



Teknillinen tiedekunta
LUT Energia
Energiatekniikan koulutusohjelma

Maria Olkku

Tietomallintamisen aiheuttamat muutokset ja hyödyt
LVI-suunnitteluprosessissa sekä määrälaskennassa

Työn tarkastajat: Professori Risto Soukka
TkT Mika Luoranen

Työn ohjaaja: DI Osmo Massinen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Teknillinen tiedekunta

LUT Energia

Energiatekniikan koulutusohjelma

Maria Olkku

Tietomallintamisen aiheuttamat muutokset ja hyödyt LVI-suunnitteluprosessissa sekä määrälaskennassa

Diplomityö

2010

63 sivua, 15 kuvaa, 9 taulukkoa ja 4 liitettä

Tarkastajat: Professori Risto Soukka

TkT Mika Luoranen

Hakusanat: Tietomallintaminen, määräluettelo, määrälaskenta, LVI-suunnittelu

Tässä diplomityössä tarkastellaan tietomallintamista *eng. BIM (Building Information Modeling)* LVI-suunnittelun näkökulmasta sekä esitellään tietomallintamisen vaikutuksia ja hyötyjä suunnitteluprosessiin. Tietomallintaminen mahdollistaa esimerkiksi LVI-suunnittelijan tuottaman määräluettelon 3D-mallista, jonka seurauksena eri toimijoiden väliset rajapinnat tulevat luultavasti kokemaan muutoksia. Työssä vertaillaan käsin laskettuja ja 3D-mallista tuotettuja määräluetteloita toisiinsa. Työhön sisällytetään myös urakoitsijoiden haastatteluja, joissa pyritään selvittämään heidän näkemyksiään suunnittelijan tuottamiin määrätietoihin.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology
LUT Energy
Degree Programme of Energy Technology

Maria Olkku

The Benefits and Changes of Using Building Information Modeling in HPV Planning Process and Quantity Surveying

Master's thesis

2010

63 pages, 15 figures, 9 tables and 4 appendices

Examiners: Professor Risto Soukka

D. Sc. Mika Luoranen

Keywords: Building Information Modeling, bill of quantities, quantity surveying, heating, plumbing and ventilation engineering

The purpose of this Master's thesis is to study Building Information Modeling (*BIM*) in heating, plumbing and ventilation engineering. The theory part examines the necessity, benefits and potentialities of Building Information Modeling. In addition, different kinds of energy simulations are introduced. The main purpose is to study Building Information Modeling's impact on the whole planning process. 3D planning empowers the engineers to create an exact bill of materials straight from the 3D model. Furthermore, the duration of the quantity surveying process will decrease considerably as well. One aim of the work is to compare the differences between 3D model based and manual counted bills of materials. The thesis will also include interviews by the contractors to get their thoughts on the changes mentioned above.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun TIRTA-projektiin (*Tietomallintaminen rakentamisessa ja talotekniikassa*) talven ja kevään 2009–2010 aikana. Työn ovat mahdollistaneet TIRTA-projekti sekä Pöyry Building Services Oy.

Haluan lausua parhaimmat kiitokseni työni ohjaajana toimineelle diplomi-insinööri Osmo Massiselle kiinnostavasta työn aiheesta sekä lukuisista ideoista ja ohjeista työn edetessä.

Kiitokset kuuluvat työn tarkastajille professori Risto Soukalle sekä TkT Mika Luoraselle työn tekemiseen liittyvistä neuvoista. Kiitos työnantajalleni Pöyry Building Services Oy:lle mahdollisuudesta työn toteuttamiseen.

Lämpimät kiitokseni kuuluvat vanhemmilleni, jotka ovat aina kannustaneet minua tekemissäni valinnoissa. Ystäviäni sekä veljeäni kiitän tuesta ja seurasta opiskeluvuosinani. Mattia haluan erityisesti kiittää kaikista yhdessä koetuista hetkistä sekä loputtomasta kärsivällisyydestä opiskelujeni aikana.

Lappeenrannassa 23.4.2010

Maria Olkku

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO.....	5
1.1 Tutkimuksen tausta	8
1.2 Tutkimusongelmat	9
1.3 Tutkimuksen tavoitteet.....	9
1.4 Tutkimuksen rajaukset	10
2 TIETOMALLINTAMINEN JULKISEN RAKENTAMISEN	
TALOTEKNIKKARATKAISUISSA.....	
2.1 Tietomallin tarve.....	13
2.2 Mahdollisuudet ja hyödyt.....	14
2.3 Nykyinen suunnitteluprosessi.....	17
2.4 Tietomallintaminen tuo muutoksia suunnittelutyöhön	18
2.5 Talotekniikan tietomallin työkalut.....	22
2.5.1 IFC-tiedonsiirtostandardi.....	22
2.5.2 LVI-suunnitteluohjelmisto.....	23
2.6 Määrälaskenta	24
2.6.1 Määräluettelo suoraan tietomallista	25
2.6.2 Projektin kustannusrakenteen muutos	26
2.6.3 MagiCAD HPV ja määräluettelo	26
2.6.4 Perinteinen urakkalaskentavaihe muutoksen edessä	28
3 TIETOMALLIN HYÖDYT RAKENNUKSEN ELINKAAREN ERI	
VAIHEISSA.....	
3.1 Energiasimulointi.....	32
3.2 Olosuhde- ja virtaussimulointi.....	32
3.3 Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi.....	32
3.4 Ympäristövaikutusanalyysi	33
3.5 Analyysien tulokset.....	33
3.6 Käytännön kokemuksia analyysien teosta.....	33
3.7 Suunnitteluprosessin vaiheet malleittain.....	34
3.7.1 Inventointimalli.....	36
3.7.2 Vaatimusmalli	36

3.7.3 Tilaryhmämalli.....	36
3.7.4 Tilamalli.....	37
3.7.5 Alustava rakennusosamalli	37
3.7.6 Rakennusosamalli.....	38
4 SIRKKALAN KOULUN TIETOMALLIPOHJAINEN SUUNNITTELU.....	39
4.1 Manuaalisesti lasketun ja tietomallista tuotetun määräluettelon vertailu	39
4.1.1 Kanavat ja käyrät.....	40
4.1.2 Ilmanvaihtokoneet	43
4.1.3 Päätelaitteet	44
4.1.4 Muut tarvikkeet	45
4.2 Suunnittelun ja urakkalaskennan kustannusjakaumat.....	46
4.2.1 Ajankäyttö suunnittelussa, määrälaskennassa ja urakoinnissa	48
5 TUTKIMUSTULOKSET	49
5.1 Tietomallintamisen aiheuttamat muutokset ja hyödyt	49
suunnitteluprosessissa	49
5.2 Sirkkalan koulu	50
5.2.1 Suunnittelu ja urakkalaskenta	50
5.2.2 Käsien lasketun ja tietomallista tuotetun määräluettelon vertailu	50
6 TIETOMALLISTA TUOTETTU MÄÄRÄTIETO URAKOITSIJAN	
NÄKÖKULMASTA.....	53
6.1 Urakoitsijoiden haastattelu	53
6.1.1 Sirkkalan koulu	53
6.1.2 As Oy Auvisenrinne	54
6.2 Haastattelujen tulokset	55
6.2.1 Sirkkalan koulu	55
6.2.2 As Oy Auvisenrinne	57
6.2.3 Nykyisten sopimuskäytäntöjen muutostarpeet	59
7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	60
7.1 Tietomallintamisen tulevaisuuden näkymiä	62
7.1.1 Asennusten havainnollistaminen työmaalla.....	63

LÄHDELUETTELO

LIITTEET

LIITE I Määräluettelo MagiCAD HPV

LIITE II Urakoitsijan käsin laskema määrätieto

LIITE III Haastattelukysymykset As Oy Auvisenrinne urakoitsijalle

LIITE IV Haastattelukysymykset Sirkkalan ilmanvaihtourakoitsijalle

KUVALUETTELO

Kuva 1. 2D-dokumentti kappaleesta

Kuva 2. Tietomalli sisältää informaatiota kappaleesta

Kuva 3. Elinkaarikustannusten vaikutusmahdollisuuksien tunnistaminen jo suunnitteluvaiheessa

Kuva 4. Rakennuksen 3D-kuva, jossa on esillä LVIA-järjestelmät

Kuva 5. Tietomalliprosessin teoreettiset vaiheet

Kuva 6. Rakennustyömaan tehokkuus

Kuva 7. IV-konehuoneen 3D-kuva

Kuva 8. Tiedonsiirto yksittäisinä tiedostoina eri osapuolten välillä

Kuva 9. Projektipankkipohjainen tiedonsiirto

Kuva 10. Tietomalliperusteinen tiedonsiirto, jossa malli sisältää vain viimeisimmän suunnittelutiedon

Kuva 11. Sirkkalan koulun ilmanvaihdon 3D-näkymä

Kuva 12. MagiCAD määräluettelonäkymä

Kuva 13. Comfort & Energy -ohjelman esimerkinäkymiä

Kuva 14. Sirkkalan koulun arkkitehti-, rakenne-, LVIA- ja sähkösuunnittelun sekä määrälaskennan kustannukset

Kuva 15. Sirkkalan koulun ARK-, RAK-, LVIA- ja sähkösuunnittelun osuus ko. alan urakan kustannuksista sekä tulosteiden kustannusten osuus määrälaskennasta

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Tietomallin käytöstä saavutettavissa olevia mahdollisuuksia eri toimijoille

Taulukko 2. MagiCAD HPV -ohjelmasta tuotettu määräluettelo Excel-pohjassa

Taulukko 3. Talotekniikan tietomallinnus rakennusprosessin eri vaiheissa

Taulukko 4. Käsien laskettu ja tietomallista saatu ilmanvaihtokanavien määrätieto

Taulukko 5. Käsien laskettu ja tietomallista saatu ilmanvaihtokanavien käyrien määrätieto

Taulukko 6. Ilmanvaihtokoneet

Taulukko 7. Tulo- ja poistoilmaventtiilien lukumäärät

Taulukko 8. Suutinhajottimien lukumäärät

Taulukko 9. Sirkkalan koulun ilmanvaihto-urakan määrälaskenta-ajan erittely

KÄYTETYT MERKINNÄT

Lyhenteet

BIM	Building Information Model
CFD	Computational Fluid Dynamics
HPV	Heating, Piping and Ventilation
IFC	Industry Foundation Classes
LCA	Life Cycle Assessment
LCC	Life Cycle Cost Assessment

MagiCAD Comfort & Energy – ohjelmistokokonaisuus; sisältää ohjelmat

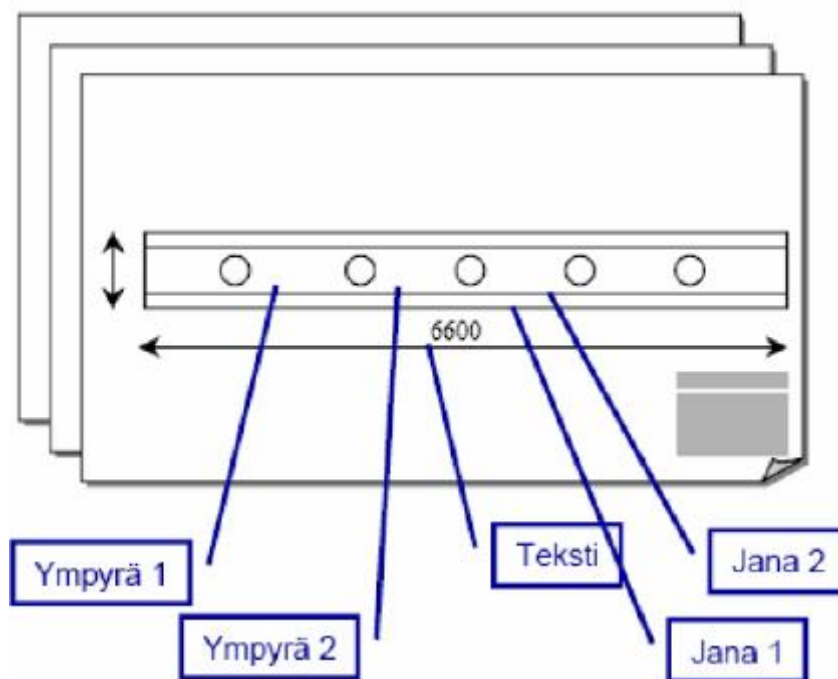
ROOM sekä RIUSKA

RIUSKA LVI-järjestelmien olosuhde- ja simulointiohjelma

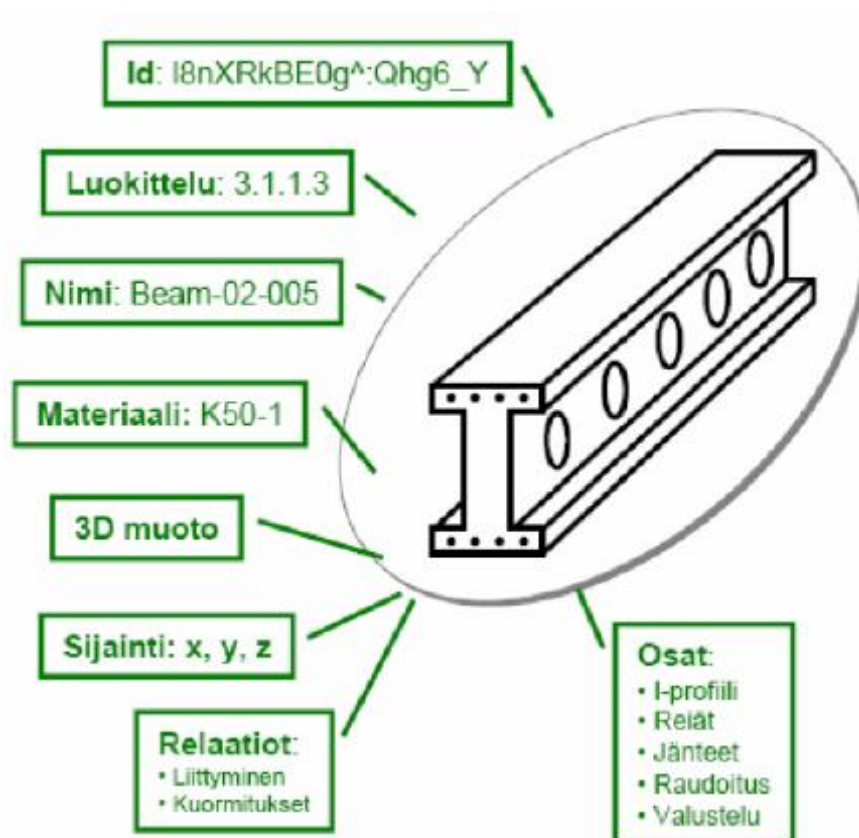
ROOM lämpöhäviöiden laskentaohjelma

1 JOHDANTO

Rakennusten suunnitteluprosessi on suuren muutoksen keskellä. AutoCAD-tyyppisestä 2D-piirtämisestä on useilla suunnittelualoilla siirrytty kolmiulotteiseen mallinnusprosessiin eli tietomallintamiseen, engl. *BIM (Building Information Model)*. Tämän tietomallin keskeisin ero 2D-suunnitteluun on tietomallin sisältämä tieto. Suunnitelmissa eivät seinät, ikkunat, lämpöpatterit, putket ja kanavat enää ole pelkkiä viivoja, vaan ne sisältävät tiedon muun muassa komponentin materiaalista, koosta ja sijainnista. Kuvissa 1 ja 2 havainnollistetaan 2D-suunnitelman ja tietomallin eroja. Tietomallintaminen tulee syrjäyttämään perinteistä suunnittelutyyliä lukuisten hyötyjensä ansiosta.



Kuva 1. 2D-dokumentti kappaleesta.

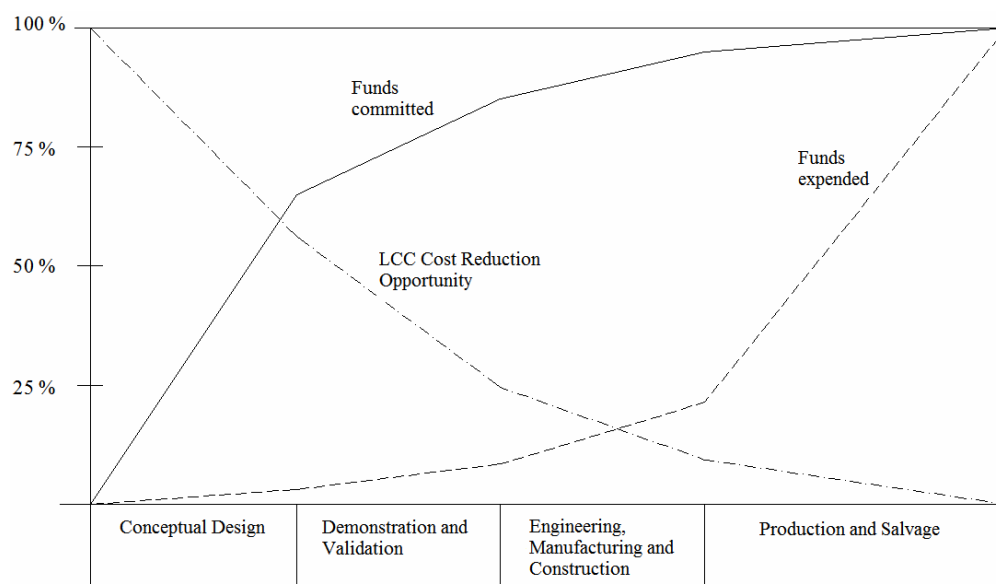


Kuva 2. Tietomalli sisältää informaatiota kappaleesta.

Perinteisestä suunnittelutyylisestä tietomallipohjaiseen suunnitteluun siirryttäessä tullaan läpikäymään yhtä raskas muutosprosessi, kuin mitä siirtyminen CAD-pohjaiseen piirtämiseen aikoinaan oli. Talotekniikan suunnittelussa suurimmat toimijat ovat jo ryhtyneet tietomallinnukseen ja LVI-tekniikan suunnittelu on mahdollista toteuttaa täysin tietomallipohjaisesti. Suunnittelija pystyy jo projektin alkuvaiheessa esittämään kolmiulotteisia hahmotelmia putkien ja kanavien reiteistä sekä koosta. Havainnollisuus on yksi tietomallintamisen valteista ja sen kautta tilaajat ja loppukäyttäjät voivat jo projektin alkuvaiheilla nähdä kolmiulotteisia helppotajuisia suunnitelmia.

Yhteisen mallin eri toimijoiden ja suunnittelijoiden kesken on mahdollistamassa avoin IFC-tiedonsiirtostandardi (*engl. Industrial Foundation Classes*). Tätä standardia kehittää vuonna 1995 perustettu IAI-järjestö (*engl. International Alliance for Interoperability*). Tarkoituksena on eri alojen suunnitelmien yhdistäminen ja vertailu.

Toki vielä epäselviä ja ratkaisemattomia ongelmiakin esiintyy tietomallipohjaisessa suunnittelu- ja rakennusprosessissa. Eri toimijoiden mukaan saamisessa ja perehdyttämisessä riittää työtä. Kokenutta suunnittelijaa voi olla vaikeaa saada vakuuttuneeksi tietomallista, varsinkin kompuroivan kehitysprosessin aikana. Toisaalta tilaaja ei osaa välttämättä edes pyytää tietomallintamista. Entä miten esittää tietomallintamisesta aiheutuva suunnittelukulujen lisääntyminen? Ovatko rakentamisen kustannukset tilaajalle edelleen tärkeämpi seikka kuin rakennuksen koko elinkaaren aikaiset kustannukset? Kuvassa 3 esitetään kustannusten määräytyminen (*Funds committed*) sekä kustannusten kertyminen (*Funds expended*) projektin eri vaiheissa. Oleellista kuvassa on myös elinkaarikustannusten osuus. Merkittävä osa elinkaaren aikaisista kustannuksista määräytyy jo suunnitteluvaiheessa. Toisin sanoen, mitä pidemmälle suunnittelu etenee, sitä vähemmän koko elinkaaren aikaisiin kustannuksiin pystytään enää vaikuttamaan. Tietomallipohjainen suunnittelu tulee tukemaan elinkaarikustannuslaskentaa antamalla työkaluja eri vaihtoehtojen vertailua varten projektin alkuvaiheisiin.



Kuva 3. Elinkaarikustannusten vaikutusmahdollisuuksien tunnistaminen jo suunnitteluvaiheessa. (Soukka R. 2009)

Tämän työn teoriaosuudessa käsitellään tietomallipohjaisen projektin eri vaiheet ja esitellään tietomallintamisen mahdollisuuksia, kuten

energiasimulaatioita. Lisäksi käsitellään määrälaskentaa sekä tietomallintamisesta aiheutuvia muutoksia suunnitteluprosessiin. Työn käytännön osuudessa lähestytään tietomallintamista LVI-tekniikan ja määrälaskennan kautta. Lisäksi syvennyttään tietomallintamiseen siirtymisestä aiheutuviin muutoksiin urakkalaskentavaiheessa. Työssä tullaan käsittelemään tietomallintamista esimerkkiprojektin kautta sekä haastattelemaan muutamaa urakoitsijaa.

1.1 Tutkimuksen tausta

Tämä diplomityö tehdään osana Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun TIRTA-projektiin (*tietomalli rakentamisessa ja talotekniikassa*) ja tietomallien tarkastelu kohdistetaan talotekniikan alaan, erityisesti LVI-tekniikkaan ja määrälaskentaan.

Tietomallintaminen on tällä hetkellä ajankohtainen kehityskohde suurimmissa suunnittelu- ja rakennusalojen yrityksissä Suomessa. Esimerkiksi LVI-suunnittelu pystytään toteuttamaan kokonaisuudessaan tietomallintamalla ja näin tehdäänkin. Myös koko suunnittelu- ja rakentamisprosessin viemisestä alusta loppuun tietomallintamalla on jo kokemuksia, mutta koko rakennusprosessin täydellinen mallintaminen ei vielä ole yleistynyt arkipäivän rutiiniksi.

Suomi on tietomallintamisen kehitystyössä kärkimaiden joukossa. Täällä tehdään kehitystyötä ja pilottiprojekteja, kun taas esimerkiksi Yhdysvalloissa sikäläinen asianajo- ja haastekulttuuri hankaloittaa jopa tietomallipohjaista suunnittelun ja rakentamisen kehitystyötä. Määrälaskennan osalta kerrottakoon, että esimerkiksi Keski-Euroopassa suunnittelija luo usein määrätiedon urakoitsijalle.

Tietomallintamista on tutkittu aiemmin ainakin Teknillisessä korkeakoulussa ja Tampereen teknillisessä yliopistossa. Aiheeseen liittyvät diplomityöt

käsittelevät tietomallintamista lähinnä sähkösuunnittelun ja siihen liittyvän määrätiedon kautta.

1.2 Tutkimusongelmat

Tämän diplomityön yhtenä päämääränä on tutkia jo suunnitteluvaiheen ohittanutta todellista projektia ja tarkastella tietomallin käytön aiheuttamia vaikutuksia siihen, kun projektia tarkastellaan joiltakin osin uudelleen tietomallipohjaisesti. Työssä käsitellään esimerkiksi tietomallin käytön vaikutuksia suunnitteluprojektiin sekä tietomallista suoraan saatavia tietohyötyjä, kuten määräluetteloja urakkalaskentavaiheessa. Tarkoituksena on käsitellä myös tietomallin käyttöön liittyviä ongelmia ja mahdollisesti esittää niihin ratkaisumalleja.

Suurena haasteena tietomalliin siirtymisessä on koko suunnittelu- ja rakennusprosessia koskevat taitekohdat. Tietomallin myötä suunnittelun rajapintoihin eri toimijoiden kesken tulee todennäköisesti muutoksia, joihin sopeutuminen vaatii aikaa. Siksi onkin tärkeää, että tulevista muutoksista saadaan tietoa etukäteen tutkimusten muodossa, jolloin muutosvastarintaan voidaan vaikuttaa edes hieman.

1.3 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteina voidaan mainita talotekniikan tietomallin käytön hyötyjen ja mahdollisten epäkohtien selvittäminen. Esimerkkiprojektin avulla saavutetaan käytännön tietoa tietomalliprojektista.

