



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Tietomallintamisen hyödyntäminen taloteknisessä urakoinnissa

Joona Frimodig

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2017
Talotekniikan ko
LVI-tekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan ko
LVI-tekniikka

FRIMODIG JOONA:

Tietomallintamisen hyödyntäminen taloteknisessä urakoinnissa

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Huhtikuu 2017

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää miten tietomallia voidaan hyödyntää taloteknisessä urakoinnissa sekä minkälaisia haasteita siihen liittyy.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli esitellä tietomallinnuksen tuomat hyödyt erityisesti hankkeen alussa, urakkalaskentavaiheessa. Olennaista tässä vaiheessa on itse mallin tarkastelun lisäksi määrälaskenta tietomallista. Rakentamisen alettua tietomallista voidaan lukea asentamista ja työsuunnittelua helpottavia tietoja, kuten esimerkiksi asennuskorkoja.

Tavoitteena oli myös esitellä keskeiset tietomallin määrälaskentaan käytettävät työkalut. Opinnäytetyön ohessa luotiin opinnäytetyön tilaajan käyttöön määrälaskentaohjelmaan käyttövalmiita laskentaparametreja.

Opinnäytetyö ottaa kantaa myös tietomallista saatavien määrien tarkkuutta perinteisiin paperisiin urakkapiirustuksiin verrattuna. Tietomallipohjaista määrälaskentaa sovelletaan kahden käytännön hankkeen avulla. Kohteiksi valittiin kaksi Tampereen tilakeskuksen rakennuttamaa kohdetta.

Työssä havaittiin, että tietomallipohjainen määrälaskenta tarkastelluista urakkalaskentavaiheen malleista oli jossain määrin mahdollista. Vaikka tietomallien materiaalimäärät olivat hyvin verrannollisia tasokuvista määritelyihin materiaalimääriin, täytyi tietomallipohjaista laskentaa tukea tasokuvien avulla. Jotta tietomalleja olisi mahdollista hyödyntää tehokkaammin määrälaskennassa, tulisi määrälaskenta mallista asettaa yhdeksi mallinnustavoitteeksi.

ABSTRACT

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

FRIMODIG JOONA:

Utilization of Building Information Models in Building Services Engineering Contract Work

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 1 pages
April 2017

The purpose of this study was to find out how building information model (BIM) could be effectively used in building services engineering contract work and what kind of challenges its use may involve.

The objective was to introduce the benefits of BIM especially at the beginning of the project, in the bidding phase. What is essential in the bidding phase along with inspection of the BIM model is quantity take-off. When the building process has started, BIM can provide information on various things, such as installing height of objects, which may ease the construction work and work planning.

A further goal was to present the essential tools which are used in quantity take-off from BIM. As the study progressed, ready-for-use calculation parameters for the take-off program used by the client were produced.

The study also examines the accuracy of quantity take-off from BIM models compared to paper layouts. Quantity take-off was demonstrated in practice with two real-life projects. In both of the projects chosen, Tampereen tilakeskus was the property developer.

The conclusion of this work was that quantity surveying was somewhat possible from the chosen bidding phase BIMs. Although the BIM quantities were very similar to the quantities calculated from layouts, they had to be completed with quantities from layouts. To make it possible to take more advantage of BIM, quantity surveying from the models should be set as a modeling objective.

Key words: building services engineering, BIM, contract work, quantity take-off

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TATE TIETOMALLIT	8
2.1	Tietomalli yleisesti.....	8
2.2	Tietomallipohjaisen rakennushankkeen kulku.....	10
2.3	Tietomallinnuksen tuomat edut taloteknisen urakoitsijan näkökulmasta	12
3	TIETOMALLINTAMINEN URAKKALASKENNAN APUNA	14
3.1	Edellytykset tietomallilta	14
3.2	Tietomallin asema urakka-asiakirjana	15
3.3	Havainnointi.....	16
3.4	Määräluetteloiden luonti	18
3.4.1	Perinteinen määrälaskenta.....	18
3.4.2	Tietomallipohjainen määrälaskenta	19
4	TIETOMALLIPOHJAINEN MÄÄRÄLASKENTA KÄYTÄNNÖSSÄ.....	24
4.1	Tietomallipohjainen määrälaskenta Solibri Model Checker -ohjelmistolla	24
4.1.1	Laskentaparametrien määrittelemine	24
4.2	Tredu Pirkkala avioniikan ja lennonopetuksen tilat	28
4.2.1	Havaitut puutteet tietomallissa tietomallipohjaisen määrälaskennan näkökulmasta	29
4.3	Tampereen Maauimala	30
4.3.1	Havaitut puutteet tietomallissa tietomallipohjaisen määrälaskennan näkökulmasta	31
4.4	Yhteenveto tarkastelluista tietomalleista	32
5	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET.....	37
	LIITTEET	38
	Liite 1. Tredu Pirkkala lämmityspatteri määräluettelo.....	38

