



# Revit-ohjelman käyttöönotto teollisuus LVI-osastolla

Mahdollisuudet, uhat ja haasteet

Toni Piironen

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2020

Talotekniikan koulutusohjelma  
LVI-talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma  
LVI-talotekniikka

PIIRONEN TONI:

Revit-ohjelman käyttöönotto teollisuus LVI-osastolla  
Mahdollisuudet, uhat ja haasteet

Opinnäytetyö 64 sivua  
Huhtikuu 2020

---

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Revit-ohjelman käyttöönottoa teollisuuskohteiden LVI-tekniikoiden suunnitteluun. Opinnäytetyössä tutkittiin, onko uuden ohjelmiston käyttöönottaminen kannattavaa, mitä haasteita se tuo mukanaan sekä pohdittiin sen hyviä ja huonoja puolia. Tämän lisäksi tutkittiin, mitä valmisteluja on tehtävä ennen uuden ohjelmiston käyttöönottoa ja pohdittiin mahdollista aikataulua uuden ohjelmiston käyttöönottoon sekä sen kustannuksia.

Työn aikana tutustuttiin MagiCAD for Revit-ohjelman käyttöön mallintamalla sillä jo olemassa olevan teollisuuskiinteistön LVI-tekniikat. Suunnittelun apuna käytettiin internetistä löytyviä ohjeita ja ohjevideoita ohjelmiston käyttöön. Opinnäytetyössä käytettiin apuna myös asiantuntijahaastatteluja sekä kirjallisuuslähteitä aiheesta.

Ohjelmassa on useita viisaita toimintoja, joilla jokapäiväistä suunnittelutyötä voitaisiin helpottaa ja tehostaa. Revitillä on myös mahdollista saada tietomallinnuksen osalta parempi lopputulos rajallisessa ajassa, ja sillä voitaisiin vähentää myös esimerkiksi laiteluetteloissa esiintyvien virheiden määrää Schedules-toiminnolla. Haasteiksi koettiin työntekijöille järjestettävä koulutus ohjelman käyttöön, sillä se on työntekijöille uusi. Ennen ohjelman käyttöönottoa yrityksessä tulisi tehdä kehitystyötä, jossa kehitettäisiin Revitin aloitustiedostot ja luotaisiin ohjeistus ohjelman käyttöön. Näillä kehitystoimilla parannettaisiin työn tuottavuutta ja laatua. Lisäksi uuden ohjelmiston kokonaiskustannusten arviointi on haastavaa alenevan työntehokkuuden takia suunnittelun alkuvaiheessa. Jotta tätä voitaisiin arvioida paremmin, olisi Revit-ohjelmalla tehtävä pilottiprojekti.

Revit-ohjelman voidaan arvioida tehostavan suunnittelua ja parantavan lopputulosta, mutta on mahdoton arvioida, kuinka kauan kestää saada sillä työskentely vähintään yhtä tehokkaaksi verrattuna nykyisiin työkaluihin. Kuitenkin kilpailun kiristyessä ja kilpailijoidenkin siirtyessä Revitin käyttöön uusi ohjelmisto saattaa olla välttämättömyys tulevaisuudessa.

---

Asiasanat: MagiCAD for Revit, teollisuus LVI, tietomalli, template, dataset

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
HVAC Building Services Engineering

PIIRONEN TONI:

Revit's Introduction to the Industrial HVAC Department  
Opportunities, Threats and Challenges

Bachelor's thesis 64 pages  
May 2020

---

The purpose of this thesis was to investigate the possibility of introducing Revit software in the HVAC design of industrial sites. The thesis examined the profitability of introduction of a new software, what the challenges are for taken such action, and determined the pros and cons. In addition, the thesis also examined necessary preparations, including possible timetable for the introduction of the new software, the costs of deployment was also examined

During the work, the use of MagiCAD for Revit was introduced by modeling the existing industrial site's HVAC equipments with Revit. Instructions and instructional videos for using the software were available on the Internet to aid the design. Expert's interviews and literature sources on the topic provided theoretical background for the thesis.

There are a several useful functions that could make everyday planning work easier and more efficient in Revit. It also makes it possible to obtain a better result for data modeling in a limited time, and could reduce the number of errors, for example, in device lists with Schedules function. The challenge was perceived as the software being new to employees, and that training them was the solution. Prior to the introduction of the program, the company should develop guidelines for the use of the program. Revit's template and dataset should be developed. These development measures would improve labor productivity and quality. Estimating the overall cost of new software was very challenging due to declining work efficiency in the early stages of the design. To evaluate this, a pilot project with a Revit is needed.

Revit can be estimated to intensify design and improve the end result, but it is impossible to estimate how long it will take to make working with Revit as effective as the current tools in use. However, as competition intensifies and competitors move to Revit, new software may be a necessity in the future.

---

Key words: MagiCAD for Revit, industry HVAC, building information model, template, dataset

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	TIETOMALLI .....	8
	2.1 Rakennuksen tietomalli .....	8
	2.2 Tietomallivaatimukset .....	10
	2.2.1 Yleiset tietomallivaatimukset .....	10
	2.2.2 Tietomallivaatimukset Swecolla .....	11
	2.3 Tietomallin asettamat vaatimukset LVI suunnittelulle .....	12
3	SUUNNITTELUN VAIHEET .....	14
	3.1 Tarveselvitys .....	14
	3.2 Hankesuunnittelu .....	15
	3.3 Suunnittelun valmistelu .....	15
	3.4 Ehdotussuunnittelu .....	16
	3.5 Yleissuunnittelu .....	16
	3.6 Rakennuslupatehtävät .....	17
	3.7 Toteutussuunnittelu .....	17
	3.8 Rakentamisen valmistelu .....	18
	3.9 Rakentaminen .....	18
	3.10 Käyttöönotto ja takuu aika .....	19
	3.11 Suunnittelun vaiheet teollisuus LVI osastolla .....	19
	3.11.1 Esisuunnitteluvaihe .....	19
	3.11.2 Tarjous- ja toteutussuunnitteluvaihe .....	20
4	REVIT .....	22
	4.1 Revit .....	22
	4.1.1 Template .....	24
	4.1.2 Parametrit ja Familyt .....	24
	4.2 MagiCAD for Revit .....	26
	4.3 Worksharing .....	27
5	REVITIN LISÄTYÖKALUT, TOIMINNOT JA NIIDEN HYÖDYT .....	29
	5.1 Supports and Hangers .....	29
	5.2 MagiCAD Schematics .....	31
	5.3 Revit Dynamo .....	32
	5.4 Törmäystarkastelu .....	33
	5.5 Reikävaraustyökalu .....	35
	5.6 Connection – työkalu .....	38
	5.7 Crossing – työkalu .....	39
6	MAHDOLLISUUDET, UHAT JA HAASTEET .....	41

6.1	Yhteiskäyttö .....	41
6.2	Revitin soveltuminen eri suunnitteluvaiheisiin.....	42
6.2.1	Esisuunnitteluvaihe .....	42
6.2.2	Tarjous-, ja toteutussuunnitteluvaihe.....	44
6.3	Pistepilvimallin hyödyntäminen .....	46
6.4	Virtuaalitodellisuus VR.....	48
6.5	Revitin hyödyt asiakkaalle.....	49
6.6	Revitin puutteet ja haasteet .....	50
7	REVITIN KÄYTTÖÖNOTON VAATIMUKSET .....	52
7.1	Templaten ja datasetin kehitys .....	52
7.2	Työntekijöiden koulutus .....	54
7.3	Tietomalliohjeistuksen luominen .....	55
7.4	Lisenssit .....	56
7.5	Askeleet ja aikataulu Revitin käyttöönottoon .....	56
7.6	Yhteenveto Revitin käyttöönoton kustannuksista .....	59
8	POHDINTA .....	60
	LÄHTEET .....	63

**LYHENTEET JA TERMIT**

ArchiCAD	Arkkitehtisuunnitteluun luotu rakennussuunnitteluohjelmisto.
AutoCAD	Autodeskin luoma tietomallinnusohjelma.
BIM	Building information modelling eli rakennuksen tietomallinnus.
Dataset	MagiCAD lähtötietoaineisto Revitille.
Family	Tuotekokonaisuus.
IFC	Industry Foundation Classes – neutraali tiedostomuoto, jolla mahdollistetaan tiedonsiirto eri ohjelmien välillä.
MagiCAD	Magicad Group Oy:n kehittämä LVIS-suunnitteluun tarkoitettu lisäosa Revitille ja AutoCADille.
NWC	Navisworks Cache File, Navisworksin kanssa yhteensopiva tietomallitiedostomuoto.
Parameters	Parametrit eli ominaisuudet.
Revit	Autodeskin luoma tietomallinnusohjelma.
TATE18	Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo.
Template	Lähtötietoaineisto.
YTV	Yleiset tietomallivaatimukset.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään Sweco Industry Oyn LVI osastolle, jolla oli halua tutkia Revitin käyttöönottoa LVI suunnittelussa teollisuuskohteissa. Opinnäytetyön tavoitteena on saada selvitys siitä, onko Revitin käyttöönottaminen kannattavaa, sekä mitä etuja ja haasteita se tuo verrattuna nykyiseen LVI suunnitteluun AutoCAD pohjaisella MagiCADilla. Tämän lisäksi tarkastellaan, mitä asioita tulee huomioida Revitin käyttöönottamisessa sekä miten pistepilvimalleja ja virtuaalitodellisuutta voidaan käyttää suunnittelussa apuna Revitin rinnalla.

Teoriaosuudessa tutustutaan tietomalleihin yleisesti, mitä ne ovat ja mihin niitä käytetään. Lisäksi teoriaosuudessa tutustutaan rakennushankkeen eri vaiheisiin, sekä selvitetään, mikä on Revit ja mitkä ovat sen yleisimmät ja tärkeimmät asiat ja toiminnallisuudet.

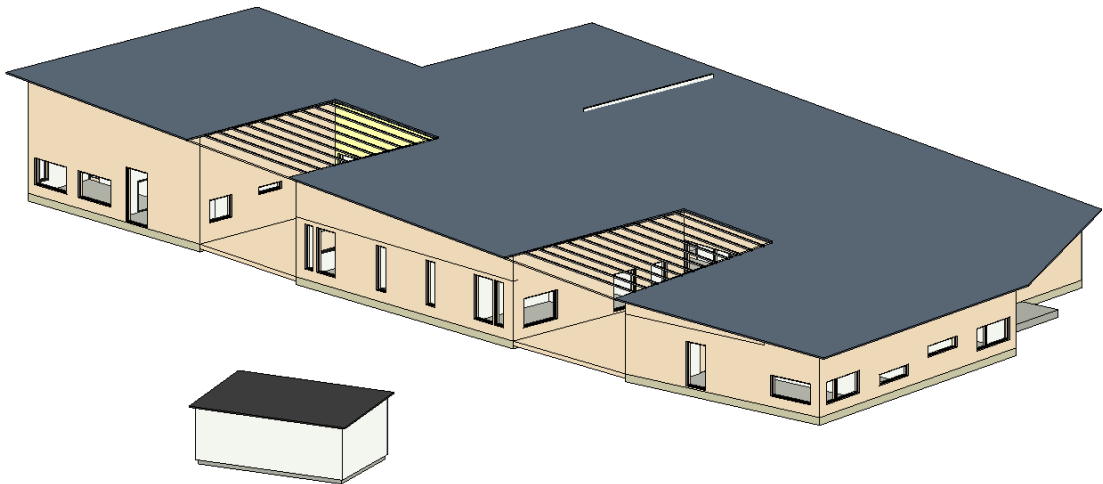
Tutkimusosuudessa tutustutaan ohjelmiston käyttöön suunnittelemalla testiprojekti teollisuuskiinteistöstä Revitillä, joka on aiemmin suunniteltu AutoCAD pohjaisella MagiCADilla. Projektin aikana tutustutaan Revitin työkaluihin ja toiminnallisuuksiin, sekä pohditaan niiden mahdollisesti tuomia etuja ja haasteita. Opinnäytetyössä tutkitaan myös sitä, parantaako Revitillä työskentely työnlaatua ja tuoko se helpotusta suunnitteluun muiden suunnittelualojen tietomallien kanssa. Lisäksi opinnäytetyössä tutkitaan ja pohditaan mitä kaikkea Revitin käyttöönottaminen vaatii, mitä kaikkea tulee huomioida ennakkoon sekä pohditaan mahdollisia askeleita ja aikataulua uuden suunnitteluohjelman käyttöönottoon. Lisäksi opinnäytetyössä tutkitaan Swecon oman virtuaalitodellisuussovelluksen VirtualSiten hyödyntämistä Revitillä, sekä pistepilvimallien viemistä Revittiin ja niiden hyödyntämistä siinä.

Opinnäytetyön tutkimus keskittyy pääosin omiin käyttökokemuksiin Revitistä ja AutoCADista, yhdessä asiantuntijahaastatteluihin ja muihin kirjallisuuslähteisiin kyseisestä aiheesta. Lopuksi pohditaan kannattaako yrityksen ottaa Revit käyttöön teollisuuskohteiden LVI tekniikoiden suunnitteluun ja esitetään omakohtainen mielipide asiasta.

## 2 TIETOMALLI

### 2.1 Rakennuksen tietomalli

Rakennuksen tietomalli eli BIM (Building information modelling) on ollut yksi lupaavimmista kehitysaskeleista arkkitehtuurin, suunnittelun ja rakentamisen alalla pitkään aikaan. Tietomallintamisella yksi tai useampi virtuaalinen malli on luotu digitaalisesti ennen oikean rakennuksen rakentamista, jolloin saavutetaan parempi suunnittelun hallinta kuin manuaalisella suunnittelulla. Kun tietomalli on valmis, tietomalli sisältää tarkan geometrian ja tarvittavat tiedot rakennuksen rakentamiseen ja toimii tukena hankintojen tekemisessä. Tietomalli sisältää myös toimintoja koko kiinteistön elinkaaren ajalle tarjoamalla apua kiinteistöhuoltoon ja uusien suunnitelmien tekemiseen. Hyvin käytettynä rakennuksen tietomalli helpottaa yhteistyötä suunnittelussa eri suunnittelualojen kanssa, joka edesauttaa suunnittelemaan rakennuksia paremmin ja alhaisimmilla kustannuksilla. (Eastman, Liston, Sacks & Teicholz 2011, 15-16.) Rakennuksen tietomalli esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Rakennuksen tietomalli

Kiinteistöjen ja rakennuksien mallintamisen tavoite on siis suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukainen hanke- ja elinkaari prosessin tukeminen. Tietomalleja hyödynnetään koko elin-



kaaren ajan suunnittelun alusta rakennuksen ylläpitoon saakka. Tietomallit mahdollistavat investointipäätöksien tukemista vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia. Energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysyjä voidaan vertailla suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseuranta varten. Suunnitelmia pystytään havainnollistamaan paremmin ja tilaaja voi ennen rakentamista nähdä min-kälaisia tulevat tilat tulevat olemaan ja voi vaikuttaa ratkaisuihin jo suunnitteluvaiheessa. Lisäksi rakennettavuuden analysoiminen helpottuu, jolloin esimerkiksi tekniikoille varattavien tilojen riittävydestä saadaan parempi varmuus. Tietomallia käyttäessä myös laadunvarmistus ja tiedonsiirto paranee, sekä suunnittelu-prosessi tehostuu. (YTV 2012, Osa 1.)

NBS julkaisee vuosittain kansainvälisen BIM raportin, jossa käsitellään tietomallinnukseen liittyviä aiheita ja tutkitaan tietomallien käyttöä. National BIM Report 2019 tutkimuksen mukaan (National BIM Report 2019):

- 81 % haastatelluista sanoo tietomallinnuksen parantavan suunnitteludokumenttien koordinoitua
- 61 % haastatelluista sanoo asiakkaiden vaativan yhä enemmän käyttämään tietomallia
- 60 % haastatelluista sanoo tietomallinnuksen tuovan kustannussäästöjä
- 55 % haastatelluista sanoo toimituksen nopeutuvan käyttäessä tietomallia
- 48 % haastatelluista sanoo tietomallinnuksen kasvattavan työskentelyn tuottavuutta
- 48 % haastatelluista sanoo kansainvälisen työskentelyn helpottuvan käyttäessä tietomallia

Tietomallien käyttö rakennushankkeissa on yleistä etenkin suurissa rakennushankkeissa, mutta myös pieniä rakennushankkeita toteutetaan tietomallipohjaisina entistä enemmän. Tietomallien käyttö on yleistymässä myös infrarakentamisessa. Kiinnostus tietomallien käyttöön ja hyödyntämiseen maailmanlaajuisesti on kasvanut viime vuosina voimakkaasti. Suomessa on tehty erityisen hyvää työtä tietomallinnuksen eteen, kuten esimerkiksi tietomallinnuksen tueksi laadittu kansallinen ohje Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV 2012). Myös muissa

maissa on tehty tietomallintamisen tueksi kansallisia ohjeita, joiden kehittämisessä pisimmällä ovat Suomen lisäksi Yhdysvallat, Iso-Britannia ja Norja. (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, 32.)

## **2.2 Tietomallivaatimukset**

Tietomallien käyttö rakennushankkeessa vaatii yhteisiä pelisääntöjä ja niiden noudattamista suunnittelijoiden välillä. Varsinkin tietomallien yhteiskäyttö edellyttää eri osapuolten välistä sopimusta siitä mitä vaatimuksia tilaajalla on tietomallille, mitä tietoa tietomallin halutaan sisältävän ja millä tarkkuudella mallinnus tehdään rakennushankkeen eri vaiheissa. (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, 34.)

Tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa pelisääntöinä voidaan käyttää suomeen luotuja yleisiä tietomallivaatimuksia (YTV2012). Ne kattavat uudis- ja korjausrakennuskohteet sekä rakennuksen käytön ja ylläpidon. Yleisissä tietomallivaatimuksissa kerrotaan vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja tietomallien tietosisällölle. Nämä vähimmäisvaatimukset on tarkoitettu käytettäväksi rakennushankkeissa, joissa näitä vaatimuksia halutaan käyttää. Yleisten tietomallivaatimusten lisäksi voidaan esittää lisävaatimuksia tapauskohtaisesti. (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, 34.)

### **2.2.1 Yleiset tietomallivaatimukset**

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012) on Suomeen luotu kansallinen yleinen ohje tietomallintamiseen. YTV2012 syntyi tarpeesta luoda ohje tietomallintamiseen sen nopeasti kasvavan käytön takia ja on COBIM kehittämishankkeen lopputulos. Rakennushankkeessa kaikilla eri osapuolilla on tarve määritellä entistä tarkemmin mitä ja miten mallinnetaan. YTV2012 perustuu tilaaja organisaatioiden aikaisempiin ohjeisiin, niistä saatuihin kokemuksiin sekä ohjeisen kirjoittajien käyttökokemukseen tietomallipohjaisista rakennushankkeista. (YTV2012, Osa 1) Yleiset tietomallivaatimukset 2012 koostuvat yhteensä 14 eri osasta:

1. Yleinen osuus
2. Lähtötilanteen mallinnus

3. Arkkitehtisuunnittelu
4. Talotekninen suunnittelu
5. Rakennesuunnittelu
6. Laadunvarmistus
7. Määrälaskenta
8. Havainnollistaminen
9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
10. Energia analyysit
11. Tietomallipohjaisen projektin luominen
12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa

Yleisten tietomallivaatimusten 2012 osat 1-13 on julkaistu vuonna 2012 ja osa 14 vuonna 2014. Osia 3, 4 ja 5 on täydennetty liitteinä vuonna 2016, joissa on esitetty tarkempia vaatimuksia tietomallien sisällölle ja tarkkuuksille hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa. (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, 34.)

Tietomalliprojekteihin osallistuvan on tutustuttava oman alansa vaatimuksiin, sekä lisäksi yleiseen osuuteen (Osa 1) sekä laadunvarmistuksen periaatteisiin (Osa 6). Rakennushankkeen tietomallikoordinaattorin on tutustuttava ja hallittava tietomallivaatimusten periaatteet kokonaisuutena. (YTV 2012, Osa 1) Muita LVI-suunnittelun kannalta tärkeitä osia on

- Osa 2, Lähtötilanteen mallinnus
- Osa 6, Laadunvarmistus
- Osa 7, Määrälaskenta
- Osa 9, Mallien käyttö talotekniikan analyyseissa
- Osa 10, Energia-analyysit

## **2.2.2 Tietomallivaatimukset Swecolla**

Swecon Talotekniikka osastolla on luotu oma ohjeistus tietomallinnukseen. Ohje pohjautuu Yleiset tietomallivaatimukset 2012 julkaisuihin ja siihen on kerätty niistä tärkeimmät asiat, sekä tehty ohjeistusta eri työvaiheisiin ja työjärjestykseen.