Tietomallin myötä urakkalaskentavaiheen määrälaskenta tulee kokemaan suuriakin muutoksia. Tietomallintamisen myötä suunnittelijan mallista on mahdollista tuottaa mallia vastaava määrätieto. Tämän diplomityön tarkoituksena on selvittää suunnittelijan ja urakoitsijan välisen rajapinnan muutoksia suunnittelijan tuottaessa määrätiedon urakoitsijan sijaan. Tärkeänä päämääränä on saada urakoitsijalta tietoa siitä, minkälaisessa muodossa suunnittelijalta tuleva määrätieto tulisi olla, jotta urakoitsija voisi sitä hyödyntää. Tähän asiaan keskitytään haastatteluosuudessa. Tässä työssä tullaan

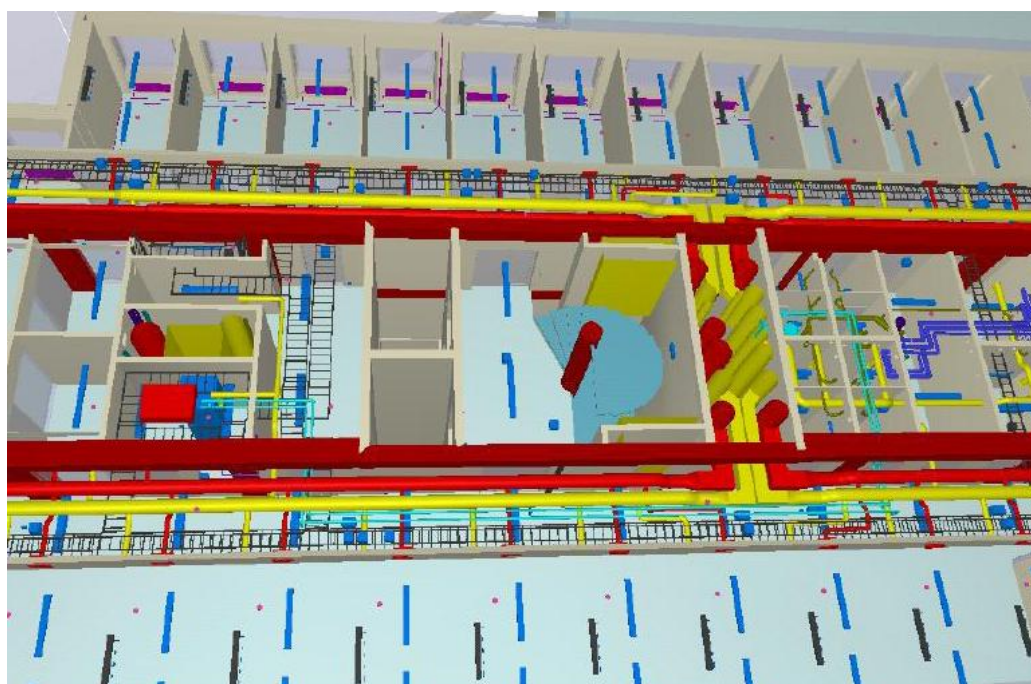
myös vertailemaan käsin laskettua määrätietoa MagiCAD HPV:n mallista saatuun määrätietoon sekä tutkimaan mahdollisia eroavaisuuksia määrissä.

1.4 Tutkimuksen rajaukset

Tässä diplomityössä tietomallin tarkastelu rajataan koskemaan talotekniikkaa, tarkemmin sanottuna määrälaskentaa ja ilmanvaihtojärjestelmiä. Työssä keskitytään urakkalaskentavaiheen muutoksiin suunnittelijan ja urakoitsijan välillä.

2 TIETOMALLINTAMINEN JULKISEN RAKENTAMISEN TALOTEKNIKKARATKAISUISSA

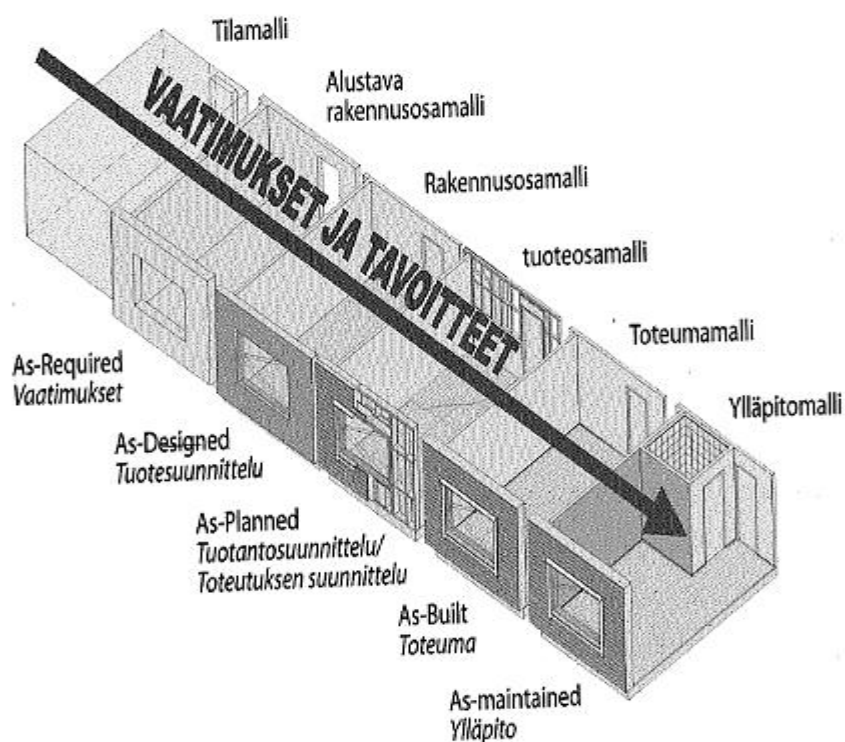
Tietomallintamista toteutetaan talotekniikan suunnittelussa jo jonkin verran, sillä nykyiset suunnitteluohjelmistot ovat kykeneviä täydelliseen LVI-mallintamiseen. Tämä tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että esimerkiksi ilmanvaihtokone ei ole piirustuksessa pelkkä kuutio, vaan se on mitoitettavissa oleva kolmiulotteinen tuotekomponentti. Myös esimerkiksi LVI-verkoston mitoitussominaisuutta hyödynnetään suunnittelussa. Koko suunnittelu- ja rakennusprosessin tietomallintaminen ei ole vielä käytössä yleisesti ohjelmistollisten puutteiden vuoksi ja näin sen aikaansaamat potentiaaliset hyödyt suunnittelutyöhön jäävät vielä laajalti käyttämättä. Pilottiprojekteja on kuitenkin esimerkiksi Senaatti-kiinteistöjen toimesta toteutettu. (Laine T. 2008 s.3) Kuvassa 4 on esimerkki tietomallista, jossa sekä LVIA-järjestelmät, että rakenteet ovat mallinnettu.



Kuva 4. Rakennuksen 3D-kuva, jossa on esillä LVIA-järjestelmät.

Tietomallintamisella yleisesti tarkoitetaan kokonaisvaltaista ja integroitua tapaa hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa. Tietomalli sisältää informaatiota rakennuksen tiloista, rakenteista, ominaisuuksista, mitoista ja

määristä. Tietomallia käytettäessä informaation hallinta helpottuu, kun paperikopiot vähenevät ja siirrytään sähköiseen tiedonsiirtoon. Tietomallitiedostoa päivitetään suunnittelu-, rakennus-, käyttö- ja ylläpitovaiheessa, jolloin viimeisin tieto on aina kaikkien osapuolten käytettävissä. Kuvassa 5 esitetään tietomallipohjaisen suunnitteluprojektin vaiheet tilamallista ylläpitomalliin. Yksi tietomallin tuomista hyödyistä suunnittelu- ja rakennusprosessiin on koko projektin parantunut hallinta. Tarkemmin mallin eri vaiheista kerrotaan luvussa 3. (Laine T. 2008 s.7)



Kuva 5. Tietomalliproessin teoreettiset vaiheet (Laine T. 2008. s. 8)

Tässä diplomityössä Senaatti-kiinteistöjen tietomallivaatimukset vuodelta 2007 nousevat esiin eri luvuissa. Tämä seikka johtuu siitä, ettei viranomaisilla ole vielä tietomalliohjeistusta, vaan Senaatti-kiinteistöjen ohjeet ovat tällä hetkellä kattavin kokonaisuus tietomallintamisesta Suomessa. Senaatin ohjeet eivät kuitenkaan ole täydelliset ja käytännön kautta saadun tietotaidon mukaan ne ovat joiltakin osin liian yksityiskohtaiset. Kehitystyötä tällä saralla riittää, ja mahdollisesti ko. tietomallivaatimuksista tulee ajallaan RT-korttien tyyppinen kokonaisuus.

2.1 Tietomallin tarve

Tietomallintamiseen siirtymistä puoltavat useat seikat. Yhden suunnitteluprosessin aikana sama informaatio luodaan nykyisellä suunnitteluprosessilla eri suunnitelmiin ja asiakirjoihin lukuisia kertoja. Kuinka paljon resursseja säästyisikään, jos samoja asioita ei tarvitsisi dokumentoida moneen otteeseen. Tämän lisäksi suunnitteluprosessissa on myös yhä tänä päivänä aivan liikaa informaatiokatkoksia eri toimijoiden kesken ja tietomallintamisen kautta tiedon kulku ja saatavuus paranisi huomattavasti. Tiedonhallintaan liittyy myös kuva 6, josta käy karrikoidusti ilmi rakennustyömaan toiminnan jakautuminen.



Kuva 6. Rakennustyömaan tehokkuus (Kiviniemi A. 2009)

Tuottavaa työtä on vain kolmannes tehokkaasta työajasta. Loppuajasta 40 % kuluu tarvikkeiden tai neuvojen odottamiseen ja 30 % tavaroiden siirtelyyn. Tietomallin avulla tuottavan työn osuutta pystyttäisiin varmasti parantamaan, kun projektin hallinta ja aikataulutus tehostuisi. Ennen kaikkea tietomalli on väline parempaan tuotteeseen eli rakennukseen. (Kiviniemi A. Dipoli 2009)

2.2 Mahdollisuudet ja hyödyt

Tietomallintamisen yleistyminen normaaliksi käytännöksi suunnittelutyössä avaa monia mahdollisuuksia eri osapuolille. Päästäksemme käsiksi tietomallin hyötyihin, tulee suunnittelualan ensin läpikäydä ja hyväksyä muutoksia vanhaan suunnittelutapaan ja -järjestykseen. Varsinkin työnjaot suunnittelijoiden, rakentajien ja tuotteiden toimittajien välillä tulevat mahdollisesti kokemaan muutoksia.

Tietomallintamisen avulla koko suunnittelu- ja rakennusprosessi tehostuu. Suunnittelijoiden välinen yhteistyö helpottuu, kun esimerkiksi rakennesuunnittelija ja LVI-suunnittelija pystyvät vertailemaan tuotoksiaan samassa mallissa. Lisäksi aikaa ja rahaa säästyy, kun urakkalaskentavaihe tiivistyy. Urakkalaskentavaiheen paperikopioiden määrä pienenee muistitikulla kulkevaksi tiedostoksi. Kopiokustannukset pienenevät reilusti. Määräluettelot saadaan suoraan tarkasti tietomallista. Rakennustarvikekustannuksissa voidaan säästää, kun määräluettelot vastaavat tietomallia ja hukkamateriaalin osuus pienenee. Tietomallista saadaan myös erilaisia energiasimulaatioita ja tietoa elinkaarikustannuksista.

Taulukossa 1 esitetään tietomallin positiivisia vaikutuksia projektin eri osapuolille. Talotekniikkasuunnittelussa tietomallia käytettäessä suunnitteluvirheet vähenevät, suunnitelmien havainnollisuus paranee ja suunnitelmien laatutaso paranee. Lisäksi esimerkiksi sisäilmaston laatu ja viihtyisyys on mahdollista tarkistaa jo suunnitteluvaiheessa simulointiohjelmilla. Myös elinkaarikustannusten ja ympäristövaikutusten hallinta ja eri vaihtoehtojen vertailu tulee helpottumaan simuloinnin ansiosta. Tietomallista saatavaa tietoa on mahdollista hyödyntää suunnittelun jälkeen, sillä mallia voi täydentää ja hyödyntää kohteen koko elinkaaren ajan. Kaiken kaikkiaan suunnittelun lopputulos on tarkka ja harkittu, ja eri LVI-tekniset komponentit liitoksineen on aikaisempaa paremmin mietitty. (Laine T. 2008 s.10,13)

Taulukko 1. Tietomallin käytöstä saavutettavissa olevia mahdollisuuksia eri toimijoille (Laine T. 2008 s. 10)

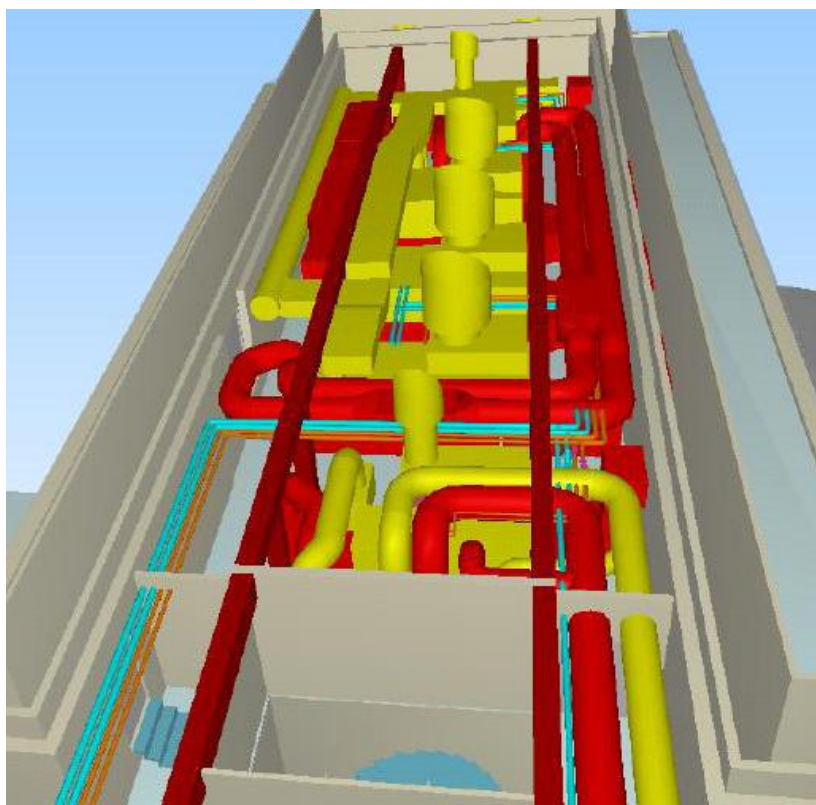
Suunnittelija	Rakennuttaja	Tuoteosatoimittaja / Rakentaja
Suunnitelmien muunneltavuus paranee	kokonaissuunnittelu-aika tehostuu	määrälaskenta tehostuu ja tarkentuu
suunnitelmien yhteensovitus helpottuu	suunnitelmien yhteensovitus helpottuu	kustannustiedon hallinta tehostuu ja tarkentuu
suunnitelmien havainnollisuus paranee	suunnitelmien ristiriidat vähenevät ja havainnollisuus paranee	hankeaikataulun käyttö helpottuu

Tällä hetkellä suunnittelumaailmassa on menossa vaihe, jossa koko projektin kokonaisvaltaista tietomallintamista kokeillaan pilottiprojekteissa. Kun yksi tietomalliprojekti saadaan läpikäytyä, voidaan seuraavassa projektissa ottaa oppia ensimmäisen kompastuskivistä. Tietomallin avulla suunnittelun ongelmakohtiin esimerkiksi tilankäytössä päästään käsiksi jo aikaisessa vaiheessa. Rakentamisen vaiheistukseen saadaan konkreettista tukea tietomallista. Näin ollen mallintamisella pystytään tehostamaan rakennusprosessia. Kohteen rakennettavuus paranee ja rakentamisvaiheen kustannuksia lisäävät ja aikatauluja venyttävät lisä- ja muutostyöt saadaan vähenemään. Toisaalta havainnollisuus on yksi tärkeä asia mallintamisesta puhuttaessa. Rakennuttajan näkemyksiä voidaan varmistaa havainnollisen mallin kautta. Se luo turvaa myös rakennuttajalle. Kun tietää mitä on päättämässä, päätöksiin on helpompi sitoutua. (Haatanen R. et al. 2009 s.48–49)

Peruskorjauskohteissa tietomallintaminen edesauttaa hyvien suunnitelmien toteuttamista. Saneerattavaa kohdetta joudutaan usein käyttämään lähes normaalisti myös remontin aikana, jolloin tietomallilla pystytään

suunnittelemaan myös remontin vaikutuksia rakennuksen normaaliin käyttöön. Näin rakennuksessa voidaan toimia remontin aikana mahdollisimman sujuvasti.

Eräs tietomallipohjaisen talotekniikkasuunnittelun mukanaan tuoma etu on erilaisten LVI-tekniisten toteutusten vertailu suunnitteluvaiheessa. Tällöin vaihtoehtoisista simuloinneista on mahdollista valita tavoitteita parhaiten tukeva tapaus. Aivan suunnittelun alkuvaiheissa tehdään päätöksiä, esimerkiksi rakennuksen energiankäytön suhteen, joilla on suuri vaikutus rakennuksen koko elinkaaren aikaisiin kustannuksiin. Niinpä simuloinnit on hyvä ottaa päätöksenteon apuvälineeksi heti suunnittelun alkuvaiheessa. Talotekniikka on läheisesti sidoksissa arkkitehdin tekemiin rakennusgeometrisiin ratkaisuihin. Näin kokonaisvaltainen tietomallipohjainen suunnittelu auttaa arkkitehdin ja LVIA-suunnittelijan välistä kommunikointia, kun suunnitelmat ovat visuaalisesti helposti hahmotettavissa olevassa muodossa. (Laine T. 2008 s.13) Kuvassa 7 on havainnollinen LVIA-suunnitelma eräästä konehuoneesta 3D-muodossa.



Kuva 7. IV-konehuoneen 3D-kuva (Rakennustietosäätö)

2.3 Nykyinen suunnitteluprosessi

Nykyisessä talotekniikan suunnittelu- ja rakentamisprosessissa suunnittelijan tehtävät jakautuvat suunnittelun ja rakentamisen aikaisiin sekä käyttöönottoon liittyviin tehtäviin. Suunnitteluvaiheessa suunnittelijan tehtävät muodostuvat seuraavista asioista:

- tarveselvityksestä
- hankesuunnittelusta
- luonnossuunnittelusta
- toteutussuunnittelusta

Rakentamisen aikaisia suunnittelijan tehtäviä ovat muun muassa:

- käyttö- ja huoltosuunnitelman laatiminen
- urakoitsijan toteutusehdotusten tarkastaminen
- osallistuminen rakennusaikaisten tehtävien suunnitteluun työmaalla
- talotekniset valvontatehtävät työmaalla
- laite- ja asennustapatarkastukset
- toimintakokeiden suunnittelu ja koordinointi
- vastaanottotarkastus
- kiinteistön hoitohenkilökunnan koulutus ja tiedotus käyttäjille
- käyttö- ja huoltosuunnitelman täydentäminen rakennusaikaisilla tiedoilla

Rakennuksen käyttöönottoon liittyvät tehtävät:

- järjestelmien toimivuuden sekä käytön ja huollon seuranta takuuajana
- yleiset talotekniset valvontatehtävät takuuajana
- takuutarkastus

(TATE 95 LVI03-40242)

Edellä mainittujen lisäksi erillistehtäviksi luetaan esimerkiksi määrälaskenta ja määrälaskentaan perustuva kustannuslaskenta. Suunnittelija tuottaa nykyään määräluetteloita erillispyynnöistä lähinnä teollisuussuunnittelukohteisiin.

Useimmissa projekteissa suunnittelija toimittaa urakkalaskentaprosessia ennen suunnitelmat urakoitsijoille ja näistä suunnitelmista urakoitsijan määrälaskija laskee rakentamista varten tarvittavat materiaalit. On olemassa myös erillisiä määrälaskijoita, joilta urakoitsijat voivat ostaa määrälaskentaa. (TATE 95 LVI03-40242)

2.4 Tietomallintaminen tuo muutoksia suunnittelutyöhön

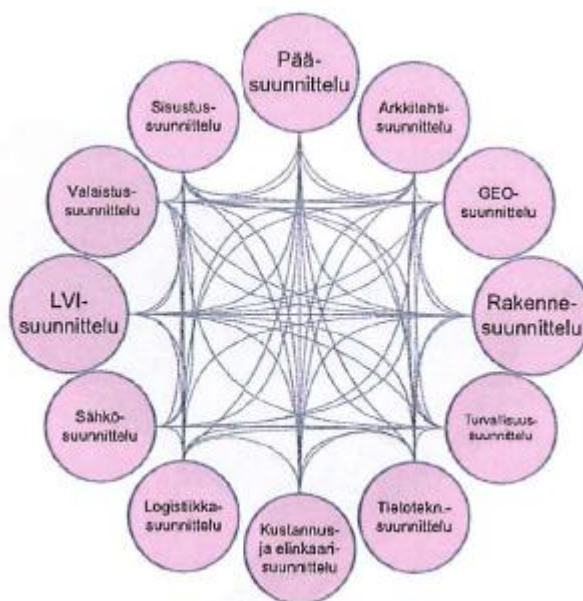
Tässä kappaleessa esitellään muutoksia, joita suunnitteluprosessi tulee läpikäymään kokonaisvaltaiseen kaikkia rakentamiseen liittyviä suunnittelualoja koskevaan tietomallintamiseen siirryttäessä. Tarkoituksena on selventää suunnittelijoiden välisiä kommunikaatiomuutoksia.

Käytännössä tietomallintaminen toteutetaan vielä tällä hetkellä usein osissa siten, että eri suunnittelijoiden mallit toimivat omina erillisinä malleina. Kaikkien toimijoiden yhteisen ja päivitettävän mallin yleistymiseen mennee vielä aikaa. Näin ollen osa tietomallintamisen mahdollisuuksista jää vielä käyttämättä.

LVI-tekniikan suunnittelu toteutetaan tällä hetkellä usein siten, että lämmitys, vesi ja viemärointi sekä ilmanvaihto suunnitellaan erillisiin kuviin. Kuvat tallennetaan esimerkiksi .dwg – tiedostomuotoon, ja paperikopioiden käyttö on runsasta muun muassa urakkalaskentavaiheessa. Tietomallintamisen myötä tiedonsiirto eri osapuolien välillä olisi mahdollista siirtää lähes kokonaan sähköiseen muotoon. IFC-tiedonsiirtostandardin käyttäminen mahdollistaisi eri osapuolille ajantasaista suunnittelutietoa. Eräs suuri ongelma IFC-tiedonsiirtostandardin käytössä vielä tällä hetkellä on kaupallisten ohjelmistojen puutteellinen tuki sille. IFC-standardista kerrotaan kappaleessa 2.5.1. (Laine T. 2008 s.40)

Kuvissa 8, 9 ja 10 esitetään erilaisia suunnittelu- ja rakennusprosessin tiedonsiirtomalleja. Perinteistä suunnittelutyötä edustaa kuva 8, jossa suunnittelun eri osapuolet siirtävät tietoa tarpeen mukaan yksittäisinä dokumenttitiedostoina. Tämä tiedonsiirtotapa lienee yleisin tällä hetkellä

projekteissa käytössä oleva. Sen ansaksi voidaan kuitenkin todeta eri suunnitteluversioiden risteileminen suunnittelijalta toiselle ilman varmuutta siitä, että kaikilla muillakin toimijoilla on käytössään samainen revisio. Näin ollen epäselvyyksiä ja väärinkäsityksiä voi syntyä aivan turhaan projektin esteeksi.



Kuva 8. Tiedonsiirto yksittäisinä tiedostoina eri osapuolten välillä (Vakkilainen J. 2009. s.96)

Seuraava kuva 9 esittää projektipankkilähtöistä tiedonsiirtoa, jossa suunnittelijat siirtävät tiedostoja projektipankkiin. Tämän tiedonsiirtotyylin etuihin lukeutuu kaiken suunnittelutiedon sijaitseminen samassa paikassa helposti kaikkien toimijoiden saavutettavissa. Samalla päivitettyjen suunnitelmien ajantasaisuus ja levittäminen helpottuu. Projektipankkeja käytetään usein suurehkoissa projekteissa.



