

Otto Juutinen

# Tietomallin hyödyntäminen LVI-projektinhoidossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

17.04.2018

Tekijä Otsikko	Otto Juutinen Tietomallin hyödyntäminen LVI-projektinhoidossa
Sivumäärä Aika	39 sivua 17.04.2018
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka
Ohjaajat	lehtori Aamos Lemström toimitusjohtaja Marko Merinen, KLA Talotekniikka Oy
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä KLA Talotekniikka Oy:lle sen hankkimista ohjelmista, Solibri Model Checker ja JCAD LVI määrät, tutkimus kuinka hyvin ohjelmat soveltuvat projektinhoitoon. Ohjelmat ovat maksullisia palveluita, joten tutkimuksessa tutkittiin pääasiassa, saadaanko niiden avulla selvää hyötyä projektinhoidossa.</p> <p>Referenssikohteina oli kolme uudisrakennustyömaata, joista kaksi asuinkerrostaloja ja yksi päiväkotia. Tutkimusmenetelmänä käytettiin kohteissa henkilökohtaisella asiantuntemuksella hankittua dataa ja vertailtiin niitä keskenään. Toisena menetelmänä käytettiin haastattelututkimusta, jotta saataisiin tutkimukselle myös muita näkökantoja.</p> <p>Hankitun datan perusteella saatiin selville, että tietomallit ovat vielä kehityksen alla. Tietomallia käsittelevät ohjelmat, esim. Solibri Model Checker, ovat tehokkaita ja hyödyllisiä, mutta tietomallien laadussa on vielä parannettavaa. JCAD-ohjelma on tällä hetkellä ajankohtaisempi, koska se käyttää informaation hakuun PDF-tiedostoja. Kohteista on saatavilla melkein aina sähköiset kuvat PDF-tiedostoina.</p> <p>Haastatteluista saatiin selville, että yleisimpänä ominaisuutena tietomalleista on käytössä sen visuaaliset avut. Kaikki haastateltavat käyttivät Solibri Model Checkeriä. Määrälaskenta ei onnistu vielä halutulla tasolla, joten se jää käyttämättä useasti. 3D-mallin tarkastelumahdollisuudet ovat osoittautuneet erittäinkin hyödyllisiksi ja ovat sen vuoksi myös päivittäisessä käytössä haastateltavilla.</p> <p>Tuloksista voidaan päätellä, että tulevaisuus on tietomalleissa, mutta JCAD on ainakin määrälaskennan kannalta ajankohtaisempi. Tietomalleista saatava visuaalinen apu on jo ajankohtainen, käytössä ja tarpeellinen, mutta tietomallia ei vielä luovuteta tai tehdä tapauskohtaisesti kaikista kohteista tarpeeksi laadukkaina. Tietomallin luominen kohteesta on suunnittelijalle aikaa ja resursseja vievää, mutta näkisin niiden yleistymisen tulevaisuudessa olevan väistämätöntä rakennusalalla. Muut ominaisuudet ovat hyvin riippuvaisia vielä tietomallin puutteellisista yksityiskohtaisista ja laadullisista seikoista.</p>	
Avainsanat	tietomalli, projektinhoito, JCAD, Solibri

Author Title Number of Pages Date	Otto Juutinen Benefits of Building Information Models in HVAC Project Management 39 pages 17 April 2018
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructors	Aamos Lemstrom, Senior Lecturer Marko Merinen, Chief Executive Officer
<p>The purpose of the final year project was to establish how to utilize Building Information Models in HVAC project management. This project focused on one application of the several available ones. Furthermore, the benefits of an application using PDF data files was studied as an alternative for Building Information.</p> <p>The project collected data from three reference construction sites, using Building Information Models. The data were compared between each other. Furthermore, theme interviews to gain more diverse results from the project were conducted. The interviewees were all specialized in HVAC engineering and familiar with Building Information Models.</p> <p>The results of the project prove the usefulness of Building Information Models. The interviews proved that the visual benefits of the Building Information Models are used on a daily basis. However, the collected data showed that Building Information Models still have room for improvement in the quantity calculations of HVAC materials.</p> <p>This project was useful for the company and in general because Building Information Models are the future. While there are quality issues to be improved still, in the end, the 3D feature is widely used and considered worthwhile.</p>	
Keywords	BIM, project management, JCAD, Solibri

# Sisällys

## Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Kirjallisuusselvitys	2
2.1	Tietomallinnus	2
2.2	Miksi tietomallinnus?	3
2.3	Tietomallivaatimusten tavoitteet ja käyttö	4
2.3.1	Tietomalliselostus	4
2.4	Ohjelmat	5
2.4.1	Solibri Model Checker	5
2.4.2	Navisworks	6
2.4.3	Tekla BIMsight	7
2.4.4	JCAD LVI Määrät	8
2.5	Projektinhoito	9
3	Tutkimusmenetelmät	11
3.1	Menetelmien valinta	11
4	Tiedonhankinta	12
4.1	Tiedonhankinta	12
4.2	Solibri Model Checker	13
4.2.1	Tietomallin laatu	13
4.2.2	Määrälaskenta	13
4.2.3	Lisäykset ja muutokset	15
4.2.4	Visuaalinen apu	17
4.3	JCAD LVI määrät	18
4.3.1	Määrälaskenta JCADilla	18
4.3.2	Lisäykset ja muutokset JCADilla	19
4.3.3	Lohkot	19
5	Tiedonhankinnan tulokset	21
5.1	Käyttökokemus tuloksia	21
5.1.1	Solibrilla suoritettava määrälaskenta	21
5.1.2	Solibrin muut ominaisuudet	22
5.1.3	JCAD	23

6	Haastattelut	25
6.1	Teemahaastattelu	25
6.2	Esittelyt	26
6.3	Haastattelut	27
6.3.1	Haastateltava nro 1	27
6.3.2	Haastateltava nro 2	27
6.3.3	Haastateltava nro 3	28
6.4	Yhteenveto	29
7	Opinnäytetyön yhteenveto ja oma arvio	30
7.1	Oma arvio	30
7.2	Yhteenveto	30
7.3	Jatkotutkimusmahdollisuudet	31
	Lähteet	32

## Lyhenteet ja käsitteet

BIM	Building information model, tietomalli
Broker Estimate	Tarjouslaskentaohjelma
Excel	MS Excel, Microsoftin taulukkolaskentaohjelma
IFC	Industry Foundation Classes, rakennusalan standardi oliopohjaisen tiedon siirtoon tietokonejärjestelmästä toiseen
IV	Ilmanvaihto
LVI	Lämpö, ilma ja vesi
Massoittelu	Määrälaskenta
PDF	Portable document format. PostScript-kieleen pohjautuva ohjelmistoriippumaton, siirrettävä tiedostomuoto.
YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012

## 1 Johdanto

Valitsin opinnäytetyön aiheeksi tietomallin hyödyntämisen projektinhoidossa. Tavoitteena on tehdä KLA Talotekniikka Oy:lle kattava tutkimus siitä, kuinka hyvin tietomallia hyödyntävät ohjelmat soveltuvat yrityksen projektinhoitoon ja eri projektinhoidon työvaiheisiin. Aihe sopii hyvin, niin omaan, kuin yleisestikin rakennusalan tilanteeseen, sillä tietomallinnus on jatkuvalla syötöllä yleistymässä. Työssäni pohdin, kuinka hyvin tietomallinnusta pystytään tällä hetkellä hyödyntämään urakointivaiheessa projektinhoidossa. Vastapainoksi pohdin myös, miten PDF-tiedostopohjaiset ohjelmat soveltuvat projektinhoitoon. Keskityn työssä ohjelmien soveltuvuuteen projektinhoidossa, enkä niinkään pyri esittelemään ohjelmia ja niiden toimintoja opetusmielessä.

Ajankohtaisuus työn kannalta on erityisen sopiva, sillä yritys hankki itselleen kaksi erityyppistä ohjelmaa; Solibri Model Checker sekä JCAD LVI-määrät. Keskityn työssäni tutkimusta tehdessä vain näihin kahteen ohjelmaan. Ohjelmia on useampiakin, mutta käytössäni työtä tehdessä on vain nämä kaksi ohjelmaa. Tutkimusongelmana on, että myyntipuheista huolimatta, ei ohjelmista voi olla varma, kuinka hyvin ne soveltuvat jorkapäiväiseen käyttöön LVI-alalla.

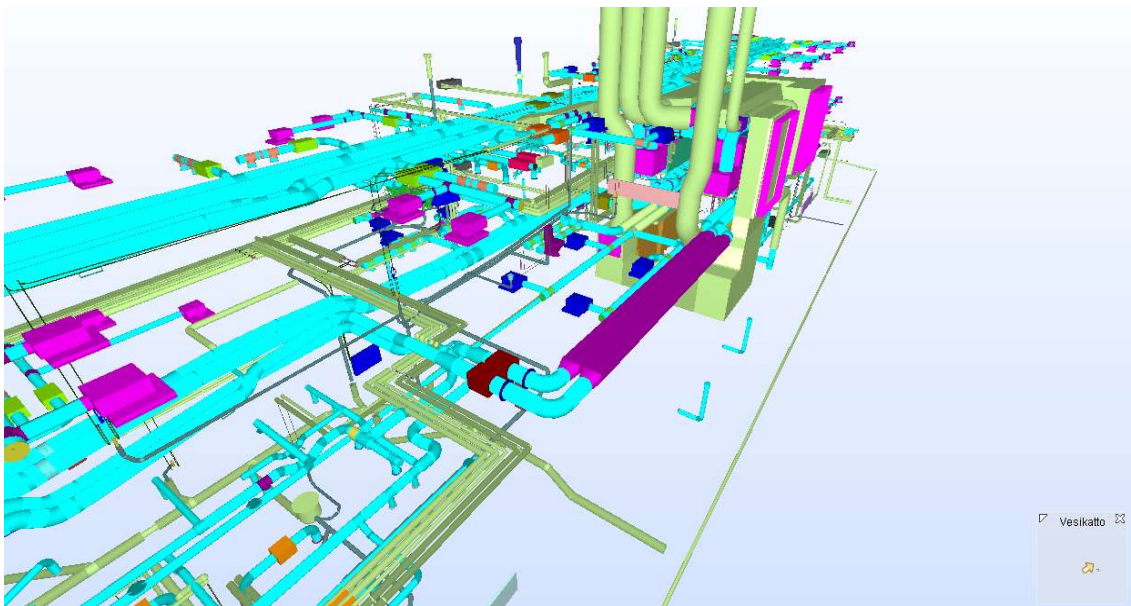
Pyrin selittämään työssäni perusteellisesti ensin, mistä on kyse, eli mikä on tietomalli, ja minkä tyyppisiä ohjelmia on käytössä. Perehdytyksen jälkeen pyrin selittämään millä tavalla tutkin aihepiiriä ja mitä menetelmiä käytin. Tutkimusmenetelmiä minulla oli käytössäni kaksi. Ensimmäinen tutkimusmenetelmä ja tutkimus perustuu omaan asiantuntemukseen ja itse hankittuun tietoon, minkä jälkeen esittelen tulokset ja johtopäätökset. Toisena tutkimusmenetelmänä minulla oli muutama haastattelu LVI-alan asiantuntijoille, joiden kommentteista pyrin esittelemään myös ulkopuolista näkökantaa tietomalleista. Lopussa on yhteenveto lopputyöstä ja arvio omasta työstä.

Tietomallista puhuttaessa tarkoitetaan virtuaalista 3D-mallia kohteesta, jota Solibrin ohjelmalla pystyy käyttämään. JCAD hyödyntää PDF-tiedostoja, joten mikäli tietomallia ei saada kohteesta käyttöön, on aina mahdollisuus käyttää JCADin avulla sähköisiä piirustuskuvia PDF-muodossa. Tietomallista, mikäli sellainen saadaan käyttöön, on yleensä samassa paketissa yhdistelmämalli, joka sisältää myös rakennusteknisiä elementtejä. Työssäni keskityn kuitenkin vain LVI-järjestelmiin.