Ohjeessa on myös kerrottu MagiCAD for AutoCAD projektin perustamisesta, IFC katseluohjelmien käyttämisestä, reikävarausten tekemisestä, määrälaskennasta, mallin tarkastamisesta, sekä kerrottu mitä pitää huomioida eri suunnitteluvaiheissa.

Sweco Industrylla ei ole luotu omaa LVI tietomalliohjetta, ja tietomallinnuksen tukena käytetäänkin Talotekniikka osaston ohjetta sekä projektikohtaisia ohjeita. Sweco Industrylla jokaiseen rakennushankkeeseen luodaan yleensä oma yhteinen tietomalliohje kaikille hankkeessa mukana oleville, jossa on kerrottu tietomallintamiseen tarvittavat pelisäännöt kyseisessä rakennushankkeessa.

### **2.3 Tietomallin asettamat vaatimukset LVI suunnittelulle**

Tietomallinnus asettaa vaatimuksia LVI suunnittelulle jo heti ehdotussuunnitteluvaiheessa, jossa talotekniikan suunnittelijat laativat alustavat järjestelmämallit, joissa kuvataan järjestelmien pääreitit sekä suuret tilaa vievät kanavat. Ehdotussuunnitteluvaiheessa luodaan myös palvelualuekaaviot, mahdolliset 3D-mallihuoneet, 2D-leikkaukset sekä tilavaraukset konehuoneille, kuiluille ja hormeille. (YTV 2012, Osa 1, 14.)

Yleissuunnitteluvaiheessa tietomallin avulla varmistetaan järjestelmien riittävät tilantarpeet ja vaikutukset muiden suunnittelijoiden työhön. Yleissuunnitteluvaiheessa tietomallin tulee sisältää pääkanavistojen ja konehuoneiden tilantarpeet siinä laajuudessa, että tilantarpeiden vaikutukset muuhun suunnitteluun voidaan arvioida. (YTV 2012, Osa 1, 16.)

Toteutusvaiheessa LVI-suunnittelijan tietomallin tulee vastata arkkitehdin tietomallia. Järjestelmät mallinnetaan kokonaisuutena, eli suunnitteluohjelmistojen laskenta ja tasapainotus työkaluja on oltava mahdollisuus käyttää. Verkostoissa kaikki oleelliset komponentit mallinnetaan. Järjestelmät jaetaan niin, että niitä voidaan mitoittaa erikseen, esimerkiksi eri ilmanvaihtokoneiden poistoilmaverkostot mallinnetaan omina järjestelminään. (YTV 2012, Osa 1, 17.)

Objektit mallinnetaan todellista vastaavilla objekteilla ja kaupallisia tuotekirjastoja käytetään ohjelmiston kattamassa laajuudessa, kannakointeja ei ole pakollista mallintaa. Eristeet mallinnetaan todellisilla paksuuksilla, jotta törmäystarkastelua on hyödyllistä tehdä. Viemäreiden kaadot tulee esittää todellisina, pois lukien paikalliset kerroksissa olevat hajoitukset kuten WC-tilaryhmät, sekä piha-alueella olevat viemäriverkostot, vaikka niiden mallintaminen kaatojen kanssa on suositeltavaa, sillä se helpottaa viemäreiden korkojen merkkäämistä.

### 3 SUUNNITTELUN VAIHEET

LVI suunnittelun vaiheet voidaan jakaa 11 eri osaan taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelon TATE18 mukaan seuraavanlaisiin osiin:

- Tarveselvitys
- Hankesuunnittelu
- Suunnittelun valmistelu
- Ehdotussuunnittelu
- Yleissuunnittelu
- Rakennuslupatehtävät
- Toteutussuunnittelu
- Rakentamisen valmistelu
- Rakentaminen
- Käyttöönotto
- Takuu aika

#### 3.1 Tarveselvitys

Rakennushanke aloitetaan aina tarveselvityksellä, jossa perustellaan tilahankinnan tai olemassa olevan tilan muutostarve. Tarveselvitysvaiheessa kuvataan alustavasti tarvittavat tilat, ja niille asetettavat vaatimukset, sekä tutkitaan vaihtoehtoisia käyttömahdollisuuksia ja arvioidaan eri ratkaisujen kustannuksia. Tarveselvityksen tuloksena syntyy tarveselvitys ja hankepäättös. (RT 10-11290, 3.)

Tarveselvitysvaiheessa taloteknisen suunnittelijan tehtäviin kuuluu pääasiassa avustavia tehtäviä, kuten selvittää tiloihin kohdistuvia olosuhde-, toiminnallisuus- ja turvallisuusvaatimuksia sekä luoda teknisistä pääjärjestelmistä karkeat tilantarpeet. Lisäksi tehtäviin voi kuulua kustannusennusteen laadintaa ja kannanottoa rakentamisaikatauluun talotekniikan kannalta. (RT 10-11290, 3.)

### 3.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheessa rakennushankkeelle asetetaan laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. Hankesuunnittelun tuloksena syntyy hankesuunnitelma, joka muodostuu projektiohjelmasta ja hankeohjelmasta. Hankesuunnittelussa lähtötietoina käytetään käyttäjien ja omistajien tavoitteita. Johtuen talotekniikan suurista investointi ja ylläpitokuluista talotekniikan olosuhde-, toiminnallisuus- ja turvallisuusvaatimusten huomioon ottaminen on tärkeää jo heti rakentamisen alkuvaiheessa. Hankesuunnittelun tuloksena syntyy hankesuunnitelma ja investointipäätös. (RT 10-11290, 4.)

Hankesuunnittelussa taloteknisen suunnittelijan tehtäviin kuuluu tontin ja rakennuksen rakennettavuuden selvittämistä, kohteen energiankulutuksen ja ympäristökuormitusten arviointia sekä taloteknisten suunnittelutavoitteiden määrittelyä. Lisäksi tehtäviin voi sisältyä myös kustannusarvion laadintaa, kunnallistekniikoiden liityntämahdollisuuksien selvitystä, maaperän hyödyntämismahdollisuuksien selittämistä energian tuotannossa ja varastoisessa, teknisten päätilojen määrittelyä sekä taloteknisten järjestelmien kuntoarviointia. (RT 10-11290, 4)

### 3.3 Suunnittelun valmistelu

Suunnittelun valmisteluvaiheeseen kuuluu suunnittelun organisointia, suunnittelijoiden kilpailuttamista, tarvittavia neuvottelua, suunnittelijoiden valinta sekä suunnittelusopimusten tekeminen. Hankkeessa voidaan luoda hanketietokortti, johon määritetään riittävät lähtötiedot sekä tilaajan edellyttämä tehtävän vaativuus ja laajuus, joiden avulla voidaan arvioida suunnittelutehtävään tarvittavaa työmäärää, resursseja ja kustannuksia.

Suunnittelun valmisteluvaiheessa varmistetaan myös suunnittelijoiden kelpoisuudet suunnittelutehtävään, varmistetaan että suunnitteluresurssit ovat riittävät projektin suorittamiseen, sovitaan suunnittelu- ja käyttäjäkokouksista, tarkistetaan taloteknisen suunnittelun tavoitteiden tarkoituksenmukaisuus sekä määritellään muutos- ja lisäsuunnittelun vastuut. Suunnittelun valmisteluvaiheessa sovitaan lisäksi, miten suunnittelijoiden välinen yhteistyö toteutetaan ja luodaan projektille

oma tietomallinnusohje yhdessä muiden suunnittelualojen kanssa. Suunnittelun valmisteluvaiheen tuloksena syntyy suunnittelupäätös. (RT 10-11290, 5 – 9.)

### **3.4 Ehdotussuunnittelu**

Ehdotussuunnitteluvaiheessa laaditaan vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja asetettujen tavoitteiden täyttämiseksi. Tarkoituksena on vertailla useita erilaisia ja vaihtoehtoisia ratkaisuja. (RT 10-11290, 9.)

Ehdotussuunnittelussa talotekniikan suunnittelijan tehtäviin kuuluu selvittää taloteknisiä vaihtoehtoja, jotka soveltuvat ja tukevat arkkitehdin määrittelemiä tilaratkaisuvaihtoehtoja, energiankulutuksen tavoitteen laskentaa ja olosuhdesimulointia. Lisäksi esitetään mallihuoneratkaisu, jos kohteessa esiintyy toistuvia tilaratkaisuja, sekä suoritetaan investointi-, ja elinkaarikustannuslaskentaa, ympäristöluokitusten esiselvitystä sekä virtaussimulointia.

### **3.5 Yleissuunnittelu**

Yleissuunnittelussa aiemmin luotuja ehdotussuunnitelmia kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmiksi. Yleissuunnitelma kohdistuu rakennuksen kiinteään perusosaan, sekä muuntuvien tila-alueiden suunnitteluun. Yleissuunnitteluvaiheesta syntyy yleissuunnitelma ja pääpiirustukset. (RT 10-11290, 13.)

Yleissuunnitteluvaiheessa talotekniikan suunnittelijan tehtäviin kuuluu kunnallistekniikan liittymien esittely, talotekniikan pääreittien määritykset ja niiden yhteensovitus muiden talotekniikan suunnittelijoiden kanssa sekä 2D leikkauskuvien luominen, alustavien laitekohtaisen kuormitustietojen tarkentamista, suunnitelmien ristiin tarkastusta, yhteensovitusta ja vertailua eri suunnittelijaosapuolten välillä. Lisäksi yleissuunnitteluvaiheessa tehtäviin voi kuulua energiankulutuksen tavoitteen laskentaa tarkennetuilla lähtötiedoilla, olosuhdesimulointeja, investointi- ja elinkaarikustannuslaskentaa, ympäristövaikutusten arviointia sekä tilapäisjärjestelyiden suunnittelua. (RT 10-11290, 13-16.)



### 3.6 Rakennuslupatehtävät

Rakennuslupatehtävissä selvitetään rakennushankkeen edellyttämät lupamenettelyt, varmistetaan suunnittelijoiden pätevyys ja pääpiirustusten hyväksyttävyys, sekä laaditaan lupahakemus.

LVI suunnittelijan tehtäviin rakennuslupatehtävissä kuuluu tarvittavien talotekniikkaan liittyvien lausuntojen hankkiminen viranomaisilta, kuten liitoskohtalausunnot ja paloteknisiin järjestelmiin liittyvät lausunnot. Lisäksi toimitetaan pääsuunnittelijalle rakennuksen energiatodistukseen tarvittavat laskelmat ja selvitykset oman alan osalta. Rakennuslupatehtävien tuloksena syntyy rakennuslupa-asiakirjat. (RT 10-11290, 17.)

### 3.7 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelussa yleissuunnitelmat kehitetään hankinnan ja rakentamisen edellyttämäksi mitoitetuiksi ja tuotemääritellyiksi suunnitelmiksi. Toteutussuunnittelu jakautuu kahteen vaiheeseen, hankintoja palveleviin suunnitelmiin sekä toteutusta palveleviin suunnitelmiin.

Toteutussuunnitteluvaiheessa talotekniikan suunnittelijan yleisiin tehtäviin kuuluu kanava- ja putkireititysten sopimista pääsuunnittelijan kanssa, kerrosten taloteknisten ratkaisujen yhteensovittamista muiden suunnittelualojen kanssa, varmistetaan talotekniikan komponenttien toimivuudet järjestelmissä sekä toimitetaan tiedot alakattoon asennettavista järjestelmistä arkkitehdille.

Hankintoja palvelevat suunnitelmat tehdään siinä laajuudessa, että niiden pohjalta voidaan laskea kohteen urakkahinta. Talotekniikan suunnittelijan tehtäviin kuuluu täydentää turvallisuusasiakirjaa sekä urakkarajaliitettä oman suunnittelu- alan osalta, määrittää rakenteiden varaustarpeet, suorittaa yhteensovitusta muiden suunnittelualojen kanssa, suorittaa verkostojen tasapainotus, sisältäen linjasäätöventtiileiden ja huonelaitteiden säätöventtiileiden virtaama- ja painehäviötiedot. Lisäksi talotekniikan suunnittelijan työtehtäviin voi kuulua purkukuvien

suunnittelua nykyisistä laitteista, määräluetteloiden laadintaa sekä ympäristöluokitusjärjestelmien edellyttämien suunnitteluvaiheiden tehtäviä. (RT 10-11290, 18-20.)

Toteutusta palvelevassa suunnittelukokonaisuudessa hankintoja palveleva suunnitelmakokonaisuutta kehitetään rakentamisen ja toteutuksen edellyttämiksi suunnitelmiksi. Näiden suunnitelmien pohjalta on oltava mahdollista suorittaa järjestelmien asennukset ja käyttöönotto. Tässä vaiheessa tehdään myös tarkennettu tavoite-energiakulutuksen laskenta, laaditaan järjestelmä- ja tuoteosahankintojen suunnitelma-asiakirjat sovitulla tarkkuudella, suoritetaan verkostojen painehäviö, tasapainotus- ja äänilaskelmat, tehdään elementteihin tulevien varausten varauspiirustukset sekä tehdään tietomallien lopullinen yhteensovitus yhdistelmämallin avulla. (RT 10-11290, 21-22.)

### **3.8 Rakentamisen valmistelu**

Rakentamisen valmisteluvaiheessa organisoidaan rakentamista, kilpailutetaan urakoitsijat, käydään sopimusneuvottelut sekä tehdään urakka- ja hankintasopimukset. Tässä vaiheessa hyväksytetään suunnitelmat viranomaisilla, täydennetään erillisen valvojan laatima talotekniikan valvontasuunnitelma oman alan osalta sekä tarvittaessa täydennetään suunnitelmia siten, että ne täyttävät viranomaisvaatimukset. (RT 10-11290, 23.)

### **3.9 Rakentaminen**

Rakentamisvaiheessa varmistetaan sopimuksien mukainen toteutus, tavoitteet täyttävä lopputulos sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet.

LVI suunnittelijan osalta rakennusaikaiset tehtävät ovat suunnittelua täydentäviä tehtäviä, joilla varmistetaan toteutuksen suunnitelmien mukaisuus. LVI-suunnittelijan työtehtäviin kuuluu muun muassa työmaakokouksiin osallistuminen, osallistutaan urakoitsijoiden laatimien tarjousten käsittelyyn ja vertailuun järjestelmätoi-

mittajista, suoritetaan teknisiä tarkastuksia ja toimintakokeita, laaditaan paikan-  
tamispiirrustukset sekä suoritetaan muita rakentamisen aikaan eteen tulevia teh-  
täviä. (RT 10-11290, 24-26.)

### **3.10 Käyttöönotto ja takuu aika**

Rakennuksen käyttöönottovaiheessa varmistetaan järjestelmien toiminta ja an-  
netaan käytönopastus rakennuksen käyttäjille. Käyttöönottovaiheessa varmiste-  
taan urakoitsijan laadunvarmistuksen toimivuutta, toteutuksen suunnitelmanmu-  
kaisuutta sekä järjestelmien oikeaa toimintaa.

Rakennuksen käyttöönottovaiheessa LVI suunnittelijan tehtäviin kuuluu myös  
luovutuspiirrustusten laatiminen urakoitsijan ilmoittamien muutosten avulla, ener-  
gialaskennan päivitys, osallistuminen hankkeen jälkitarkastuksiin, sekä suunni-  
telmien arkistointi sovitulla tavalla.

Takuuajana seurataan ja varmistetaan rakennuksen toimivuutta, tehdään takuu-  
ajan säädöt sekä pidetään tarvittavat tarkastukset ja korjataan mahdolliset puut-  
teet. (RT 10-11290, 26-28.)

### **3.11 Suunnittelun vaiheet teollisuus LVI osastolla**

Teollisuus LVI osastolla suunnittelun vaiheita on yhdistelty kolmeen keskeiseen  
suunnitteluvaiheeseen, jotka ovat esisuunnittelu-, tarjoussuunnittelu- sekä to-  
teutussuunnitteluvaihe (Heikura 2019, 22).

#### **3.11.1 Esisuunnitteluvaihe**

Esisuunnitteluvaiheeseen on yhdistetty tarveselvitys, hankesuunnittelu, suunnit-  
telun valmistelu sekä ehdotussuunnittelu. Esisuunnitteluvaihe alkaa investoinnin  
selvityspäätöksen jälkeen ja siinä tehtävinä on LVIA-järjestelmien määrittely, lait-

teiden alustavat mitoitukset, teknisten tilojen ja tekniikoiden vaatimien tilojen tilantarpeiden määrittely, muihin järjestelmiin liittymisiin tarvittavien tietojen selvittäminen, sekä kustannusarvio. (Heikura 2019, 22.)

Lisäksi esisuunnitteluvaiheessa mitoitetaan LVI tekniikoiden suurimmat komponentit, kuten IV-kojeet, puhaltimet, jäähdytyslaitteet ja lämmönvaihtimet. Virtaus- ja periaatekaaviot laaditaan ilmanvaihdosta sekä lämmitys-, ja jäähdytysjärjestelmistä. Tarvittaessa laaditaan myös alustava laiteluettelo ja laaditaan rakennustapaselostus. Esisuunnitteluvaihe päättyy tarjousvertailuun ja hankintasuositukseen. (Heikura 2019, 25.)

Swecon tiedonvaihtotaulukon mukaan esisuunnittelun tuloksena syntyy alustava laiteluettelo, esisuunnitteluraportti, kustannusarvio ilmanvaihdosta ja putkistosta sekä tilanearviot (Tiedonvaihtotaulukko 2017).

### **3.11.2 Tarjous- ja toteutusuunnitteluvaihe**

Tarjoussuunnitteluvaiheeseen on yhdistetty yleissuunnittelu ja rakennuslupatehtävät. Tarjoussuunnitteluvaihe alkaa investointipäätöksen jälkeen ja siinä tehtävinä on laatia esisuunnittelun pohjalta tarjouslaskentapiirustukset ja tekniset eritelyt. Sovittaessa tehdään myös tarjouskyselyt. Tarjoussuunnitteluvaihe päättyy tarjouspyyntöjen vertailuun. (Heikura 2019, 22.)

Toteutussuunnitteluvaihe alkaa hankintapäätöksen jälkeen ja siinä tehtävinä on tarjouslaskentakuvien tarkennus ja mahdolliset muutokset, jotka ovat yleensä vähäisiä LVIA-suunnittelussa. Toteutussuunnitteluvaihe päättyy LVIA-asennusten aloittamiseen. (Heikura 2019, 22.)

Tarjous-, ja toteutussuunnitteluvaiheen työtehtäviin kuuluu mm: Lähtötietojen, kuten liittymien, urakkarajojen, lämpökuormien, paloalueiden sekä teknisten tilojen paikkojen ja kokojen tarkentamista, tarkennetaan virtaus-, ja periaatekaavioita sekä valitaan laitteet ja komponentit. Lisäksi suunnitellaan putkistot ja kanavistot, valitaan vesi-, ja viemärikalusteet, laaditaan laiteluettelot, LVI työselitykset sekä tehdään piirustusluettelot. (Heikura 2019, 26-27.)

Swecon tiedonvaihtotaulukon mukaan perussuunnittelun eli tarjoussuunnittelu-  
vaiheen tuloksena syntyy prosessilaitteiden tekninen kyselyaineisto, laitteiden ti-  
lavaraukset, laiteluettelo toteutussuunnittelua varten, perussuunnitteluraportti,  
reitti- ja piirustukset, tekninen kuvaus, liityntäsuunnittelu, virtauskaaviot sekä järjestel-  
mien toimintakuvaus. Toteutussuunnittelun lopputuloksena pitäisi syntyä lai-  
teluettelo rakentamista varten, LVI-piirustukset ja piirikuvaukset (Tiedonvaihto-  
taulukko 2017).

## 4 REVIT

Revit julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 2000 arkkitehtisuunnitteluun, jolloin se kehitettiin käsittelemään paljon monimutkaisempia projekteja kuin ArchiCAD. Autodesk osti yrityksen vuonna 2002 ja on siitä lähtien kehittänyt ohjelmistoa. Revit mullisti tietomallintamisen maailmaa luomalla alustan, jossa hyödynnettiin visuaalista ohjelmointiympäristöä parametrusten familien luomiseksi. Tällä toiminnolla jokaiselle tuotteelle voidaan lisätä useita eri parametrejä, kuten hintoja tai painoja. Yksi ensimmäisistä Revitillä suunnitelluista projekteista oli Manhattanilla sijaitseva Freedom Tower. (Quirk 2012.)

