

Jaakko Hämäläinen

# **ArchiCAD- ja Revit-ohjelmiston soveltuvuus pistepilvi- avusteiseen tietomallinnukseen**

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

**SeAMK** 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Jaakko Hämäläinen

Työn nimi: ArchiCAD- ja Revit -ohjelmiston soveltuvuus pistepilviavusteiseen tietomallinnukseen

Ohjaaja: Hannu Haapamaa

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 29

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Opinnäytetyön toimeksiantaja ProSolve Oy tarjoaa asiakkaille laserkeilauksia ja mallinnuspalveluita. Rakennuskohteiden mallintamiseen on yrityksessä tähän asti käytetty Autocadin Revit-mallinnusohjelmistoa. Yrityksessä oli tarkoitus ottaa käyttöön myös Agrisoftin ArchiCAD-mallinnusohjelmisto. ArchiCAD oli toimeksiantajalle entuudestaan vieras pistepilvimallinnusominaisuuksien puolesta. Tarkoituksena oli perehtyä ohjelmiston käyttöön ja tutkia sen soveltuvuutta pistepilviavusteiseen mallinnukseen käytettävyyden ja tehokkuuden kannalta.

Aluksi tutustuttiin laserkeilaukseen, pistepilvien muodostumiseen ja mallintamisen vaatimukseen. Seuraavaksi vertailtiin, miten pistepilvien tuonti ohjelmistoihin onnistuu ja mitä eroja se pistepilvien käsittelyltä vaatii.

Lopuksi vertailtiin ohjelmistojen mallinnusominaisuuksia ja mallinnustyökalujen käytettävyyttä mallintamalla molemmilla ohjelmistoilla saman pistepilviaineiston perusteella.

Avainsanat: laserkeilaus, 3D-mallinnus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Jaakko Hämäläinen

Title of thesis: ArchiCAD and Revit software's suitability for the point cloud supported modelling

Supervisor: Hannu Haapamaa

Year: 2019      Number of pages: 29      Number of appendices: 1

---

The principal of the thesis, ProSolve Oy, offers laser scanning and modelling services. Until now Autocad Revit modelling software has been used for the modelling of building projects. In the company the intention was to take into use Agrisoft ArchiCAD modelling software as well. ArchiCAD modelling software, especially point cloud property, was a foreign software. The purpose of the thesis was to study the use of the software and to study its suitability for the point cloud supported modelling.

First laser scanning, the forming of point cloud, and the demands of the modelling were studied. Next, it was researched how the import of point cloud to the software would succeed, and what it would require of the handling of point cloud.

Finally, a comparison was made on the software's modelling features and the usability of the modelling tools by making an inventory model with the assistance of the same point cloud.

Keywords: laser scanning, 3D modeling

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	6
1 JOHDANTO.....	7
2 TEORIA .....	8
2.1 Laserkeilaus.....	8
2.2 Tietomallintaminen .....	10
2.2.1 Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012.....	11
2.2.2 Lähtötilanteen mallinnus .....	12
3 INVENTOINTIMALLINNUS ERI OHJELMISTOILLA .....	15
3.1 Pistepilviaineiston käsittely.....	16
3.2 Pistepilvien tuonti mallinnusohjelmistoihin .....	17
3.3 Pistepilvimallinnus.....	18
3.3.1 Pilarit ja palkit.....	20
3.3.2 Seinät.....	20
3.3.3 Laatat.....	21
3.3.4 Katot .....	21
3.3.5 Muunteet.....	21
3.3.6 Objektit, ovet ja ikkunat .....	22
3.3.7 Portaat, kaiteet ja rampit .....	22
3.3.8 Epätasaiset pinnat .....	23
3.3.9 2D-piirustukset ja tiedostokäännökset.....	23
4 VERTAILUN TULOS .....	25
5 POHDINTA .....	27
LÄHTEET .....	28
LIITTEET .....	29

## **Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo**

Kuva 1. Esimerkkikohteen pistepilvi ArchiCADin 3D-näkymässä. ....	15
Kuva 2. Mallinnettu kuva Revitin 3D-näkymässä. ....	16
Kuva 3. Pistepilven vaakaleikkaus pilarin kohdalta ArchiCADissä.....	19
Kuva 4. Pystyleikkaus seinälinjan edestä ArchiCADissä.....	19
Kuvio 1. Laserkeilaimien tyyppejä.....	9

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>BIM</b>	Rakennuksen tietomalli / rakennuksen tietomallinnus.
<b>IFC</b>	Ohjelmistosta riippumaton tuotemallitiedon siirtostandardi.
<b>Inventointimalli</b>	Olemassa olevien rakennusten mallinnus.
<b>Laserkeilaus</b>	Mittaustapa, jolla kohteesta saadaan lasersäteiden avulla mittatarkkaa kolmiulotteista tietoa kohteeseen koskematta.
<b>Natiivimalli</b>	Sovellusohjelmiston alkuperäisen mallitiedoston sisäinen tallennusmuoto.
<b>Pistepilvi</b>	Kolmiulotteinen erillisistä pisteistä muodostuva kuva mitattavasta kohteesta, saatu esimerkiksi laserkeilauksen tuloksena.
<b>Rakennuksen Tietomalli</b>	Rakennusosista koottu digitaalinen kolmiulotteinen malli, joka sisältää osien geometria- ja ominaisuustietoa.

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyn toimeksiantaja on ProSolve Oy. ProSolve Oy on vuonna 2004 perustettu jyväskyläläinen insinööritoimisto, joka työllistää noin 30 henkilöä. Yritys on jakautunut kolmeen eri toimialueeseen: ProLine, ProKipa ja ProDigit. ProLine tekee pääsääntöisesti konesuunnittelua, ProKiPa vastaa kiinteistöpalveluista esimerkiksi rakennuttamisesta ja ProDigitin vastuulla on 3D-skannauspalvelut. (ProSolve, [Viitattu 11.12.2018].)

ProSolve oy:n ProDigit tekee erityyppisiä 3D-skannauksia laserskannerilla (ProSolve, [Viitattu 11.12.2018]). ProSolve Oy:llä on käytössään laserkeilain Faro Focus 3D 120. Osa yritykselle tulevista laserkeilaustoimeksiannoista on olemassa olevien rakennusten laserkeilausta ja mallinnusta, esimerkiksi tulevan korjausrakentamishankkeen suunnittelun helpottamista varten. Usein vanhoista rakennuksista ei ole paikkansapitäviä rakennuspiirustuksia tai nykyaikaista 3D-mallia. Rakennuksen laserkeilauksen tuloksena saadaan pistepilviaineisto. Pistepilviaineiston avulla rakennukset on mallinnettu inventointimalliksi Autodeskin Revit-ohjelmistolla. Yrityksen asiakkailta on ollut toiveena saada valmis inventointimalli myös Graphisoftin Archicad-ohjelmistolla tehtynä. Usein asiakkaat hyödyntävät mallia rakennuksen korjaussuunnitteluun ja helpointa jatkosuunnittelu olisi samalla ohjelmistolla, jolla inventointimalli on tehty. Opinnäytetyön tavoitteena on ottaa yritykselle entuudestaan pistepilvimallinnusominaisuuksien puolesta tuntematon Archicad-ohjelmisto käyttöön yrityksessä ja perehtyä nimenomaan ohjelmiston pistepilvimallinnusominaisuuksiin. Lisäksi on tarkoitus vertailla ohjelmistojen (Revit ja Archicad) eroja, käytettävyyttä ja nopeutta inventointimallin tekemiseen pistepilviaineiston avulla.