## 2 Kirjallisuusselvitys

### 2.1 Tietomallinnus

Building information model eli lyhenteeltään BIM tarkoittaa suomeksi rakennuksen tietomallintamista. Tietomallintamisella luodaan digitaalinen työkalu, joka helpottaa tehokkaasti rakennuksen suunnittelu-, toteutus, käyttö- ja ylläpitovaihetta. Tietomallinnusteknologialla rakennuksesta saadaan yksi tai useampi todellisuutta vastaava virtuaalimalli. Oikein sekä hyvin tehtynä tietomallit mahdollistavat paremman analytiikan ja hallinnan kuin manuaaliset prosessit. Mallit sisältävät rakennuksesta mittasuhteiltaan realistiset sekä täsmälliset tiedot esimerkiksi 3D mallina, kuten kuvassa 1, joita tarvitaan rakennuksen suunnittelu-, hankinta- sekä toteutusvaiheessa. Tämä mahdollistaa erittäin tehokkaan visuaalisen havainnollistamisen sekä tarkastelun. [1]



Kuva 1. Esimerkkikuva LVI:n 3D-mallista Solibri Model Checkerillä.

Tietomallinnus on kuitenkin paljon muutakin kuin pelkästään 3D-malli. Se on informaatioalusta kaikelle rakennuksen elinkaaren tiedoille. Kuten jatkossa tulemme huomaamaan, tietomallinnukselle on monia eri tapoja, kuinka käyttää sitä. Pystymme luomaan tiedon ja visuaalisen avun lisäksi myös simulaatioita ja raportteja vain napin painalluksella. Uusia applikaatioita ja lisämahdollisuuksia luodaan päivittäin joka puolella maailmaa. Hienoimpana ominaisuutena ehkä tietomallille on, että kaikki sama tieto on yhdessä lähteessä. Tietomallinnus kehittyy aina projektista seuraavaan projektiin. Tieto



jota ei ole aikaisemmin osattu lisätä tietomalliin, tiedetään jatkossa lisätä, ja näin kehitetään jatkuvasti työskentelyä. Tietomallinnuksesta kuitenkin on ymmärrettävä, mitä luodaan, kenelle sekä mihin tarkoitukseen. [2, s. 30.]

Toimivin tapa hyödyntää tietomallia tällä hetkellä on IFC-tiedostomuodon käyttäminen. IFC on kansainvälinen tiedonsiirtostandardi, jota käytetään rakentamisen tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön eri ohjelmien välillä. Suoraan siteerattuna Yleististä tietomallivaatimuksista IFC-malli on, [3]

3D-malli, joka sisältää suunnitteluorganisaation kanssa yhteisesti sovitun geometrian ja tietosisällön käyttötarkoitukseen ja suunnitteluvaiheeseen sopivana. IFC-standardin mukainen tiedonsiirtomahdollisuus. (Yleiset tietomallivaatimukset osa 1, Liite Osa 4. Talotekninen suunnittelu, Talotekniikan vaatimuksia mallinnukselle.)

## 2.2 Miksi tietomallinnus?

Tietomallinnuksesta sanotaan, että rakenna se kahdesti. Ensin virtuaalisesti, sitten oikeasti. Näin pystytään välttämään kaikenlaiset riskit sekä potentiaaliset riskit ennekuin aloitetaan edes rakentamaan. Talotekniikan kannalta etenkin eri tekniikoiden törmäykset sekä putkien reititykset rakennuksesta, pystytään nyt virtuaalisesti välttämään sekä selvittämään etukäteen. Tämä säästää paljon aikaa rakennusvaiheessa, kun vältetään mahdollisilta risteilykokouksilta. Lisäksi kun kaikki tieto on yhdessä lähteessä, vältetään myös siltä, että yhdeltä tai useammalta urakoitsijalta puuttuisivat uusimmat piirustukset kohteesta. [2, s. 33–34.]

Kun kaikki toimii tietomallinnuksessa –niin kuin pitääkin, pystytään sillä,

- tehostamaan ja nopeuttamaan suunnittelua luomalla yksityiskohtaisempaa sekä tarkempaa tietoa ja vähentämään suunnitteluvirheitä. Suunnitelmien yhteensopivuutta pystytään parantamaan ja näin ollen edistämään suunnittelijoiden välistä yhteistyötä.
- parantamaan rakentamisen tuottavuutta sekä laatua, kun pystytään luomaan käyttökelpoisempaa tietoa hyödynnettäväksi tuotannosuunnittelussa, kustannus- sekä aikatauluhallinnassa sekä hankinnassa. Tuotannon ja suunnittelun yhteensovittaminen parantuu myös entisestään. [2, s. 33–34.]

## 2.3 Tietomallivaatimusten tavoitteet ja käyttö

Rakennuksesta luotua tietomallia hyödynnetään koko sen eliniän ajan. Tietomallia käytetään aivan suunnitteluvaiheen alusta lähtien jatkuen ajan tasalle päivitettyinä vielä urakointivaiheen jälkeenkin, käytön ja ylläpidon aikana. Mallinnuksen tavoitteena on luoda kestävä kehityksen mukainen, laadukas, tehokas sekä turvallinen tapa tukea rakennuksen elinkaaren vaiheita. [4]

Huhtikuussa 2013 Rakennustietosäätiö RTS ja buildingsSMART Finland tekivät kyselyn, jonka mukaan tietomallintamista käyttää työssään jo noin 65% vastaajista. BIM on siis jatkuvassa nousussa, mutta jarruna kehitykselle on suunnittelijoiden työmäärän lisääntyminen tuomatta kuitenkaan merkittäviä kustannussäästöjä. BIM:n käyttö lisää siis työmäärää. Tämä ei näy markkinoissa, ja siksi perinteiseen suunnitteluun verrattuna rahallinen korvaus on nolla. RAK-suunnittelun tulevaisuus on ilman muuta silti tietomallintamisen ympärillä. Suunnittelu työ muuttuu konkreettisemmaksi ja havainnollisemmaksi, mikä lopputuloksen kannalta suunnittelijankin näkökulmasta on hyvä asia. Suunnittelu-puolella BIM on joka tapauksessa jo arkipäivän työkalu, mutta tuotettu asiakirja on silti valitettavan usein vain 2D-tuloste. [5]

Suurin riski BIMin edistymisessä on se, että tietomallit eivät siirry rakennusprosessissa suunnittelusta toteutukseen ja edelleen ylläpitoon, vaikka tämä on sen päätavoite. Informaatiota ei suostuta luovuttamaan eteenpäin yrityksen ulkopuolelle voimakkaiden tekijänoikeus vaatimuksien takia. Tietomalleille saatetaan asettaa täydellisen virheettömyyden vaatimuksia, kun taas PDF- ja DWG-kuvissa olevat virheet ovat jokaiselle melkein täysin normaaleja. [5]

### 2.3.1 Tietomalliselostus

Tietomalliselostus on suunnittelijan ylläpitämä kuvaus tietomallin sisällöstä, käytetyistä mallinnustavoista ja mahdollisista poikkeamista yleisiin vaatimuksiin tai mallinnustapoihin nähden. Tietomallin käyttäjälle on tärkeää tietää mallin tarkkuusaste ja tieto, mihin tarkoitukseen se on luotu. Selosteen avulla seuraavat osapuolet osaavat tulkita mallin valmiusastetta. Tietomalliselostus tulisi päivittää aina kun malli julkaistaan muiden osapuolien käyttöön, olipa sitten kyseessä toteutusvaiheen tietomalli tai urakalaskentavaiheen malli. Yleisten tietomallivaatimusten ohje tietomalliselostukselle [3]:

Kaikki muutokset tulee dokumentoida malleissa tai tietomalliselostuksissa niin, että eri osapuolet voivat löytää ne. Hankkeen virallisessa tarkastelupisteessä julkaistun mallin puutteellisesta tai virheellisestä muutosten dokumentoinnista johtuvista seurauksista vastaa virheen tekijä suunnittelusopimusten ja yleisten sopimusehtojen määrittelemässä laajuudessa. Työmallien kohdalla selosteen tarkoitus on olla sisältöä ja tehtyjä muutoksia selventävä, ja siten kirjaukset voivat olla luonteeltaan muistiinpanomaisempia. Tietomalliselosteen nimeäminen tulee tehdä niin, että tiedostonimestä käy selville mihin tietomalliin se liittyy. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 OSA 1. Yleinen osuus) [3]

Työmallit ovat aina asteen verran keskeneräisiä, joten törmäykset, risteilyt ja erilaiset pienemmät virheet kuuluvat kuvaan. On suunnittelijoiden vastuulla kuitenkin, että tietomalli ei sisällä muuta kuin normaaleja keskeneräisyyteen liittyviä virheitä. Hankkeen tietomallin virallisesta laadunvalvonnasta vastaa tietomallikoordinaattori, joka on yleensä pääsuunnittelija, tai joku muu tilaajan määrittelemä taho. [3]

## 2.4 Ohjelmat

Tietomallia hyödyntäviä ohjelmia löytyy mahdollisesti useita erilaisia, ja niissä on omat vikansa ja etunsa. Tässä työssä keskitytään erityisesti Solibriin sen ajankohtaisen tilanteen vuoksi yritykselle. Muita ohjelmia on myös mm. Tekla BimSight ja Navisworks. Vaihtoehtoisena ohjelmana myös tietomallinnusta hyödyntäville ohjelmille on JCAD, jolla pystytään hyödyntämään PDF-kuvia määrälaskentaan.

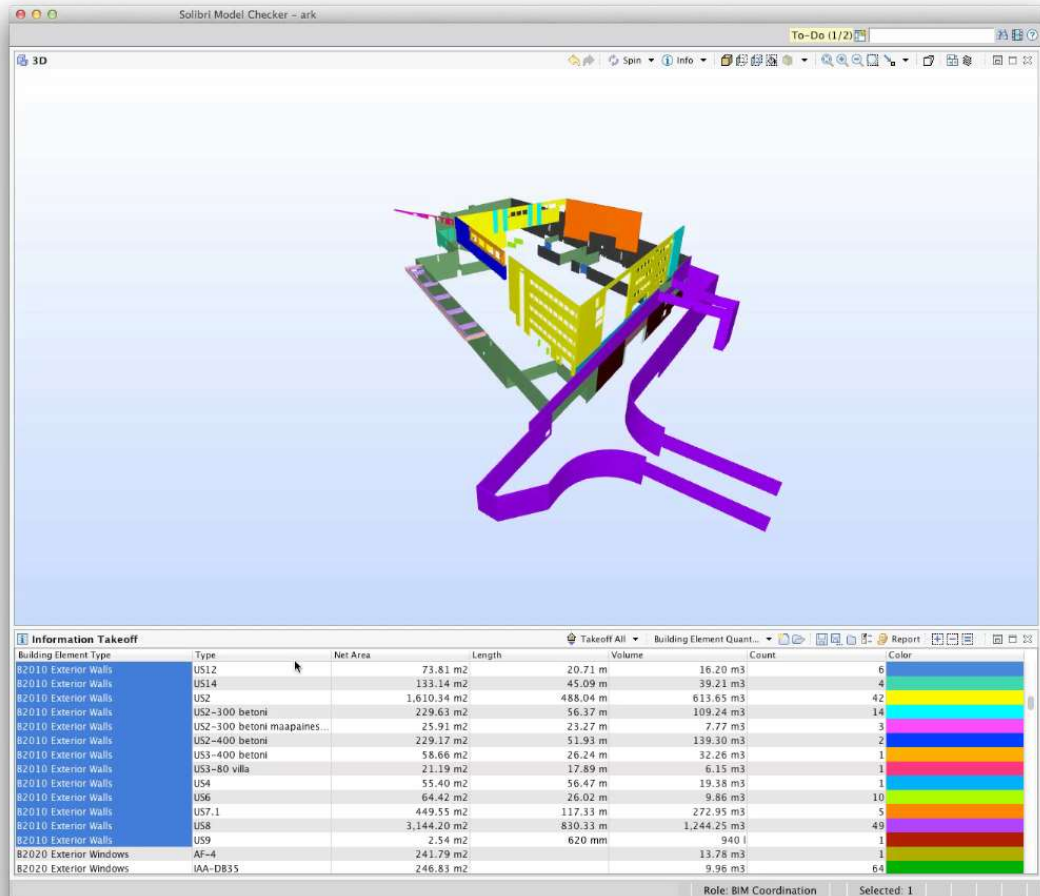
### 2.4.1 Solibri Model Checker

Solibri Model Checker on markkinoiden johtava tietomallien analysointiohjelma. Solibri on myös markkinoiden ainoa tuote, joka tukee tietomallien laadunvarmistusprosessia ja sisältää mukaan lukien myös YTV2012:n mukaisen tarkastustoiminallisuuden. YTV2012 on Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaistujen tietomallivaatimusten päivitys. Solibri on myös kotimainen tuote. [6]

Solibrilla on seuraavia ominaisuuksia:

- Ohjelma analysoi ja ryhmittelee virheet vakavuusasteen mukaan.
- Ohjelmalla pystytään etsimään puuttuvia komponentteja ja tietoja mallista.
- Ohjelma pystyy löytämään virheet ja poikkeukset eri suunnittelijoiden malleista. Mallien yhteensopivuustarkastus onnistuu.
- Muutostöitä voidaan vertailla vanhan ja uuden version välillä.

