

# **Tietomallintaminen talotekniikassa ja sen pohjalta tuotetun määräluettelon hyödyntäminen urakkalaskennassa**

Jonas Heino

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Hajautetut energijärjestelmät
Tunnistenumero:	5191
Tekijä:	Jonas Heino
Työn nimi:	Tietomallintaminen talotekniikassa ja sen pohjalta tuotetun määräluettelon hyödyntäminen urakkalaskennassa
Työn ohjaaja (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Toimeksiantaja:	Wise Group Finland Oy
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Nykypäiväinen rakennusten suunnittelu siirtyy koko ajan kohti rakennusten tietomallintamista (englanniksi Building Information Modeling, BIM). Yhteisiä ohjeita tietomallintamiseen löytyy (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, YTV2012), mutta yhteistä sääntöä ei vielä ole, minkä takia siirtymisprosessi on hidas. Vaikka tietomallintaminen rakennushankkeissa yleistyy, hyödynnetään talotekniikassa tietomallista tuotettua määräluetteloa edelleen urakkalaskennassa hyvin vähän.</p> <p>Tämän insinööriyön tavoite onkin laatia LVI-suunnittelijalle avustava teksti, tietomallipohjaista määräluettelon luontia varten. Opinnäytteen tarkoituksena on antaa lukijalle laajempi käsitys aiheesta ja mitä kaikkea määräluettelon tuottamisessa tietomallista, on otettava huomioon. Lukija saa myös käsityksen määrälisöjen hyödyntämisestä urakkalaskennassa. Oppinäytteen tavoitteena on myös laatia LVI-suunnittelijalle ohje, jonka perusteella voidaan tuottaa määräluetteloita halutulla tietosisällöllä hyödyntäen useampaa eri mallinnusohjelmaa.</p> <p>Opinnäyte tuotettiin tutustumalla alan kirjallisuuteen, tutustumalla LVI-suunnittelussa käytettäviin mallinnusohjelmiin sekä haastatteleamalla tietomallinnuksen kanssa työskenteleviä henkilöitä.</p> <p>Opinnäyte osoittaa, että urakkalaskennan tekeminen tietomallipohjaisen määräluettelon perusteella on resursseja ja aikaa säästävää. Myös esimerkiksi havainnollisuus paranee läpi koko projektin. Tämän myötä myös hankkeessa mukana olevat vähemmän teknikasta tietävät henkilöt, voivat ymmärtää luonnoksia ja suunnitteluvaiheita paremmin.</p>	
Avainsanat:	BIM, tietomallinnus, määräluettelo, talotekniikka, urakkalaskenta, Wise Group Finland Oy
Sivumäärä:	55+19
Kieli:	Suomi
Hyväksymispäivämäärä:	10.12.2015

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	5191
Författare:	Jonas Heino
Arbetets namn:	Informationsmodellering inom VVS-teknik och materiallistat producerad utifrån en informationsmodell och dess utnyttjning inom offerter
Handledare (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Uppdragsgivare:	Wise Group Finland Oy
<p>Sammandrag:</p> <p>Dagens planering av byggnader rör sig hela tiden mot byggnadsinformationsmodellering (engelskans Building Information Modeling, BIM). För informationsmodellering finns det gemensamma instruktioner (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, YTV2012) men inte gemensamma regler vilket har lett till att övergångsprocessen är långsam. Även om informationsmodellering av byggnader inom VVS-branschen blir allt vanligare, så utnyttjas materiallistat producerad med hjälp av informationsmodellen, i offerter fortfarande väldigt lite.</p> <p>Målet med det här slutarbetet är att konstruera en stödjande text åt VVS-planeraren i samband med produktion av materiallista från en informationsmodell. Meningen med slutarbetet är att ge läsaren en bredare uppfattning om ämnet och vad för allt som måste tas i beaktande, när materiallistan produceras med hjälp av informationsmodellen. Läsaren skall också få en förståelse för hur materiallistor kan utnyttjas i offerter. Målet med slutarbetet är också att göra en anvisning åt VVS-planeraren. Med anvisningen kan planeraren producera materiallistor med önskvärt informationsinnehåll genom att utnyttja flera olika modelleringsprogram.</p> <p>Arbetet producerades genom att bekanta sig med branschens litteratur, genom att bekanta sig med modelleringsprogram som används inom VVS-branschen och genom att intervjua personer som jobbar med informationsmodellering. Arbetet visar att det är både ekonomiskt och tidsmässigt lönsamt att göra offerten på basis av en materiallista som är producerad från en informationsmodell. Projektens olika skeden blir till exempel mera lättöverskådliga för dem som inte vet lika mycket om teknik och de kan förstå utkastet och planeringsskeden bättre.</p>	
Nyckelord:	BIM, byggnadsinformationsmodellering, materiallista, VVS-planering, offert, Wise Group Finland Oy
Sidantal:	55+19
Språk:	Finska
Datum för godkännande:	10.12.2015

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme: Distributed energysystems	
Identification number: 5191	
Author: Jonas Heino	
Title: Information modeling in building services and the use of a mass list, produced on the basis of an information model, in tender	
Supervisor (Arcada): Jarmo Lipsanen	
Commissioned by: Wise Group Finland Oy	
<p>Abstract:</p> <p>The modern design of buildings is constantly moving towards building information modelling (BIM). For design there are general guidelines (Yleiset tietomallivaatimukset, YTV2012) but there are no common rules resulting in, that the transferring process is slow. Even though the usage of building information modelling in building projects is becoming more common, are mass lists produced from information models quite rarely utilized in tender.</p> <p>The aim of this engineering thesis is to compile a supporting text for the building services engineer. With the help of this text he/she can produce a mass list from a building information model. The purpose of this thesis is also to give the reader a wider understanding of the subject and what all is to be considered when producing a mass list from an information model. The reader also gets an understanding about how a mass list is to be utilized in tender. The thesis also targets to give the engineer a formula by which he/she can produce with several different modelling programs a mass list with wanted information content.</p> <p>The thesis was produced by getting familiar with literature in the branch, learning about different modelling programs used in building services engineering and by interviewing people who work with BIM.</p> <p>The thesis shows that doing a tender when using a mass list produced from an information model saves both resources and time. Visibility is also for example improved through the entire project. Through this people involved project but who know less about technique have a chance to understand drafts and design phases better.</p>	
Keywords:	BIM, building information modelling, mass list, building services engineering, tender, Wise Group Finland Oy
Number of pages:	55+19
Language:	Finnish
Date of acceptance:	10.12.2015

# SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Mikä on tietomalli? .....</b>	<b>12</b>
2.1	Tietomallintamisen tavoitteet.....	13
2.2	Tietomallintamisen mahdollisuudet .....	14
2.3	Tiedonsiirtomuodot ja jakelu.....	15
2.4	IFC-tiedonsiirtostandardi tietomallintamisessa.....	16
2.5	Tietomallinnuksen hyödyntäminen talotekniikassa .....	18
2.5.1	<i>Taloteknisen tietomallin hyödyntäminen työmaakäytössä .....</i>	<i>19</i>
2.6	Yhdistelmämalli ja sen laatiminen tietomallikoordinaattorina .....	20
<b>3</b>	<b>Tarkasteluohjelmat .....</b>	<b>22</b>
3.1	Tekla BIMsight.....	22
3.2	Solibrin Solibri Model Checker, Solibri Model Viewer ja Solibri Model Optimizer .....	26
3.2.1	<i>Solibri Model Checker .....</i>	<i>26</i>
3.2.2	<i>Solibri Model Optimizer ja Model Viewer.....</i>	<i>31</i>
3.3	Autodesk Navisworks .....	32
3.4	Tekla Field3D .....	33
<b>4</b>	<b>Kustannus- ja tarjouslaskenta nykyisin .....</b>	<b>34</b>
4.1	Kustannusarviot.....	34
4.1.1	<i>Tavoitehintalaskelma .....</i>	<i>34</i>
4.1.2	<i>Rakennusosa-arvio.....</i>	<i>35</i>
4.2	Tarjouslaskenta .....	36
4.2.1	<i>Suoritepohjainen tarjouslaskenta .....</i>	<i>36</i>
4.3	Perinteinen dokumenttipohjainen määrälaskenta .....	36
<b>5</b>	<b>LVI-määräluettelo tietomallista .....</b>	<b>37</b>
5.1	Tietomallipohjainen määrälaskenta.....	38
5.1.1	<i>Tietomallin tarkkuustaso ja johdonmukaisuus.....</i>	<i>39</i>
5.2	Määräluettelon tuottaminen .....	40
5.2.1	<i>MagiCAD Bill of materials.....</i>	<i>40</i>
5.2.2	<i>Solibri Model Checker .....</i>	<i>43</i>
5.2.3	<i>Tietomalliohjelmien erot.....</i>	<i>45</i>
5.3	Määräluettelon käsittely ennen luovuttamista .....	45
5.4	Määräluettelo ja laiteluettelo.....	47
5.5	LVI-suunnittelijan mallipohja määrälaskentaan .....	48
5.6	Erikoistapaukset .....	48

<b>6</b>	<b>Pohdintaa .....</b>	<b>49</b>
6.1	Eri osapuolten vastualueet .....	49
6.2	Tietomallipohjaisen määräluettelon hyöty taloudellisesti .....	52
<b>7</b>	<b>Lähteet.....</b>	<b>54</b>
<b>8</b>	<b>Liitteet.....</b>	<b>56</b>

## Kuvat

Kuva 1. Tietomallin elinkaari ja tietosisältö (Lähde: <a href="http://www.bccomfort.com/building+information+modeling/4/40/">http://www.bccomfort.com/building+information+modeling/4/40/</a> )	13
Kuva 2. Dokumenttitiedon ja tuotetiedon ero (Lähde: <a href="http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_ifc_spesifikaatiot_selvitys.pdf">http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_ifc_spesifikaatiot_selvitys.pdf</a> ), sivu 5	17
Kuva 4. Yhdistelmämallin periaate (Lähde: Antti Kattellus, Opinnäytetyö, sivu 29)	20
Kuva 7. IFC-tiedostoista yhteen sovitettu 3D-malli (Lähde: <a href="http://www.tekla.us/spring2011/">http://www.tekla.us/spring2011/</a> )	23
Kuva 21. Field3D-haku toiminto (Lähde: <a href="http://www.teklabimsight.com/content/tekla-field3d-manual">http://www.teklabimsight.com/content/tekla-field3d-manual</a> )	34
Kuva 22. Ilmanvaihtosuunnitelma (Lähde: <a href="http://tietomalli.blogspot.fi/search/label/Massalista">http://tietomalli.blogspot.fi/search/label/Massalista</a> )	37
Liite 1. Rakennuksen 3D näkynä (Lähde: <a href="http://www.bccomfort.com/building+information+modeling/4/40/">http://www.bccomfort.com/building+information+modeling/4/40/</a> )	55
Liite 13. Rakennuksen 3D näkynä (Lähde: <a href="https://asiakasivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf">https://asiakasivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf</a> , sivu 25)	73

## Lyhenteitä ja käsitteitä

2D	Kaksiulotteinen.
3D	Kolmiulotteinen.
4D	Neliulotteinen.
BIM	Building Information Modeling on rakennuksen tietomallin englanninkielinen termi.
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
IFC	IFC (Industry Foundation Classes) on kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. IFC-tiedostona malleja voidaan siirtää ohjelmistosta toiseen.
MagiCAD	AutoCAD-ohjelman päällä toimiva 2D/3D-suunnitteluohjelma, jossa on LVI- ja sähkösuunnitteluun tarvittavat työkalut.
Määräluettelo	Lista suunnitelman materiaali- ja tarvikemääristä (myös tunnettu nimellä massalista tai määrälista).
Tietomalli	Tietomalli tai tuotemalli on rakennuksen sekä rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tietomalli sisältää rakenteellista ja rakentamiseen liittyvää tietoa tietokoneen käsittelemässä muodossa. Tavoitetilassa yhden mallin avulla hallinnoidaan rakennuskohteen elinkaarta aina suunnittelusta toteutukseen ja ylläpidon kautta purkamiseen.



Tuotetieto	Tuotetieto on tuotetta ja siihen liittyviä asioita kuvaava tieto, joka on tietokonesovelluksilla tulkittavissa muodossa. Tietokonesovellus pystyy tulkitsemaan tuotetiedosta esimerkiksi rakennusosan 3-ulotteisen muodon, sijainnin, materiaali- ja muut ominaisuudet sekä rakennusosan liittymisen muihin rakennusosiin.
Törmäystarkastelu	Törmäystarkastelu tarkoittaa osien sopimista niille varattuun tilaan. Törmäystarkastelun avulla nähdään missä kohtaa osat osuvat toisiinsa. Törmäystarkastelun avulla on helppo havaita virheitä jo suunnittelun alkuvaiheessa.
Yhdistelmämalli	Useampi tietomalli yhdistetty yhdeksi tietomalliksi. Esimerkiksi arkkitehtimallista, LVI-mallista, sähkö-mallista sekä rakennusmallista muodostettu yhdistelmämalli. Yhdistelmämallia käytetään mm. yhteensopivuuden tarkistamiseen eri rakennusosien välillä.
YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Mallinnusohjeet tietomallien suunnittelua varten.

## ALKUSANAT

Tämän työn tilaajana toimi Wise Group Finland Oy. Wise Group on suomalainen yritys, joka tarjoaa talonrakennusalan konsultointi-, suunnittelu- ja rakennuttamispalveluja uudis- ja korjauskohteisiin Suomessa, Venäjällä ja Baltian maissa. Wise Groupissa on yli 300 talonrakennusalan ammattilaista ja liikevaihto vuonna 2014 oli n. 21 miljoonaa euroa.

Haluan kiittää Wise Groupia tilaisuudesta saada kirjoitta uudesta aiheesta, josta minulla ei ollut juurikaan tietoa ennestään. Työn avulla olen oppinut tietomallinnuksesta paljon ja uskon minulla olevan tästä hyötyä myös tulevaisuudessa. Erikoisesti haluan kiittää etsimisestäni ja opinnäytteeni valvojaa Johannes Helanderia avustuksesta ja ohjauksesta.

Lisäksi osoitan kiitokset kaikille haastatteluihin osallistuneille jotka käyttivät omaa aikaansa siihen ja antoi asiantuntemuksensa kautta uusia näkökulmia aiheeseen.

Lopuksi haluan myös suuresti kiittää "Hajautetut energiajärjestelmät" -koulutusohjelman opettajaa ja ohjaajani Jarmo Lipsasta.

Helsinki 28.10.2015

Jonas Heino

# 1 JOHDANTO

Ennen 1990-lukua melkein kaikki rakennusten suunnitelmat tehtiin piirtämällä käsin. 1990-luvun aikana siirryttiin tasaista tahtia kohti digitaalista CAD-suunnittelua. CAD-suunnittelu oli silloin pääsääntöisesti kaksiulotteista, mutta nopeasti siirryttiin hyödyntämään myös kolmiulotteista CAD-suunnittelua. Tämä kolmiulotteinen suunnittelu on rakennuksen tai tekniikan muodon ja värien esittämisen ja kuvaustapa. Eli tämä on lähinnä oman suunnittelun visualisoinnin ja havainnollistamisen työkalu. (Laine, 2008, s. 3) Nykypäivänä on perinteisestä yllä mainitusta kolmiulotteisesta suunnittelusta asteittain siirrytty kolmiulotteiseen mallinnusprosessiin, eli rakennuksen tietomallintamiseen. Tämä rakennuksen tietomallintaminen yleistyy tasaiseen tahtiin mutta kaikkia tietomallin tuomia mahdollisuuksia ei vielä hyödynnetä tehokkaasti.

Insinööriyössä tarkastellaan tietomallin käyttöä, sen kautta saatavia mahdollisuuksia taloteknisessä suunnittelussa ja miten sitä voi hyödyntää muun muassa tehdessä määräluetteloita ja törmäystarkasteluja.

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia suunnittelijalle ohjeet suorittaa törmäystarkasteluja ja tuottaa määräluetteloita eri mallinnusohjelmien avulla. Suunnittelija saa opinnäytteen kautta käsityksen myös siitä, mihin asioihin on kiinnitettävä huomiota määräluettelon tuottamisen jälkeen. Työn avulla voidaan kehittää hyviä tapoja yrityksen sisällä ja mahdollisesti laatia yhteisiä pelisääntöjä.

Työn ensimmäisessä osassa käsitellään tietomallinnusta yleisesti, sen suunnittelua ja siitä saatavia hyötyjä. Toisessa osassa kerrotaan taloteknisessä tietomallinnuksessa käytettävistä ohjelmista. Kolmannessa osassa kerrotaan määräluettelon tuottamisesta suoraan tietomallista ja siinä huomioon otettavista asioista. Viimeisessä osassa pohditaan tietomallintamista taloudellisesta sekä vastuualueellisesta näkökulmasta.

## 2 MIKÄ ON TIETOMALLI?

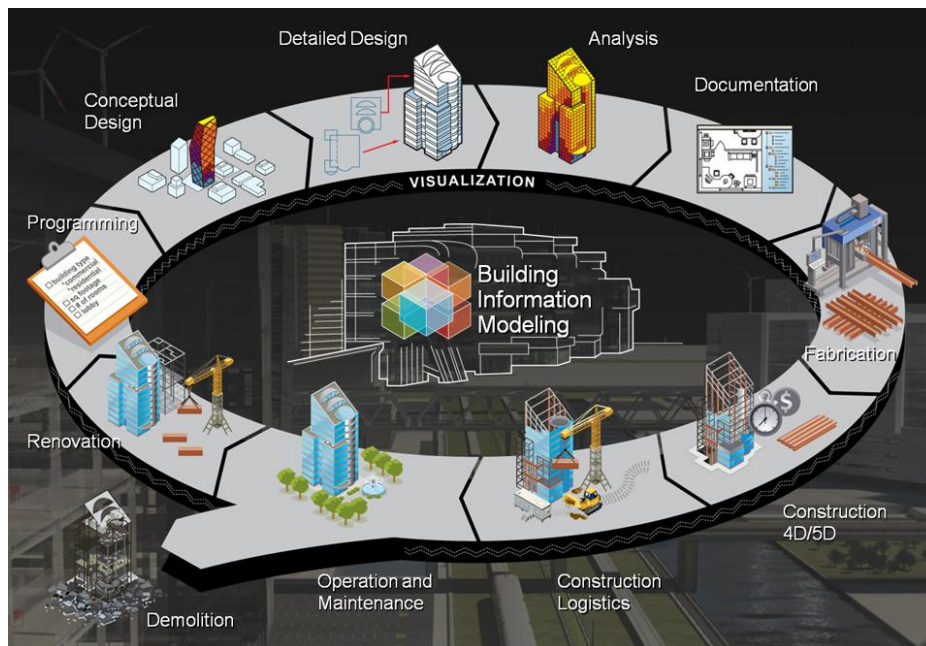
Tietomalli on tuotteen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tämän kolmiulotteisen tietokonemallin tarkoituksena on koota kaikki tarvittava tieto yhteen, jotta tiedon hyödyntäminen on helppoa. (RIL, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, 2015) Tietomallin elinkaari ja sisältö on esitetty kuvassa 1.

Verrattuna perinteiseen 3D-mallintamiseen tieto- eli tuotemallinnus sisältää myös rakennusosien ja niihin liittyvien tietojen kuvauksia. (Laine, 2008, s. 3) Jos otetaan esimerkiksi normaalin rakennuksen 3D-malli. Tästä 3D-mallista voi ihminen oman käsityksen avulla tulkita esimerkiksi missä on ikkuna, missä on ovi ja minkä muotoinen rakennus on. Mutta jos samasta rakennuksesta on tehty tietomalli, pystyy tietokone sen jälkeen itse tulkitsemaan ovet, ikkunat ja kaikki materiaalitiedot. Näin voi henkilö rakennusosaa painamalla saada selville, mikä rakennusosa on kyseessä ja mitä materiaalia se on. Aihetta käsitellään enemmän luvussa 2.4.

Tietomallin englanninkielinen nimi BIM (”Building Information Modeling”) kuvaa termiä hyvin, sillä tietomalli juurikin on tietojen malli. Yhdysvaltalainen tietomallinnus ohje ”National Institute of Building Sciences” määrittelee tietomallin seuraavasti: ”Tietomalli on digitaalinen esitys kiinteistön fyysisistä ja toiminnallisista ominaisuuksista. Se toimii informaatio lähteenä kiinteistöstä muodostuen luotettavan pohjan päätöksen tekoa varten koko prosessin elinkaaren ajan”.

Tietomallin tämän hetkiset ulottuvuudet ovat

- 2D-malli (x, y): piirustukset
- 3D-malli (x, y, z): visuaalisuus
- 4D-malli (3D-tietomalliin lisätty aikatiedot): aikataulut
- 5D-malli (3D-tietomalliin lisätty aika- ja kustannustiedot): kustannusohjaus



Kuva 1. Tietomallin elinkaari ja tietosisältö.