ERITYISSANASTO

CAD	tietokoneavusteinen suunnittelu (computer-aided design)
BIM	rakennuksen virtuaalimalli (building information modelling)
LVI	lämpö, vesi, ilma
YSE	yleiset sopimusehdot
YTV	yleiset tietomallinnusvaatimukset
Objekti, olio	tiettyä asiaa kuvaavien tietojen, ominaisuuksien, kooste, jota käsitellään yhtenä kokonaisuutena
Ominaisuus	objektin ”luonteenpiirteet”
Attribuutti	objektin ominaisuuden kuvaus
Ominaisuusjoukko	objektien ominaisuuksien ryhmittely yhteen jonkin periaatteen, esimerkiksi sovellusalueen tai näkökulman mukaan
Parametrinen objekti	objekti, joka on sidossuhteessa toiseen objektiin tai objekteihin
Tilaaaja	luonnollinen tai juridinen henkilö, jonka vastuulla on tarjouspyyntöaineiston tilaaminen suunnittelijalta ja sen lähettäminen urakoitsijalle urakkalaskentaan
Urakoitsija	luonnollinen tai juridinen henkilö, joka sitoutuu tekemään sovituksen työn vastiketta vastaan
Rakennusurakka	sopimus, jossa toinen sopijapuoli, urakoitsija sitoutuu vastiketta vastaan rakentamaan rakennuksen tai rakennelman toiselle osapuolelle
Kilpailu-urakointi	rakennuttaja valitsee urakoitsijan tarjouskilpailun perusteella. Kilpailutus tapahtuu valmiiden suunnitelmien perusteella
Laskentapiirustus	piirustus, jota käytetään urakkahinnan muodostamiseen urakkalaskentavaiheessa
Määräluettelo	luettelo, jossa on esitetty samantyyppisten taloteknisten järjestelmien osat niin, että niiden määrät on laskettu yhteen
Normiaika (NH)	tietyn työsuorituksen tavoiteaika

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin ESP Tekniikka Oy:n toimeksiannosta Tampereella syksyn 2016 ja kevään 2017 aikana. Haluan kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa Jussi-Pekka Juvelaa työni ohjauksesta.

Haluan osoittaa kiitokseni tilaajalle ESP Tekniikka Oy:lle ja toimitusjohtaja Kimmo Nylundille tämän opinnäytetyön mahdollistamisesta ja siitä että sain sovittaa opintoni työni kanssa. Kiitos opinnäytetyön aiheen ideoimisesta kuuluu Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin peruskorjausyksikön työmaainsinööri, Petri Pyylle.

Tahdon kiittää myös tarjouspyyntöaineistojen luovuttamisesta Tampereen tilakeskuksen hankeinsinöörejä Panu Hirvosta ja Satu Lahdensivua. Kiitos kuuluu myös Solibri Oy:lle ja heidän edustajalle Heikki Puskalle tuesta ja opinnäytetyön tekoon käytetyn ohjelmiston lisenssistä.

Kiitos kaikille läheisilleni ja ystävilleni tuesta ja kannustuksesta opintojeni aikana.

Tampereella 4.4.2017

Joona Frimodig

1 JOHDANTO

Tietomallintaminen on ollut läsnä rakentamisessa jo vuosia, mutta kuten aina, uuden menetelmän omaksuminen vaatii oman aikansa. Perinteisiin paperikuviin verrattuna tietomallien merkitys ja niistä saatava hyöty korostuu erityisesti suurissa rakennuskoh-teissa, joissa useat eri tekniikat kohtaavat. Toisaalta valtava potentiaali löytyy myös haasteellisista saneeraus- ja erikoiskohteista.