- Ohjelmassa on tehokas määrälaskenta, jolla pystytään tutkimaan mallien tietosisältöä ja lisäämään lisätietoja. Määrät on helppo laskea käyttäen informaation talteenottoa (kuva 2) ja siirtää raportille Excel-tiedostoksi. [7]



Kuva 2. Informaation talteenoton työskentelynäkökulma Solibri Model Checkerillä [7]

## 2.4.2 Navisworks

Navisworks-ohjelmisto on suunniteltu projektinhallintaa ja sen koordinointiin. Ohjelman avulla pystytään yhdistämään tietomallit yhdeksi kokonaisuudeksi, jonka avulla voidaan tehostaa mallien tarkastelua ja sekä yhteistyötä eri osapuolten kesken. Navisworksin ohjelmistoilla voidaan yhdistää eri osapuolten mallit yhdeksi malliksi. Malliin voidaan tuoda tietoa myös ulkoisista tietokannoista. [8]

Mallitiedostojen sekä tiedon yhdistämisen lisäksi Navisworksilla onnistuu reaaliaikainen navigointi, sekä se toimii myös tarkistus- ja ryhmätyökaluna. Mallia pystytään

tarkastelemaan reaaliaikaisesti eri perspektiiveistä, kuten kävely ja lento. Etäisyyksiä ja pinta-aloja pystytään tarkistamaan tarkistustyökaluilla. Jokainen työryhmän jäsen pystyy merkitsemään kommentteja ja punakynämerkintöjä tiedostoon parannus- ja korjausehdotuksia varten. [8]

Yhdistetty malli julkaistaan jaettavana NWD- ja 3D-DWF-tiedostoina. NWD-tiedoston katselu onnistuu ilmaisella Autodesk Navisworks Freedom -ohjelmistolla (kuva 3). [8]



Kuva 3. Esimerkkikuva Navisworks-ohjelmalla [10]

Ohjelmalla pystytään myös luomaan 4D-aikataulutuksia, mikä auttaa visuaalisesti projektiryhmän jäseniä havainnoimaan, miten rakennusvaiheet on aikataulutettu. Navisworks Manage -ohjelmistolla pystytään tekemään myös törmäystarkasteluja ja luomaan niiden pohjalta raportti siitä, missä on menty pieleen. Näin pystytään selvittämään mahdolliset ristelykohdat ennen rakentamista. [8]

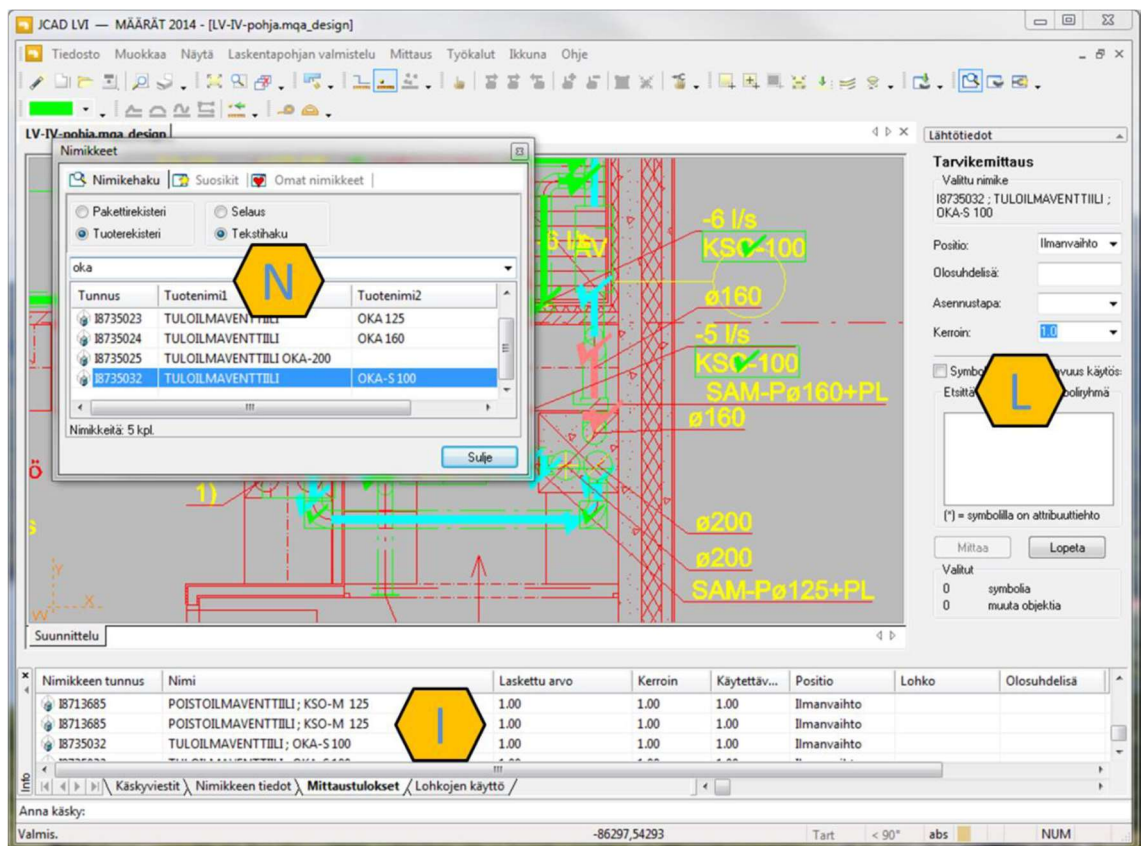
#### 2.4.3 Tekla BIMsight

Tekla BIMsight on hyvin samankaltainen ominaisuuksiltaan kuin Navisworks. Tekla BIMsight on ammattilaisille tarkoitettu, tietomallia hyödyntävä ohjelmisto, jolla pystytään yhdistämään eri mallit, tekemään törmäystarkasteluja ja jakamaan tietoja yhdessä ja samassa tiedostossa. [9]

#### 2.4.4 JCAD LVI Määrät

Vaihtoehtoisena sähköisenä projektityökaluna tietomallia hyödyntävien ohjelmien sijaan on Jidean luoma JCAD LVI Määrät. Ohjelma on luotu nimenomaan määrälaskentaa varten, mutta soveltuu niin tarjouslaskennan sijaan myös projektin aikaiseen massoitteeluun. Laskentakuviksi ohjelmalle soveltuu tavalliset PDF-kuvat, paperilta skannatut rasterikuvat sekä DWG-muodossa olevat CAD-kuvat (kuva 4). [10]

Erilaisia etuja normaaliin määrälaskentaa verrattuna saavutetaan kopiokustannusten poisjäännistä sekä paperikuvien hankintaan käytetystä ajasta. JCAD LVI Määrät on sähköinen työkalu nimenomaan määrälaskentaan ja materiaalinhallintaan. Ohjelmistossa käytetään cad-teknologiaa apuvälineenä, ja sitä käytetään myös suunnittelussa määrälaskennan tehostamiseksi ja tarkkuuden parantamiseksi. [10]



Kuva 4. Kuvassa tilannekuva tarvikemittauksesta. (JCAD LVI MÄÄRÄT KÄYTÖN PERUSTEET.2017)

## 2.5 Projektinhoito

Projektinhoidossa on tärkeää, että kaikki eri osa-alueet ovat kunnossa, jotta projekti saadaan saatettua loppuun asti mahdollisimman tuottavasti. Projektinhallinta sisältää projektisuunnittelun, organisoinnin, resurssinhallinnan sekä raportoinnin. Perusteet projektinhallinnassa on aina samat, vaikka kyseessä olisi lyhyt tai pitkä projekti. Projektinhallinta koostuu lyhyesti seuraavista asioista [11]:

### 1. Projektin aloitus

- Jokainen projekti on ensin laskettava etukäteen, onko se kannattava ja onko se mahdollista suorittaa onnistuneesti. Arviointia voi helpottaa tarkka tarjouslaskenta sekä aikaisemmat projektit ja niiden onnistunut toteutus, joiden avulla osataan ennakoida samankaltaisen projektin toteutusta. Myös yhteistyö tutun rakennusliikkeen kanssa helpottaa tulevan projektin arviointia. [12]

### 2. Projektin määrittely ja suunnittelu

- Projektisuunnitelmassa määritellään projektin sisältö, budjetti ja aikataulu. Projektille on asetettava realistiset tavoitteet, joiden toteutumista voidaan seurata budjetin ja aikataulun avulla. [12]
- Resurssien ja projektikannattavuuden ennustaminen on oleellista onnistuneessa projektinhallinnassa. Projektikohtaisista raporteista luotavat analyysit antavat kattavaa tietoa projektityöntekijöiden resurssien käytöstä ja tuotoista, joiden avulla voidaan kehittää tuleville projekteille optimiskenaariot. [11]

### 3. Projektin käynnistäminen ja toteutus

- Aina alkavan projektin käynnistysvaiheessa on tärkeää projektihenkilöstön tehtävien ja vastualueiden jakaminen. [12]

- Viestintä projektin henkilöstön välillä on elintärkeää projektin onnistumisen kannalta. Projektille on järkevää luoda yhteinen viestintäkanava, johon kaikki pääsevät helposti käsiksi. [11]

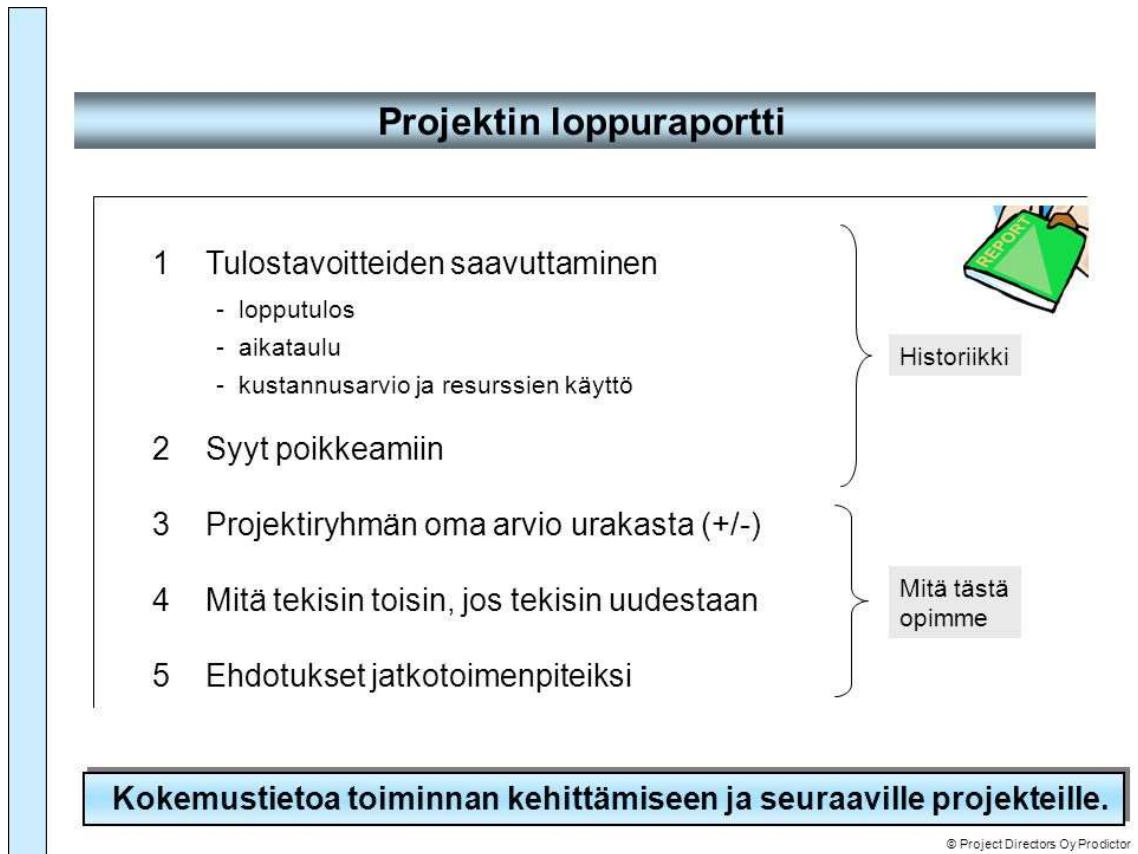
#### 4. Projektinhallinta ja seuranta

- Projektin etenemisen seuraaminen on jatkuvasti oltava ajan tasalla. Eri työvaiheet on tarkastettava ennen niiden aloitusta sekä valmistumisen jälkeen. Näin pystytään reagoimaan ajoissa aikataulumuutoksiin ja pystytään mukautumaan ongelmatilanteisiin etukäteen. Projektin seuranta helpottaa projektinhallintajärjestelmää, josta pystytään tarkastamaan projektin tuntimerkinnot, toteutuneet kulut ja luoda raportteja nykytilanteesta. [12]
- Laskutus projektin aikana on kannattavuuden kannalta oleellista. Projektin täytyy itse rahoittaa itsensä, jotta vältytään turhilta rahoituksilta ulkopuolisilta tahoilta eikä makseta turhia korkoja. [11]
- Projektiin on myös hyvä varata joustavuutta, muutoksia tulee aina. Mikäli on mahdollista, on riskienhallinnalle hyvä myös varata oma osuus kapasiteetista. Ongelmien sattuessa ilman jousto varaa yleensä johtaa siihen, että joudutaan turvautumaan ulkopuolisiin rahoitusvaihtoehtoihin. [12]