## 2 TEORIA

### 2.1 Laserkeilaus

Laserkeilain on mittalaite, jolla pystytään mittaamaan pisteitä mitattavaan kohteeseen koskematta. Mittalaitteesta lähtee liikkeelle lasersäde, jonka avulla mitataan kohteen etäisyys mittalaitteesta esimerkiksi valon kulkuaikaan perustuen. Lisäksi mittalaite mittaa lasersäteen lähtökulman sekä pysty- että vaakatasossa. Näiden tietojen avulla mittalaite laskee jokaiselle pisteelle x-, y- ja z-koordinaatit. (Vahur 2006, 1.)

Laserkeilaimet voi luokitella kolmeen pääluokkaan:

1. Kaukokartoitus-laserkeilaimet, joita käytetään lento- ja helikopterista. Mittausetäisyys näissä laitteissa on 0,1-100 km ja mittapisteen tarkkuus on noin 10 cm.
2. Maalaserkeilaimet, joiden mittausetäisyys on 1-300 metriä ja joissa mitaustarkkuus on alle 2 cm.
3. Teollisuuslaserkeilaimet, joilla mitataan pieniä kohteita alle millimetrin tarkkuudella ja alle 30 metrin etäisyydellä.

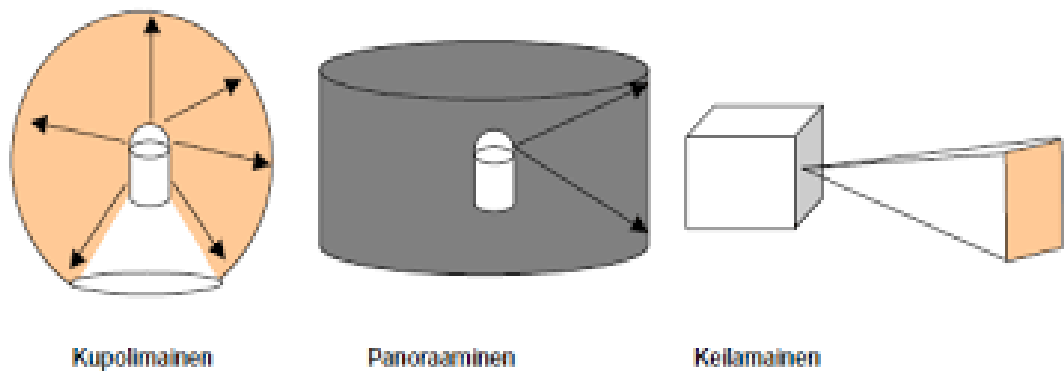
(Vahur 2006,1-2.)

Maalaserkeilaimet voidaan jakaa toimintaperiaatteen mukaan lisäksi neljään eri tyyppiin:

1. Kupolimainen mittaustapa
2. Panoraaminen mittaustapa
3. Keilamainen mittaustapa
4. Optinen kolmiomittaus.

(Vahur 2006,1-2.)





Kuvio 1. Laserkeilaimien tyyppejä (Vahur 2006, 2).

ProSolve Oy: käytössä oleva Faro -merkkinen laserkeilain perustuu kupolimaiseen mittaustapaan.

Laserkeilauksen lopputuloksena syntyy kolmiulotteinen pistepilvi. Nykyisin enemmistö käytettävistä maalaserkeilaimista perustuu juuri kupolimaiseen mittaustapaan. Hyvänä puolena kupolimaisessa mittaustavassa on mitta-alueen laajuus, joten mittaamatta jää vain pieni alue laitteen alapuolelta. Huonona puolena on pistepilven tiheyden pieneneminen pitkillä etäisyyksillä. Mitattavien pisteiden välimatka kasvaa etäisyyden funktiona. Nykyaikaiset laitteet pystyvät kuitenkin mittaamaan tiheään pistepilven myös pitkille matkoille, kun mittausaika on riittävän suuri. (Vahur 2006, 2.) Käytäntö on osoittanut, että rakennuksen ulkopuolella julkisivuja mitattaessa mittausaika on pidempi, kun vastaavasti sisätiloissa voidaan mittausaikaa lyhentää laadun pysyessä kuitenkin riittävän tarkkana.

Laserkeilauksen tuloksena saadun pistepilven laatuun vaikuttavat tekijät voidaan jaotella kolmeen eri ryhmään seuraavasti:

1. Yksittäisen pisteen laatu
2. Pistepilven tiheys
3. Pistepilvien yhdistämisen tarkkuus.

(Vahur 2006, 3.)

Yksittäisen pisteen laatuun vaikuttava tärkeä tekijä on kulma, jossa mittaussäde osuu kohteeseen. Jyrkässä kulmassa olevat kohteet aiheuttavat pisteiden hajontaa.

Paluusignaalin laatu ja voimakkuus riippuu myös pinnan materiaalista ja mittauasetäisyydestä. Esimerkiksi rapatulta pinnalta mittaussignaali palautuu eri tavalla kuin maalatulta seinältä. (Vahur 2006, 3.)

Pistepilvet mitataan yleensä kohteen mallintamista varten. Mallintamisen laatuun vaikuttaa suoraan pistepilven tiheys eli pisteiden keskinäinen etäisyys. Voidaankin sanoa, että mitä tiheämpi pistepilvi on, sitä tarkemmin mallinnus voidaan tehdä. (Vahur 2006, 3.)

Yleensä mitattavaa kohdetta ei pysty mittaamaan vain yhdeltä kojepisteeltä, vaan mittaustieto tarvitaan myös piiloon jäävistä osista. Pistepilvien yhdistämiseen yhdeksi isoksi pistepilveksi on olemassa monia menetelmiä. Tarkin keino yhdistämiseen on käyttää mittaustilanteessa tähyksiä, joilla eri pistepilvet yhdistetään samaan koordinaatistoon tietokoneohjelmistolla. Jokaisesta pistepilvestä täytyy löytyä vähintään kolme yhteistä tähyistä, jotta yhdistyminen tähyksien avulla onnistuu. (Vahur 2006, 4.)

Pistepilvet voidaan yhdistää myös eri pistepilvissä olevan saman pinnan avulla tai, jos pistepilvien yhteinen peitto on riittävän suuri, ohjelmisto tunnistaa ja yhdistää pilvet. Isommissa projekteissa yleensä käytetään kaikkia kolme eri yhdistämistapaa. (Vahur 2006, 4.)

## **2.2 Tietomallintaminen**

Rakennusten suunnittelu on 1990-luvulla muuttunut käsin piirtämisestä CAD-pohjaiseen digitaaliseen suunnitteluun. Seuraavana askeleena perinteisestä kaksiulotteisesta suunnittelusta siirryttiin kolmiulotteiseen suunnitteluun (3D), joka on ollut pääasiassa rakennusten osien muodon visuaalista kolmiulotteista kuvaamista. Nykyään on siirrytty jo tietomallintamiseen. (Penttinen, Nissinen & Niemioja 2006, 3.)

Tietomallintaminen eroaa 3D-mallintamisesta siten, että visuaalisen kolmiulotteisen muodon lisäksi tietomalliin liittyy myös rakennuksen osien ja niihin liittyvien tietojen kuvaus. Tietomallin avulla rakennusten suunnittelussa, toteutuksessa, käytössä ja ylläpidossa tarvittava tieto on hallittavissa paremmin kuin perinteisissä piirustuk-

sisä. Perinteiset piirustukset on tarkoitettu ihmisten luettaviksi, kun taas tietomallipohjainen tieto on ihmisen lisäksi myös tietokoneohjelmien tulkittavissa. (Penttinen ym. 2006, 3-8.)