Tietomallintamisen avulla kyetään huomaamaan tekniikka törmäyksiä ja mahdollisia parempia toteutustapoja jo aivan suunnittelun alkutaipaleella. Onnistuneen tietomallin-tamisen avulla urakoitsijalla on mahdollisuudet toteuttaa hanke suoraviivaisemmin ja selkeämmin. Tietomallin voisi ikään kuin nähdä perinteisiä suunnitelmia täydentävänä, perinteisiä tasokuvia yksityiskohtaisempana asiakirjana.

Opinnäytetyö pyrittiin rajaamaan siten, että lukija saisi kokonaisvaltaisen katsauksen siitä mitä mahdollisuuksia onnistunut tietomallinnus pitää sisällään. Vaikka työ keskit-tyy tarkastelemaan tietomallia erityisesti kilpailu-urakointia harjoittavan LVI-urakoitsijan silmin, sitä voidaan kuitenkin soveltaa koko talotekniikan alaan pääpiirtei-den pysyessä lähes muuttumattomana.

Tietomallipohjainen määrälaskenta on ollut jo pitkään kuuma puheenaihe. Teorian tuo-minen käytäntöön on kuitenkin vielä siirtymävaiheessa – käytännön ohjeita siitä, mitä laskentaprosessi pitää sisällään, ei ole juurikaan saatavilla. Opinnäytetyön ottaa kantaan tietomallipohjaisen määrälaskennan hyödynnettävyydestä kahden eri urakkalaskenta-vaiheen tietomallin avulla.

2 TATE TIETOMALLIT

2.1 Tietomalli yleisesti

Nykyaikaisessa rakennushankkeessa kaiken ydin on suunnitelmat. Toisin kuin tietokoneavusteisessa suunnittelussa (engl. CAD), tietomalli (engl. BIM) rakennetaan parametrisista objekteista. Ominaista parametrisille objekteille on esimerkiksi se, että seinän komponentin painon muutos näkyy koko seinäobjektin painon muutoksena. Parametriin objekteihin on myös sidottuna tietoja, kuten esimerkiksi objektin geometrinen muoto ja siihen liitetyt säännöt. (BIM Handbook, Introduction, Definition of Parametric Objects (Chapter 2), 17-18.)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään tarkastelemaan IFC (Industry Foundation Classes) tiedonsiirtoformaattisiin tietomalleihin. Kyseessä on universaali tietokonejärjestelmästä riippumaton standardi, joten malleja voidaan siirtää ohjelmistosta toiseen. Se on laajalti käytössä niin Suomessa kuin muuallakin Euroopassa. Suosiosta viestii esimerkiksi se, että vuodesta 2016 Iso-Britanniassa lähtien kaikista julkisista rakennushankkeista on määrätty tehtäväksi tietyn tasoinen IFC-tietomallinnus (Digital Built Britain. Executive Summary, 5).

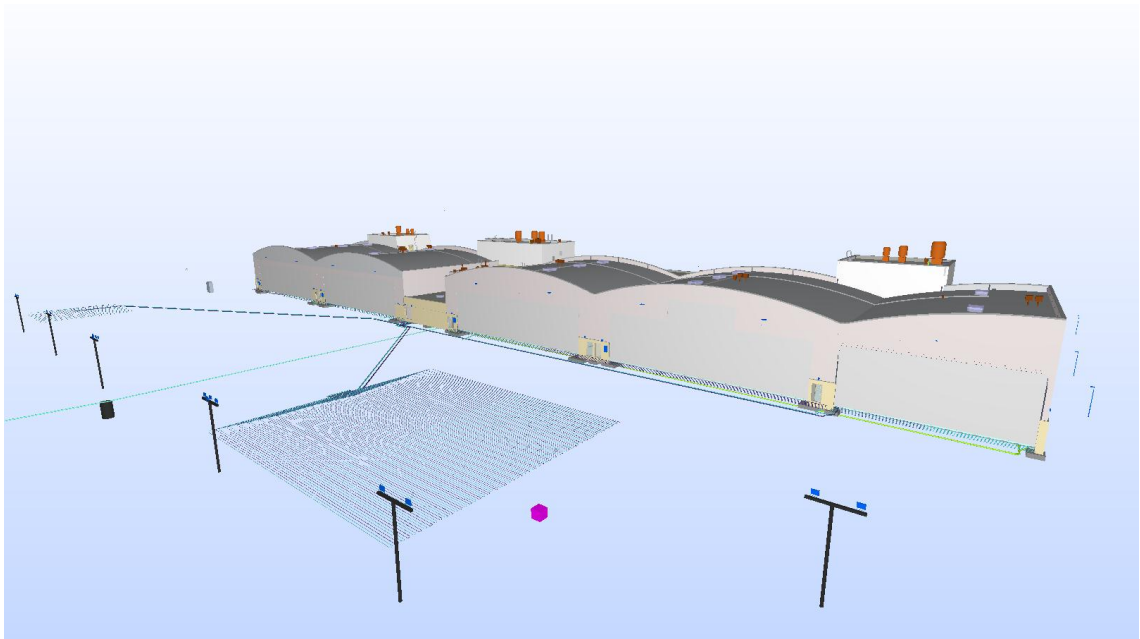
Tietomalli voi sisältää yhden tai useamman tekniikan tiedot. Se voi olla esimerkiksi rakennesuunnittelijan tekemänä kaikkien rakennuksen seinien, lattioiden, ikkunoiden ja muiden rakennusteknisten tietojen summa, rakennemalli. Tällöin lopputulos on valmis talo ilman tekniikkaa. Vastaavasti talotekniikan suunnittelijan luomus olisi täydellinen suunnittelun tekniikan rakennusosamalli, ilman taloa. Yhdistämällä nämä eri suunnittelualojen mallit saadaan niin sanottu yhdistelmä-tietomalli. (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Tietomallintamisen periaatteet talonrakennushankkeessa, 23-24.)