(Lähde <http://www.bccomfort.com/building+information+modeling/4/40/>)

Verrattuna perinteiseen dokumenttipohjaiseen toimintatapaan projektin tiedot eivät ole hajallaan erimuotoisissa piirustuksissa vaan yhdessä ainoassa mallissa. Tämä mahdollistaa sen, että kaikkeen projektiin liittyvään tietoon pääsee helposti käsiksi yhdestä ja samasta paikasta. (RIL, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, 2015)

## 2.1 Tietomallintamisen tavoitteet

Tietomallipohjaisen mallinnuksen tavoitteena on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari prosessin tukeminen. Tietomalleja hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan, lähtien suunnittelun alusta ja jatkuen vielä rakennusprojektin jälkeenkin käytön ja ylläpidon aikana. Eli toisin sanoen tietomallintamisen avulla kyetään parantamaan tuottavuutta ja nopeuttamaan prosesseja. (PRO IT, Tuotemallitieto rakennusprosessissa, 2004, s. 10)

Projektin mallinnuksen onnistumisen kannalta on heti alkuvaiheessa tärkeää asettaa selkeät tavoitteet mallien hyödyntämiselle. Esimerkkejä mallinnuksen tavoitteille ovat muun muassa tukea hankkeen päätöksentekoprosesseja, sitouttaa eri osapuolet hankkeen

tavoitteisiin mallin avulla, havainnollistaa suunnitteluratkaisuja, parantaa suunnitelmien yhteensovittamista, nostaa rakennusprosessin laatua ja tukea sekä parantaa hankkeen kustannus- ja elinkaarianalyysyjä. (YTV osa 1, 2012, s. 5)

Lopuksi voi todeta, että tietomalli on onnistunut jos siitä hyötyvät kaikki osapuolet hankkeen ensimmäisestä vaiheesta koko rakennuksen elinkaaren ajaksi.

## **2.2 Tietomallintamisen mahdollisuudet**

Tietomallintaminen on tuonut kaikille projektin osapuolille uusia mahdollisuuksia. Osa mahdollisuuksista kohdistuu ainoastaan jollekin osapuolelle, kun taas osa on hyödyksi kaikille projektissa mukana oleville.

Tietomallit mahdollistavat muun muassa suunnitelmien havainnollistamisen, rakennettavuuden analysoimisen, laadunvarmistuksen, tiedonsiirron parantamisen, suunnittelu-prosessin tehostamisen ja rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa. (YTV osa 1, 2012, s. 5)

Visuaalisuus ja havainnollisuus kuuluvat mallintamisen isoimpiin hyötyihin. Projektin eri suunnittelijat voivat jo luonnosvaiheessa kehittää kolmeulotteisia ja helposti ymmärrettäviä kuvia. Tämän ansiosta muiden alojen suunnittelijat, tilaaja ja käyttäjä voivat jo projektin alkuvaiheissa nähdä ja hahmotella suunnitelmia. Havainnollisuus helpottaa merkittävästi työskentelyä, koska joskus 2D-kuvien hahmotus tuottaa hankaluuksia muiden projektin jäsenille.

Tietomallintamisen avulla päästään parempaan yhteistyöhön suunnittelijoiden välillä. Jokaisen suunnittelijan päivittäessä omat tietomallit aina etukäteen määrätyin ajoin projektipankkiin, voivat kaikki muut hakea ne sieltä tarvittaessa. Näin suunnittelijat voivat verrata suunnitelmiaan muihin ilman kuvien lähettämistä, joko sähköisessä tai paperisessa muodossa. Kun suunnitelmia voidaan aina projektipankissa päivittää, niin manuaalisten välivaiheiden määrä vähenee, minkä yhteydessä esimerkiksi paperikopiointi vähenee. Monessa tapauksessa myös suunnittelijoiden välinen sähköinen viestintä vähenee.

Rakennuttaja hyötyy mallintamisesta muun muassa siitä, että kokonaisuikataulu tehostuu, suunnitelmien yhteensovitus helpottuu, suunnitelmien ristiriidat vähenevät ja havainnollisuus paranee. (Laine, 2008, s. 10)

Suunnittelijan näkökulmasta muunneltavuus, yhteensovitus ja havainnollisuus paranevat, minkä seurauksena suunnittuvirheet vähenevät. (Laine, 2008, s. 10)

Rakentajalla on etua mallintamisesta kun määrälaskenta ja kustannustietojen hallinta tehostuu ja tarkentuu. Tietomallista voi saada oikein tehtynä hyvin tarkan määräluettelon, jonka avulla urakoitsija säästyy perinteisestä määrälaskennasta. Mutta tämä edellyttää sen, että mallinnus on tehty oikein ja virheettömästi. Työmaalla urakoitsija voi hyödyntää mallinnusta visuaalisena työkaluna esimerkiksi vaikeasti toteuttavien rakennusosien, taloteknisten komponenttien tai tilojen yhteensovittamisessa. (Laine, 2008, s. 10)

## **2.3 Tiedonsiirtomuodot ja jakelu**

Rakennushanketta koskeva tieto luodaan nykyisin lähes kokonaan suoraan sähköiseen muotoon. Tiedon tallennus, arkistointi ja jakelu ovat pääasiassa dokumenttipohjaista.

(PRO IT, Nykyinen suunnittelurakentamisprosessi, 2002, s. 13)

Rakennuksen 3D-malleja on tehty suunnittelutoimistoissa jo vuosia, mutta pääasiassa yritysten sisäisiä ja suunnittelijan omia tarpeita varten. 3D-malleja on jonkin verran myös hyödynnetty tilaajan tarkoituksiin. Tämä on lähinnä ollut esittelyn ja visualisoinnin selkeyttämistä varten.

Projektin eri osapuolien välinen tiedonsiirto on tapahtunut pääsääntöisesti 2D-piirrustuksien tai dokumenttien välityksellä. Talotekniikassa CAD-suunnitelmat ovat pääsääntöisesti vielä 2D-viivapiirrustuksia, joiden välillä ei ole linkitystä. Tämä tarkoittaa sitä, että hankkeen eri suunnittelijat suunnittelevat omia suunnittelutiedostojaan, jotka liittyvät toisiinsa ainoastaan arkkitehtisuunnitelman käyttönä omien suunnitelmien referenssikuvana. Arkkitehtisuunnitelmiin on määriteltävä yhteinen kohdistuspiste, jota kaikki hankkeen suunnittelijat käyttävät. (PRO IT, Nykyinen suunnittelurakentamisprosessi, 2002, s. 13)

Vaikka tietoa ja suunnitelmia siirretään nykyisin osapuolten kesken sähköisesti, hyödynnetään niitä silti monesti paperimuodossa. Muun muassa kokouksissa ja työmaalla tämä on tavallista.

Sähköisiä dokumentteja onkin hyödynnetty tähän asti pääasiassa vain nopeampaan ja halvempaan tiedonsiirtoon. Yhteisen tiedonsiirtostandardin puuttuessa tietoa ei ole pystytty siirtämään suoraan järjestelmästä toiseen, eli siirtäminen ja suora hyödyntäminen sähköisessä muodossa eri osapuolten kesken ei ole ollut mahdollista. Standardimuotoisen IFC-tiedonsiirron tavoitteena on saada koko rakennuksen elinkaarenaikaiset tietovirrat hallintaan ja siirtymään vaiheesta toiseen aina kiinteistönpitoon asti. (PRO IT, Nykyinen suunnittelurakentamisprosessi, 2002, s. 13)

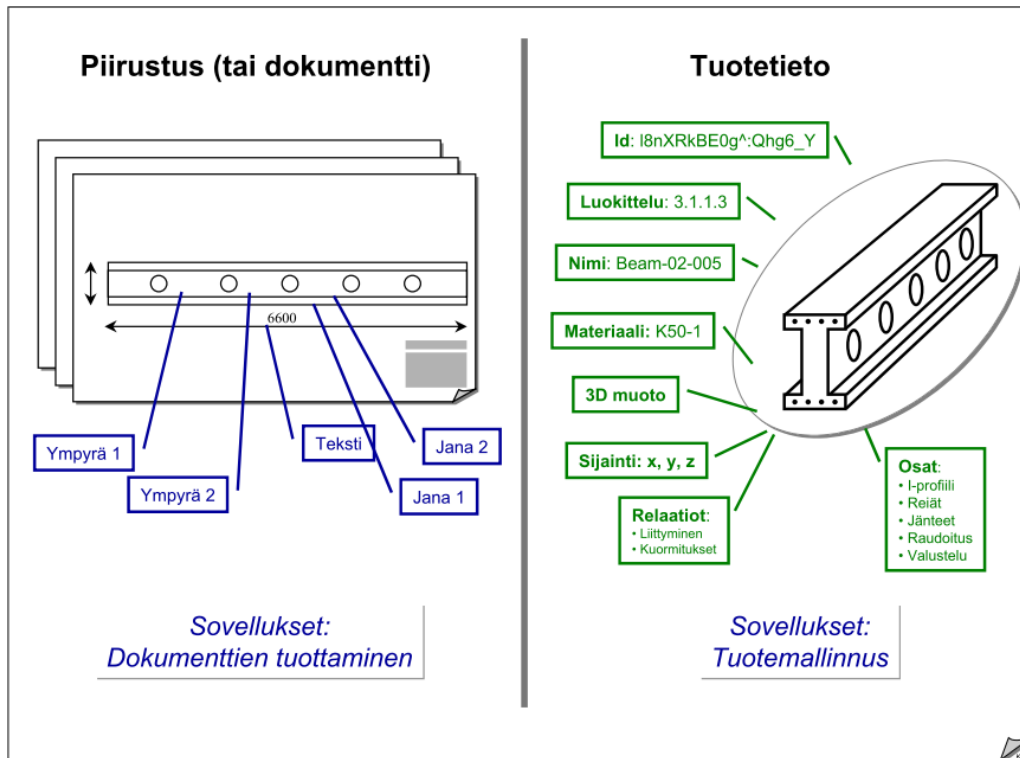
## **2.4 IFC-tiedonsiirtostandardi tietomallintamisessa**

Nykyväisessä suunnittelussa projektin eri osapuolet käyttävät eri sovelluksia, jotka taas usein ovat keskenään yhteensopimattomia. Tämä taas tarkoittaa sitä, että eri osapuolten välinen tiedonsiirto tapahtuu vain dokumenttipohjaisella tasolla, ei tuotetietona. IFC pyrkii ratkaisemaan tämän ongelman toimien tiedonsiirtostandardina jolla saadaan sovellusten välinen yhteensopivuus. (PRO IT, Selvitys IFC-spesifikaation tilanteesta, 2002, s. 4)

Perinteinen 2D-piirustus (esimerkiksi CAD-kuva) tai dokumentti on esitystapa graafisessa muodossa koostuen pisteistä ja viivoista, joista ihminen voi tulkita tuotetietoa mutta tietokone ei. Digitaalinen tuotetieto taas on esimerkiksi kiinteistön tai rakennuksen ja niihin liittyvien prosessien kuvaus, josta tietokonesovellukset pystyvät itse automaattisesti tulkitsemaan tuotetta koskevaa tietoa.

IFC-tiedoston perusteella eri sovellukset voivat siis tulkita muun muassa materiaaleja, 3D-muotoa, niiden osia ja suhteita muihin rakennusosiin. (PRO IT, Selvitys IFC-spesifikaation tilanteesta, 2002, s. 5) Kuvassa 2 on esitetty normaalin dokumenttitiedon ja tuotetiedon ero.





Kuva 2. Dokumenttitiedon ja tuotetiedon ero. (Lähde [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset\\_tulokset/proit\\_ifc\\_spesifikaatiot\\_selvitys.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_ifc_spesifikaatiot_selvitys.pdf)) sivu 5)

IFC:n (Industry Foundation Classes) on kehittänyt kasvainvälinen yhteenliittymä IAI (International Alliance for Interoperability, nykyisin buildingSMART), joka myös jatkuvasti parantaa ja kehittää IFC-standardia. IAI:n tavoitteena on saada toimiva tapa jakaa tietoa eri projektien jäsenten ja heidän suunnittelussa käyttämiensä sovellusten kesken. IFC on tietomääritelty ISO STEP-standardin [ISO 10303-11, 1994] mukaan ja IFC:tä tukee noin 150 sovellusta maailman laajuisesti. IFC on laajentunut asteittain alkaen versiosta IFC 1.0 (1997). (PRO IT, Selvitys IFC-spesifikaation tilanteesta, 2002, ss. 5-6) Tällä hetkellä versio 2x3 (2006) on se jota YTV2012 edellyttää projekteissa. Uusin julkaistu versio on 2013 julkaistu IFC 4, joka lisäksi tukee 4D- ja 5D-suunnitelmia.

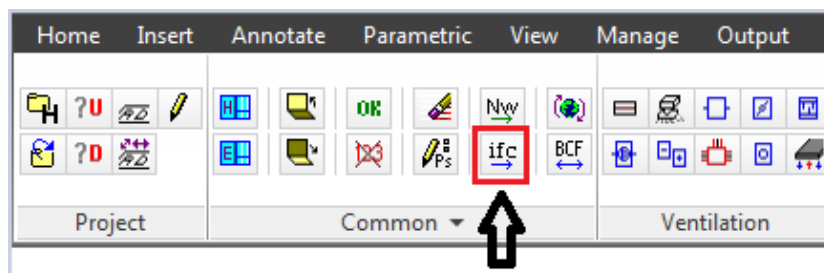
Suomen Rakennusinsinöörien Liiton (RIL) mukaan IFC:n voi kuvailla lyhyesti seuraavasti: Koska tietomallia voi tuottaa eri suunnitteluohjelmilla, tarvitaan eri ohjelmien väliseen tiedonsiirtoon yhteinen siirtomuoto, objektien älykkääseen tiedonsiirtoon. Talonrakennuksessa tähän on kehitetty IFC-formaatti, joka sisältää tiedon rakennusosien muodoista ja ominaisuuksista joita tietokone itse voi tulkita.

## 2.5 Tietomallinnuksen hyödyntäminen talotekniikassa

Tietomallia talotekniikkasuunnittelussa voi hyödyntää jo heti hankeen alkuvaiheessa, kun pääsee vertailemaan eri suunnitteluratkaisuja analysointiohjelmilla. Analysointiohjelmilla voidaan esimerkiksi varmistaa sisäilmaston laadun ja viihtyvyyden, vertailla elinkaarikustannuksia ja ympäristövaikutuksia sekä tehdä energiasimulointeja.

Tietomallintaminen on myös tuonut talotekniseen suunnitteluun mahdollisuuden tarjota lisäarvopalveluita osana talotekniikan suunnittelua ja konsultointia. Tyypillisiä lisäarvopalveluita ovat muun muassa vaativien tilojen olosuhteiden analysointia täydentävä virtaussimulointi (esimerkiksi korkeat aulat ja tilat joissa iso aurinkokuorma), ympäristöanalyysit, elinkaarianalyysit, määrätietojen tuottaminen ja yhdistettyjen mallien visualisointi. (Laine, 2008, s. 13-14)

Yksi tärkeimmistä talotekniikassa esiintyvissä mallinnuksen hyödyistä on mahdollisuus tehdä talotekninen yhdistelmämalli. Talotekninen yhdistelmämalli koostuu halutuista suunnittelukohteesta olevista TATE-järjestelmistä. Yhdistelmämallin avulla voidaan tarkastella tekniikan yhteensopivuutta, tehdä törmäystarkasteluja sekä havainnollistaa suunnitelmia. Yhdistelmämallia voidaan tarkastella IFC-tiedostoa edellyttävillä tarkastusohjelmilla. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi DWG-pohjaiset suunnittelutiedostot (esimerkiksi ilmanvaihto ja lämmitys) on muutettava IFC-muotoon. Tämä onnistuu MagiCAD:in kautta ”IFC-export” -toiminnolla, joka on esitetty kuvassa 3. Yhdistelmämalli voidaan myös tehdä kaikkien suunnittelijoiden laatimista suunnittelumalleista. Tätä yhdistelmämallia käsitellään tarkemmin luvussa 1.7.



Kuva 3. Punaisella ympyröity IFC-komento.

Kuvankaappaus MagiCAD HPV -ohjelmasta.

Taloteknisestä mallinnuksesta hyöttyy myös muut projektin osapuolet. Tuomas Laineen (Laine, 2008) mukaan talotekniikan suunnittelun tuotemallintamisesta hyöttyy kuitenkin eniten rakennuksen omistaja, loppukäyttäjä ja rakennuttajat. Esimerkkejä näistä hyödyistä on:

- savutetaan nopeampi ja luotettavampi suunnitteluprosessi.
- lopputulos on laadullisesti ja elinkaaritaloudellisesti parempi, kun vaihtoehtotar- kasteluja ja elinkaarianalyysejä on nopeampi suorittaa.
- käyttäjä saa paremman vaikutusmahdollisuuden lopputulokseen, ymmärrettävien visualisointien ja muiden havainnollistamismahdollisuuksien ansiosta.
- suunnitteluvaiheen jälkeen mallia voi hyödyntää ja täydentää koko rakennuksen elinkaaren ajan.

Tietomallin käyttö ei ainoastaan ole hyödyksi suunnitteluvaiheessa, vaan sen käyttö jatkuu koko rakennuksen elinkaaren ajan. Sitä voi hyödyntää esimerkiksi rakennuksen ylläpitöhuollossa ja korjausrakentamisessa.

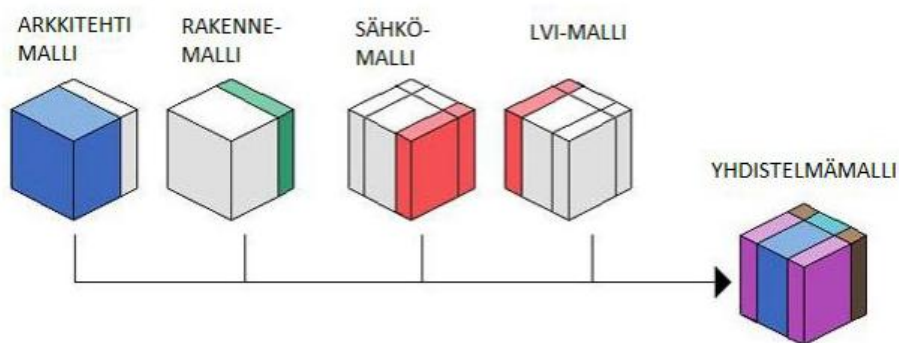
### **2.5.1 Taloteknisen tietomallin hyödyntäminen työmaakäytössä**

Jos talotekninen tai LVI-tietomalli on tehty kunnolla, on siitä myös paljon hyötyä työmaakäytössä. Mallinnus vie tietysti enemmän aikaa projektin alkuvaiheessa, mutta loppupelissä säästyy aikaa kun työmaalta ei tule yhtä paljon puheluita suunnittelijalle, siitä mitä suunnitelmissa on esitetty. Selkeiden suunnitelmien myötä vähentyvät myös muutostyöt, jonka myötä säästyy resursseja. Tietomallin avulla urakoitsijat voivat tarkastella suunnitelmia 3D-muodossa työmaalla ja havainnollistaa hankalat kohdat jo etukäteen.

Suunnitteluvirheiden löytyminen ja korjaaminen jo suunnitteluvaiheessa on huomattavasti edullisempaa, kuin se, että ne havaitaan ja korjataan vasta työmaalla. Huonoimmassa tapauksessa joudutaan purkamaan paljonkin valmiita asennuksia ja asentamaan ne takaisin hieman eri kohtaan. Tämä on kallista ja täysin turhaa työtä. (Mäkinen, 2013, s. 25)

## 2.6 Yhdistelmämalli ja sen laatiminen tietomallikoordinaattorina

Yhdistelmämalli on kaikkien suunnittelijoiden (mm. ARK, LVI, SÄH, RAK) mallit yhdessä ja samassa tiedostossa ja samassa koordinaatistossa. Yhdistelmämallin avulla projektin eri suunnittelijat voivat havainnollistaa ja tarkastella suunnitelmien yhteensopivuutta. (YTV osa 4, 2012, s. 32). Yhdistelmämallin avulla voidaan havaita virheitä ajoissa ja välttää muun muassa väärinasennuksilta työmaalla.