#### 5. Projektin lopetus

- Projektin päätyttyä on tietysti tärkeintä, että asiakas on tyytyväinen, jotta keikkoja saadaan myös jatkossakin. Yhtä tärkeätä tyytyväisyyden osalla on myös, että projektia ei tehty omalla kustannuksella, vaan siitä saatiin myös referenssien lisäksi voittoa yritykselle. [12]
- Projektin päätyttyä on hyvä tehdä loppuselitys ja raportointi (kuva 5) siitä, missä onnistuttiin ja missä epäonnistuttiin, paljonko tienattiin ja mitä hinnoiteltiin alakanttiin. Jokaisen projektinhoitoon osallistuneen henkilön olisi hyvä olla läsnä loppuraportin käsittelyssä. Ei ole merkitystä sillä oliko projekti täysi katastrofi vai nappisuoritus, molemmat ovat erittäin opettavaisia seuraavan projektin ja jatkon kannalta. [11, 12]





Kuva 5. Loppuraportin sisältö

### 3 Tutkimusmenetelmät

#### 3.1 Menetelmien valinta

Työn aiheen vuoksi päätin valita kaksi tutkimusmenetelmää. Itse tutkimus tapahtui henkilökohtaisesti keräämällä dataa ja vertailemalla sekä analysoimalla sitä. Tiedonhankinta on välttämätöntä tutkimuksen aihepiirin kannalta. Jotta pystyin luomaan minkäänlaista käsitystä ohjelmien hyödyllisyydestä, oli niitä käytettävä referenssikohteissa. Tarkastelemalla tuloksia pystyin luomaan oman henkilökohtaisen mielipiteen ohjelmien käytettävyydestä projektinhoidossa. Referenssikohteina toimivat uudisrakennustyömaat, joista kaksi oli uudiskerrostaloja ja yksi lasten päiväkotia.

Toisena tutkimusmenetelmänä päätin käyttää teemahaastattelua, jotta saisin muiden mielipiteet sekä käsitykset ohjelmien hyödyllisyydestä. Teemahaastattelu sen vuoksi

haastattelutapana, jotta haastattelusta saisi enemmän keskustelun kaltaista eikä pelkää robottimaista kysymys ja vastaus-haastattelua, jossa eivät ilmene haastateltavan mielipiteet ja ajatukset yhtä vapaasti.

## 4 Tiedonhankinta

### 4.1 Tiedonhankinta

Ensimmäinen tutkimusmenetelmä perustuu omaan henkilökohtaiseen asiantuntemukseen. Kaikki tutkimustieto tällä menetelmällä on itse hankittu yrityksen työn alla olevista kohteista, joita on kolme. Kaikki kolme kohdetta on uudisrakennustyömaita, joista kaksi asuinkerrostaloja ja yksi päiväkotia. Työn tavoitteena oli tutkia, kuinka hyvin sähköiset ohjelmat auttavat projektinhoitoa ja helpottavat sen työvaiheita. Tutkimusmenetelmänä kerään dataa käyttämällä kahta tässä työssä aikaisemmin mainittuja ohjelmaa. Käytin ohjelmia, kuten Solibri Model Checker sekä JCAD LVI määrät.

Kuten olen aikaisemmin kertonut Solibri Model Checker pyörittää IFC tiedostoa, josta saadaan tietokoneen ruudulle 3D-malli kohteesta. Koska työ keskittyy ainoastaan LVI-projekteihin, ei 3D-malli näissä tapauksissa sisällä muuta kuin LVI-urakkaan kuuluvia materiaaleja.

JCADin keskittyä ainoastaan PDF-tiedostoihin näin tarpeelliseksi ottaa myös sen tutkimukseen mukaan ajankohtaisuuden vuoksi. Tällä hetkellä 3D-malleja on saatavilla vain rajallisesti, kun taas kohteista saadaan nykyään aina piirustukset sähköisessä muodossa PDF-tiedostoina. JCAD pyörittäisi myös DWG-tiedostoja, joista olisi kätevämpi ja nopeampi hakea tarvikkeita, mutta DWG-tiedostot ovat olleet tässä tapauksessa yhtä harvassa kuin IFC-mallit, joten jätän ne huomioita.

## 4.2 Solibri Model Checker

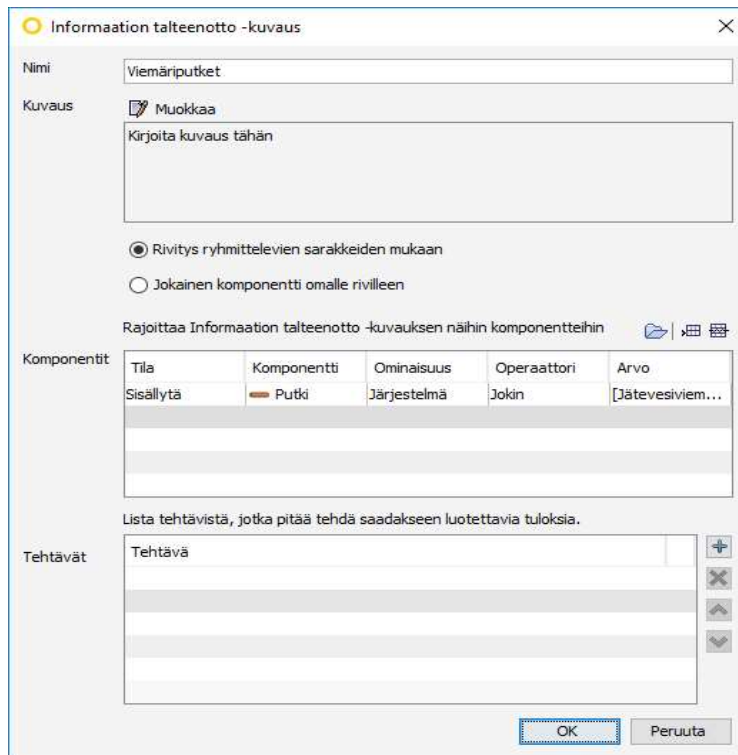
### 4.2.1 Tietomallin laatu

Solibrin ohjelman luotettavuus riippuu täysin suunnittelijan luoman suunnitelman laadusta. Ohjelma kertoo, mitä suunnitelmaan on piirretty, kuten paperiversioissakin. Solibrin käyttö aloitetaan ottamalla selvää tietomallin laadusta selvää. Jotta tietomalli voidaan urakoitsijalle antaa, on kerrottava, millä laajuudella urakoitsija voi tietomallia hyödyntää. Tämän takia tietomallille täytyy tehdä aikaisemmin mainitsemani tietomalliselostus. Selostuksesta selviää, onko tietomalli ensinnäkin ajan tasalla sekä mihin tarkoitukseen se on luotu. On myös mahdollista, että muista sopimuspapereista kuten urakaneuvottelupöytäkirjasta saattaa löytyä maininta tietomallin käyttötarkoituksesta. Siellä voi esimerkiksi lukea sopimusasiakirjojen kohdalla, että ”tietomalli luovutetaan urakoitsijan visuaaliseen käyttöön, mutta sitä ei pidetä teknisenä asiakirjana”. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki, mitä tietomallin pohjalta on laskettu, on urakoitsijan vastuulla.

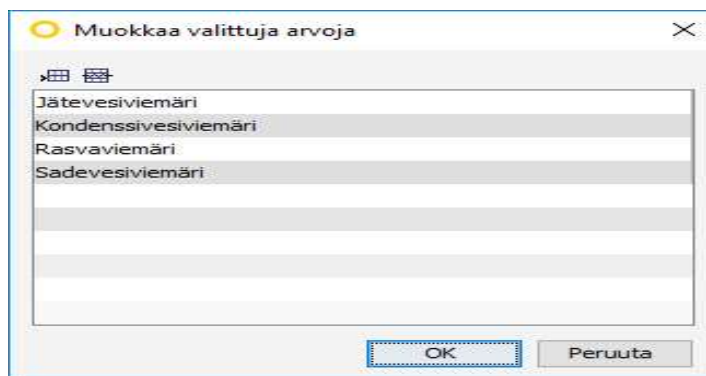
### 4.2.2 Määrälaskenta

Solibri Model Checkerin ehdottomasti paras ominaisuus, ainakin tulevaisuudessa, on määrälaskennassa omasta mielestäni. Olen laskenut muutamasta kohteesta määrät käyttämällä Solibri Model Checkeriä. Ajankäytön säästö verrattuna käsin laskemiseen on huomattava. Muutamalla klikkauksella pystyy ohjelma laskemaan kaikki putkimetrit, jotka kuvaan on piirretty.

Ohjelmalla haetaan halutut materiaalit ja tuotteet hakusanoja käyttäen (kuva 6). Tässä tapauksessa hain putkia liittyen viemärijärjestelmiin (kuva 7). Tietyillä yksityiskohtaisilla hakukriteereillä pystytään rajaamaan haluttavia hakuvaihtoehtoja. Jos hakisin pelkällä sanalla ”putki”, etsisi ohjelma myös vesiputket.



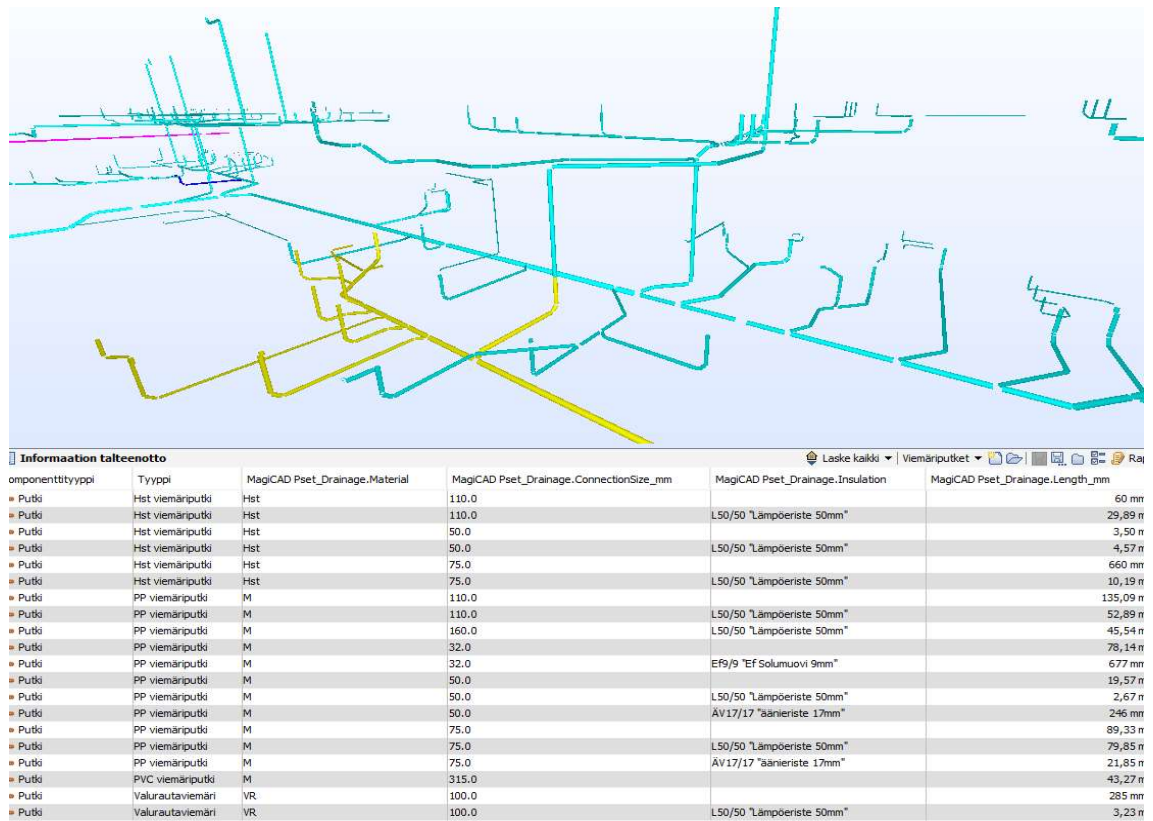
Kuva 6. Näyttökuva haettavien komponenttien hakuvalikosta.