Kuva 9. Projektipankkipohjainen tiedonsiirto (Vakkilainen J. 2009. s.96)

Rakennuksen kokonaisvaltaisessa tietomallipohjaisessa tiedonsiirrossa (kuva 10) suunnitteluosapuolet siirtävät suunnittelutietoa yhdessä hallintoituun tietomalliin, joka sisältää ainoastaan viimeisimmän suunnittelutiedon. (Vakkilainen J. 2009 s.96) Rakennuksen tietomallin voidaan ajatella olevan kehittynyt versio projektipankista.



Kuva 10. Tietomalliperusteinen tiedonsiirto, jossa malli sisältää vain viimeisimmän suunnittelutiedon. (Vakkilainen J. 2009. s.96)

Kyseistä tietomalliin perustuvaa tiedonsiirtotapaa käytetään kokonaisvaltaiseen tietomallipohjaiseen suunnitteluun ja sen voidaan ajatella olevan täydellisen tietomallin huipentuma. Olennaisena osana tähän tiedonsiirtoon liittyy IFC-standardin kehittyminen ja tietomalliserverit. Puhuttaessa tietomallintamisesta, jota tällä hetkellä yleisesti toteutetaan, ei tarkoiteta tietomalliperusteista tiedonsiirtoa, vaan eri suunnittelualojen täydellistä mallintamista.

Kaikkien edellä mainittujen suunnittelu- ja projektitekniisten asioiden lisäksi tietomallintamisen yleistymiseen vaikuttavat ennen kaikkea suunnittelu- ja rakennusalaalla toimivien ihmisten asenteet. Tietomallintaminen, kuten muutkin uudet innovaatiot saavat aina aikaan muutosvastarintaa. Siirtyminen uudelleenlaiseen suunnittelujärjestelmään koetaan raskaaksi ja hankalaksi.

Toisaalta tietomallintamisen päivittäiseksi suunnittelutyökaluksi saattaminen tarvitsee myös eri osapuolten keskinäistä uudenlaista yhteistyötä sekä jopa täysin perinteisestä suunnitteluprosessista poikkeavaa toimintaa. Tälle yhdessä toimimiselle olisi löydettävä pelisäännöt. On myös ymmärrettävä, ettei suunnittelijalla ole motiivia tehdä mallisuunnittelua, jos siitä ei hyödy taloudellisesti perinteiseen suunnittelutyöhön verrattuna.

(Markkula M. Dipoli 2009, Kiviniemi A. Dipoli 2009)

2.5 Talotekniikan tietomallin työkalut

Talotekniikan tietomallinnukseen käytettävät tietotekniset työkalut ovat tällä hetkellä joukko erilaisia ohjelmistoja ja sovelluksia. Käytössä on LVI-mallinnukseen ja esimerkiksi energiasimulointeihin omat ohjelmansa. Eri suunnittelijoiden malleja yhdistellään jo jonkin verran onnistuneesti IFC-tiedonsiirtostandardin avulla. Kuitenkin tilanteeseen, jossa kaikkien osapuolten mallit olisivat toimivasti ja helposti yhdessä, on vielä matkaa ja kehitystyötä jäljellä. Tällä hetkellä vaikuttaa siltä, ettei millään ohjelmistotalolla ole vielä täysin toimivaa ja kaikenkattavaa tietomallikokonaisuutta. Toisaalta se on täysin ymmärrettävää, koska tietomallipohjaiseen suunnitteluun ja koko projektin läpi viemiseen siirtyminen tulee olemaan suuri muutos koko suunnittelualalle.

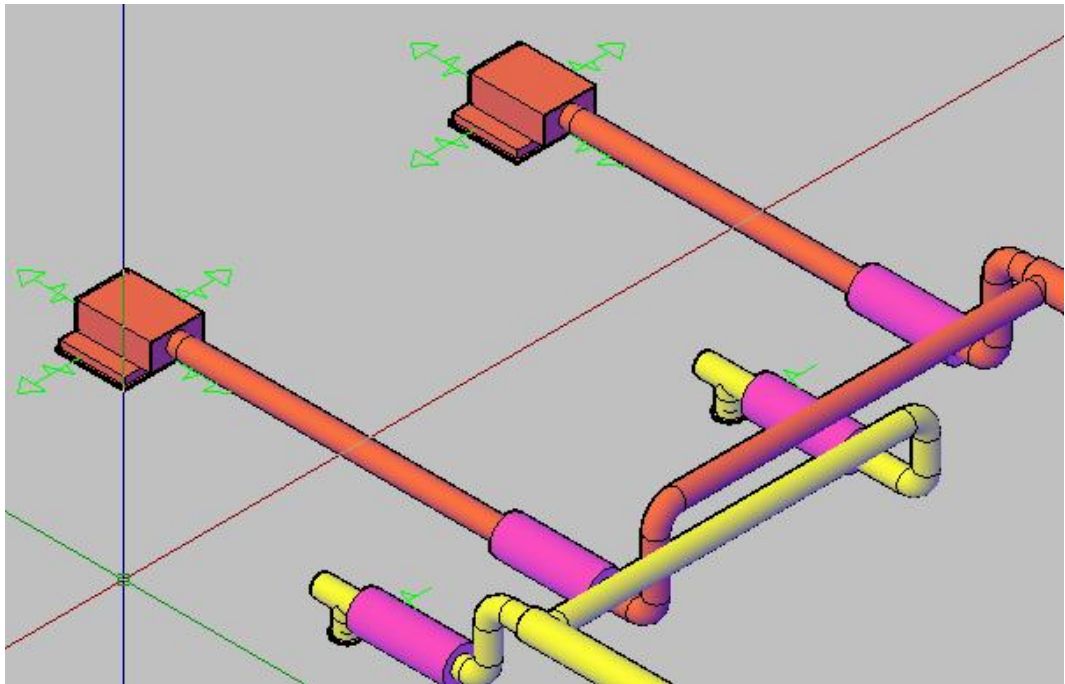
2.5.1 IFC-tiedonsiirtostandardi

Kansainvälinen IFC-tiedonsiirtostandardi on tapa siirtää kolmiulotteista tuotetietoa rakentamisen eri tietojärjestelmien kesken. Toisin sanoen IFC-standardin tarkoituksena on helpottaa tietomallipohjaisessa suunnittelutyössä eri toimijoiden välistä kommunikaatiota. Standardin yksi päätavoitteista on siirtää ja tallentaa tuotetietoa ohjelmien välillä siten, ettei tieto ole riippuvainen käytetystä ohjelmasta. Näin ollen talotekniikkaan ja ylipäänsä rakentamiseen liittyvien suunnitteluohjelmien kehityksessä tulisi panostaa tiedonsiirron rajapintoihin. Tätä kehitystyötä on jo tehty Suomessa, mutta vielä ei IFC-standardia voida käyttää rakentamisen kaikkiin tiedonsiirron tapauksiin. Tällöin käytetään muita tiedonsiirtotapoja.

Tavoitteena kuitenkin on, että mahdollisimman pian kaikilla suunnittelijoilla ja projektin toimijoilla on käytössään ohjelmistot, jotka avaavat, käsittelevät ja tallentavat IFC-tiedostoja. (Penttilä, Nissinen & Niemioja 2006 s.37)

2.5.2 LVI-suunnitteluohjelmisto

Tässä työssä tullaan käsittelemään Sirkkalan koulun ilmanvaihtosuunnitelmia Progran Oy:n MagiCAD HPV -ohjelman 2008.11 versiolla. MagiCAD HPV on laajasti käytetty LVI-suunnitteluohjelma, jossa kaikki suunnitelmat tehdään aina kolmiulotteisesti mallintaen, toisin sanoen tietomallipohjaisesti. MagiCAD HPV:ssä on laaja tuotekirjasto, jonka avulla suunnitelmiin saadaan halutut ja oikeat tuoteobjektit. Kuvassa 11 esitetään Sirkkalan koulun ilmanvaihdon 3D-esimerkinäkymä, jossa on nähtävissä punaisella tuloilmakanavia ja tuloilmapäätelaitteita sekä keltaisella poistoilmakanavia ja poistoilmaventtiileitä.



Kuva 11. Sirkkalan koulun ilmanvaihdon 3D-näkymä

Ilmanvaihtoa suunniteltaessa kanavat voi piirtää heti oikeankokoisina tai mitoittaa jälkikäteen. Jälkikäteen mitoittaessa kanavakoot muuttuvat automaattisesti virtausteknistä tilannetta vastaavaksi. Myös mittatekstien tiedot päivittyvät mitoittaessa. Ilmanvaihtoteknisiä mitoituksia ovat virtaamisen summaus, kanaviston mitoitus ja tasapainotus, äänilaskenta, vaikeimman virtausreitit tarkastelu ja määrälaskenta. Suunnitelmia voi tarkastella joko

rautalankamallina, 2D-mallina, 3D-mallina tai esimerkiksi 2D- ja 3D-malleina rinnakkain.

Lämpö-, vesi- ja viemärisuunnitelmia tehdessä voidaan käyttää 1/2/3-putkipiirtoa suunnittelijan tottumusten mukaan. Suunnitelmista saadaan helposti parilla klikkauksella leikkauskuvia. Lisäksi eri järjestelmien kesken voidaan suorittaa törmäystarkasteluja. Mitoituksia tehdessä vaihtoehtoina on virtaamien summaus, mitoitus virtausnopeuden tai painehäviön mukaan, painehäviölaskenta sekä tasapainotus. Myös LV-puolelta saadaan määräluettelo. MagiCAD HPV on IFC Export -sopiva.

MagiCAD Room -ohjelma on tarkoitettu lähinnä lämpöhäviölaskentaan. Ohjelmalla luodaan 3D-tilamalli rakennuksesta, jonka jälkeen ohjelma laskee automaattisesti lämpöhäviöt. Myös pinta-ala- ja tilavuuslaskelmat kuuluvat Roomin toimintoihin ja se on IFC-export ja import yhteensopiva. (Progman Oy 2009)

2.6 Määrälaskenta

Määrä- tai massaluettelo tarkoittaa LVI-tekniikassa materiaalista, joka laaditaan suunnittelijan suunnitelmien pohjalta. Määräluettelo laaditaan yleensä urakkalaskentavaiheessa urakasta kilpailevien urakoitsijoiden toimesta. Määrälaskennan voi suorittaa joko urakoitsija itse tai urakoitsija voi myös ostaa määrälaskennan ulkopuoliselta laskijalta.

Määräluettelo voi kattaa esimerkiksi ilmanvaihtourakkaan tarvittavat materiaalit, kuten ilmanvaihtokoneen, kanavat ja muut tarvikkeet. Määräluettelon perusteella urakoitsija hankkii materiaalit työtään varten. On tärkeää huomata, että nykyisessä urakaprosessissa kaikki samasta työstä kilpailevat urakoitsijat suorittavat määrälaskennan tahoillaan. Sama laskentatyö tehdään siis monta kertaa päällekkäin ja siitä aiheutuu kuluja. Hävinneet tarjoajat joutuvat jakamaan määrälaskennasta aiheutuneet kulut muissa

projekteissaan, eli katteessaan. Näitä kuluja voitaisiin pienentää tietomallintamisen avulla.

2.6.1 Määräluettelo suoraan tietomallista

Tietomallintamisen myötä on mahdollista saada määräluetteloita suoraan tietomallista. Näin ollen urakkalaskentavaiheen raskas määrälaskenta muuttaisi radikaalisti muotoaan. Nykyiset LVI-suunnitteluohjelmat tuottavat määräluetteloja, joten tässä työssä tutkitaan ja vertaillaan perinteisesti piirustuksista käsin laskettua ja suunnitteluohjelmalla tuotettua materiaaliluetteloita keskenään. Tietomallista saatavaa määräluetteloita käytettäessä on erityisen tärkeää, että kyseinen malli on mahdollisimman tarkka ja todellisuutta vastaava. Jos tietomalli on tehty oikein, saadaan oikea määräluettelokin, eikä inhimillisiä laskentavirheitä aiheudu. Ajatellessa käsin laskettua määräluetteloita, ei se koskaan ole täysin eksakti, vaan aina ihmisen tuottama ja altis inhimillisille virheille.

Senaatti-kiinteistöjen Tietomallivaatimukset 2007 osassa 4: Talotekniikkasuunnittelu, sanotaan talotekniikan määräluetteloista seuraavaa: *”TATE-järjestelmämalleja käytetään määrätiedon tuottamiseen. Suunnittelusopimuksissa määritellään, kuuluuko määrien tuottaminen suunnittelijan tehtäviin. Myös mallista ja muilla tavoin tuotetun määrätiedon rajauksesta on sovittava. Tuotettujen määräluettelojen on oltava rakenteeltaan ja jäsennykseltään tilaajan antamien ohjeiden mukaisia.”* Kuten edellä käy ilmi, tulee jatkossa määräluetteloitten tuottamisesta sopia erikseen. Varsinkin tietomallintamiseen pikkuhiljaa siirryttäessä ja totuteltaessa määrätiedon saamiseen mallista, on aiheellista tutustuttaa kaikki projektin toimijat tietomallista tuotettuun määräluetteloon.

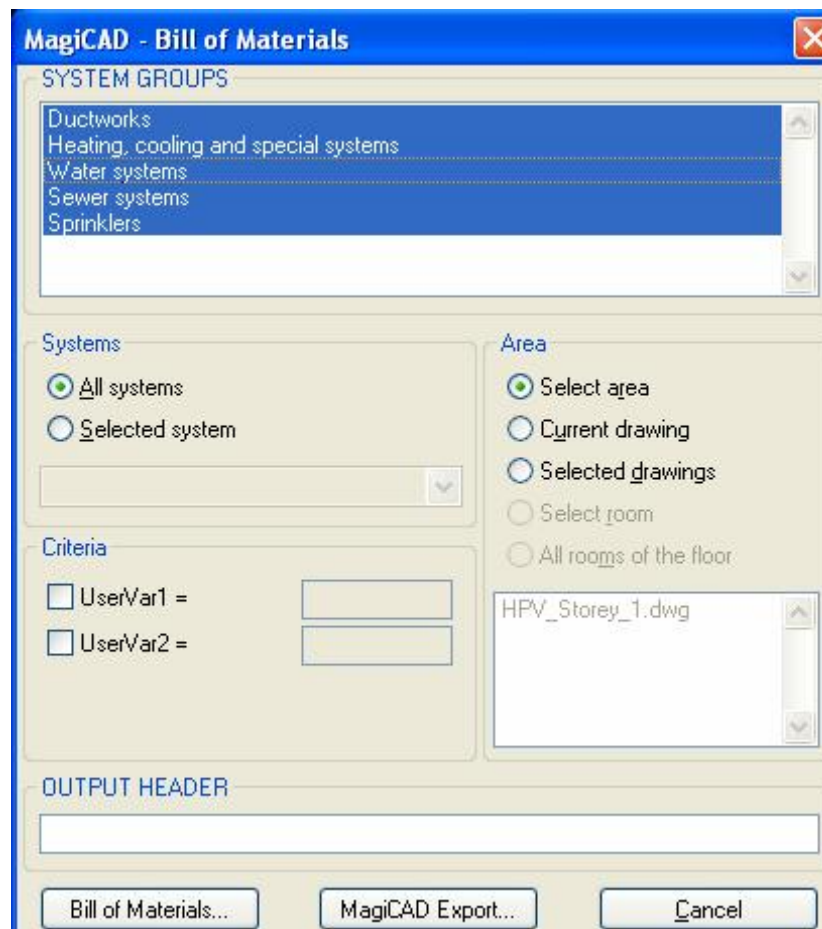
2.6.2 Projektin kustannusrakenteen muutos

Kun lähitulevaisuudessa tietomallin määräluetteloiden käyttäminen yleistynee, saa se aikaan huomattaviakin säästöjä urakkalaskentavaiheessa. Raskas, usein jopa kuukausia kestävä manuaalisesti tehtävä määräenlaskenta poistunee. Toki myös jatkossa määriä täytyy käsitellä tavalla tai toisella, mutta hidaskäsinkin laskeminen loppunee.

Urakkalaskentavaiheen kulut tulevat luultavasti jakautumaan osin uudella tavalla. Suunnittelukulut lisääntyvät jonkin verran, jos suunnittelija tuottaa mallista määrätiedot ja käsittelee ne. Tämä suunnittelukulujen lisääntyminen aiheutuu osittain tarkemman tietomallin tarpeesta määrätiedon luomista varten. Koko suunnittelu- ja rakennusprosessin kokonaiskustannuksiin kyseinen suunnittelukustannusten nousu ei kuitenkaan merkittävästi aiheuta muutoksia. Suunnittelukustannukset ovat verrattain pienet koko urakkaan nähden. Sitä vastoin määrien raskaan käsinkin laskennan korvautuminen tietomallista tuotettuihin määrätietoihin luo suuriakin säästöjä.

2.6.3 MagiCAD HPV ja määräluettelo

Määrätietoja voidaan nykyisin käsinkin laskennan lisäksi tuottaa myös suoraan ohjelmilla. Tässä työssä keskitytään MagiCAD HPV:n tuottamaan määrätietoon LVI-järjestelmistä. Kun LVI-suunnitelmat tai halutut osat suunnitelmista ovat valmiit, voidaan suunnitelmia vastaava määrätieto tuottaa ohjelmasta. Bill of materials -valinnalla saadaan ruudulle avautuva osaluettelo. MagiCAD Export -valinnalla on mahdollista tehdä ja editoida yksityiskohtaisempia laiteluetteloita. Luettelot voidaan kopioida leikepöydälle ja ruudulle avautuva lista voidaan tulostaa suoraan. Kuvassa 12 esitetään ohjelman määräluettelonäkymä, josta voidaan valita haluttu LVI-järjestelmä.



Kuva 12. MagiCAD määräluettelonäkymä

Määrälaskenta voidaan suorittaa useasta piirustuksesta ja järjestelmästä valinnan mukaan. Tulosteelle voidaan määrittää otsikko OUTPUT HEADER -kohdasta. (Progman Oy 2009)

Taulukossa 2 esitetään MagiCAD HPV -ohjelmalla tuotettu ilmanvaihdon määräluettelon osa taulukkolaskentaohjelmaan siirrettynä. Luettelosta käy ilmi osan nimi, koko, sarja, tuotenumero, lukumäärä, määrä metreinä ja eristyksen paksuus. Määrätietoa voidaan kätevästi muokata taulukkolaskentaohjelmalla. Ilmanvaihdon määräluettelo esitetään kokonaisuudessaan liitteessä I.

Taulukko 2. MagiCAD HPV -ohjelmasta tuotettu määräluettelo Excel-pohjassa.

MagiCAD HPV - Bill of materials

Project:

Date: 04.02.2010

Range: IV-MÄÄRÄLUETTELO

Class	Size	Series	Product N	L[m]	Insul.series	s[mm]
Duct	100	Pyöreä	BDEK-6-010	73.0		
Duct	125	Pyöreä	BDEK-6-012	70.3		
Duct	160	Pyöreä	BDEK-6-016	184.1		
Duct	160	Pyöreä	BDEK-6-016	0.6	EI60	80
Duct	200	Pyöreä	BDEK-6-020	161.5		
Duct	200	Pyöreä	BDEK-6-020	0.8	EI60	80
Duct	250	Pyöreä	BDEK-6-025	75.9		
Duct	315	Pyöreä	BDEK-6-031	90.1		
Duct	315	Pyöreä	BDEK-6-031	5.4	EI60	80

MagiCAD -ohjelman tuottama määräluettelo tuottaa määrätiedon kaikista suunnitelluista kokonaisuuksista, kuten putkista, venttiileistä, kanavista, päätelaitteista, äänenvaimentimista, puhaltimista ja niin edelleen. Kannakkeita se ei kuitenkaan laske, aivan kuten ei kannakkeita suunnitelmiin piirretäkään.

2.6.4 Perinteinen urakkalaskentavaihe muutoksen edessä

Jos määräluettelon tuottaminen suunnittelijan toimesta onkin jo nykyisillä ohjelmistoilla mahdollista, ei se sitä käytännössä vielä ole. Suunnittelijan tekemän määräluettelon käyttöönotto vaatii muutoksia vanhoilliseen ja perinteikkääseen suunnitteluprosessiin. Jo vuonna 2006 on toimitusjohtaja Kaj Vanninen kirjoittanut Sähkömaailma-lehdessä, vieraskynästä-palstalla suunnittelijan suunnitelmista laadituista määräluetteloista seuraavaa: ”Harvassa ovat olleet ne tarjouspyynnöt, joissa on suunnittelijan tekemät määräluettelot”. Hän kertoo kyselleensä tilaajilta tai rakennuttajakonsulteilta asiasta, milloin heidän projekteissa on valmiiksi laaditut määräluettelot tarjouslaskentaa varten, ovat he joko ihmetelleet, että onko sellainenkin mahdollista tai, että ovat he tainneet joskus asiasta jotain kuulla, mutta ei se ole siitä sen enempää edennyt.

Vanninen jatkaa pohtimalla, pitäisikö urakoitsijoiden ajaa asiaa enemmän tilaajan suuntaan, jonne suurimmat kustannussäästötkin myöhemmin kohdistuvat. Hän tähdentää, että suunnittelija pystyy synnyttämään

määräluettelot suunnitelmistaan, jos vain tilaaja on niistä valmis maksamaan. Vannisen mukaan suunnittelijalle maksettu lisäkustannus tulee moninkertaisesti takaisin urakoitsijoiden vähentyneenä työmääränä tarjouslaskennassa. ”Jos joku ammattirakennuttaja ei vielä jostain syystä tiedä, että he maksavat myös kilpailussa hävinneiden urakoitsijoiden tarjouslaskentakulut, niin heitä pitää valistaa asian suhteen”, kärjistää Vanninen. Hän muistuttaa, ettei yksikään yhtiö voi laskuttaa hukkaan heitettyä laskenta-aikaa miltään ulkopuoliselta taholta, vaan kaikki kulut joudutaan laskuttamaan saaduista urakoista, myös hävittyjen urakoiden turhat laskentakulut. Vanninen peräänkuuluttaa määräluettelon markkinointia eri tahoille, kiinnostuneita hänen mukaansa löytyy kyllä, kun asiansa osaa perustella innolla.

Toisaalta hän painottaa tilaajiin vaikuttamista jo hyvissä ajoin ennen projektin aloittamista, jolloin tuttuja ja totuttuja tapoja sekä menetelmiä voidaan varioida. Vanninen toteaa vielä pelottavan todentuntuisesti sen urakoitsijan yleensä saavan urakan, joka on suunnittelijan piirustuksista tarjouslaskelmaa tehdessään löytänyt vähiten tavaraa tietyltä alueelta. Hänen mukaansa pitkällä aikavälillä ammattirakennuttajien etu on, että annetut tarjoukset ovat lähtötiedoiltaan mahdollisimman yhdenmukaisia, eikä tarjouskilpaa voiteta epäselvien tarjousasiakirjojen johdosta. (Vanninen K. Sähkömaailma 10/2006)

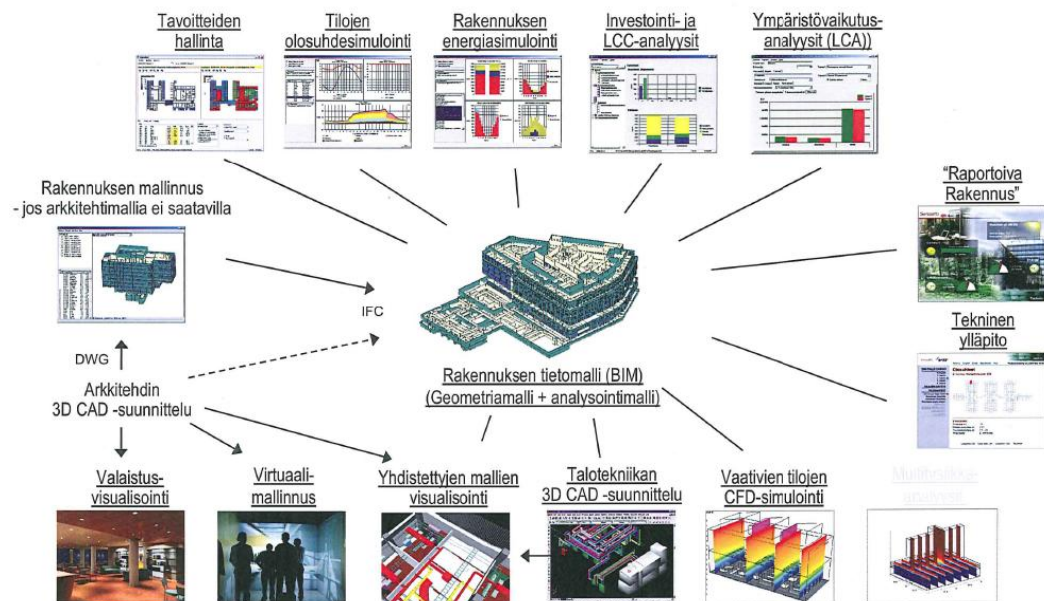
Vaikuttaa siltä, ettei vuoden 2006 ja 2010 välisenä aikana ole juurikaan kehitystä tapahtunut määräluettelon tuottamisen saralla. Ovatko tilaajat, suunnittelijat ja urakoitsijat jättäneet asian syrjään, koska kukaan ei sen käyttöä vaadi? Tarvitaan rohkeita suunnannäyttäjiä ja positiivisia kokemuksia. Eri tahot näyttävät kärkkyvän ”Second mouse gets the cheese”-tilannetta, jossa ei olla itse valmiita ottamaan ensimmäistä askelta. Hyödyt kelpaavat varmasti myöhemmin jokaiselle.