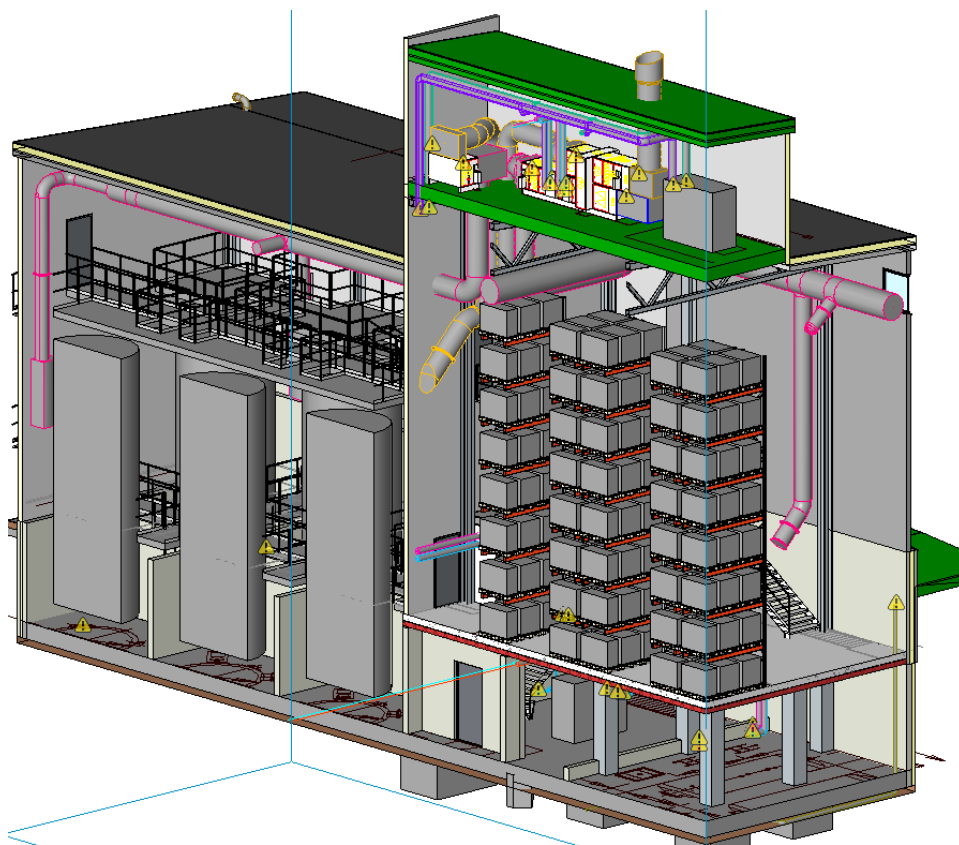
Suomessa Revit on vielä melko vähäisessä käytössä taloteknisen suunnittelun osalta. Arkkitehtipuolella Revit on jo käytössä jonkin verran ja kiinnostusta myös muilla tekniikan aloilla löytyy, sillä Revit tuo paljon työntehokkuutta parantavia ja tietomallien laatua parantavia ratkaisuja. Suurin ongelma Revittiin siirtymiselle on kuitenkin raha. Revit ja MagiCAD for Revit lisenssit ovat jonkin verran AutoCAD ja MagiCAD for Autocad lisenssejä kalliimmat. Siirryttäessä suunnittelemaan Revitillä, tarvitaan kuitenkin lisäksi AutoCADia, jolla voidaan hoitaa vanhoja projekteja, koska AutoCADilla tehtyjä projekteja ei saa siirrettyä Revittiin. Lisäksi kustannuksia koituu työntekijöiden kouluttamisesta ja työntehokkuuden alenemisesta uuden ohjelmiston käyttöönottoaiheessa. Työntehokkuuden pitäisi ohjelmiston osalta parantua siirryttäessä Revittiin, kunhan ohjelmiston käyttö tulee käyttäjille tutuksi.

### 4.1 Revit

Revitissä koko rakennuksen tietomalli on samassa tiedostossa. Kaikki tekniikat suunnitellaan suoraan rakennuksesta tehdyn tietomallin ympärille. Revittiin on mahdollista lisätä myös muita tietomalleja, esimerkiksi jos teollisuuden prosessilaitteet tai sähkösuunnitelmat on tehty eri ohjelmalla. Tämä eroaa täysin nykyisin käytössä olevasta AutoCAD-ohjelmasta, jossa jokaisella kerroksella ja jokaisella tekniikalla on oma tiedostonsa. Tämä tuo esiin sen ongelman, että AutoCADilla yhtä tiedostoa pystyy käsittelemään samaan aikaan vain yksi henkilö. Revitillä

samaa tiedostoa voi käyttää useampi eri henkilö samaan aikaan Central Filen avulla, jota käsitellään myöhemmin tässä kappaleessa. Lisäksi hyvänä puolena tästä asiasta on eri kerrosten välisten tekniikoiden, kuten pystynousujen muokkaukset. Revitillä pystynousun paikkaa kaikissa kerroksissa pystyy muuttamaan kerralla vain raahaamalla pystynousua haluttuun kohtaan, jolloin pystynousu siirtyy jokaisen kerroksen osalta. AutoCADissa saman asian tekemiseksi joudutaan avaamaan jokaisen kerroksen kuva ja siirtämään pystynousua jokaisessa kerroksessa erikseen.

Revitissä voidaan tarkastella suunnitelmia 2D näkymissä, kuten AutoCAD ohjelmallakin, mutta lisäksi rakennusta voidaan tarkastella myös 3Dnä, kun AutoCADilla suunnitellessa suunnitelmista pitää ajaa ensin IFC tai NWC tiedosto ja sitten tarkastella sitä toisessa ohjelmassa. Revitissä kerrosnäkyvät ja leikkauskuvat ovat vain näkymiä koko mallista, jossa on näkyvissä halutut tekniikat. Tekniikoita voidaan myös muokata ja luoda 3D näkymissä sekä leikkauskuvissa, joka ei ole AutoCADilla mahdollista. Tämä säästää suunnittelussa paljon aikaa, sillä tietomallikohdetta suunnitellessa joudutaan tarkastelemaan 3D mallia jatkuvasti. Revitin 3D mallista esitetty kuva alla (kuva 2).



KUVA 2. 3D näkymä Revitistä

### 4.1.1 Template

Template on Revit tiedoston perusta, jonka päälle suunnittelua tehdään. Template valitaan projektia luodessa ensimmäisenä ja se on saman kaltainen kuin AutoCADista tuttu template. Template sisältää tärkeät keskeiset asiat, kuten viivapaksuudet, värit, näkymät, tasot, tulostusasetukset, nimiöt ja paljon muuta. Valmiin tempalten käytöllä säästytään paljon turhalta työtä, eikä perusasetuksia tarvitse muuttaa joka projektissa. Lisäksi saman templatien käytöllä yrityksessä varmistutaan siitä, että lopputuotos asiakkaalle on aina mahdollisimman yhdenmukainen. Revitiin on valmiina Autodeskin oma template, joka on räätälöity Suomen markkinoille sopivaksi, ja se sisältää Suomessa käytettäviä viivatyyppejä, paksuuksia ja piirrosmerkkejä. (Project Templates 2020.) Swecolla Revittiin on kehitetty omaa templatea talotekniikkaosastolla vuoden 2016 Autodeskin luomasta templatesta, johon on asetettu valmiiksi näkymiä, viivatyyppejä, -paksuuksia, filtereitä, sekä muita asetuksia (Hurskainen 2020).

### 4.1.2 Parametrit ja Familyt

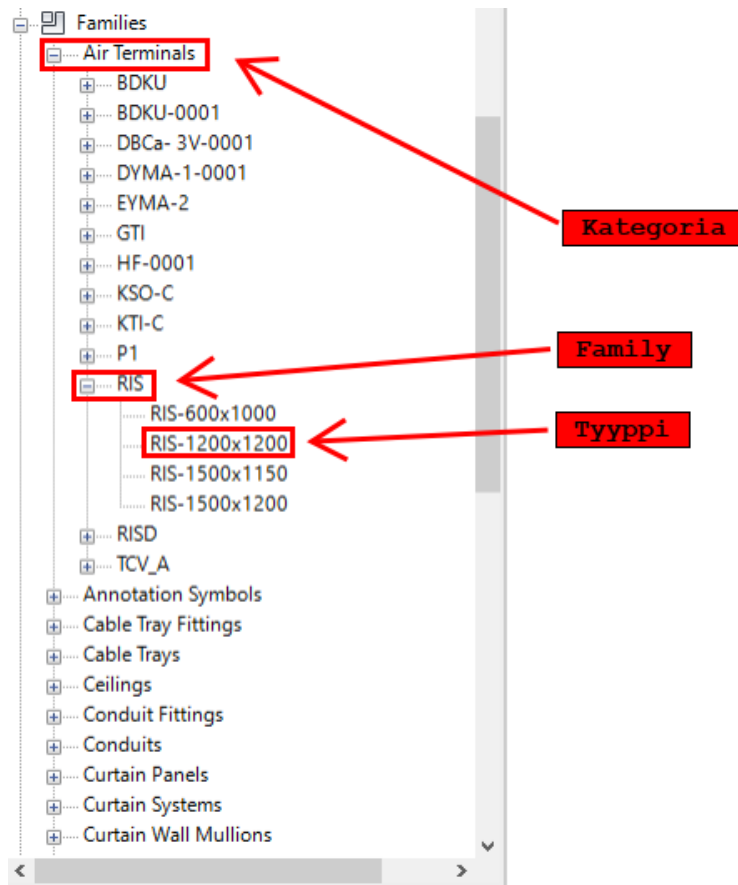
Revitillä mallintaminen perustuu Familyihin ja Parametreihin. Jokainen objekti sisältää parametrejä ja jokainen objekti kuuluu johonkin familyyn.

Jokainen Objekti Revitissä sisältää tietoa, eli parametrejä. Parametrejä käytetään objektien määrittämiseen ja muokkaamiseen, sekä siirtämään tietoa mallin, tekstin ja taulukoiden välillä. Esimerkiksi ilmanvaihdon päätelaitteita voi olla rakennuksessa kymmeniä tai satoja. Jokainen päätelaite sisältää tietoa muun muassa laitteen tyypistä, koosta sekä läpikulkevasta ilmavirrasta. Nämä tiedot löytyvät päätelaitteesta, mutta ne saadaan myös näkymään taulukossa, johon saadaan näkymään samat parametrit. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos mallinnettaville objekteille antaa oikeat tiedot, niin niistä voidaan tehdä automaattisesti esimerkiksi laiteluettelo, joka on reaaliaikainen ja päivittyy kun objekteja lisätään tai poistetaan. (Parameters 2020.)



Parametrejä on neljää eri tyyppiä; Project Parameters, Family Parameters, Shared Parameters ja Global Parameters. Project-parametrit ovat nimensä mukaan projektikohtaisia parametrejä, eikä näitä parametrejä voi jakaa muiden projektien kanssa. Tällaisia parametrejä voidaan käyttää esimerkiksi luokitellessa näkymiä projektissa. Family-parametrit ovat familyjen sisäisiä parametrejä ja voivat sisältää tietoja kuten päätelaitteen koko. Shared-parametrit ovat parametri määritelmiä, jotka voivat olla käytössä useassa eri familyssä tai projektissa. Koska Shared-parametrien määritelmät ovat erillisessä tiedostossa, ne ovat suojattu muutoksilta. Shared-parametrejä voi käyttää esimerkiksi nimiöissä, jolloin nimiön saa käyttöön eri projekteissa ja ne sisältävät valmiiksi parametrit, kuten kiinteistön tiedot, suunnittelijat, suunnittelualat yms. Global-parametrit ovat tarkoitettu yhden projektin käyttöön, mutta niitä ei ole ollenkaan luokiteltu, vaan parametri voi sisältää yksinkertaisen arvon. Global-parametrejä voi esimerkiksi käyttää lavuaarin asennuskorkeuden määrittämisessä, jolloin lavuaari tulee aina tiettyyn korkeuteen lattiasta, vaikka lattian korkeus muuttuisikin. (Parameters 2020.)

Family on ryhmä objekteja, jotka sisältävät samoja ominaisuuksia, eli parametrejä. Esimerkiksi ilmanvaihdon päätelaite muodostaa oman familyn, jonka alla on tietty päätelaite. Päätelaitteen parametrjeä on sen graafinen esitys, muodot ja mittasuhteet. Familyn sisällä voi olla myös toisistaan eroavia parametrejä, kuten tuotteen koko. Familyn puurakenne esitetty kuvassa 3. Familyja on kolmea eri tyyppiä; System Families, Loadable Families ja In-Place families. System Families ovat peruselementtejä, joita tarvitaan rakentamiseen ja ne ovat ennalta määritettyjä projektiin. Niitä ovat esimerkiksi ovet, katot, putket ja kanavat. Loadable Families ovat Revittiin erikseen ladattavia Familyita ja niitä on esimerkiksi ilmanvaihdon päätelaitteet, lämmityslaitteet ja vesihanat. In-Place families ovat projektikohtaisia familyita ja niitä kannattaa luoda, vain jos niitä ei tarvitse eri projekteissa. Esimerkiksi jos jostain talotekniikan laitteesta ei löydy valmista mallia, voi suunnittelija luoda mallin ja tehdä siitä in-Place familyn. (About Families 2018)

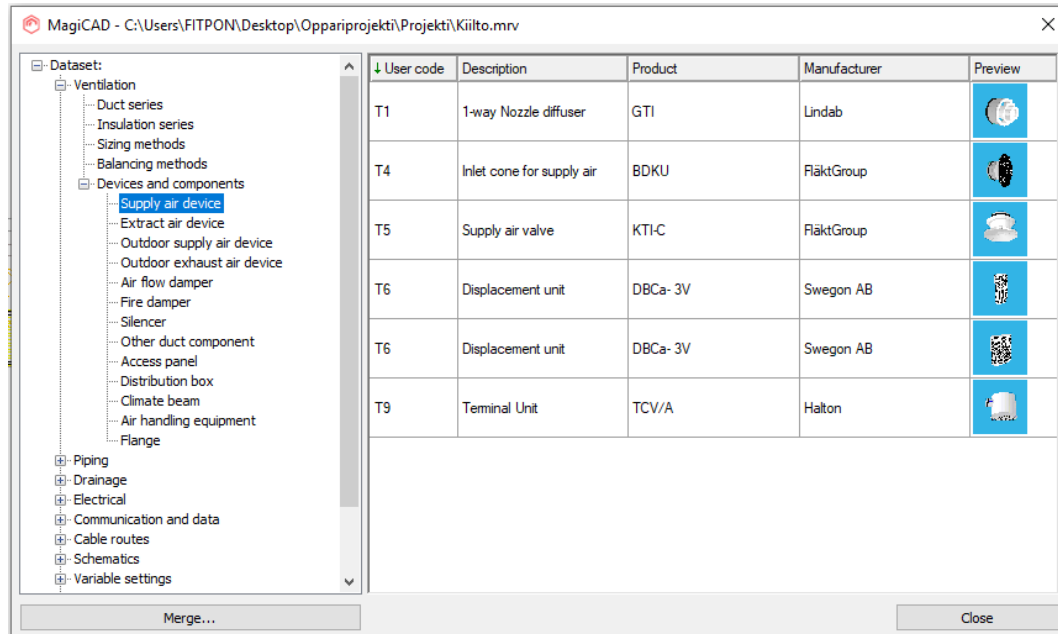


KUVA 3. Revitin Familyrakenne

## 4.2 MagiCAD for Revit

MagiCAD for Revit tarjoaa talotekniseen suunnitteluun suunniteltuja työkaluja Revitille. Revitillä itsellään pystyy suunnittelemaan putkia ja kanavia, mutta MagiCAD lisäosa tuo huomattavasti helpottavia toimintoja ilmanvaihdon, putkiston, automaation, kannakoinnin, sprinkleri- ja sähköjärjestelmien suunnitteluun, mallintamiseen ja mitoitukseen. MagiCAD on käytössä 80 maassa tuhansissa eri toimistoissa ja se kattaa yli 1 000 000 tuotteen tuotekirjaston tunnetuimmilta laitevalmistajilta. Progman Oy on tarjonnut MagiCAD for Revit lisäosaa vuodesta 2009, jonka jälkeen päivityksiä on tullut vuosittain. Vuonna 2019 Program yhdistyi CADCOMIn kanssa ja on toiminut tästä eteenpäin nimellä MagiCAD Group. (MagiCAD: LVIS-sovellukset 2020.)

MagiCAD tuo Revittiin mukanaan oman Templaten kaltaisen tiedoston datasetin, joka sisältää projektikohtaiset tuotteet, putki- ja eristesarjat, mitoitus- ja tasapainotuskriteerit. Datasetin ulkoasu on tuttu MagiCAD for AutoCAD sovelluksen projektinhallinta osiosta (Kuva 4).



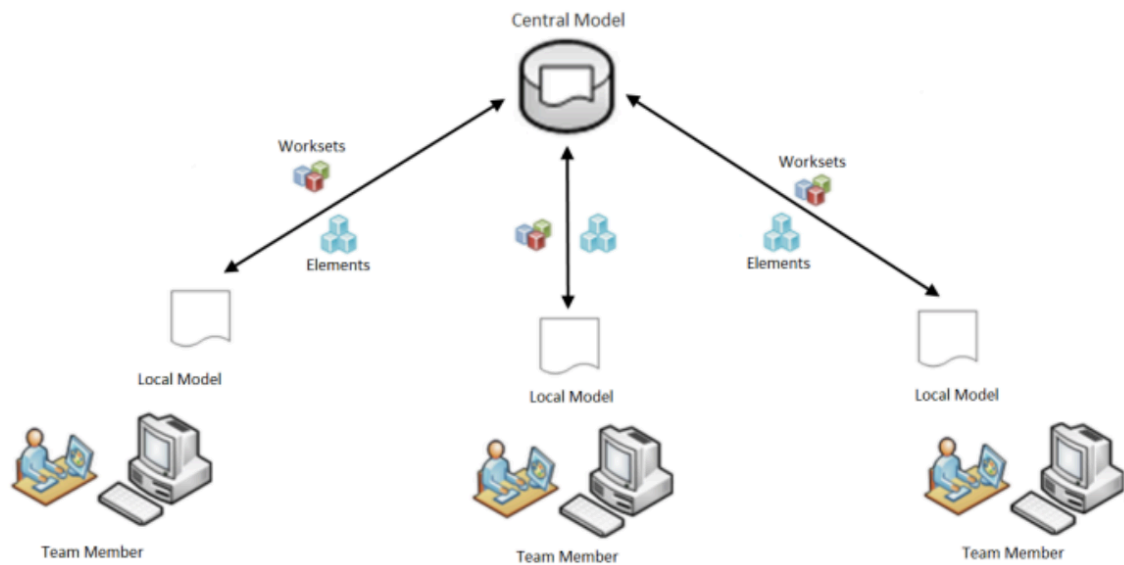
KUVA 4. Revitin dataset

Dataset on mahdollista ja kannattavaa tehdä valmiiksi ennen projektien alkua, jotta projektin aikana peruslaitteiden etsimiseen ja lisäämiseen ei menisi aikaa. Dataset kannattaa luoda suunnittelukohtaisesti, esimerkiksi kerrostalon suunnitteluun oma ja teollisuuskohteiden LVI tekniikoiden suunnitteluun oma dataset. Suunnittelukohtaisesti luotu dataset sisältäisi olisi yleisesti käytetyt laitteet ja varusteet, sekä mitoituskriteerit olisi asetettu valmiiksi. (Dataset, MagiCAD.)

### 4.3 Worksharing

Revitissä koko rakennuksen tietomalli ja suunnittelutiedostot ovat yhdessä tiedostossa, toisin kuin AutoCADissa, jossa jokainen kerros ja jokainen eri tekniikkalaji tarvitsee oman tiedostonsa. AutoCADilla ryhmässä työskentely onnistuu siten, että eri työntekijät käyttävät samaan aikaan eri tiedostoja. Revitissä käytössä on ainoastaan yksi tiedosto, mutta tiedostolla voi työskennellä yhtäaikaaisesti useampi henkilö worksharing toiminnon avulla.