Konkreettisin etu perinteisiin tasopiirustuksiin verrattuna on tietomallinnuksen tuoma mahdollisuus tarkastella suunnitelmia 3D-avaruudessa. Se kuinka tarkasti tietomallit ovat mallinnettu, ilmenee tarjouspyynnössä ja suunnitelmasopimuksissa. Käytännössä hankkeen tietomallintamistarkkuuden määrittäminen on hankkeen tilaajan tehtävä. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 1, Toteutussuunnittelu, 18).

Sijaintikoordinaattien lisäksi tietomallin objekteille voidaan määrittää muitakin dimensioita. Kolmiulotteeseen tietomalliin voidaan lisätä hankkeen aikataulus, jolloin malli muuttuu 4D-malliksi. Käytännössä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tietomallista voidaan havaita miten tarkasteltavan tilan rakentaminen etenee päivä päivältä. (BIM Handbook, Introduction, Synchronization of Design and Construction Planning, 24.)

Vastaavasti lisäämällä vielä yksi dimensio, kustannus, malli on 5D. Tällöin tietomallin objekteille on annettu joko kiinteä hinta, tai objekti voi olla linkitetty esimerkiksi tavaranhoitajan hinnastoon, jolloin objektin kustannus elää markkinoiden mukana. (The Benefits of, and Barriers to, Implementation of 5D BIM for Quantity Surveying in New Zealand, Introduction, 2.)

4- ja 5D-mallit ovat kuitenkin vielä käytännön tasolla harvinaisia talotekniikassa, joten tämä opinnäytetyö keskittyy tarkastelemaan vain 3D-tietomalleja. Kuvassa 1 on esitelty Tredu Pirkkala avioniikan ja lennonopetuksen tilat – hankkeesta kuvankaappaus.



KUVA 1. Lentokentän suuntainen näkymä (Tredu Pirkkala tietomalli)

2.2 Tietomallipohjaisen rakennushankkeen kulku

Tietomallipohjainen rakennushanke poikkeaa perinteisestä rakennushankkeesta, näin ollen onkin tärkeää ymmärtää tietomallin tuomat hyödyt ja mahdollisuudet kokonaisvaltaisesti. Suurin hyöty tietomalleista saadaan kun koko hanke on alusta loppuun saakka toteutettu tietomallihankkeena. (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Tietomallipohjainen rakennushanke, 25.)

YTV2012 ohjeistaa, että tarveselvitysvaiheessa luodaan niin sanottu vaatimusmalli, johon tulisi kirjata vähintään hankkeen keskeisimmät tilavaatimukset. Tilaajan onkin tehtävä päätös toteutetaanko hanke tietomallipohjaisesti vai ei, jo hyvin varhaisessa vaiheessa hanketta. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 12, Rakennushankkeen käynnistäminen 2012, 11.)