Kuva 7. Näyttökuva järjestelmän arvo vaihtoehdoista hakuvalikossa

Viemäriputkissa kuitenkin heti ilmenee mainitsemani ongelma tietomallin laadun suhteen, kuten kuvasta 8 näkyy pienellä painettuna. Viemäriputken materiaaleissa on listattu, mitä materiaaleja suunnittelija on tietomalliin käyttänyt viemäreissä. Kuitenkin, kuten projektin alussa kuuluu, on sopimusasiakirjat luettava tarkasti läpi. Työselostuksesta löytyy viemärien kannalta maininta, että kohteessa käytetään dB-viemäriä materiaalina. Ohjelma löysi kuitenkin tietomallista vain PP-, PVC-, HST- sekä valurautaputkia. Sama ongelma löytyy kupariputkissa. Suunnittelija ei ole tietomalliin piirtänyt kromipinnoitettua kupariputkea WC-tiloihin näkyville osille. Ohjelmassa ei siis ole ongelma, vaan suunnit-

telman laadussa. Määrälaskennan kannalta tuleekin lukea ja tarkistaa sopimusasiakirjat sekä muut tekniset asiakirjat ristiriitojen kannalta ennen kuin tilaa tuotteet pelkästään tietomallista saatujen arvojen perusteella.



Kuva 8. Näyttökuva esimerkkikohteen viemäriputkista

#### 4.2.3 Lisäykset ja muutokset

Toisena hyvänä ominaisuutena ohjelmassa näen eri revisioiden vertailun. Liittämällä ohjelmaan alkuperäisen ja muutoskuvan osaa ohjelma etsii kuvista eroavaisuudet ja luoda niistä raportin. Solibri erottaa vanhasta kuvasta poistetut sekä uuteen lisätyt materiaalit väreillä, joista on helppo ottaa määrät talteen raportille. Tässä syntyy selvää säästöä ajankäytössä, jos muutokset kuvissa ovat huomattavia.

Ongelmana muutoksien ja lisäyksien haussa on kuitenkin, että ohjelma etsii kaikki muutokset. Ohjelma kertoo kaikki mahdolliset pienimmätkin sijaintieroavaisuudet sekä järjestelmien arvojen muutokset. Etsimällä lisäyksiä ja muutoksia löytää ohjelma niitä kerralla niin paljon, että oleelliset sekä epäoleelliset menevät sekaisin. Niiden erotteluun menee huomattava määrä aikaa, eikä ole täysin mahdotonta, että jotain oleellista jää huomiomatta. Kuvasta 9 näkyy, että lisätyt ja poistetut löytyvät helposti pienen ja selkeän määrän vuoksi, mutta muutoksien analysoimiseen menee liikaa aikaa.

**Tarkastus**

Säännöstö

Mallien revisioiden vertailu - Talotekniikka

Mallien vertailu

---

**Tulosten yhteenveto**

Ilmoitusten lukumäärä	0	35447	0	0	0
Ilmoitusten tiheys	0	3997	0	0	0

---

**Tulokset**

Ei suodatusta | Automaattinen

Tulokset

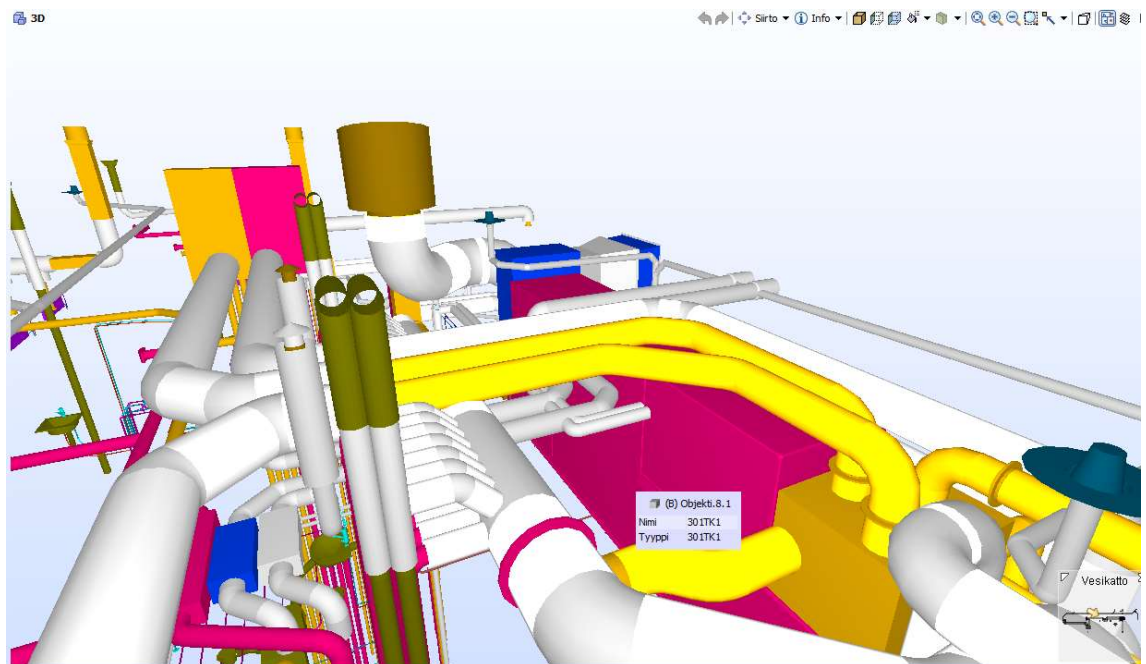
- Lisätyt [0/20]
- Poistetut [0/16]
- Muutetut [0/35411]
  - Kanava: Ominaisuus [0/2606]
  - Kanavanvaimennin: Ominaisuus [0/144]
  - Kanavasovitus: Geometria, Ominaisuus [0/11]
  - Kanavasovitus: Ominaisuus [0/1873]
  - Lämmönvaihdin: Ominaisuus [0/2]
  - Lämpöpatteri: Geometria, Ominaisuus [0/59]
  - Lämpöpatteri: Ominaisuus [0/116]
  - Objekti: Ominaisuus [0/1]
  - Peite: Geometria, Ominaisuus [0/299]
  - Peite: Ominaisuus [0/6149]
  - Pelti: Geometria, Ominaisuus [0/2]
  - Pelti: Ominaisuus [0/149]
  - Puhallin: Ominaisuus [0/5]
  - Putki: Ominaisuus [0/12266]
  - Putkisovitus: Geometria, Ominaisuus [0/204]
  - Putkisovitus: Ominaisuus [0/9487]
  - Pääteline: Ominaisuus [0/432]
  - Venttiili: Geometria, Ominaisuus [0/2]
  - ...

Kuva 9. Näyttökuva revisiovertailusta Solibrilla

#### 4.2.4 Visuaalinen apu

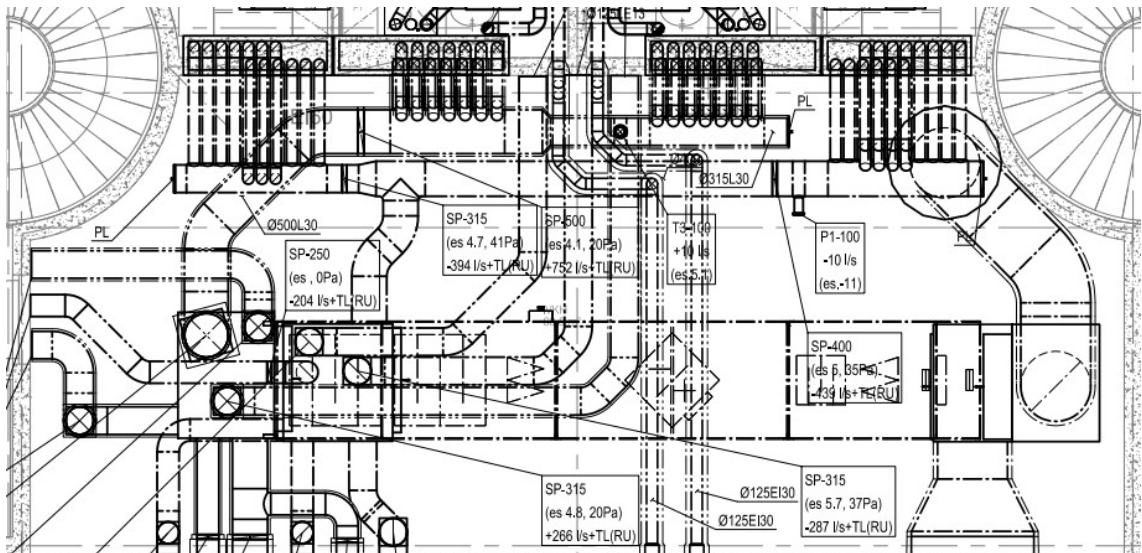
Kun piirustuksesta saadaan käyttöön 3D-malli, jolla voidaan tarkastella kuvaa jokaisesta mahdollisesta kulmasta, on mielestäni erittäin helppo ratkaista risteily- sekä törmäyskohdat eri tekniikoiden kanssa. Solibrin ilmaisversio Solibri Model Viewer on kevyempi tuote tietokoneelle. Model Checker vaatii koneelta tällä hetkellä koneelta jonkun verran pyöriäkseen sujuvasti, mutta sen pitäisi myös pyöriä vanhemmilla koneilla, vaikkakin hitaammin.

3D-mallin avulla käyttäjä pystyy tarkastelemaan kuvia eri näkökulmista, mikäli paperiversioissa on jotain epäselkeästi piirretty. Etenkin ilmanvaihtosuunnitelmien paperiversioissa on useasti päällekkäisyyksiä, mikä tekee niistä vaikeasti tulkittavia. Isot konehuoneet ja kanttikanavat ovat 3D-mallin avulla huomattavasti helpommin tulkittavissa.



Kuva 10. Näyttökuva IV-konehuoneesta sekä vesikatosta

Solibrin valintakorilla pystyy rajaamaan alueen sekä haettavan järjestelmän, kuten tässä tapauksessa ilmanvaihto. Näin tietomallissa ei ole esillä ajankohtaisen tilanteen kannalta epäoleellista materiaalia, mikä helpottaa visuaalista analysointia. Kuvissa 10 ja 11 on vielä erittäin selkeät ja helposti tulkittavat konehuoneet, mutta näkisin, että tietomallista tarkasteleminen on silti tässäkin tapauksessa helpompaa.



Kuva 11. PDF-kuva samasta kohteesta kuin kuva 10

### 4.3 JCAD LVI määrät

JCAD ohjelmana, kuten Solibrikin, on alkusekavuuksien jälkeen erittäin yksinkertainen ja helppokäyttöinen. JCADsta ajankohtaisemman ohjelman kuitenkin tekee sen kyky käyttää PDF-tiedostoa pohjana. PDF-tiedostot piirustuksista ovat samat kuin paperiverisiotkin. JCADillä ainoa kuvatarkastus täytyy tehdä sen mittasuhteille, jotta koneella laskettaessa yksi putkimetri vastaa myös yhtä metriä.

