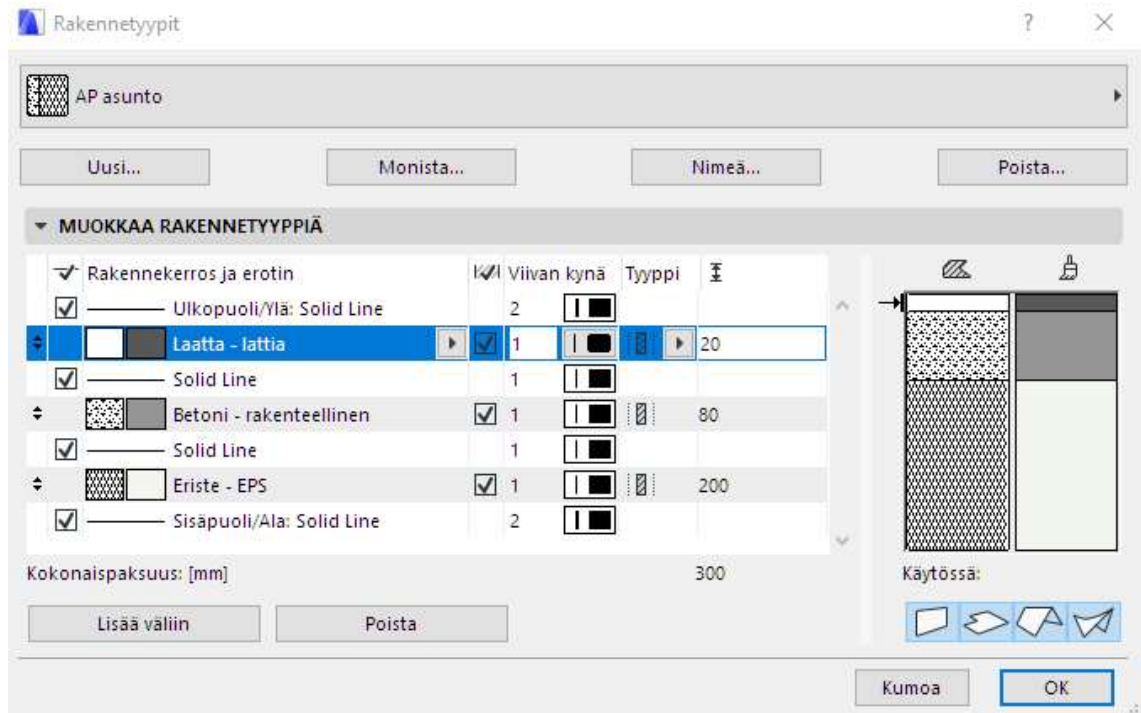
Kuvio 10. Häämökuvatoiminto ja perusmuuri (ArchiCAD 23 2020)

Alapohjan tekoon käytetään Laatta-työkalua. (kuvio 11.) Laatta-työkalulla, samoin kuin seinätyökalulla, voidaan laattarakenteeseen tehdä useampi taso.



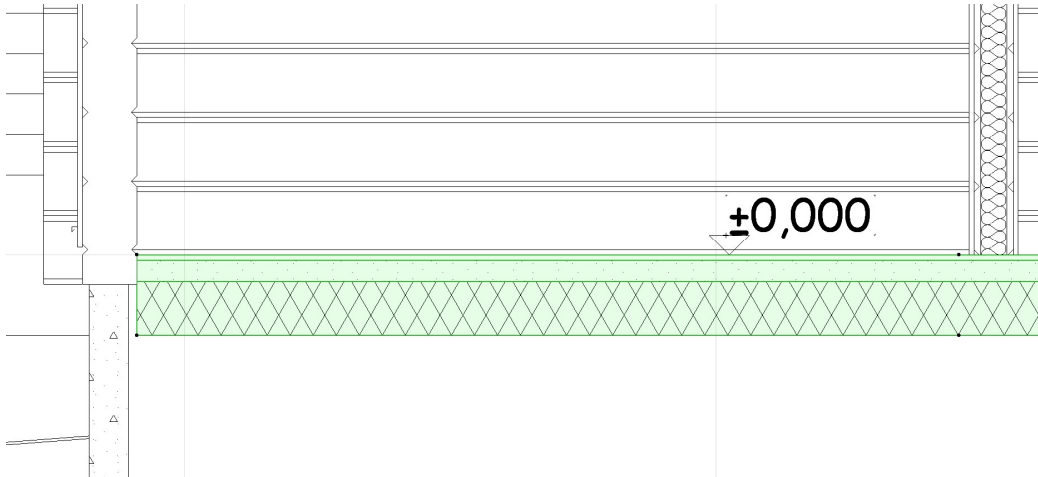
Kuvio 11. Alapohjan asetukset (ArchiCAD 21 2020)