On oleellista, että tilaajan kykenee määrittelemään tietomallinnuksen tavoitteet ja käyttötarkoitukset mahdollisimman tarkasti ja yksiselitteisesti. Tämä luo hyvän pohjan onnistuneelle ja kustannustehokkaalle rakennushankkeelle. (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Tietomallipohjainen rakennushanke, 25.)

Tilaajan asettamat tavoitteet ja käyttötarkoitukset ovat voivat olla esimerkiksi yleisiä tietomallintamiselle asetettuja tavoitteita (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 11, Tietomallinnuksen päätavoitteet, 2.):

- Tukea hankkeen päätöksentekoprosesseja
- Sitouttaa osapuolet hankkeen tavoitteisiin mallin avulla
- Havainnollistaa suunnitteluratkaisuja
- Auttaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista
- Nostaa ja varmistaa rakennusprosessin ja lopputuotteen laatua
- Tehostaa rakentamisaikaisia prosesseja
- Parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana ja elinkaarella
- Tukea hankkeen kustannus ja elinkaarianalyysyjä
- Tukea hankkeen tietojen siirtämistä käytönaikaiseen tiedonhallintaan

Rakennushankkeesta tuotetaan tietomallinnussuunnitelma missä kuvataan tietomallinnustavoitteet, yhteistyön ja laadunvarmistuksen menettelyt sekä eri vaiheissa vaaditut tietomallinnustehtävät ja tietosisällöt. Tietomallinnussuunnitelma on sopimusasiakirja,

jota päivitetään hankkeen edetessä ja liitetään osaksi suunnittelu- ja urakkasopimuksia. On oleellista, että kaikki hankkeen osapuolet ovat sen jakelun alaisuudessa, jolloin mahdolliset muutokset asiakirjaan tulee kaikkien hankkeen osapuolien tietoisuuteen. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 11, Tietomallintamisen suunnittelu 2012, 6.)

Hankkeeseen tulee nimetä tietomallikoordinaattori, joka vastaa tietomallin koordinoimisesta hankkeessa. Täten varmistetaan sujuva ja laadukas työskentelytapa hankkeen aikana (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Tietomallipohjainen rakennushanke, 25). Tietomallikoordinaattori voi olla joko hankkeen pääsuunnittelija, tai hänen tai hankkejohdon valitsema taho (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 1, Yleiset mallitekniset vaatimukset, Tietoturvakoordinaattori, 10).

Kukin hankkeen suunnitteluosapuoli ylläpitää omaa tietomalliselostustaan. Tietomalliselostuksessa sisältää kuvauksen mallin sisällöstä, käytetyistä mallinnustavoista ja mahdollisista poikkeamista yleisiin vaatimuksiin tai mallinnustapoihin nähden. Lisäksi asiakirjasta tulee käydä ilmi mihin tarkoitukseen malli on tehty ja mikä sen tarkkuusaste on. Selostuksen avulla muut osapuolet voivat tulkita mallin valmiusastetta, järjestelmien ja rakennusosin nimeämiskäytäntöjä sekä mallin yleistä rakennetta. Tietomalliselostus tulee päivittää aina kun mallia päivitetään, huolimatta siitä onko kyseessä työmalli tai tietomalli urakkalaskentaa varten. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 1, Yleiset mallitekniset vaatimukset, Tietomalliselostus, 9-10.)

Pääpiirteissään tietomallinnettava rakennushanke etenee perinteisen rakennushankkeen mukaisesti. Hankkeen tietomallia päivittyy suunnittelun edetessä, hankkeen alkutaipaleella luotu vaativuusmalli päivittyy vähitellen rakentamista tukevaksi toteutumamalliksi. Rakentamisen aikana tietomallia edelleen päivitetään varsinaisilla rakentamisen aikaisilla muutoksilla ja esimerkiksi urakoitsijan tiedoilla. Päivitettävät tiedot voivat olla esimerkiksi mahdolliset suunnitelmista poikkeavat tuote- ja komponenttivalinnat. Hankkeen luovutuksen yhteydessä tilaajalle lopulta luovutetaan ylläpitomalli, jonka on tarkoitus palvella tilaajaa kohteen käytön aikana. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 11, 6-24.)