Kuva 4. Yhdistelmämallin periaate.  
(Lähde: Antti Kattellus, *Opinnäytetyö*, sivu 29)

Jokaiseen mallinnettavaan hankkeeseen valitaan tietomallikoordinaattori. Tietomallikoordinaattorin tehtäviin sisältyy muun muassa yhdistelmämallien tuottaminen ja suunnitelmien yhteensopivuuden varmistaminen. Tietomallikoordinaattori tekee usein myös kootulle tietomallille virhe- ja tarkastusraportin. Näihin kuuluu olennaisimmat törmäykset ja ristiriidat. Tietomallikoordinaattori toimittaa tämän raportin suunnittelijoille, jotka tarkastavat kohdat ja ilmoittaa tehdyt toimenpiteet takaisin. Tämä prosessi voi toistua useasti projektin aikana. Tietomallikoordinaattorina hankkeissa voi toimia pääsuunnittelija tai ulkopuolinen konsultti. (YTV osa 1, 2012, s. 18)

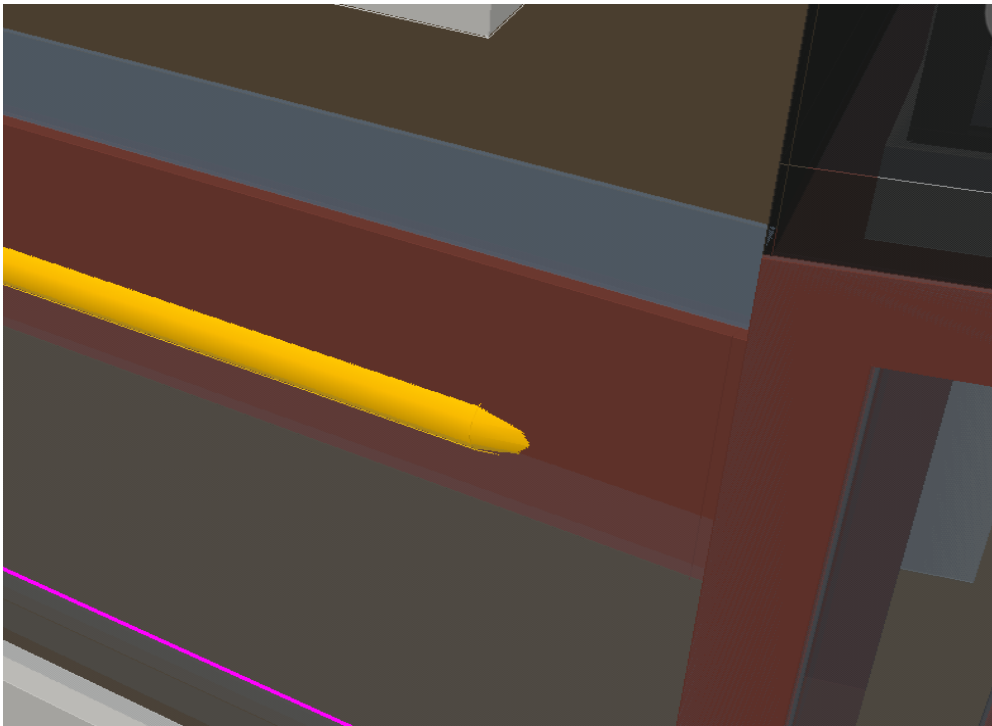
Tietomallikoordinaattori kerää jokaisen suunnittelualan IFC-tiedostot yhteen paikkaan ja tekee niistä yhdistelmämallin hankkeessa käytössä olevalla ohjelmalla. (Erkkilä, 2015, s. 14)

Tietomallikoordinaattorin tulee aloittaa yhdistelmämallin teko jo heti hankkeen yleisuunnitteluvaiheessa, jolloin tehdään rakenteiden ja järjestelmien tilantarpeiden visuaa-

linen yhteensovitustarkastelu. Tämän tarkastuksen avulla voidaan havainnollistaa rakenteiden yhteensopivuus ja tarkastaa, että arkkitehdin suunnitelmissa on tarpeelliset tilavau-  
raukset rakenteille ja TATE-järjestelmille. (YTV osa 1, 2012, s. 16)  
Toteutussuunnitteluvaiheessa tietomallikoordinaattori tarkastaa esimerkiksi TATE-  
järjestelmien ja rakenteiden törmäystarkastelut sekä reikä- ja varaussuunnittelut.  
Mahdollisista virheistä hän ilmoittaa aina pääsuunnittelijalle ja muille suunnittelijoille.  
(YTV osa 1, 2012, s. 10)

Tarkastelu tehdään, jotta voidaan varmistaa, että suunnittelijoiden malleissa on etukä-  
teen sovitussa mallinnusvaatimuksissa määritelty sisältö. Tarkastelun avulla havaitaan  
myös virheitä (kuva 5), jolloin taas parannetaan suunnitelmien laatua ja määrätietojen  
luotettavuutta. (YTV osa 1, 2012, s. 16)

Määrätietojen luotettavuuden ollessa hyvä, on myös helpompaa hyödyntää tietomalli-  
pohjaista määrälaskentaa.



*Kuva 5. Yhdistelmämallista näkee, että ilmanvaihtokanava (keltaisella) on osittain rakennuksen ulkopuolella. Tämän tapaiset virheet ovat helppo havaita yhdistelmämallin avulla.*

*Kuvankaappaus Tekla BIMsight -ohjelmasta.*

### 3 TARKASTELUOHJELMAT

Hankkeeseen luotu 3D-tietomalli sisältää myynti-, suunnittelu-, rakentamis- ja ylläpito-prosessissa tarvittavat määrä- ja tuotetiedot. Tietomallipohjaiseen projektinhallintaan on kehitetty useita keskenään integroituja sovelluksia ja työkaluja, jotka hyödyntävät yhteistä tietokantaa. Yhteen paikkaan talletettuja tietoja käytetään kustannuslaskennassa, aikataulusuunnittelussa, kustannusten hallinnassa, hankinnassa ja kohteen visualisoinnissa. (PRO IT, Tuotemallitieto rakennusprosessissa, 2004, s. 10)

Alla on esitelty eri ohjelmia, joita voidaan talotekniikassa tämän yhteisen tietokannan avulla, hyödyntää tarkasteluun ja visualisointiin.

#### 3.1 Tekla BIMsight

Tekla BIMsight on ilmainen tarkasteluohjelma, jonka avulla kaikki rakennusprojektin osapuolet voivat liittää IFC-mallinsa yhdeksi yhdistelmämalliksi. Yhdistelmämallin avulla suunnittelijat voivat muun muassa tehdä törmäystarkasteluja, kommunikoida muiden suunnittelijoiden kanssa sekä merkata mittaviivoja ja huomautuksia. Seuraavassa luvussa perehdytään tarkemmin siihen, miten IFC-malleja voi lisätä ja miten törmäystarkastelun voi ohjelmalla tehdä.

Tekla BIMsight:iin saa lisättyä eri suunnittelijoiden IFC-malleja ja suoritettua törmäystarkastuksen seuraavasti:

Avattua Tekla BIMsight -ohjelman voi *Models*-kohdasta painamalla *Add File(s)* painiketta lisätä kaikki haluamansa IFC-tiedostot, jonka jälkeen ne näkyvät yhteen sovitettuna. Kuvasta 6 näkyy *Models*-valikko ja kuvasta 7 näkyy yhteen sovitettu 3D-malli.



Kuva 6. Model-välilehti ja alla lisätyt IFC-tiedostot (LVI\_uusirakennus ja ARK\_uusirakennus).

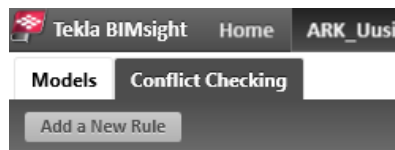
Kuvankaappaus Tekla BIMsight -ohjelmasta.



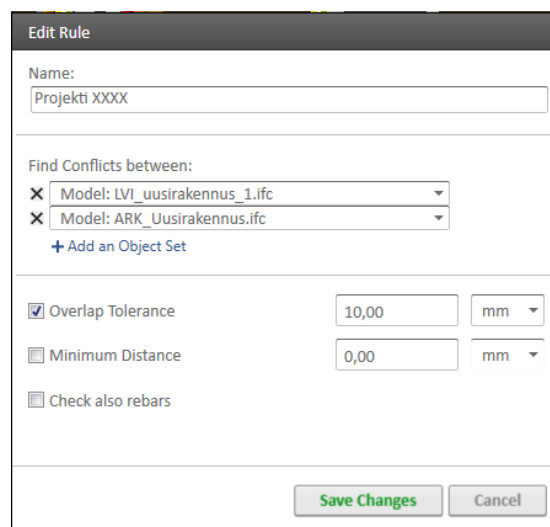
Kuva 7. IFC-tiedostoista yhteen sovitettu 3D-malli.

(Lähde: <http://www.tekla.us/spring2011/>)

Törmäystarkastuksen voi tehdä *Modelin* vieressä olevasta *Conflict Checking* -välilehdestä. *Conflict Checking* -valikosta valitaan *Add new rule* (kuva 8), jonka jälkeen kuvan 9 mukainen ikkuna aukeaa. *Name*-kohtaan laitetaan haluttu nimi ja *Object sets* -kohdasta valitaan suunnitelmat, joiden kesken halutaan törmäystarkastus tehdä. *Overlap tolerance* -kohdan valittua voi siihen merkitä millä toleranssilla haluaa testin suorittaa. Toisin sanoen miten paljon sallitaan tekniikan risteävän ennen kuin ohjelma ilmoittaa, että kyseessä on törmäys. Tämän jälkeen painetaan *save changes*. Testi aloitetaan painamalla projektinimen oikealla puolella olevaa ”ympyrää” (kuva 10).

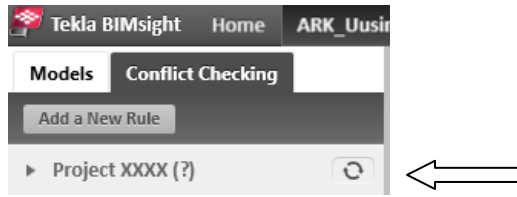


*Kuva 8. Conflict Checking -välilehti ja Add a New Rule -painike.  
Kuvankaappaus Tekla BIMsight ohjelmasta.*



*Kuva 9. Edit rule -ikkuna.  
Kuvankaappaus Tekla BIMsight -ohjelmasta.*





Kuva 10. Törmäystesti aloitetaan painamalla ympyrää.

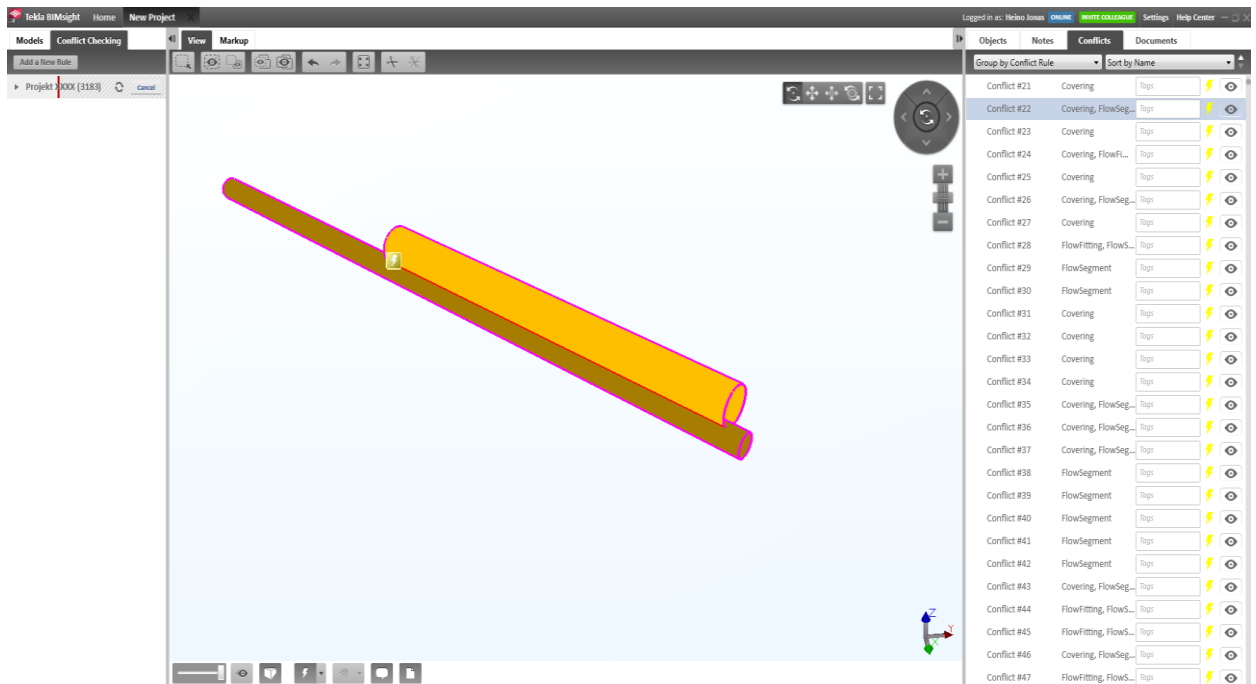
Kuvankaappaus Tekla BIMsight -ohjelmasta.

Törmäystarkastuksen jälkeen yhdistelmämalliin ilmestyy pieni keltainen salama aina tekniikan risteämään kohtaan. Tarkempaa tietoa tietyistä risteämistä saa avaamalla *Conflicts*-välilehden (kuvassa 11 nuoli nro 1) ja sen jälkeen valitsemalla jokin ongelmakohta *conflicts*-listasta (kuvassa 11 nuoli nro 2). Konfliktin voi visualisoida tarkemmin painamalla *Hide others* -komentoa (kuvassa 11 nuoli nro 3), jolloin ohjelma piilottaa kaiken muun tekniikan. Kuvassa 12 on esitetty tarkempi näkymä vain yhdestä konfliktista.



Kuva 11. Kuvasta näkyy keltaisia salamia, eli kohtia joissa on konflikti.

Kuvankaappaus Tekla BIMsight -ohjelmasta.



Kuva 12. Kuvasta näkyy kahden ilmanvaihtokanavan (keltainen ja ruskea) konflikti. Kuvankaappaus Tekla BIMsight -ohjelmasta.

## 3.2 Solibrin Solibri Model Checker, Solibri Model Viewer ja Solibri Model Optimizer

### 3.2.1 Solibri Model Checker

Model Checker on ohjelma, joka on kehitetty törmäystarkastelua, analysointia ja kommunikoinnin helpottamista varten. Ohjelmalla voidaan myös yhdistää halutut tietomallit ja tarkastaa niitä kerrallaan tai yksitellen. Yhdistelmämalleja voidaan tarkastella sääntöpohjaisesti. Säännöstö kertoo, mitä tarkastuksessa tarkastellaan ja mitkä ovat tarkastuksen sallitut toleranssit.

Säännöstoista löytyvät valmiina esimerkiksi Yleisten tietomallivaatimusten (YTV 2012) mukaiset tarkastuslomakkeet. Lomakkeita löytyy arkkitehtimallille, talotekniikkamallille, rakennemallille sekä näiden yhdistelmämallille. (Uusitalo, 2013, s. 40)

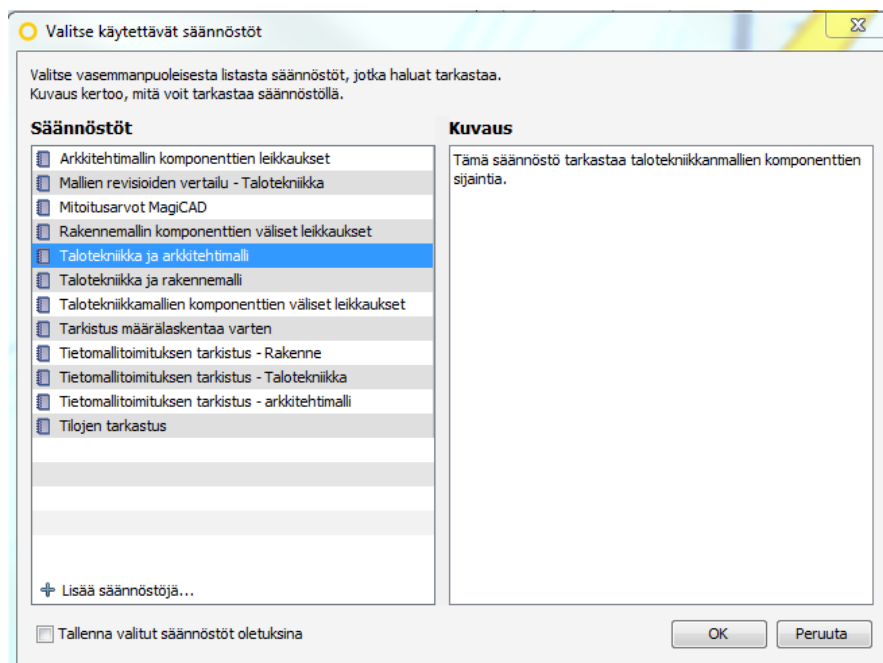
Alla on ohjeet törmäystarkastuksen suorittamiseen. Esimerkkimallina on käytetty mallia, jossa on rakennuksen arkkitehtimalli sekä rakennuksen yhdistetty talotekniikka

malli.

## Sääntöpohjainen törmäystarkastus Solibri Model Checkerin avulla

Erilaisia törmäystarkastuksia voi tehdä *Tarkastus*-välilehdestä. *Tarkastus*-välilehdestä voi valita halutun säännösten painamalla liitteen (1) mukaista punaisella nuolella merkittyä kansiokuvaketta, jonka jälkeen aukeaa kuvan 13 mukainen ikkuna.

Säännöstöt-listasta voi valita, mitä mallista haluaa tarkastaa. LVI-tekniisesti hyödyllisiä säännöstöjä ovat esimerkiksi talotekniikka- ja arkkitehtimallin törmäykset, talotekniikka- ja rakennemallin törmäykset ja talotekniikkamallien komponenttien väliset törmäykset. Lisää säännöstöjä voi hakea painamalla *Lisää säännöstöjä..*-kohtaa.



Kuva 13. "Valitse käytettävät säännöstöt"-ikkuna.

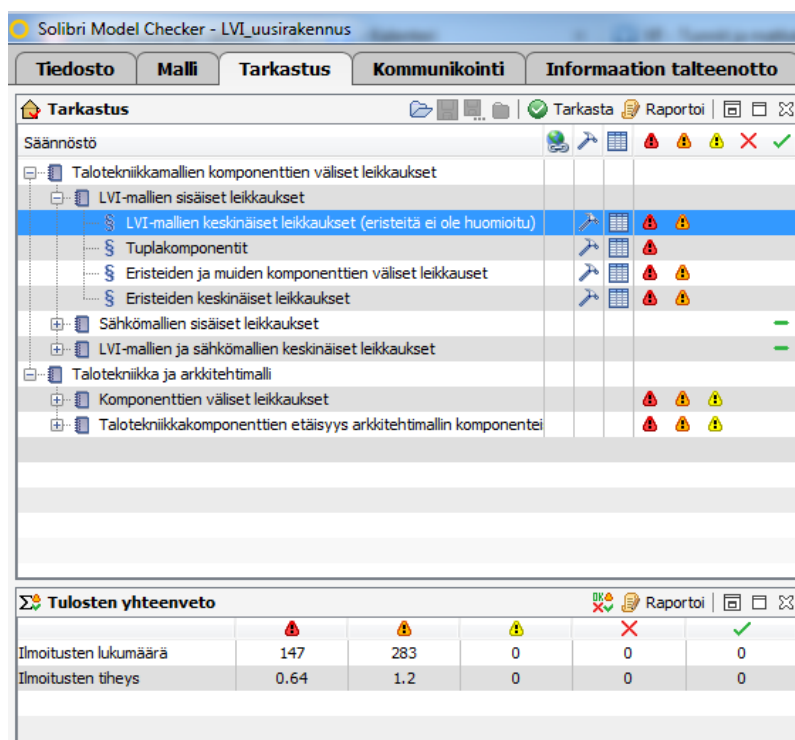
Kuvankaappaus Solibri Model Checker -ohjelmasta.

Esimerkkitarkastus on tehty käyttäen säännöstöjä "Talotekniikkamallien komponenttien väliset leikkaukset" sekä "Talotekniikka ja arkkitehtimalli".

Kun halutut säännöstöt on lisätty tarkastusnäkyyn, voi tarkastuksen aloittaa klikkaamalla *Tarkasta*-painiketta *Tarkastus*-näkyvän työkaluista (kuva 14).

Tarkastusnäkyvästä (kuva 14) voi valita, mitä kategoriaa haluaa säännösten perusteella tarkemmin tutkia. ”Talotekniikkamallien komponenttien väliset leikkaukset” -säännöstöstä on valittu kategoria ”LVI-mallien keskinäiset leikkaukset” ja sen alta sinisellä valitun ala-kategorian ”LVI-mallien keskinäiset leikkaukset (eristeitä ei ole huomioitu)”.

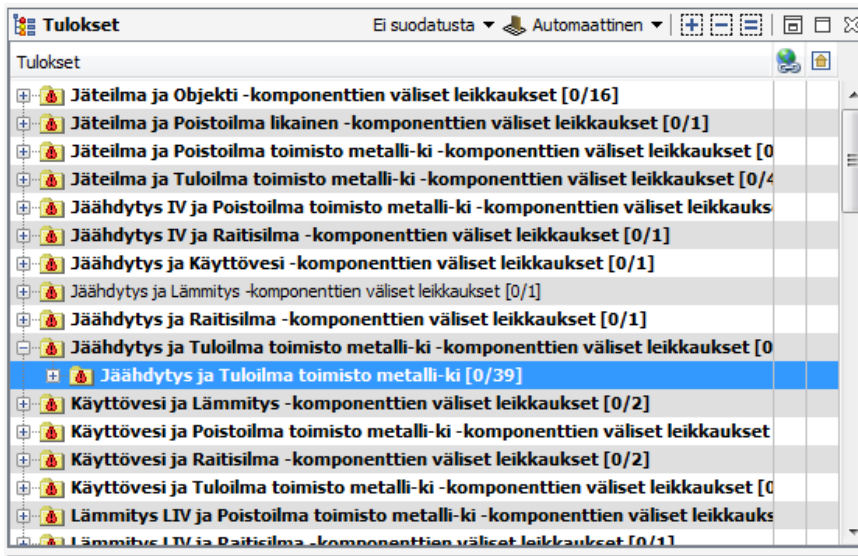
Punainen ja oranssi huutomerkkikuvake tarkoittaa, että kyseisellä alueella on kriittisiä ilmoituksia. *Tulosten yhteenveto* -näkyvästä näkee miten monta virhettä kustakin kriittisyys tasosta on, punaisen huutomerkkin ollessa kriittisin.