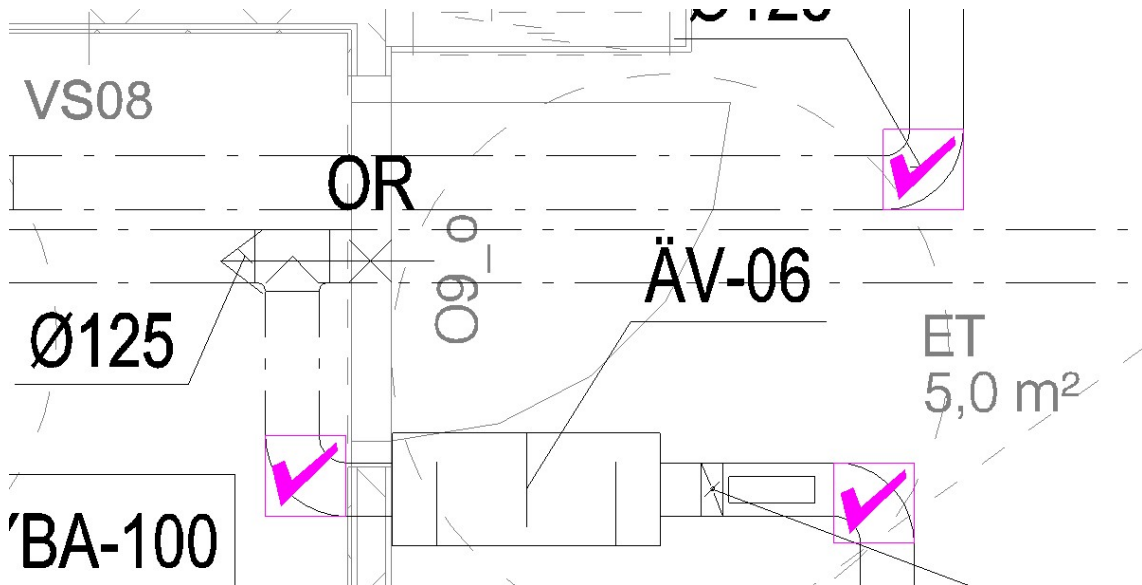
#### 4.3.1 Määrälaskenta JCADilla

JCADin tärkein ja ainoa ominaisuus, tällä hetkellä ainakin, on määrälaskenta. Ohjelmalla periaatteessa lasketaan kuin käsinkin laskettaessa, mutta jo massoitteluvaiheessa ohjelmalle annetaan oikeat tuotteet ja materiaalit. Ajankäytöllisesti massoittelu on jopa hitaampaa kuin käsin, mutta ohjelma säästää aikaa raportoinnissa ja mittau tulokset ovat tarkempia.

Tutkiessani määrälaskennan hyödyllisyyttä ajankäytön kannalta, verrattaessa perinteiseen käsinlaskentaan olivat edut kohtalaisen pienet. Vesi-, viemäri- ja lämmitysputkia laskiessa perinteinen käsinlaskenta oli nopeampaa. Ilmanvaihtokuvia laskiessa huomaisin, että hyödyntäessä ohjelman ”etsi”-toimintoa, ajankäyttö nopeutui. ”Etsi”-toimintoa ei pystynyt hyödyntämään muissa kuvissa yhtä tehokkaasti kuin viemäri- ja



ilmanvaihtokuvissa. Syy siihen on, että muiden pienempien putkien koko ei ole tarpeeksi suuri, jotta ohjelma pystyisi ne erottamaan selkeästi toisistaan PDF-tiedostosta. Viemäriputkissa ja ilmanvaihtokanavissa koot ovat sen verran helposti erotettavissa, että hakutoiminto pystyi erottamaan esimerkiksi kanavakäyrien koot ja kulmat, ja näin ollen automaattisesti laskemaan pohjakuvasta kaikki vastaavanlaiset (kuva 12). Hakutoiminto toimi myös muissakin kuvissa etsiessä kalusteita niiden tunnuksilla, mutta ajankäytöllisesti se ei vie juurikaan kauemmin käsin laskiessakaan.



Kuva 12. Näyttökuva "etsi"-toiminnalla löytyneistä, JCAD

#### 4.3.2 Lisäykset ja muutokset JCADilla

JCADsta ei löydy omaa toimintoa revisioiden vertailuun, mutta ohjelmalla pystyy avaamaan kaksi eri revisiota eri välilehdille. Välilehdet pystytään jakamaan myös kahteen eri näyttöön tai näyttöjen puutteessa myös samalle näytölle. Hyötynäkökohdat tässä ovat vain pöytätilan säästämässä, sillä paperikuvista on yhtä helppoa verrata kuvia keskenään, ellei jopa helpompi.

#### 4.3.3 Lohkot

Laskentapohjaan voidaan tarvittaessa määritellä mittausten sijaintialueita, lohkoiksi kutsuttuja, joiden avulla mittauksien ja/tai raporttiin kirjoitettavia määriä voidaan rajata

haluamallaan tavalla alueittain tai työvaiheittain. Sijaintitiedot päivittyvät myös aikaisemmin suoritettuihin mittauksiin niiden osuessa muodostetulle lohkolle. [13]

Kun kuvista on laskettu määrät, pystytään kuvat vielä jakamaan lohkoihin. Lohkojen käyttö onkin mielestäni ohjelman hyödyllisin ominaisuus projektinhoidon kannalta. Lohko-ominaisuus säästää tilaa, aikaa ja hermoja.

Työmaalle ei pystytä tilamaan kaikkia hankintoja samaa aikaan varastoinnin puutteen vuoksi, joten tukutilauksia tehtäessä on kuvista massoitettava vain pieni osuus, mitä voidaan tilata työmaalle. Lohko-ominaisuuden avulla kuvan voi massoitella vain kertaalleen ja rajata kuvasta alueen, josta haluaa massalistan. Ohjelma luo loholla rajatusta alueesta (kuva 13) Excelille helppolukuisen massalistan, jonka voi halutessaan, vaikka lähettää suoraan tukkurille tilausta varten.

Raportti-/siirtotiedostoasetukset

Raporttityyppi

Excel-raportti

Siirtotiedosto

Siirtotiedoston tyyppi: AdmiNet

Hyväksy

Peruuta

Laskentapohjat

Aktiivinen projekti

Muu projekti

Selaa...

Ilmanvaihto 1 kerros

Mittaustulosten suodatus

Ei suodatusta

LVI-numeron pääryhmien mukaan

Lohkon mukaan

Position mukaan

Suodatus

b porras

c porras

Pakettien hajotus

Ei hajoteta

Kaikki hajotetaan

Omat hajotetaan

Määrät myyntiyksikköinä

Kuva 13. Näyttökuva raportin asetuksista

## 5 Tiedonhankinnan tulokset

### 5.1 Käyttökokemus tuloksia

Vertailin sähköisten määrälaskentaohjelmien tuloksia määrälaskennassa perinteiseen käsinlaskentaan. Käsin laskiessa on käytössä mittasuhteivain, laskin sekä väritystus- sit. Kaiken järjen mukaan käsinlaskennan luulisi olevan hitaampaa kuin koneella lasket- taessa, ja näin onkin tietomallinnuksen suhteen. PDF:stä laskiessa huomasin, että kä- sinlaskenta ainakin vielä on selvästi nopeampaa.

#### 5.1.1 Solibrilla suoritettava määrälaskenta

Tietomallinnusta hyödyntävä Solibri Model Checker oli huomattavasti nopeampi kuin kä- sin tai PDF:stä laskeminen. Solibrilla pystytään isommistakin kohteista laskemaan kaikki materiaalit helposti yhden päivän aikana. Käsin laskiessa vastaavanlaisissa kohteissa voi mennä jopa viikonpäivät. Myös laskentatulokset ovat huomattavasti tarkemmat kuin käsin laskiessa. Käsin laskiessa laskija laskee helposti metreille paljon ylimääräistä. Tämä johtuu siitä, että laskentaa nopeuttaakseen laskija pyöristää puolikkaat metrit pää- osin ylöspäin. Taulukosta 1 näkee, kuinka kaikkien päiväkodista laskettujen kanavien yhteenlaskettu metrimäärä on suurempi käsin laskiessa. Solibrin laskentatuloksissa pi- tää kuitenkin muistaa tarkistaa tietomalliselostus.

Taulukko 1. Laskentatulokset esimerkkikohteesta Päiväkoti

Kanavakoko	Käsin laskettu	Solibri	yksikkö
Ø100	8	9,69	m
Ø125	46	48,65	m
Ø160	274	297,17	m
Ø200	369	328,18	m
Ø250	80	64,34	m
Ø315	236	224,53	m
Ø400	196	176,81	m
Ø500	121	109,86	m
Ø630	22	31,11	m
Yhteensä=	1352	1290,34	m

Solibrin määrälaskentaongelmat ovat hyvin pitkälti suunnittelijan niskoilla, eli tietomallin laadussa. Tietomallista saattaa puuttua joitain merkittäviä tietoja. Esimerkkinä

aikaisemmin tutkimusvaiheessa mainitsemani ongelma vesiputkien materiaalimerkinnoissä. WC-tilojen näkyvät vesiputket tehdään melkein aina kromipinnoitettuna. Tässä kohteessa kromiputket olivat jääneet kokonaan merkitsemättä. Materiaalimerkinnän puutteen vuoksi vesiputkista ei saada tarpeeksi tarkkaa metrimäärää, jotta tietoa pystyisi hyödyntämään tilauksissa. Tietomallista oli sellainen maininta urakkaneuvotteluasiakirjoissa, että tietomallia ei lasketa tekniseksi asiakirjaksi, mutta urakoitsija voi käyttää mallia apuna. Virheellisistä merkinnöistä ei siis voi valittaa, ja kaikki mallin perusteella tehdyt johtopäätökset ovat urakoitsijan vastuulla.

Tietomallin pienistä laatuongelmista huolimatta ilmanvaihdon kohdalla merkinnät ovat usein melko selkeät ja paikkansa pitävät. Pieniä puutteita kuten LYPit eli kanavien sisäliittimet puuttuvat aika pitkälti jokaisesta tietomallista. Ilmanvaihdossa kuitenkin kanavakoot heittelevät usein ja todella paljon, minkä vuoksi metrien laskemiseen kuluu paljon aikaa. Tietomallin avulla kanavien metrimäärät saadaan raportille alle 10 minuutissa.

Riippuen tietomallista ja tietomalliselostuksesta, mihin tarkoitukseen suunnittelija on luovuttanut tietomallin, käyttäisin mallista saatuja määrälaskentatuloksia harkiten. Isot alkuhankinnat, kuten patteri ja päätelaitteet, on helppo ja nopea ottaa tietomallista, mutta kaikki muu ilman selvästi laadukasta tietomallia on selkeä riski. Mallin määrälaskenta tuloksiin ei pysty eikä kannata luottaa sokeasti, vaan pitää tarkistaa, mitä materiaaleja voi ottaa tietomallista ja mitkä ovat vain selvästi laskettava käsin.

### 5.1.2 Solibrin muut ominaisuudet

Solibrin tällä hetkellä ehdottomasti hyödyllisin ominaisuus on sen visuaalinen apu. 3D-mallia pystyy tarkastelemaan jokaisesta mahdollisesta kulmasta. Näkisinkin, että työmaille tulevaisuudella paperisten versioiden sijaan toimitettaisiin laitteet, kuten tietokonetabletit, joilla pystyisi tarkastelemaan kuvia käyttäen 3D-mallinnusta. Näin ei kuitenkaan vielä ole. Mielestäni syy siihen on joko siinä, että yritykset eivät ole vielä valmiita sijoittamaan 3D-mallia pyörittäviin laitteisiin tai vanhemman sukupolven asentajien tietty ”jääräpäisyys”. Tietomallinnus onkin ehkä tällä hetkellä vain työnjohtoon soveltuva työkalu.

Revisioiden vertailu oli mielestäni hyvä idea ja toimiikin jollain asteella melko hyvin. Ongelmana olivat tosiaan ohjelman listaamat muutokset (kuva 10). Tällä hetkellä ominaisuus toimiikin ehkä vain selviin lisättyihin sekä poistettuihin tuotteisiin. Kehitysideana

ohjelmaan pitäisi saada ominaisuus, joka erottaisi muutoksista materiaalimuutokset omaan lokeroon. Pienet sijaintimuutokset ja muutokset kuten: ”jäteviemäri 2.1→2.2”, pitäisi saada myös omalle rivilleen, koska vastaavanlaisia muutoksia syntyy listaan n. 95%:tia muutoksista.