3 TIETOMALLIN HYÖDYT RAKENNUKSEN ELINKAAREN ERI VAIHEISSA

Tässä kappaleessa tarkastellaan talotekniikan eritasoisissa malleissa suoritettavia simuloiteja ja analyyseja. Simulointien ja analyysien tarkoituksena on muun muassa havainnollistaa suunnitelmia ja helpottaa eri variaatioiden vertailua suunnittelu- ja rakennusprosessin aikana sekä sen jälkeen ylläpitovaiheessa. Esimerkiksi suunnitteluprosessin alkuvaiheessa simuloiteja voidaan käyttää vertailtaessa mahdollisia suunnitteluratkaisuja keskenään. Tällä systeemillä pyritään löytämään eri simulaatioista kuhunkin tilanteeseen sopivin tekninen ratkaisu. Simuloinnin etuna voidaan pitää sitä, että se kuvaa ja mallintaa todellista tilannetta. Kappaleissa 3.1 – 3.6 kerrotaan eri simuloinneista sekä analyyseista ja kappaleessa 3.7 kuvataan suunnitteluprosessin vaiheita malleittain. Suunnitteluprosessi siis koostuu eri malleista, ja mallit sisältävät erilaisia analyyseja ja simulaatioita.

Tietomallia on mahdollista hyödyntää ainakin seuraavissa talotekniikan analyyseissa: olosuhde-, virtaus- ja energiasimuloinnit, elinkaarikustannustarkastelut (LCC), ympäristövaikutustarkastelut (LCA) sekä talotekniikan visualisoinnit.

Tietomallipohjaisia analysointeja voidaan toteuttaa esimerkiksi rakennuksen yksinkertaistetun geometrian avulla. Tällä tavoin voidaan toteuttaa MagiCAD *Comfort & Energy* -ohjelmapaketilla energiasimuloiteja, joiden tuloksina voidaan saada esimerkiksi rakennuksen olosuhde- ja energiatietoja, jäähdytyslaskelmia, graafisia raportteja sekä laskelmia energiatodistusta varten. Kuvassa 13 esitetään *Comfort & Energy* -ohjelmiston toimintänäkymiä.



Kuva 13. Comfort & Energy -ohjelman esimerkinäkymiä. (Progman Oy 2009)

Seuraavissa kappaleissa esitellään eri simulointien kuvauksia ja vaatimuksia Senaatin ohjeissa.

3.1 Energiasimulointi

Energiasimulointi tarkoittaa rakennuksen energian kulutuksen laskemista. Simulointi voi käsittää lämmitys- tai jäähdytysenergiankulutusta, veden kulutusta, veden lämmitystä tai esimerkiksi eri järjestelmien sähkön kulutusta. Simulointien avulla on mahdollista vertailla eri vaihtoehtoja suunnittelun aikana tavoitteena toteuttaa energiatehokas rakennus. Toisaalta energiasimuloinnit ovat suunnitteluvaiheen lisäksi oiva apu valmiin rakennuksen tavoite-energiankulutuksen löytämiseen. Energiasimulointien yhteydessä, varsinkin jos niitä tekevät useat eri suunnittelijat, on syytä sopia samoista lähtöarvoista luotettavien lopputulosten saavuttamiseksi. (Senaatti-kiinteistöt, Osa 9 s.4-5)

3.2 Olosuhde- ja virtaussimulointi

Olosuhdesimulointi käsittää sisätilojen lämpötilat vallitsevien mitoitusolosuhteiden mukaan. Myös ilman kosteutta, tilojen lämpöviihtyvyyttä sekä hiilidioksidipitoisuutta voidaan simuloida. Tarkoituksena on siis selvittää eri suunnitteluvaihtoehtojen merkitystä olosuhteisiin. Yksityiskohtaisia ilman virtaus- ja lämpötilan jakautumistietoja rakennuksen tiloista saadaan lisäksi numeeriseen virtauslaskentaan (*CFD, computational fluid dynamics*) pohjautuvalla virtaussimuloinnilla. Tällainen simulointi kannattaa suorittaa muun muassa korkeita tiloja tai jäähalleja suunniteltaessa. (Senaatti-kiinteistöt, Osa 9 s.5)

3.3 Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi

Talotekniikan elinkaarikustannuslaskentaa puoltaa tosiasia, että talotekniikan osuus koko rakennuksen kustannuksista on kasvanut. Talotekniikan kustannuksista pyritään arvioimaan investointikustannukset, hoito- ja huoltokustannukset, kunnossapitokustannukset sekä energiankulutuksesta aiheutuvat kustannukset. Laskelmia voidaan tehdä arkkitehtimallin perusteella, yksikköhinnan perusteella tai tuotepakettipohjaisesti. Yleinen tapa on tarkastella tietyn järjestelmän tietyn osan, kuten esimerkiksi ilmanvaihtokoneen, elinkaarikustannuksia. (Senaatti-kiinteistöt, Osa 9 s.4-5)

3.4 Ympäristövaikutusanalyysi

Ympäristövaikutusanalyysillä tarkastellaan arkkitehdin rakennusosamallin ja talotekniikan järjestelmämallin avulla rakennuksen energiankulutusta, raaka-aineiden kulutusta, rakennuksen päästöjä ja rakennusosien käyttöikä. Tietoja analyyseja varten voidaan saada talotekniikan määrämalleista. Koska rakennuksen energiankulutuksen osuus on 80 % rakennuksen koko ympäristövaikutuksista, voidaan ympäristövaikutuksia tutkia myös energiasimuloinnin avulla. (Senaatti-kiinteistöt, Osa 9 s.5-6)

3.5 Analyysien tulokset

On tärkeää tarkastaa, että analyyseissä käytetyt lähtötiedot ovat aina samasta suunnitelmamallista. Analyysin lähtötiedot ja tulokset tulee myös dokumentoida hyvin. Havainnollistamiseen täytyy keskittyä tuloksia käsitellessä, jotta myös rakennustekniikkaa ymmärtämättömät voivat käsittää saatuja tuloksia. Näin projektin kaikki osapuolet ymmärtävät analyysien tulokset nopeasti. Havainnollistaminen voi tarkoittaa esimerkiksi olosuhdesimuloinnin tuloksia tilamallissa eri värein. Punainen voi tarkoittaa tavoitteen alittamista ja vihreä tavoitetasoa saavuttamista. (Senaatti-kiinteistöt, Osa 9 s.7)

Tietomallista tuotettavien analyysien tarkoituksena on pohjimmiltaan saavuttaa rakennuksessa suunnitellut tavoitteet olosuhteiden, rakennettavuuden, rakennuskustannusten, siivottavuuden, energiankulutuksen ja elinkaarikustannusten suhteen. (Laitinen J. Dipoli 2009)

3.6 Käytännön kokemuksia analyyssien teosta

Talotekniikan analyyssien tekemisessä suunnittelijalla on käytössään esimerkiksi MagiCAD Room -simulointiohjelma, jota voidaan käyttää toisen simulointiohjelman, RIUSKA:n kanssa IFC-tiedonsiirrossa. Nämä kaksi ohjelmaa muodostava MagiCAD *Comfort & Energy* -tuotteen. MagiCAD Room -ohjelmalla saadaan lämpöhäviötietoja, RIUSKA:lla taas muita

energiasimulaatioita, esimerkiksi energiankulutustietoja sekä ilmanvaihdon eri palvelualueita.

Tietomallintamisen käytöstä talotekniikka-analyyseissä löytyy ohjeita jonkin verran, esimerkiksi Senaatti-kiinteistöiltä. Ainakin tällä hetkellä vaikuttaa siltä, että LVI-suunnittelun eri osa-alueet, kuten simuloinnit, laskelmat ja järjestelmien suunnittelu pysyvät tulevaisuudessa eri ohjelmakokonaisuuksina. Tiedonsiirron rajapintoihin ja ohjelmien yhteensopivuuteen tulisi kuitenkin kiinnittää huomiota.

3.7 Suunnitteluprosessin vaiheet malleittain

Tässä kappaleessa käydään läpi suunnittelu- ja rakennusprosessin aikaisien eri mallien vaiheita. Tietomallipohjaiseen suunnitteluprojektiin ryhdyttäessä suunnittelun painopiste siirtyy perinteiseen suunnittelutyöhön verrattuna projektin alkupäähän, koska silloin luodaan eri suunnitteluvaihtoehtoja ja -tarkasteluja oikean suunnitteluratkaisun löytämiseksi. Suunnitteluprosessin alkuvaiheen suunnittelutekniset päätökset ovat merkittäviä, sillä 60 – 80 % elinkaarikustannuksista määräytyy silloin. Talotekniikan suunnittelutyö jakautuu järjestelmämallinnukseen ja analysointiin. Taulukossa 3 esitetään analysointien ja järjestelmämallin vaiheet suunnittelun ja rakennusprosessin aikana.

Taulukko 3. Talotekniikan tietomallinnus rakennusprosessin eri vaiheissa (Laine T. 2008 s.38)

Talotekniikka	Tietomallinnus-hankkeen vaiheistus	Analysointimalli	Järjestelmämalli
Inventointimalli	Tarvemäärittelyt	Olosuhdesimulointi Energiasimulointi	
Vaatusmalli	Tarvemäärittelyt Tavoitteiden asettaminen	Tilatyypikohtaiset tavoitteet	
Tilamalli	Vaihtoehtoselvitykset	Tilakohtaiset tavoitteet Palvelualueet Alustavat energia-analyysit Tilapohjainen kustannusarvio	Tyyppiratkaisujen visualisoinnit
Alustava rakennusosamalli	Luonnossuunnittelu	Tavoitevertailut Olosuhdesimuloinnit (mm. CFD) Energiasimuloinnit Valaistusvisualisoinnit Ympäristövaikutusvertailut Elinkaarivertailut	Periaateratkaisujen järjestelmämalli (mallihuoneet, pääreitit) Ratkaisujen visualisoinnit Talotekniset tilantarpeet
Rakennusosamalli	Toteutussuunnittelu	Tavoitevertailut Energia- ja olosuhdesimulointien tarkennukset Määrätietoihin perustuva kustannusarvio	Toteutussuunnittelun järjestelmämalli Järjestelmien mitoitus ja toimivuuden analysointi Määrätiedot Yhdistelmämallit
Tuoteosamalli	Toteutuksen suunnittelu Rakentamisen toteuma	Tavoitevertailut Ylläpidon kulutustavoitteen simulointi Elinkaariperusteinen tuotteiden valinta (IV-kone ym.)	Toteutustiedoilla täydennetty järjestelmämalli Asennusten visualisointi Projektinhajauksen 4D-visualisointi
Ylläpidon malli	Ylläpito	Tavoitevertailut Kulutustavoitteen päivitykset Olosuhdesimuloinnit ongelmien selvityksessä	Ylläpitotiedoilla täydennetty järjestelmämalli Järjestelmämallin tietojen selaus

3.7.1 Inventointimalli

Inventointimallia käytetään korjausrakentamisen lähtökohtana. Sen tarkoitus on saada selvyys vanhojen rakenteiden soveltumisesta uusiin ohjeisiin ja vaatimuksiin. Inventointimallista saadaan tilat ja osa rakennusosista analyseja varten. Olosuhdesimuloinnilla selvitetään nykyisiä rakennuksen olosuhteita sekä arvioidaan rakennuksen soveltuvuutta tulevaan käyttöön. Energiasimuloinnin avulla taas inventointimallista analysoidaan rakennuksen tämänhetkistä energiankulutusta ja sitä, täyttyvätkö nykyiset energiankulutusvaatimukset. Myös vanhan rakennuksen energiatehokkuuden parantamista korjaustoimenpiteillä on mahdollista simuloida.

(Senaatti-kiinteistöt, 2007. Tietomallivaatimukset osa: 9 Mallien käyttö TATE-analyseissä)

Inventointimalli voidaan toteuttaa 3D-lasermittausta apuna käyttäen. Esimerkiksi alun perin vuonna 1841 valmistuneen Lapinlahden sairaalan peruskorjauksessa hyödynnettiin tietomallintamista ja inventointimallia. LVIS-tietomallinnus tehtiin poikkeuksellisen aikaisin laserkeilauksen perusteella tehdyn inventointimallin pohjalta. Tällainen järjestely tehtiin, koska uuden tekniikan tilavaatimukset ovat suurempi ongelma, kuin itse tiloihin tehtävät muutokset. (Haatanen R. et al. 2009 s.48–49)

3.7.2 Vaatimusmalli

Vaatimusmalli ei ole muiden suunnittelumallien tapainen rakennuksen tietomalli, vaan vaatimusmallissa tilaaja määrittelee tavoitteet tilojen energiatehokkuudelle ja olosuhteille. Jälkeenpäin analyyseissa saatuja tuloksia ja vaatimusmallia verrataan toisiinsa. Suunnittelija voi toimia hankesuunnitteluvaiheessa tilaajan asiantuntijana talotekniikan vaatimuksia määriteltäessä. (Senaatti-kiinteistöt, Osa 9 s.8)

3.7.3 Tilaryhmämalli

Tilaryhmämallin tarkoituksena on hahmotella tilaratkaisu ja rakennuksen massoittelua. Tilaryhmämallista voidaan tehdä energiasimulointi, jonka

päämääränä on selvittää voidaanko tavoitteeksi asetettuja energiankulutuslukemia saavuttaa. Tällaisella alustavalla simulaatiolla saadaan suuruusluokaltaan todellisuutta vastaavia tuloksia, jolloin vältytään mahdollisilta epämiellyttäviltä yllätyksiltä myöhemmin. Alussa tehtyjä vääriä ratkaisuja voi olla mahdotonta muuttaa myöhemmin. Tilaryhmämallia varten käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisia arvoja esimerkiksi seinille, koska yleensä tässä vaiheessa ei ole vielä tehty päätöksiä rakenteista. Tilaryhmämallia ei aina tehdä kaikissa projekteissa, vaan sen sijaan käytetään tilamallia. (Senaatti-kiinteistöt, Osa 9 s.8)

3.7.4 Tilamalli

Rakennuksen tilojen sijoittelua hahmotellaan tilamallin avulla, jolloin LVI-järjestelmämallin mitoitukset voidaan aloittaa. Tilamallista käy ilmi ainakin tilojen numerotunnukset ja pinta-alat. Tilamallin olosuhde- ja energiasimulaatioilla arvioidaan suunnitteluratkaisuja, sisätilojen viihtyvyyttä ja vertaillaan eri vaihtoehtoja. Arkkitehdin mallista on saatavilla ulkoseinät, mutta seinärakenteen laskennallisiksi arvoiksi käytetään joko tilaajan vaatimia arvoja tai Suomen rakentamismääräyskokoelman arvoja. Olosuhde- ja energiasimulointien tulokset esitetään havainnollisesti niin, että kaikki osapuolet omaksuvat sen sisältämän tiedon helposti.

Ensimmäinen talotekniikan elinkaarikustannusarvio voidaan tehdä tilapohjaiseen laskentaa perustuen. Arkkitehdin malli sisältää tilaobjektin tietoineen ja laskentaan lisätään vielä talotekniset vaatimustiedot, kuten laatu- ja varustetaso.

(Senaatti-kiinteistöt, Osa 9 s.9)

3.7.5 Alustava rakennusosamalli

Arkkitehdin alustava rakennusosamalli sisältää tilaobjektien lisäksi seinät, välipohjat, ikkunat ja muut rakenteet, mutta ei niiden yksityiskohtaisia tietoja. Alustavan rakennusosamallin olosuhdesimuloinnissa on mahdollista tutkia tietyn rakenneratkaisun vaikutusta tilan olosuhteisiin. Virtaussimulointi suunnittelun tueksi suoritetaan tiloissa, joissa se katsotaan tarpeelliseksi.

Tässä vaiheessa suoritettu energiasimulointi on astetta tarkempi kuin aiemmissa vaiheissa. Talotekniikan elinkaarikustannuksia voidaan analysoida kuten tilamallivaiheessa. Huomion arvoista on, että analyysi tehdään vain toisessa vaiheessa, ei molemmissa. (Senaatti-kiinteistöt, Osa 9 s.9,10)

3.7.6 Rakennusosamalli

Arkkitehdin rakennusosamalli sisältää tässä vaiheessa aiemmin kerrotun lisäksi rakennusosat ja niiden tyyppitiedot. Mallin lisäksi suunnittelijalla tulee olla käytössä rakennusselostus ja tietomalliselostus. Tässä vaiheessa energiasimuloinnilla voidaan tarkastella aluksi määriteltyjen energiatarvoitteiden saavuttamista. Tämän lisäksi on mahdollista määrittellä ylläpitovaiheen energiankulutus seurannan tavoitearvot.

Rakennusosamallivaiheessa talotekniikan elinkaarikustannusten analyysia tehdessä on käytössä jo talotekniikan järjestelmämalleista saadut määrätiedot ja järjestelmämalleista puuttuvien osuuksien tiedot. Arkkitehdin rakennusosamallin ja talotekniikan järjestelmämallin pohjalta voidaan analysoida ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusanalyysillä voidaan arvioida energian ja raaka-aineiden kulutusta, rakennuksen päästöjä sekä eri rakennuksen osien käyttöikä. Lisäksi tässä vaiheessa voidaan havainnollistaa talotekniikan malleja osana arkkitehdin malleja sekä tutkia ja havainnollistaa valaistusta simulaatioiden avulla. (Senaatti-kiinteistöt, Osa 9 s.11)

4 SIRKKALAN KOULUN TIETOMALLIPOHJAINEN SUUNNITTELU

Tietomallintamisesta on olemassa jo jonkin verran teoriapohjaista tietoa käytettävissä. Kuitenkin tietomallin käytöstä parhaita tuloksia antaa käytännön sovelluksilla saatu tietotaito ja kokemus. Tämän diplomityön yhtenä tarkoituksena on tutkia Joensuussa sijaitsevan Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun Sirkkala 2 –rakennusta tietomallintamisen keinoin.

Kohde on jo rakennusvaiheensa ohittanut ja sen suunnitteluprosessi on viety läpi perinteisellä tyyllillä tietomallintamista hyödyntämättä. Kuitenkin Sirkkalan LVI-suunnittelu on suoritettu MagiCAD HPV -ohjelmalla, joten suunnitelmat on tehty 3D-muodossa ja komponenttien kokotiedot ja materiaalit on määritetty. Näin ollen Sirkkalan koulun suunnitelmista on saatavissa tietomallinnustietoja, vaikka niitä ei olekaan käytetty hyväksi suunnittelu- ja rakennusprosessin aikana.

4.1 Manuaalisesti lasketun ja tietomallista tuotetun määräluettelon vertailu

Tässä luvussa tutkitaan Sirkkalan LVI-suunnitelmien ilmanvaihdon kokonaisuutta määrälaskennan näkökulmasta. Ilmanvaihtourakan määrätiedot on laskettu urakkalaskentavaiheessa perinteisesti urakoitsijan toimesta. Tällainen määrälaskenta perustuu määrälaskijan vuosien kokemukseen ja joiltakin osin jopa arviointiin, sillä määrälaskentaa on vaikeaa suorittaa 2D-suunnitelmista absoluuttisesti. Määrälaskentaan on olemassa myös urakkalaskentasovelluksia, jotka laskevat kustannuksia sekä materiaalin sekä asennuksen osilta.

Kohteen suunnittelu on tehty MagiCAD HPV-ohjelmalla, joka mahdollistaa määräluetteloiden tuottamisen suoraan tietomallista. Tarkoituksena on vertailla rakennusprosessissa käytettyjä urakoitsijan manuaalisesti laskemia ja LVI-suunnittelijan MagiCAD-ohjelmalla tuottamia ilmanvaihdon määräluetteloita.

Oletuksena käytetään, että MagiCAD HPV -ohjelmalla tuotettu tietomalli on täydellinen kuvaus ilmanvaihdosta ja perinteisesti laskettua määrätietoa verrataan siihen. Molemmat määräluettelot esitetään liitteissä I ja II. Seuraavissa kappaleissa esitetyt supistetut määrätietotaulukot on muodostettu liitteiden I ja II tiedoista.

4.1.1 Kanavat ja käyrät

Ilmanvaihtokanavamäärien vertailu osoittaa havainnollisesti käsin lasketun ja tietomallin määrätietojen poikkeavuudet. Taulukossa 4 esitetään käsin laskettu ja tietomallista tuotettu määrätieto omissa sarakkeissaan.

Tämän lisäksi erotus-sarake kertoo käsin lasketun ja tietomallilla saadun määrätiedon erotuksen. Tätä erotusta verrataan käsin laskettuun määrätietoon erotus / käsin laskettu -sarakeessa. Tällä tavalla saadaan tietoa, kuinka monta prosenttia käsin laskettu määrätieto poikkeaa tietomallin määristä.

Tarkastellaan esimerkiksi kanavakokoa 200 ja sitä vastaavia määrätietoja. Käsin laskien kanavamääräksi on saatu 483 metriä ja tietomallista vastaavasti 406 metriä. Kanavamäärien erotus on 77 metriä. Tämän esimerkin perusteella vaikuttaa siltä, että urakoitsija on hankkinut lähes 80 metriä liikaa kyseistä kanavakokoa. Toisaalta kanavathan hankitaan määrämittäisinä, jolloin kanavista luultavasti jää hukkapätkiä. Kuitenkin 77 metriä ylimääräkanavaa on noin 16 % 483 metrissä. Vastaavasti kanavakoossa 500 käsin laskettu määrätieto on jopa 36 % tietomallin määrätietoa suurempi. Kanavakoossa 100 asia on päinvastoin. Käsin laskien on saatu 48 % pienempi määrätieto kuin tietomallista.

Taulukko 4. Käsien laskettu ja tietomallista saatu ilmanvaihtokanavien määrätieto.

kanavakoko	käsien laskettu	tietomalli	erotus	erotus / käsien laskettu
	[m]	[m]	[m]	[%]
100	64	95	-31	-48
125	158	153	5	3
160	442	432	10	2
200	483	406	77	16
250	335	267	68	20
315	325	193	132	41
400	153	111	42	27
500	236	150	86	36
630	133	81	52	39
800	48	1	47	98
1250	4	1	3	75
200x150	-	0.1	-	-
300x100	-	2.0	-	-
300x200	-	1.8	-	-
400x150	-	1.8	-	-
400x200	-	3.0	-	-
400x300	-	2.4	-	-
500x150	-	4.3	-	-
500x200	-	4.3	-	-
500x400	-	2.3	-	-
600x200	-	1.6	-	-
600x250	-	2.0	-	-
600x300	-	44	-	-
600x400	-	4	-	-
600x600	-	0.3	-	-
700x300	-	3	-	-
700x500	-	5	-	-
800x200	-	1	-	-
800x400	-	0.2	-	-
800x600	-	9	-	-
1000x400	-	1	-	-
1000x500	-	45	-	-
yhteensä	2381	2000	491	21

Suorakaidekanavat ovat pyöreitä kanavia arvokkaampia. Siinä lienee syy suorakaidekanavien vähäisyyteen urakoitsijan käsien lasketuissa tiedoissa. Tietomallin määrätiedoissa suorakaidekanavia on useita eri kokoja joitakin

hajametrejä ja koossa 600x300 44 metriä, sekä koossa 1000x500 45 metriä. Urakoitsijan mukaan he tekevät itse suorakaidekanavat sinkitystä levystä. Urakoitsijan laskeman määrätiedon mukaan sinkittyä teräslevyä on laskettu urakkaan paksuuksiltaan 0,5mm: 85 kg, 0,7mm: 813 m² ja 0,9mm: 1500 kg.