Rakennuksen tietomallista käytetään lyhennettä BIM, joka tulee englanninkielien sanoista: Building Information Model. BIM-käsite on laajentunut ja sillä tarkoitetaan rakennuksen ja rakentamisprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta digitaalisessa muodossa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 15.)

Mallinnus on helpottanut myös suunnittelijan työtä. Mallista saadaan monia tietoja helpommin, kun ne ennen piti laskea manuaalisesti. Yksi suurimmista asioista, jota mallinnus on helpottanut, on suunnitelmien tarkastaminen ja yhteensovittaminen eri suunnittelualojen kanssa. Kaikkien eri suunnitteluosapuolien on kuitenkin sitouduttava kurinalaisuuteen ja yhteisten toimintatapojen noudattamiseen, jotta saadut mallit toimivat yhdessä yhdistelmämallina oikein. (Mannila 2018, 20.)

Tietomallien sisältöä pyritään vakioimaan siten, että eri ohjelmilla luodusta mallista tehtyä IFC-mallia voisi automaattisesti lukea oikein mahdollisimman monella eri ohjelmalla (Mannila 2018, 20).

Tietomallinnus kehittyi ohjelmistojen, tiedonsiirtomenetelmien ja ohjeistuksen osalta nopeasti. Kehitys vaikuttaa myös tietomallien hyödyntämismahdollisuuksiin tulevaisuudessa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 1.)

### **2.2.1 Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012**

Senaatti-kiinteistöt julkaisi vuonna 2007 tietomallivaatimukset ja ne päivitettiin vuosina 2011-2012 COBIM-hankkeen muodossa. Hanketta rahoittivat Senaatti-kiinteistöjen lisäksi joukko muita kiinteistön omistajia ja rakennuttajia, rakennusliikkeitä ja ohjelmistotaloja. Päivitystyön tuloksena syntyi yleiset tietomallivaatimukset. Tarve vaatimuksille tuli rakennusalalla nopeasti kasvavasta tietomallintamisen käytöstä. (YTV 2012 Osa 1, 2.)

Tietomallivaatimukset 2012 julkaisusarja on 14-osainen ja kattaa uudis- ja korjausrakentamiskohteet sekä rakennusten käytön ja ylläpidon. Mallinnusvaatimuksissa todetaan mallinnuksen ja mallien tietosisällön vähimmäisvaatimukset. (YTV 2012 Osa 1, 5.)

Tietomallivaatimuksissa on määritelty yleiset tekniset vaatimukset mallille. Eri suunnitteluohjelmistot eivät suoraan voi hyödyntää toistensa tietomalleja (YTV 2012 Osa 2, 20). Lähtökohtaisesti kaikki mallit luovutetaan hankkeen tilaajille IFC-tiedostomuodossa ja mallinnuksessa käytetyn ohjelmiston omassa tiedostomuodossa (natiivimalli). Jos muita tiedostomuotoja käytetään, on siitä sovittava tapauskohtaisesti tilaajan kanssa. (YTV 2012 Osa 1, 6-10.) Esimerkiksi arkkitehti ei pysty täysin hyödyntämään IFC-muotoista inventointimallia. IFC-tiedonsiirrossa malleista katoaa parametrisyys eikä rakennusosien muokkaaminen onnistu. Tästä johtuen inventointimalli tulisi tilata tehtynä sillä ohjelmistomuodolla, jota arkkitehti käyttää. (YTV 2012 Osa 2, 20.)

Tilaajan kanssa sovitaan myös yhteisen koordinaatiston käytöstä. Mittayksikkönä tietomallissa on yleensä millimetrit. Mallinnuksessa tulisi pyrkiä käyttämään ohjelmiston työkaluja niiden varsinaiseen käyttötarkoitukseen, eli esimerkiksi seinät tulisi mallintaa seinätyökaluilla. Yleisohjeena on lisäksi, että mallintaminen tapahtuu keroksittain, mikä helpottaa sitten mallin jatkokäyttöä. (YTV 2012 Osa 1, 6-10.)

Jokaisen mallin mukana tulee tilaajalle palauttaa tietomalliselostus. Tietomalliselostus sisältää kuvauksen mallin sisällöstä, käytetyistä mallinnustavoista ja mahdollisista poikkeamista vaikkapa mallinnusohjelman työkalujen käytössä. Olennaista tietomalliselosteesta on kertoa myös mallin tarkkuudesta ja valmiusasteesta. (YTV2012 Osa 1, 9-10.) Inventointimallin tietomalliselostuksessa tulee olla myös mittausmenetelmä ja ajankohta sekä lähtötietojen alkuperä (YTV 2012 Osa 2, 9).

### **2.2.2 Lähtötilanteen mallinnus**

Yleisistä tietomallivaatimuksista osa 2 käsittelee lähtötilanteen, eli esimerkiksi olemassa olevan rakennuksen, mallintamista ja siihen liittyviä vaatimuksia (YTV 2012 Osa 2, 6-7).

Aina projektin alussa tulee määritellä vaatimukset lähtötilanteen mallintamisen sisällölle ja tarkkuudelle. Tontin ja rakennusten mallinnus tehdään paikalla tehtävien mittausten perusteella. Mittausta voidaan täydentää ja helpottaa esimerkiksi olemassa olevien piirustusten avulla. (YTV 2012 Osa 2, 6-7.)

Laserkeilausmittauksen mittaustarkkuuden yleisohjeena on, että kohinan aiheuttama virhe on maksimissaan  $\pm 10$  mm ja pistepilven pistetiheys eli resoluution tulisi olla alle 5 mm. Vanhojen rakennusten ollessa kyseessä ei täydelliseen tarkkuuteen pääseminen ole tarkoituksenmukaista. Inventointimallin mallinnustarkkuuden sallitut mittapoikkeamat ovat rakennusten nurkassa 10 mm, pinnoilla 25 mm ja vanhoissa epäsäännöllisissä rakenteissa 50 mm. (YTV 2012 Osa 2, 9-13.)

Inventointimallin mallintamiseen on olemassa kolme eri tarkkuustasoa: (YTV 2012 Osa 2, 14-17.)

1. Tilamalli, johon on mallinnettu

- ukoseinät ilman yksityiskohtia
- ikkunoiden paikat ilman karmeja
- ulko-ovien paikat ilman yksityiskohtia
- tilavaraukset sisätiloihin
- vesikatot.

2. Rakennusosamalli, johon on mallinnettu ensimmäisen tason lisäksi

- 3D-pintamalli
- säilytettävä kasvillisuus
- aluerakenteet
- alapohja näkyviltä osin
- runko näkyviltä osin ilman yksityiskohtia
- ikkunat karmeineen ja puitteineen
- ulko-ovet karmeineen
- vesikattorakenteet yksinkertaistettuna
- kattoikkunat ja -luukut
- tilan jako-osat ilman yksityiskohtia
- sisäkattorakenteet ilman yksityiskohtia
- vakiokiinto- ja saniteettikalusteet tilavarauksina
- tulisijat ja hormit ulkopuolelta näkyviltä osin.