Kuva 14. Tarkastus-näkymän säännöt ja niiden alakategoriat. Kuvankaappaus Solibri Model Checker -ohjelmasta.

*Tulokset*-näkyvä (kuva 15) listaa tekniikkakohtaisesti kaikki kohdat joissa on risteämiä. Sulkujen sisällä olevat numerot viittaavat siihen, miten monessa kohtaa tekniikka risteää keskenään ja montako risteämää on huomioitu tai korjattu. Esimerkiksi "Käyttövesi ja Lämmitys" -komponenttien välisiä risteämiä on 2 kappaletta joista 0 on huomioitu. Tuplaklikkaamalla haluttua tulosta, ilmestyy 3D-näkymään näkyvä törmäyksestä. Kohdaksi on valittu ”Jäähdytys ja Tuloilma toimisto metalli-ki”, joka näkyy 3D-muodossa liit-

teessä 2. Punaisella olevat putket kuvaavat tuloilmakanavia ja vihreä sekä sininen putki ovat jäähdytysputkia.



Kuva 15. Tulokset-näkymä, jossa tekniikan väliset risteämät on jaettu ryhmittäin.

Kuvankaappaus Solibri Model Checker -ohjelmasta.

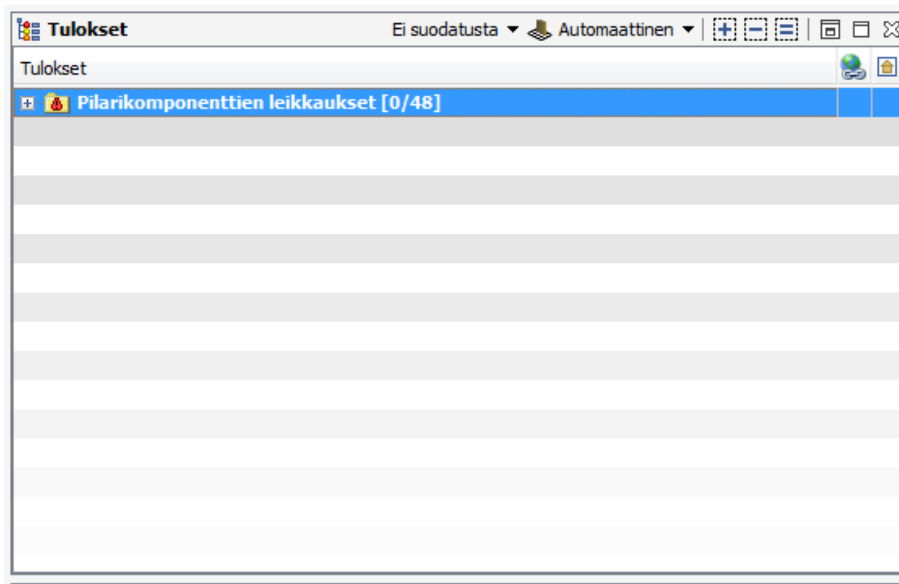
Seuraavaksi on laadittu esimerkki ”Talotekniikka ja arkkitehtimalli”-säännösten pohjalta tehdystä tarkastuksesta.

Tarkastus-näkymästä (kuva 16) valitaan taas, mitä kohtaa halutaan tutkia tarkemmin. ”Talotekniikka ja arkkitehtimalli” -säännöstöstä on valittu kategoria ”Komponenttien väliset leikkaukset”, jonka alta sinisellä valitun ala-kategorian ”Talotekniikka vs. palkit ja pilarit (eristeitä ei ole huomioitu)”.

Tarkastus					
Säännöstö					
Talotekniikkamallien komponenttien väliset leikkaukset					
LVI-mallien sisäiset leikkaukset					
§	LVI-mallien keskinäiset leikkaukset (eristeitä ei ole huomioitu)			⚠	⚠
§	Tuplakomponentit			⚠	
§	Eristeiden ja muiden komponenttien väliset leikkaukset			⚠	⚠
§	Eristeiden keskinäiset leikkaukset			⚠	⚠
+	Sähkämöallien sisäiset leikkaukset				—
+	LVI-mallien ja sähkömallien keskinäiset leikkaukset				—
Talotekniikka ja arkkitehtimalli					
Komponenttien väliset leikkaukset					
§	Talotekniikka vs. ikkunat ja ovet			⚠	⚠
§	Talotekniikka vs. palkit ja pilarit (eristeitä ei ole huomioitu)			⚠	⚠
§	Talotekniikka vs. muut rakennusosat (eristeitä ei ole huomioitu)			⚠	⚠
§	Talotekniikka vs. kalusteet ja muut objektit			⚠	⚠
§	Eristeet vs. palkit ja pilarit				—
§	Eristeet vs. muut rakennusosat				—
+	Talotekniikkakomponenttien etäisyys arkkitehtimallin komponentteihin			⚠	⚠
Tulosten yhteenveto					
Ilmoitusten lukumäärä	12	34	2	0	0
Ilmoitusten tiheys	0.053	0.15	0.0088	0	0

Kuva 16. Tarkastus-näkymän säännöt ja niiden alakategoriat.  
Kuvankaappaus Solibri Model Checker -ohjelmasta.

Tulokset-näkymästä (kuva 17) selviää, että talotekniikan ja pilarikomponenttien välisiä risteämiä on 48 kappaletta. Liitteen 3 3D-näkymässä esimerkki, jossa kaksi ilmanvaihtokanavaa (keltainen ja ruskea) lävistävät pilarin.



Kuva 17. Tulokset-näkymä.

Kuvankaappaus Solibri Model Checker -ohjelmasta.

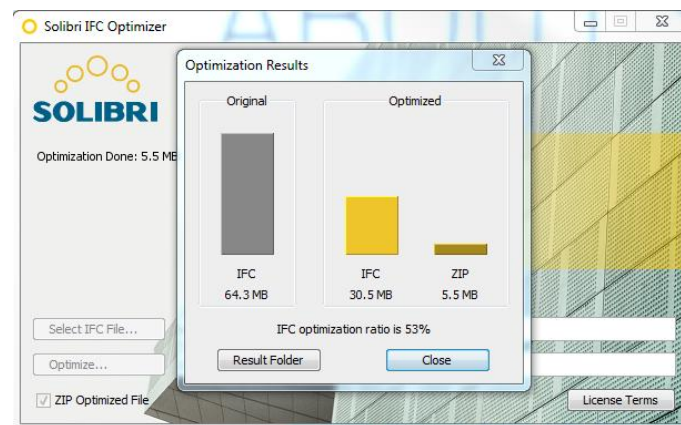
### 3.2.2 Solibri Model Optimizer ja Model Viewer

Yleisten tietomallivaatimusten (YTV 2012) mukaan IFC-muodossa olevia tietomalleja lähettäessä mallien sisältämät tiedostot täytyy aina pakata zip-muotoon. Solibri on kehittänyt ilmaisen Model Optimizer ohjelman, joka pakkaa IFC-tiedostot vielä pienempään muotoon verrattuna .zip-tiedostoon. Tämän lisäksi ohjelma myös samalla nopeuttaa tiedoston latautumista. Optimizer on helppokäyttöinen ja nopea ohjelma. Ohjelman avattua ilmestyy ikkuna (kuva 18), mihin voi valita IFC-tiedoston *Select IFC File...* -kohdasta. Painettua Optimize painiketta ohjelma pakkaa tiedoston, jonka jälkeen ilmestyy ikkuna (kuva 19), mistä selviää tiedot optimoinnista.



*Kuva 18. Ohjelman käynnistysikkuna.*

*Kuvankaappaus Solibri IFC Optimizer -ohjelmasta.*



*Kuva 19. Kuvassa optimoidun tiedoston koot.*

*Kuvankaappaus Solibri Model Optimizer -ohjelmasta.*

Solibri Model Viewer on Tekla BIMsight:in tapaan myös ilmainen tarkastusohjelma, jolla voi tarkastella mallia. Model Viewer:in avulla ei voi yhdistellä eri tietomalleja eikä tehdä törmäystarkasteluja.

### 3.3 Autodesk Navisworks

Autodesk Navisworks on maksullinen ja Solibrin Model Checker:in sekä Tekla BIMsight:in tapaan suunnitelmien tarkasteluun tarkoitettu ohjelma. Navisworks-ohjelmistolla voit tehdä muun muassa törmäystarkasteluja, 3D-kordinointia, 4D-suunnittelua ja dynaamisia simulointeja.



### 3.4 Tekla Field3D

Tekla Field3D on Apple-laitteille soveltuva sovellus tietomallien tarkasteluun. Sovelluksella voi esimerkiksi iPadin tai iPhoneen kautta, katsella yksittäisiä malleja sekä yhdistelmämalleja suureenkin kokoon asti. Sovelluksesta on olemassa ilmainen ja maksullinen versio. Tekla Field3D sovelluksella voi ladata pienempiä IFC-tiedostoja suoraan sähköpostisovelluksista ja tiedostojen synkronointisovelluksista, kuten Google Drive, Dropbox, Gmail ja Skydrive.

Sovelluksen *Multi-select* -tehtävävalikko (kuva 20) mahdollistaa monen komennon suorittamisen.



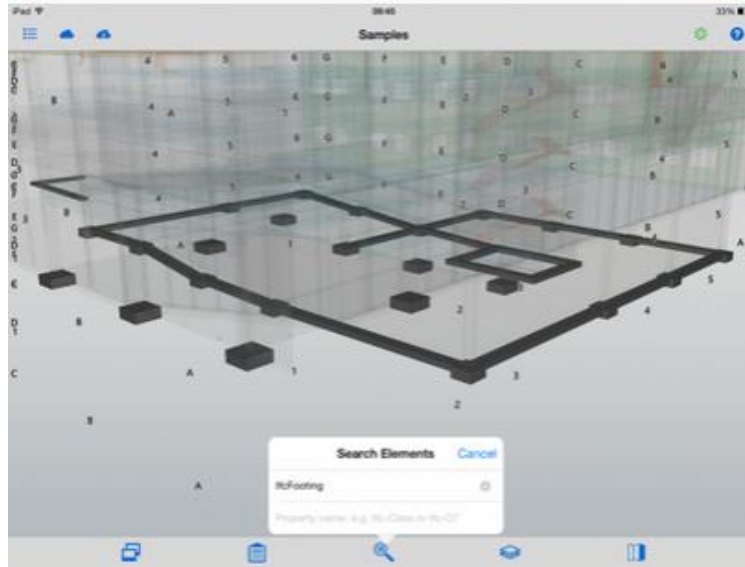
Kuva 20. *Multi-select* -valikko

*Kuvankaappaus Tekla Field3D-ohjelmasta*

Tehtävä valikon kautta voi; tarkastella osien ominaisuuksia (1), liikkua rakennuksessa ensimmäisessä persoonassa (7), laatia leikkauksia (4), piilottaa, tehdä näkymättömäksi ja näyttää ainoastaan tiettyjä osia (2, 3, 5, 12), nähdä objekteja suorakulmaisina eri suunnista (8), hyödyntää eri mittaus toimintoja ja lisätä kommentteja (6).

Field3D sisältää myös kätevän kommentti tai muistiinpano toiminnon, jonka avulla voi lisätä kommentteja tai omia muistioita suoraan kuvaan. Kommentteja voi käyttää omaan käyttöön tai sitten jakaa field3d.net serverin kautta muille käyttäjille. 3D-mallissa kommentit näkyvät kelluvina ikoneina, jotka ovat linkitettyjä X-Y-Z koordinaatistoon. Sovelluksella on myös haku-toiminto, jonka avulla saa korostettua objekteja, jotka alkavat samalla kirjaimella kun hakuruutuun kirjoitettu hakusana (kuva 21).

Suurennuslasin näköisestä *Search Elements* -kuvakkeesta voi valita haku-toiminnon.



Kuva 21. Field3D-haku toiminto

(Lähde: <http://www.teklabimsight.com/content/tekla-field3d-manual>)

## 4 KUSTANNUS- JA TARJOUSLASKENTA NYKYISIN

Määrät ovat oleellisia hankkeen monessa vaiheessa. Komponenttien lukumääriä tarvitaan muun muassa hankkeen budjetointiin, tarjoushinnan määrittämiseen, työmaahan- kintoihin ja rakennuksen ylläpitoon.

Kustannusarvioita voi suorittaa hankkeen eri vaiheissa. Tavoitehintalaskelmaa käytetään, kun halutaan saada tietoa kustannuksista projektin hankesuunnitteluvaiheessa. Luonnos- suunnitteluvaiheeseen siirryttyä käytetään usein rakennusosa-arviota. Toteutussuunnitte- luvaiheessa voidaan jo saada tarjoushinta, suoritepohjaisen tarjouslaskennan kautta.

### 4.1 Kustannusarviot

#### 4.1.1 Tavoitehintalaskelma

Tavoitehintalaskelman laatiminen perustuu hankkeen tiloihin ja niiden ominaisuuksiin. Se voidaan tehdä jopa ilman suunnitelmia pelkän tilaohjelman perusteella. Tavoitehinta- laskelmaa käytetään yleensä budjetoinnissa ja kustannuspuutteen asettamisessa hank- keelle. Myös erilaiset hankesuunnitteluvaiheen vaihtoehto- ja vertailulaskelmat voidaan laatia tavoitehintamenettelyn avulla. (Prodeco, 2015, rakennustalous/kustannusarviot)

Tavoitehinalaskelma laaditaan myös monesti esimerkiksi yksinkertaisesti neliöhinnan perusteella projektin alkuvaiheessa. Tavoitehinalaskelman laatii usein konsultti tai rakennuttaja itse.

#### **4.1.2 Rakennusosa-arvio**

Rakennusosa-arvio voidaan laatia jo luonnossuunnitelmien perusteella. Sen avulla voidaan tarkastaa suunnitelmien taloudellisuus ja kustannustavoitteiden mukaisuus vaiheessa, jossa mahdollisuudet vaikuttaa hankkeen hintaan ovat vielä hyvät. Nimensä mukaisesti rakennusosa-arvio laaditaan perustuen suunnitelmista mitattuihin rakennusosiin ja niiden hinnoitteluun. Sen avulla pystytään myös vertailemaan esimerkiksi erilaisten suunnitteluratkaisujen vaikutusta rakennuskustannuksiin. (Prodeco, 2015, rakennustalous/kustannusarviot) Rakennusosa-arvion laati usein konsultti.

Jos kyseessä on selväpiirteinen rakennus samantapaisilla tiloilla, voisi rakennusosa-arvion tehdä mallintamalla useasti toistuva tila. Asuinkerrostalot ovat esimerkiksi rakennuksia joissa on usein samoja toistuvia tiloja. Samankaltaisista tiloista tehtäisiin yksi mallihuone jo luonnossuunnitteluvaiheessa. Näistä mallihuoneista voisi tietomallin avulla tehdä määräluettelo, jonka pohjalta arvioida tilan hinta. Tilan hinta kerrottaisiin tämän jälkeen samankaltaisten tilojen lukumäärällä, jolloin saataisiin aikaan rakennuksen kustannusarvio. Tähän hintaan joutuisi lisäksi arvioimaan tekniikan määrän, joka ei näy määräluettelossa, kuten IV-koneet, pumput ja lämmönsiirtimet.

Toinen tapa suorittaa rakennusosa-arvio on Excel-ohjelman avulla. Excel-pohjan, jossa on osien ja komponenttien hinta-arvioita, voisi täyttää tietomallista tuotetun määräluettelon avulla. Määräluettelo tehtäisiin luonnossuunnitelmiin perustuen, joten määräluettelon tulostuisi esimerkiksi vain putkien ja kanavien runkoreitit ja muu tekniikka pääpiirteittäin. Loput tekniikasta, kuten ilmanvaihdon päätelaitteet ja lämmityspatterit joutuisi kuitenkin arvioimaan itse. Jälleen tulisi erikseen arvioida tekniikka, joka ei näy määräluetteloissa.

## 4.2 Tarjouslaskenta

### 4.2.1 Suoritepohjainen tarjouslaskenta

Suoritepohjainen tarjouslaskenta on menetelmistä tärkein, mutta myös työläin ja sen laatiminen edellyttää jo lähes valmiita suunnitelmia. Suoritepohjainen kustannusarvio perustuu esimerkiksi Talo- nimikkeistön mukaiseen tarkkaan suoritemäärien laskentaan sekä työ-, materiaali-, alihankinta- ja muiden panosten hinnoitteluun. Suoritepohjaista kustannusarviota käytetään yleensä tarjoushinnan asettamiseen. (Prodeco, 2015, rakennustalous/kustannusarviot) Suoritepohjaisen tarjouslaskennan suorittaa usein urakoitsija.

### 4.3 Perinteinen dokumenttipohjainen määrälaskenta

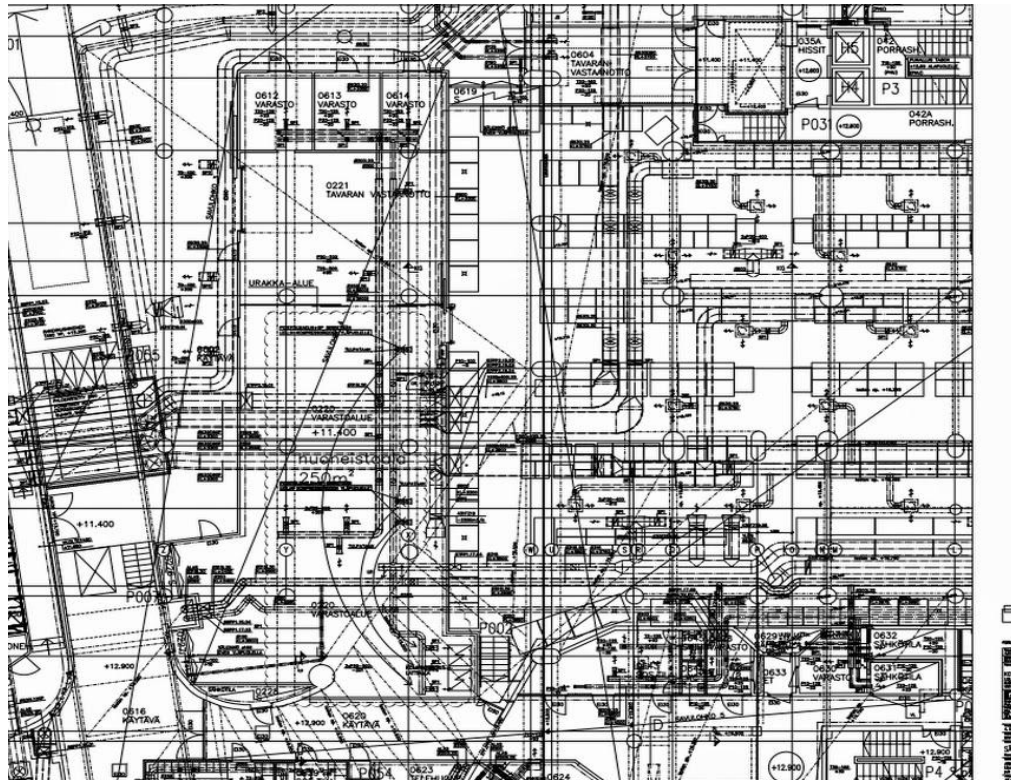
Perinteisessä dokumenttipohjaisessa määrälaskennassa laskenta tehdään manuaalisesti. Määrälaskut tehdään piirustuksesta mittaamalla ja komponentteja laskemalla. Määrälaskelmat lasketaan suoraan paperilta tai vaihtoehtoisesti sähköisestä suunnitteludokumentista kuten PDF-tiedostosta. Jos laskenta tehdään paperipohjaisesti, on suunnittelutieto hajallaan monessa eri dokumentissa. Se että laskelma tehdään silmätarkkuudella ja kootaan monesta eri paperista, johtaa siihen, että tuloksen tarkkuus on täysin riippuvainen määrälaskennan suorittajasta.

Kuvasta 22 voi todeta, että määrälaskennan tekeminen manuaalisesti piirustuksen perusteella on aikaa vievää ja hankalaa.

Työn ollessa manuaalista on se tietysti myös tehottomampaa kuin tietokoneen tekemä työ. Lisäksi mahdollisten laskentavirheiden toteaminen on vaikeaa, koska ainoastaan määrälaskija itse on tietoinen tekemistään yksinkertaistuksista ja oletuksista. (Teittinen, 2010) Jos laskija pitää muistiota tehdyistään laskelmistaan, on tehtyihin laskelmiin myös mahdollista palata myöhemmin.