2.3 Tietomallintamisen tuomat edut taloteknisen urakoitsijan näkökulmasta

LVI-Tekniset Urakoitsijat LVI-TU ry:n toimitusjohtaja Jari Syrjälä toteaa 4.10.2016 antamassaan haastattelussa, että LVI-urakoitsijoiden kannattavuus ei ole parantunut keväästä 2016, vaan päinvastoin, laskenut. (Kullanvuolenta kaukana LVI-urakoinnista, 2016.)

Kuinka urakointiin erikoistuneiden yritysten kannattavuutta voitaisiin sitten parantaa. Yksi vaihtoehto voisi olla toimintatapojen tehostaminen. Käytännössä tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi tietomallintamisen avulla saatavien hyötyjen realisoimista myös urakointitaholle.

BuildingSMART Finland:n 1/2016 teettämässä kyselyssä kysyttiin kuinka käytät tietomallia hyödyksi oman alan tekniikan osalta. Vastanneista 85 LVI-suunnittelijasta 69,9 %:a työskentelee tietomallin parissa. LVI-urakoitsijoista osuus oli 40 %:a, joskin vastanneita oli vain 8. Vastaavasti vastanneista sähkösuunnittelijoista (47) 54,5 %:a ja sähköurakoitsijoista (26) vain 17,3 %:a hyödyntää tietomallinnusta työssään (Tietomallinnusta ei hyödynnetä riittävästi, 2016). Kyselyn perusteella vaikuttaa siltä, että tietomalli on taloteknisille urakoitsijoille vielä tuntematon työväline.

Tärkeitä käyttökohteita tietomallille on sen visuaalisuuden mahdollistama perehtyminen kohteeseen ja rakenteisiin, töiden ohjaus sekä töiden yhteensovittaminen. Toisaalta tietomalli myös auttaa urakoitsijaa kun hän miettii esimerkiksi asennusjärjestystä, työmaaturvallisuutta tai työmaan logistiikka. Tietomallipohjaisen määrälaskennan avulla on mahdollista tehostaa ja tarkentaa laskentaa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 1, Toteutus, Tietomallien hyödyntäminen työmaalla, 19.)

Tietomallien yhdistämiseen yhdistelmämalliksi liittyy keskeisesti eri tekniikoiden törmäystarkastelut. Yhdistämisen tekee hankkeeseen nimetty tietomallikoordinaattori, joka raportoi havaitsemansa ristiriidat suunnittelijoille. Tämä on myös urakoitsijalle valtava etu. Tehtävä törmäystarkastelu selkeyttää ja virtaviivaistaa itse työskentelyä työmaalla, sillä iso osa tekniikkaristeilyistä voidaan ratkoa jo ennen todellisten ongelmien syntymistä. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 1, Yleiset mallitekniset vaatimukset, Tietoturvakoordinaattori, 10.)

Rakennushankkeen onnistunut läpivienti edellyttää tehokasta kommunikointia hankkeen parissa työskenteleviltä. Tietomallintaminen antaa tähän mahdollisuuden, helpottaen viestintään ja mahdollistaen sujuvamman tiedonsiirron hankkeen eri osapuolien välillä (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Lean Construction, ihmiset, prosessi, 29.)

Materiaalimäärien laskentaan kuuluu taloteknisessä tarjouslaskennassa valtavasti resursseja. Tietomallipohjainen määrälaskenta on Suomessa suhteellisen vähän käsitelty asia, tästä johtuen tietomallipohjaisen ja perinteisen laskennan nopeuksia on vertailtu vähän. Eri lähteissä, kuten esimerkiksi YTV 2012 toteaaakin urakkalaskentakustannukset ja ajankäyttö vähenee (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Määrälaskennan prosessiohje, TATE-mallinnusaineiston vaatimukset, 4).

Parhaiten urakoitsija voi vaikuttaa tietomallin käyttöön ja hyödyntämisen menetelmiin omaperusteisissa rakennushankkeissa. Tämä tarkoittaa hankkeita, joissa urakoitsija valitsee suunnittelijat, ja määrittelee suunnittelun tavoitteet, tietosisällön, organisoinnin ja työmenetelmät, joilla tietomalleja tullaan hankkeessa käyttämään. (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Tietomallien käyttömahdollisuuksia työmaalla, 56.)