3. Rakennusosamalli, johon on mallinnettu edellisten lisäksi
- pintojen päällysteet
  - aluevarusteet
  - runko yksityiskohtineen
  - ulkoseinät yksityiskohtineen ja koristeaiheineen
  - julkisivuvarusteet
  - ulkotasot
  - vesikattorakenteet sovitun toleranssin mukaan
  - räystäsrakenteet
  - tilanjako-osat yksityiskohtineen
  - tilapinnat yksityiskohtineen
  - hoitotasot ja kulkurakenteet
  - hissit.

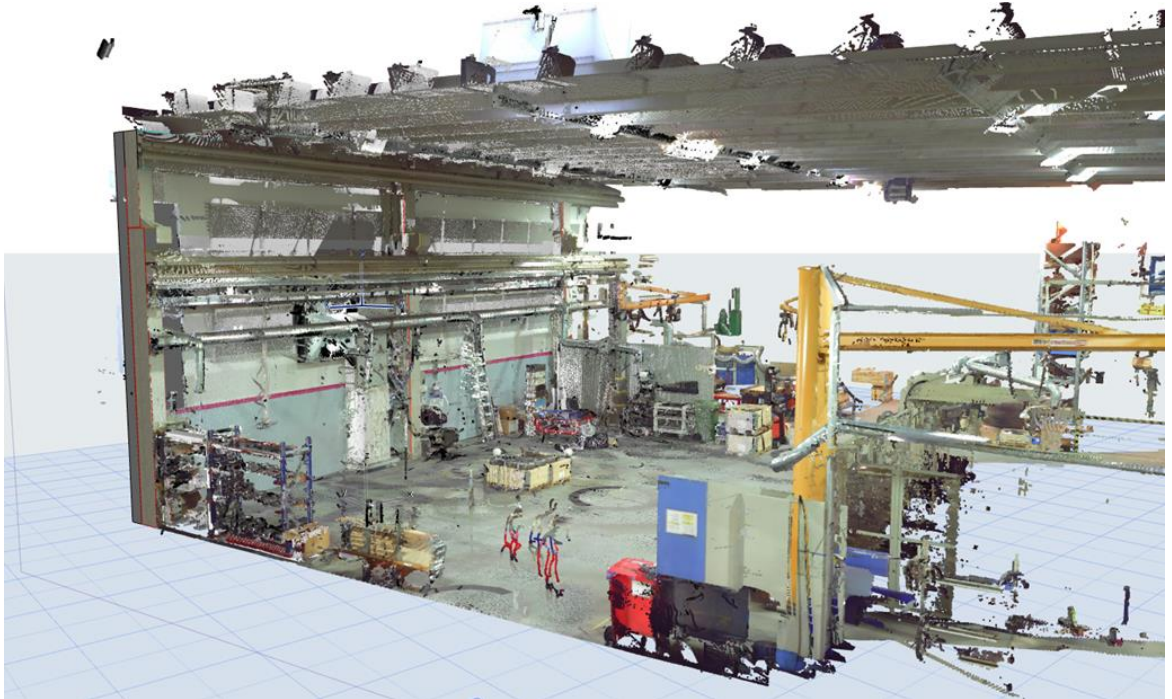
(YTV 2012 Osa 2, 14-17.)

Mittauksen ja mallinnuksen jälkeen on laadunvarmistustoimenpiteenä tarkistettava sekä mittausaineisto ennen mallinnuksen aloittamista että inventointimalli mallinnuksen jälkeen. Mittausaineistosta tulisi tarkistaa, että kaikki tarvittavat kohteet on mitattu, aineistossa ei ole sisäisiä virheitä, aineisto on yhdistynyt oikein sekä mahdolliset poikkeamat on kirjattu tietomalliselostukseen. Inventointimallin tarkistuslistalla on ainakin seuraavat seikat: mallin ja piirustusten mittatarkkuus, tilat ja rakennukset on mallinnettu sovitun mukaisesti eikä mallissa ole törmäyksiä tai päällekkäisyyksiä. Lisäksi tietomalliselostus on päivitettävä, myös valmiista mallista. (YTV 2012 Osa 2, 24-25.)

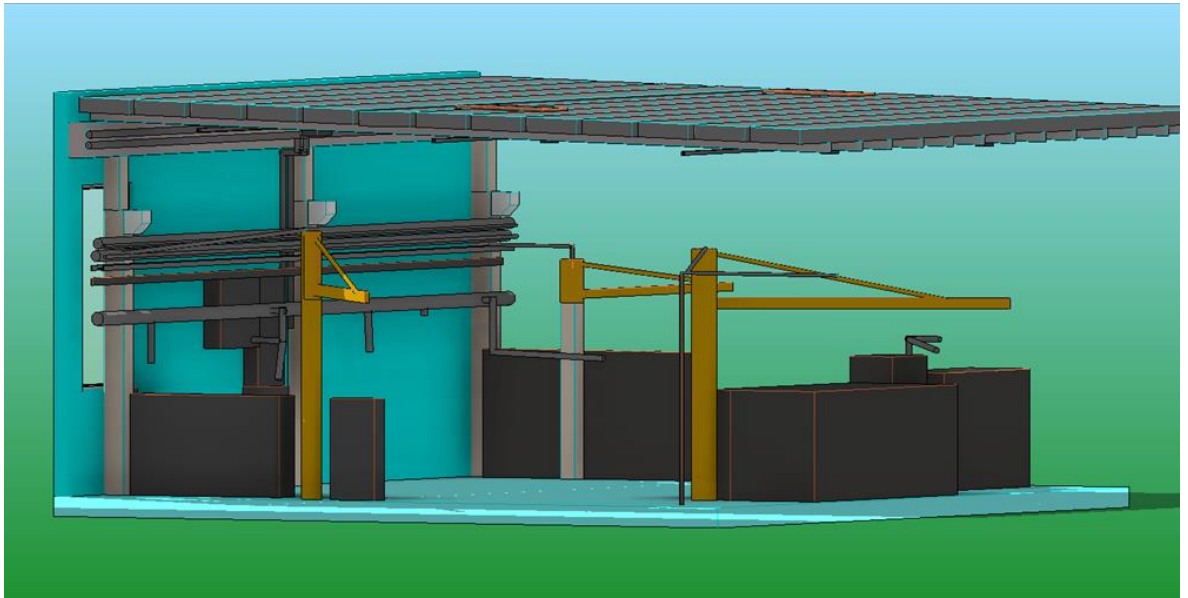
### 3 INVENTOINTIMALLINNUS ERI OHJELMISTOILLA

Kahden mallinnukseen suunnitellun ohjelmiston: Revitin ja ArchiCADin vertailu oli tarkoitus toteuttaa mallintamalla pieni kohde saman pistepilviaineiston perusteella. Vertailu tehtiin asiakkaalle laserkeilatun aineiston avulla. Kohteena oli noin 250 m<sup>2</sup> ala teollisuushallista sisältäpäin. Asiakkaalle oli tarkoitus havainnollistaa tämän pienen kohteen avulla, miltä pistepilviaineisto ja valmis inventointimalli näyttää.

Kohde oli hyvä tätä vertailua silmällä pitäen. Kohteessa oli erityyppisiä rakenteita: pilareita, palkkeja, seinä, ikkunoita, teollisuuskoneita, nostureita ja putkia. Kohde oli tavanomaiseen mallinnuskohteeseen verrattuna pieni, mutta monipuolinen. Kuvassa 1 on esimerkkikohteen pistepilvi 3D-näkymässä. Kuvassa 2 on valmis 3D-malli kohteesta.



Kuva 1. Esimerkkikohteen pistepilvi ArchiCADin 3D-näkymässä.