Urakoitsija voi laskea määrät itse tai sitten hän voi tilata määräluettelon ulkopuoliselta laskijalta. Tavallisin tapa nykyisin on, että urakasta kilpailevat urakoitsijat laskevat

määrät itse. Tarjouksen hävinneet urakoitsijat joutuvat kattamaan laskennasta aiheutuneet kulut heidän omien muiden projektiensa katteella. Näiltä kuluilta säästytään jos urakoitsijan ei tarvitse laskea määriä itse, vaan ne tuotetaan suoraan tietokoneelta määräluetteloon.



Kuva 22. Ilmanvaihtosuunnitelma

(Lähde: (<http://tietomalli.blogspot.fi/search/label/Massalista>))

## 5 LVI-MÄÄRÄLUETTELO TIETOMALLISTA

Määrälaskenta tehdään suunnittelijan suunnitelmien pohjalta, jotta saadaan tieto kaikesta tarvittavasta materiaalista jota tarvitaan rakentamista varten. Määrälaskennan valmistuttua syntyy määräluettelo jota voidaan kutsua myös massalistaksi tai määrälistaksi. Urakoitsijat voivat taas määräluettelon pohjalta hinnoitella urakan. Jos hankkeeseen suunnitellaan esimerkiksi lämmitysverkosto, kattaa määräluettelo kaikki putket, venttiilit, radiaattorit ja muut toteutukseen tarvittavat osat.

## 5.1 Tietomallipohjainen määrälaskenta

Tietomallintamisen avulla on nykyisin mahdollista tuottaa määräluetteloita suoraan tietomallista. Tietomallipohjaisia määrälaskelmia voidaan tuottaa arkkitehdin, rakenne- ja talotekniikan tietomalleista. Tämä tehostaa määrälaskentaprosessia jolloin säästyy aikaa ja sitä myötä myös rahaa.

Tietomallipohjaisen määrälaskennan tulossa suoraan tietokoneelta on tulos myös tarkempi ja luotettavampi. Tietokone ei tee laskuvirheitä kun taas ihmisen suorittamassa työssä niitä aina sattuu. Toki on huomioitava mahdollisuus, että määrälaskentaan käytettävässä tietomallissa on joku virhe. Voi olla, että esimerkiksi mallintaja on unohtanut valita kaikki järjestelmät tehdessä mallia tai että häneltä on jäänyt huomaamatta, että jokin tekniikka on kaksinkertaisesti päällekkäin. On myös olemassa mahdollisuus, että tietokoneen laskiessa voi tapahtua joku ohjelmointivirhe, joka johtaa vääriin tuloksiin. Tämän takia ei tietomalleihin tai edes tietokoneidenkaan kaikkiin laskelmiin kannata sokeasti luottaa, vaan nekin on hyvä katsoa kriittisesti läpi.

Tuottaessa määräluettelo tietomallista tulee tietomallin olla hyvin tarkka ja paikkansa-pitävä. Suunnitelmien ollessa realistisesti mallinnettuja saadaan tarkka ja luotettava määräluettelo.

Määräluettelon tuottaminen tietomallista tarkoittaa, että urakkalaskenta-aika lyhenee, jonka myötä myös resursseja säästyy. Salman Azharin vuonna 2011 kirjoittamassa tutkimuksessa *”Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry”* hän toteaa, että urakkalaskentaan kuluva aikaa vähenee jopa 80 %, kun määrälaskenta tehdään suoraan tietomallista.

Määräluetteloita tietomallista voi tuottaa usea henkilö, jonka takia tuottaja sovitaan projektin alussa. Määräluettelon voi tuottaa esimerkiksi suunnittelija, urakoitsija tai rakennuttajakonsultti. Kun tuottaja valitaan, on tärkeää varmistaa, että hän ymmärtää ja osaa tuottaa listan oikealla ja sovitulla tavalla. Yleiset tietomallivaatimukset osa 1 sanoo asiasta seuraavaa: ”Tietomalleista tuotettavat määräluettelot ja kustannusarviot voidaan sisällyttää mallipohjaisen prosessin tehtäviin. Ne voidaan tehdä tilaajan omana työnä,

sisällyttää projektikonsultin tehtäviin tai teettää erillisenä konsultointina. Tekijästä sovitaan projektikohtaisesti”.

Hankkeessa jossa käytetään tietomallipohjaista määräluetteloa, on myös tärkeää varmistaa, että kaikki osapuolet osaavat ja tietävät miten kyseistä määräluetteloa tulee käsitellä. On monta eri tapaa hinnoitella ja laskea määrät ja tämän takia on hyvä tarkistaa, osaako kyseinen urakoitsija muuttaa tietomallipohjaisen listan kustannukseksi.

Tero Järvinen toteaa tietomalliblogissaan seuraavaa: ”Kuten todettua, massalistojen tuottaminen ei ole ollenkaan tekninen haaste. Kunhan sovitaan, mitä tietoa tuotetaan, mikä on sen tarkkuustaso eri suunnitteluvaiheissa ja millä alkutiedolla se on tuotettu”.

Mallin mukaan on aina liitettävä tietomalliselostus, jossa kerrotaan keskeisesti mallin tietosisällön kattavuus ja mallin käyttötarkoitus. Hyvä periaate ja yleisohje määrälaskennassa on, että määrätiedot lasketaan tietosisälöltään tarkimmasta, kattavimmasta ja täsmällisimmästä mallista. (Saarnio, 2012, s.20)

Tietomallipohjaisen määrälaskennan apuna voidaan käyttää eri ohjeita kuten ”Yleiset tietomallivaatimukset Osa.7 Määrälaskenta”. Ohje käsittelee määrien laskentaa rakennuksen tietomallista. Tekstin laatija Matti Tauriainen painottaa kuitenkin, että tämän ohjeistuksen tarkoituksena on antaa suunnittelijalle käsitys siitä, mitä tuotemallipohjaisella määrälaskennalla tarkoitetaan eikä niinkään miten tuotettuja määriä voidaan hyödyntää.

### **5.1.1 Tietomallin tarkkuustaso ja johdonmukaisuus**

Kun suoritetaan tietomallipohjainen määrälaskenta, on mallin tärkein ominaisuus johdonmukaisuus. On tärkeää, että kaikki tekniikka mallinnetaan projektikohtaisten vaatimusten mukaan ja että toimintatapa kirjataan tietomalliselostukseen. Näin vältytään tilanteista joissa malli on mallinnettu eri tavalla saman mallin eri osissa. Joissakin tapauksissa malli mallinnetaan tarkoituksella eri tarkkuustasoille, mutta silloin on aina asiaa mainittava tietomalliselostuksessa, jotta laskijat ja muut voivat sen ottaa huomioon. (YTV osa 7, 2012, s. 6)

On myös komponentteja, jotka voivat tulla mallinnetuksi monen suunnittelualan malliin. Ulospuhallushajottajat ja viemärikalusteet, kuten WC-istuimet voivat esimerkiksi usein olla mallinnettu sekä arkkitehti- ja LVI-malissa. Päällekkäisyyksien estämiseksi on hyvä jo heti projektin alkuvaiheessa käydä läpi ja sopia kuka mallintaa ja mitä.

Työmailla on aina varauduttava siihen, että esimerkiksi sattuu virheellisiä asennuksia ja että asennuksia joudutaan soveltamaan suunnitelmista poikkeavalla tavalla. Tämä taas johtaa siihen, että materiaalia käytetään useimmiten aina poikkeavasti suunnitelmien määriin nähden. Tietomallista tuotetut määräluettelot on tehty normaalien suunnitelmien tarkkuudella, eli hukkamääriä tai asennusvaraa ei ole otettu huomioon. Urakoitsijan on huomioitava tämä ja itse lisättävä hukkamäärät työmaalle tilattavaan materiaaliin.

Mallien tarkkuustaso on aina määriteltävä heti mallintamisen tilauksen yhteydessä. Tarkkuustasot on taas esitetty mallinnusvaatimuksissa. Määrien tarkkuustaso määräytyy mallin tarkkuustasosta. (YTV osa 7, 2012, s. 6)

## 5.2 Määräluettelon tuottaminen

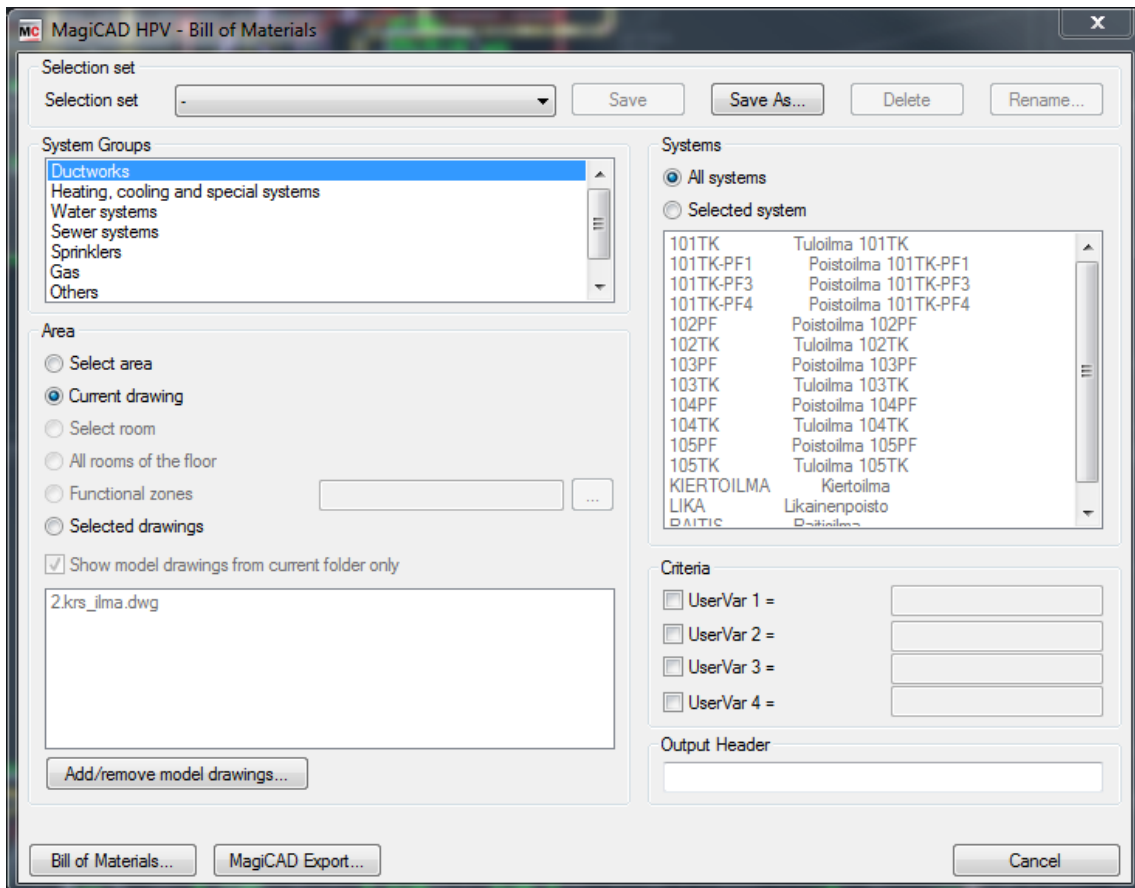
Määräluetteloita voi siis nykyään tuottaa myös suoraan tietokoneohjelmilla. Työssäni perehdyn määräluettelon tuottamiseen MagiCAD HPV:n ja Solibri Model Checker:in avulla.

### 5.2.1 MagiCAD Bill of materials

MagiCAD HPV:n ”Bill of Materials” aukeaa *Calculations*-valikosta ja toiminnon avatua aukeaa kuvan 23 mukainen valikko. Listasta voi *System Groups* -kohdasta valita haluaako määräluettelon ainoastaan yhdestä järjestelmäryhmästä esimerkiksi ilmanvaihtosuunnitelmista vai useammasta järjestelmäryhmästä, kuten jäähdytys- ja lämmityssuunnitelmista. *Systems*-kohdasta voi valita haluaako tehdä määräluettelon ainoastaan jostain tietystä kojeistosta vai useammasta. Kuvassa 23 on valittu laskettavaksi ”Ductworks” ja ilmanvaihtokojeistot.

*Area*-kohdasta voi valita haluaako määräluettelon tietystä alueesta, kerroksesta vai koko rakennuksesta. Tulosteelle saadaan haluttu otsikko kirjoittamalla se *Output Header* -kohtaan. Määräluettelon saa tuotettua painamalla *Bill of Materials..* -painiketta.





Kuva 23. "Bill of Materials" –käynnistysikkuna. Valittuna järjestelmä "Ductworks" sekä kaikki ilmanvaihto-kojeistot.

Kuvankaappaus MagiCAD HPV-ohjelmasta.

Liitteessä 4 on kuvan 23 perusteella tuotettu määräluettelo, joka on siirretty Microsoft Excel pohjaan. *Bill of Materials* -määräluettelot saa helposti kopioitua Excel taulukkoon käyttämällä *Copy to clipboard* -toimintoa. Excelin avattua määräluettelo tuodaan pohjaan *Liitä* -komennolla. Liitteessä 4 olevasta määräluettelosta selviää osan koko, malli, määrä, pituus, neliöpohjainen määrä ja mahdollinen eristys.

MagiCAD *Bill of Materials* -valikosta voi *MagiCAD Export* (kuva 23) -toimintoa käyttäen editoida ja luoda yksityiskohtaisempia määräluetteloita. Tämä tehdään yllä mainittujen ohjeiden mukaan *Bill of Materials..* -painikkeen painamiseen asti, jonka sijaan sitten painetaan *MagiCAD Export...* -painiketta.

*Selected conf.* -alasetoivalikosta löytyy valmiita luettelomalleja mutta listoja voi editoida ja lisätä tarpeen mukaan. Kuvan 24 mukaan on valittu valmiin mallin "iv-laitteet" -

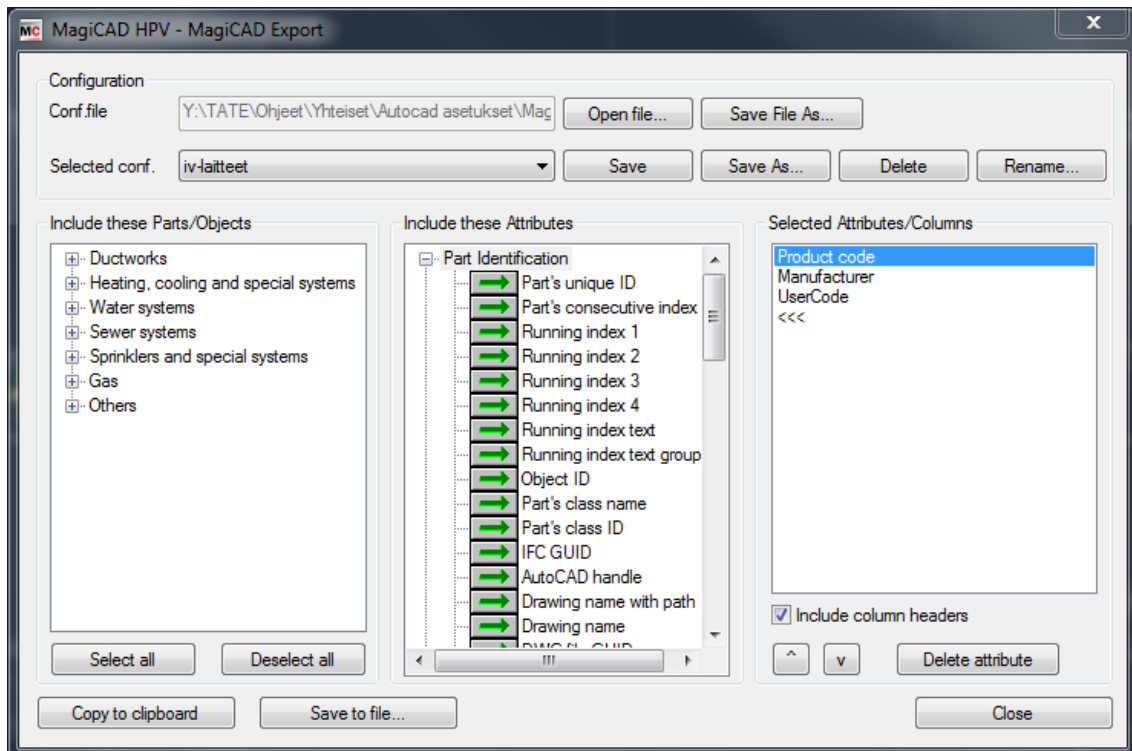
luettelon johon sisältyy attribuutit (eng. Attributes): ”Product code, Manufacturer ja UserCode”. Attribuutteja saa lisättyä painamalla haluttua vihreää nuolta *Include these Attributes* -kohdassa. Tämän jälkeen attribuutti siirtyy *Selected Attributes/Columns* -kohtaan. *Selected Attributes/Columns* -kohdassa olevien attribuuttien järjestystä voi siirtää *delete attributes* -painikkeen vieressä olevien nuolien avulla.

Liitteessä 5 on esitetty Excel-pohjaan tuotu määräluettelo johon on käytetty yllämainittua luettelomallia ”iv-laitteet”. Listasta selviää *Selected Attributes/Columns* -kohdan mukaan malli, valmistaja ja tuotetunnus.

Vertailun vuoksi on tehty toinen listan johon on lisätty *Select Attributes/Column* -kohtaan järjestelmätieto, kerros, tuotetieto, mitoitusvirtaama (l/s), nopeus (m/s) ja painehäviö (Pa). Tuotettu määräluettelo on esitetty liitteessä 6. Tämän tapaista listaa voi myös esimerkiksi hyödyntää ilmanvaihtourakoitsijan avuksi. Jos päätelaitteet on asennettu, mutta säädöt vielä tekemättä voi urakoitsija nopeasti listan avulla katsoa tarvittavat säätöarvot työn nopeuttamiseksi. Luetteloita voidaan räätälöidä sitä käyttävien henkilöiden toivomusten mukaan. Näin saadaan niistä helposti luettavia ja sisältäen ainoastaan oleellinen informaatio. Jos suunnitelmat lisäksi on tehty MagiCAD Roomin avulla, saa listasta selville tarkkaan missä huoneessa kyseinen komponentti on. Liitteessä 6 huonetunnus selviäisi kohdasta ”Room/name”. Sarake on liitteessä tyhjä, koska MagiCAD Roomia ei ole käytetty kyseisten suunnitelmien teossa.

MagiCAD Exportin avulla voi yllä mainittuun tapaan myös tuottaa määräluetteloita esimerkiksi ainoastaan palopelleistä tai ilmanvirtasäätimistä, missä on kaikki tiedot asennuksesta. Kun heti projektin alussa merkkää MagiCAD:iin tarvittavat tiedot oikeisiin paikkoihin saa ne helposti kerättyä määräluetteloihin.

*MagiCAD Export* -toimintoa käyttäen on tärkeää huomioida, että ohjelmisto ei automaattisesti osaa laskea massoja yhteen, vaan jokainen osa on omanaan listassa. KSO-125 venttiileitä on esimerkiksi useita peräkkäin listassa.



Kuva 24. MagiCAD Export -toiminnon käynnistysikkuna.

Kuvankaappaus MagiCAD HPV-ohjelmasta.

## 5.2.2 Solibri Model Checker

Solibri Model Checker ohjelmalla määrälaskennan voi suorittaa *Informaatio talteenotto* (ITO) -välilehden kautta. Aukaistua ITO-välilehden ilmestyy liitteen 7 mukainen ikkuna, jonka kautta tulee valita itselleen sopiva säännöstö. Liitteen 7 *Valitse käytettävät informaation talteenotto -kuvaukset* -ikkunasta valitsin säännöstön ”Putket ja kanavat”, joka antaa tiedot putkien ja kanavien järjestelmästä, komponenttityypeistä, putkityypeistä yhteispituuksista ja lukumääristä. Liitteessä 8 on *Informaation talteenotto* -näkyssä säännöstön laskema määräluettelo. Laskelman voi käynnistää klikkaamalla 1. kuvaketta (kuvan 25). 3. kuvakkeesta (kuva 25) saa vaihdettua säännöstön jälkikäteen.

Solibrilta ei löydy valmista sääntöä, joka sisältäisi kaikki tarvittavat LVI-komponentit. Esimerkiksi ”Putket ja kanavat” -säännöstö ei sisällä IV-päätelaitteita tai kanavaeristeitä. Ohjelma mahdollistaa silti omien säännöstöjen luomisen, mikä on suhteellisen nopeaa ja helppoa.