Jos kaikkien kanavien vertailusta poistetaan suurimmat ja pienimmät prosenttiarvot, jää urakoitsijoille koosta riippuen 16 % - 41 % ylijäämäkanavaa. Kaiken kaikkiaan (myös pienet ja suuret arvot mukana) kanavia on laskettu käsin liikaa 21 % tietomallin antamaan arvoon verrattuna. Onkohan 21 % urakoitsijan näkemyksen mukaan normaalia vaihtelua vai ei?

Taulukossa 5 esitetään ilmanvaihtokanavien käyrien vertailua. Taulukkoon on valittu yleisimmin käytetyt käyrät eli 45 ja 90 astetta. Liitettä I tarkastelemalla voidaan todeta, että tietomallin määräluettelossa esiintyy myös useita muita kuin pyöreän kanavan 45 ja 90 asteen käyriä, mutta niiden harvinaisuuden vuoksi ne jätetään huomiotta. Käytännössä erikoisella asteluvulla varustettuja käyriä ei käytetä lainkaan ja yksittäistapauksissa ne muotoillaan erikseen, jolloin niistä aiheutuvat kustannukset kohoavat. Tämän huomion nojalla käyrämäärien vertailu ei välttämättä ole järkevää tässä tapauksessa.

Taulukko 5. Käsien laskettu ja tietomallista saatu ilmanvaihtokanavien käyrien määrätieto

käyrä	kanavakoko	käsien laskettu	tietomalli	erotus	erotus / käsien laskettu
		[kpl]	[m]	[m]	[%]
45	100	2	5	-3	-150
	125	13	13	0	0
	160	47	31	16	34
	200	82	44	38	46
	250	58	28	30	52
	315	56	34	22	39
	400	18	15	3	17
	500	33	7	26	79
	630	15		15	100
	800	8		8	100
90	100	30	42	-12	-40
	125	99	92	7	7
	160	168	178	-10	-6
	200	89	91	-2	-2
	250	65	55	10	15
	315	45	26	19	42
	400	29	23	6	21
	500	38	19	19	50
	630	8	8	0	0
	800	7	1	6	86

Käyrien kulmien monimuotoisuus johtunee siitä, ettei Sirkkalan koulun MagiCAD HPV:n tietomallista tuotettuja määrätietoja ole käytetty urakkalaskennassa. Suunnittelijan ei ole tarvinnut määrittää käyrien kulmia järkeviksi eli 45- ja 90- asteisiksi, vaan ohjelma on määrittänyt kulmat automaattisesti. 2D-näkymässähän käyrien astelukua ei pysty tarkistamaan. Jos Sirkkalan koulun suunnittelu olisi toteutettu tietomallipohjaisesti, olisi käyrien asteet määritetty järkeviksi käytännössä. Kun urakan määrätieto on laskettu käsien, ei suunnittelija joko ole osannut käyttää ohjelmaa hyvin, tai sitten on vain jättänyt kaikki ohjelman tietomallintamista ja 3D-suunnittelua tukevat toiminnot käyttämättä.

4.1.2 Ilmanvaihtokoneet

Ilmanvaihtokoneet muodostavat huomattavan osan ilmanvaihtourakan materiaalien kustannuksista. Taulukossa 6 esitetään ilmanvaihtokoneiden määrätiedot vertailutapauksissa.

Taulukko 6. Ilmanvaihtokoneet

Kone	Käsin laskettu	Tietomalli
	[kpl]	[kpl]
Euma	1	
TK 4	1	
TK 5	1	
TK 6	1	
TK 7	1	
retermialaitteet	1	
Eyma ulospuhallushajotin	2	3
Huippuimuri Stef-2	3	
Huippuimuri Stef-3	1	
Huippuimuri Stef-4	2	
Huippuimuri Stef-5	1	
Huippuimuri Vallox	5	
Liesikupu Vallox	1	
Muu laite puhallin		2

Taulukon 6 tiedoista huomataan heti, että käsin lasketut tiedot ovat huomattavasti tarkemmat kuin tietomallin määräluettelosta saadut. Tämä asia selittyy sillä, ettei ko. tietomalliin, eli ilmanvaihtopiirustuksiin ole määritetty tuloilmakoneita ja poistopuhaltimia tietoineen lainkaan. Todennäköisesti piirustuksiin on vain merkitty ilmanvaihtokoneen tunnus ja laatikko kuvaamaan konetta. Kuitenkin tietomallinnusta käyttäen ilmanvaihtokoneet määritetään suunnitelmiin kolmiulotteisesti kaikkine teknisine tietoineen. Ilmanvaihtokoneiden mitoituksia voi suorittaa esimerkiksi useiden laitevalmistajien Internet-sivuilla, ja sieltä saa myös mitoitettut komponentit .dwg-muodossa omiin suunnitelmiin liitettäväksi.

4.1.3 Päätelaitteet

Tulo- ja poistoilmaventtiilien lukumäärät esitetään niin käsin lasketussa, kuin tietomallin avulla tuotetussa määräluettelossa taulukossa 7. Taulukon tiedoissa esiintyy poikkeavuuksia käsin lasketun tiedon ja tietomallin välillä. Jos ajatellaan mahdollisesti ylimääräisten venttiilien kustannusvaikutuksia koko urakan kannalta, jäävät ne mitättömiksi. Kuitenkin tässäkin tapauksessa tietomallia apuna käyttäen määrätiedot voitaisiin saada täsmällisesti.

Taulukko 7. Tulo- ja poistoilmaventtiilien lukumäärät

Tuloilmaventtiili	käsin laskettu	tietomalli
	[kpl]	[kpl]
KTS 100	17	12
KTS 125	2	2
Poistoilmaventtiili	käsin laskettu	tietomalli
	[kpl]	[kpl]
URH / KSO 100	32	22
URH / KSO 125	78	69
URH / KSO 160	17	33
URH / KSO 200	10	10

Tuloilman suutinhajottimia on vertailtu seuraavassa taulukossa 8. Niissä tietyn koon kokonaismäärät näyttävät vertailtavien määräluetteloiden kesken melko yhteneväisiltä.

Taulukko 8. Suutinhajottimien lukumäärät

Tuloilma	käsin laskettu	tietomalli
suutinhajottimet	[kpl]	[kpl]
DYKB 160-125-160		13
DYKB 200-125-200	125 yht. 34	15
DYKB 200-160-200		3
DYKB 250-160-250	160 yht. 121	120
DYKB 250-200-250		23
DYKB 315-200-315	200 yht. 39	2
DYKB 315-250-315	2	2

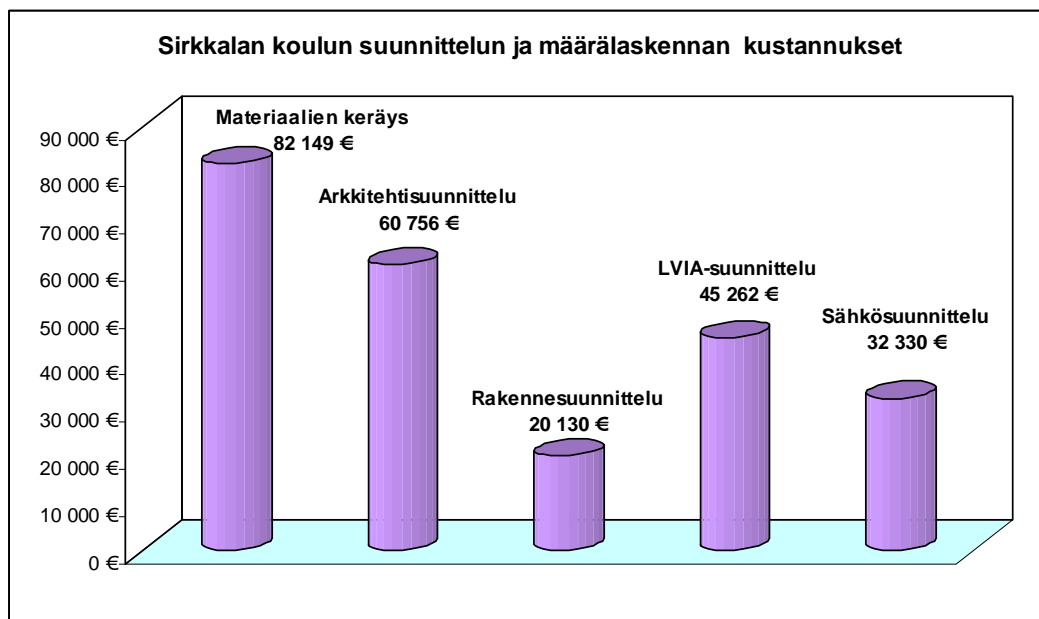
4.1.4 Muut tarvikkeet

Kannakkeita ja sankapareja ei esiinny ollenkaan MagiCAD HPV:n tuottamassa määräluettelossa. Niiden määrätietoja ei siis ainakaan vielä ole mahdollista saada tietomallista suoraan, vaan ne pitää laskea muilla tavoin.

Eräät urakkalaskentasovellukset laskevat kannakkeet ja muut tarvikkeet esimerkiksi kanavamäärän mukaan. Nämä ohjelmat listaavat kanavamääriin tarvittavat tarvikkeet sekä työn arvon. Ne siis laskevat urakan kokonaishintaa sekä materiaalin, että työn kautta.

4.2 Suunnittelun ja urakkalaskennan kustannusjakaumat

Kuvassa 14 nähdään Sirkkalan koulun suunnittelun ja määrälaskennan kustannusten jakautuminen.



Kuva 14. Sirkkalan koulun arkkitehti-, rakenne-, LVIA- ja sähkösuunnittelun sekä määrälaskennan kustannukset. (Massinen O. 2009)

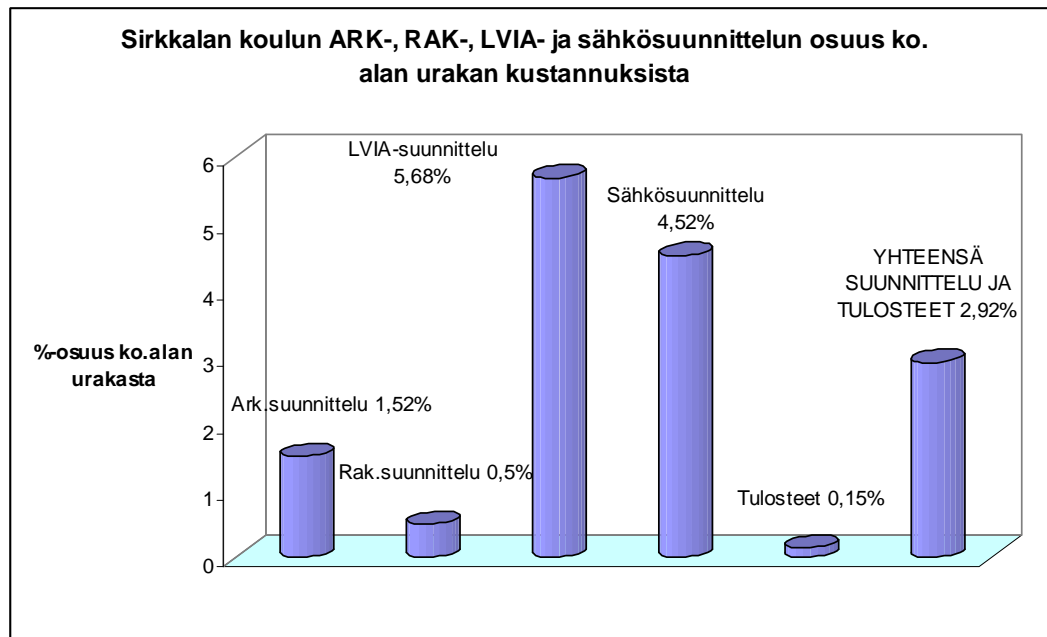
Suunnittelukustannuksista suurin on tässä tapauksessa arkkitehtisuunnittelu. Seuraavaksi tulevat LVIA-suunnittelu, sähkösuunnittelu sekä rakennesuunnittelu.

Materiaalien keräämisestä aiheutuvat 82 149 € kustannukset ovat merkittävät. Materiaalien keräys pitää sisällään kaikkien suunnittelualojen määrätiedon laskennan yhteensä. Jos määräluettelot tuotettaisiin tietomallista, olisivat materiaalien keräämisestä eli määrälaskennasta aiheutuvat kustannukset selvästi pienemmät.

Tietomallintamisen myötä aiheutuva LVI-suunnittelukustannusten pieni nousu ei ole merkittävä, jos sitä verrataan määrälaskennasta saatavaan säästöön. Käytännössä materiaalin keräystä (määrälaskentaa käsin) ei tietomallintamisen

myötä tarvita enää yhtä paljon kuin aiemmin. Säästöä syntyy siis urakkalaskentavaiheessa.

Kuvassa 15 esitetään Sirkkalan koulun suunnittelualojen osuudet ko. alan urakkaan verrattuna.



Kuva 15. Sirkkalan koulun ARK-, RAK-, LVIA- ja sähkösuunnittelun osuus ko. alan urakan kustannuksista sekä tulosteiden kustannusten osuus määrälaskennasta. (Massinen O. 2009)

Suunnitteluosuudet ovat muutaman prosentin luokkaa oman alansa urakan kustannuksiin verrattuna. Esimerkiksi LVIA -suunnittelun osuus LVIA -urakoista on noin 5,7 % ja sähkösuunnittelun osuus sähköurakasta 4,5 %. Kaikki suunnittelualat yhteensä tulosteet mukaan lukien muodostavat 2,9 % kokonaisurakasta. Täten pieni suunnittelukustannusten kasvaminen tietomallipohjaiseen suunnitteluprosessiin siirryttäessä ei vaikuta merkittävästi projektin kokonaiskustannuksiin.

4.2.1 Ajankäyttö suunnittelussa, määrälaskennassa ja urakoinnissa

Tässä kappaleessa esitetään Sirkkalan koulun suunnittelun, määrälaskennan ja urakoinnin kestoajat. Suunnitteluun sisältyvät kaikki eri suunnittelualat yhteensä. Tällä tavoin voidaan vertailla suunnittelun, määrälaskennan ja urakoinnin kestoajojen mittasuhteita.

Sirkkalan koulun projekti jakautuu seuraavasti:

- suunnittelun kesto 28 viikkoa
- määrälaskennan ja hinnanmäärityksen kesto 10–12 viikkoa
- urakoinnin kesto 40–42 viikkoa

Kaiken kaikkiaan suunnitteluun kuluu aikaa 28 viikkoa eli 7 kuukautta. Määrälaskentaan ja hinnanmääritykseen ko. projektissa menee aikaa manuaalisesti laskemalla noin kolme kuukautta. Kolme kuukautta vaikuttaa paljolta tiedostaen mahdollisuuden saada määrätiedot nopeammin suunnittelijan suunnitelmista eli tietomallista. Tietomallintamisen myötä suunnittelu-aika pidentyisi hieman, mutta määrälaskenta-aika vähentyisi reilusti. Määrälaskentaprosessin tiivistyessä myös aikaa säästyy tulevaisuudessa ja projektit tehostuvat. Urakoinnin kesto tässä projektissa on noin 10 kuukautta.

5 TUTKIMUSTULOKSET

Tässä kappaleessa esitellään tutkimuksen tulokset. Tuloksissa keskitytään keskeisimpiin tutkimusaiheisiin, kuten tietomallin hyötyihin, tietomallin aikaansaamiin muutoksiin suunnittelumaailmassa ja eri toimijoiden välisissä rajapinnoissa, määrälaskentaan sekä esimerkkiprojektina toimivan Sirkkalan koulun suunnitteluun.

5.1 Tietomallintamisen aiheuttamat muutokset ja hyödyt suunnitteluprosessissa

Tietomallintaminen mahdollistaa erilaisten energiasimulaatioiden ja -analyysien tekemisen ja vertailun jo suunnittelun alkuvaiheessa. Näin voidaan valita tietyistä vaihtoehdoista simuloinnin avulla saatu paras tapaus suunnittelussa toteutettavaksi. Käytännössä tilaajat eivät välttämättä useinkaan osaa vielä pyytää näitä simulaatioita suunnittelijoilta.

Kappaleessa 3.7 kuvataan erilaisia useita rakennusprosessin aikaisia malleja. Käytännön kokemuksella talotekniikkasuunnittelussa saadun tiedon perusteella osan malleista on huomattu toimivan huonosti, ja olevan joiltakin osin päällekkäisiä. Osaa malleista voitaisiin jatkossa mahdollisesti yhdistää käytettävyyden parantamiseksi. Tietomallia hyödynnettäessä on muistettava, että malli ei ole itse tarkoitus, vaan väline parempaan rakentamiseen ja rakennukseen.

Tilaajan kannalta projektien kuluja ajatellen olisi lähitulevaisuudessa erittäin mielekäästä käyttää tietomallista saatavia määrätietoja, jolloin sekä materiaalikulut että laskenta-ajan pieneneminen toisivat säästöjä.

5.2 Sirkkalan koulu

5.2.1 Suunnittelu ja urakkalaskenta

Sirkkalan koulun määrätietojen käsin laskenta ja hinnanmääritys kestävät 10–12 viikkoa eli noin kolme kuukautta. Suunnittelijan mallista tuottama määräluettelo toisi säästöjä tähän raskaaseen määrälaskentaprosessiin. Sirkkalan LVIA-suunnittelun osuus LVIA-urakoiden kustannuksista on 5,7 %. Suunnittelukustannusten pieni nouseminen suunnittelijan tuottaman määrätiedon myötä ei aiheuttaisi muutoksia kokonaiskustannusten mittasuhteissa.

5.2.2 Käsin lasketun ja tietomallista tuotetun määräluettelon vertailu

Sirkkala 2 -rakennuksen tapauksessa tietomallintamista tutkitaan esimerkiksi ilmanvaihdon määräluettelon tuottamisen osalta. Tietomallista saatua määräluetteloita verrataan urakkalaskentavaiheessa aidosti käytettyyn ja käsin laskettuun määrätietoon. Vertailu suoritetaan kanavamäärien, ilmanvaihtokoneiden, päätelaitteiden sekä kannakkeiden osalta. Tietomallista tuotettu määräluettelo ja käsin laskettu määrätieto poikkeavat toisistaan paikoin reilustikin.

Ilmanvaihtokanavamäärien vertailussa huomataan, että urakoitsijan käsin laskemissa määrätiedoissa esiintyy pelkästään pyöreitä kanavia. Tietomallista tuotetussa määräluettelossa esiintyy kuitenkin myös suorakaidekanavia. Ne ovat kuitenkin huomattavasti pyöreitä kanavia arvokkaampia. Urakoitsija kertoo haastattelussa tekevänsä suorakaidekanavat itse sinkitystä pellistä työmaalla.

Urakoitsijat tuntuvat suhtautuvan epäilevästi suunnittelijan kykyyn tuottaa määräluetteloita. Suunnittelija kun ajattelee usein puhtaan teknisesti suunnitteluratkaisujaan, kun taas urakoitsija pyrkii löytämään

kustannustehokkaimman ratkaisun. Kaiken kaikkiaan vertailtavat kanavamäärät poikkeavat toisistaan siten, että urakoitsijan käsin laskemat kanavamäärät ovat kanavakoosta riippuen 16 % - 41 % suuremmat kuin tietomallista saadut. Tietomallista tuotettuun määräluetteloon siirtyminen edesauttaisi siis tarvikemäärien paikkaansa pitävyyttä, kun määrien laskenta ei perustuisi arvioon, kokemukseen tai kertoimiin, vaan asennusta vastaavaan malliin.

Ilmanvaihtokanavien käyräpalojen määrätietojen vertailun suorittamista ei koettu järkeväksi tietomallin määrätiedoissa esiintyvien erikoisten käyrien vuoksi. Näiden käyrien perusteella on melko selvää, ettei suunnittelija ole suunnitellessaan ajatellut määrätietoa tuotettavan suoraan tietomallista.

Ilmanvaihtokoneiden osalta määrätietojen vertailu osoittautui tarpeettomaksi, sillä tietomallin määrätiedoissa ei ollut niitä lainkaan muutamaa puhallinta lukuun ottamatta. Tämä seikka selittynee sillä, ettei tätä projektia ole suunniteltu tietomallintamisen keinon, eikä siten ole käytetty hyväksi tietomallintamisen myötä tulevia hyötyjä. Ilmanvaihtosuunnittelussa iv-koneita ei siis ole mitoitettu ja sijoitettu suunnitelmiin, vaan luultavasti vain laskettu käsin erikseen. Täten vertailua ei pystytä suorittamaan.

Päätelaitteiden määrätiedoissa ei esiintynyt suuria eroja. Toisaalta niiden kustannukset koko urakan kannalta ovat pienet, joten jos esimerkiksi poistoilmaventtiilien määrätiedot olisivat poikenneet toisistaan, ei siitä aiheutuvat kustannukset olisi kuitenkaan kohonnut suuriksi. Tavoitteena voidaan pitää kuitenkin mahdollisimman tarkkoja määrätietoja tietomallista.

Kaiken kaikkiaan määrätietojen vertailu onnistui selvästi parhaiten ilmanvaihtokanavien tapauksessa. Muissa vertailtavissa asioissa esteeksi koitui luultavasti se, ettei suunnittelija ollut projektin aikana tiennyt, että määrätietoja tullaan tarkastelemaan myös suoraan suunnitelmista. Täten suunnitelmat eivät olleet kaikilta osin tarpeeksi tarkkoja luotettavan määrätiedon saamiseksi

suoraan tietomallista. Mielenkiintoisin tapaus olisi ollut vertailla määrätietoja projektissa, joka olisi mallinnettu täysin, jolloin tulokset olisivat olleet vielä luotettavampia.

6 TIETOMALLISTA TUOTETTU MÄÄRÄTIETO URAKOITSIJAN NÄKÖKULMASTA

Tässä kappaleessa tarkastellaan urakoitsijoiden mielipiteitä ja asenteita tietomallintamista ja suunnittelijan tuottamaa määrätietoa kohtaan.

6.1 Urakoitsijoiden haastattelu

Urakoitsijoille suoritetaan kvalitatiivinen eli laadullinen kysely sähköpostihaastattelun muodossa. Haastattelun otanta on melko suppea, vain kaksi urakoitsijaa.

Haastateltaviksi urakoitsijoiksi valitaan Sirkkalan koulun ilmanvaihtourakoitsija sekä toinen urakoitsija, jolla on kokemusta tietomallipohjaisen määrätiedon käytöstä erään kerrostalosaneerauksen yhteydessä urakkalaskennassa.

Tavoitteena on saada haastateltavien mielipiteitä määrälaskennan tilasta ja kehityksestä lähitulevaisuudessa. Haastattelukysymykset esitetään kokonaisuudessaan liitteissä III ja IV.

6.1.1 Sirkkalan koulu

Ilmanvaihtourakoitsijalta pyydetään Sirkkalan koulun laskenta-ajan erittely, josta tulee käymään ilmi materiaalitietojen laskemiseen ja hintatietojen keräämiseen käytetyt ajat kuluineen. Urakoitsijalta kysytään kokemuksia suunnittelijan tuottamasta määräluettelosta ja sen muodosta, sekä mielipidettä MagiCAD HPV-ohjelman määräluettelosta.

Haastattelussa tutkitaan myös sekä henkisiä, että teknisiä esteitä suunnittelijan tuottamaan määräluetteloon.

Entuudestaan tiedetään, ettei MagiCAD HPV-ohjelmasta tuotettu määräluettelo aina kelpaa urakoitsijalle sellaisenaan työkaluksi. Näin ollen haastattelussa kysytään, minkälaisessa muodossa suunnittelijalta tulevan määrätiedon tulisi olla, jotta urakoitsija voisi käyttää sitä suoraan. Tiedetään myös, että kyseinen määräluettelo ei sisällä esimerkiksi kannakkeita tai sankapareja. Niiden mahdollisesta lisäämisen tarpeesta ohjelman tuotekirjastoon kysytään myös haastattelussa.