Revitissä ryhmätyöskentely onnistuu jakamalla päätiedosto eli Central Model eri osa-alueisiin tai järjestelmiin, kuten käyttövesi ja viemäri, ilmanvaihto, lämmitys, jäähdytys tai jakaa eri kerrokset keskenään. Näitä osa-alueita kutsutaan Workseteiksi. Eri Worksettejä voi käyttää samaan aikaan eri henkilöt ja tämä onnistuu paikallisen tiedoston (Local Model) avulla (Kuva 5). Paikallinen tiedosto on kopio päätiedostosta ja se täytyy synkronoida, jotta paikallisessa tiedostossa tehdyt muutokset näkyvät päätiedostossa ja muut projektissa työskentelevät saavat tiedon näistä muutoksista. (About Worksharing 2018.)



KUVA 5. Päätiedoston jakaminen (About Worksharing 2018)

Worksharing työkalun avulla voi samaan tapaan työskennellä sähkösuunnitelmien, sekä rakennesuunnitelmien parissa. Useampien suunnittelualojen työskennellessä Revitillä, yhteistyön tekeminen pitäisi olla sujuvaa ja informaation kulun parantua, koska toisen tekemät muutokset suunnitelmiin näkyvät välittömästi. (About Worksharing 2018.)

## 5 REVITIN LISÄTYÖKALUT, TOIMINNOT JA NIIDEN HYÖDYT

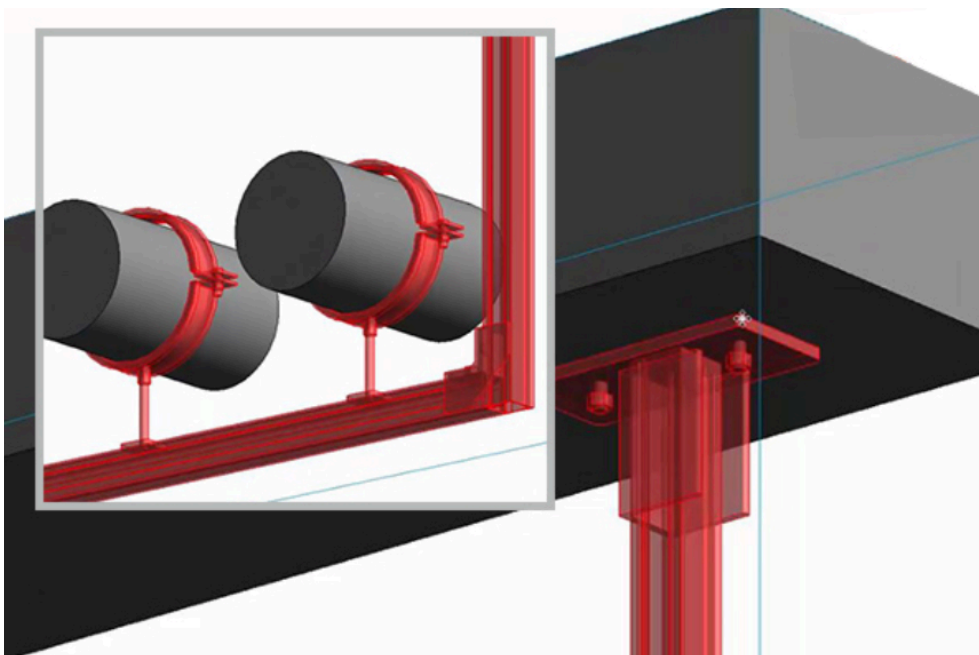
### 5.1 Supports and Hangers

Taloteknisten järjestelmien kannakointi on tärkeä osa LVI-suunnittelua, joka kuitenkin usein jää vähemmälle huomiolle. Kannakoinnin on kestävä putkistojen paino, lämpölaajenemisen aiheuttamat liikkeet ja paineiskujen aiheuttamat rasitukset. Kannakointi vie tilaa rakennuksesta, ja suunnittelemalla tietomallikohteessa kannakointi jo suunnitteluvaiheessa, voidaan rakennusaikana välttyä tilanpuutteelta.

Revitillä on mahdollista suunnitella putkistojen, kanavien ja kaapelihyllyjen kannakoinnit helposti MagiCAD Supports & Hangers sovelluksen avulla (kuva 6). Sovelluksella kannakointi voidaan suunnitella geneerisillä tai valmistajien, kuten Hilltin kannakkeilla. Sovellus tunnistaa automaattisesti ympäröivät rakenteet ja osaa sijoittaa kiinnityspisteet oikein, sekä laskee kannakkeille automaattisesti tarvittavat mitat valitun kannakkeen ja kannakoitavan objektin perusteella. Jos talotekniikka tai rakennesuunnitelmiin tulee muutoksia, sovellus määrittää kannakkeiden mitat automaattisesti uudelleen. (MagiCAD Supports & Hangers.)

Sovellus tarjoaa myös tehokkaat raportointi ja määräluettelotoiminnot. Valmistajien tarjoamat kannakkeet ovat parametrisiä, ja ne sisältävät tiedot kaikista komponenteista, joita kannakkeiden asentamiseen tarvitaan, kuten tuotetunnukset, kannakkeiden materiaalit, pultit ja mutterit. (MagiCAD Supports & Hangers.) Tämä helpottaa kustannuslaskennassa, joka olisi mahdollista tehdä pelkästään tietomallin avulla.

Kannakkeiden esitystarkkuutta voidaan myös muuttaa. Isossa kohteessa kannakkeiden esittäminen todella tarkasti kuormittaa ohjelmistoa ja tekee ohjelman käyttämisestä hidasta. Suunnittelun aikana on järkevää käyttää epätarkempaa esitystapaa ja tarvittaessa muuttaa kannakkeiden esitystapa tarkemmalle. (MagiCAD Supports & Hangers.)



KUVA 6. Kuva MagiCAD Support & Hangers sovelluksesta (Autodesk)

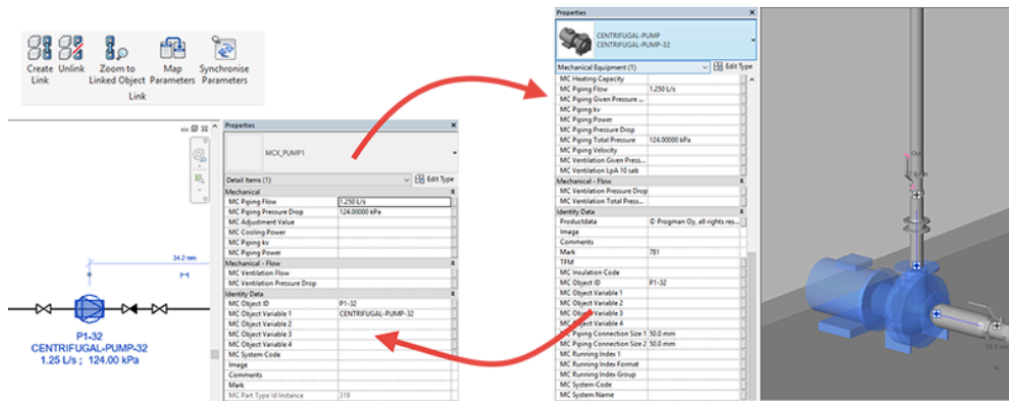
Kannakointien suunnittelu virtuaalisesti jo suunnitteluvaiheessa varmistaisi kannakkeiden todellisen sopivuuden kohteeseen, samalla vähentäen rakennusaikaisia yllätyksiä. Tähän mennessä kannakointien asennustavat LVI tekniikoille on esitetty tyyppikuvilla ja urakoitsija on työmaalla päättänyt kannakkeiden paikat. Teollisuuden prosessilaitteita suunnitellessa suunnitellaan myös prosessilaitteille kannakoinnit ja se on aivan yleisesti käytössä oleva menetelmä.

LVI suunnittelussa on kuitenkin aina menty kannakointien tyyppikuvilla, ja siihen on totuttu eikä kannakoinnin suunnittelusta olla yleensä valmiita maksamaan ylimääräistä. Kannakointien suunnittelu tällä työkalulla vaatisi tilaajalta enemmän rahallista panostusta, jolloin suunnittelusta saataisiin kokonaisvaltaisempaa. Kannakointien suunnittelusta koituvaa hintaa ja hyötyä tästä työkalusta on mahdotonta sanoa pienen kokeilun perusteella. Hinta-hyötysuhteen selvittäminen tarkemmin vaatisi muutamia pilottikohteita, jotta saataisiin selville, onko kannakointien suunnittelusta todella hyötyä ja mitä se tulisi maksamaan.

Suurin hyöty kannakointien suunnittelusta saataisiin kuitenkin tiloissa, jotka sisältävät paljon tekniikkaa, kuten konehuoneet, sekä paljon tekniikkaa sisältävät tekniikoiden kulkureitit ja alas lasketut katot, joissa on paikoitellen hyvin ahdasta ja paljon risteilyjä.

## 5.2 MagiCAD Schematics

MagiCAD Schematics on automaation suunnitteluun tarkoitettu sovellus Revitissä. MagiCAD Schematics on ensimmäinen sovellus, joka mahdollistaa synkronoinnin ja tiedonsiirron kaavioiden ja mallin välillä (Kuva 7).



KUVA 7. MagiCAD kaavion ja mallin välinen synkronointi (Autodesk)

Schematicsissä on valmiina laaja valikoima talotekniikan piirrosmerkkejä, ja niitä voi luoda myös itse helposti. Automaatiokaavioiden piirrosmerkit saa linkitettyä vastaaviin laitteisiin mallissa, jolloin objektien parametrit kuten venttiilin painehäviön ja virtauksen muutos riittää tehtäväksi vain toiseen kuvaan, ja päivittämällä kaaviosta malliin tai toisinpäin kuvien arvot päivittyvät ja ne vastaavat toisiaan. Tällä varmistetaan se, että suunnitelmissa laitteilla on aina samat arvot. (MagiCAD Schematics.) Nykyisin LVI suunnitelmat ja automaatiosuunnitelmat ovat täysin eri tiedostoja, eikä niiden synkronoiminen ole mahdollista muuta kuin manuaalisesti. Revitin Schematics sovellus helpottaa tätä asiaa ja pienentää virheiden syntymisen riskiä.

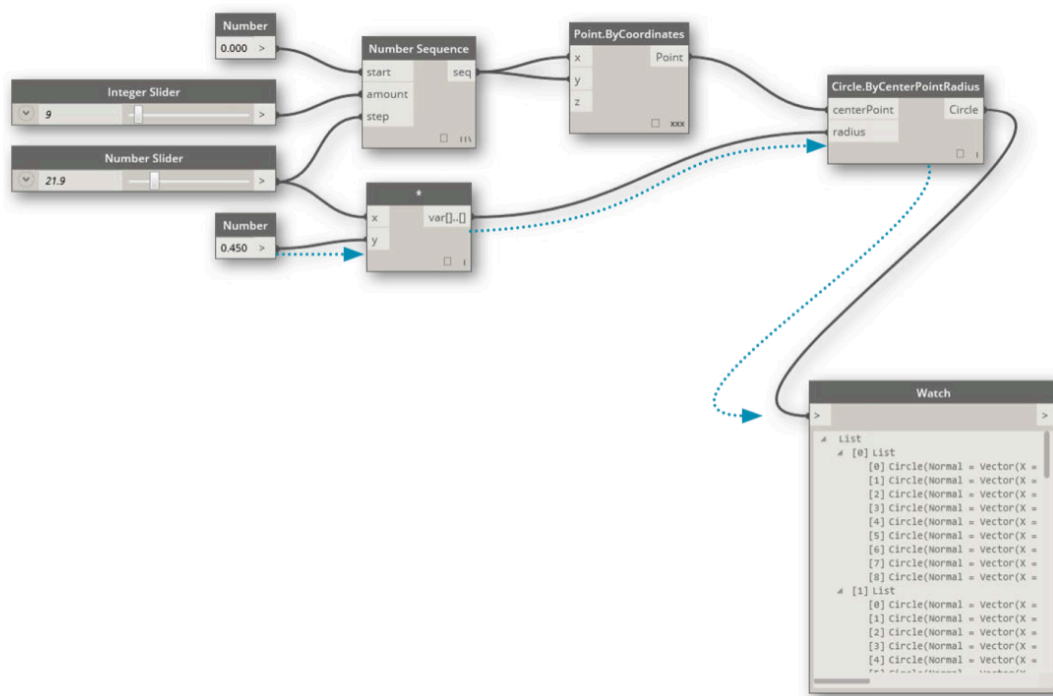
Kaaviotyökalun käyttö muistuttaa pitkälti AutoCADista tuttua Schematics työkalua ja vaikuttaa pienen käytön jälkeen jopa hieman selkeämmältä käyttäältä. Revitin Schematicsin käyttöönotto vaatisi kuitenkin mallikaavioiden luomista, koska yleensä kaaviot lähdetään tekemään vanhan pohjan päältä, jottei kaikkea tarvitse piirtää uusiksi. Revitin kaaviotyökalun käyttöönotto Revitin käyttöönoton rinnalla ei olisi suuri askel, ja sen käyttöönotto lisäisi työntehokkuutta parantavia toimintoja, kuten jo aiemmin mainittu parametrien synkronointi mallin ja kaavion välillä. Lisäksi kaaviot olisivat samassa tiedostossa mallien kanssa, eikä rinnalla

tarvitsisi käyttää toista ohjelmaa kaavioiden tekemiseen. Revitin Schematics vaatii kuitenkin oman lisenssin ja se lisäisi Revitin käytön kustannuksia.

### 5.3 Revit Dynamo

Revit Dynamo on graafinen ohjelmointityökalu, jonka avulla voi muokata ja helpottaa työskentelyä Revitillä luomalla ominaisuuksia ja työkaluja, joita Revitistä itsestään ei löydy. Dynamo on avoimeen lähdekoodiin perustuva alusta, joka asennetaan automaattisesti Revit 2020 versiosta eteenpäin. Vanhempiin Revit versioihin Dynamon saa ladattua ilmaiseksi internetistä. (DynamoBIM.)

Dynamolla ohjelmointi perustuu valmiisiin ”koodilaatikoihin” nodeihin. Nodet sisältävät ohjelmoinnit valmiina ja niitä löytyy laaja kirjasto Dynamosta. Nodeilla on erilaisia tehtäviä ja ne voivat sisältää melkein mitä tahansa toiminnallisuuksia. Nodet yhdistetään ”johdoilla” (Wires) noden ulostulosta (output) toisen noden sisään tuloon (input). Dynamon ohjelmointiprosessi esitetty kuvassa 8.



KUVA 8. Revit Dynamo ohjelmointia (DynamoBIM)



Dynamolla ohjelmointi on mielletty yleensä arkkitehtien käyttämäksi työkaluksi, ja onkin yleensä heidän käytössään arkkitehtuurisessa suunnittelussa. Ohjelma on tunnettu siitä, että sillä voidaan luoda helposti monimutkaisia ja toistuvia muotoja, jotka manuaalisesti piirtämällä olisi hyvin vaivalloista ja melkein mahdotonta toteuttaa. Taloteknisessä suunnittelussa Revit on vielä vähemmän käytössä, mutta sovelluksia jo olemassa, joihin dynamon käyttäminen on mahdollista ja hyödyllistä. (DynamoBIM.)

Dynamo ei olisi ensimmäinen käyttöönotettava työkalu Revitin käyttöönoton jälkeen, mutta se sisältää paljon potentiaalia automatisoituun työskentelyyn. Dynamolla on esimerkiksi mahdollista luoda tulostussivuja (Sheets) ja asettaa tulostettavat näkymät niille automaattisesti joko mallinnusnäkyvien perusteella, tai Excel pohjaisen dokumenttiluettelon perusteella. Toinen esimerkki on laskea automaattisesti tilojen ilmavirrat Excel pohjaisen luettelon ja arkkitehdin määrittelemien tilatyyppeihin mukaan.

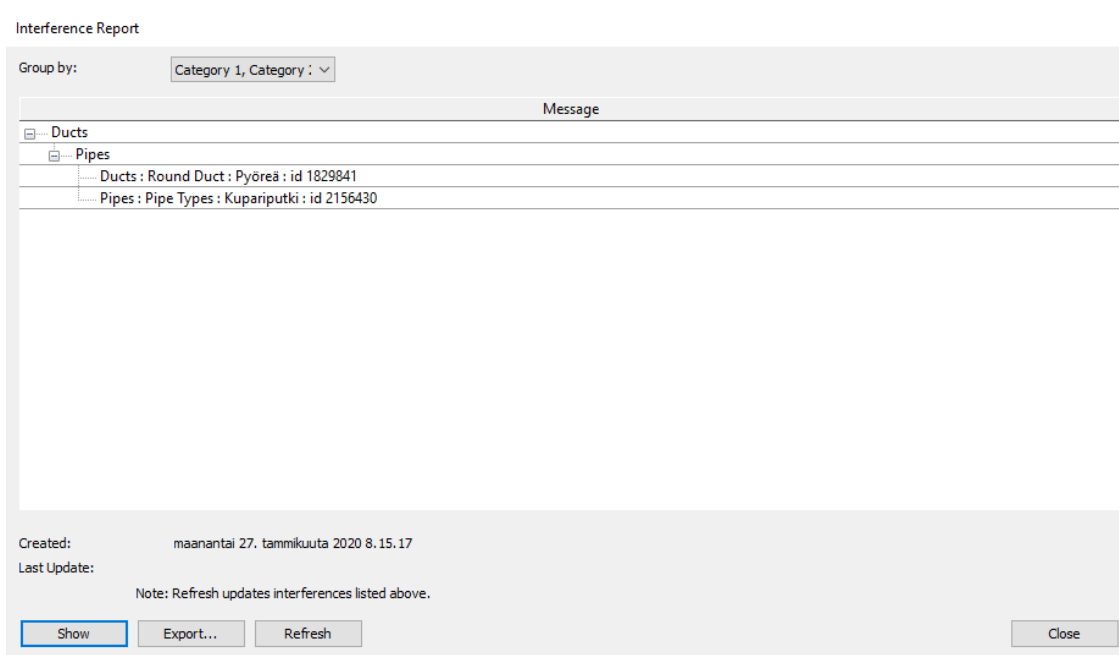
Dynamo mahdollistaa paljon ja rajoja sille ei ole asetettu mitä kaikkea sillä voi tehdä, sillä dynamoon voi myös itse koodata omia nodeja. Dynamon suuret mahdollisuudet tuovat mukanaan myös suuren riskin. Yksi keskeisimmistä kysymyksistä on, kuinka varmistetaan siitä, että tietokoneen tekemä työ on tehty oikein ja käyttäjä on osannut tehdä oikeita asioita. Dynamolla olisikin järkevintä tehdä paljon aikaa vieviä simppeleitä tehtäviä, joissa säästettäisiin paljon suunnittelijan aikaa.

#### **5.4 Törmäystarkastelu**

Törmäystarkastelulla varmistetaan siitä, että suunnitellut tekniikat eivät risteile toistensa kanssa ja että niille varatut tilat ovat riittävät. Tällä vähennetään ongelmia tilan riittävyyden kanssa rakentamisen aikana. Revitissä on tähän tarkoitettu työkalu Interference Check, jolla voidaan tarkistaa, ettei tekniikat törmäile toistensa kanssa, tai ettei tekniikat osu rakenteisiin.

Interference Check toiminto löytyy Revitistä Collaborate välilehdeltä. Sitä klikkaamalla aukeaa ikkuna, mitä haluaa törmäystarkastelussa tarkastella. Valinnaksi

voi laittaa esimerkiksi ilmanvaihtokanavat ja putket, jolloin ohjelma tarkistaa, ettei niiden välillä ole törmäilyjä. Valinnaksi voi myös valita kaikki vaihtoehdot, jolloin ohjelma tarkistaa kaikki tekniikat ja rakenteet kerralla. Jos ohjelma havaitsee törmäilyjä, aukeaa uusi ikkuna, jossa on lista törmäilyistä (kuva 9) ja klikkaamalla huomautusta Revit näyttää sen kohdan mallista, missä törmäys on havaittu. (Interference Checking.)