Tasoja voidaan muokata Attribuutit-välilehdestä löytyvästä Rakennetyypit -ikkunasta. Kerrosten paksuus voidaan määrittää tässä ikkunassa. Projektin 300 mm paksu alapohja koostuu pintalaatasta, teräsbetonista ja eristyksestä. (Kuvio 12.) Tarvittaessa voidaan tehdä erillinen pohja esimerkiksi märkätiloihin, jotta sisäpintaan saadaan 3D-kuvassa laatoitus.



Kuvio 12. Alapohjan rakenne (ArchiCAD 21 2020)

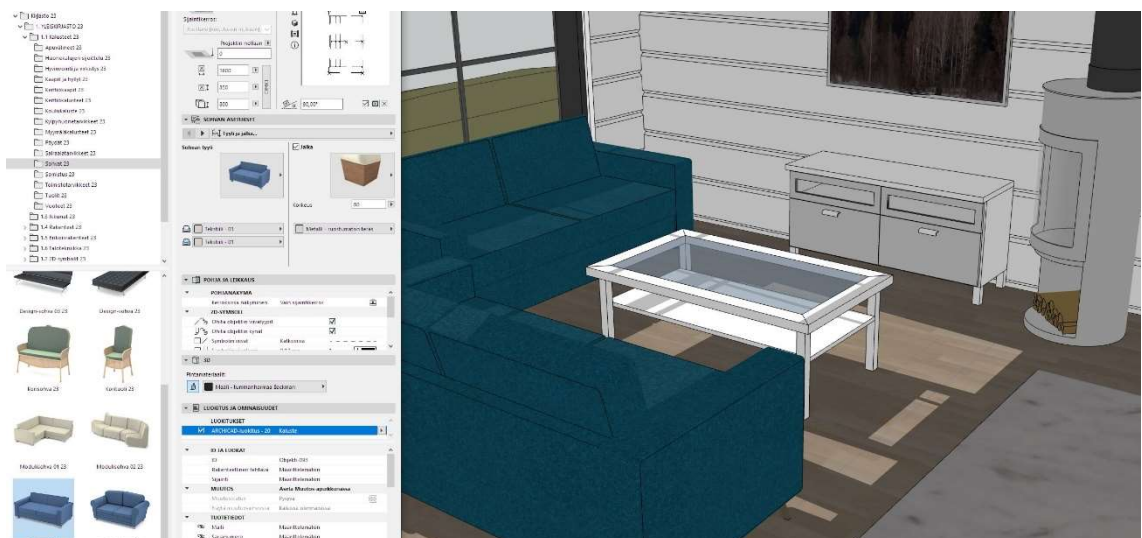
Kun alapohja on piirretty pohjakuvaan, näkyvät alapohjan rakenteet leikkauskuvassa ja sitä voi tarpeenmukaan siinä nostaa ja laskea. Erillisiä täyhteitä ei tarvitse piirtää leikkauskuvaan. (Kuvio 13.) Alapohja kannattaa tehdä 1.kerrokseen, mutta esim. terassi on helpompi tehdä perustus-kerrokseen, jotta se saadaan kiinni perusmuuriin, ja sitten asettaa se näkymään myös kerrosta ylöspäin 1.kerrokseen, jotta sen ääriviivat näkyvät myös pohjakuvassa.