Haastattelussa kartoitetaan myös urakoitsijan näkemyksiä projektin mahdollisiin muutoksiin ja eri toimijoiden välisiin suhteisiin suunnittelijan tuottaessa määrätietoa. Kysytään myös miten suunnittelijan ja urakoitsijan välinen rajapinta muuttuisi suunnittelijan tuottaman määrätiedon myötä.

Urakoitsijalta tiedustellaan myös, onko suunnittelijan 3D-mallista tuottama täydellinen määräluettelo hänen mielestään käytännössä mahdollinen lähitulevaisuudessa. Myös urakoiden yksikköhintoihin sopimisen mielekkyydestä, ja koko urakkalaskennan maksajasta kysytään urakoitsijan mielipidettä.

Yleisissä kysymyksissä urakoitsijalta pyydetään saatujen urakoiden määrää kaikista lasketuista urakoista sekä tietoja saatujen urakoiden mahdollisista tarkastuslaskelmista. Näiden lisäksi haastattelussa selvitetään urakkalaskennan osuutta urakoitsijan kokonaisajankäytöstä.

6.1.2 As Oy Auvisenrinne

Toinen haastateltava urakoitsija valitaan haastatteluun sillä perusteella, että hänellä tiedetään olevan omakohtaisia kokemuksia suunnittelijan tuottamasta MagiCAD HPV -pohjaisesta määrätiedosta. Kohteena on ollut saneerattava kerrostalo. Haastattelussa tiedustellaan urakoitsijan kokemuksia suunnittelijan tuottamasta määrätiedosta sekä määräluettelon rakenteesta. Haastattelu suoritetaan lähes samoilla kysymyksillä kuin toisen urakoitsijan haastattelu, ilman Sirkkalan koulua koskevia kysymyksiä.

6.2 Haastattelujen tulokset

Tässä kappaleessa kuvataan urakoitsijoille tehtyjen haastattelujen tuloksia.

6.2.1 Sirkkalan koulu

Sirkkalan koulun ilmanvaihtourakoitsijan haastatteluvastauksista saadaan selville taulukossa 9 esitetyt ilmanvaihdon määrälaskenta-ajan erittelyä ja kustannuksia koskevat tiedot. Ilmanvaihtourakan laskennan kesto on kaiken kaikkiaan 62 tuntia eli 1,7 työviikkoa ja sen aiheuttamat kustannukset ovat 1240 €

Taulukko 9. Sirkkalan koulun ilmanvaihto-urakan määrälaskenta-ajan erittely

Toiminto	[h]	[€h]
Materiaalitietojen laskeminen	40	20
Hintatietojen keräys	16	20
Varsinainen laskentasuoritus	2	20
Muut laskenta-ajan kulut	4	20
Yhteensä	62	1240

Tämän työn aiemmassa kappaleessa 4.2.1 esitetään Sirkkalan koulun kokonaisurakkalaskenta-ajaksi 10 - 12 viikkoa. Ilmanvaihdon määrälaskentaprosessin osuus on siis 14 - 17 % koko projektin kattavasta määrälaskenta-ajasta.

Haastattelusta käy ilmi, että LVI-tekninen tietomallintaminen on urakoitsijalle tuttua. LVI-suunnittelijan tuottamasta määräluettelosta urakoitsijalla on kokemuksia, mutta hänen mielipiteensä siitä ovat kaksijakoisia. Urakoitsijan mukaan määräluettelon tuottaminen urakoitsijan tarpeita vastaaviksi on mahdollista, jos suunnittelija on paneutunut asiaan. Lisäksi urakoitsija olisi

valmis käyttämään suunnittelijan tuottamaa määräluetteloa sellaisenaan ilman tarkastuslaskelmia.

Urakoitsija kokee kuitenkin yleisesti suunnittelijan tuottaman määräluettelon haasteeksi. Hänen mukaansa ”tällä hetkellä suunnittelijat eivät kykene tuottamaan edes toteutuskelpoisia suunnitelmia mallintamisesta puhumattakaan.” Tämän lisäksi urakoitsija ei näe tällä hetkellä käytännössä mahdolliseksi suunnittelijan tuottaman määräluettelon käyttämistä. Näin radikaalit mielipiteet perustunevat käytännön kokemuksiin ja kuvannevat myös osaltaan suunnittelijan tuottaman määräluettelon harvinaisuutta. Kyseisen urakoitsijan tapauksessa suunnittelijan tuottama määrätieto ja urakoitsijan tarpeet määrätiedon suhteen eivät selvästikään ole kohdanneet. Urakoitsija ei ole pystynyt käyttämään suunnittelijan määrätietoa sellaisenaan. Kuitenkin suunnittelijan määräluettelo on periaatteessa yhtä tarkka kuin malli. Ongelma onkin määrätiedon esitystavassa ja – muodossa. Kyseinen urakoitsija ei kuitenkaan ilmaise kehitysehdotuksia sopivasta määrätiedon tyypistä. Joiltakin osin urakoitsijan kommentin voi varmasti myös selittää normaaleina kasvukipuina muutosprosessissa kohti suunnittelijan tuottamia määrätietoja.

Positiivisiksi vaikutuksiksi suunnittelijan tuottamassa määrätiedossa urakoitsija kokee sen, että tarvikkeita ei tarvitsisi laskea enää kuvista käsin. Kysyttäessä mihin asioihin projektissa valmiit määräluettelot vaikuttaisivat urakoitsijan näkökulmasta, liittyy vastaus vastuukysymyksiin. Urakoitsijaa mietityttää, että kuka ottaa vastuun, jos määräluettelossa esiintyy virheitä. Lisäksi urakoitsija pohtii kenen tehtäväksi jää tarkastaa, että urakkaan on käytetty suunnittelijan antama määrä materiaalia. Vastuukysymykset liittyvät sopimusteknisiin asioihin. Jos vakiintuneita käytäntöjä ei vielä ole, täytynee sopimukset tehdä tapauskohtaisesti.

Urakoitsija ei osaa sanoa, kuinka suunnittelijan ja urakoitsijan välinen rajapinta tulisi muuttumaan suunnittelijan tuottaessa määrätiedon. Tämän määrätiedon oikeellisuudesta vastaisi urakoitsijan mukaan joko rakennuttaja tai

suunnittelija. Lisäksi kysymykseen kuka maksaa urakkalaskennan, urakoitsijan vastaus on urakoitsija. Jos kuitenkin tarkastellaan koko prosessia, kulkeutuvat urakkalaskennastakin johtuvat kulut tilaajalle.

Urakoitsijalla ei tunnu olevan mielipidettä urakan sopimisesta yksikköhintoihin. Hän toteaa, että rakennuttajan vaatiessa yksikköhinnat on annettava, ja kysymykseen pitäisikö urakka sopia yksikköhintoihin, vastaus on ”on mahdollista”.

Yleisissä kysymyksissä urakointia koskien urakoitsija kertoo heidän saavan 15 % kaikista laskemistaan urakoista. Kysymykseen saadun urakan mahdollisesta tarkastuslaskennasta, urakoitsija vastaa tekevänsä pelkästään jälkilaskentaa. Urakkalaskennan osuus urakoitsijan kokonaisajankäytöstä on tällä hetkellä 15 - 20 %.

Haastattelukysymyksiä ulkopuolelta urakoitsija nostaa esille hänen mielestään tietomallintamisen myötä tulevan ongelman, joka koskee lisä- ja muutostöiden vähenemistä. Nykyisessä suunnitteluprosessissa urakoitsija kun saanee lisäkatetta itselleen juuri lisä- ja muutostöillä, jolloin mahdollisesti urakoitsija joutuessaan tilaamaan pienen erän jotain tuotetta, voi laskuttaa siitä tukkuhintaa suuremman hinnan.

Toinen urakoitsijaa mietityttävä seikka on, kuka vahvistaa lisä- ja muutostyöt mallipohjaisessa suunnittelu- ja loppupiirustusten työstämisessä. Tällä hetkellä toimivalla toimintatavalla urakoitsija ilmoittaa muutoksista asennuksissa valvojalle, joka tarkentaa ja hyväksyy työn.

6.2.2 As Oy Auvisenrinne

As Oy Auvisenrinteen urakoitsija kertoo ko. kohteen olevan toinen, jossa heillä on ollut käytössä suunnittelijan tuottama määräluettelo. Joitakin kokemuksia heillä on siis jo olemassa suunnittelijan määräluettelosta. Urakoitsija kokee tämän kohteen määrätiedot erittäin epäselviksi ja puutteellisiksi listoiksi. Lisäksi hänen mukaansa massat ovat listoilla epämääräisessä järjestyksessä.

Urakoitsijan ehdotus määräluettelon rakenteeseen on, että massat olisi pilkottu osiin joko rakennus- tai työvaiheittain. Hän lisää vielä, että määräluettelon laatijalla pitäisi olla näkemys työn toteutuksesta. Näin ollen pelkkä tarkka määrätieto ei ole riittävä tieto urakoitsijalle, vaan tarvitaan myös määrien jaottelua.

Suunnittelijalta tuleva määrätieto sisältää ainoastaan työhön liittyvät materiaalit. Urakoitsijan kannalta työn toteutukseen sisältyy materiaalikustannusten lisäksi olennaisena osana työn kustannukset ja erilaiset olosuhdelisät. Urakoitsija kaipaakin eräässä vastauksessaan ilmanvaihtoasennuksiin liittyen määrätietojen ilmoittamista yhdessä olosuhdelisien kanssa. Näin määrätiedoista olisi hänen mukaansa apua hinnoittelussa.

Valmiissa määrätiedoissa urakoitsija kokee positiiviseksi vaikutukseksi tarjousvaiheen vähenevän työmäärän. Urakoitsija ei kuitenkaan koe suunnittelijan tuottamaa määrätietoa tarpeelliseksi, ennen kuin ongelmat määrätiedon rakenteessa ja esimerkiksi olosuhdelisissä saadaan haltuun.

Määrätiedon vastuu- ja sopimuskysymyksiin urakoitsijalla on kaksi vaihtoehtoa. Jos määrätieto on laadittu työ- tai rakennusvaiheittain ja tilaaja vastaa määrätiedoista, eivät sopimuskuviot prosessin eri toimijoiden välillä muutu mitenkään. Jos taas suunnittelija vastaisi määrätiedon oikeellisuudesta, muuttuisi tilanne.

Yleisissä kysymyksissä urakoinnista urakoitsija kertoo heidän saavan noin 50 % lasketuista urakoista. Näistä urakoista suoritetaan jälkilaskentaa aina tuotetasolle asti. Urakkalaskennan osuus kokonaisajankäytöstä on urakoitsijan mukaan vaihtelevasti 10 - 100 %.

Yksikköhintaisista urakoista ei haastateltava innostu. Urakan sopiminen yksikköhintoihin ei ole hänen mielestään oikea tapa hinnoitella urakkaa.

6.2.3 Nykyisten sopimuskäytäntöjen muutostarpeet

Tietomallipohjaiseen suunnittelu- ja rakennusprosessiin ryhdyttäessä eivät nykyiset projektin eri toimijoiden väliset sopimukset enää toimi kaikilta osin, vaan tarvitaan uudenlaiset sopimukset. Tällä hetkellä ei kuitenkaan ole valmista sopimusmallia eri suunnittelualojen välillä tietomalliprojektia varten. Ainoastaan arkkitehdin ja tilaajan välillä on olemassa jonkinlainen luonnosehdotus.

Määrälaskennan kehittyminen suunnittelijan tuottamiksi määrätiedoiksi on yksi suuri askel tietomallintamisen mukanaan tuomissa muutoksissa. Tällöin suunnittelijan ja urakoitsijan väliset sopimukset tulevat kokemaan muutoksia.

Tietomallintamisen myötä esiin nousee esimerkiksi mallin tekijänoikeuksiin liittyviä kysymyksiä. Kuka voi käyttää ja muokata mallia ja kuinka pitkään? Yksi ajatustapa on, että tekijänoikeudet toimitusvaiheessa kuten kirjailijan tuottaman kirjan tai muusikon säveltämän sävellyksen oikeudet.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tietomallintamista puoltavia seikkoja on useita. Yleisellä tasolla voidaan sanoa koko suunnittelu- ja rakennusprosessin tehostuvan kokonaisvaltaisen tietomallintamisen ansiosta. Suunnittelijan näkökulmasta katsottuna tietomallin aikaansaamia hyötyjä ovat suunnitelmien muunneltavuus ja helpompi yhteensovitus sekä parempi havainnollisuus. Tilaajan kannalta positiivisia vaikutuksia ovat juuri kokonaissuunnitteluajan tehostuminen, eri toimijoiden suunnitelmien yhteensopivuuden helpottuminen, sekä sitä kautta ristiriitojen väheneminen suunnitelmissa. Erityisesti tilaajalle havainnollisuuden paraneminen on tärkeää, sillä eivät kaikki tilaajat ole esimerkiksi LVI-suunnittelun ammattilaisia. Tietomallin avulla heille voidaan suunnittelun alussa havainnollistaa eri vaihtoehtoja, jolloin ymmärrys ko. asioista lisääntyy. Urakoitsijan saavutettavissa olevia hyötyjä tietomallintamisesta ovat määrälaskennan tehostuminen ja tarkentuminen, sekä kustannustiedon hallinnan paraneminen. Näiden lisäksi hankeaikataulun ja ylipäänsä ajoituksen hallinta helpottuu.

LVI-suunnittelun osalta tietomallintaminen toimii nykyisin hyvin. Järjestelmät suunnitellaan ohjelmilla kolmiulotteisesti tiloihin sopiviksi ja mitoitetaan määräysten mukaisiksi. Seuraava askel olisi eri suunnittelijoiden mallien yhdistämisen rutinoituminen, jolloin tietomallista saataisiin enemmän sen hyötyjä irti esimerkiksi törmäystarkastelujen muodossa.

Tietomallintamisen ja määrälaskennan kehittämisessä riittää vielä työtä. Teknisesti tietomallintaminen on jo käytössä 3D-suunnittelun myötä, mutta sen sisältämät hyödyt jäävät suurelta osin yhä käyttämättä suunnittelu- ja rakentamisprosessissa. Esimerkiksi määrälaskentaa tietomallin kautta tehtäessä koko rakentamisprosessia pystytään tehostamaan. Suunnitteluprosessin ja toimijoiden välisten suhteiden vähäinenkin muuttaminen on raskasta ja vaativaa. Näin ollen tilausta jatkotutkimukselle löytyy varmasti.

Suunnittelijan tuottama määrätieto urakoitsijalle tulee olemaan yksi suurimmista muutoksista koko tietomallintamisen saralla. Periaatteessa suunnittelija pystyy jo tällä hetkellä luomaan määrätiedon mallistaan. Tarkka määrätieto vaatii toki yhtä tarkan mallin, joten suunnitelmien tarkkuus lisääntynee tulevaisuudessa entisestään. Urakoitsijoiden haastatteluvastauksiin viitaten määrätiedon tuottamisen ongelmat ovat sekä teknisiä, että sopimuskuvioiden uudelleen järjestelyä eri toimijoiden välillä. Urakoitsijoille ei riitä pelkkä eksakti määrätieto, vaan se tulisi heidän mielestään olla järjestettynä olosuhdelisineen tai esimerkiksi asennusvaiheiden mukaan.

Tietomallintamisen avulla voidaan saada vähennettyä rakennuksen koko elinkaaren aikaisia kustannuksia. Näihin elinkaarikustannuksiin voidaan vaikuttaa suunnitteluprosessin alkuvaiheissa tehtäessä esimerkiksi erilaisia energiasimulaatioita ja valitessa niistä elinkaarikustannuksiltaan paras vaihtoehto. Suunnittelun aikana koko elinkaaren aikaisiin kustannuksiin voidaan vaikuttaa 60–80 %.

Sirkkalan koulun ilmanvaihtourakoitsijan haastatteluvastauksista saadaan selville, että urakoitsijan kokonaisajankäytöstä urakkalaskenta vie 15–20 %. Tehdyistä urakkatarjouksista noin 15 % voitetaan. As Oy Auvisenrinteen urakoitsijalla vastaavat luvut ovat 10–100 % ja 50 %. Laskentatyötä tehdään siis melko paljon ”turhaan” omaan laskuun. Suunnittelijan tuottama määrätieto voisi muuttaa urakoitsijoiden päällekkäisen laskennan samasta urakasta, tehostaa laskentaprosessia ja säästää koko projektin kustannuksia.

7.1 Tietomallintamisen tulevaisuuden näkymiä

Tietomallintaminen on läpimurtonsa kynnyksellä. Tavoitteena on suunnittelu- ja rakennusprosessien kokonaisvaltainen tietomallintaminen, jolloin päästäisiin käsiksi tietomallintamisen hyötyihin, kuten tehokkaampaan rakennusprosessiin. Kuitenkin tässä vaiheessa tietomallintamista lähinnä osaprosesseissa suunnittelualoittain käytettäessä voidaan siitä saada irti hyötyjä, kuten esimerkiksi tietomallista automaattisesti tuotettu määräluettelo.

Tietomallin tulee olla mahdollisimman tarkka siitä tuotettavan määrätiedon vuoksi. Näin ollen tulisi miettiä esimerkiksi kannattimien ja sankaparien lisäämisen tarpeellisuutta suunnitteluohjelmien tuotekirjastoihin, jolloin myös niiden määrätieto tulisi suoraan mallista, eikä sitä tarvitsisi erikseen laskea ja arvioida. Toisaalta nykyiset urakkalaskentasovellukset laskevat jo ko. tarvikkeet esimerkiksi kanavamäärän mukaan. Tämä ominaisuus olisi kenties hyvä mallinnusohjelmissakin, jos niistä aiotaan saada täydellisiä määräluetteloita ulos.

Työkalujen ja -tapojen saralla riittää vielä kehitettävää. Eri suunnittelijoiden väliset tietomallinnusohjelmat tulee saada yhteensopiviksi esimerkiksi IFC-standardia kehittämällä. Lisäksi eri toimijoiden epätietoisuudesta johtuvia asenteita tulisi voida hälventää. Kaikenlainen muutosvastarinta on toki ymmärrettävää tilanteessa, jossa valmista ratkaisua ei ole valmiina, vaan se vaatii töitä ja uusia toimintatapoja.

Suuret tilaajat, esimerkiksi Senaatti-kiinteistöt, vaativat jo koko prosessin tietomallintamista suunnittelijoilta. Suunnittelutoimistoissa tuntuu olevan vielä tilanne, jossa kokonaisvaltaista tietomallinnusta tehdään pyydettyä, mutta ei kuitenkaan kaikissa projekteissa. LVI-tekniinen suunnittelutyö tehdään jo automaattisesti tietomallipohjaisen ohjelmiston ansiosta.

7.1.1 Asennusten havainnollistaminen työmaalla

Lähitulevaisuudessa tietomallintamisen yleistyessä piirustusten päivittäminen työmaalle olisi järkevää tehdä toisin kuin tähän asti. Piirustusten sijaan voisi esimerkiksi pääurakoitsija hankkia työmaalle tietokoneen ja videotykin. Sen avulla asentajat voisivat katsoa suoraan tietomallista kolmiulotteisen suunnitelman perinteisten tasopiirustusten asemesta. Kyseisessä tietomallissa voisi olla yhdistettynä kaikki mallit rakenteista talotekniikkaan, kalusteisiin ja kojeisiin. Näin ollen asentajilla olisi käytössään tasopiirustuksia havainnollisempi työkalu. Tarpeen mukaan mallista voisi myös ottaa osatulosteita paikan päällä tiettyjä asennuksia varten.

Kustannuksiltaan tietokoneen ja videotykin hankkiminen ei ole liian hintavaa, sillä laitteet siirtyisivät aina valmiilta työmaalta seuraavalle. Tietokoneen käyttöäksi voidaan arvioida noin 3 vuotta. Paperisista piirustuksista kertyy nykyään kustannuksia, kun niitä tarvitaan useita sarjoja eri toimijoille ja kun niitä päivitetään työmaalle. Tietokoneen ja videotykin takaisinmaksuaika olisi luultavasti muutaman urakan verran paperisuunnitelmiin verrattuna. Tietokoneen käyttötaitojen puutekaan ei Internet -aikakaudellamme varmasti olisi ongelma asentajille.

LÄHDELUETTELO

Anttonen Mikko. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2008. IFC-tietomallin mukaisen tiedon jäsentäminen, käsittely ja siirto. Diplomityö. 99 sivua.

Haatanen Reijo et al. Vantaan LVI-yhdistys 20 vuotta – lehti. 2009. 74 s.

Hara-Lindström E., Hyvärinen K., Kinnunen J., Pesu H., Reinikainen E. ja Tähti E. 2001. Talotekniikan elinkaaritarkastelut. 152 s. ISBN 952-5411-07-09

Kiviniemi Arto. TKK Dipoli 11.11.2009. ”Tietomallintamisen visioista liiketoimintaa” – seminaariesitys

Laine Tuomas. 2008. Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa. 48 s. ISBN 978-951-682-859-9

Laitinen Jarmo. TKK Dipoli 11.11.2009. ”Elinkaariteknologiat ja simulointi rakentamis- ja kiinteistöaloudessa” – seminaariesitys

Markkula Markku. TKK Dipoli 11.11.2009. ”Aalto T3: Tietomallintamisen mahdollisuudet” – seminaariesitys.

Massinen Osmo. TKK Dipoli 11.11.2009. ”TIRTA CASE Sirkkala – integroitu tietomallipohjainen prosessi” –seminariesitys

Massinen Osmo. Tietomallinnus tutkimus TIRTA-LUT, LVIAS-järjestelmät – esite 2009

Penttilä Hannu, Nissinen Sampsa, Niemioja Seppo. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa. 64 s.

ISBN 978-951-682-796-7

Progman Oy. Internet sivustolla käyty 3.12.2009. Saatavilla:

<http://www.progman.fi/fi/magicad-fi/applications-fi>

Rakennustietosäätiö. Tietomalli korjausrakentamisessa. 6.5.2008
Saatavilla:

https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rane/material/attachments/5oJ5FjIGF/5xEXzAOLn/Rakennusfoorumi_RTS_tietomalli_korjausrakentamisessa-2008.pdf

Ristolainen Kari. TKK Dipoli 11.11.2009. ”Tavoitteiden mukainen projektien laajuus, kustannukset ja toimivuus” – seminaariesitys

Savonia ammattikorkeakoulu, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.
TIRTA Integroitu tietomallipohjainen prosessi – esite.

Senaatti-kiinteistöt. 2007. Tietomallivaatimukset osat:

4 Talotekniikkasuunnittelu, 7 Määrälaskenta ja 9 Mallien käyttö TATE-analyyseissä.

Soukka Risto. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
Elinkaarimallintaminen, luentokalvot: Elinkaarikustannuslaskennan esittely
5.10.2009.

Sähkömaailma – lehti. Kaj Vanninen. Vieraskynästä – kolumni. 10/2006.

Talotekniikan suunnittelun tehtäväluettelo TATE 95. (1995). – lisälehti.
(1999)

TATE 95 LVI03-40242

Vakkilainen Jussi. 2009 Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.
Rakennuksen tietomalli rakennushankkeen suunnitteluvälineenä. 129 s.