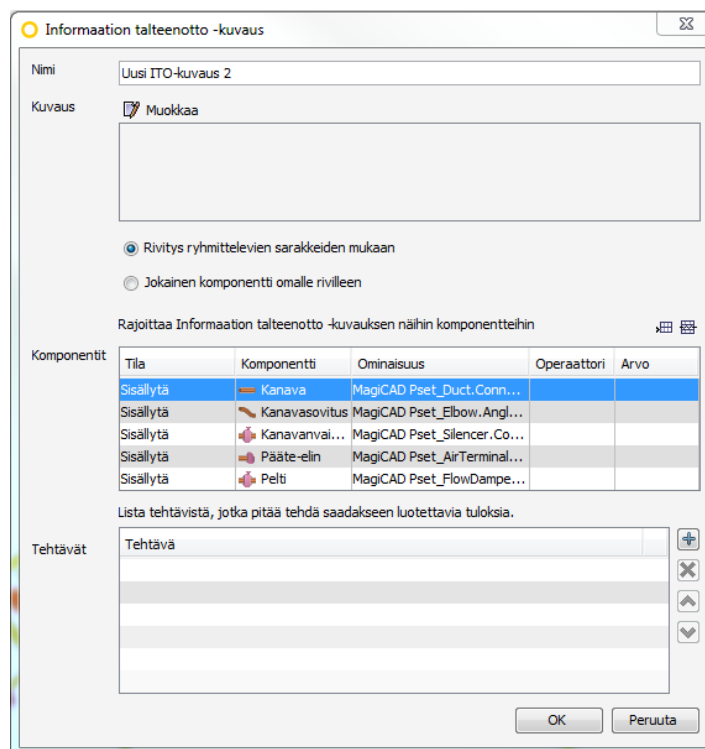


Kuva 25. Informaation talteenotto -näkymän työkalurivi.

Kuvankaappaus Solibri Model Checker -ohjelmasta.

### Säännösten luominen

Oman säännösten voi luoda painamalla kuvaketta nro. 2 (kuva 25) jolloin päästään kuvan 26 mukaiseen ikkunaan. Komponentti kohtaan on lisätty komponentit, jotka on haettu ohjelman laskevan. Tässä tapauksessa on lisätty komponenteiksi "kanava, kanavasovitus, kanavavaimennin, pääte-elin ja pelti". Ne komponentit, joita ei tässä lisätä, eivät näy määräluettelossa. Tästä johtuen on oltava tarkkana, että kaikki tarvittavat komponentit valitaan. Omaa sääntöä voi jälkepäin aina muokata kohdasta nro. 4 (kuva 25).



Kuva 26. Informaation talteenotto -kuvaus -näkymä.

Kuvankaappaus Solibri Model Checker -ohjelmasta.

Ennen laskennan suorittamista tulevat sarakkeet muokata omien ja projektin tarpeiden mukaan. Sarakkeista selviää, mitä tietoa raportissa näkyy. Suorittamalla *Laske kaikki* –

komento (nro.1, kuva 25), syntyy liitteen 9 mukainen lista, jossa näkyy valintojeni mukaan eri komponenttien koot, tyypit, pituudet ja lukumäärät. Painamalla 5.kuvaketta kuvassa 25 saa määrälaskelmista luotua raportin, jonka saa helposti siirrettyä taulukkolaskentaohjelmaan. Liitteessä 10 on tuottamani määräluettelo, joka on siirretty Excel taulukkoon, jossa listoja voi yksinkertaistaa tarpeen mukaan. Esimerkiksi kun raportti on siirretty Excel taulukkoon, näkyy kaikkien komponenttityyppien koot omilla sarakkeillaan. Liitteen 10 mukaan muokkasin taulukkoa niin, että kaikkien komponenttien koot näkyvät samassa sarakkeessa ”ConnectionSize\_mm” alla.

### **5.2.3 Tietomalliohjelmien erot**

Kun valitsee millä ohjelmalla tuottaa määräluettelon on hyvä perehtyä niiden eroihin ja niiden puutteisiin. MagiCADin automaattisesta määräluettelosta ei esimerkiksi saa määrätietoja järjestelmittain. Tämä taas onnistuu jos käyttää MagiCAD Export toimintoa tai Solibria. MagiCAD Export ja Solibri taas eivät laske putki- tai kanavaeristyksiä pinta-aloina. Eristeet näkyvät putki- ja kanavatiedon yhteydessä pituuksina.

Oman kokemuksen perusteella voin todeta, että MagiCADin automaattisesta määräluettelosta tuotettu määräluettelo on paljon helppokäyttöisempi mutta toiminnoiltaan ja ominaisuuksiltaan yksinkertaisempi verrattuna MagiCAD Exportiin ja Solibriin.

## **5.3 Määräluettelon käsittely ennen luovuttamista**

Ennen tuotetun määräluettelon luovuttamista eteenpäin on tärkeää käydä lista läpi ja tarkistaa ettei siinä ole turhia ja ylimääräisiä komponentteja. Määräluetteloita voidaan myös tässä vaiheessa muokata käyttäjän tai tilaajan tarpeiden ja toiveiden mukaan. Jos listat ovat urakkalaskentaa varten, voi joku urakkalaskennan suorittaja toivoa, että esimerkiksi ilmavirtasäätimet näkyvät erillisessä listassa, josta selviää myös niiden ilmavirrat ja painehäviö. Urakoitsija voi näin ollen hyödyntää listaa myös urakkalaskennan jälkeen asennus- ja säätövaiheessa.

On myös tärkeää miettiä, mitä kaikkea haluaa määräluetteloihin listata ja mitkä osat voivat haitata listan selkeyttä. Tekemieni haastatteluiden pohjalta selvisi, että on havainnollisempaa ja selkeämpää käyttää ainoastaan standardikulmia (esimerkiksi 30°,

45° ja 90°) mallinnuksessa. Jos määräluetteloon on päässyt niin sanottuja ”ei vakio” osia (esimerkiksi 36°, 44°), tulee niiden muuttoa standardikulmaiseksi harkita. Jos näitä ”ei vakio” kulmia jossain kohteessa väistämättä joutuu käyttämään, tulee ne toki listata määräluetteloon. Jos suunnitelmat on tehty MagiCAD:llä voi määräluetteloon ilmestyä erikoisosia, kuten ”distribution box” jota käytetään IV-suunnittelussa, sekä kanavien ja putkien yhdysliittimiä. Tapauskohtaisesti on mietittävä halutaanko nämä listaan mukaan vai ei. Määräluetteloon voi päästä myös *flownode*-osia, jotka ovat ohjelman tulostamia virtaamaliitoksia, eivät putkistojen tai kanavien osia. Nämä tulee selkeyden vuoksi poistaa listasta.

MagiCAD-suunnitelmissa on myös usein viivapiirrolla tehtyjä komponentteja. Viivapiirroilla tehdyt komponentit eivät näy määräluetteloissa. Jos näiden komponenttien on syytä näkyä, tulee ne lisätä jälkeensä itse, tai mainita erikseen, että ne puuttuvat. Esimerkiksi IV-suunnitelmissa voi viivapiirrolla tehdyt komponentit olla keittiöhuuvia, raitisilmakammioita tai avoimiin kanavien päihin tulevia verkkoja tai puhallus/imukartioita.

On myös komponentteja joita harvoin mallinnetaan, tai piirretään ja sen takia jäävät pois määräluetteloista. Esimerkkejä tämän kaltaisista komponenteista ovat kannakkeet, muoviputkien suojaputket sekä pienet mutkat pienissä putkissa. Nämä komponentit on myös hyvä mainita esimerkiksi tietomalliselostuksessa, jotta urakkalaskija tietää sisällyttää ne urakkalaskentaan.

Tuotettujen määräluetteloiden otsikkorivit ja komponenttien nimet ovat myös hyvä tarkastaa ennen luovuttamista. Solibri Model Checker:llä ja MagiCAD:llä tuotettujen listojen otsikkorivit ja komponentit (esim. duct, flow damper, silencer) tulostuvat automaattisesti englanniksi. Excel-taulukon kautta nämä voi selkeyden vuoksi manuaalisesti suomentaa tai vaihtaa toivotulle kielelle.

Urakkalaskennan hintaan vaikuttaa myös missä olosuhteissa työt tehdään. Esimerkiksi jos työskentelytila on korkealla, työt joudutaan suorittamaan ahtaassa paikassa tai kuilussa voi työn hintaan kuuluva lisä olla työehtosopimuksen (LVI-toimialan Työehtosopimus s. 97, 141) mukaan jopa 50 %, joka tietysti vaikuttaa loppuhintaan huomattavasti.

Monet erikoisolosuhteissa tehtävät työt vaativat myös erikoisvarusteita jotka nostavat urakan hintaa. Korkeissa tiloissa tehtävät työt vaativat esimerkiksi nostimia, jotka monesti joudutaan vuokramaan.

On aikaa vievää jos urakkalaskija joutuu tasokuvista itse etsimään ja arvioimaan nämä erikoisolosuhteet. Tämän takia olisi hyvä jos määräluetteloon saisi lisättyä tiedon osien asennustilasta, esimerkiksi kuiluihin ja korkeisiin tiloihin asennettavien osien määrä. Jos tämä tieto on saatavissa suoraan määräluettelosta, ei urakkalaskijan tai urakoitsijan erikseen tarvitse selvittää ja laskea erikoistilojen määriä. Toinen vaihtoehto olisi, että annettaisiin tietomalli urakoitsijalle, jonka avulla hän voisi tutkia vaikeat asennusolosuhteet ja lisätä niistä syntyvät kustannukset urakkahintaan.

## **5.4 Määräluettelo ja laiteluettelo**

On myös komponentteja, jotka voi olla hyvä jättää pois määräluettelosta ja listata erillisiin laiteluetteloihin. Näitä ovat tärkeimmät ja paljon tietoa sisältävät koneet ja laitteet, kuten IV-koneet, pumput ja vedenjäähdytyskoneet. Komponentit jätetään pois määräluettelosta muun muassa koska ne monesti hinnoitellaan poikkeavasti ja niiden runsas tietosisältö selviää paremmin laiteluettelosta. Laitteet on kuitenkin hyvä merkitä malliin tilavarauksina, jotta niiden koko, sijainti ja tunnukset selviävät. Näin ollen voi laitteita ympäröivän tekniikan helposti suunnitella ja laitetunnuksen kautta tekniset tiedot on helposti saatavissa laiteluettelosta. Jos tilavaraukset tehdään MagiCAD:in ”distribution box” -toiminnolla on muistettava poistaa kyseiset kohdat määräluettelosta, jotta epäselvyyksiä ei synny.

IV-koneet poikkeavat myös urakkalaskennassa muista määräluettelossa olevista osista, joten urakkalaskennan kannalta ei saa sisällyttää koneita samaan määräluetteloon. Kun kanava- ja putkiosien hinnat otetaan usein suoraan tuotevalmistajien tukkuhinnoista, tehdään koneista usein erillinen tarjouspyyntö suoraan laitevalmistajalle. Tämän takia voi olla parempi, että koneet ovat erikseen laiteluettelossa. Laiteluettelot voi sitten suoraan lähettää laitevalmistajalle, joka hinnoittelee laiteluettelon mukaiset laitteet.

Urakkalaskennan yhteydessä lisätään toki näihin hintoihin aina myös kate ja asennushinta.

On kuitenkin aina tärkeää eritellä laitteet, jotka eivät näy määräluettelossa, joten laskija tietää poimia ne suoraan laiteluettelosta.

## 5.5 LVI-suunnittelijan mallipohja määrälaskentaan

Liitteessä 11 on suunnitteluohje jota voi käyttää pohjana, kun kerrotaan suunnittelijan näkemys laskentamateriaalin sisällöstä. Tekstidokumentissa suunnittelija voi itse vapaamuotoisesti kuvailla haluamansa asiat. Dokumentti voi muun muassa sisältää listoja komponenteista, joita ei ole listattu määräluetteloihin, mallin tarkkuustasosta ja mahdollisia lisähuomautuksia. Tämän kaltainen dokumentti on ehdoton urakkalaskennassa. Tämän dokumentin avulla urakkalaskija osaa huomioida mitkä komponentit hänen on laskettava erikseen, jonkun muun dokumentin perusteella.

Liitteessä 12 on suomennettu esimerkkimääräluettelo vesisuunnitelmista. Samankaltaisia määräluetteloita tehdään myös muista projektissa olevista suunnitelmista, kuten lämmitys- ja jäähdytysuunnitelmista.

## 5.6 Erikoistapaukset

On myös erikoistapauksia jossa hankinta on rakennusurakaan kuuluva, mutta asennus LVI-urakkaan ja toisin päin. Pesuallaiden hankinta kuuluu esimerkiksi rakennusurakoitsijalle, mutta siihen liittyvät putkiasennukset putkiurakoitsijalle. Nämä on hyvä merkitä erikseen, jotta urakkahinnoittelussa on selkeää kuka lisää mitkä kustannukset omaan laskelmaan. Tämän kaltaiset tapaukset voi esimerkiksi aina merkitä määrälueteloon huomautuksena komponentin jälkeen. Esim. ”Pesuallas xxx, Huom. (hankinta RU, asennus PU)” (Katso liite 12).

Samankaltaisia tapauksia on myös jossa automaatiourakoitsija hankkii tuotteen ja putkiurakoitsija asentaa sen. Kyseessä voi esimerkiksi olla venttiili. Tämä merkittään määrälueteloon samalla periaatteella: "Venttiili xxx, Huom. (hankinta AU, asennus PU)".

Palokatkojen lukumäärät on toinen erikoistapaus, joka määrälaskijan tai LVI-suunnittelijan on huomioitava. Palokatkoihin liittyvät asennustyöt jakautuvat LVI- ja rakennusurakkaan. LVI-urakkaan kuuluu esimerkiksi palopeltien asennus, kun taas ra-



kennusurakkaan kuuluu kanavia ja metalliputkia varten tehtyjen reikien tiivistys. LVI-suunnittelijalla on tieto palokatkojen määrästä. Hänen on varmistettava, että tämän tiedon saa joku rakennuspuolella, joka voi sen välittää heidän urakkalaskentaa tekeville henkilöille.

## **6 POHDINTAA**

LVI-määräluettelo tuotetaan vielä harvassa hankkeessa tietomallista ja on monelle urakoitsijalle ja suunnittelijalle uusi asia. Yhteisiä määrättyjä pelisääntöjä tietomallinnukselle ei vielä ole, vaan ne sovitaan, joka hankkeen alussa erikseen useimmiten ohjeistuksen kuten ”Yleiset tietomallivaatimukset 2012” mukaan. Samalla kun tietomallipohjaisen määräluettelon avulla säästyy resursseja ja aikaa niin tuo se myös uusia huomioon otettavia asioita.

### **6.1 Eri osapuolten vastualueet**

Jos urakkalaskenta perustuu tietomallista tuotettuun määräluetteloon ja määräluettelossa on virhe, jonka seurauksena urakkalaskentaprosessiin tulee virhe. Kuka sitten on vastuussa tästä virheestä? Onko se suunnittelija, joka on listan tehnyt vaiko urakoitsija, joka ottanut listan vastaan ja sen perusteella laskenut urakan hinnan?

Vastuukysymykset tulisi aina määritellä erikseen sopimuskohtaisesti jokaisessa rakennushankkeessa, koska yhteisiä sääntöjä ei vielä ole. Vastuu voi olla esimerkiksi suunnittelijalla, urakoitsijalla tai rakennushankkeeseen ryhtyvällä.

BuildingSmart Finland on laatinut YTV:tä tukevan ohjeen määräluetteloiden tuottamiseen urakkalaskentaa varten. Näissä ohjeissa lukee vastuuhenkilöihin liittyen, että ”määräluetteloiden oikeellisuuden juridinen vastuu on rakennushankkeeseen ryhtyvällä osapuolella”.

Ohjeissa lukee myös että ”tilaajalta tulee saada kuvaus menettelystä, miten toimitaan jos laskentamateriaalissa on huomattava poikkeama kohteeseen todellisesti asennetuissa määrissä tai muussa hintaan vaikuttavissa tekijöissä”. Kyseinen kuvaus selkeyttää toi-

mintaperiaatetta virheen tapahtuessa. Eli virheen sattuessa kaikki osapuolet tietävät miten edetä. Tämän myötä saataisiin myös tietomallipohjaisen projektiin liittyminen selkeämmäksi ja houkuttelevammaksi.

BuildingSmart Finlandin ohjeissa kerrotaan että määräluettelon toimittajan vastuulla on tuottaa määräluettelot samalla tarkkuudella, kuin mitä rakennushankkeeseen ryhtyvä osapuoli on hankkeen alussa vaatinut.

Myös konsulttitoiminnan yleisissä sopimusehdoissa 2013 lukee että suunnittelija vastaa siitä, että hänen luovuttamansa työ on sopimuksen mukainen ja täyttää kaikki vaatimukset. Suunnittelija on myös näiden sopimusehtojen mukaan vastuussa tilaajalle aiheutuneista vahingoista. Esimerkki vahingosta voi olla, että määräluetteloon on vahingossa merkitty väärä tieto. Määräluettelossa lukee esimerkiksi, että kaikki palopellit ovat kokoa 500 vaikka niiden tulisi olla kokoa 250. Näin ollen jos työmaalle on tullut suuri määrä väärän kokoisia komponentteja, on tämä suunnittelijan vastuulla ja korvattava. Suunnittelijan ei kuitenkaan, ellei toisin sovita, konsulttitoiminnan sopimusehtojen mukaan tarvitse korvata enempää kuin sopimuksessa olevan koko toimeksiannon palkkion.

On myös tilanteita, joissa on jäänyt tietoa pois määräluetteloista. Näissä tapauksissa suunnittelijan vakuutus ei korvaa summaa, koska tilaajalle ei varsinaisesti ole koitunut tästä vahinkoa. Vaikka urakkahinta nousee kun puutteelliset määrät lisätään, on hinta silti se, mikä sen alun perin olisi kuulunut olla. Suunnittelijan sopimuksessa voi hankekohtaisesti lukea, että suunnittelija ei ole vastuussa määrien tai kustannuksen oikeellisuudesta.

Yleiset tietomallivaatimukset osa 6 kertoo asiasta myös seuraavan: ”mahdolliset huonosta laadusta aiheutuvat kustannukset koituvat lopulta pääsääntöisesti tilaajan hoidettaviksi pois lukien selkeät suunnitteluvirheet, jotka suunnittelija sopimuksensa mukaisesti joutuu korvaamaan”. (YTV osa 6, 2012, s. 13)

Laadunvarmistuksia tulee tehdä tietomallin laadun varmistamiseksi. Suunnittelija voi tehdä laadunvarmistuksen itse tai voidaan palkata ulkopuolisen konsultin sen suorittamiseen.

Laadunvarmistuksen kautta voi ennaltaehkäistä vastuukysymyksiin liittyviä tilanteita. Määrälaskentaan joutuvien virheiden määrää on mahdollista pienentää esimerkiksi laadunvarmistavan tarkastuslomakkeen kautta. Tarkastuslomake tulee ottaa käyttöön jokaisessa mallinnushankkeessa. ”Yleiset tietomallivaatimukset 2012” osassa 6. löytyy esimerkki tarkastuslomakkeesta (liite 13).

Yleisissä tietomallivaatimuksissa 2012. lukee lomakkeeseen liittyen että: ”Suunnittelijan tarkastuksesta täytetään liitteen 1 mukainen tarkastuslomake. Vähimmäisvaatimuksena on lomakkeen kohtien läpikäynti ja niiden osalta tilanteen hankkeen osapuolet toteaminen. Kunkin suunnittelualan yksityiskohtaiset vaatimukset ovat ensimmäisenä pätevyysjärjestyksessä. Mahdolliset muut huomiot tulee kirjata”. (YTV osa 6, 2012, s. 13) Kyseisen tarkastusraportin voi liittää suunnittelijan laatimaan suunnitteluohjeeseen, johon määrälaskijan tulisi tutustua huolellisesti ennen laskentaa.

Yleisissä tietomallivaatimuksissa 2012 lukee silti, että suunnittelija on kaikissa tilanteissa vastuussa toimittamiensa tietomallien laadusta. Tilaajan tai tietomallien laadunvarmistajan hyväksyntä ei poista tai vähennä suunnittelijan vastuuta. Vastuu on siis virheentekijällä eikä sillä, joka ei virhettä huomannut. (YTV osa 6, 2012, s. 13)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 6 sanoo laadunvarmistuksesta vastaavasta henkilöstä seuraavan: ”Suunnitteluryhmän laadunvarmistukseen tulee olla nimetty vastuuhenkilö ja hänen ollessaan estyneenä varahenkilö. Vastuuhenkilö voi olla esimerkiksi pääsuunnittelija, rakennuttajakonsultti tai muu tilaajan valtuuttama asiantuntija. Myös jokaisen suunnittelutoimiston on nimettävä toimiston sisäisestä tietomallien laadunvarmistuksesta vastaava henkilö”. (YTV osa 6, 2012, s. 21)

Kun vaihtoetoja vastuun kantamiseen on näin monta, on tärkeää saada selvät ja ymmärrettävät ohjeet. Ohjeet koskisivat hankkeen kaikkia osapuolia ja niitä noudatettaisiin kaikissa hankkeissa. Tällä hetkellä ”Yleiset tietomallivaatimukset 2012” on se ohjeistus, jota tulisi noudattaa mallintamisessa ja tietomallipohjaisiin määräluetteloihin liittyvissä asioissa. Yhteiset ohjeet selkeyttävät eri osapuolten projektiin liittymistä ja tuovat liittymiseen selkeyttä ja turvallisuuden tunnetta. Tietomallintamisen ja siitä tuotettavien määräluetteloiden yleistymisen kannalta on tärkeää tehdä siitä kaikkien hankkeen osa-

puolien näkökulmasta hyvä ja kannattava. Vastuunkantajien tulisi myös saada riskin ja vastuun mukainen korvaus.