Kuva 2. Mallinnettu kuva Revitin 3D-näkymässä.

### 3.1 Pistepilviaineiston käsittely

Pistepilvien käsittely mallinnusohjelmistojen käyttöön on lähes samanlainen ohjelmistosta riippumatta. Kohde oli keilattu seitsemältä eri koneasemalta ja pistepilvien myöhempää yhdistämistä varten mittauksilanteessa käytettiin pallomaisia tähyksiä.

Pistepilvet yhdistettiin Faro Scene -ohjelmiston avulla. Pistepilviaineisto yhdistyi ohjelmistossa automaattisesti käytettyjen tähysten avulla. Seuraavana ohjelmistossa määriteltiin aineisto oikeaan koordinaatistoon. Kohteen todellista koordinaattipistettä ei oltu määritetty. Aineistosta valittiin keskeinen piste, jolle määriteltiin nolla-koordinaatit. Aineisto myös käännettiin pidemmän sivun mukaisesti vaakaan, mikä helpottaa mallintamista.

Pistepilvien yhdistämisen ja käsittelyn jälkeen aineisto muunnetaan kunkin ohjelmiston ymmärtämään tiedostomuotoon. Autodeskin Revit-ohjelmistoa varten pistepilvi muunnettiin ensin e57-tiedostomuotoon, minkä jälkeen tiedosto muunnettiin Autodeskin ReCap-ohjelmistolla rcs-tiedostomuotoon.

Graphisoftin ArchiCAD-sovellusta varten aineisto muunnettiin xyz-tiedostomuotoon.



### 3.2 Pistepilvien tuonti mallinnusohjelmistoihin

Revit on tukenut pistepilvien tuontia ohjelmaan vuoden 2012 versiosta lähtien. ArchiCADissa pistepilvituki on ollut versiosta 19 lähtien, joka on vuodelta 2015. Tässä työssä oli käytössä Revitin vuoden 2015 versio ja ArchiCADin uusin versio 22.

Molemmissa ohjelmistoissa pistepilvi tuodaan ohjelmaan taustalle ja siitä voidaan ottaa sekä vaaka- (eli kerros-) ja pystyleikkauksia eri syvyysasetuksilla. Mallintaminen voidaan tehdä pistepilven päälle. Myös kerrostasoasetuksia pystyy säätämään molemmissa ohjelmistoissa. Pystyleikkauksien tekeminen ja syvyysasetusten määrittäminen on molemmissa ohjelmistoissa hyvin saman tyyppistä. Vaakaleikkauksissa Revitissä pystyy joka kerrokselle määrittelemään erikseen oman leikkauskorkeuden ja syvyyden, mikä säilyy kerrosta vaihtaessa. ArchiCADissa voi muokata vain yhtä leikkaus- ja syvyysasetusta, jotka ovat kaikissa kerroksissa samat.

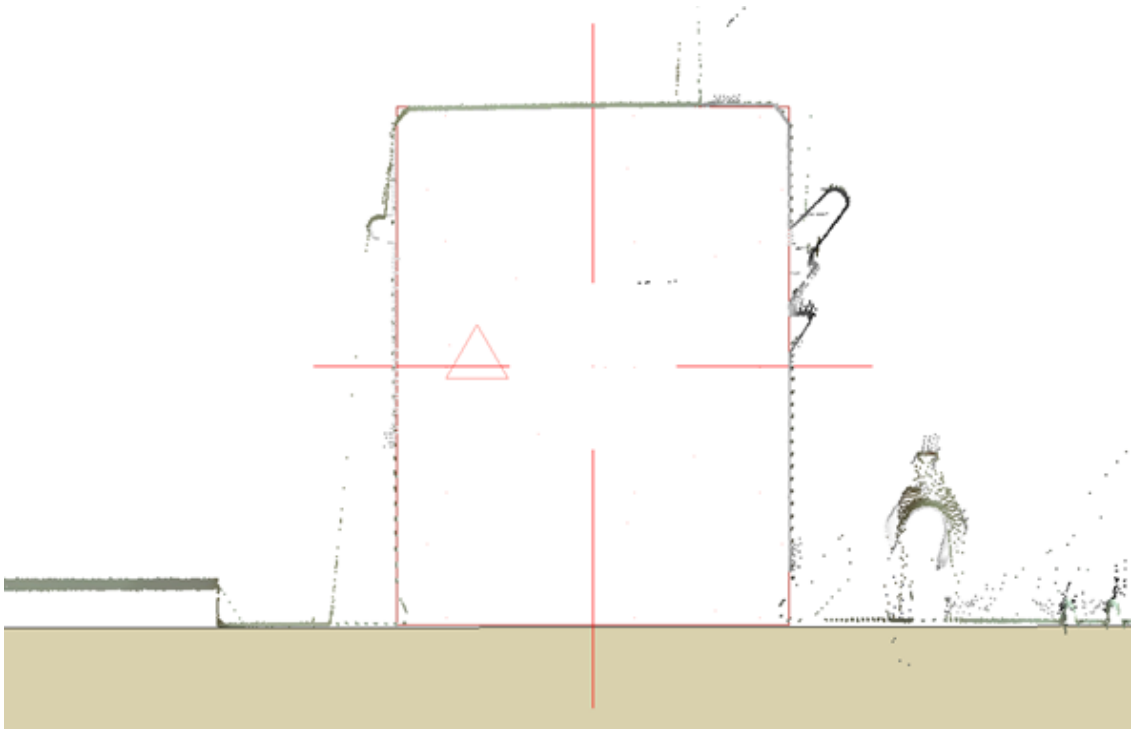
Revitissä pistepilvet aukaistaan *Insert*-välilehden *Point Cloud* -toiminnolla. Pistepilvet aukeavat ohjelmistossa aineistoon määritellyn koordinaatiston mukaiseen kohtaan. Ohjelmassa voidaan valita näkyvissä olevat pistepilvet yksittäin eri näkymiin.

ArchiCADissa pistepilvet tuodaan *arkisto*-välilehdeltä *yhteen toimivuus*-valikosta *tuota pistepilvi*-painikkeella. Toiminto on käytössä vain, kun vaakaleikkaus- tai 3D- välilehti on aukaistuna. Avautuvasta ikkunasta valitaan tuotavat pistepilvitiedostot. Pistepilvitiedostot voivat olla xyz- tai e57-tiedostomuodossa. Tämän työn yhteydessä tuotavat pistepilvet olivat xyz-tiedostomuodossa. Seuraavana avautuu *muunnos*-välilehti, jossa voi valita, mitkä tiedoston koordinaateista ovat x-, y- ja z-koordinaatit. Tavanomaisessa tilanteessa oletusasetuksia ei tarvitse muuttaa. Seuraavana avautuu *luo pistepilviobjektit*-välilehti, jossa voi määritellä, mihin tiedostosijaintiin pistepilvistä muodostettavat lcf-tiedostot tallennetaan. *Luo ja sijoita*-painikkeesta painettaessa ohjelma muuntaa xyz-tiedoston lcf-tiedostoksi. Tiedostojen muunnoksen jälkeen ohjelma kysyy: sijoitetaanko pistepilvien origo projektin origoon vai määritetäänkö pistepilven origon sijainti manuaalisesti. Pistepilvet kannattaa sijoittaa automaattisesti, niin ne asettuvat oikeille paikoilleen myös suhteessa toisiinsa. Pistepilvien tuonnin jälkeenkin pistepilvien sijaintia voi muuttaa valitsemalla kaikki pistepilvet ja hiiren kakkospaineen painamisen jälkeen avautuvasta valikosta valitaan: *siirrä ja siirrä valitut pistepilvet*.