MagiCAD HPV - Bill of materials

LIITE I
(1/12)

Project: Sirkkala 2

Date: 04.02.2010

Range: SIRKKALA IV-MÄÄRÄLUETTELO

Class	Size	Series	Product N	L[m]	Insul.\s s[mm]	
Duct	100	Pyöreä	BDEK-6-010	94.7		
Duct	125	Pyöreä	BDEK-6-012	149.1		
Duct	125	Pyöreä	BDEK-6-012	3.5	EI60	60
Duct	160	Pyöreä	BDEK-6-016	420.8		
Duct	160	Pyöreä	BDEK-6-016	11.1	EI60	80
Duct	200	Pyöreä	BDEK-6-020	398.0		
Duct	200	Pyöreä	BDEK-6-020	7.7	EI60	80
Duct	250	Pyöreä	BDEK-6-025	266.3		
Duct	250	Pyöreä	BDEK-6-025	0.4	L20	20
Duct	315	Pyöreä	BDEK-6-031	187.6		
Duct	315	Pyöreä	BDEK-6-031	5.4	EI60	80
Duct	400	Pyöreä	BDEK-6-040	96.6		
Duct	400	Pyöreä	BDEK-6-040	2.6	EI30	50
Duct	400	Pyöreä	BDEK-6-040	11.3	EI60	80
Duct	400	Pyöreä	BDEK-6-040	0.5	L20	20
Duct	500	Pyöreä	BDEK-6-050	144.7		
Duct	500	Pyöreä	BDEK-6-050	1.0	L100	100
Duct	500	Pyöreä	BDEK-6-050	4.2	EI60	80
Duct	630	Pyöreä	BDEK-6-063	65.0		
Duct	630	Pyöreä	BDEK-6-063	4.7	L50	50

Duct	630	Pyöreä	BDEK-6-063	11.1	EI60	80
Duct	800	Pyöreä	BDEK-6-080	0.7	EI60	100
Duct	1250	Pyöreä	BDEK-6-125	0.7	L100	100
Duct	200x150	Suorak.	BAKK-1-020-015-0	0.1		
Duct	300x100	Suorak.	BAKK-1-030-010-0	2.0		
Duct	300x200	Suorak.	BAKK-1-030-020-0	1.8		
Duct	400x150	Suorak.	BAKK-1-040-015-0	1.8		
Duct	400x200	Suorak.	BAKK-1-040-020-0	3.0		
Duct	400x300	Suorak.	BAKK-1-040-030-0	2.4		
Duct	500x150	Suorak.	BAKK-1-050-015-0	4.3		
Duct	500x200	Suorak.	BAKK-1-050-020-0	4.3		
Duct	500x400	Suorak.	BAKK-1-050-040-0	2.3		
Duct	600x200	Suorak.	BAKK-1-060-020-0	1.6		
Duct	600x250	Suorak.	BAKK-1-060-025-0	2.0		
Duct	600x300	Suorak.	BAKK-1-060-030-0	38.4		
Duct	600x300	Suorak.	BAKK-1-060-030-0	5.6	EI60	80
Duct	600x400	Suorak.	BAKK-1-060-040-0	1.6	EI120	120
Duct	600x400	Suorak.	BAKK-1-060-040-0	2.6	EI60	80
Duct	600x600	Suorak.	BAKK-1-060-060-0	0.3		
Duct	700x300	Suorak.		2.9		
Duct	700x500	Suorak.		5.2		
Duct	800x200	Suorak.	BAKK-1-080-020-0	0.6		
Duct	800x400	Suorak.	BAKK-1-080-040-0	0.2	L20	20
Duct	800x600	Suorak.	BAKK-1-080-060-0	4.1		
Duct	800x600	Suorak.	BAKK-1-080-060-0	4.5	EI60	80
Duct	1000x400	Suorak.	BAKK-1-100-040-0	0.6	EI30	60
Duct	1000x500	Suorak.		44.7		

(2/12)

Bend-15 125 Pyöreä

Bend-15	160	Pyöreä		12		
Bend-15	200	Pyöreä		4		
Bend-15	250	Pyöreä		5		
Bend-15	400	Pyöreä		2		
Bend-15	500	Pyöreä		6		
Bend-30	160	Pyöreä	BDEB-30-016	9		
Bend-30	200	Pyöreä	BDEB-30-020	20		
Bend-30	200	Pyöreä	BDEB-30-020	2	EI60	80
Bend-30	250	Pyöreä	BDEB-30-025	10		
Bend-30	315	Pyöreä	BDEB-30-031	7		
Bend-30	500	Pyöreä	BDEB-30-050	5		
Bend-30	630	Pyöreä	BDEB-30-063	2		
Bend-30	150x400	Suorak.		3		
Bend-30	600x300	Suorak.		1	EI60	80
Bend-30	600x400	Suorak.		2	EI120	120
Bend-30	600x400	Suorak.		1	EI60	80
Bend-45	100	Pyöreä	BDEB-45-010	5		
Bend-45	125	Pyöreä	BDEB-45-012	13		
Bend-45	160	Pyöreä	BDEB-45-016	31		
Bend-45	200	Pyöreä	BDEB-45-020	40		
Bend-45	200	Pyöreä	BDEB-45-020	4	EI60	80
Bend-45	250	Pyöreä	BDEB-45-025	28		
Bend-45	315	Pyöreä	BDEB-45-031	32		
Bend-45	315	Pyöreä	BDEB-45-031	2	EI60	80
Bend-45	400	Pyöreä	BDEB-45-040	15		
Bend-45	500	Pyöreä	BDEB-45-050	5		
Bend-45	500	Pyöreä	BDEB-45-050	2	EI60	80
Bend-45	100x300	Suorak.		1		
Bend-45	200x500	Suorak.		4		

(3/12)

Bend-45	250x600	Suorak.		4		
Bend-45	500x150	Suorak.		3		
Bend-45	500x200	Suorak.		1		
Bend-45	500x700	Suorak.		1		
Bend-45	500x1000	Suorak.		4		
Bend-45	600x300	Suorak.		2		
Bend-45	1000x500	Suorak.		2		
Bend-60	100	Pyöreä		1		
Bend-60	200	Pyöreä		5		
Bend-60	250	Pyöreä		1		
Bend-60	315	Pyöreä		2		
Bend-60	315	Pyöreä		1	EI60	80
Bend-90	100	Pyöreä	BDEB-90-010	42		
Bend-90	125	Pyöreä	BDEB-90-012	91		
Bend-90	125	Pyöreä	BDEB-90-012	1	EI60	60
Bend-90	160	Pyöreä	BDEB-90-016	172		
Bend-90	160	Pyöreä	BDEB-90-016	6	EI60	80
Bend-90	200	Pyöreä	BDEB-90-020	89		
Bend-90	200	Pyöreä	BDEB-90-020	2	EI60	80
Bend-90	250	Pyöreä	BDEB-90-025	55		
Bend-90	300x600	Pyöreä		2		
Bend-90	315	Pyöreä	BDEB-90-031	26		
Bend-90	400	Pyöreä	BDEB-90-040	17		
Bend-90	400	Pyöreä	BDEB-90-040	1	EI30	50
Bend-90	400	Pyöreä	BDEB-90-040	5	EI60	80
Bend-90	500	Pyöreä	BDEB-90-050	16		
Bend-90	500	Pyöreä	BDEB-90-050	3	EI60	80
Bend-90	630	Pyöreä	BDEB-90-063	3		

(4/12)

Bend-90	630	Pyöreä	BDEB-90-063	2	L50	50
Bend-90	630	Pyöreä	BDEB-90-063	3	EI60	80
Bend-90	800	Pyöreä	BDEB-90-080	1	EI60	100
Bend-90	200x800	Suorak.		2		
Bend-90	300x100	Suorak.	BAKB-1-030-010-0	1		
Bend-90	300x600	Suorak.		2		
Bend-90	400x500	Suorak.		4		
Bend-90	400x600	Suorak.		1	EI120	120
Bend-90	500x700	Suorak.		1		
Bend-90	600x300	Suorak.	BAKB-1-060-030-0	1	EI60	80
Bend-90	600x200x600	Suorak.		2		
Bend-90	600x800	Suorak.		1		
Bend-90	700x300	Suorak.		1		
Bend-90	800x600	Suorak.	BAKB-1-080-060-0	1	EI60	80
Bend-90	1000x500	Suorak.		3		
Bend-00	160	Pyöreä		2		
Bend-35	500	Pyöreä		2		
Bend-52	315	Pyöreä		1		
Bend-10	600x300	Suorak.		2		
T-branch-90	100/100	Pyöreä	BDET-1-010-010	8		
T-branch-90	125/100	Pyöreä	BDET-1-012-010	2		
T-branch-90	125/125	Pyöreä	BDET-1-012-012	7		
T-branch-90	160/100	Pyöreä	BDET-1-016-010	3		
T-branch-90	160/125	Pyöreä	BDET-1-016-012	45		
T-branch-90	160/160	Pyöreä	BDET-1-016-016	9		
T-branch-90	160/200x150	Pyöreä		1		
T-branch-90	200/100	Pyöreä	BDET-1-020-010	8		
T-branch-90	200/125	Pyöreä	BDET-1-020-012	14		
T-branch-90	200/160	Pyöreä	BDET-1-020-016	53		

(5/12)

T-branch-90	200/200	Pyöreä	BDET-1-020-020	16		
T-branch-90	200/300x200	Pyöreä		4		
T-branch-90	250/100	Pyöreä	BDET-1-025-010	1		
T-branch-90	250/125	Pyöreä	BDET-1-025-012	5		
T-branch-90	250/160	Pyöreä	BDET-1-025-016	49		
T-branch-90	250/200	Pyöreä	BDET-1-025-020	11		
T-branch-90	250/250	Pyöreä	BDET-1-025-025	8		
T-branch-90	250/300x200	Pyöreä		4		
T-branch-90	250/400x150	Pyöreä		3		
T-branch-90	250/400x200	Pyöreä		5		
T-branch-90	250/500x200	Pyöreä		2		
T-branch-90	300x400/250	Pyöreä		1		
T-branch-90	300x600/315	Pyöreä		1	EI60	80
T-branch-90	315/100	Pyöreä	BDET-1-031-010	4		
T-branch-90	315/125	Pyöreä	BDET-1-031-012	2		
T-branch-90	315/160	Pyöreä	BDET-1-031-016	26		
T-branch-90	315/200	Pyöreä	BDET-1-031-020	18		
T-branch-90	315/250	Pyöreä	BDET-1-031-025	6		
T-branch-90	315/300x200	Pyöreä		1		
T-branch-90	315/315	Pyöreä	BDET-1-031-031	2		
T-branch-90	315/315	Pyöreä	BDET-1-031-031	3	EI60	80
T-branch-90	315/400x200	Pyöreä		4		
T-branch-90	315/500x200	Pyöreä		1		
T-branch-90	315/600x200	Pyöreä		3		
T-branch-90	400/160	Pyöreä	BDET-1-040-016	3		
T-branch-90	400/200	Pyöreä	BDET-1-040-020	6		
T-branch-90	400/200	Pyöreä	BDET-1-040-020	1	EI60	80
T-branch-90	400/250	Pyöreä	BDET-1-040-025	11		

(6/12)

T-branch-90	400/315	Pyöreä	BDET-1-040-031	6
T-branch-90	400/400	Pyöreä	BDET-1-040-040	2
T-branch-90	400/400x150	Pyöreä		1
T-branch-90	500/125	Pyöreä	BDET-1-050-012	3
T-branch-90	500/160	Pyöreä	BDET-1-050-016	2
T-branch-90	500/200	Pyöreä	BDET-1-050-020	5
T-branch-90	500/250	Pyöreä	BDET-1-050-025	6
T-branch-90	500/315	Pyöreä	BDET-1-050-031	4
T-branch-90	500/400	Pyöreä	BDET-1-050-040	2
T-branch-90	500/400x150	Pyöreä		1
T-branch-90	500/500	Pyöreä	BDET-1-050-050	5
T-branch-90	500/600x200	Pyöreä		3
T-branch-90	500x200/200	Pyöreä		1
T-branch-90	630/160	Pyöreä	BDET-1-063-016	1
T-branch-90	630/250	Pyöreä	BDET-1-063-025	4
T-branch-90	630/315	Pyöreä	BDET-1-063-031	4
T-branch-90	630/700x500	Pyöreä		1
T-branch-90	150x400/315	Suorak.		3
T-branch-90	300x400/250	Suorak.		3
T-branch-90	700x300/250	Suorak.		1
X-branch	200/100	Pyöreä		1
X-branch	250/250	Pyöreä		1
Outlet	125	Suorak.		1
Outlet	250	Suorak.		2
Outlet	315	Suorak.		1
Outlet	315	Suorak.		1
Outlet	400	Suorak.		3
Outlet	250/400x200	Pyöreä		1
Outlet	400/300x100	Pyöreä		1

(7/12)

Joint part	125	Pyöreä	BDEM-1-012	1		
Joint part	125	Pyöreä	BDEM-1-012	1	EI60	60
Joint part	160	Pyöreä	BDEM-1-016	2		
Joint part	160	Pyöreä	BDEM-1-016	2	EI60	80
Joint part	200	Pyöreä	BDEM-1-020	4		
Joint part	315	Pyöreä	BDEM-1-031	1		
Joint part	400	Pyöreä	BDEM-1-040	2		
Joint part	400	Pyöreä	BDEM-1-040	1	EI60	80
Joint part	630	Pyöreä	BDEM-1-063	1	L50	50
Joint part	800x600	Suorak.		1		
Reduction	125/100	Pyöreä	BDED-1-012-010	6		
Reduction	160/100	Pyöreä	BDED-1-016-010	2		
Reduction	160/125	Pyöreä	BDED-1-016-012	22		
Reduction	200/125	Pyöreä	BDED-1-020-012	10		
Reduction	200/160	Pyöreä	BDED-1-020-016	42		
Reduction	250/125	Pyöreä	BDED-1-025-012	2		
Reduction	250/160	Pyöreä	BDED-1-025-016	8		
Reduction	250/200	Pyöreä	BDED-1-025-020	39		
Reduction	300x100/250	Pyöreä		1		
Reduction	315/160	Pyöreä	BDED-1-031-016	1		
Reduction	315/200	Pyöreä	BDED-1-031-020	7		
Reduction	315/250	Pyöreä	BDED-1-031-025	26		
Reduction	400/200	Pyöreä		2		
Reduction	400/250	Pyöreä		7		
Reduction	400/315	Pyöreä		11		
Reduction	400/315	Pyöreä		1	EI60	80
Reduction	400x300/250	Pyöreä		1		
Reduction	400x300/400	Pyöreä		1		

(8/12)

Reduction	500/100	Pyöreä	1		
Reduction	500/200	Pyöreä	1		
Reduction	500/250	Pyöreä	1		
Reduction	500/315	Pyöreä	3		
Reduction	500/400	Pyöreä	13		
Reduction	500x200/315	Pyöreä	3		
Reduction	500x200/400	Pyöreä	2		
Reduction	500x400/500	Pyöreä	2		
Reduction	600x200/315	Pyöreä	1		
Reduction	600x300/315	Pyöreä	1	EI60	80
Reduction	600x300/500	Pyöreä	2		
Reduction	600x600/315	Pyöreä	2		
Reduction	630/400	Pyöreä	1		
Reduction	630/500	Pyöreä	4		
Reduction	630/600x400	Pyöreä	2	EI60	80
Reduction	700x300/500	Pyöreä	1		
Reduction	800x200/400	Pyöreä	2		
Reduction	800x600/800	Pyöreä	1	EI60	100
Reduction	500x150/315	Suorak.	1		
Reduction	500x200/315	Suorak.	2		
Reduction	500x200/400	Suorak.	1		
Reduction	500x400/500	Suorak.	2		
Reduction	600x250/400	Suorak.	1		
Reduction	600x300/500	Suorak.	2		
Reduction	700x300/600x400	Suorak.	1	EI60	80
Reduction	700x300/500	Suorak.	1		
Reduction	800x400/400	Suorak.	1	BAKC-5-080-040-0-040	L20 20
Reduction	1000x400/400	Suorak.	1	BAKC-5-100-040-0-040	EI30 60
Reduction	1000x500/600x250	Suorak.	1		

(9/12)

education (Special)	500x150/315	Pyöreä			1		
Plug	100	Pyöreä	BDEG-1-010		1		
Plug	125	Pyöreä	BDEG-1-012		4		
Plug	160	Pyöreä	BDEG-1-016		14		
Plug	200	Pyöreä	BDEG-1-020		13		
Plug	250	Pyöreä	BDEG-1-025		18		
Plug	315	Pyöreä	BDEG-1-031		6		
Plug	315	Pyöreä	BDEG-1-031		2	EI60	80
Plug	400	Pyöreä	BDEG-1-040		1		
Plug	500	Pyöreä	BDEG-1-050		1		
Plug	300x100	Suorak.	BAKG-1-030-010-0		2		
Plug	400x150	Suorak.	BAKG-1-040-015-0		3		
Supply air device	100	T2	KTS-100		11		
Supply air device	100	T2	KTS-100		1	EI60	60
Supply air device	125	T2	KTS-125		2		
Supply air device	125	T6	DYKB-160+ATTB-125-160-0		13		
Supply air device	125	T6	DYKB-200+ATTB-125-200-1		15		
Supply air device	160	T6	DYKB-200+ATTB-160-200-0		3		
Supply air device	160	T6	DYKB-250+ATTB-160-250-1		120		
Supply air device	200	T6	DYKB-250+ATTB-200-250-0		23		
Supply air device	200	T6	DYKB-315+ATTB-200-315-1		2		
Supply air device	250	T6	DYKB-315+ATTB-250-315-0		2		
Supply air device	200x150	T7	SV-2-200-150		1		
Supply air device	300x200	T7	SV-2-300-200		3		
Extract air device	400	IMUKARTIO	SUPPILO+VERKKO 400		1	L20	20
Extract air device	100	P2	KSO-100		19		
Extract air device	125	P2	KSO-125		69		
Extract air device	160	P2	KSO-160		33		

(10/12)

Extract air device	200	P2	KSO-200	10		
Extract air device	300x200	P3	USR-0-300-200	6		
Extract air device	400x150	P3	USR-0-400-150	2		
Extract air device	400x200	P3	USR-0-400-200	10		
Extract air device	500x200	P3	USR-0-500-200	3		
Extract air device	600x200	P3	USR-0-600-200	9		
Extract air device	800x200	P3	USR-0-800-200	2		
Extract air device	100	P4	KSO-P-100	3		
Exhaust air device	500	EYMA-2	EYMA-2-050	1	L20	20
Exhaust air device	1250	EYMA-2	EYMA-2-125	2	L100	100
Flow damper	200	FG	PTS/A-200	3		
Flow damper	600x400	FG	UTK/R-600x400	1	EI120	120
Flow damper	100	SP1	PRA-100	13		
Flow damper	125	SP1	PRA-125	8		
Flow damper	160	SP1	PRA-160	5		
Flow damper	160	SP1	PRA-160	1	EI60	80
Flow damper	200	SP1	PRA-200	10		
Flow damper	250	SP1	PRA-250	11		
Flow damper	315	SP1	PRA-315	11		
Flow damper	400	SP1	PRA-400	7		
Flow damper	630	SP1	PRA-630	1		
Silencer	630	ÄV2	PVA-630-600-100	1		
Silencer	160	ÄV3	PVA-160-900-50	1		
Silencer	100	ÄV4	PVA-100-1200-50	1		
Silencer	125	ÄV4	PVA-125-1200-50	1		
Silencer	200	ÄV4	PVA-200-1200-50	1		
Silencer	100	ÄV5	PVA-100-600-50	2		
Silencer	125	ÄV5	PVA-125-600-50	18		
Silencer	160	ÄV5	PVA-160-600-50	32		

(11/12)

Silencer	160	ÄV5	PVA-160-600-50	1	EI60	80
Silencer	200	ÄV5	PVA-200-600-50	23		
Silencer	250	ÄV5	PVA-250-600-50	21		
Silencer	315	ÄV5	PVA-315-600-50	14		
Silencer	400	ÄV5	PVA-400-600-50	4		
Silencer	500	ÄV5	PVA-500-600-50	4		
Fire damper	100	PP	ETPR-EI-100-3	1		
Fire damper	125	PP	ETPR-EI-125-3	3		
Fire damper	160	PP	ETPR-EI-160-3	2		
Fire damper	200	PP	ETPR-EI-200-3	11		
Fire damper	250	PP	ETPR-EI-250-3	4		
Fire damper	315	PP	ETPR-EI-315-3	6		
Fire damper	400	PP	ETPR-EI-400-3	3		
Fire damper	500	PP	ETPR-EI-500-3	3		
Fire damper	500x400	PP	FSR-500-400	2		
Fire damper	1000x500	PP	FSR-1000-500	1		
Other component	400	P1	PUHALLIN-400	1		
Other component	400	P1	PUHALLIN-400	1	L20	20
Cleaning cover				287		
Connection node				44		

(12/12)

LIITE II

(1/12)

Tarvikelista

Tarjous: P-K:N AMMATTIKORKEA IU 8:35:12

Tuotekoodi	Nimitys		Yksikkö	Määrä
	Euma	Euma 500		1,00
	TK 04		KPL	1,00
	TK 05		KPL	1,00
	TK 06		KPL	1,00
	TK 07		KPL	1,00
	Retermialaitteet		KPL	1,00
	ÄÄNENVAIMENNIN 600X400X120		KPL	1,00
	PAKOKAASULETKUSTO NS100X7		KPL	1,00
	KAMMIOIDEN JALUSTAT		KPL	2,00
	PALOPELLIT		KPL	37,00
	PALOPELLIT		KPL	37,00
	PALOPELLIT		KPL	4,00
	KEITTIÖN HUUAT		ERÄ	1,00
	LUMIKILVET FläktWoods		ERÄ	1,00
	Suodatinkotelo 600x400		KPL	2,00
	Laatikot ja säleiköt FläktWoods		ERÄ	1,00

	DYKB+ATTB-125 vain asennus		KPL	34,00	(2/12)
	DYKB+ATTB-160 vain asennus		KPL	121,00	
	DYKB+ATTB-200 vain asennus		KPL	39,00	
	DYKB+ATTB-250 vain asennus		KPL	2,00	
	PNA-A-200 vain asennus		KPL	6,00	
	200 Sulkupeltien akselit		KPL	3,00	
I	Eyma			2,00	
I7801155	KATTOLÄPIVIENTI FLÄKT	BOGA-05-1-2	KPL	1,00	
I7801712	HUIPPUIMURI ERIST.	STEF-2-104-2+SAFE+MORA	KPL	3,00	
I7801724	HUIPPUIMURI FLÄKT	STEF-3-004-2-1-3	KPL	1,00	
I7801734	HUIPPUIMURI FLÄKT	STEF-4-004-2-1-3	KPL	2,00	
I7801744	HUIPPUIMURI FLÄKT	STEF-5-004-2-1-3	KPL	1,00	
I7815000	HUIPPUIMURI VALLOX	15P-2-1	KPL	5,00	
I7815122	KATTOLÄPIVIENTI VALLOX	LPV-20 1250	KPL	3,00	
I7815124	KATTOLÄPIVIENTI VALLOX	LPV-25 1250	KPL	1,00	
I7815170	ASENNUSKEHYS VALLOX	AK 20	KPL	3,00	
I7911112	LIESIKUPU VALLOX	KTX-600	KPL	1,00	
I8012924	KANAVAPUHALLIN	K 315L PYÖREÄ	KPL	1,00	
I8082910	SUODATINKOTELO	FGR 250 + G3 SUODATIN	KPL	1,00	
I8082944	KANAVALIITIN	FK 315 KUMIA	KPL	2,00	
I8100094	KÄYRÄ	KY 90 100	KPL	30,00	

I8100096	KÄYRÄ	KY 90 125	KPL	99,00	(3/12)
I8100098	KÄYRÄ	KY 90 160	KPL	168,00	
I8100100	KÄYRÄ	KY 90 200	KPL	89,00	
I8100102	KÄYRÄ	KY 90 250	KPL	65,00	
I8100104	KÄYRÄ	KY 90 315	KPL	45,00	
I8100106	KÄYRÄ	KY 90 400	KPL	29,00	
I8100108	KÄYRÄ	KY 90 500	KPL	38,00	
I8100110	KÄYRÄ	KY 90 630	KPL	8,00	
I8100112	KÄYRÄ	KY 90 800	KPL	7,00	
I8100116	KULMAYHDE ZN	KYN D1250x90	KPL	4,00	
I8100124	KÄYRÄ	KY 45 100	KPL	2,00	
I8100126	KÄYRÄ	KY 45 125	KPL	13,00	
I8100128	KÄYRÄ	KY 45 160	KPL	47,00	
I8100130	KÄYRÄ	KY 45 200	KPL	82,00	
I8100132	KÄYRÄ	KY 45 250	KPL	58,00	
I8100134	KÄYRÄ	KY 45 315	KPL	56,00	
I8100136	KÄYRÄ	KY 45 400	KPL	18,00	
I8100138	KÄYRÄ	KY 45 500	KPL	33,00	
I8100140	KÄYRÄ	KY 45 630	KPL	15,00	
I8100142	KÄYRÄ	KY 45 800	KPL	8,00	
I8100184	T-KAPPALE	TY 100-100	KPL	6,00	
I8100188	T-KAPPALE	TY 125-100	KPL	2,00	