KUVA 9. Revitin Interference Check toiminnon raportti

Toiminto on hyvin kätevä ja helppokäyttöinen verrattuna nykyiseen toimintatapaan, missä tekniikoiden tietomallit viedään toiseen tietomallien katseluohjelmaan ja törmäystarkastelu tehdään siellä. Revitillä törmäystarkastelun voi tehdä itsessään, ja törmäystarkastelut on mahdollista tehdä myös muiden projektiin liitettyjen IFC mallien kanssa. Esimerkiksi jos sähkösuunnitelmat on lisätty IFC tiedostona Revit projektiin, niin LVI tekniikoiden risteilyt sähkökaapelihyllyjen ja muiden laitteiden kanssa on mahdollista.

Revit mahdollistaa törmäystarkastelun suorittamisen todella helposti kaikkien tekniikoiden ja rakenteiden kanssa, jos laitos-, sähkö- ja arkkitehtimallit on linkitetty projektiin. Revitillä suunnitellessa törmäykset vähenevät jo suunnitteluvaiheessa, sillä suunnittelijalla on reaaliaikainen yhdistelmämalli käytössä. Törmäystarkastelun suorittaminen toteutuu muutamalla napin painalluksella, mikä mahdollistaa

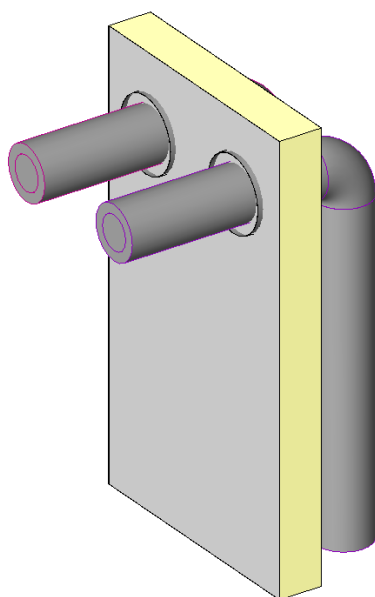
entistä helpomman ja nopeamman törmäystarkasteluiden tekemisen, kun erillistä tietomallin katseluohjelmaa ei tarvita.

## 5.5 Reikävaraustyökalu

Revitillä reikävarausten tekeminen onnistuu Provision for Builderswork toiminnolla, joka löytyy myös nykyisin käytössä olevasta MagiCAD for Autocad ohjelmasta. Toiminto tulee MagiCADin mukana ja se löytyy MagiCAD Common väli-lehdeltä. Toiminnolla voidaan tehdä reikävarauksia manuaalisesti tai automaattisesti.

Manuaalisesti reikävarauksia tekemällä, reiän koon, pituuden ja muodon voi määrittää itse tai näyttää kuvasta, mistä mihin saakka reikävarauksen haluaa yl-tävän. Manuaalinen reikävarauksen teko on hyvin samankaltainen kuin AutoCA-Dilla tehtäessä. (Provision for Builders Work.)

Suurin etu toiminnosta tulee kuitenkin käyttämällä automaattista reikävaraustyökalua, jolla kaikille valituille tekniikoille saa tehtyä reiät samalla kertaa. Toiminnosta valitaan, haluaako reikävaraukset tehdä nykyiseen näkymään, tiettyihin kerroksiin vai vain valittuihin objekteihin. Toiminnosta myös valitaan mille tekniikoille reikävaraukset halutaan, sekä mihin reiät tehdään, joka yleensä on arkkitehdin malli rakennuksesta. Reikävarausten koot, muodot ja pituudet määrittävät automaattisesti, riippuen putkien koosta, seinänpaksuudesta ja siitä, onko useita putkia vierekkäin. Reikien kokoja, reikävarauksen pituuksia ja muotoja saa muuttettua datasetistä. Kuva reikävarauksista kuvassa 10.



KUVA 10. Reikävaraus Provision for Builderswork toiminnolla

Revitistä löytyy myös reikävarausten hallinnointiin tarkoitettu Manage Openings toiminto, jolla suunnittelijoiden välinen yhteistyö reikävarausten osalta muuttuu, jos kaikilla on käytössä Revit. Nykyinen reikävarausten suunnitteluprosessi menee kuvan 11 mukaisesti.



KUVA 11 Reikävarausten prosessi (YTV2012, Osa 4)

Revitin Manage Openings sovellus tekee listan kaikista suunnittelijoiden tekemistä reikävarauksista automaattisesti (kuva 12). Reikävarausten tekemiseen tarvitsee MagiCAD lisäosan, mutta Manage Openings toimintoon ei lisäosia tarvita ja näin se on myös arkkitehtien käytettävissä. Työkalulla voi merkata reikävarauksen hyväksytyksi tai hylätyksi ja kommentoida esimerkiksi miksi reikävaraus on hylätty. (Provision for Builders Work.)

MagiCAD Builders work openings tool

ID of Provision	Owner	Level	Status	Comments	Size	Host	Coordinates	ID of Opening	Error or Warning	Action
2281403	I	1.krs	Accepted		200		(243350, 83807, 1...			
2281458	I	1.krs	Accepted		700		(187400, 90409, 2...			
2281466	I	1.krs	Rejected	Reikä lävistää kantavan rakenteen	700		(187400, 88754, 1...			
2281467	I	1.krs	Accepted		600		(187400, 93781, 2...			
2281475	I	1.krs	sent to production		600		(187400, 95886, 2...			
2281451	I	1.krs	sent to production		400		(201270, 96503, 1...			
2281457	I	1.krs	sent to production		400		(201796, 96280, 1...			
2281492	I	1.krs			300		(171270, 97709, 1...			
2281500	I	1.krs			900		(192326, 88078, 2...			
2281516	I	1.krs			900		(192292, 86224, 2...			
2274883	V	1.krs			200x200		(242973, 80060, 2...			
2281533	I+V	1.krs			900x2300		(188879, 91511, 2...			
2281395	I	1.krs			600x300		(186796, 97500, 1...			
2281411	L	1.krs			500x250		(176510, 99374, 1...			
2281419	L	1.krs			500x250		(171110, 99374, 1...			
2281420	L	1.krs			500x250		(164000, 99374, 1...			
2281428	I	1.krs			500x550		(171110, 97994, 8...			
2281436	L	1.krs			500x250		(187944, 97500, 1...			
2281484	L	1.krs			250x450		(187810, 91610, 1...			
2261454	L	2.krs			300		(200500, 90951, 2...			
2261455	L	2.krs			300		(200500, 90424, 2...			
2274917	I	2.krs			900		(188966, 84800, 2...			
2281508	I	2.krs			700		(189000, 90409, 2...			
2281517	L	2.krs			150		(187732, 92225, 2...			
2274892	I	2.krs			800x800		(195929, 90779, 2...			
2274900	V	2.krs			200x200		(187805, 91140, 2...			
2274901	I	2.krs			1900x13		(190283, 86727, 2...			

Show Create openings Open Report Save Report Delete opening Delete Provision Ok Cancel Update All

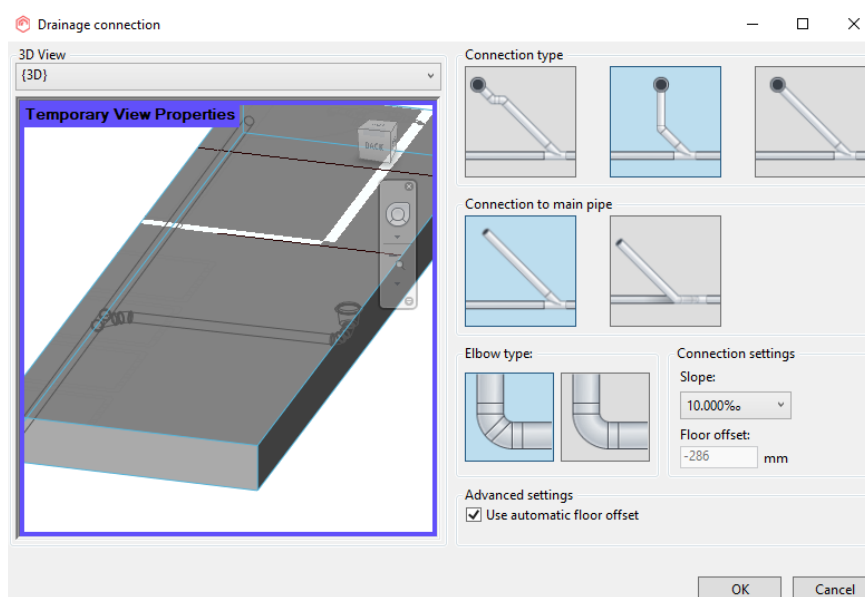
KUVA 12. Reikävaraustyökalun listaustoiminto

Revitin reikävaraustyökalun potentiaali tulee parhaiten esiin, jos myös arkkitehdillä on käytössä Revit. Toiminnolla reikävarausten tekeminen tehostuu verrattuna nykyisiin käytäntöihin, eli merkkamalla 2D pohjakuvaan reikien paikat, koot ja korkotiedot, tai lähettelemällä IFC mallia reikävarauksista tekniikan suunnittelijan ja arkkitehdin välillä useaan kertaan. Revitillä toimiessa tekniikan suunnittelija tekee reikävaraukset, joita arkkitehti voi kommentoida ja hyväksyä, tai tarvittaessa hylätä saman tien. Ominaisuuden täyden potentiaalın hyödyntäminen vaatisi kuitenkin enemmän osastojen välistä yhteistyötä ja ominaisuuden käytön kehittämistä.

Ominaisuudesta on kuitenkin hyötyä myös pelkästään osaston sisällä. Automaattinen reikävaraustyökalu tunnistaa rakenteiden läpi menevät putket ja kanavat ja tekee reikävaraukset automaattisesti. Tämä vähentää paljon manuaalista työtä. Toki tietokoneen tekemän työn jälkeen reikävaraukset olisi hyvä tarkistaa manuaalisesti, mutta silti aikaa säästyy paljon verrattuna siihen, että jokainen reikävaraus tehdään manuaalisesti. Reikävarauksia varten olisi hyvä tehdä oma näkymä, jossa näkyisi pelkästään reikävaraukset, tästä reikävaraus IFC mallin saisi tehtyä helposti.

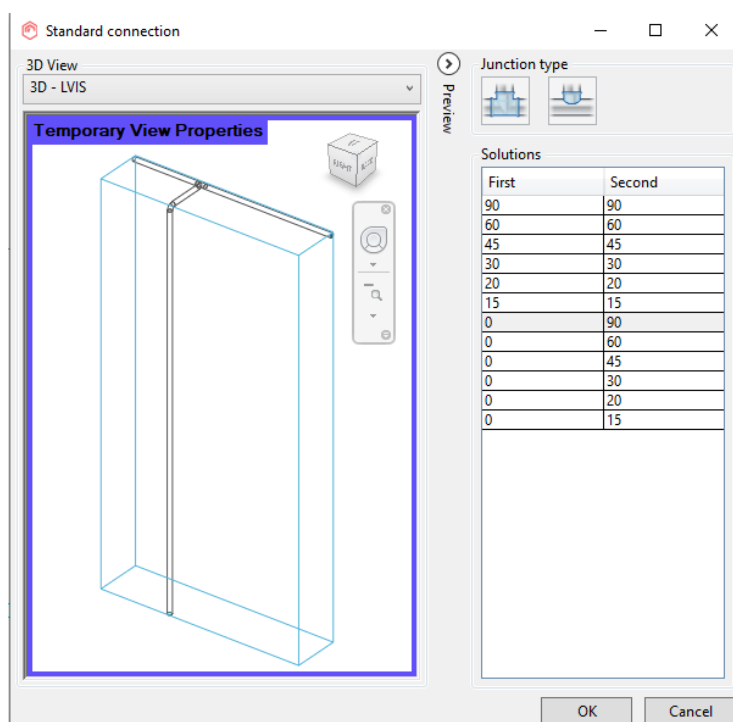
## 5.6 Connection – työkalu

MagiCAD for Revit tuo mukanaan Connection työkalun, jolla putkilaitteiden, päätelaitteiden ja putkien yhdistäminen toisiinsa on helppoa. Lattiakaivot ja muut viemärlaitteet saa yhdistettyä Drainage Connection työkalulla helposti vaaka- ja pystyviemäriin. Tämä tapahtuu valitsemalla käyttöön Drainage Connection työkalun, klikkaamalla laitetta ja viemäriä, jotka haluaa yhdistää toisiinsa. Tämän jälkeen avautuu valintaikkuna (kuva 13), jolla saa valittua miten liitoksen haluaa tehdä ja määriteltävä putken kallistuksen. Tämä on manuaalisesti hyvin työlästä, varsinkin jos viemärit piirretään kaatojen kanssa, jota edellytetään tietomallikoh-teissa. AutoCAD pohjaisella MagiCadilla tätä ominaisuutta ei löydy ja tämä nopeuttaa työskentelyä huomattavasti, kunhan ominaisuutta ensin oppii käyttämään. (Pipe Connection.)



KUVA 13. Connection työkalu

Sama toiminto löytyy putkille (Pipe Connection), jolla saa yhdistettyä lämmityspatterit ja vesilaitteet putkiin, sekä ilmanvaihdolle (Device Connection), jolla saa yhdistettyä ilmanvaihdon päätelaitteet kanaviin. Lisäksi kanaville ja putkille on Standard Connection työkalu, jolla putkia voi yhdistää helposti toisiinsa. Alla olevassa kuvassa 14 yhdistetään pystyputki vaakalinjaan ja työkalun avulla pystytään valitsemaan minkälaisilla kulmilla liitos halutaan tehdä. Toiminnosta on hyötyä varsinkin sellaisissa paikoissa, joita on hankala manuaalisesti piirtää.



KUVA 14. Standard Connection työkalu

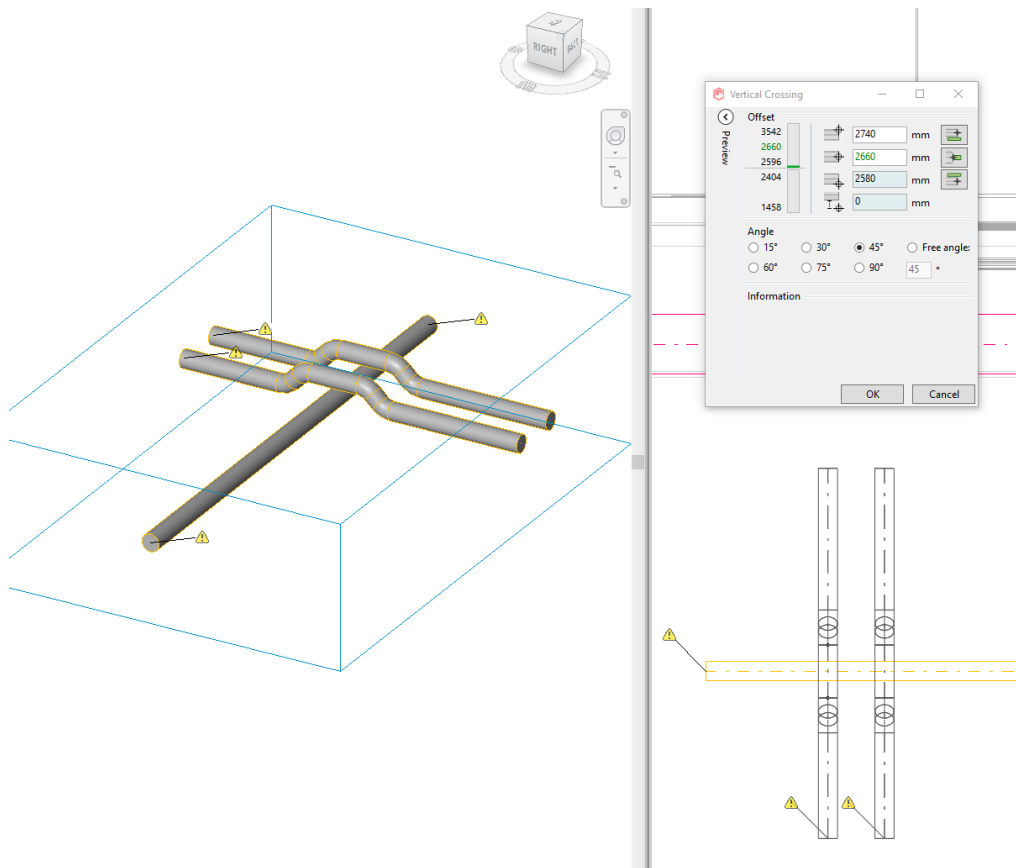
Työkalulla saa myös yhdistettyä useita objekteja kerralla. Esimerkiksi jos katossa on useita ilmanvaihdon päätelaitteita ja runko menee kaikkien edestä, niin kaikki päätelaitteet saa yhdistettyä runkoon kerralla yhdellä toiminnolla. (Pipe Connection.)

Connection työkalu tuo Revittiin paljon työtä helpottavia ja nopeuttavia toimintoja, joita tarvitsee päivittäisessä suunnittelutyössä. Suurin etu connection työkalussa on viemäreiden automaattinen yhdistäminen, varsinkin kaatojen kanssa piirretyt viemärit ovat nykyisin melko hankalia ja työläitä piirtää. Lisäksi kaikkien laitteiden automaattinen yhdistäminen tuo paljon helpotusta työskentelyyn. Työkalu ei kuitenkaan toimi joka tilanteessa, tai työkalu piirtää putken tai kanavan muuten kuin suunnittelijan haluamalla tavalla. Työkalun tuoma etu voidaan havaita nopeasti vähäisenkin käytön jälkeen ja se on nopeasti opittavissa.

## 5.7 Crossing – työkalu

Crossing työkalun tarkoitus on helpottaa putki- ja kanavaristeilyjen ylitysten ja alitusten tekemistä. Crossing toiminnolla saa helposti tehtyä ylitykset ja alitukset valitsemalla toiminto, valitsemalla putkesta tai kanavasta kaksi pistettä, joiden

väliin ylitys tai alitus tulee ja sitten valitsemalla putken tai kanavan, jonka se risteää. Multi Crossing työkalulla saa samalla kerralla tehtyä ylitykset useampaan putkeen tai kanavaan samalla kertaa. Kuva Crossing työkalun käytössä kuvassa 15. Crossing työkalu löytyy MagiCAD Ventilation, sekä MagiCAD Piping valikosta. Sama ominaisuus on käytettävissä, myös pystysuuntaisten putkien risteilyyn, joka löytyy samoista valikoista, kuin vaakasuuntaisten putkien risteilyyn tarkoitettu toiminto. (Crossing.)



KUVA 15. Crossing työkalu toiminto

Työkalulla saa valittua, haluaako ylityksen tehdä ylä- vai alapuolelta. Putkien väliin jäävän välin saa määritettyä kirjoittamalla halutun välin tolerance kohtaan. Työkalulla saa myös päättää, minkälaisilla käyrillä ylityksen haluaa tehdä. Kyseinen työkalu löytyy myös AutoCAD pohjaisesta MagiCADista ja on siinä hyvin samankaltainen. AutoCADista ei löydy pystysuuntaisiin risteilyihin tarkoitettua toimintoa, vaan siinä risteilyt täytyy tehdä manuaalisesti. (Crossing.)



## 6 MAHDOLLISUUDET, UHAT JA HAASTEET

### 6.1 Yhteiskäyttö

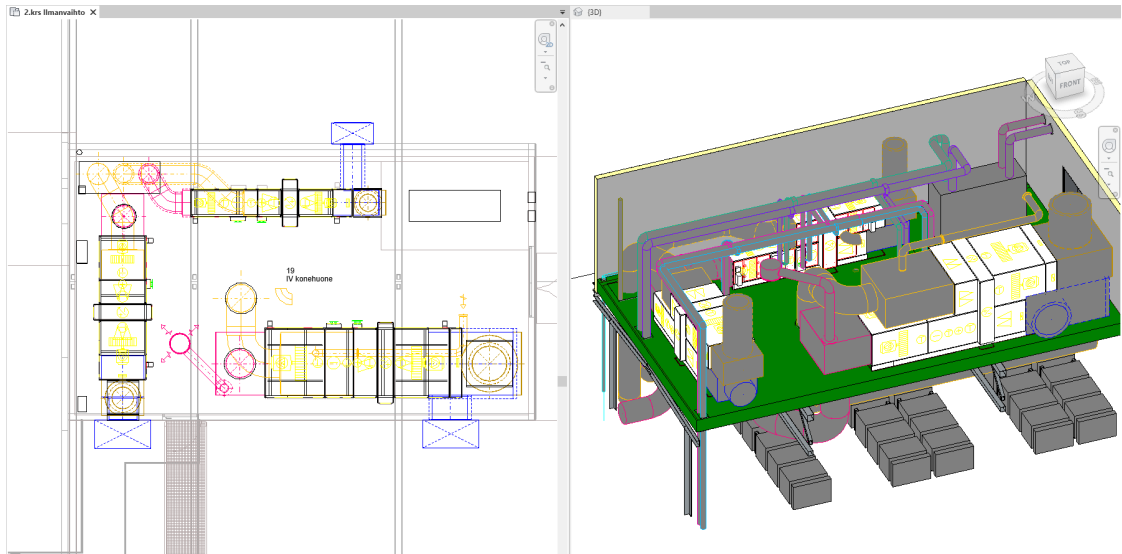
Suurin etu Revitin käytössä verrattuna AutoCADiin on se, että siinä kaikki eri suunnittelualojen tietomallit saadaan samaan tiedostoon. Revitissä IFC malleja saa lisättyä projektitiedostoon siten, että tarkastellessa 3D suunnitelmaa Revitillä siinä näkyy kaikki siihen linkitetyt IFC tiedostot. LVI suunnittelussa tarvittavia tietomalleja ovat rakennuksen tietomalli, prosessilaitteiden tietomalli, sähkösuunnitelmien tietomalli sekä tarvittaessa voidaan lisätä muutkin tietomallit. Lisätessä tietomallit Revit projektiin, yhteistietomallia voidaan tarkastella helposti ja työskentelystä jää nykyisin käytettäviä työvaiheita pois, kun LVI suunnitelmia tehdään AutoCAD pohjaisella MagiCADilla.