Kuvio 13. Alapohja leikkauskuvassa (ArchiCAD 21 2020)

## 6.5 Objektit

Kun väliseinät alkavat löytämään paikkansa, aletaan vähitellen lisäämään huonekaluja, jotka auttavat tilan todellisen koon hahmotuksessa. Huonekaluja lisätään Objektit -työkalulla. ArchiCAD:illä on oma valmis objektikirjasto, josta löytyy kattava määrä erilaisia huonekaluja ja teknisiä laitteita. Objekteja voidaan muokata tarpeen mukaan. Niiden osien kokoa, värejä, materiaaleja ja korkeusasemaa voidaan muuttaa. (Kuvio 14.) Koska projekti viimeistellään Twinmotionilla, joka on synkronoitu ArchiCAD:in kanssa, voidaan objektien värit ja materiaalit pitää pääosin alkuperäisinä, sillä ne viimeistellään lopulliseen muotoonsa Twinmotionissa.



Kuvio 14. Objekti kansiot sekä näkymä ArchiCAD:issä (ArchiCAD 23 2020)



Kun huonekalut ovat paikallaan, voidaan seiniä vielä tarpeen mukaan siirtää, jotta tila olisi käyttötarkoitukselleen sopiva sekä toimiva. Kiinteät kalusteet tehdään mitoiltaan standardien mukaisiksi. Kuvien selkeyttämiseksi on hyvä tehdä irtokalusteet katkoviivalla ja kiinteät kalusteet jatkuvalla viivalla.

Tässä vaiheessa pohjakuvan ensimmäinen luonnosversio alkaa olla valmis ja se voidaan hyväksyttää asiakkaalla, jotta päästään tekemään lupakuvia. (Kuvio 15.) Viimeistään lupakuviin lisätään vielä vaaditut tekstit, mitat, merkinnät sekä nimiö. (Liitteet 1–4.)



Kuvio 15. Valmis pohjan luonnos, joka meni lupakuvana (ArchiCAD 23 2020)

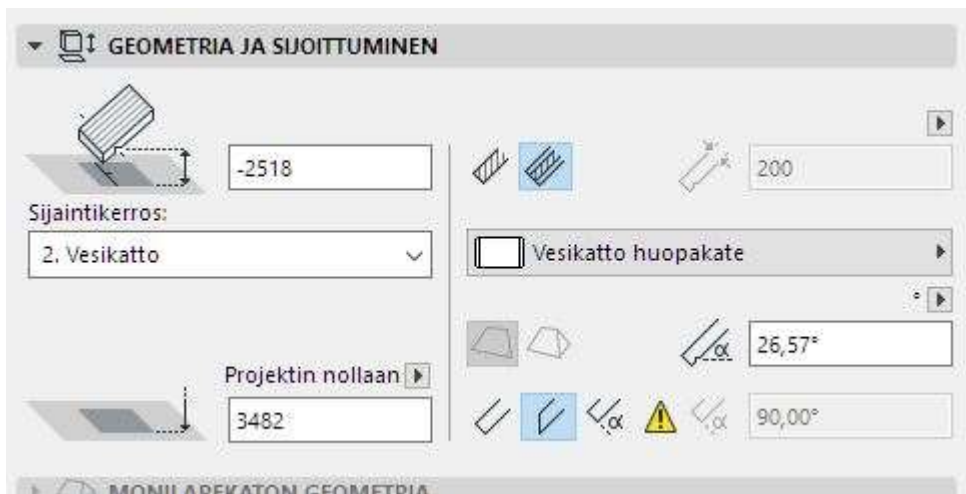
## 6.6 Ulkopuolen visualisointi

Ulkorakenteiden suunnittelu siten, että ne ovat taloon sopivia ulkonäöllisesti, että rakenteellisesti on välillä haastavaa. Pilarit toimivat luonnollisesti yläpohjan ja katon kannattajina. ArchiCAD ei kuitenkaan ilmoita niiden tarpeellisuudesta erikseen, vaan rakennesuunnittelija lisää ne tarpeen tullen. Pilareista, palkeista, kaiteista, portaista yms. voidaan koota komea kokonaisuus.