### 5.1.3 JCAD

JCADin kaikki ominaisuudet perustuvat vain määrälaskentaan. Määrälaskennasta saatavat tulokset ovat kuitenkin erittäin tarkkoja, sillä ohjelma laskee metrimäärät kahden desimaalin tarkkuudella. Taulukossa 2 on laskettu asuinkerrostalon vesikaton ilmanvaihtokanavat vertailua varten käsin sekä JCADilla. Taulukosta 2 nähdään, että poikkeamat eivät ole suuria. Solibrilla laskiessa (taulukko 1) poikkeamat olivat selkeämpiä. JCADilla lasketaan samoista tasokuvista kuin käsin, joten tuloksien pitäisivätkin ihanne tilanteessa olla lähelle samat. Erot voivat skaalautua suuremmissa kohteissa, koska käsin laskiessa isoissa kohteissa mahdollisten virheiden määrä kasvaa. Tai ei niinkään välttämättä virheiden, mutta jatkuvat pienetkin pyöristykset vajaissa metrimäärissä voivat ilmetä lopussa huomattavina ylimääräisinä metrimäärinä.

Taulukko 2. Asuinkerrostalon vesikaton ilmanvaihtokanavat

Kanavakoko	Käsin	JCAD	Yksikkö
Ø200	9	7,43	m
Ø250	113	117,54	m
Ø315	32	30,30	m
Ø400	181	184,47	m

JCADin ominaisuuksia voisi siis pitää ehkä paremmin soveltuvana tarjouslaskentavaiheeseen. Mielestäni näin ei kuitenkaan täysin ole. Tarjouslaskennan kannalta selvästi nopeuttava tekijä on valmis siirtotiedosto laskentaohjelmiin, kuten Broker Estimateen. Myös selvästi tarkempien metrimäärien avulla mahdollisia urakoita on todennäköisempää saada. Ajankäytön kannalta näkisin, että kokeneelle käsinlaskijalle JCADin käyttö on kuitenkin selvästi hitaampaa. Jo pelkkä siirtymävaihe käsinlaskennasta JCADIin sisältäen koulutukset ja henkilökohtaiset opettelut, saattaa tapauskohtaisesti viedä todella kauan.

Projektin urakointivaiheen kannalta tarjouslaskennasta ei yleisesti ottaen voi ottaa käsin laskettuja määriä suoraan. Tämä johtuu siitä, että käsinlaskentaa nopeuttaakseen laskija

yleensä oikoo tietyissä, esimerkiksi pienten putkien kokomuutoksissa, huomatessaan, että näillä ei ole vaikutusta urakan loppuhintaan. JCADin kohdalla asia on toinen, sillä ohjelmaan on jo laskentavaiheessa määrälaskenta-aikaan selvästi vaikuttamatta helppo lisätä kaikki oikeat tuotteet. Tällä tavoin projektinhoitaja voisi käyttää suoraan laskentavaiheen tuloksia myös projektinhoidossa.

Lohko-ominaisuus on mielestäni projektinhoidon kannalta JCADin paras ominaisuus. Loistavassa tilanteessa saatu urakka on jo laskentavaiheessa laskettu JCADin avulla. Lohkojen eli sijaintien rajausalueiden avulla saadaan määrät halutusta sijainnista erittäin helposti. Esimerkkinä voitaisiin pitää kerrostaloa, jossa on kolme rappukäytävää. Rakennusvaihe aloitettaisiin C-portaasta. Valmiiksi lasketusta kuvasta, oli se sitten tarjouslaskijan tai projektinhoitajan laskema, saadaan vain muutamalla klikkauksella tavarat C-portaasta Excelraportille (taulukko 3) ja tukkurille tilaukseen.

Taulukko 3. JCADista saatu Excel-raportti C-portaan 1. kerroksen ilmanvaihtokanavista

Tunnus	Nimi	Määrä	Yksikkö	Lohko
8103324	IV KIERRESAUMAKANAVA ; 3m 160/0,5mm	21,71	M	C-porras 1 krs
8103323	IV KIERRESAUMAKANAVA ; 3m 125/0,5mm	21,28	M	C-porras 1 krs
8103322	IV KIERRESAUMAKANAVA ; 3m 100/0,5mm	2,99	M	C-porras 1 krs

Kehitysideana JCADille olisi hyvä saada ominaisuus lisä- ja muutostöitä varten. Olisi erittäin kätevää, jos laittamalla kaksi samaa kuvaa eri revisioilla vierekkäin/päällekkäin ohjelma tunnistaisi muutokset vanhasta uuteen revisioon, esimerkiksi maalaamalla vanhat poistetut punaisella ja uudet vihreällä. Muutosmateriaaleista saataisiin tiedot raportille eriteltynä hyvityksiin sekä lisäyksiin, joista olisi helppo hinnoitella tilaajalle lisä- ja muutostyötarjoukset. Lisäksi valmiiksi maalatusta kuvasta voisi saada kopion PDF:lle, jonka voisi lisätä liitteeksi lisä- ja muutostyölle. Liitteestä tilaaja näkisi selvästi, mistä tarjous koostuu. Projektinhoidon kannalta lisä- ja muutostyöt ovat elintärkeitä hyvälle katteelle projektissa. Näin ollen kaikista uusista muutoskuvista saadaan ajallaan tarkkoja ja selkeitä tarjouksia tilaajalle.

## 6 Haastattelut

### 6.1 Teemahaastattelu

Toiseksi tutkimusmenetelmäksi olen valinnut haastattelututkimuksen. On olemassa monia haastattelutapoja (kuva 14), mutta toisena tutkimusmenetelmänä päätin käyttää teemahaastattelua, jota käytetään monissa tutkimuksissa eri aloilla. Teemahaastattelu ei etene tarkkojen valmiiksi muotoiltujen ja yksityiskohtaisten kysymyksien kautta vaan vapaammin kohdistettuna tiettyihin ennalta määrättyihin teemoihin. Teemahaastattelu on kuitenkin ohjatumpi haastattelijan halujen mukaan kuin avoin haastattelu.

	Lomakehaastattelu	Teemahaastattelu	Avoin haastattelu
Kysymysten muotoilu	Kiinteä	Suosituskysymyksiä	Vapaa
Kysymysalue	Tiukasti määritelty	Pääpiirteittäin määritelty	Vapaa
Osallistujamäärä	Suuri	Melko pieni	Pieni
Kustannus yksikköä kohden	Pienehkö	Suurehko	Suurehko
Työmäärä analyysivaiheessa	Melko pieni	Suuri	Suuri
Tutkijan paneutuminen	Voi olla pieni	Välttämättä suuri	Välttämättä suuri
Saatu tieto	Pintapuolinen	Syvä	Syvä

Kuva 14. Eri haastattelumuotojen vertailua (5.4.2 Kyselyt ja haastattelut | - Tampereen teknillinen yliopisto)

Teemahaastattelussa verrattuna avoimeen haastatteluun on aiempien tutkimusten pohjalta valmistellut aihepiirit sekä teemat, jotka ovat kaikille haastateltaville samoja, vaikka niitä käytetään vain joustavasti ohjaamaan keskustelua ilman tiukkaa etenemisreittiä. Teemahaastattelussa pyritään huomioimaan haastateltavien ihmisten omat henkilökohtaiset tulkinnat ja niiden merkityksenantonsa pyrkimättä vaikuttamaan näihin tarkkojen kysymyksien avulla. Haastateltaville annetaan tilaa, mutta kuitenkin pidetään keskustelu halutussa teemassa.

Teemojen puhumisjärjestys on vapaa, joten se on hyvin keskustelunomainen tilanne. Teemat ovat ennalta suunniteltuja, mutta kaikkien haastateltavien kanssa ei välttämättä käydä samoja asioita samassa laajuudessa. Tutkijalla on haastattelussa mukanaan vain mahdollisimman lyhyet muistiinpanot apuna, jotta hän pystyy ohjaamaan aina

keskustelun haluttuun teemaan takaisin, mikäli aihe on karata oikeanlaisesta aihepiiristä. Teemat voi listata paperille tai johonkin vastaavalle sähköiselle muistiinpanoalustalle käyttämällä yksinkertaisia ranskalaisia viivoja, jotka voivat sisältää esimerkiksi apukysymyksiä tai avainsanoja keskustelun ruokkimista varten. Näiden apukysymysten ei kuitenkaan tulisi olla pikkutarkkoja kysymyksiä.

Kysymysten harkitsemisen lisäksi haastateltaviksi ei tulisi valita vain ensimmäistä satunnaisesti vastaantulijaa, vaan valitsemiseen tulee suhtautua harkinnalla. Haastateltavien olisi hyvä olla sellaisia joiden arvellaan olevan kiinnostuneita tutkittavana olevasta aineistosta, sekä myös tietoisia aineistoa käsittelevästä aihepiiristä. Teemahaastattelun suosio perustuu ehkä siihen, että tutkittavilla ihmisillä on vastaamisen vapaus, mikä antaa heille oikeuden kertoa mielipiteensä oli se sitten negatiivinen tai positiivinen koskien aihepiiriä. [13]

## 6.2 Esittelyt

Haasteltava nro 1: Jussi Oksanen

Toiminut yrityksessä SRV Oy projektinjohtajana sekä LVI-valvojana vuodesta 2016. Valmistuu LVI-rakennusmestariksi (AMK) 2018

Haastateltava nro 2: Altti Halinen

Toiminut yrityksessä Skanska Oy tuotantoinsinöörinä asuntorakentamisessa vuodesta 2016. Valmistunut LVI-rakennusmestariksi vuonna 2017.

Haastateltava nro 3: Projektinjohtaja Joonas Frimodig

Toiminut yrityksessä ESP Tekniikka Oy projektinjohtajana vuodesta 2016. Valmistunut LVI-insinööriksi vuonna 2017.



## 6.3 Haastattelut

Suoritin muutamalle valitulle henkilölle (esittelyt luvussa 6.2) puhelinhaastattelut. Haastattelut suoritettiin teemahaastatteluina, joten jokainen haastattelu oli omanlaisensa ja antoi erilaisia vastauksia aihepiiristä.

### 6.3.1 Haastateltava nro 1

Ensimmäisenä haastateltavani oli Jussi Oksanen. Jussi on toiminut SRV:ssä projektinohitajana ja käyttää projektien aputyökaluna Solibri Model Checkeriä päivittäin. Jussilla ovat Solibrin muut ominaisuudet työkaluina tuttuja, mutta niiden käyttö on jäänyt hyödyntämättä. Päivittäisessä rutiinissa Jussilla onkin käytössä Solibrin 3D-visuaaliset ominaisuudet, joiden avulla hän pystyy hahmottamaan toteutuksen kokonaiskuvaa sekä tarkastelemaan suunnitelmia.

Tärkeimpänä ominaisuutena Jussi näkeekin tietomallin hyödyt suunnitelmien tarkastuksessa. Mahdolliset törmäykset eri tekniikoiden kesken on helpommin havaittavissa kuin tasokuvista. Tietomallin avulla kaikki eri tekniikat ovat samassa tiedostossa, josta on hyvä tarkastella korkoja sekä törmäyksiä.

Tietomallien laatu on ollut Jussin mielestä selvästi parempi isoimmissa ja vaatimissa kohteissa, etenkin jos kohteessa on ahtaita tiloja. Merkittävin hyöty on ollut saneerauskohteissa.

Tulevaisuudessa Jussi näkisi, että tietomalleissa olisi hyvä panostaa, etenkin vaativissa kohteissa, tietomallin laatuun, jotta sitä voisi hyödyntää paremmin urakointivaiheessa. Asentajille olisi hyvä saada tietomallien tarkastelumahdollisuudet työmaille. Käyttökoulutuksia olisi hyvä myös lisätä sekä saada kattavat ohjeet suomenkielisinä.