AutoCADilla suunnitellessa tietomallin tarkastelua vasten LVI suunnitelmista pitää tehdä ensin NWC tai IFC malli, ja tämän jälkeen katsoa sitä toisella ohjelmalla kuten Autodeskin kehittämällä Naviswork Manage ohjelmalla, johon lisätään muut tietomallit, joita halutaan tarkastella. AutoCADia käyttäessä tietomallin tarkasteluun kuluva aika tutkittiin kokeilemalla ja mittaamalla, kuinka paljon aikaa kuluu NWC mallin tekemisessä ja sen avaamisella Naviswork Managessa. Kohteena käytettiin opinnäytetyössä keskikokoista teollisuusrakennusta, jossa on melko vähän tekniikkaa verrattuna mitä suuremmissa kohteissa voisi olla. NWC mallin tekemiseen AutoCADilla ja sen avaamiseen Naviswork Managella meni aikaa noin 4 minuuttia.

Tietomallikohdetta suunnitellessa tietomallia pitää tarkastella useita kertoja päivässä ja tietomallin katseluohjelmalla tietomalliin ei voi tehdä muutoksia, vaan muutokset täytyy tehdä AutoCADilla ja sen jälkeen tehdä taas tietomalli uudelleen. Tämä työvaihe on hyvin aikaa vievää ja Revitillä suunnitellessa tämä työvaihe jää kokonaan pois.

Revitillä suunnitellessa kaikki muut tietomallin kuten rakennus- ja sähkötietomallit liitetään Revitin projekti tiedostoon. Tietomallin lisääminen Revittiin vie muuta-

man minuutin, mutta tämä työvaihe täytyy tehdä vain silloin, kun tietomallit päivitetään ja niihin tulee lisäyksiä. Tietomallien lisäämisen jälkeen Revitissä voi reaaliajassa tarkastella 3D yhdistelmä-tietomallia (kuva 16).



KUVA 16. Yhdistelmä-tietomallin tarkastelu reaaliajassa Revitillä

Paras mahdollinen hyöty Revitistä saataisiin, jos mahdollisimman moni suunnitteluala käyttäisi Revittiä. Sillä on mahdollista muokata samaa mallia eri suunnittelualojen kesken ja esimerkiksi arkkitehti-, tai sähkösuunnittelijan tekemät muutokset tietomallissa olisi heti kaikkien näkyvillä, eikä tietomallien päivitystä tarvitsi tehdä manuaalisesti. Tämä vaatisi kuitenkin osastojen välistä yhteistyötä ohjelman käytön kehittämiseen ja yhteisten pelisääntöjen luontia.

## 6.2 Revitin soveltuminen eri suunnitteluvaiheisiin

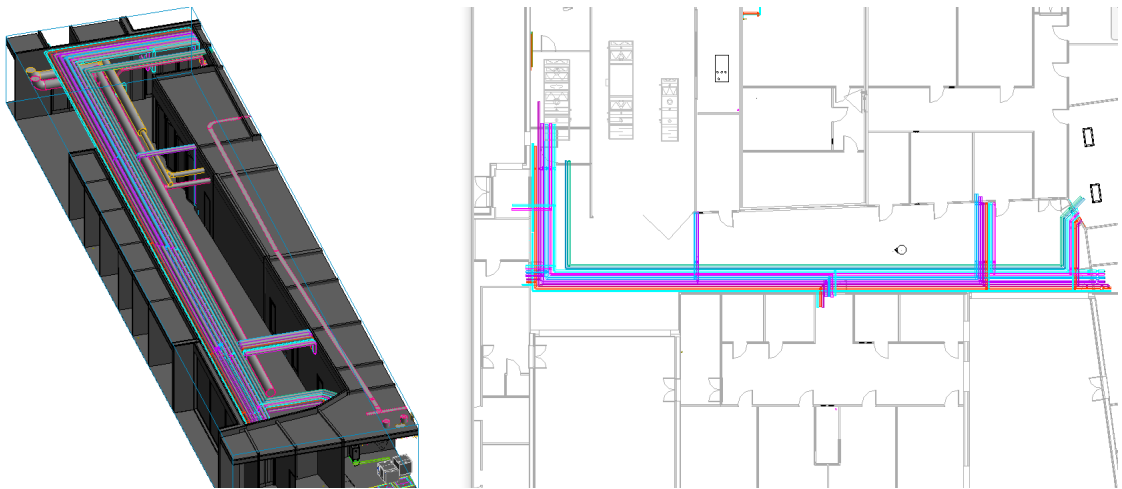
Rakennushanke sisältää useita suunnitteluvaiheita, ja suunnitteluohjelmia tarvitaan yleensä jo heti esisuunnitteluvaiheesta alkaen tilavarausten määrittämiseen.

### 6.2.1 Esisuunnitteluvaihe

Suunnitteluohjelman käyttäminen rakennushankkeessa alkaa jo esisuunnitteluvaiheessa, jossa on tarkoituksena varata tekniikoille riittävästi tilaa, esittää kana-

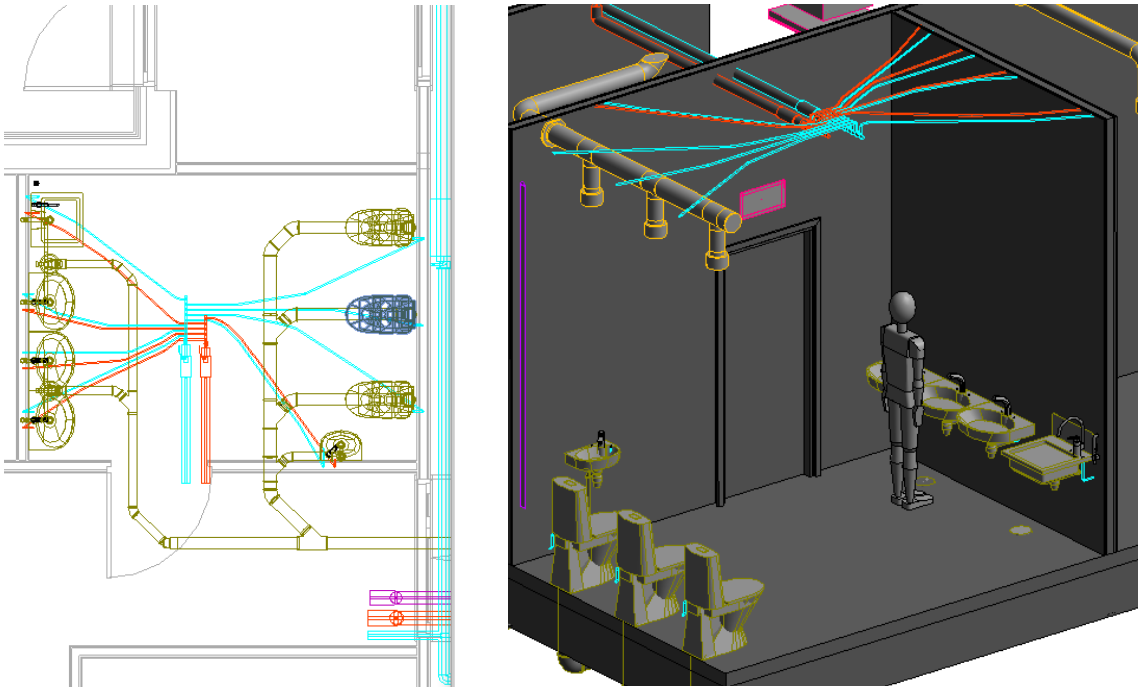
vistojen ja putkistojen pääreitit sekä mallihuone. Esisuunnitteluvaiheessa tehdään myös tilavaraukset putkistojen ja kanavistojen pääreiteille, sekä tehdään leikkauskuvat paikoista, joissa esiintyy runsaasti tekniikoiden välistä risteilyä.

Revitillä nämä asiat onnistuvat loistavasti, ja tekniikat kannattaakin tässäkin vaiheessa jo piirtää 3D:nä, jolloin tilavarausten hahmottaminen on helpompaa. 2D leikkauskuvat saa myös tehtyä Revitillä leikkausnäkömystä melko vaivattomasti. Kuva kanavistojen ja putkistojen pääreiteistä esitetty kuvassa 17.



KUVA 17. Pääreittien hahmottelua Revitillä

Myös mallihuoneen mallintamisessa Revitin tietomallinnusominaisuudet tulevat heti hyödyksi. Mallihuoneissa täytyy esittää tulevat tekniikat todellisina objekteina ja oikeissa kohdissa ja koroissa. Nykyisin tässäkin on tarvinnut tietomallia tarkastella erillisellä ohjelmalla, mutta Revitillä se onnistuu itsessään (kuva 18). Lisäksi teknisten tilojen suuret laitteet, kuten lämmönjakokeskukset ja ilmanvaihtokoneet on mahdollista lisätä Revittiin tyhjinä laatikkoina ns. blockkeina.



KUVA 18. Mallihuoneen mallinnus Revitillä

Ilmanvaihdon-, jäähdytyksen- ja lämmityksen periaatekaaviot on yleensä tehty AutoCADilla täysin viivapiirrolla, eli tavalla, jossa objektit eivät sisällä mitään tietoa. Revitillä kuitenkin tällainen viivapiirustuksen teko on hieman hankalaa, koska ideana Revitissä on, että kaikki suunnitelmat ovat yhdessä tiedostossa. Jos periaatekaaviot tekisi viivapiirrolla esimerkiksi jonnekin suunnitelman sivuun, niin ne tulisivat mukaan IFC tietomalliin. Revitillä kuitenkin kannattaisi tehdä periaatekaaviot jo tässä vaiheessa Schematics sovelluksella, jolloin sen toiminnon hyödyt saataisiin käyttöön jo suunnittelun alkuvaiheesta asti, ja niitä suunnitelmia voitaisiin hyödyntää paremmin suunnittelun myöhemmissä vaiheissa.

Lisäksi esisuunnitteluvaiheessa mahdollisesti tarvittavien laiteluetteloiden kokoaminen helpottuisi Schedules työkalulla, jonne saa tehtyä erilaisia luetteloita. Laiteluetteloa tehtäessä, sinne kertyisi automaattisesti esimerkiksi kaavioissa olevien komponenttien positiot, mallit, virtaamat, painehäviöt ja muut halutut tiedot.

## 6.2.2 Tarjous-, ja toteutussuunnitteluvaihe

Tarjous suunnitteluvaiheessa tarkennetaan esisuunnitteluvaiheen suunnitelmia ja lisätään loput puuttuvat tekniikat ja laitteet. Revitillä tarkan tietomallin tekeminen

on helpompaa kuin AutoCADilla, koska sillä voi samaan aikaan seurata mallinusta 3D.nä ja tehdä piirustuksia 2D.nä toisessa ikkunassa. Sillä on myös mahdollista siirrellä ja muokata objekteja myös 3D näkymässä, joka ei ole nykyisillä suunnitteluohjelmilla mahdollista.

Tarjoussuunnitteluvaiheessa suunnitelmiin lisätään kaikki sinne tulevat komponentit. Tässä vaiheessa voidaan käyttää hyväksi aiemmassa suunnitteluvaiheessa Schematicsillä luotuja periaatekaavioita ja täydentää ne kytkentäkaavioiksi, jolloin tasokuvaan sijoitettavat komponentit voidaan kytkeä kaavion komponentteihin, ja täten saada automaattisesti päivitettyä mitoitus tietoja suunnitelmien välillä.

Tilavarausten lopullinen varmistaminen helpottuu Revittiä käyttäessä, sen tietomalli ominaisuuksien vuoksi. Lisäksi Revitillä on helpompaa mallintaa ahtaita tiloja kuin AutoCADilla, johtuen sen hyvistä leikkaus ja 3D näkymistä. Myös kaikki tuotteet mitkä löytyvät AutoCADin MagiCAD tuotekirjastosta, löytyvät myös Revitin MagiCAD tuotekirjastosta, joten tietomallintaminen todellisilla objekteilla on senkin puolesta mahdollista

Myös tarjoussuunnitteluvaiheessa tehtävien laite-, ja kalusteluetteloiden tekeminen Revitillä helpottuu. Schedules toiminto kerää automaattisesti kaikki laitteet, esimerkiksi vesikalusteet yhteen taulukkoon, ja ne saadaan siitä kopioitua Excel pohjaisiin laite-, ja kalusteluetteloihin. Tämä vaatii vain sen, että Revitillä Schedules-taulukot on tehty siten, että sarakkeittain se sisältää saman tiedot kuin Excel-taulukko, johon ne kopioidaan. Revitissä Schedules taulukoiden teko on helppoa, ja yksittäisen taulukon teko ei vie paljoa aikaa.

Verkostojen mitoitus ja tasapainotus täytyy tehdä myös tarjoussuunnitteluvaiheessa, jolloin saadaan komponenteille mitoitus tietoja. Se onnistuu Revitillä samankaltaisilla työkaluilla, kuin mitkä löytyvät AutoCAD pohjaisesta MagiCADista.

### 6.3 Pistepilvimallin hyödyntäminen

Rakennuksen tietomalli on suunnittelun apuna uusissa rakennushankkeissa jo melkein jokaisessa hankkeessa. Vanhojen rakennusten korjaus ja saneeraus-hankkeissa lähtötietoina on yleensä vanhat rakennuspiirustukset, josta saadaan työmaakäynnin lisäksi riittävät lähtötiedot suunnitteluun. Viime aikoina yleistynyt rakennuksen laserkeilaus ja rakennuksen fotogrammetrinen kuvaus helpottaa ja tuo varmuutta suunnitteluun korjaus- ja saneerauskohteissa, sekä sitä voidaan käyttää myös kiinteistöomaisuuden dokumentointiin.

Laserkeilaus perustuu optiseen menetelmään, jossa laitteesta lähetetty laser-pulssi kimpoaa pinnoista takaisin laitteeseen laitteen mitatessa tähän kuluva-aikaa ja muodostaessa tiedon pisteen sijainnista. Laserkeilain tekee miljoonia mittauksia ja mittaustuloksista syntyy kolmiulotteinen pistepilvi. Pistepilvellä tarkoitetaan joukkoja pisteitä kolmiulotteisessa koordinaatistossa, jossa jokaisella pisteellä voi koordinaattitietojen lisäksi olla jokin ominaisuus, kuten väri ja intensiteettiarvoja. (RT 103133.)

Fotogrammetria on valokuvaukseen perustuva menetelmä rakennuksen kolmiulotteisen tietomallin tekemiseen (RT 103132). Kyseiseen toimintoon on olemassa useita eri menetelmiä, mutta yksi vaihtoehto on Matterport sovellus ja siihen soveltuvat kamerat, joilla rakennuksen 3D mallin tekeminen on tehty helppoksi.

Matterport sovelluksella saadaan luotua 3D malli kohteesta kuvaamalla rakennus 360° kameralla. Käytössä on myös Matterport Pro 3D kamera, joka ottaa kuvia kohteesta, sekä mittaa laserimpulssilla kohteiden etäisyyksiä, ja tällöin mittatarkkuus malleissa paranee. 3D mallin saa tehtyä sovelluksella kuvaamalla rakennus useasta eri pisteestä noin muutaman metrin välein ja sovellus luo siitä automaattisesti 3D mallin. Rakennuksen kuvauksella vältetään siltä, että työmaalla tarvitsisi käydä useaan kertaan katsomassa tiloja. Kun kuvat 3D kuvataan, niin silloin suunnittelijalla on kohde aina katseltavissa tietokoneella.

3D mallista saadaan myös tehtyä pistepilvimalli, jota voidaan käyttää hyödyksi rakennushankkeissa, joissa tehdään remonttia vanhaan kohteeseen. 3D mallista

pistepilvimallin tekeminen tuo tietomallinnuksen hyödyt myös saneerauskohteisiin. Saneerauskohteet ovat usein hankalia tilankäytön suhteen, ja tarvittavien tilavarausten tekeminen ilman tietomallia on hieman hankalaa. 3D mallista tehtyä pistepilvimallia voi käyttää suunnittelun apuna samalla tavalla kuin oikeaa arkkitehdin tekemää tietomallia. Pistepilvimalli saadaan tehtyä Matterportilta saatavista kuvatiedostoista ja yhdistelemällä ne Autodeskin ReCap ohjelmalla. ReCapista saadaan ajettua ulos pistepilvimalli, jonka voit suoraan liittää Revittiin tietomalliksi ja sitä voidaan käyttää apuna LVI suunnittelussa (kuva 19).



KUVA 19. Pistepilvimallin hyödyntäminen LVI suunnittelussa

Kohteen kuvaus pitäisi suorittaa siihen aikaan, että kohteessa on purettu hormit, alas lasketut katot ja muut peittävät elementit, joiden taakse LVI asennuksia tehdään. Tällöin pistepilvimallia on helpompi käyttää tietomallina, kun esimerkiksi alas lasketut katot on purettu, ja niiden takana oleva todellinen tila paljastuu.

## 6.4 Virtuaalitodellisuus VR

Swecolla on kehitetty oma ohjelma VitualSite virtuaalitodellisuuden hyödyntämiseen. VirtuaSite mahdollistaa suunnitelmien kehittämisen ja viestinnän kaikille yhteisessä näkymässä ja palvelu toimii rakennushankkeen eri sidosryhmillä suunnittelusta markkinointiin. VitualSite mahdollistaa yhteistyön virtuaalisessa tilassa, johon osallistujat voivat olla missä tahansa. Virtuaalimallin avulla suunnittelijat, rakentajat ja käyttäjät voivat ymmärtää paremmin hankkeen lopputulosta jo suunnitteluvaiheessa.

VR mallin katselua varten kohteesta pitää luoda VitualSite model tiedosto, jonka saa luotua Navisworksista sekä Revitistä. VR mallin luomiseen tarvitaan asentaa Swecon kehittämä lisäosa, joka on tällä hetkellä saatavilla Navisworksille ja Revitille. Revitille lisäosa on kuitenkin asennettavissa tällä hetkellä pelkästään 2017 ja 2018 versioille.

AutoCADilla suunnitellessa VR malli on pitänyt luoda aina Navisworksin kautta tekemällä ensin yhdistelmätiemalli ja ajamalla siitä VirtualSite model tiedosto ja sitä on päässyt katselemaan Imodel – katseluohjelmalla.

Revitistä VirtualSite model tiedoston saa tehtyä suoraan Revitistä Add-Ins välilehden kautta. VR mallin tekeminen Revitillä on huomattavasti nopeampaa kuin Navisworksin kautta sen tekeminen. Ongelmaksi kuitenkin koituu, että Revitin uusimpiin versioihin VR export ohjelmaa ei ole vielä saatavilla, joten jos käyttää uudempiä versioita Revitistä, kuten tässä opinnäytetyössä käytetty Revit 2020 ohjelmaa, niin VR malli pitää tehdä Navisworksin kautta ja VR export työkalun hyödyt eivät tule käytetyksi Revitillä. VR mallin ajaminen kuitenkin helpottuu, kun se tehdään suoraan Revitistä ja kun lisäosa tulee saataville uudemmille Revitin versioille niin toivon mukaan siitä syystä virtuaalitodellisuuden käyttö lisääntyy myös suunnittelun aikana, koska silloin VR mallin saa ajettua Revitistä muutamalla klikkauksella. Vanhempia Revitin versioita ei ole kuitenkaan kannattavaa käyttää uudempien versioiden ohjelmistokehityksen ja kehittyneempien ominaisuuksien takia, eikä Revit tiedostot ole yhteensopivia vanhempien ohjelmaversioiden kanssa.