Kuvio 16. Valmis 3D-julkisivukuva rakennuksen edestä (ArchiCAD 23 2020)

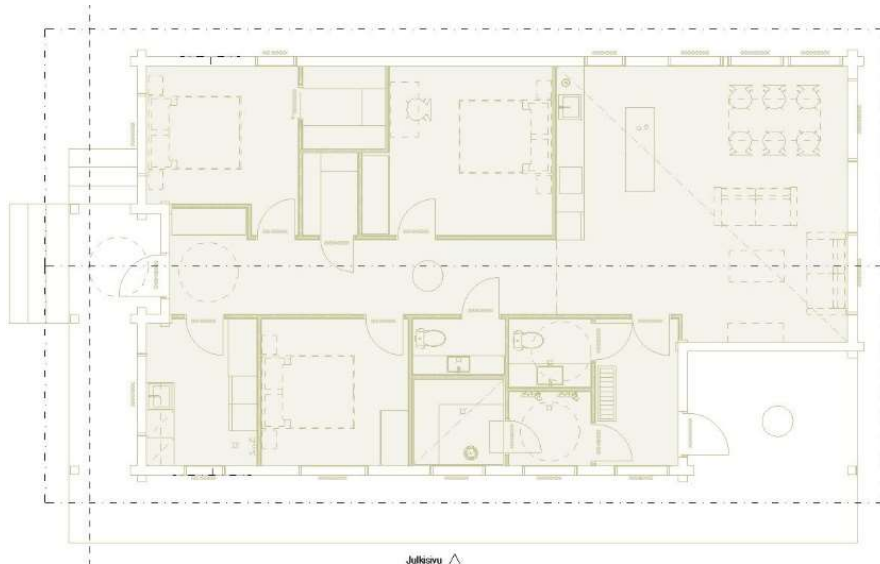
Kattojen kaltevuuksilla, väreillä, pinnoilla ja muodoilla voidaan myös muuttaa talon ulkonäköä ratkaisevasti. Korkeammalla, jyrkällä katolla voidaan huijata talo näyttämään isommalta kuin se onkaan. ArchiCAD:in kirjastosta löytyy myös esimerkiksi kattoturvatuotteita ja vesikouruja. Ne eivät toki ole pakollisia elementtejä, mutta mitä yksityiskohtaisemman talosta tekee suunnitteluvaiheessa, sitä helpompi lopullinen ulkonäkö on hahmottaa. (Kuvio 16.)



Kuvio 17. Katon asetusten määrittely (ArchiCAD 21 2020)

Katto mallinnetaan Katto -työkalulla vesikatto -kerrokseen. Katon korkeusasema määrätään saranalinjan korkeusaseman määrittelyllä, joka yleensä on katon ja ulkoseinäpinnan risteysmäkohta. Katto voidaan mallintaa joko perusmuodossa, eli

rakennusaineena tai rakennetyyppinä, jolloin katon rakenneosat voidaan eritellä samaan tapaan kuin seinien mallinnuksessa. Projektissa käytettiin rakennetyyppiä, jossa katemateriaalina on huopakate ja paksuus on 200 mm. (Kuvio 17.)



Kuvio 18. Katon asettelu (ArchiCAD 23 2020)

Harjakatto mallinnetaan kahdessa osassa, molemmat lappeet erikseen. (Kuvio 18.) Kun molemmat lappeet ovat paikoillaan, räystäät venytetään haluttuun pituuteen ja räystäiden kulmat asetetaan yleensä valmiista valikosta. Katon kaltevuuden määrittäminen tehdään asteina ja se kannattaa suorittaa ennen räystäiden venytystä.

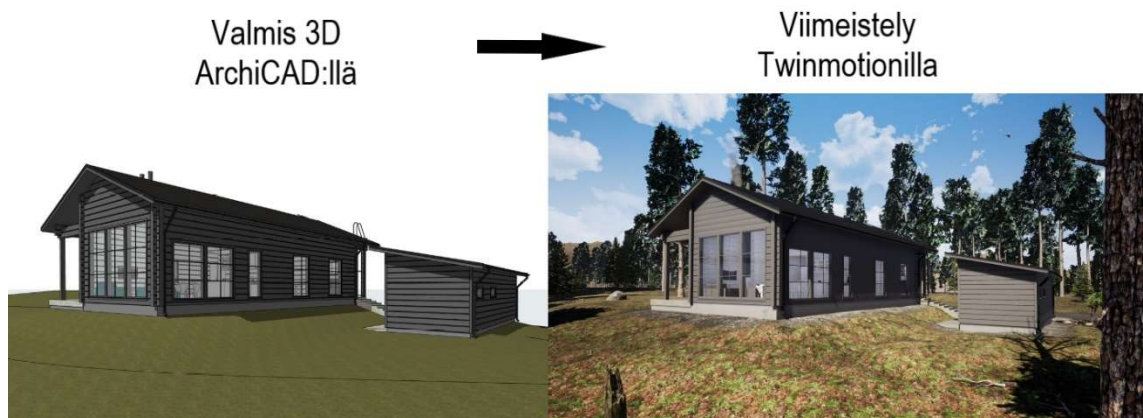
Katon läpi nousevia seiniä ei kannata lähteä lyhentämään mitallisesti, vaan helpoin tapa on käyttää Boolean toimintoa, joka löytyy Suunnittelu-välilehdestä. Boolean toiminnolla voidaan seinät ns. leikata katolla. Leikattavat seinät valitaan Boolean toiminnossa kohteeksi ja katto erikseen tekijäksi.