## **6.2 Tietomallipohjaisen määräluettelon hyöty taloudellisesti**

Jos määräluettelo aina tulevaisuudessa otettaisiin tietomallista, muuttuisi myös koko urakkalaskentaprosessi. Suunnitteluun kuluisi hieman enemmän aikaa, mutta urakkalaskentavaihe nopeutuisi huomattavasti. Hyötykohtana olisi urakkalaskentaan käytettävän työmäärän merkittävä vähennys. Pekka Saarnio toteaa erikoistyössään ” Vaatimukset LVIA -töiden määrälaskenta-asiakirjoille” seuraavan: ”Rakennuttajalle LVI-tekniisten töiden tarkentuvasta määrälaskennasta aiheutuva lisäkustannus ei ole merkittävä saavutettaviin hyötyihin nähden”.

Jokaisessa hankkeessa useampi urakoitsija laskee urakkahinnan ja tarjouksen manuaalisesti, monen suunnitelman perusteella. Aikaa jokaiseen urakkalaskentaan kuluu joitakin viikkoja tietysti riippuen kohteen laajuudesta. Jos jokaisessa hankkeessa useampi urakoitsijaa suorittaa urakkalaskennan ja jokainen käyttää siihen useamman viikon, on samaan hankkeeseen käytetty runsaasti aikaa saman asian tekemiseen.

Huomioon ottaen miten monta uudis- ja saneerauskohtetta suomessa vuoden aikana on, niin on urakkalaskentaan kuluva tuntimäärä todella suuri. Otetaan esimerkiksi, että urakkalaskenta tehdään tuhansiin kohteisiin vuoden aikana ja keskimäärin urakkalaskentaan kuluisi muutama viikko. Sanotaan esimerkin vuoksi, että jos jokaisessa kohteessa kilpailutetaan viisi urakoitsijaa, kuluu urakkalaskentaan kymmeniä miestyövuosia.

Tietomallista tuotettu määräluettelo asettaa myös kaikille urakkalaskennan suorittajille samat lähtökohdat. Kaikki laskijat laskevat hinnat samoista määristä, jota myöten tarjous saadaan vertailukelpoisemmiksi. Isompien laskentavirheiden huomaaminen on myös helpompi, sillä hintojen ei pitäisi poiketa toisistaan merkittävästi.

Enää ei syntyisi tilanteita, joissa urakan voittaja on laskenut määrät väärin ja sen myötä saanut halvimman hinnan urakalle. Kyseinen tapaus on taloudellisesti huono. Kun laskentavirhe selviää, ei urakoitsija huonossa tapauksessa saa katetta työstään ja voi pahimmassa tapauksessa jopa jäädä tappiolle.

Tämän perusteella voi lopuksi todeta, että tietomallipohjaisen määrälaskennan käyttö, ehkäisee päällekkäistä sekä turhaa työtä ja on tämän takia hyväksi kansantaloudelle.

## 7 LÄTEET

BuildingSMART, International home of openBIM, Haettu 15.5.2015 osoitteesta:  
<http://www.buildingsmart-tech.org/>

BuildingSMART, Haettu 1.10.2015 osoitteesta:  
<http://www.buildingsmart.fi/uutiset.html?a100=18912>

Erkkilä, Juuso. 2015. Taloteknisen tietomallin informaatioisältö kiinteistön ylläpito-  
vaiheessa. Opinnäytetyö. Metropolian Ammattikorkeakoulu.

Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot KSE 2013. Haettu 31.10.2015 osoitteesta:  
[https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/kse\\_2013\\_0.pdf](https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/kse_2013_0.pdf)

Laine, Tuomas. 2008. Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa. Helsinki: Ra-  
kennustieto Oy.

Mäkinen, Anne. 2013. Tietomalli ja siitä saatavat työmaaraportit rakennushankeen ura-  
koitsijan näkökulmasta. Opinnäyte. Tampereen Ammattikorkeakoulu.

National BIM Standard-United States. Haettu 6.5.2015 osoitteesta:  
<http://www.nationalbimstandard.org/about.php>

PRO IT. Tuotemallitieto rakennusprosessissa. Haettu 8.5.2015 osoitteesta:  
[http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/tiedotteita/proit\\_news\\_maaliskuu2004.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/tiedotteita/proit_news_maaliskuu2004.pdf)

PRO IT. Nykyinen suunnittelurakentamisprosessi. Haettu 8.5.2015 osoitteesta:  
[http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset\\_tulokset/proit\\_prosessi\\_esiselvitys.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_prosessi_esiselvitys.pdf)

PRO IT. OP1.1 Selvitys IFC-spesifikaation tilanteesta. Haettu 8.5.2015 osoitteesta:  
[http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset\\_tulokset/proit\\_ifc\\_spesifikaatiot\\_selvitys.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_ifc_spesifikaatiot_selvitys.pdf)

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. Haettu 15.5.2015 osoitteesta:  
<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>

Teittinen, Toni. 2010. Erikoistyö. Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta.  
Tampereen teknillinen yliopisto: Rakennustekniikan koulutusohjelma.

Uusitalo, Heikki. 2013. Tietomallipohjaisen määrerienhallinnan hyödyntäminen raken-  
nustuotannossa. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto.

Järvinen, T ja muut. YTV OSA 1. 2012. Yleinen osuus. Yleiset tietomallivaatimukset  
2012.

Järvinen, T ja muut. YTV OSA 4. 2012. Talotekninen suunnittelu. Yleiset tietomallivaa-  
timukset 2012.

Järvinen, T ja muut. YTV OSA 6. 2012. Laadunvarmistus. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

Järvinen, T ja muut. YTV OSA 7. 2012. Määrälaskenta. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

# 8 LIITTEET

## Liite 1

The screenshot displays the Solibri Model Checker interface. The main window shows a 3D model of a building's MEP system with red and yellow ductwork. The interface includes a navigation pane on the left with 'Communication' highlighted, a 'Result Summary' table, a 'Results' list, and an 'Info' panel for a selected object.

**Navigation Pane:**

- File
- Model
- Checking
- Communication
- Information Takeoff
- COBie
- 3D

**Result Summary:**

Issue Count	Warning	Error	Info	Open	Close
2	6	3	0	0	0
Issue Density	0.027	0.081	0.040	0	0

**Results:**

- Intersections of Object [0/11]
- (A-4) Object.0.2 [0/5]
- (A-1) Object.0.31.1 [0/1]
- (A-4) Object.0.32.1 [0/1]

**Info Panel:**

(A-2) 2\_kerros

Property	Value
Name	2_kerros
Short Name	A-2
Application	Autodesk Architectural Desktop
Discipline	Architectural
Color Map	Architecture.material

**Bottom Status Bar:** Spaces updated with all components. Role: Harjoitus. Selected: 20,295.



The screenshot displays a BIM software interface with the following components:

- Top Panel:** Solibri Model Checker - LV\_Uusirakennus
- Navigation Bar:** Tiedosto, Malli, Tarkastus, Kommunikointi, Informaation talteenotto
- 3D View:** Architectural model showing rooms like 'Luentosali 029', 'Vierertelu 037', 'Vierertelu 036', 'Vierertelu 042', and 'Vierertelu 038'. Rooms are highlighted with pink and blue translucent volumes.
- Left Panel (Säämistö):**
  - Taloteknillisten komponenttien väliset leikkaukset
  - LV-mallin sisäiset leikkaukset
  - LV-mallin keskeiset leikkaukset (eristää e-ole huoneisto)
  - Tuulikomponentit
  - Eristysten ja muiden komponenttien väliset leikkaukset
  - Eristysten keskeiset leikkaukset
  - Sähkömallin sisäiset leikkaukset
  - LV-mallin ja sähkömallin keskeiset leikkaukset
  - Talotekniikka ja arkkitehtimalli
  - Komponenttien väliset leikkaukset
  - Talotekniikkakomponenttien esitys arkkitehtimallin komponentit
- Bottom Left Panel (Tulosten yhteenveto):**

Ilmoitusten lukumäärä	0	1	2	3	4	5
Ilmoitusten lukumäärä	0	0	0	283	0	0
Ilmoitusten tiheys	0.64	1.47	1.2			
- Bottom Right Panel (Tulokset):**
  - Jätelaina ja Objekti -komponenttien väliset leikkaukset [0/16]
  - Jätelaina ja Poistolaina likainen -komponenttien väliset leikkaukset [0/1]
  - Jätelaina ja Poistolaina toimisto metalli-ki -komponenttien väliset leikkaukset [0/0]
  - Jätelaina ja Tuulolaina toimisto metalli-ki -komponenttien väliset leikkaukset [0/0]
  - Jäähdytys IV ja Poistolaina toimisto metalli-ki -komponenttien väliset leikkaukset [0/1]
  - Jäähdytys IV ja Raatistilina -komponenttien väliset leikkaukset [0/1]
  - Jäähdytys ja Käyttövesi -komponenttien väliset leikkaukset [0/1]
  - Jäähdytys ja Lämmitys -komponenttien väliset leikkaukset [0/1]
  - Jäähdytys ja Raatistilina -komponenttien väliset leikkaukset [0/1]
  - Jäähdytys ja Tuulolaina toimisto metalli-ki -komponenttien väliset leikkaukset [0/0]
  - Jäähdytys ja Tuulolaina toimisto metalli-ki [0/29]
  - Käyttövesi ja Lämmitys -komponenttien väliset leikkaukset [0/2]
  - Käyttövesi ja Poistolaina toimisto metalli-ki -komponenttien väliset leikkaukset [0/0]
  - Käyttövesi ja Raatistilina -komponenttien väliset leikkaukset [0/2]
  - Käyttövesi ja Tuulolaina toimisto metalli-ki -komponenttien väliset leikkaukset [0/0]
  - Lämmitys IV ja Poistolaina toimisto metalli-ki -komponenttien väliset leikkaukset [0/0]
  - Lämmitys LV ja Raatistilina -komponenttien väliset leikkaukset [0/1]
- Bottom Right Panel (Info):**
  - Jäähdytys ja Tuulolaina toimisto metalli-ki
  - Kuvaus
  - Hyönteislinkki

Liite 3

The screenshot shows a 3D architectural model in a software application. The main view displays a grey rectangular slab supported by two yellow cylindrical columns. The background shows a wireframe grid with labels like '043', '042', '041', '040', '039', '038', '037', '036', '035', '034', '033', '032', '031', '030', '029', '028', '027', '026', '025', '024', '023', '022', '021', '020', '019', '018', '017', '016', '015', '014', '013', '012', '011', '010', '009', '008', '007', '006', '005', '004', '003', '002', '001'. A red rectangular area is highlighted on the slab, with the text 'KANTÄVÄ' written vertically next to it. The software interface includes a top toolbar with various icons, a 3D view window, and a bottom panel with a tree view, a table of statistics, and a list of errors/warnings.

**Tree View:**

- Säännöstö
- 1 uuden ikkunan komponenttien väiset leikkaukset
- LV1-mallin sisäiset leikkaukset
  - LV1-mallin keskinäiset leikkaukset (eristettä ei ole huomioi)
  - Tuolikomponentit
  - Eristeiden ja muiden komponenttien väliset leikkaukset
  - Eristeiden keskinäiset leikkaukset
  - Sähkömallin sisäiset leikkaukset
  - LV1-mallin ja sähkömallin keskinäiset leikkaukset
  - Talotekniikka ja arkkitehtimalli
    - Komponenttien väliset leikkaukset
    - Talotekniikka vs. ikkunat ja ovet
    - Talotekniikka vs. palkit ja pilarit (eristettä ei ole huomioitu)
    - Talotekniikka vs. muut rakennusosat (eristettä ei ole huomioitu)
    - Talotekniikka vs. kalusteet ja muut objektit
    - Eristeet vs. palkit ja pilarit
    - Eristeet vs. muut rakennusosat
    - Talotekniikkakomponenttien eikälisyys arkkitehtimallin komponentit

**Table:**

Tuulisten yhteenvedo				
	✓	⚠	✗	Raportti
Ilmoitusten lukumäärä	12	34	2	0
Ilmoitusten tilaus	0.053	0.15	0.0088	0

**Bottom Panel:**

- Info: Pilarikomponenttien leikkaukset
- Kuvasuus: Hyppelilinki

## Liite 4

MagiCAD HPV - Bill of materials							
Project:							
Date: 25.05.2015							
Range:							
Class	Size	Series	Product	N	L\[m]	Insul.\A [r s\[mm]	Surface\area [m2]
Duct	100	Pyöreä	BDEK-6-010		1.9		0.592
Duct	125	Pyöreä	BDEK-6-012		53.5		21.013
Duct	160	Pyöreä	BDEK-6-016		18.5		9.304
Duct	200	Pyöreä	BDEK-6-020		21.9		13.750
Duct	250/250/1	Pyöreä	BDEK-6-025		17.1		13.405
Duct	315	Pyöreä	BDEK-6-031		22.1		21.830
Duct	400	Pyöreä	BDEK-6-040		26.1		32.923
Bend-45	125	Pyöreä		16			0.651
Bend-60	100	Pyöreä		2			0.073
Bend-90	100	Pyöreä		1			0.063
Bend-90	125	Pyöreä		3			0.295
Bend-90	160	Pyöreä		6			0.964
Bend-90	200	Pyöreä		4			1.005
Bend-90	250	Pyöreä		2			0.785
Bend-90	315	Pyöreä		2			1.247
Bend-37	125	Pyöreä		2			0.065
T-branch-90	125/125	Pyöreä	BDET-1-012-012	1			0.101
T-branch-90	160/160/1	Pyöreä	BDET-1-016-012	3			0.380
T-branch-90	160/160/1	Pyöreä	BDET-1-016-012	1			0.127
T-branch-90	200/200/1	Pyöreä	BDET-1-020-010	1			0.124
T-branch-90	200/200/1	Pyöreä	BDET-1-020-012	4			0.626
T-branch-90	200/200/1	Pyöreä	BDET-1-020-012	2			0.313
T-branch-90	250/250/1	Pyöreä	BDET-1-025-012	1			0.194
T-branch-90	250/250/1	Pyöreä	BDET-1-025-016	1			0.251
T-branch-90	250/250/2	Pyöreä	BDET-1-025-020	1			0.317
T-branch-90	250/250	Pyöreä	BDET-1-025-025	2			0.805
T-branch-90	315/315/1	Pyöreä	BDET-1-031-012	1			0.243
T-branch-90	315/315/1	Pyöreä	BDET-1-031-016	3			0.939
T-branch-90	315/315/1	Pyöreä	BDET-1-031-016	1			0.313
T-branch-90	315/315	Pyöreä	BDET-1-031-031	1			0.639
T-branch-90	400/400/2	Pyöreä	BDET-1-040-020	1			0.497
T-branch-90	400/400/2	Pyöreä	BDET-1-040-025	3			1.882
T-branch-90	400/400/3	Pyöreä	BDET-1-040-031	2			1.601
Outlet	200/200/1	Pyöreä		4			0.440
Outlet	250/250/1	Pyöreä		2			0.275
Outlet	315/315/1	Pyöreä		8			1.386
Outlet	400/200	Pyöreä		1			0.556
Outlet	400/315	Pyöreä		1			0.556

Reduction	125/100	Pyöreä		13		0.061
Reduction	160/100	Pyöreä		1		0.015
Reduction	200/125	Pyöreä		3		0.070
Reduction	200/160	Pyöreä		1		0.013
Reduction	250/160	Pyöreä		2		0.071
Reduction	250/200	Pyöreä		3		0.059
Reduction	315/160	Pyöreä		1		0.076
Reduction	315/200	Pyöreä		1		0.056
Reduction	315/250	Pyöreä		2		0.063
Plug	160	Pyöreä	BDEG-1-016	1		
Plug	200	Pyöreä	BDEG-1-020	1		
Plug	315	Pyöreä	BDEG-1-031	1		
Plug	400	Pyöreä	BDEG-1-040	7		
Supply air device	100	T15	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	13		
Supply air device	160	T15	DKS/S-200-450(R2)+TRI/S-160(N)	3		
Supply air device	160	T22	TLB/A+TLB/B-160	4		
Extract air device	100	P1	KSO-100	2		
Extract air device	125	P1	KSO-125	17		
Extract air device	200	P22	TLB/A+TLB/C-200	2		
Extract air device	250	P7	AGC/N-400-150+PRI/F	2		
Flow damper	160	SP1	PRA-160	1		0.072
Flow damper	200	SP1	PRA-200	4		0.362
Flow damper	250	SP1	PRA-250	3		0.339
Flow damper	315	SP1	PRA-315	3		0.428
Silencer	160	ÄV3	PVA-160-900-50	1		0.452
Silencer	200	ÄV3	PVA-200-900-50	2		1.130
Silencer	250	ÄV3	PVA-250-900-50	2		1.413
Silencer	315	ÄV3	PVA-315-900-50	3		2.673
Cleaning cover				8		

## Liite 5

Product code	Manufacturer	UserCode
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
KSO-125	LL	P1
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-100	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-125	LL	P1
KSO-100	LL	P1
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	Halton	T15
TLB/A+TLB/B-160	Halton	T22
TLB/A+TLB/B-160	Halton	T22
TLB/A+TLB/B-160	Halton	T22
TLB/A+TLB/B-160	Halton	T22
TLB/A+TLB/C-200	Halton	P22
DKS/S-200-450(R2)+TRI/S-160(N)	Halton	T15
DKS/S-200-450(R2)+TRI/S-160(N)	Halton	T15
DKS/S-200-450(R2)+TRI/S-160(N)	Halton	T15
AGC/N-400-150+PRI/F	Halton	P7
AGC/N-400-150+PRI/F	Halton	P7
TLB/A+TLB/C-200	Halton	P22

Liite 6

System ID	System name	Storey name	Room / name	UserCode	Manufact	Product code	Description (User defined)	Sizing flow (l/s)	Velocity, sizing flow (m/s)	Pressure loss, sizing flow (Pa)
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	-	30.000	3,00	29
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	32
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	-	30.000	3,00	30
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	-	30.000	3,00	34
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	-	30.000	3,00	32
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	-	30.000	3,00	31
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	-	30.000	3,00	49
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	-	30.000	3,00	30
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	37
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	40
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	42
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	45
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	36
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	31
LIKA	Likainenpoisto	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	34
LIKA	Likainenpoisto	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	31
LIKA	Likainenpoisto	Kerros 2		P1	LL	KSO-100	-	10.000	4,64	32
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	43
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	46
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	38
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	31
LIKA	Likainenpoisto	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	38
LIKA	Likainenpoisto	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	44
LIKA	Likainenpoisto	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	32
LIKA	Likainenpoisto	Kerros 2		P1	LL	KSO-125	-	30.000	1,61	31
LIKA	Likainenpoisto	Kerros 2		P1	LL	KSO-100	-	15.000	3,32	37
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	-	30.000	3,00	29
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	-	30.000	3,00	28
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	-	30.000	3,00	30
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	-	30.000	3,00	32
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)	-	30.000	3,00	28
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T22	Halton	TLB/A+TLB/B-160	-	30.000	3,00	35
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T22	Halton	TLB/A+TLB/B-160	-	75.000	2,67	32
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T22	Halton	TLB/A+TLB/B-160	-	75.000	2,67	35
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T22	Halton	TLB/A+TLB/B-160	-	75.000	2,67	36
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T22	Halton	TLB/A+TLB/B-160	-	75.000	2,67	32
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P22	Halton	TLB/A+TLB/C-200	-	200.000	1,37	183
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-200-450(R2)+TRI/S-160(N)	-	60.000	3,58	36
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-200-450(R2)+TRI/S-160(N)	-	60.000	3,58	22
101TK	Tuloilma 101TK	Kerros 2		T15	Halton	DKS/S-200-450(R2)+TRI/S-160(N)	-	60.000	3,58	22
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P7	Halton	AGC/N-400-150+PRI/F	-	90.000	3,03	26
102PF	Poistoilma 102PF	Kerros 2		P7	Halton	AGC/N-400-150+PRI/F	-	90.000	3,03	23

**Solibri Model Checker - IFC**

Tiedosto Malli Tarkastus Kommunikointi Informaation talteenotto +

3D

Valitse vasemmanpuoleisesta listasta informaation talteenotto -kuvaukset, joita haluat käyttää. Kuvaukset, jotka eivät ole valittuja, eivät näy kuvauksissa.

**Informaation talteenotto -kuvaukset**

**Kuvaus**  
Tämä informaation talteenotto -kuvaukset raportin tilin pinta-ala tyypittään.

- Hiljälajien laskentaesimerkki
- Hypoteetit
- Kevyet rakenteet
- Kevyet ulkoiset
- Komponenttien status
- Kustannusraportti
- Puikot ja kanavat
- Päätelaitteet ja venttiilit
- Rakennemallin määrät
- Rakennusolosuhteiden kustannusarvioesimerkki
- Rakennusolosuhteiden määrät
- Tietyt
- Testit

+ Lisää informaation talteenotto -kuvauksia...

Tallenna valitut informaation talteenotto -kuvaukset oletuksena

OK Penuta

21,00 m

Info

Informaation talteenotto

Uusi Informaation talteenotto -kuvaukset...

Avaa Informaation talteenotto -kuvauksia...