## 6.5 Revitin hyödyt asiakkaalle

Uuden ja melko tuntemattoman ohjelmiston käyttäminen LVI-suunnittelussa saattaa olla myös asiakkaalle mietityttävä asia, ja sen takia uuden ohjelmiston hyödyt on osattava perustella myös asiakkaalle, ja kertoa mitä he voivat siitä hyötyä. Asiakkaalle päin uuden ohjelmiston käyttäminen ei välttämättä näy muuten, kuin että kunnollisia DWG-tiedostoja Revitistä ei saa ja joskus asiakkaat niitä pyytävät. Revitin käytöstä voisi olla kuitenkin hyötyjä ja mahdollisuuksia myös asiakkaalle.

Ensimmäinen asia on lopputuotosten laadun parantuminen tilavarausten, yhteensovittamisen muiden tekniikoiden kanssa sekä turhien näppäilyvirheiden vähentyminen suunnitelmissa. Lisäksi mahdollisesta suunnittelun tehostumisesta ja nopeutumisesta voisi olla hyötyä myös asiakkaalle tulevaisuudessa.

Revit tuo sujuvuutta myös asiakkaiden kanssa käytäviin suunnittelukatselmointeihin ja palavereihin. Nykyisin suunnitelmien läpikäyntiin tarvitaan avata kaikki erilliset tiedostot ja lisäksi myös tietomalli on erillisessä tiedostossa ja sitä on katseltava toisella ohjelmalla kuin tasopiirrustuksia. Revitillä on mahdollista esitellä kaikki suunnitelmat ja tietomalli yhdestä tiedostosta. Tästä johtuen suunnitelmien läpikäynti on paljon sujuvampaa, kun erillisiä tiedostoja ei tarvita avalla.

Uusi ohjelmisto toisi myös joustavuutta asennusta ja käyttöönottoa varten tuotettavan aineiston suhteen. Revitillä pystytään valitsemaan helposti tulostettavien suunnitelmien sisältö vain filttareiden avulla, ja esimerkiksi asiakkaan tai urakoitsijan toiveesta, vaikka lämmitys ja jäähdytyspiirustukset saadaan helposti yhdistettyä samaan piirustukseen.

Revit mallia voitaisiin käyttää hyödyksi myös kiinteistönhuollossa, jolloin kaikki tekniikat ja niiden tiedot olisivat yhdessä tiedostossa. Tämä vaatisi kuitenkin sen, että asiakkaalla tai kiinteistönhuoltoyhtiöllä olisi myös käytössä Revit. Ohjelmalla olisi helppoa ja mahdollista ylläpitää koko ajan ajantasaisia suunnitelmia, johon voitaisiin merkata mahdolliset tehdyt remontit, huollot ja uusien laitteiden tekniset tiedot. Lisäksi Revitin Schedules taulukoihin voitaisiin tehdä esimerkiksi huoltoaikataulu ja pöytäkirja, jonne voitaisiin merkata huoltojen ajankohdat, toimenpiteet ja havaitut puutteet päivämäärineen.

## 6.6 Revitin puutteet ja haasteet

Opinnäytetyön aikana suunniteltiin jo kertaalleen AutoCADilla suunniteltu teollisuuskohte Revitillä. Suunnittelun aikana ei koettu mitään suuria ohjelmallisia ongelmia tai puutteita ohjelmiston käytössä. Eteen tuli enemmänkin asioita, joita on totuttu käyttämään AutoCADilla ja niitä toimintoja ei löydy Revitistä, jotka usein koetaan puutteiksi. Yksi tämmöisistä asioista on tuplaputken piirto, jolla AutoCAD pohjaisella MagiCADilla voidaan piirtää esimerkiksi lämmin-, lämminkierto-, ja kylmävesiputket kerralla vierekkäin. Revitillä tätä ominaisuutta ei ole, mutta siinä on ominaisuus Parallel Pipes, jolla yhden putkilinjan piirrettyä sen saa kopioitua haluamalleen etäisyydelle joko vaaka tai pystysuunnassa ja tämän jälkeen koko linjan systeemin ja koon voi tarvittaessa muuttaa.

Haasteena Revitissä on myös se, että joskus teollisuuspuolella nimiöinä käytetään asiakkaiden omia nimiöitä, joita ei ole olemassa Revitille. Nämä kaikki pitäisi luoda uudestaan Revitissä aina semmoisen projektin alkaessa, jolloin käytetään asiakkaiden omia nimiöitä. Nimiöiden tekemiseen ja niiden muuttaminen templateen vie arvioilta yhden tunnin, joten se ei ole suuri ongelma ja sen voisi tehdä tarvittaessa aina esisuunnitteluvaiheessa.

Suurimmat haasteet koituvat kuitenkin enemmänkin osaston toimintaan vaikuttavista muutoksista ja valmisteluista, mitä uuden ohjelmiston käyttöönoton vaatii.

Suurena haasteena on se, että Revit on ohjelmistona täysin uusi, eikä osaajia löydy vapailta markkinoilta. Ainut keino löytää Revitin osaajia onkin palkata heitä toisesta yrityksestä, mikä on todella hankalaa tai kouluttaa työntekijät itse. (Hurskainen 2020.) Tästä päästäänkin haasteeseen, että kuinka työntekijät koulutetaan täysin uuden ohjelmiston käyttöön, ja kuinka vakuuttaa työntekijät uuden ohjelman käytöstä, jotta välttyttäisiin muutosvastarinnalta. Kuinka työntekijät koulutettaisiin ja millä aikataululla.

Muutosvastarinta on yksi haaste aina uusiin asioihin siirryttäessä, olipa asia mikä tahansa. Se voi olla myös haaste siirryttäessä uuteen ohjelmistoon, esimerkiksi

jos työntekijä on työskennellyt nykyisellä suunnitteluohjelmalla vuosia tai kymmeniä vuosia, niin hänellä ei välttämättä ole motivaatiota siirtyä uuden ohjelmiston käyttöön. Opinnäytetyön aikana todettiin, että Revit on jonkin verran monimutkaisempi suunnitteluohjelma, kuin AutoCAD pohjainen MagiCAD.

Muutosvastarinnan välttämiseksi uusi asia täytyy aina perustella hyvin, miksi ja miten tehdään sekä ketkä tästä hyötyy. Kaikesta huolimatta on myös henkilöitä, jotka kaikesta huolimatta ovat muutoksia ja uudella lailla tekemistä vastaan. Tästä syystä on myöskin ehkä valittava joukosta motivoituneet työntekijät, joilla on halua oppia uutta ja kouluttaa heidät uuden ohjelmiston käyttöön. Täten varmistetaan siitä, että koulutettavat henkilöt ovat motivoituneita käyttämään uutta ohjelmistoa ja tällä tavalla on mahdollista saavuttaa myös tehokkaampaa työskentelyä.

Uuden ohjelmiston käyttöönottoaminen on myös itsessään haaste, koska sitä pitää valmistella ja ennen Revitin käyttöönottoa siihen olisi hyvä luoda osaston sisäinen ohjeistus työntekijöille, jotta eri työntekijöiden kesken ohjelmiston käyttäminen olisi yhtenevää. Lisäksi Revittiin täytyisi kehittää datadet ja template, jotta ylimääräiseltä työltä päivittäisessä työskentelystä vältyttäisiin ja lopputuotoksesta saataisiin aina yhtenevää. Haasteiksi näistä siis muodostuu, että mistä näihin asioihin löydetään resursseja, ja kuka ne tekisi.

## 7 REVITIN KÄYTTÖÖNOTON VAATIMUKSET

Uuden ohjelman käyttöönotto vaatii aina huolellista suunnittelua ja se on taloudellisesti iso riski. Revit on ollut käytössä jo muutamia vuosia Suomessa LVI suunnittelussa ja sen tuomat mahdollisuudet ja edut on jo havaittu. Suunniteluohjelman sujuva käyttöönoton vaatii kuitenkin valmisteluja etukäteen.

### 7.1 Templaten ja datasetin kehitys

Ohjelmiston osalta Revittiin tulisi kehittää template ja dataset osaston tarpeisiin sopiviksi. Autodeskin valmiiksi luoma Suomen markkinoille kehitetty template on kaikille saatavilla ja sen saa ladattua Autodeskin sivuilta. Tämä kyseinen template sisältää valmiina muutamia mallinnus- ja tulostusnäkyymiä, Suomessa käytettävät yleisten tietomallivaatimusten mukaiset viivatyypit, värit ja paksuudet sekä joitakin filttoreitä. Opinnäytetyössä tehdyssä harjoitusprojektissa käytettiin Autodeskin luomaa 2020 templatea, josta todettiin, että Autodeskin luoma aloitus-template on hyvä pohja aloittaa, mutta harjoitusprojektin aikana asetuksia ja säätöjä piti tehdä melko paljon halutun lopputuloksen saavuttamiseksi.

Templateen tulisi kehittää filttoreitä ja näkyymiä niin, että näkymissä näkyisi vain halutut tekniikat ja liitetyt tiedostot. Valmiissa templatessa filttoreitä oli valmiina niin, ettei projektin aikana uusia filttoreitä tarvinnut luoda. Näkymissä kuitenkin filttoreiden käytössä oli kehitettävää ja se veikin melko paljon aikaa, jotta näkymät saatiin halutun laisiksi. Nämä olisi hyvä ja helppo tehdä templateen valmiiksi, jotta niitä ei tarvitsisi jokaisessa projektissa tehdä uudelleen. Templateen pitäisi luoda muutamia näkyymiä lisää, kuten reikävarausnäkyymä, jossa näkyisi pelkästään tehdyt reikävaraukset. Reikävarauksia tehdessä niistä lähetetään tietomallikohteissa yleensä IFC malli arkkitehdille pelkistä reikävarauksista ja tästä näkymästä IFC mallin luonti olisi helppoa.

Autodeskien valmis template sisältää valmiina yleisen nimiön ja paperikoot koosta A4 kokoon A0. Templateen pitäisi luoda valmiiksi Swecon vaatimusten mukaiset

tulostuspaperit (Sheets), jotka sisältäisivät Swecon omat nimiöt ja muutostaulukot. Templateen pitäisi lisäksi luoda valmiiksi lisää paperikokoja, jotta oikean paperikoon valitseminen olisi helppoa. Revitissä uuden paperikoon lisäämiseksi, pitää paperikoolle tehdä uusi family ja lisätä se projektiin.

Templateen pitäisi kehittää myös tageja, eli viitetekstejä. Autodeskin kehittämän templatien mukana tulee joitakin tageja, mutta harjoitusprojektin aikana niitä piti muokata ja luoda lisää, jotta lopputuloksessa päästiin lähelle samanlaista ulkoasua, kuin AutoCADissa. Tageja pitäisi luoda templateen muun muassa laiteposiioinneille, putkille ja kanaville, kanavavarusteille, kaivoille ja niiden koroille. Revitillä ja AutoCADilla suunniteltujen kohteiden lopputuotoksessa suurimpana visuaalisena erona 2D piirustuksissa ovat viitetekstit. Samanlaista lopputulosta niillä ei saa, mutta pyrkimys on saada mahdollisimman samankaltainen ulkoasu, jotta kuvien lukeminen olisi helppoa ja samanlaista kuin ennenkin.

Taulukoiden (Schedules) käyttö Revitissä ei ole pakollista, mutta ne mahdollistavat paljon ja niissä on paljon potentiaalia tehokkaaseen työskentelyyn. Templateen olisi hyvä luoda muutamia taulukoita helpottamaan työskentelyä. Laiteluettelon tekeminen Revitin avulla helpottuu huomattavasti, jos Revittiin tekisi taulukon, joka kerää laitteiden parametrit reaaliaikaisesti. Revitin taulukosta laitteiden tiedot olisi mahdollista kopioida suoraan laiteluetteloon, mikä vähentäisi paljon laiteluettelon laatimiseen käytettäviä resursseja ja aikaa. Lisäksi näkymäluettelo olisi hyvä tehdä siten, että sen voi suoraan kopioida piirustusluettelolistaan ja tällöin myös piirustusluettelon tekemiseen käytettävä aika pieneneisi merkittävästi.

Autodeskin luomassa datasetissä on valmiina joitakin putki- ja eristesarjoja sekä järjestelmiä. Harjoitusprojektin aikana pärjättiin näillä sarjoilla ja järjestelmillä, eikä niitä tarvinnut luoda uusia. Datasettiin pitäisi kuitenkin lisätä yleisimmin käytettyjä tuotteita, kuten päätelaitteita ja vesikalusteita. Lisäksi datasettiin pitäisi luoda mitoituskriteerit, jotka ovat käytössä teollisuus LVI puolella AutoCADilla suunniteltaessa.

## 7.2 Työntekijöiden koulutus

Revitin käyttöönottaminen vaatisi ohjelmiston kouluttamista työntekijöille. Työkalu on uusi, eikä se ole työntekijöille tuttu. Koulutukseen on tarjolla MagiCADin tarjoama kolmepäiväinen koulutus, joka järjestetään vuosittain kolme kertaa. Koulutuksessa käsitellään Revitin käyttöä perusteista alkaen ja tutustutaan Ventilation ja Piping sovelluksiin, sekä yleisiin ominaisuuksiin, joilla työskentelyyn Revitillä pääsee alkuun. (MagiCAD-koulutukset.)

Koulutukseen on mahdollista osallistua paikan päällä, jotka järjestetään tänä vuonna Espoossa ja Kuopiossa, tai koulutuksen voi suorittaa myös verkkokoulutuksena. Kolmen päivän koulutuksen hinta on 990 €/hlö (Alv 0%) ja verkkokoulutuksen hinta on 200 €/hlö (Alv 0%). (MagiCAD-koulutukset.) Toinen vaihtoehto on sisäinen koulutus, jolloin joku yrityksessä työskentelevä opettaa Revitin käyttöä muille, tällöin yrityksestä olisi löydettävä joku, jolla on jo kokemusta sen käytöstä.

Yhtenä vaihtoehtona olisi yhdistellä edellä mainittuja tapoja siten, että työntekijät osallistuvat MagiCADin järjestämälle kolmen päivän kurssille, jota ennen pidetään pieni yrityksen sisäinen koulutus Revitistä, jotta kurssille mentäessä uusi sovellus ei tulisi täysin uutena asiana. Koulutusten ajoitus kannattaisi miettiä myös siten, että kurssin jälkeen pääsisi saman tien työskentelemään Revitillä projektien parissa, jottei kurssilla opitut asiat pääsisi unohtumaan. (Hurskainen 2020.)

Edellä mainittu tapa kouluttaa työntekijöitä on hyvä verrattuna siihen, että koulutus tehtäisiin täysin sisäisesti tällä hetkellä, kun kokemusta kenelläkään Revitin käytöstä ei vielä hirveästi ole. Pelkästään sisäinen koulutus voisi johtaa siihen, että yrityksessä opetettaisiin ohjelmiston käyttöä täysin vain yhdellä tavalla ja paljon ominaisuuksista saattaa täten jäädä käyttämättä ja hyödyntämättä. Ulkoisella koulutuksella tämä voitaisiin välttää, mutta yritykseen tarvittaisiin myös yhteiset pelisäännöt ohjelmiston käyttöön, jotta uudella ohjelmistolla työskentely olisi sujuvaa muiden suunnittelijoiden kanssa ja lopputuotos olisi aina samankaltainen toisten suunnitelmien kanssa.

Koulutus kannattaisikin siis suorittaa niin, että ensimmäisenä työntekijöille opetettaisiin Revitin käyttöä yrityksessä sisäisesti, esimerkiksi yhden päivän ajan. Koulutuksessa työntekijät saisivat yleissilmäyksen Revitin käytöstä ja sen pääominaisuuksista, jotta ulkoiselle koulutuskurssille mentäessä kaikki asiat eivät tulisi täysin uutena asiana ja näin oppiminen olisi tehokkaampaa. Koulutuksen ajankohta kannattaisi valita myös niin, että koulutuksen jälkeen työntekijä pääsisi mahdollisimman nopeasti työskentelemään Revitillä, koska vasta opitut asiat unohtuvat myös nopeasti, jos niistä ei muodostu rutiineja.

### 7.3 Tietomalliohjeistuksen luominen

Revitin käyttöön olisi kannattavaa luoda tietomalliohjeistus tai osaston sisäinen Revitin käyttöopas, jolla varmistettaisiin, että ohjelmiston käyttö on eri suunnittelijoiden välillä samankaltaista ja tällä varmistettaisiin sujuva työskentely sekä yhtenäinen lopputulos. Tällä hetkellä on olemassa tietomalliohjeistus AutoCAD pohjaiselle MagiCADille, jota olisi hyvä käyttää pohjana luodessa tietomalliohjeistusta Revitille. Tietomalliohjeistuksen tulisi sisältää ainakin seuraavat asiat:

- Työjärjestys ja työtavat
- Projektin luonti ja kansiorakenne
- Muiden IFC mallien linkitys ja niiden päivittäminen
- IFC tiedostojen tekeminen
- Eri suunnitteluvaiheiden aikaiset tehtävät
- Ohjeistus reikävarauksista
- Mallin sisäinen tarkastaminen

Tietomalliohjeistus olisi järkevintä luoda käyttämällä pohjana nykyistä AutoCADille tarkoitettua tietomallinohjetta, jotta muut kuin ohjelmiston käyttöön liittyvät asiat ja ohjeistukset pysyisivät samana.

Hyvänä tapana olisi myös nimetä muutama henkilö perustamaan ja valvomaan projekteja Revitillä, jotta suunnittelu lähtee projektien alkuvaiheessa oikealle tielle. (Hurskainen 2020). Tietomalliohjeistuksen lisäksi tämä olisi järkevää, jotta projektin perustaminen menisi alkuun aina samalla tavalla ja samalla kyseinen

henkilö voisi seurata suunnittelun alkamista ja etenemistä ja olla tarvittaessa myös teknisenä tukena muille suunnittelijoille.

#### **7.4 Lisenssit**

Revitin käyttöönotto vaatisi myös uusien lisenssien hankkimista. LVI suunnittelu Revitillä vaatii lisenssit Revittiin, sekä MagiCAD lisenssit piping ja ventilation sovelluksiin. Lisäksi kaaviotyökalu vaatii erillisen MagiCAD Schematics lisenssin. Lisenssien määrässä on mietittävä kuinka monta lisenssiä osastolle tarvittaisiin, eikä ylimääräisiä ole kannattavaa ottaa. Revitin vaativat lisenssit ovat lähtökohdaisesti kalliimpia kuin AutoCADin vaatimat lisenssit LVI suunnitteluun, mutta niiden tarkkoja hintoja ei ole tiedossa. Revit lisenssejä olisi järkevintä ottaa lisää aina tarpeen vaatiessa.

AutoCAD lisensseistä ei voida kuitenkaan kokonaan luopua, mutta niitä ehkä voitaisiin jossain vaiheessa vähentää, jos Revitin käyttö yleistyy ja lisääntyy. AutoCAD lisenssejä tarvitaan joka tapauksessa vanhojen projektien takia, sillä niitä ei voida siirtää Revittiin. Lisäksi jotkut tilaajat voivat vaatia suunnitelmia DWG-muodossa, jolloin suunnitelmat on tehtävä AutoCADilla, koska Revitistä ei saa kunnolla tehtyä DWG tiedostoja.

#### **7.5 Askeleet ja aikataulu Revitin käyttöönottoon**

Ensimmäisenä askeleena Revitin käyttöönottoon voidaan pitää esiselvitystä siitä, mitä kaikkea uuden ohjelmiston käyttöönottaminen vaatii, onko siihen resursseja ja millä aikataululla uudistus tehtäisiin. Samalla yrityksestä olisi hyvä löytyä henkilö, joka osaisi jo käyttää Revittiä, jotta sen käyttöönottaminen yrityksessä kävisi helpommin.