## 7 VIIMEISTELEVÄT TYÖT

### 7.1 Siirtyminen Twinmotioniin

Mallinnukseen saadaan elämää ja väriä, kun se vielä renderöidään Twinmotion -ohjelmassa. (Kuvio 19.) Ohjelman käsittely on helppoa ja yksinkertaista, eikä sen hallitsemiseksi tarvitse olla tietotekniikan moniosaaja. Ohjelman parissa toki voi vierähtää hetki, sillä yksityiskohtien luominen on tällä ohjelmalla hauskaa.

Vuodenajan, vuorokauden ajan ja sään vaihteluilla voidaan tehdä kuvista ja videoista todentuntuksia. Aurinko asetetaan nousemaan ja laskemaan oikeaan aikaan ja oikeaan suuntaan. Syksyllä sataa vettä, kun taas talvella lumi peittää maan. Projektin osapuolilla on helpompi hahmottaa mielessään rakennuksen lopullisen lopputuloksen sen tulevassa ympäristössä.



Kuvio 19. Renderointi Twinmotionilla (ArchiCAD 23 2020; Twinmotion 2020)

### 7.2 Ympäristö ja maasto

Maaston pintaa, korkeutta ja muotoa voidaan muokata joustavasti, vaikkakin tarkkuus on melko epätarkka. Rakennuksen ympärille voidaan istuttaa kasvillisuutta, liikennettä, eläimiä ja muita rakennuspaikkaan sopivia yksityiskohtia. Koska projektin kohde tontti sijaitsee lapin karuissa maisemissa, sopi ympäristöön parhaiten mäntymetsä ja muutama kelo puu. Pihalle aseteltiin vielä muutama pihlaja. Ohjelma pitää automaattisesti huolen, että puut ovat kaikki erilaisia yksilöitä, jotta lopputulos olisi luonnollisempi. (Kuvio 20.) Twinmotionissa kaikki objektit sekä esimerkiksi pinnat asetetaan raahaamalla paikoilleen.



Kuvio 20. Maaston yksityiskohtia (Twinmotion 2020)

### 7.3 Pinnat

Koska Twinmotion on synkronoitu ArchiCAD:in kanssa, se tavallaan ymmärtää ArchiCAD:issä asetetut rakenteiden ja objektien värit omina kokonaisina pintoina. Esimerkiksi mikäli seinän väriksi on asetettu Valkoinen kiiltävä ja samaa väriä käytetään myös jossain objektissa, Twinmotion tulkitsee pinnat automaattisesti samaksi ja vaihtaa molempia värejä, mikäli ohjelmassa muutetaan toista. Siksi kannattaakin valita sisä- että ulkorakenteille ja objekteille omat värisävynsä. Tämän voi tehdä ArchiCAD:issä myös kesken Twinmotionin käytön, sillä muutos päivittyy kyllä Twinmotioniin. Pintojen väriä ei välttämättä tarvitse vaihtaa, mikäli se ei täysin miellytä, vaan alkuperäistä väriä voidaan myös kätevästi esimerkiksi vaalentaa tai tummentaa.