ArchiCAD tekee pistepilvistä objekteja ja useita pistepilviä tuotaessa ohjelma asettaa objektit samalle tasolle. Jotta yksittäisten pistepilvien näkyvyyttä voi muuttaa, jokaiselle pistepilvälle on tehtävä oma taso, jolloin tasoasetusten kautta voidaan pistepilvien näkymistä hallita. Revitissä on oma näkymävalikko pistepilville, josta yksittäisten pistepilvien näkymistä voidaan hallita.

### **3.3 Pistepilvimallinnus**

Pistepilven avulla mallinnettaessa on tarkoitus tehdä mahdollisimman mittatarkka kopio olemassa olevasta rakennuksesta ja sen rakenteista. Rakenneavauksia ei mitattaessa tehdä, eli inventointimallissa ei oteta kantaa esimerkiksi siihen, minkälainen seinärakenne on milloinkin kyseessä. Mallinnettaessa pyritään kantavat rakenteet erottamaan ei-kantavista rakenteista. Eri rakenteet pyritään mallintamaan ohjelmiston omilla työkaluillaan. Mallinnuksessa käytetään apuna pistepilvestä otettuja vaaka- ja pystyleikkauksia. Kuvassa 3 on esimerkki vaakaleikkauksesta ja kuvassa 4 on pystyleikkaus. Pistepilviavusteinen mallinnus tehdään pääosin nimenomaan leikkausnäkymissä. 3D-näkymästä pistepilvet yleensä otetaan pois päältä ja se toimiikin enemmän mallin havainnollistavana näkymänä. Lisäksi 3D-näkymässä pistepilvet ovat varsin "raskaita" ja hitaita hallita. Seuraavana on käsitelty Revit- ja ArchiCAD-mallintamisohjelmistojen eroja eri rakenneosien mallintamisen kannalta.



Kuva 3. Pistepilven vaakaleikkaus pilarin kohdalta ArchiCADissä. Kuvassa näkyy mallinnettu pilari punaisena viivana ja leikattu pistepilvi harmaana viivana.



Kuva 4. Pystyleikkaus seinälinjan edestä ArchiCADissä.

### 3.3.1 Pilarit ja palkit

Pilarin ja palkkien tekeminen onnistuu molemmilla ohjelmistoilla hieman erityyppisesti. Vanhoissa rakennuksissa pilarit ja palkit ovat usein erikokoisia ja vinoja. Pilarit ja palkit tehdään vaakaleikkauksessa oikealle kohdalle ja korkeuden sekä korkojen säätö tehdään pystyleikkauksessa. Palkkien koon venyttäminen leveys-, pituus- ja korkeussuunnassa onnistuu ArchiCADissä suoraan tarttumalla ja venyttämällä. Revitissä palkin koko täytyy määritellä numeroarvoilla ja pituuden voi säätää venyttämällä. Vinojen palkkien korkojen säätö tehdään Revitissä korkojen säädön avulla numeroarvoja muuttamalla. ArchiCADissä voi pystyleikkauksessa tarttua ja siirtää palkin pään oikealle kohdalle.

Pilareiden kohdalla ohjelmat toimivat samantyyppisesti. ArchiCADissä pilareiden kokoa ja pituutta voi säätää venyttämällä, kun taas Revitissä koon määrittäminen on mittojen muuttamista numeroilla. Vinoa pilareita voi tehdä molemmissa ohjelmissa. ArchiCADin toiminnot ovat pilarien ja palkkien tekemiseen näppärämmät ja nopeammat.

### 3.3.2 Seinät

Seinille on molemmissa ohjelmissa omat työkalunsa. Seinien korkeutta ja pituutta pystyy muokkaamaan helposti molemmissa ohjelmissa tarttumalla ja raahaamalla seinän päätä tai sivua. Seinän leveys on molemmissa säädettävä numeerisesti. Kaltevien seinien teko on ArchiCADissä helpompaa, koska seinän asetuksista voi suoraan määritellä asteina vinon seinän kaltevuuden. Revitissä kalteva seinän tekemiseksi on tehtävä ensin kalteva massaelementti, jonka sitten voi muuttaa seinäksi erillisellä työkalulla. Revitissä on taas monipuolisemmat ja helpommat asetukset seinän profiilin muuttamiseksi. Esimerkiksi aukon tekeminen seinään on huomattavasti nopeampaa ja yksinkertaisempaa Revitissä.

### 3.3.3 Laatat

Laatoilla tarkoitetaan alapohjaa/lattiaa, välipohjaa ja sisäkattoa. Erityyppisten laattojen teko on molemmilla ohjelmilla hyvin saman tyyppistä, eikä ohjelmissa juuri eroavaisuuksia ole. Laattoja tehdessä valitaan laatan ominaisuudet, laatan sijainti ja korko. Seuraavana laatta rajataan joko seinälinjojen avulla tai piirtotyökaluilla.

### 3.3.4 Katot

Molemmista ohjelmistoista löytyy myös työkalut erityyppisten kattojen tekoon. Katon kaltevuus määritellään molemmissa ohjelmissa asteina. Yksittäisen katon kulman siirtäminen onnistuu molemmissa ohjelmissa, koska vanhat katot eivät ole usein täysin suorassa. Seinät saa leikkautumaan automaattisesti katon mukaisesti.

### 3.3.5 Muunteet

Monissa mallinnettavissa kohteissa on erityyppisiä ja erimuotoisia rakenteita, tilanjakajia tai koneita/laitteita. Näille ei löydy valmista objektia tai ne eivät ole rakenneosia, joille on omat työkalut. Esimerkkityössä tehdashallissa oli työstökoneita, hyllyjä, sermejä ja nostureita. Esimerkkityössä tehdashallin koneet mallinnettiin tilavauksina muunnetyökalua käyttäen eikä pyritty täydelliseen ulkonäköön.

Näitä erimuotoisia mallinnettavia osia varten ohjelmistoissa on oma työkalu. Revitissä olevalla model in place-työkalulla pystyy tekemään hyvinkin monimuotoisia kappaleita ja niiden koon säätäminen onnistuu helposti myös leikkauksissa. ArchiCADissa on vastaavanlainen muunnetyökalu, jolla pystyy myös tekemään erityyppisiä kappaleita. ArchiCADin muunnetyökalu toimii huonommin leikkausnäkyssä esimerkiksi kappaleen korkeutta säädettäessä kuin Revitin vastaava työkalu. ArchiCADin työkalussa on monipuolisemmat säädöt vain 3D-näkyssä.

### 3.3.6 Objektit, ovet ja ikkunat

Molemmissa ohjelmissa on omat toiminnot valmiiden komponenttien tuomiseen malliin. Erityyppisiä komponentteja tulee jo ohjelmistojen mukana, lisää niitä on saatavilla internetistä esimerkiksi tuotteiden valmistajien kautta. Yleensä inventointimalliin lisätään kiinto- ja WC-kalusteet sekä lattiakaivot, muuta huoneiden varustelua ei yleensä mallinneta.