### 6.3.2 Haastateltava nro 2

Toisena haastateltavani oli Altti Halinen. Altilla on päivittäisessä käytössä Solibri Model Checker. Määrälaskenta Solibrilla on ollut kokeilussa, mutta ei juurikaan käytössä. Perusteena tähän oli, mihin tarkoitukseen tietomallit luodaan. Tällä hetkellä Altti painotti, että tietomalleja ei luoda määrälaskentaa varten, vaan massalistat ovat enemmän suunnittelijan omaan käyttöön. Tietomallista eniten ja pääasiassa ovat käytössä sen visuaaliset

tarkastelut. Altti tarkistaa yhdistelmämalleista LVI-puolen. Tarkoituksena on siis tarkistaa suunnitelmien paikkansapitävyys ja laatu käyttäen yhdistelmämallia, joka sisältää LVI-osa-alueen lisäksi myös muut rakenneteknilliset osapuolet.

Malleja yrityksessä on käytössä useita erilaisia samasta kohteesta. Uutena esimerkkinä Altti mainitsi reikämallit. Reikämallista urakoitsija pystyy hahmottamaan läpivientien paikat tarkasti, sillä 3D-mallista näkee reikien sijainnit eri kuvakulmista. Mallin sisältäessä korkomerkinäkkin ovat reikien paikat helppo myös merkitä todellisuudessa.

Tärkeänä ominaisuutena tietomalleissa oli Altin mielestä kohteen kokonaisuus. Eri osapuolien kommunikointi keskenään helpottuu, kun useat eri tekniikat ovat yhdessä ja samassa tiedostossa. Altti mainitsi kehitteillä olevan uuden ominaisuuden 5D-mallit, joista pystyisi rakennusvaiheessa seuraamaan visuaalisesti myös aikataulua. Mallista pystyisi hahmottamaan rakennuksen ajankohtaisen vaiheen, kun se pystyy visuaalisesti näyttämään, mitä on jo tehty ja mitä on tekemättä.

Tulevaisuudessa Altti näkisi tietomallien siirtyvän enemmän myös asentajien käyttöön. Hän toivoisi, että mallia pystyisi katsomaan ”älylaseilla”, jotka näyttäisivät asentajalle kohteen 3D-mallin lasien läpi visuaalisesti. Pääideana kuitenkin oli se, että malli saataisiin yhä enemmän asentajien käyttöön työmaalle, jotta päästäisiin paperisista tasokuvista eroon.

### 6.3.3 Haastateltava nro 3

Kolmas haastateltavani Joonas Frimodig, joka oli myös tehnyt oman lopputyönsä tietomalliaiheesta. Hänellä on ollut Solibri Model Checker käytössä arkipäiväisessä työssään. Solibri ei kuulu aivan jokapäiväiseen käyttöön, mutta hän arvioi, että noin joka toinen päivä tulee käytettyä Solibria.

Joonalla työnkuviin kuuluu myös tarjouslaskenta. Tarjouslaskennassa Solibri on ollut hänellä käytössä perinteisen tarjouslaskennan tukena. Kohteita ei ole voinut laskea tietomallista pelkästään niiden laadullisten puutteiden vuoksi.

Solibrin määrälaskennan Joonas näkee hyödyllisenä ja mielenkiintoisena, mutta paras ominaisuus on ehdottomasti ollut visuaalinen apu 3D-mallista. 3D-mallin avulla hän näkee koko rakennuksen korkoineen ja sen sisällä olevat tekniikat. Tasokuvaan verrattuna

tietomallissa todella hyvä ominaisuus on sen yhtenäinen kokonaisuus, sillä mallinnuksen avulla kaikki tekniikat ovat yhdessä samassa kuvassa.

Tulevaisuudessa Joonan näkisi, että tietomallit tulevat yleistymään. Hän painotti etenkin isojen kohteiden elinkaaren seuraamisen mahdollistamisen. Jatkuvasti ajan tasalla olevan tietomallin avulla kohteen ylläpito helpottuu käyttäjän kannalta.

#### 6.4 Yhteenveto

Haastateltavat toimivat yrityksissään hyvin saman kaltaisissa hommissa. Haastatteluloksista päätellen Solibria käytetään hyvin paljon pelkästään visuaalisena apuna. Muiden ominaisuuksien käyttö on jäänyt vähälle, joko tietomallien laatutasojen eroavaisuuksien vuoksi tai yksinkertaisesti vain koulutuksen puutteen vuoksi. JCAD oli hyvin tuntematon työväline haastateltaville käyttötasolla, mutta he olivat kuitenkin kuulleet siitä.

Haastatteluista voidaan päätellä, että tietomallit ovat jo olennainen osa työnjohdon työvälineitä, ainakin talotekniikkapuolella. Kaikki haastateltavat käyttivät tietomallia lähes päivittäin. Suurin apu tietomalleista on ollut niiden visuaalisella puolella. Tietomallin mahdollistaessa kaikkien tekniikoiden yhdistämisen yhteen tiedostoon on siitä ollut erittäin iso apu suunnitelmien tarkistuksessa sekä kokonaisuuden tarkistuksessa.

Tulevaisuudessa selvästi tietomallinnukselta halutaan kahta asiaa: tietomallien laatuun panostaminen suunnittelijoiden osalta sekä tietomallien käyttömahdollisuuksista asentajille työmaille. Tietomallien saaminen asentajien käteen työmaille on riippuvainen tietomallin laadusta, joten tärkeimpänä kehityksenä olisi tietomallien laatuun panostaminen. Altti painottikin haastattelussaan, että tietomallien laadun parantaminen vaatii kuitenkin resursseja ja, jotta olisi resursseja enemmän käytössä, tulisi tietomalleihin panostamisesta saada myös rahallista hyötyä suunnittelijoiden kannalta.

## 7 Opinnäytetyön yhteenveto ja oma arvio

### 7.1 Oma arvio

Mielestäni opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin ja saatiin kattava käsitys siitä, minkälaisista ohjelmista on kyse ja kuinka hyvin ne soveltuvat tämän hetken tilanteeseen sekä tulevaisuuden tilanteisiin. Laskentaesimerkeistä saatiin hyvät ja luotettavat tulokset niin käsinmassoittelusta, kuin sähköisillä ohjelmilla tehdyistä laskelmista. Sähköistä ohjelmista järjestettiin lyhyet käyttökoulutukset, ja oman itsenäisen opiskelun kautta niiden käyttö on itselläni, ainakin omasta mielestäni, hyvin hallinnassa. Työtä aloittaessani ohjelmien käyttöön perehtyminen vei yllättävän paljon aikaa koulutuksista huolimatta. Oli vaikea löytää aikaa töiden ohella pelkästään ohjelmien opettelemiselle.

Koulutukset olisikin voinut jakaa kahteen osaan ainakin Solibrin kannalta. Yksi koulutus ennen käyttöönottoa ja yksi, kun käyttäjä on perehtynyt ohjelmaan itsenäisesti omalla ajallaan. JCADin lisenssipakettiin kuului vielä jälkeempään etäkoulutus, mikä oli hyvä asia.

Haastatteluosuus oli omasta mielestäni mielenkiintoinen ja hyvä lisä antamaan arvoa työlle, koska tähän mennessä minulla ei ollut juurikaan selvää käsitystä muiden käyttökokemuksista ja mielipiteistä. Haastateltavia ei ollut erityisen vaikea löytää, mikä kertookin jo itsessään, kuinka nopeasti tietomallinnus on jo yleistymässä.

### 7.2 Yhteenveto

Tietomallin käyttömahdollisuudet riippuvat tietomallin tekijässä. Heti kun suunnittelijat pystyvät, oli se sitten taloudellisten tai henkilökohtaisten asenteiden vuoksi, luomaan tasokkaita ja laadukkaita tietomalleja, en näe syytä, miksi tasokuvista enää laskettaisiin yhtään mitään. Ajankäytön säästöt ovat todella huomattavat etenkin massoittelussa. Säästöä syntyy myös tulostuskustannuksissa sekä ympäristön kannalta energiansäästössä tätä kautta.

Tämän päivän tilanteet huomioon ottaen JCAD on kuitenkin ajankohtaisempi tietomallinnusten laadullisen tason sekä ylipäätään niiden olemassaolon puutteiden vuoksi. Ihanteellisessa tilanteessa, jossa urakka on jo laskentavaiheessa laskettu JCADilla, on siitä

suuri apu jo projektinhoidon alkuvaiheista lähtien. Projektinhoitaja saa hankintojen tarjouspyyntöjä varten jo valmiit listat määrästä, joten ainoaksi tehtäväksi jää tarjouspyyntöjen lähettäminen myyjille. Käyttökokemukseen kuitenkin vaikuttaa hyvin paljon käyttäjän asenne. Apuvälineenä etenkin kokonaisuudessa projektin laskentavaiheesta kohteen vastaanottoon asti näkisin, JCADin avulla pystytään selkeyttämään, tarkentamaan ja säästämään aikaa massoittelussa ja tätä kautta saadaan myös rahallista säästöä projektille. Haastatteluista kävi kuitenkin ilmi, että JCAD ei siltikään ole niin suuressa suosiossa kuin tietomallinnus.

Mielestäni voidaan todeta hyvällä omatunnolla, että ohjelmat soveltuvat hyvin projektinhoidon avuksi, mutta eivät pysty vielä korvaamaan täysin perinteisiä menetelmiä. Tutkimuksen perusteella huomasi, että on hyvin käyttäjäkohtaista, kuinka tehokkaasti ohjelmat pystyvät auttamaan käyttäjää. Tulevaisuus on kuitenkin tietomallinnuksessa sen 3D-ominaisuuksien vuoksi.

### 7.3 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Jatkotutkimusmahdollisuudet ovat tietomalleissa, tietomallien kehittymisen jälkeen. En näe, että tulevaisuudessa JCADin kaltaiset ohjelmat pystyvät parempaa kuin 3D-mallista saatavat tulokset.

## Lähteet

1. Mitä on BIM? Verkkoaineisto. Tekla Oyj. <<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>>. Luettu 10.1.2018
2. Eynon John. 2016. Construction Manager's BIM Handbook. John Wiley & Sons, Incorporated. Luettu 10.1.2018
3. YTV2012: Osa 1, Yleinen osuus. 2012. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy <[https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_1\\_yleinen\\_osuus.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf)>. Luettu 10.1.2018
4. YTV2012: Osa 9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissa. 2012. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy <[https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_9\\_tate\\_analysit.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_9_tate_analysit.pdf)>. Luettu 10.1.2018
5. Tietomallintamisen (BIM) käyttö Suomessa. 2013. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy <[https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/tutkimus-ja\\_kehittamistoimita/6JKJJeMCJ/BIM\\_avoimet\\_vastaukset.pdf](https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/tutkimus-ja_kehittamistoimita/6JKJJeMCJ/BIM_avoimet_vastaukset.pdf)>. Luettu 10.1.2018
6. M.A.D. tuotteet. Solibri. M.A.D Oy Verkkoaineisto<<https://mad.fi/tuotteet/muut/solibri>>. Luettu 20.1.2018
7. Solibri.fi. 2018. Verkkoaineisto. Solibri Oy. <<https://www.solibri.com/fi/>>. Luettu 20.1.2018
8. Profox.com; ohjelmistotuotteet; Autodesk Navisworks. Verkkoaineisto. Profox Companies Oy. <<http://www.profox.com/navisworks>>. Luettu 22.1.2018
9. Tekla.com; tuotteet; Tekla BIMsight. Verkkoaineisto. Trimble Finland Oy <<https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-bimsight>>. Luettu 23.1.2018
10. Jcad.fi; ohjelmistot ja palvelut: määrälaskenta. Verkkoaineisto. Jidea Oy <<https://www.jcad.fi/tuotteet/maalaskenta>>. Luettu 26.1.2018

11. Salovaara Ari-Pekka. 2011. Opas onnistuneeseen projektinhallintaan. Verkkoaineisto Severa Oyj. <<https://www.visma.fi/blog/opas-onnistuneeseen-projektinhallintaan/>>. Luettu 2.2.2018
12. Palmgren Fredi. 2016. Projektinhallinnan 5 tärkeintä vaihetta. Verkkoaineisto. <<https://taimer.com/fi/blogi/projektinhallinnan-5-tarkeinta-vaihetta/>>. Luettu 2.2.2018
13. Saaranen-Kauppinen & Puusniekka. 2006. Teemahaastattelu. Verkkoaineisto. Tampereen yliopisto. <[http://www.fsd.uta.fi/metelmaopeus/kvali/L6\\_3\\_2.html](http://www.fsd.uta.fi/metelmaopeus/kvali/L6_3_2.html)>. Luettu 3.3.2018