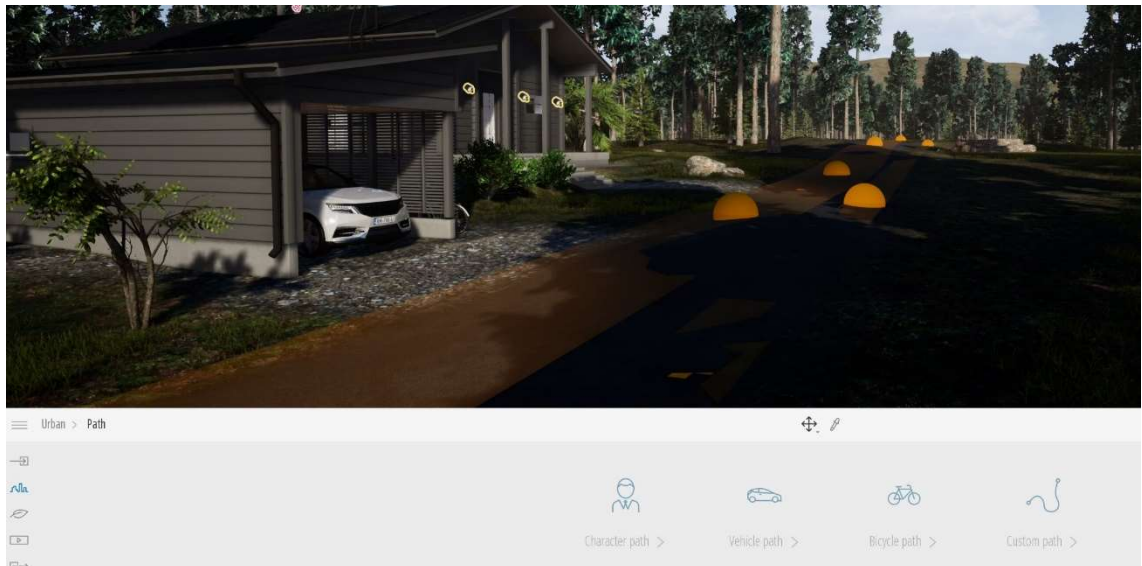
Kuvio 21. Erilaisia pintoja (Twinmotion 2020)

Myös Twinmotionin objektien pintoja voidaan muuttaa. Esimerkiksi (Kuvio 21.) huonekalujen tekstiilejä ja materiaaleja voidaan vaihtaa ja niiden värisävyjä tai vaikka kuvion kokoa ja heijastusta muuttaa, aivan kuten ArchiCAD:istä tuotujen

objektienkin. Peittävien pintojen lisäksi Twinmotionissa on käytössä esimerkiksi myös omat ikkunan lasit ja peilipinnat.

#### 7.4 Valaistus ja muut objektit

Erimallisia valoja voidaan asettaa pinnoille ja niiden voimakkuutta, sävyä, säteen laajuutta sekä valon suuntausta voidaan säätää. Niihin voidaan myös asettaa toiminto, joka sammuttaa ne päiväksi. Lisäksi valot voidaan kopioidessa asettaa ns. sarjaan, jolloin ne syttyvät ja sammuvat samaan aikaan ja lisäksi kun yhtä muokataan, muutkin sarjassa olevat muokkaantuvat samaan aikaan.



Kuvio 22. Polut (Twinmotion 2020)

Tielle voidaan asettaa kulkuvälineitä ja ihmisiä liikkumaan haluttuun tahtiin ns. poluille tai vaikka taivaalle lentokoneita lentämään. (Kuvio 22.) Projektiin lisättiin auto autokatokseen, polkupyörä nojaamaan katoksen kylkeen ja takaterassin kamiinaan tuli tunnelmaa luomaan sekä piipusta savua tupruttamaan.



Kuvio 23. Olohuone (Twinmotion 2020)

Sisälle olohuoneeseen, keittiöön ja ruokailutilaan saatiin eloa ja väriä, kun esimerkiksi sohvapöydälle aseteltiin lehtiä, kaukosäädin ja ruukkukasvi. Sohvalle laitettiin kodinomaisesti tyynyjä ja vielä lapsi istumaan tylsistyneen näköisenä. Lattialle lisättiin mattoja ja seinille tauluja. (Kuvio 23.)