Ovet ja ikkunat lisätään malliin yleensä myös valmiita komponentteja hyödyntäen. Niihin pyritään löytämään mahdollisimman saman näköiset komponentit kuin oikeassa rakennuksessa. Molemmissa ohjelmissa ikkunoiden ja ovien kokoa pystyy säätämään ja esimerkiksi ikkunoista löytyy erityyppisiä karmijakoja. Molempien ohjelmistojen säätövaihtoehdot ovat perustoiminnoiltaan riittävät, mutta ArchiCADin toiminnot ovat aavistuksen monipuolisemmat. ArchiCADissa ikkunoita ja ovia voi sijoittaa seinään vain vaakaleikkauksessa tai 3D-näkymässä. Sitten kun Ikkunat ja ovet on sijoitettu, niiden paikkaa ja kokoa pystyy muokkaamaan myös pystyleikkauksessa. Revitissä asennus onnistuu myös pystyleikkauksessa pistepilviaineiston mukaiseen kohtaan.

Molemmista ohjelmista löytyy myös omat toiminnot LVI-linjojen mallintamiseen. Revitissä työkalut ovat mukana jo perusasennuksessa, kun taas ArchiCAD vaatii erillisen laajennuksen asentamisen. Putki- ja sähkölinjoja ei yleensä tarvitse mallintaa. Esimerkkikohteessa mallinnettiin selkeästi näkyvillä olevat putkilinjat, sähköjohtokourut ja valaisimet.

### 3.3.7 Portaat, kaiteet ja rampit

Esimerkkityössä ei portaita, kaiteita tai rampeja ollut, mutta ne ovat olennaisia monessa mallinnettavassa kohteessa. Molemmista ohjelmista löytyy monipuoliset työkalut näiden tekemiseen.

### 3.3.8 Epätasaiset pinnat

Molemmilla ohjelmilla pystyy tekemään myös epätasaisia pintoja, joita ovat esimerkiksi kellarin maalattia tai ympäröivä maanpinta rakennuksen ulkopuolella. Molemmissa ohjelmissa luodaan pinta ja sille voi määritellä haluamalleen tiheydelle korkopisteitä. Pisteiden korkoa muuttamalla pinnanmuodot tulevat esiin.

Pistepilviaineistosta saa maanpinnan korkeuden vaihtelun selville hyvinkin tarkasti aineistosta otetun pystyleikkauksen avulla. Revitissä yksittäisen korkopisteen korkeus muutetaan raahaamalla korkopiste pystyleikkauksessa pistepilven mukaiselle korkeudelle. Pystyleikkaus täytyy olla oikealla kohdalla ja sopivalle syvyydelle säädetty, jotta oikeat korkopisteet näkyvät leikkauksessa.

ArchiCADissä yksittäisen korkopisteen korkoa ei pysty pystyleikkauksessa säätämään, vaan korkopisteiden korkoa voi muuttaa vain vaakaleikkauksessa numeroarvoa muuttamalla tai 3D-näkymässä tarttumalla ja raahaamalla. 3D-näkymä on kömpelö korkopisteiden muuttamisessa pistepilviaineiston perusteella. ArchiCADissä maanpinnan kaikki korkopisteet näkyvät pystyleikkauksessa syvyysasetuksesta riippumatta. Tämän ominaisuuden takia ArchiCAD on työläämpi maanpinnan muotojen tekemiseen pistepilviaineiston perusteella.

ArchiCADissä pystyy pinnanmuodot tekemään myös automaattisesti mittalaitteelta saadun koordinaattitietojen perusteella. Koordinaattitiedot voi ohjelmistoon tuoda xyz- tai txt -tiedostomuodossa. Laserkeilaamalla saadusta pistepilviaineistosta tulee siivota pois kaikki ylimääräiset pisteet, jotka eivät ole maanpinnan mukaisia korkopisteitä.

### 3.3.9 2D-piirustukset ja tiedostokäännökset

Molemmilla ohjelmilla pystyy luomaan valmiita 2D-piirustuksia eri vaaka- ja pohjaleikkauksista tai julkisivuista. Piirustukset pystytään tulostamaan nimiöineen joko suoraan ohjelmasta tai muuntamaan esimerkiksi AutoCADin tunnistamaan dwg-tiedostomuotoon. Monissa tapauksissa piirustusten lopullinen muokkaus ja siistiminen on helpointa tehdä juuri AutoCADissä.

Ohjelmilla pystyy myös muuntamaan mallinnetun tiedoston IFC-tiedostomuotoon.



## 4 VERTAILUN TULOS

Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla Autodeskin Revit- ja Graphisoftin ArchiCAD-mallinnusohjelmistoa erityisesti niiden pistepilviavusteisen mallinnuksen ominaisuuksien perusteella. Revittiä olin käyttänyt opinnoissa ja työssä jonkin verran, joten se oli perusominaisuuksiltaan tuttu. ArchiCAD oli vieras ohjelmisto ja tutustuin siihen tämän opinnäytetyön myötä.

Ohjelmat ovat perusominaisuuksiltaan hyvin samankaltaiset ja tarkoitus oli löytää niitä eroja, joita ohjelmistojen välillä on. Revit on saatavissa englanninkielisenä ja ArchiCADistä saa myös suomenkielisen version. Pistepilvien käyttö on Revitissä ollut mahdollista vuoden 2012 versiosta lähtien ja ArchiCADissä versiosta 19, joka on vuodelta 2015. Tässä työssä käytössä oli Revitin 2015 vuoden versio ja ArchiCADin uusin versio 22.

Pistepilvien tuonti onnistuu molempiin ohjelmistoihin. Pistepilviavusteiselle mallintamiselle olennaiset vaaka- ja pystyleikkausten tekeminen ja säätäminen tapahtuu molemmissa ohjelmistoissa hyvin samankaltaisesti.

Molemmista ohjelmista löytyy työkalut erityyppisten rakenneosien mallintamiseen. Pienen opettelun jälkeen rakenneosat saa tehtyä molemmilla ohjelmilla. Kummankin ohjelmiston mukana tulee perusvalikoima objekteja ja niitä saa lisää internetin eri sivustoilta. Tuotteiden valmistajilla on yleensä omista tuotteistaan objektit molempien ohjelmien tukemassa tiedostomuodossa.

Erityyppisten piirustusten teko, tulostus ja muunto eri tiedostomuotoihin onnistuu myös molemmilla ohjelmistoilla.

Selkein ero nimenomaan pistepilviavusteisen mallinnuksen kannalta ohjelmistoissa oli epätasaisen pinnan korkopisteiden korkeuden säädössä. ArchiCADissä korkopisteiden säätöä ei voi pystyleikkauksessa tehdä. Revitissä korkopisteiden säätö onnistuu myös pystyleikkauksessa. ArchiCADissä on vaihtoehtoisesti mahdollisuus tontin pinnanmuotojen automaattiseen luomiseen mittaisaineiston perusteella.

Ovien ja ikkunoiden mallinnus pystyleikkauksessa on mahdollista vain Revitissä. Tämä ominaisuus on kätevä, sillä ikkunan saa suoraan oikealle kohdalle pistepilvestä otetun pystyleikkauksen avulla. ArchiCADissa ikkunat ja ovet on mallinnettava vaakaleikkauksessa tai 3D-näkymässä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, soveltuuko ArchiCAD-sovellus toimeksiantajan käyttöön. Vertailun tuloksena voidaan todeta, että myös ArchiCADilla mallintaminen onnistuu edellä mainitut puutteet huomioiden. Revitissä pistepilviavusteinen mallintaminen on ollut pidempään käytössä ja ohjelmistoa on kehitetty hieman pidemmälle niiltä osin. Itse valitsisin Revitin mallinnustyökaluksi pistepilviavusteiseen mallinnukseen näiden kahden ohjelman välillä.