I8100190	T-KAPPALE	TY 125-125	KPL	7,00	(4/12)
I8100194	T-KAPPALE	TY 160-100	KPL	1,00	
I8100196	T-KAPPALE	TY 160-125	KPL	35,00	
I8100198	T-KAPPALE	TY 160-160	KPL	8,00	
I8100202	T-KAPPALE	TY 200-100	KPL	7,00	
I8100204	T-KAPPALE	TY 200-125	KPL	6,00	
I8100206	T-KAPPALE	TY 200-160	KPL	54,00	
I8100208	T-KAPPALE	TY 200-200	KPL	13,00	
I8100218	T-KAPPALE	TY 250-200	KPL	19,00	
I8100220	T-KAPPALE	TY 250-250	KPL	10,00	
I8100230	T-KAPPALE	TY 315-250	KPL	6,00	
I8100232	T-KAPPALE	TY 315-315	KPL	12,00	
I8100236	T-KAPPALE	TY 400-250	KPL	3,00	
I8100238	T-KAPPALE	TY 400-315	KPL	6,00	
I8100240	T-KAPPALE	TY 400-400	KPL	2,00	
I8100246	T-KAPPALE	TY 500-400	KPL	4,00	
I8100248	T-KAPPALE	TY 500-500	KPL	7,00	
I8100256	T-KAPPALE	TY 630-630	KPL	4,00	
I8100262	T-YHDE ZN	TYN D800x630	KPL	3,00	
I8100298	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 160-100	KPL	1,00	
I8100306	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 200-100	KPL	4,00	

I8100308	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 200-125	KPL	8,00	(5/12)
I8100316	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 250-100	KPL	3,00	
I8100318	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 250-125	KPL	7,00	
I8100320	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 250-160	KPL	32,00	
I8100324	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 250-250	KPL	4,00	
I8100326	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 315-100	KPL	3,00	
I8100328	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 315-125	KPL	2,00	
I8100330	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 315-160	KPL	17,00	
I8100332	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 315-200	KPL	18,00	
I8100334	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 315-250	KPL	1,00	
I8100342	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 400-630-160	KPL	3,00	
I8100344	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 400-500-200	KPL	11,00	
I8100346	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 400-250	KPL	17,00	
I8100348	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 400-315	KPL	13,00	
I8100354	LÄHTÖKAULUS ZN KANAV.	LKPN D500x125	KPL	2,00	
I8100356	LÄHTÖKAULUS ZN KANAV.	LKPN D500x160	KPL	1,00	
I8100358	LÄHTÖKAULUS ZN KANAV.	LKPN D500x200	KPL	8,00	
I8100360	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 500-250	KPL	4,00	
I8100362	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 500-315	KPL	9,00	
I8100366	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 500-500	KPL	1,00	
I8100372	LÄHTÖKAULUS ZN KANAV.	LKPN D630x160	KPL	1,00	
I8100376	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 630-250	KPL	5,00	

I8100378	LÄHTÖKAULUS PUTKELLE	LKP 630-315	KPL	6,00	(6/12)
I8100388	LIITIN BDEA-1 800/315		KPL	2,00	
I8100392	LÄHTÖKAULUS ZN KANAV.	LKPN D800x500	KPL	3,00	
I8100428	MUUNTOLIITIN OSALLE	MYO 125-100	KPL	3,00	
I8100430	MUUNTOLIITIN OSALLE	MYO 160-100	KPL	1,00	
I8100432	MUUNTOLIITIN OSALLE	MYO 160-125	KPL	17,00	
I8100436	MUUNTOLIITIN OSALLE	MYO 200-125	KPL	6,00	
I8100438	MUUNTOLIITIN OSALLE	MYO 200-160	KPL	41,00	
I8100444	MUUNTOLIITIN OSALLE	MYO 250-160	KPL	8,00	
I8100446	MUUNTOLIITIN OSALLE	MYO 250-200	KPL	35,00	
I8100448	MUUNTOLIITIN OSALLE	MYO 315-160	KPL	1,00	
I8100450	MUUNTOLIITIN OSALLE	MYO 315-200	KPL	8,00	
I8100452	MUUNTOLIITIN OSALLE	MYO 315-250	KPL	26,00	
I8100500	MUUNN.YHDE ZN O-K EPÄK	MYN-2 D800x500	KPL	1,00	
I8100501	MUUNN.YHDE ZN O-K EPÄK	MYN-2 D800x630	KPL	2,00	
I8100572	MUUNTOLIITIN/EPÄKESKEINEN	MYP 400/200 PUTKELLE	KPL	3,00	
I8100574	MUUNTOLIITIN/EPÄKESKEINEN	MYP 400/250 PUTKELLE	KPL	3,00	
I8100576	MUUNTOLIITIN/EPÄKESKEINEN	MYP 400/315 PUTKELLE	KPL	14,00	
I8100578	MUUNTOLIITIN/EPÄKESKEINEN	MYP 500/250 PUTKELLE	KPL	10,00	
I8100580	MUUNTOLIITIN/EPÄKESKEINEN	MYP 500/315 PUTKELLE	KPL	4,00	
I8100582	MUUNTOLIITIN/EPÄKESKEINEN	MYP 500/400 PUTKELLE	KPL	18,00	

I8100586	MUUNTOLIITIN/EPÄKESKEINEN	MYP 630/400 PUTKELLE	KPL	2,00	(7/12)
I8100588	MUUNTOLIITIN/EPÄKESKEINEN	MYP 630/500 PUTKELLE	KPL	6,00	
I8100644	TULPPA PUTKELLE	TPP 100	KPL	1,00	
I8100646	TULPPA PUTKELLE	TPP 125	KPL	5,00	
I8100648	TULPPA PUTKELLE	TPP 160	KPL	11,00	
I8100650	TULPPA PUTKELLE	TPP 200	KPL	12,00	
I8100652	TULPPA PUTKELLE	TPP 250	KPL	23,00	
I8100654	TULPPA PUTKELLE	TPP 315	KPL	14,00	
I8100656	TULPPA PUTKELLE	TPP 400	KPL	1,00	
I8100658	TULPPA PUTKELLE	TPP 500	KPL	2,00	
I8100660	TULPPA PUTKELLE	TPP 630	KPL	3,00	
I8100734	LÄHTÖKAULUS TASOPINNALLE	LKT 125	KPL	2,00	
I8100738	LÄHTÖKAULUS TASOPINNALLE	LKT 200	KPL	1,00	
I8100740	LÄHTÖKAULUS TASOPINNALLE	LKT 250	KPL	5,00	
I8100742	LÄHTÖKAULUS TASOPINNALLE	LKT 315	KPL	3,00	
I8100744	LÄHTÖKAULUS TASOPINNALLE	LKT 400	KPL	1,00	
I8100746	LÄHTÖKAULUS TASOPINNALLE	LKT 500	KPL	4,00	
I8100748	LÄHTÖKAULUS TASOPINNALLE	LKT 630	KPL	3,00	
I8100750	LÄHTÖKAULUS TASOPINNALLE	LKT 800	KPL	12,00	
I8100754	LÄHTÖKAULUS ZN TASOON	LKTN D1250	KPL	2,00	
I8103322	KIERRESAUMAKANAVA PUHDA:	KANAVA 100 3M	M	64,00	
I8103323	KIERRESAUMAKANAVA PUHDA:	KANAVA 125 3M	M	158,00	

I8103324	KIERRESAUMAKANAVA PUHDA:	KANAVA 160 3M	M	442,00	(8/12)
I8103325	KIERRESAUMAKANAVA PUHDA:	KANAVA 200 3M	M	483,00	
I8103326	KIERRESAUMAKANAVA PUHDA:	KANAVA 250 3M	M	335,00	
I8103327	KIERRESAUMAKANAVA PUHDA:	KANAVA 315 3M	M	325,00	
I8103328	KIERRESAUMAKANAVA PUHDA:	KANAVA 400 3M	M	153,00	
I8103329	KIERRESAUMAKANAVA PUHDA:	KANAVA 500 3M	M	236,00	
I8103330	KIERRESAUMAKANAVA PUHDA:	KANAVA 630 3M	M	133,00	
I8103331	KIERRESAUMAKANAVA PUHDA:	KANAVA 800 3M	M	48,00	
I8103333	KIERRESAUMAKAN. ZN L-3.0	D1250 S-0.9	M	4,00	
I8313720	PUHD.LUUKKU ER KANAVALLE	BDBL 315/50 ERISTETTY JÄLKIAS	KPL	10,00	
I8315006	PUHD.LUUKKU KANAVAOSA	TL 125 IVK-TUOTE	KPL	205,00	
I8315008	PUHD.LUUKKU KANAVAOSA	TL 160 IVK-TUOTE	KPL	4,00	
I8315010	PUHD.LUUKKU KANAVAOSA	TL 200 IVK-TUOTE	KPL	17,00	
I8315012	PUHD.LUUKKU KANAVAOSA	TL 250 IVK-TUOTE	KPL	22,00	
I8315014	PUHD.LUUKKU KANAVAOSA	TL 315 IVK-TUOTE	KPL	25,00	
I8315402	PUHD.LUUKKU KANAVALLE	PTL 100 IVK-TUOTE	KPL	42,00	
I8315504	PUHD.LUUKKU TASOPINNALLE	TTL IVK-TUOTE 500X400	KPL	4,00	
I8319309	ONNINEN PUHDISTUSLUUKKU	PTL D400 JÄLKIASENNETTAVA	KPL	8,00	
I8327026	ÄÄNENVAIMENTAJA	PVA D200 L-600 E-50	KPL	10,00	
I8327027	ÄÄNENVAIMENTAJA	PVA D250 L-600 E-50	KPL	10,00	
I8327028	PVA Ø315-600-50	ÄV 315 AE=50 L=600	KPL	6,00	

I8327029	ÄÄNENVAIMENTAJA	PVA D400 L-600 E-50	KPL	1,00	(9/12)
I8327030	PVA Ø500-600-50	ÄV 500 AE=50 L=600	KPL	5,00	
I8327031	PVA Ø630-600-50	ÄV 630 AE=50 L=600	KPL	1,00	
I8327043	PVA Ø100-900-50	ÄV 100 AE=50 L=900	KPL	3,00	
I8327047	ÄÄNENVAIMENTAJA	PVA D250 L-900 E-50	KPL	13,00	
I8327048	PVA Ø315-900-50	ÄV 315 AE=50 L=900	KPL	10,00	
I8327049	PVA Ø400-900-50	ÄV 400 AE=50 L=900	KPL	2,00	
I8327050	PVA Ø500-900-50	ÄV 500 AE=50 L=900	KPL	2,00	
I8327084	PVA Ø125-1200-50	ÄV 125 AE=50 L=1200	KPL	1,00	
I8331004	IT-LISTAN TIIVISTE	8X15 POLYET	M	476,32	
I8331008	IT-LISTAN ULKOKULMA	UK	KPL	911,49	
I8331012	IT-LISTA GALVANOITU	L = 4M 100M/NIPPU	M	478,32	
I8331014	IT-TYÖNTÖLISTA GALVANOITU	L=5M	M	478,32	
I8331016	IT-LISTAN SISÄKULMA	ITK	KPL	911,49	
I8333050	VERKKOMATTO	PAROC WIREDMAT 80 80MM 1.8PAI	M2	191,00	
I8333052	VERKKOMATTO	PAROC WIREDMAT 80 100MM 1.8PA	M2	38,94	
I8333084	ILMASTOINTIMATTO ALUCOAT	PAROC MAT 35 50MM 6.53PAK	M2	17,28	
I8333088	ILMASTOINTIMATTO ALUCOAT	PAROC MAT 35 100MM 4PAK	M2	10,08	
I8333096	LAMELLIMATTO	PAROC LAM.MAT 50 AL7 50MM 5PA	M2	520,00	
I8353010	SR-G 100 sankapari	ILM.SANKA 100 MM (PARI)	KPL	12,80	
I8353012	SR-G 125 sankapari	ILM.SANKA 125 MM (PARI)	KPL	31,60	
I8353014	SR-G 160 sankapari	ILM.SANKA 160 MM (PARI)	KPL	88,40	

I8353016	SR-G 200 sankapari	ILM.SANKA 200 MM (PARI)	KPL	96,60	(10/12)
I8353018	SR-G 250 sankapari	ILM.SANKA 250 MM (PARI)	KPL	67,00	
I8353020	SR-G 315 sankapari	ILM.SANKA 315 MM (PARI)	KPL	65,00	
I8353022	SR-G 400 sankapari	ILM.SANKA 400 MM (PARI)	KPL	30,60	
I8353024	SR-G 500 sankapari	ILM.SANKA 500 MM (PARI)	KPL	47,20	
I8353026	SR-G 630 sankapari	ILM.SANKA 630 MM (PARI)	KPL	26,60	
I8353028	SR-G 800 sankapari	ILM.SANKA 800 MM (PARI)	KPL	9,60	
I8353032	SR-G 1250 sankapari	ILM.SANKA 1250 MM (PARI)	KPL	0,80	
I8398026	ONNINEN ÄÄNENVAIMENNIN	125-900-50	KPL	25,00	
I8398030	ONNINEN ÄÄNENVAIMENNIN	160-600-50	KPL	6,00	
I8398032	ONNINEN ÄÄNENVAIMENNIN	160-900-50	KPL	25,00	
I8398038	ONNINEN ÄÄNENVAIMENNIN	200-900-50	KPL	18,00	
I8398710	ONNINEN PUHDISTUSLUUKKU	EKTL 100 A60 JÄLKIASENNETTAVA	KPL	2,00	
I8398712	ONNINEN PUHDISTUSLUUKKU	EKTL 125 A60 JÄLKIASENNETTAVA	KPL	1,00	
I8412034	SULKUPELTI	UTT/R 400X400	KPL	1,00	
I8412054	SULKUPELTI	UTT/R 600X400	KPL	2,00	
I8412056	SULKUPELTI	UTT/R 600X600	KPL	1,00	
I8412578	KERTASÄÄTÖPELTI	UTK/R 600X400	KPL	1,00	
I8413074	SÄÄTÖ-JA SULKUP BDEP-4-020TI		KPL	3,00	
I8419016	SÄLESULJIN	VK 50 ÖSTBERG	KPL	1,00	
I8703110	IMUKARTIO SUOJAVKOLLA	IKSV 250	KPL	1,00	

I8703112	IMUKARTIO SUOJAVERKOLLA	IKSV 315	KPL	1,00	(11/12)
I8703114	IMUKARTIO SUOJAVERKOLLA	IKSV 400	KPL	2,00	
I8707702	POISTOILMAVENTTIILI	URH 100	KPL	32,00	
I8707704	POISTOILMAVENTTIILI	URH 125	KPL	78,00	
I8707706	POISTOILMAVENTTIILI	URH 160	KPL	17,00	
I8707708	POISTOILMAVENTTIILI	URH 200	KPL	10,00	
I8713732	PALOPELTIVENTTIILI	KSO-P 100+KKT	KPL	3,00	
I8713772	TULOILMAVENTTIILI	KTS 100	KPL	17,00	
I8713774	TULOILMAVENTTIILI	KTS 125	KPL	2,00	
I8713902	KIINNITYSKEHYS PUTKELLE	KKT 100	KPL	35,00	
I8713903	KIINNITYSKEHYS PUTKELLE	KKT 125	KPL	78,00	
I8713904	KIINNITYSKEHYS PUTKELLE	KKT 160	KPL	17,00	
I8713905	KIINNITYSKEHYS PUTKELLE	KKT 200	KPL	10,00	
I8807460	ULKOSÄLEIKKÖ ZNFE	USS/I 600X500	KPL	1,00	
I8807462	ULKOSÄLEIKKÖ ZNFE	USS/I 800X600	KPL	3,00	
I8813324	ULKOSÄLE	US-AV 160	KPL	1,00	
I8813386	VAPAAVIRTAUSSÄLEIKKÖ	HUS 400X100	KPL	4,00	
I8920032	SÄÄTÖ- JA MITTAUSLAITE	PRA 100	KPL	8,00	
I8920034	SÄÄTÖ- JA MITTAUSLAITE	PRA 125	KPL	4,00	
I8920036	SÄÄTÖ- JA MITTAUSLAITE	PRA 160	KPL	7,00	
I8920038	SÄÄTÖ- JA MITTAUSLAITE	PRA 200	KPL	14,00	
I8920040	SÄÄTÖ- JA MITTAUSLAITE	PRA 250	KPL	15,00	

I8920042	SÄÄTÖ- JA MITTAUSLAITE	PRA 315	KPL	23,00	(12/12)
I8920044	SÄÄTÖ- JA MITTAUSLAITE	PRA 400	KPL	10,00	
I8920046	SÄÄTÖ- JA MITTAUSLAITE	PRA 500	KPL	12,00	
I8920048	SÄÄTÖ- JA MITTAUSLAITE	PRA 630	KPL	7,00	
I8920050	VIRTAUSSÄÄDIN PRA	PRA/N- 800(N), ZT=N	KPL	4,00	
L3211108	Tanko M8 Zn	SINKITTY	M	880,27	
L3231004	Kattokisko U2	12 KPL/NIPPU	M	50,97	
L3246208	Mutteri M8 Znk	M8 DIN 934/8 100 KPL	PAK	1 365,47	
L3252108	LYÖNTIANKKURI SK	M8	KPL	1 277,90	
X830001	TERÄSLEVY SINK. 0.5 MM		KG	84,72	
X830003	TERÄSLEVY SINK 0.70 MM		M2	812,86	
X830004	TERÄSLEVY SINK 0.9 MM		KG	1 503,94	
X831001	REIKÄLEVY SINK 0.6X3/15%		M2	22,80	

(1/3)

I Laskenta-ajan erittely:

1. Kuvaile lyhyesti määrälaskentaprosessia ja sen eri osa-alueita, sekä kunkin osa-alueen kestoja prosentuaalisesti koko laskentaprosessissa
2. Onko LVI-tekniikan tietomallintaminen terminä teille tuttu? (kyllä / ei)

II Suunnittelijan tuottama määräluettelo

3. Onko teillä kokemuksia LVI-suunnittelijan tuottamasta määräluettelosta?
Jos on, niin minkälaisia?

4. Minkälaisessa muodossa suunnittelijalta tulevan määräluettelon tulisi olla, jotta siitä olisi teille hyötyä sellaisenaan?

5. Tällä hetkellä LVI-suunnittelijan tuottama määräluettelo (MagiCAD HPV:sta) sisältää ilmanvaihdon osalta esimerkiksi seuraavat asiat:

- kanavien koot, materiaalit ja määrät + eristeet
- käyrien ja mutkien koot, materiaalit ja määrät + eristeet
- kanavien T-liitoskappaleet, supistuskappaleet, laajennusosat, muut liitoskappaleet, tulppaukset
- päätelaitteet
- virtauksen vaimentimet
- palopellit
- äänenvaimentimet
- iv-koneet

5. i) Mitä muita (yllä olevien lisäksi) määrälaskijan kannalta merkittäviä tarvikkeita toivoisit määräluettelon sisältävän?

5. ii) Mitä mieltä olette MagiCAD HPV:n tuottamasta määräluettelosta yleisesti?

(2/3)

5. a) Minkälaisia *tekniisiä* haasteita näette suunnittelijan tuottamassa määräluettelossa?

5. b) Minkälaisia *'henkisiä'* haasteita näette suunnittelijan tuottamassa määräluettelossa?

5. c) Minkälaisia *positiivisia* vaikutuksia näette suunnittelijan tuottamassa määräluettelossa?

5. d) Käyttäisittekö suunnittelijan tuottamaa määrätietoa

i) sellaisenaan

ii) tarkastuslaskelmien jälkeen

iii) varmistaisin suunnittelijan määrätiedon tietyllä kertoimella, joka olisi noin

iv) jonkun muun operaation jälkeen, minkä?

5.e) Mihin asioihin projektissa suunnittelijan tuottamat määräluettelot vaikuttaisivat mielestänne?

5.f) Koetteko suunnittelijan tuottaman määräluettelon tarpeelliseksi? Miksi?

III Vastuu- ja sopimuskysymykset

6. Miten suunnittelijan ja urakoitsijan välinen rajapinta (sopimukset) muuttuisi mielestänne suunnittelijan tuottaman määräluettelon myötä?

(3/3)

7. Suunnittelijan ohjelmasta tuottama määräluettelo lisää suunnittelukustannuksia jonkin verran. Vastaavasti urakoitsijan / määrälaskijan urakkalaskenta-aika mahdollisesti lyhenisi jonkin verran. Mitä mieltä olette tästä?

8. Uskotteko, että lähitulevaisuudessa määrätiedot voitaisiin saada suoraan 3D-mallista lähes täydellisesti? Miksi?
9. Kuka olisi mielestänne vastuussa ko. määrätiedon oikeellisuudesta?

10. Mitä mieltä olette jos urakoita sovittaisiin yksikköhintoihin perustuen?

11. Kuka maksaa lopulta urakkalaskennan?

Seuraavat haastattelukysymykset koskevat Sirkkalan ilmanvaihtourakkaa ja yleisesti suunnittelijan tuottamaa määräluetteloa

Urakoitsija:

Tarjoushinta:

I Laskenta-ajan erittely:

toiminta	[h]	[€h]	[€]
Materiaalitietojen laskeminen			
Hintatietojen keräys			
Varsinainen laskentasuoritus			
Muut laskenta-ajan kulut:			
yhteensä:			

2. Onko LVI-tekniikan tietomallintaminen terminä teille tuttu? (kyllä / ei)

(2/4)

II Suunnittelijan tuottama määräluettelo

(Seuraavat kysymykset eivät koske pelkästään Sirkkalan koulua.)

3. Onko teillä kokemuksia LVI-suunnittelijan tuottamasta määräluettelosta?

Jos on, niin minkälaisia?

4. Minkälaisessa muodossa suunnittelijalta tulevan määräluettelon tulisi olla, jotta siitä olisi teille hyötyä sellaisenaan?

5. Tällä hetkellä LVI-suunnittelijan tuottama määräluettelo (MagiCAD HPV:sta) sisältää ilmanvaihdon osalta esimerkiksi seuraavat asiat:

- kanavien koot, materiaalit ja määrät + eristeet
- käyrien ja mutkien koot, materiaalit ja määrät + eristeet
- kanavien T-liitoskappaleet, supistuskappaleet, laajennusosat, muut liitoskappaleet, tulppaukset
- päätelaitteet
- virtauksen vaimentimet
- palopellit
- äänenvaimentimet
- iv-koneet

Mitä muita (yllä olevien lisäksi) urakoitsijan kannalta merkittäviä tarvikkeita toivoisit määräluettelon sisältävän?

5. a) Minkälaisia *teknisiä* haasteita näette suunnittelijan tuottamassa määräluettelossa?

5. b) Minkälaisia *'henkisiä'* haasteita näette suunnittelijan tuottamassa määräluettelossa?

(3/4)

5. c) Minkälaisia *positiivisia* vaikutuksia näette suunnittelijan tuottamassa määräluettelossa?

5. d) Käyttäisittekö suunnittelijan tuottamaa määrätietoa

i) sellaisenaan

ii) tarkastuslaskelmien jälkeen

iii) varmistaisin suunnittelijan määrätiedon tietyllä kertoimella, joka olisi noin

iv) jonkun muun operaation jälkeen, minkä?

5.e) Mihin asioihin projektissa valmiit määräluettelot vaikuttaisivat urakoitsijan näkökulmasta?

5.f) Koetteko suunnittelijan tuottaman määräluettelon tarpeelliseksi? Miksi?

III Vastuu- ja sopimuskysymykset

6. Miten suunnittelijan ja urakoitsijan välinen rajapinta (sopimukset) muuttuisivat mielestänne suunnittelijan tuottaman määräluettelon myötä?

7. Kuka olisi mielestänne vastuussa ko. määrätiedon oikeellisuudesta?

IV Yleiset kysymykset urakoinnista

8. Kuinka monta urakkaa saatte keskimäärin kaikista laskemistanne urakoista? (%)

9. Kuinka suuri osuus (%) ilmanvaihtokoneilla on yleensä koko urakan hinnasta?

10. Teettekö tarkastuslaskelmia saadusta urakasta?

11. Onko tarjousvaiheessa tarpeen ilmoittaa yksikköhintoja?

12. Pitäisikö urakka sopia yksikköhintoihin?
13. Kuka maksaa urakkalaskennan ?
14. Kuinka suuri osuus urakkalaskennalla on kokonaisajan käytöstä tällä hetkellä?
15. Mitä teette urakan loppuessa ylimääräisiksi jääville tarvikkeille?