Kuvio 24. Keittiö (Twinmotion 2020)

Keittiössä nainen, vaikkapa pojan äiti puhuu työasioita puhelimessa. Auki oleva kannettava tietokone on jäänyt saarekkeelle, jonka edessä oleva jakkara on työnnetty rennosti vinoon. (Kuvio 24.) Henkilöiden liikkumista ja asentoja voidaan muuttaa, samoin kuin esimerkiksi heidän vaatteitaan. Ohjelman avulla on helppo kuvitella ihmiset ja mahdolliset lemmikit asumaan ja elämään valmiiseen taloon.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 8.1 Tehokkuus

3D-mallinnusavusteinen talosuunnittelu hyödyttää tehokkuudellaan niin talomyyjää, arkkitehtiä, rakennesuunnittelijaa kuin asiakasta sekä lisäksi muita rakennusprojektiin osallistuvia henkilöitä. Rakennuksen luonnoskuvat, sekä 3D-kuvat valmistuvat nopeasti asiakkaan tarkastettavaksi, jonka jälkeen niitä voidaan muokata helposti vaikka yhdessä asiakkaan kanssa.

3D-mallinnusohjelmien käytön tehokkuutta heikentää uusien ohjelmistojen opetteluun kuluva aika. Suunnittelijan tulee hallita 3D-ohjelman pikakomennot sekä ominaisuudet hyvin, jotta suunnittelu olisi mahdollisimman tehokasta.

### 8.2 Mahdollisuudet

3D-mallinnuksessa on monia hyötyjä, joita ei tässä opinnäytetyössä käydä läpi, mutta mikäli asia yhtään kiinnostaa, siitä kannattaa ottaa selvää. Esimerkiksi rakentamisen taloudellisuus, laatu, turvallisuus ja aikataulutukset ovat asioita, joihin voitaisiin 3D-mallinnuksella vaikuttaa.

Mahdollisten muutosten reaaliaikainen päivittyminen kuviin mahdollistaa työmaan jouhevan etenemisen ilman tietokatkoja. Kuviin voidaan merkitä muutosten päivämäärät, jolloin esimerkiksi rakennusmateriaalien tilaus ja projektin henkilöstön aikataulutukset sujuu ongelmitta. Samalla myös laatu ja turvallisuus paranevat. Lisäksi logistiikan ja varastoinnin järjestäminen tapahtuu sujuvammin, kun tilantarve hahmottuu helpommin.

### 8.3 Ongelmat

Jotta 3D-mallinnuksesta saataisiin kaikki hyödyt irti luonnoskuvien suunnittelusta aina koko rakennuksen elinkaaren ajan loppuun asti, pitäisi kaikkien projektiin osallistuvien pystyä käyttämään 3D-mallia ja tekemään siihen omia merkintöjä. Kyseistä tekniikkaa nimitetään tietomallintamiseksi, eli kaikki tieto tulisi olla yhdessä paikassa. (Tietomallinnus 2020) Tämä ei kuitenkaan välttämättä ole mahdollista esimerkiksi 3D-mallinnusohjelman puutteen vuoksi, sillä ohjelmiston



lisenssit ovat monelle kallis sijoitus. 3D-mallia ja sen hyötyjä ei välttämättä osata tai vain haluta käyttää, tai laitteisto, jolla ohjelma saataisiin toimimaan hyvin, puuttuu.

#### 8.4 Rakennuttajien kokemuksia

Asiakkailla on helppo hahmottaa uuden rakennuksen lopullinen ulkonäkö jo projektin suunnitteluvaiheessa 3D-mallin avulla. Rakenteiden ja kiinteiden kalusteiden mittasuhteet ja paikat on helpompi hahmottaa, kuin 2D-mallissa, jossa on paljon erilaisia vaikeaselkoisia symboleja ja tekstejä. Heidän on helppo itse esittää eri vaihtoehtoja ja keksiä uusia ideoita. Monesti asiakkaat haluavat katsella vielä erikseen kotona 3D-malleja. Asiakkaiden kokemukset 3D-mallinnus palvelusta ovat olleet todella positiivisia, ja he ovat kokeneet palvelun laadukkaaksi ja pääosin hintansa arvoiseksi.

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli havainnollistaa 3D-mallinnuksen hyötyjä talosuunnittelussa ja houkutella talonrakennusalan ihmisiä tutustumaan aiheeseen. Aiheesta oli melko haastavaa kirjoittaa tarpeeksi selkeästi, mutta kiinnostavasti. Lisäksi eri toimintojen havainnollistaminen olisi ollut helpompaa esimerkiksi videoilla, kuin kuvakaappauksilla. Onneksi mallintamiseen voi halutessaan tutustua tarkemmin esimerkiksi eri videopalveluiden kautta.