Lisäksi alkuperäisenä tavoitteena oli myös tutkia mallintamisen nopeutta eri ohjelmistojen välillä. Mallintamisen nopeuteen vaikuttaa suuresti, kuinka tuttu ohjelmisto on ja miten sen ominaisuuksia on oppinut käyttämään. Tutustuin ArchiCADiin tämän opinnäytetyön myötä ja Revitin käyttökokemuksenikin on rajallinen. Mallinnus onnistuu kyllä molemmilla ohjelmilla, mutta oikeiden toimintojen ja painikkeiden löytäminen on paljon varsinkin ArchiCADissa.

Opinnäytetyön liitteenä on taulukko. (Liite 1.) Taulukossa on tiivistetysti huomamiani eroja ohjelmistojen käytettävyydestä sekä ominaisuuksista. Taulukossa on myös arvioitu suhteellista mallintamiseen kuluvaan aikaan kunkin ominaisuuden osalta.

Toimeksiantajan pohdittavaksi jää, kannattaako näiden kahden samankaltaisen ohjelmiston yhtäaikainen käyttö yrityksessä.

## 5 POHDINTA

Nykyaikaiset mallintamiseen tarkoitetut ohjelmistot ovat hyvin monipuolisia. Haastavinta tämän opinnäytetyön tekemisessä oli entuudestaan vieraan ArchiCAD-ohjelmiston käytön opettelu. Aikaisemmin olin käyttänyt mallintamiseen vain Revittiä muutaman kuukauden ajan. Kokemus Revitistä ja ArchiCADin suomenkielisyys auttoivat ArchiCADin käytön opettelussa.

Opetteluun käytin ohjelmistojen valmistajien omia ohjeita ja videoita, joita oli monipuolisesti tarjolla. Revit on käytössä toimeksiantajalla ja sen käyttöön sain apuja. Jotta täysin uuden ohjelmiston saisi tehokkaasti käyttöön, olisi ohjelmistojen valmistajien järjestämät kurssit varmasti tehokas vaihtoehto itseopiskelulle. On todennäköistä, että ohjelmista löytyy mallinnusta auttavia ominaisuuksia, joita en tässä opinnäytetyössä ole käsitellyt.

Ohjelmistot kehittyvät koko ajan. Jokin puute, jonka tässä työssä olen huomannut, saattaa olla jo ohjelmiston seuraavaan versioon päivitetty. Pistepilviavusteisen mallinnuksen ominaisuudet ohjelmistoissa ovat kuitenkin vielä uusia, ja tulevaisuudessa niitä tullaan käyttämään entistä enemmän korjausrakennuskohteiden suunnittelun apuvälineenä. Tämän vuoksi ohjelmistojen tekijöiltä vaaditaan parannuksia juuri näihin edellä mainittuihin ominaisuuksiin.

## LÄHTEET

- Jäväjä, P. & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Mannila, M. 2018. Mallinnus helpottaa suunnittelijan työtä mutta lisää myös vaatimuksia. Rakennuslehti 52 (39), 20.
- Penttilä, H., Nissinen, S. & Niemioja, S. 2006. Tuotemallintaminen arkkitehtisuunnittelussa. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- ProSolve. Ei päiväystä. Historia. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.12.2018]. Saatavana: <http://www.prosolve.fi/yhteystiedot/prosolve/historia/>
- Vahur, J. 30.11.2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. [Pdf-tiedosto]. Espoo: Leica Nilomark Oy. [Viitattu 11.12.2018]. Saatavana: <http://drive.google.com/file/d/0B3MfAg-wXowlN2Q4MzJIYjktZTA5Ni00ZGMylTlkOWUtNTQzMdIwZTI3NDVm/view>
- YTV 2012 Osa1. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Yleinen osuus. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 13.12.2018]. Saatavana: [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)
- YTV 2012 Osa2. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Lähtötilanteen mallinnus. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 13.12.2018]. Saatavana: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_2\\_lahtotilanne.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_2_lahtotilanne.pdf)

## LIITTEET

Liite 1. Taulukko ohjelmistojen eroavaisuuksista ja suhteellisesta mallinnusnopeudesta eri rakenneosien mallintamisessa

Rakenneosa	Revit	Suhteellinen mallinnusnopeus	ArchiCAD	Suhteellinen mallinnusnopeus
<b>pistepilvien tiedostomuoto</b>	Vaatii ReCap-ohjelmistolla muunnoksen rcs-tiedostomuotoon.	1	Tukee xyz- tai e57 tiedostomuotoja. Muuntaa pistepilvet lcf-tiedostomuotoon ohjelmistoon tuotaessa.	1
<b>pistepilvien näkymäasetukset</b>	+luo automaattisesti valikon, josta voi yksittäisen pistepilven näkymistä hallita	1	- luo kaikki pistepilvet yhdeksi objektiksi eli yksittäisen pistepilven näkymän hallitseminen vaatii oman tason luomisen erikseen jokaiselle pistepilvelle	1,5
<b>leikkaukset</b>	+ pysty ja vaakaleikkauksien teko ja säätö helppoa + jokaiselle vaakaleikkaukselle omat syvyysasetukset	1	+ pysty ja vaakaleikkauksien teko ja säätö helppoa - vain yksi syvyysasetus, joka koskee kaikkia vaakaleikkauksia	1,1
<b>pilarit ja palkit</b>	- pilarien ja palkkien koon määrittäminen numeroarvoilla - vinon palkin koron säätö numeroarvoina - pilarin pituuden säätö numeroarvoina	1	+ pilarien ja palkkien kokoa voi säätää tarttumalla ja venyttämällä + vinon palkin koron säätö tarttumalla ja siirtämällä +pilarin pituuden säätö venyttämällä	0,7
<b>seinät</b>	- kalteva seinä tehtävä ensin massaelementtinä, jonka voi muuttaa seinäksi +seinän profiilin muutokset (esim. aukon) tekeminen nopeampaa	1	+kaltevan seinän teko nopeampaa - aukon voi tehdä seinään vain toisella elementillä "puhkaisemalla"	1

<b>laatat</b>	+ ohjelmistot samankaltaiset	1	+ ohjelmistot samankaltaiset	1
<b>katot</b>	+ ohjelmistot samankaltaiset	1	+ ohjelmistot samankaltaiset	1
<b>muunteet</b>	+ korkeuden säätö leikkausnäky- mässä	1	- korkeuden säätö 3D-näkymässä	1,5
<b>objektit, ovet ja ikkunat</b>	+ ikkunoiden ja ovien asettami- nen mahdollista myös pystyleik- kausnäkyssä	1	+ ikkunoiden koon ja karmien säätöase- tukset - ikkunoita ja ovia ei voi asettaa pysty leikkausnäkyssä	1,25
<b>portaot, kaiteet ja rampit</b>	+ ohjelmistot samankaltaiset		+ ohjelmistot samankaltaiset	
<b>epätasaiset pin- nat</b>	+korkopisteen koron säätö pysty- leikkausnäkyssä	1	- korkopisteen koron säätö vain vaaka- leikkaus tai 3D-näkymässä + automaattinen pinnanmuodon luonti mahdollista xyz- tai txt-tiedostomuotoi- sen aineiston perusteella	2 0,2
<b>2D piirustukset ja tiedostokäännök- set</b>	+ ohjelmistot samankaltaiset	1	+ ohjelmistot samankaltaiset	1