Toinen askel kohti uuden ohjelmiston käyttöönottoa olisi kehittää tietomalliohjeistus Revitin käyttöönottoon käyttäen hyväksi nykyistä tietomalliohjetta AutoCAD suunnitteluun, sekä kehittää osastolle template ja dataset yhteistyössä muiden suunnittelijoiden kanssa ja pohtia mitä kaikkea niiden halutaan sisältävän, jotta

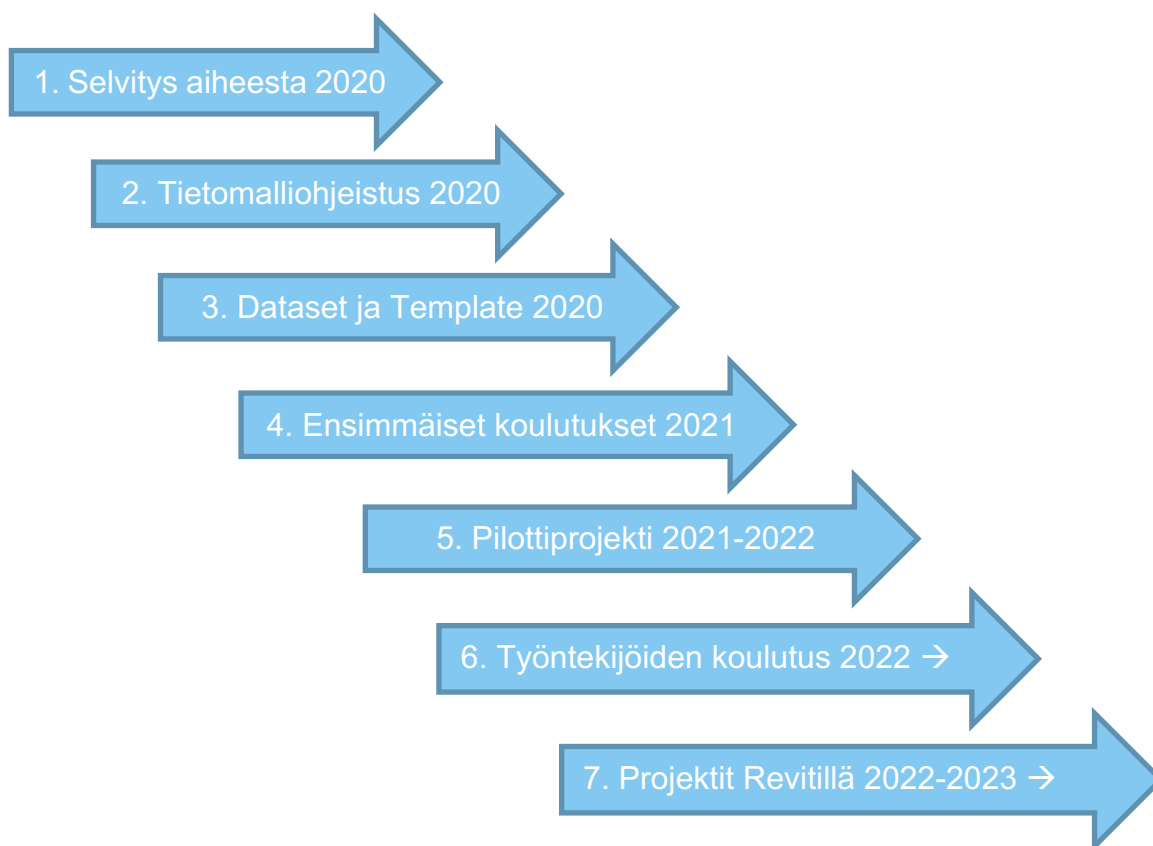


niistä olisi mahdollisimman paljon hyötyä jokapäiväisessä suunnittelussa Revitillä. Nämä voisi toteuttaa teettämällä toinen opinnäytetyö aiheesta, kuten esimerkiksi Optiplan on tehnyt, tai toteuttaa ja kehittää näitä asioita muiden töiden yhteydessä kehitysprojektina.

Kolmantena askeleena olisi pilottiprojektin toteuttaminen, sen jälkeen, kun tietomalliohjeistus ja dataset sekä template olisi kehitetty. Pilottiprojektissa tavoitteena olisi tutkia ja seurata Revitin käyttöä oikeassa projektissa muidenkin rakennusprojektissa mukana olevien kanssa, sekä varmistaa tietomalliohjeistuksen ja datasetin ja templatien riittävä toiminta. Ennen tätä on kuitenkin koulutettava kyseinen tai kyseiset henkilöt, jotka pilottiprojektia suorittavat, jos heillä ei ole kokemusta Revitistä.

Pilottiprojektin jälkeen on aika miettiä projektin kulkua ja onnistumista, mitkä asiat onnisuivat hyvin, missä asioissa on parannettavaa, onko ohjeissa, datasetissä tai templatessa kehitettävää. Tämän jälkeen, jos Revit vielä koetaan hyödylliseksi ja katsotaan kannattavaksi, niin on aika siirtyä pikkuhiljaa muidenkin henkilöiden kouluttamiseen ja projektien tekemiseen Revitillä. Pilottiprojektin aikana on huomioitava, että suunnittelu vie luultavasti normaalia enemmän aikaa uuden suunnitteluohjelman takia. Projektiin on budjetoitava tunteja hieman reilummin, jotta suunnitteluprojektin saa tehdä rauhassa ja totutella uuteen ohjelmistoon. Projekti kannattaisi sijoittaa ajallisesti niin, ettei työkuorma ole sillä hetkellä suurimmillaan.

Uuden ohjelman käyttöönoton aikatauluttamiseen kannattaa varata aikaa mieluummin hieman liikaa kuin liian vähän. Suunnitellun aikataulun muutoksiin voi vaikuttaa työtilanne, maailman taloudellinen tilanne, kuten tällä hetkellä maailman taloutta horjuttava COVID-2019 virus, sekä mahdollisesti myös työorganisaatiossa tapahtuvat mahdolliset muutokset. Kuviossa 1 on esitetty yksi mahdollinen aikataulu Revitin käyttöönottoon.



KUVIO 1. Revitin käyttöönoton mahdollinen aikataulu

Tietomalliohjeistuksen luomiseen, sekä datasetin ja templatien kehittämiseen pitäisi varata aikaa omaan kokemukseen nojaten noin 100 tuntia. Arvio perustuu opinnäytetyön aikana tehtyyn harjoitusprojektiin ja siinä tehtyihin muutoksiin datasetissä ja templatessa. Lisäksi tietomalliohjeistuksen aika-arvio perustuu arvioituun työmäärään, joka menisi muokatessa tietomalliohjeistusta nykyisestä AutoCAD tietomalliohjeistuksesta.

Pilottiprojektin aikataulu on koko rakennusprojektin suunnitteluun kuluma aika, ja se riippuu täysin pilottikohteen laajuudesta. Pilottikohteeksi kannattaisikin valita kohde, jonka läpiviemiseen ei menisi hirvittävän pitkää aikaa ja olisi työmäärältään sellainen, että yksi tai kaksi työntekijää pystyisi sen tekemään. Pilottikohteessa suurin osa työstä olisi tietenkin asiakkaalta laskutettavaa, mutta riippuen projektityypistä ja luonteesta, osan tunneista saattaisi joutua laittamaan kehityksen piikkiin. Tätä onkin mahdotonta arvioida, olisiko pilottiprojektin suorittaminen kuinka paljon nopeampaa tai luultavammin hitaampaa, kuin mitä se olisi AutoCADilla tehtäessä. Ennen pilottiprojektia olisi kuitenkin koulutettava siihen osallistuvat henkilöt, jos heillä ei ole entuudestaan kokemusta ohjelmistosta.

Swecolla Helsingissä talotekniikkaosastolla on tehty muutamia projekteja Revitillä, ja sillä ei ole vielä päästy samaan työntehokkuuteen kuin, jos kohteet olisi suunniteltu AutoCADilla. Tämä johtuu Revitin vähäisestä käytöstä, ja Revitin potentiaali siellä on jo huomattu ja sen käyttöä jatketaan ja lisätään jotta työskentely sillä saataisiin tehokkaaksi (Hurskainen 2020).

## 7.6 Yhteenveto Revitin käyttöönoton kustannuksista

Uuden ohjelmiston käyttöönoton kustannusten laskeminen etukäteen on hyvin hankalaa, mutta todelliset kustannukset koostuvat suurimmaksi osaksi taulukkoon 1 listatuista asioista.

TAULUKKO 1. Revitin käyttöönoton kustannukset

Kustannukseen vaikuttavat tekijät	Kustannukset
Tietomalliohjeistuksen luominen	30h
Datasetin ja templatien luominen	70h
Henkilöstön koulutus	990€/hlö (alv 0%) + sisäinen koulutus 1 päivä/hlö
Revit ja MagiCAD for Revit lisenssit	Hinnat yrityksen tiedossa
Pilottiprojekti	Ei arvioitavissa
Työntehokkuuden aleneminen	20-60 %

Yllä listatuista asioista pilottiprojektin läpivienti on asia, jolle ei voida etukäteen määrittää kustannuksia. Arvioita ja tavoitteita sille kuitenkin voidaan asettaa ja se onkin järkevää siinä vaiheessa, kun kyseinen tilanne on ajankohtainen.

Työntehokkuuden muutos riippuu pitkälti työntekijän motivaatiosta ja työntehokkuuden aleneminen on noin 20-60 % suunnittelun alkuvaiheessa. Revitin käytön tutuksi tuleminen kestää noin puolesta vuodesta vuoteen, riippuen henkilöstä, mutta jo kahden kuukauden jälkeen Revitin käyttö on sen verran tuttua, ettei se enää vaikuta merkittävästi työskentelyn tehokkuuteen. (Myllyniemi, 2020.)

## 8 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoituksena tutkia kuinka Revit sopeutuisi LVI suunnitteluun teollisuuskohteissa, tutkia ja pohtia sen ominaisuuksien hyötyjä ja haittoja, tutkia toisiko Revit helpotusta työskentelyyn tietomallien kanssa ja tutkia olisiko sillä mahdollista parantaa lopputuotoksen laatua. Opinnäytetyössä myös tutkittiin myös Swecon oman virtuaalitodellisuussovelluksen VirtualSiten käyttöä Revitillä sekä pohdittiin pistepilvimallien tuomaa helpotusta saneerauskohteiden LVI suunnitteluun. Työssä myös pohdittiin, mitä kaikkea täytyisi tehdä ennen uuden ohjelmiston käyttöönottoa, mitä se vaatisi ja mitä haasteita se pitää sisällään. Lopuksi työssä luotiin myös alustava mahdollinen aikataulu ohjelmiston käyttöönottoon, ja tutkittiin kustannuksia siitä koituvia kustannuksia.

Lähtökohtana tälle opinnäytetyölle oli tutkia, toisiko Revit helpotusta tietomallien käsittelyyn, sillä nykyisillä työkaluilla tietomallien käsittely meinaa olla välillä hidasta. Revit toisi suuren helpotukseen tähän asiaan, sillä Revittiin saataisiin kaikki tietomallit yhdistettyä samaan sovellukseen ja samassa sovelluksessa pysyttäisiin myös tekemään LVI suunnittelua. Työssä tutkittiin eri suunnittelualojen tietomallien yhdistämistä Revittiin, eikä siinä koettu mitään ongelmia, kunhan tietomallit ovat IFC formaatissa.

Työssä mallinnettiin olemassa oleva teollisuuskiinteistön LVI tekniikat Revitillä, ja pohdittiin voisiko uusi ohjelmisto parantaa lopputuotosten laatua. Revitin tietomallinnusominaisuudet ja viisas törmäystarkastelutyökalu tuo helpotusta laadukkaampien suunnitelmien tekemiseen. Jos projekteissa aikaa olisi rajattomasti, niin nykyisillä työkaluilla pystyttäisiin kyllä mallintamaan ja suunnittelemaan yhtä tarkkoja ja laadukkaita suunnitelmia kuin Revitillä, mutta se veisi paljon enemmän aikaa. Revitillä siis pysytään luomaan rajallisessa ajassa parempia lopputuotoksia, kuin nykyisillä suunnitteluohjelmilla johtuen sen suunnittelua nopeuttavista ominaisuuksista. Revitillä suunnittelun laatu paranee siis tietomallinnuksen ja yhteentörmäyksien, sekä turhien näppäilyvirheiden osalta. Suunnitteluvirheitä ohjelma ei kuitenkaan poista.

Opinnäytetyössä tutkittiin myös pistepilvimallinnuksen hyödyntämistä ja VirtualSite sovelluksen käyttöä Revitillä. VirtualSite VR ominaisuutta ei ole kehitetty vielä uudemmille Revit versioille, joten tämä ei tuo apua nykyiseen toimintatapaan. VR malli täytyy siis Revitilläkin tehdä Navisworks Managen kautta, sillä vanhempien Revit versioiden käyttö ei ole kannattavaa. Pistepilvimallilla saadaan rakennuksen tietomallin hyödyt käytettäviin myös saneerauskohteisiin. Rakennuksen kuvaus ja pistepilvimallin tekeminen vie suhteessa vähän aikaa siihen, kuinka paljon sillä voidaan parantaa suunnitelmien laatua ja vähentää työmaalla syntyviä ongelmia. Pistepilvimallin käyttö onkin siis kannattavaa kaikissa saneerauskohteissa.

Opinnäytetyön aikana tutkittiin myös mitä kaikkea Revitin käyttöönottaminen vaatisi. Ensimmäisenä askeleena voidaan pitää tätä opinnäytetyötä, jossa pohdittiin ohjelman käytön kannattavuutta ja hyötyjä. Toinen askel olisi kehittää Revitille yhteiset pelisäännöt ja luoda dataset sekä template. Kolmantena askeleena olisi tehdä pilottikohte Revitillä, jossa voitaisiin tutkia datasetin ja templaten toimintaa, sekä työn tehokkuuden muutosta verrattuna nykyiseen toimintatapaan. Pilottikohteen työntehokkuuden muutos ei kuitenkaan olisi lopullinen vastaus siihen, olisiko työskentely, sillä tehokasta, vaan pilottikohteessa työntehokkuus verrattuna nykyiseen toimintatapaan olisi luultavasti alempi johtuen Revitin vähäisestä kokemuksesta. Pilottikohteen aikana voitaisiin kuitenkin pohtia Revitin ominaisuuksien hyödyntämistä teollisuuskohteiden LVI-suunnittelussa ja pohtia kuinka paljon nämä asiat tulisivat tulevaisuudessa säästämään aikaa.

Työssä tutkimismenetelmät painottuivat pääasiassa omiin käyttökokemuksiin ja asiantuntijahaastatteluihin. Tämän tutkimuksen perusteella on hankala sanoa, kuinka paljon työntehokkuus paranisi pitkällä aikavälillä Revitin käyttöönoton jälkeen, mutta jo muutaman kuukauden ohjelman käytöllä, työntehokkuuden aleneminen ei vaikuttaisi enää merkittävästi. Työntehokkuuden paraneminen arvioiminen pitkällä aikavälillä vaatisi oikean projektin pilottikohteeksi, jossa voitaisiin todella arvioida Revitin soveltumista teollisuuden LVI tekniikoiden suunnitteluun, ja siinä Revitin ominaisuuksien hyödyntämistä. Tämän opinnäytetyön aikana mallinnettiin olemassa olevan kohteen LVI tekniikat ja mitään suurempia tai huomattavia ongelmia ohjelman käytössä ei ollut. Oma mielipiteenä ja nä-

kemyksenä näen, että pitkällä aikavälillä Revitillä työskentely saadaan tehokkaammaksi kuin nykyisillä menetelmillä, ja Revitin useat viisaat ominaisuudet tuovat helpotusta luoda tarkempia ja virheettömämpiä lopputuotoksia.

## LÄHTEET

About Families. Autodesk knowledge network. 2018. Päivitetty 17.5.2018. Luettu 13.1.2020. <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Revit-Model/files/GUID-6DDC1D52-E847-4835-8F9A-466531E5FD29-htm.html>

About Worksharing. Autodesk knowledge network. 2018. Päivitetty 17.9.2018. Luettu 29.1.2020. <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-0FC44807-DF06-4516-905A-4100281AC486-htm.html>

Crossing. MagiCAD help. Luettu 12.2.2020. [https://help.magicad.com/mcrev/2019/EN/6\\_8\\_crossing.html?ms=AgAAAAAAAAAAAg%3D%3D&st=MA%3D%3D&sct=MA%3D%3D&mw=MjQw](https://help.magicad.com/mcrev/2019/EN/6_8_crossing.html?ms=AgAAAAAAAAAAAg%3D%3D&st=MA%3D%3D&sct=MA%3D%3D&mw=MjQw)

Dataset. MagiCAD. MagiCAD for Revit Help. Luettu 13.2.2020. [https://help.magicad.com/mcrev/2019/EN/1\\_2\\_data-set.html?ms=AQAAAAAAAAAAACA%3D%3D&st=MA%3D%3D&sct=MA%3D%3D&mw=MjQw](https://help.magicad.com/mcrev/2019/EN/1_2_data-set.html?ms=AQAAAAAAAAAAACA%3D%3D&st=MA%3D%3D&sct=MA%3D%3D&mw=MjQw)

DynamoBIM. Dynamo. Luettu 9.1.2020. <https://primer.dynamobim.org/>

Eastman, C. Teicholz, P. Sacks, R. Liston, K. 2011. BIM Handbook. A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Second Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

Heikura, J. 2019. Sweco Teollisuus-LVI käsikirja 2019.

Hurskainen, J. LVI-suunnittelija. 2020. Haastattelu 18.2.2020. Haastattelija Piironen, T.

Interference Checking. Autodesk knowledge network. 2019. Päivitetty 19.2.2019. Luettu 29.1.2020. <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-890A9FE0-EFF4-4CFB-9E81-B0DE1A132BEC-htm.html>

Jävää, P. & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen rakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Koulutukset. MagiCad. MagiCAD-koulutukset. Luettu 12.3.2020 <https://www.magicad.com/fi/koulutus/>

MagiCAD. LVIS-sovellukset. 2020. Luettu 17.1.2020. <https://www.magicad.com/fi/lvis-sovellukset/>

MagiCAD Support & Hangers. MagiCAD. Luettu 5.3.2020. [https://www.magicad.com/fi/mc\\_software/magicad-supports-hangers/#ominaisuudet-revitille](https://www.magicad.com/fi/mc_software/magicad-supports-hangers/#ominaisuudet-revitille)

MagiCAD Schematics. MagiCAD. Luettu 5.2.2020. [https://www.magicad.com/fi/mc\\_software/magicad-schematics/#ominaisuudet-revitille](https://www.magicad.com/fi/mc_software/magicad-schematics/#ominaisuudet-revitille)

Myllyniemi, T. LVI-suunnittelija. Kysymyksiä Revitistä opinnäytetyöhön. Sähköpostiviesti. Luettu 15.4.2020

NBS. International BIM Report 2019. Raportti. Luettu 5.2.2020. <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2019>

Parameters. Autodesk knowledge network. 2020. Päivitetty 23.1.2020. Luettu 4.2.2020. <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-Model/files/GUID-D927E0DC-F720-4F7D-AACD-8B06787793CB-htm.html>

Project Templates. Autodesk knowledge network. 2015. Luettu 13.2.2020. Autodesk knowledge network

Provision for Builders Work. MagiCAD help. Luettu 5.3.2020. [https://help.magicad.com/mcrev/2019/EN/provision\\_for\\_builders\\_work\\_openings\\_tool.html](https://help.magicad.com/mcrev/2019/EN/provision_for_builders_work_openings_tool.html)

Pipe Connection. MagiCAD help. Luettu 9.3.2020. [https://help.magicad.com/mcrev/2020-UR-1/EN/3\\_7\\_pipe\\_connection.html?ms=AwAAAAAAAAAAAAAAAAABABA%3D%3D&st=MA%3D%3D&sct=MA%3D%3D&mw=MjQw](https://help.magicad.com/mcrev/2020-UR-1/EN/3_7_pipe_connection.html?ms=AwAAAAAAAAAAAAAAAAABABA%3D%3D&st=MA%3D%3D&sct=MA%3D%3D&mw=MjQw)

Quirk, V. 2012. A Brief History of BIM. Archdaily. Päivitetty 7.12.2012. Luettu 13.1.2020. <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>

RT 10-11066. Yleiset Tietomallivaatimukset 2012 Osa 1. Yleinen osuus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 10-11290. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. 2017. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 103133. Rakennuksen laserkeilaus. 2019. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Tiedonvaihtotaulukko. 2017. Tiedonvaihto projektin elinkaarella. Sweco. Julkaisematon. Opinnäytetyön tekijän hallussa.