Alun perin tarkoituksena oli opinnäytetyön esimerkkitalon mallintamiseen kuluneen ajan tarkka seuranta, mutta tämä osoittautui mahdottomaksi havainnekuvien ottamisen ja opinnäytetyön ajankohtaisen päivittämisen vuoksi. Lopulta opinnäytetyössä keskityttiin lähinnä rakenneosien ja objektien sijoitusten helppouteen ja ristiriidattomuuteen eri työnäkymien kautta tarkasteltaessa, sekä lisäksi muokkauksen helppouteen projektin eri vaiheissa.

Mielestäni opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin, vaikkakin olisi ollut mielenkiintoista saada vielä lisäksi liitettyä työhön konkreettista tietoa ajan säästymisestä eri vaiheissa. Kenties tietomallinnuksen yleistyessä tulevaisuudessa saadaan ihan oikeaa tutkimustietoa aiheesta. Rakennusala on kuitenkin jatkuvasti kasvava ala, joka kehittyy ja monipuolistuu vuosi vuodelta. Jotta tarjonta tulevaisuudessa vastaisi kysyntään, vaaditaan jatkuvaa lisäkoulutusta ja uuden opettelua.

## LÄHTEET

Anttonen T. 2016. 3D-mallinnuksen hyödyntäminen rakennussuunnittelussa. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Epic Games, Inc 2020. Twinmotion. Viitattu 11.2.2020  
<https://www.unrealengine.com/en-US/twinmotion>.

Heino H. & Jantunen H. 2006. CESIS-PROJEKTI- Rakennussuunnittelu ja 3D-mallinnus. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Talonrakennustekniikka. Tutkintotyö  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9486/TMP.objres.691.pdf?sequence=9&isAllowed=y>.

IFC IFC-tiedonsiirto. M.A.D ArchiCAD 2013. Viitattu 10.2.2020.  
[https://www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja16/YS.IFC\\_web.pdf](https://www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja16/YS.IFC_web.pdf).

Infokartta Oy. 2020. InfoGIS. Sodankylä. Viitattu 24.3.2020  
<https://www.infogis.fi/sodankyla/?link=wNEhe7Z6Zr>.

M.A.D. ArchiCAD 2010. Alkuun. Rakennussimulaattorin ohjekortisto. s. 1-2. Viitattu 22.1.2020.

-2011. Pikaopas s. 1. Viitattu 22.1.2020

Raksystems 2019. 1970-luvun pientalot ja niille ominaiset rakenneratkaisut. Viitattu 15.1.2020 <https://www.raksystems.fi/talotohtori/1970-luvun-pientalot-ja-niille-ominaiset-rakenneratkaisut/>.

Raksystems 2019. 1980-luvulla rakennettiin monimuotoisia Kahi-tiilitaloja. Viitattu 12.2.2020 <https://www.raksystems.fi/blogi/1980-luvulla-rakennettiin-monimuotoisia-kahi-tiilitaloja/>.

Rintamamiestalot yhä suosiossa 2014. Rakentaja. Sanoma Media Finland Oy. Viitattu 15.1.2020  
[https://www.rakentaja.fi/artikkelit/12048/rintamamiestalot\\_yha\\_suosiossa.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/12048/rintamamiestalot_yha_suosiossa.htm).

Tietomallinnus 2020. RIL. Viitattu 6.4.2020 <http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>.

Twinmotion 2020. Graphisoft se. Viitattu 11.2.2020  
[https://www.graphisoft.com/archicad/partner\\_solutions/twinmotion/](https://www.graphisoft.com/archicad/partner_solutions/twinmotion/).

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. COBIM -hankkeen osapuolet. 2012. Viitattu 10.2.2020 [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_1\\_yleinen\\_osuus.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf).

Yrityksestä. M.A.D. 2019. Viitattu 22.1.2020 <https://mad.fi/m-a-d-yrityksesta>.

## LIITTEET

- Liite 1. ARK 2 pääpiirustus
- Liite 2. ARK 3 Julkisivut
- Liite 3. ARK 4 Leikkaus
- Liite 4. ARK 1 Asema