Root: Määräasenta Valittuja: 0

Tervehdus Solibri Model Checker -ohjelmaan



# Liite 8

Soibri Model Checker - IFC

Tiedosto Malli Tarkastus Kommunikointi

Mallipuu IFC

21,00 m

Laske kaikki | Puitet ja kanavat | Pituus (vienti...) | Pituus (sprinkler-puitte) | Pituus (vesi...) | Lukumäärä

Kerros	Komponenttityyppi	Järjestelmä	Tyyppi	Neljänhahkasia	Pituus (kanavat)	Pituus (vienti...)	Pituus (sprinkler-puitte)	Pituus (vesi...)	Lukumäärä
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 1: Tulolinja 10 ITK	Pyöreä kana...	125 mm	40,78 m				22
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 1: Tulolinja 10 ITK	Pyöreä kana...	160 mm	8,93 m				9
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 1: Tulolinja 10 ITK	Pyöreä kana...	200 mm	3,55 m				3
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 1: Tulolinja 10 ITK	Pyöreä kana...	250 mm	7,78 m				5
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 1: Tulolinja 10 ITK	Pyöreä kana...	315 mm	13,93 m				11
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 2: Liikennosto	Pyöreä kana...	400 mm	10,36 m				6
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 2: Liikennosto	Pyöreä kana...	100 mm	1,88 m				5
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 2: Liikennosto	Pyöreä kana...	125 mm	603 mm				6
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 2: Liikennosto	Pyöreä kana...	160 mm	6,85 m				8
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 2: Liikennosto	Pyöreä kana...	200 mm	13,37 m				9
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 2: Liikennosto	Pyöreä kana...	315 mm	4,78 m				2
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 2: Liikennosto	Pyöreä kana...	400 mm	4,72 m				2
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 3: Postolinja 102PF	Pyöreä kana...	125 mm	12,09 m				24
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 3: Postolinja 102PF	Pyöreä kana...	160 mm	3,05 m				3
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 3: Postolinja 102PF	Pyöreä kana...	200 mm	4,63 m				9
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 3: Postolinja 102PF	Pyöreä kana...	250 mm	9,12 m				11
Kerros 2	Kanava	Järjestelmä 3: Postolinja 102PF	Pyöreä kana...	315 mm	2,64 m				6
Kerros 2	Kanavasovitus	Järjestelmä 1: Tulolinja 10 ITK	BDEF-1-0-05-...	400 mm	10,61 m				6
Kerros 2	Kanavasovitus	Järjestelmä 1: Tulolinja 10 ITK	BDEF-1-0-00-...						1
Kerros 2	Kanavasovitus	Järjestelmä 1: Tulolinja 10 ITK	inc_ProductC...						48
Kerros 2	Kanavasovitus	Järjestelmä 2: Liikennosto	inc_BreakoffC...						21

**Info** Kanava.1.58

Arvo

IFC

Talotekniikka

inc\_segment

Pyöreä kanaavat

Tommaallinen tyyppi

Z\_KANAVA-10ITK

Tulolinja 10 ITK

Kolmiasteys (rep)

MagCAD HPV 20.14.11

2a8715e5898989d9d1c01

BATID

**Luokittelu**

Kalustus

NS4300

Rakennusosat

Tietyt käyttökohteet

Tilojen käyttökohteet

**Valintakori**

Elvaintajukoja

Elvaintajukoja

Elvaintajukoja

**Informaation tallennus**

Info

Identiteetti

Stjanti

Määrä

Rebaot

Luokittelu

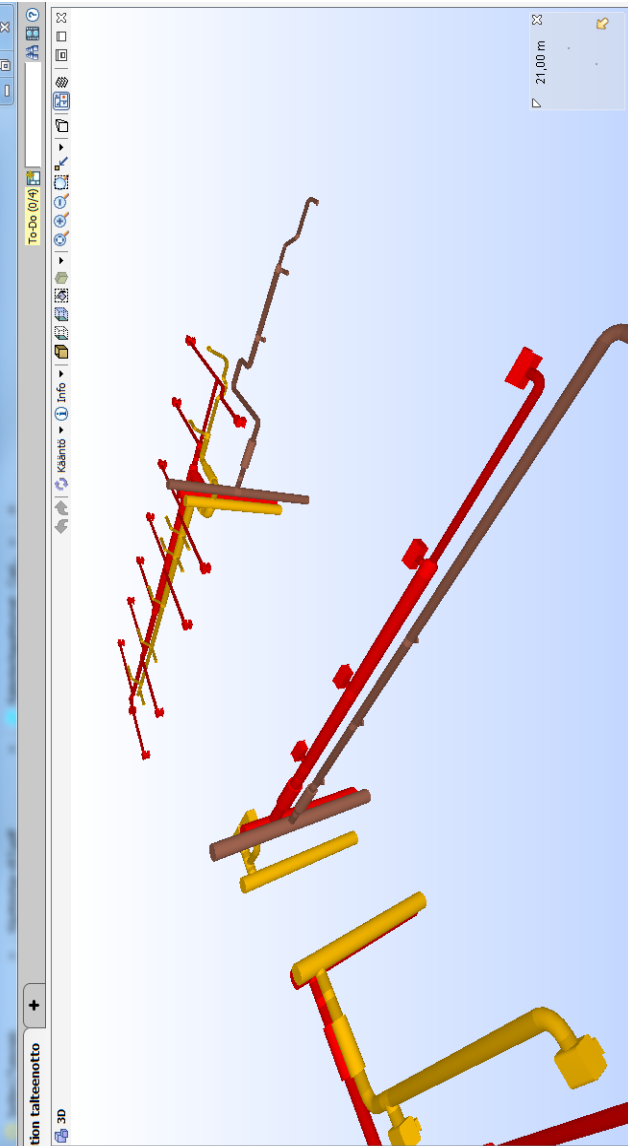
Hypesilnit

Root: Määräasetanta

Valittuja: 0



# Liite 9



MagiCAD Pst_Branch	Releabit	Määrä	Luokittelu	Hyperlinkki
Omniaus	Arvo			
Malli	IFC			
Suunnitteluala	Talotekniikka			
Nimi	mc_fitting			
Typi	mc_ProductCode			
Kuvaus	JUNCTION			
Toiminnallinen tyyppi	Z_KANAVALIKA			
Kuvataso	Liikennepolto			
Järjestelmä	Kolmeosasto (fore)			
Sovellus	MagiCAD FPI/2014.L1			
SUID	37167mm0guvCqCzdv			
BATID				

**Informaation talteenotto**

Komponenttityyppi	Tyyppi	MagiCAD Pst_DuctConnect...	MagiCAD Pst_Silencer Connecti...	MagiCAD Pst_Duct.Length...	MagiCAD Pst_Elbow.Angle...	Lukumäärä
Kanava	Priest kanavat	100		1886.0		5
Kanava	Priest kanavat	125		53467.0		52
Kanava	Priest kanavat	150		18535.0		20
Kanava	Priest kanavat	200		21595.0		21
Kanava	Priest kanavat	250		16904.0		16
Kanava	Priest kanavat	315		21354.0		19
Kanava	Priest kanavat	400		25692.0		14
Kanavamainen...	PVA-160-900-50	160				1
Kanavamainen...	PVA-200-900-50	200				2
Kanavamainen...	PVA-250-900-50	250				2
Kanavamainen...	PVA-315-900-50	315				3
Kanavasovitus	BOEF-1025-016					1
Kanavasovitus	BOEF-1040-025					2
Kanavasovitus	mc_ProductCode			37.0		2
Kanavasovitus	mc_ProductCode			45.0		15
Kanavasovitus	mc_ProductCode			60.0		2
Kanavasovitus	mc_ProductCode			90.0		18
Pelti	PRA-160			160		70
Pelti	PRA-200			200		1
Pelti	PRA-250			250		4
Pelti	PRA-315			315		3
Pakite-eln	AGCN-400-150-HRLJF					2
Pakite-eln	DGS(S-160-300(R)1)...					13
Pakite-eln	DGS(S-200-450(R)2)...					3

**Luokittelu**

- Kalustus
- NS3420
- Rakennusosat
- TESTI
- Luokitteluston
- Tilayhtymä
- Tilojen käyttötarkoitus

**Vainakori**

Eläinjalokkoja

**Info**

Kanavasovitus.1.1

**MagiCAD Pst\_Branch**

Identifikaatio	Sijainti	Määrä	Luokittelu	Hyperlinkki
Omniaus	Arvo			
Malli	IFC			
Suunnitteluala	Talotekniikka			
Nimi	mc_fitting			
Typi	mc_ProductCode			
Kuvaus	JUNCTION			
Toiminnallinen tyyppi	Z_KANAVALIKA			
Kuvataso	Liikennepolto			
Järjestelmä	Kolmeosasto (fore)			
Sovellus	MagiCAD FPI/2014.L1			
SUID	37167mm0guvCqCzdv			
BATID				

**Informaation talteenotto**

3D

Rooli: Määräyksien... Valittuja: 0

Liite 10

Komponenttityyppi	Tyyppi	ConnectionSize_mm	Duct Length_mm	Elbow Angle_deg	Lukumäärä
Kanava	Pyöreät kanavat	100	1886		5
Kanava	Pyöreät kanavat	125	53467		52
Kanava	Pyöreät kanavat	160	18535		20
Kanava	Pyöreät kanavat	200	21549		21
Kanava	Pyöreät kanavat	250	16904		16
Kanava	Pyöreät kanavat	315	21354		19
Kanava	Pyöreät kanavat	400	25692		14
Kanavanvaimennin	PVA-160-900-50	160			1
Kanavanvaimennin	PVA-200-900-50	200			2
Kanavanvaimennin	PVA-250-900-50	250			2
Kanavanvaimennin	PVA-315-900-50	315			3
Kanavasovitus	BDET-1-025-016				1
Kanavasovitus	BDET-1-040-025				3
Kanavasovitus	mc_ProductCode			37	2
Kanavasovitus	mc_ProductCode			45	16
Kanavasovitus	mc_ProductCode			60	2
Kanavasovitus	mc_ProductCode			90	18
Kanavasovitus	mc_ProductCode				70
Pelti	PRA-160	160			1
Pelti	PRA-200	200			4
Pelti	PRA-250	250			3
Pelti	PRA-315	315			3
Pääte-elin	AGC/N-400-150+PRI/F				2
Pääte-elin	DKS/S-160-300(R1)+TRI/S-100(N)				13
Pääte-elin	DKS/S-200-450(R2)+TRI/S-160(N)				3
Pääte-elin	KSO-100				2
Pääte-elin	KSO-125				17
Pääte-elin	TLB/A+TLB/B-160				4
Pääte-elin	TLB/A+TLB/C-200				2

**Kohde xxx**

**Rakennus xxx**

**LVI-MÄÄRÄLUETTELO-OHJE**

**MÄÄRÄLUETTELOON SISÄLTÖ**

*Oleellista tietoa määräluettelosta. Suunnittelija voi itse kuvailla esimerkiksi mitä määräluettelo sisältää ja ei sisällä.*

*Esimerkkisisältö:*

Tämän kohteen suunnitelmat on laadittu Magicad-3D suunnitteluohjelmalla, jonka määrälaskentaominaisuuksien avulla määräluettelo on tulostettu.

Määräluettelon käyttämisestä urakkalaskennan apuvälineenä päättää ko. urakoitsija, joka vastaa myös itse määräluettelon oikeellisuudesta ja oikein tulkinnasta.

Määräluettelo sisältää tasokuvissa ja leikkauspiirustuksissa esitetyt kanavistot, kanavistovarusteet, putkistot ja putkistovarusteet. Kaavioissa ja laiteluetteloissa esitetyt laitteita määräluettelo ei sisällä. Seuraavat täsmennykset ja poikkeukset on huomioitava:

- määrät on laskettu ilman hukkamääriä tai työvaroja
- työselityksen yms. asiakirjojen tekniset määrittelyt saattavat poiketa joiltain osin määräluetteloiden tuotekoodeista. Muiden suunnitteluasiakirjojen tekniset määrittelyt pätevät ennen määräluettelon tuotekoodeja.
- määräluettelossa esiintyvät "flownode"-tuotteet ovat ohjelman tulostamia virtaamaliitoksia, eivät ole putkistojen tai kanavien osia.
- kaikkia leikkauspiirustuksissa ja detaljipiirustuksissa esitettyjä asioita määräluettelo ei sisällä
- erikoisputkistojen osalta määräluettelo sisältää vain paineilma- ja happiputkien pituudet (ei putkiposti-, sprinkleri eikä kaasusammutusjärjestelmiä)
- laiteluetteloihin kirjatut laitteet eivät ole esitetty määräluettelossa

## Ilmanvaihto

*Tähän listataan ilmanvaihtosuunnitelmissa olevat komponentit, jotka eivät näy määräluettelossa.*

*Esimerkiksi:*

Määräluettelo ei sisällä lainkaan seuraavia asioita, joiden määrä on laskettava piirustuksista:

- kannakoinnit
- keittiöiden ja huuhteluhuoneiden huuvat
- ilmavirtasäätimien lisä-ääneneristykset
- ulkoilmasäleiköt ja lumisuojat
- Ilmanvaihtokoneiden kammiot ja niihin liittyvät äänenvaimennukset
- avoimiin kanavien päihin tulevat verkot ja puhallus/imukartiot
- haponkestävät savunpoistokanavat
- savunpoistopellit
- isot kytkentälaatikot ja –kammiot
- siirtoilmasäleiköt

*Erikoishuomautuksia tai kommentteja voi merkitä esimerkiksi seuraavasti:*

Määräluettelo tulkittava seuraavasti:

- palopellit mallia BSD ovat E-luokan palopeltejä, muut EI-luokan palopeltejä. SR merkityt pellit ovat savunrajoituspeltejä. Kaikkien peltien ohjaus ja varusteet tarkistettava muista suunnitelmista

## Lämmitys- ja jäähdytys

*Tähän listataan lämmitys- ja jäähdytysuunnitelmissa olevat komponentit, jotka eivät näy määräluettelossa.*

*Esimerkiksi:*

Määräluettelo ei sisällä lainkaan seuraavia asioita, joiden määrä on laskettava piirustuksista:

- putkieristykset
- kannakoinnit
- rakennuksen ulkopuoliset putkistot (esim. kaukolämmön liitosputket ja katusulatusputkistot)
- lattialämmitysputkistot
- lumensulatusputkistot
- kaukolämpökeskuksen, iv-pattereiden, kiertoilmakojeiden ja alaverkostojen ”pumppuryhmiin” kuuluvia putkia joihin liittyvät varusteet ja putket näkyvät toimintakaavioissa osin mitoitettuina. Siltä osin kuin mitoitukset kaavioissa puuttuvat (esim. iv-pattereilla), liitosputkien ja putkivarusteiden mitat ovat tasopiirustusten mukaiset. Tasopiirustuksissa pumppuryhmät on esitetty kaaviollisesti ja määräluetteloiden määrät on laskettu tasopiirustusten mukaisesti.

- putkien keskinäisistä risteilyistä johtuvat mutkailut kytkentäjohdoissa esim. kun kytkentäjohdot lähtevät rinnakkain tai päällekkäin sijaitsevista jakojohdoista patteriasennuksissa
- ilmanpoistot, tyhjennykset (joita ei ole esitetty myöskään piirustuksissa), ei myöskään ilmakelloja, vaikka ne on osittain piirustuksissa esitettykin
- verkostojen huuhteluun tarkoitettuja venttiilejä
- paisuntajohdot
- jakotukit ja jakotukkikaapit
- patterisulut
- muoviputkien suojaputkia

*Erikoishuomautuksia tai kommentteja voi merkitä esimerkiksi seuraavasti:*

Määräluettelossa on esitetty seuraavat asiat "päällekkäin" laiteluetteloiden kanssa, nämä määrät lasketaan laiteluetteloiden mukaan ja jätetään määräluetteloiden osalta laskematta:

- Pumput
- Varoventtiilit

## Vesi- ja viemäri

*Tähän listataan vesi- ja viemärisuunnitelmissa olevat komponentit, jotka eivät näy määräluettelossa.*

*Esimerkiksi:*

Määräluettelo ei sisällä lainkaan seuraavia asioita, joiden määrä on laskettava piirustuksista:

- putkieristyksiä
- jakotukkeja
- kalustekohtaisia sulkuja ja hanakulmarasioita
- muoviputkien suojaputkia
- putkien keskinäisistä risteilyistä johtuvat mutkailut vesijohdoissa esim. kalusteasennuksissa, kun kytkentäjohdot lähtevät rinnakkain tai päällekkäin sijaitsevista jakojohdoista
- sadevesikaivot, tarkastuskaivot ja pumppaamot
- asemapiirustuksissa esitetyt rakennuksen ulkopuoliset asennukset (esim. vesijohdon tonttijohto ja ulkopuoliset viemärit)

## Rakennusautomaatio

*Rakennusautomaatioon liittyviä huomautuksia.*

*Esimerkiksi:*

Automaation määräluettelossa on esitetty erilaisten huonesäätöjentyypin lukumäärät kerroksittain. Kokonaislaitemäärät saadaan laskemalla huonesäätökaavioista (071-1, 072-1...) laitteiden määrät ja kertomalla ne kunkin huonesäätötyypin kokonaismäärällä.

## **Erikoisputkistot**

*Erikoisputkistoon liittyviä huomautuksia.*

*Esimerkiksi:*

Määräluettelo sisältää erikoisputkistojen osalta ainoastaan paineilma-  
happiverkoston putkistopituudet. (ei putkiposti-, sprinkleri eikä kaa-  
susammutusjärjestelmiä)

LVI-  
määräluettelo  
Vesi- ja  
viemärlaitteet,  
pohjapiirustukset

Työ nro: xxx 15.10.2015

Rakennus xxx

TUOTE	KOKO	TUOTERYHMÄ	TUOTEKOODI	LUKU-MAARA	PITUUS (m)	HUOMAU-TUS	ERISTYS-PAKSUUS (mm)
Putki	12 Cu				99		
Putki	15 Cu				89		
Putki	18 Cu				87		
Putki	22 Cu				75		
Putki	28 Cu				88		
Putki	35 Cu				41		
Putki	42 Cu				31		
Putki	15 PEXSANI				10		
Putki	18 PEXSANI				22		
Putki	22 PEXSANI				33		
Putki	28 PEXSANI				11		
Käyrä-45	12 Cu			11			
Käyrä-45	15 Cu			2			
Käyrä-45	18 Cu			3			
Käyrä-45	22 Cu			2			
Käyrä-45	28 Cu			4			
Käyrä-90	12 Cu			20			
Käyrä-90	15 Cu			44			
Käyrä-90	18 Cu			32			
Käyrä-90	22 Cu			11			
Käyrä-90	28 Cu			25			
Käyrä-90	35 Cu			9			
Käyrä-90	42 Cu			5			

□

T-haara-90	12/12	Cu					31	
T-haara-90	12/15	Cu					21	
T-haara-90	15/12	Cu					5	
T-haara-90	15/15	Cu					68	
T-haara-90	15/18	Cu					8	
T-haara-90	18/12	Cu					8	
T-haara-90	22/12	Cu					4	
T-haara-90	22/15	Cu					25	
T-haara-90	22/18	Cu					10	
T-haara-90	22/22	Cu					8	
T-haara-90	22/28	Cu					2	
T-haara-90	28/12	Cu					6	
T-haara-90	28/28	Cu					2	
T-haara-90	35/18	Cu					17	
T-haara-90	42/42	Cu					6	
T-haara-90	15/12	PEXSANI					1	
T-haara-90	18/12	PEXSANI					1	
T-haara-90	22/15	PEXSANI					1	
Supistus	15/12	Cu					20	
Supistus	15/15	Cu					2	
Supistus	18/12	Cu					35	
Supistus	18/15	Cu					50	
Supistus	18/18	Cu					3	
Supistus	28/18	Cu					4	
Supistus	28/22	Cu					34	
Supistus	35/18	Cu					1	
Supistus	42/28	Cu					9	
Supistus	42/35	Cu					4	
Supistus	15/12	PEXSANI					65	
Supistus	15/15	PEXSANI					6	
Supistus	18/12	PEXSANI					1	
Supistus	18/15	PEXSANI					8	



Supistus	22/18	PEXSANI			6	
Supistus	28/22	PEXSANI			6	
Linjansäätöventtiili	10	LSV1			1	
Linjansäätöventtiili	15	LSV1			8	
Linjansäätöventtiili	20	LSV1			3	
Sulkuventtiili	10	SV1			11	
Sulkuventtiili	15	SV1			36	
Sulkuventtiili	20	SV1			22	
Sulkuventtiili	25	SV1			11	
Sulkuventtiili	32	SV1			9	
Sulkuventtiili	40	SV1			6	
Yksitieventtiili	15	1TIE			1	
Yksitieventtiili	20	1TIE			6	
Yksitieventtiili	25	1TIE			1	
Vesipiste		ALLAS1			23	Hankinta RU/ Asennus PU
Vesipiste		ALLAS3			6	Hankinta RU/ Asennus PU
Vesipiste		ALLAS22			9	Hankinta RU/ Asennus PU
Vesipiste		H3			8	
Vesipiste		H4			6	
Vesipiste		H5			1	
Vesipiste		KP			5	
Vesipiste		PPP1			1	
Vesipiste		WC			23	

□