Vastaavasti kilpailu-urakoinnissa urakoitsijan vaikutusmahdollisuudet tietomallin sisältöön ja rakenteeseen ovat vähäisemmät. Tarjouspyyntöasiakirjoihin sisältyvillä teknillisillä asiakirjoilla, kuten tietomallille ja tietomalliselostuksille, on määrätty pätevyysjärjestys suhteessa muihin asiakirjoihin. Tämä tarkoittaa sitä, että tietomallien hyödynnettävyys riippuu hankkeen tilaajan asettamista tavoitteista tietomallille sekä taidoista ohjata suunnittelua tietomallintamisen vaatimusten mukaisesti. (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Tietomallien käyttömahdollisuuksia työmaalla, 56.)

3 TIETOMALLINTAMINEN URAKKALASKENNAN APUNA

3.1 Edellytykset tietomallilta

Suomen Yliopistokiinteistöt Oy on tilaajana määritellyt omille rakennushankkeille suunnittelutarkkuudeksi: ”Talotekniikan tarkkuustaso on oltava sellainen, että verkostot ovat asennettavissa mallin mukaisesti tai mallista voidaan todeta, että ne ovat asennettavissa pienin korjauksin työmaalla.” (Rakennusprojektien tietomallinnusohjeistus suunnittelijoille, Geometrian tarkkuus, 8). Tämän tasoinen mallinnustarkkuus luo erittäin hyvän pohjan urakoitsijalle niin urakkalaskentaan kuin itse hankkeen toteuttamiseen.

Toisaalta täytyy myös tärkeätä ymmärtää, mikä on tarkkuus nyky suunnittelussa eri rakennusvaiheissa. YTV2012 mukaan esimerkiksi toteutussuunnitteluvaiheessa, tietomallissa ei esimerkiksi tarvitse esittää kaikkien yksittäisten laitteiden, kuten ilmanvaihtokoneiden, lämmönsiirtimien tai muita vastaavien omia laitoryhmiä. Ne tulee kuitenkin esittää tarkemmin kyseisen järjestelmän toimintakaavioissa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 4, LVI-suunnittelun järjestelmämallit, Virtausteknisesti toimivat järjestelmät, 21.)

YTV2012 osa 4 ohjeistaa myös, että objektit tulee mallintaa todellista vastaavilla objekteilla (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 4, LVI-suunnittelun järjestelmämallit, Mallinnus todellisuutta vastaavaksi, 22). Esimerkiksi kupariputket tulee mallintaa suunnitteluohjelmistossa kupariputkiobjektia käyttäen. Tällöin kyseiseen kupariobjektiin kirjoitetaan sille ominaisia tietoja kuten kupariputken dimensio ja laatu.

Urakkalaskentavaiheessa urakoitsijalla tulisi olla käytettävissään toteutussuunnitelma tasoiset suunnitelmat. Tietomallien osalta tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että pääjärjestelmät on jaettu osajärjestelmiin. Pääjärjestelmällä tarkoitetaan esimerkiksi lämmitys-järjestelmää. Lämmitysjärjestelmän osajärjestelmä ovat vastaavasti esimerkiksi lämmityspatteriverkosto tai IV-lämmitysverkosto. Järjestelmä jako mahdollistaa laskentatyökalujen käytön kullekin osajärjestelmälle erikseen. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 4, LVI-suunnittelun järjestelmämallit, Järjestelmien jako osa järjestelmiin, 22.)

Jotta tietomallin tarkasteleminen olisi mahdollisimman luontevaa, esitettävät järjestelmät tulisi mallintaa toimivina kokonaisuuksina. Tämä tarkoittaa sitä että, suunnitteluoh-

jelmiston mahdollistamia laskenta- ja analyysitoimintoja on mahdollista käyttää. On myös oleellista muistaa, että kaikki kokonaisuuden kannalta oleelliset komponentit tulee mallintaa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 4, LVI-suunnittelun järjestelmämallit, Virtausteknisesti toimivat järjestelmät, 21.)

3.2 Tietomallin asema urakka-asiakirjana

Rakennusalaan vahvasti ohjaavat yleiset asiakirjat kuten, Yleiset sopimusehdot YSE 1998, eivät tunne tietomallia. Tilaajan täytyy huomioida tämä hankkeen suunnittelussa. Yleiset Tietomallivaatimukset YTV 2012 on kuitenkin mukana rakennushankkeissa yleisenä asiakirjana, johon sopimuksissa viitataan. (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Tietomallien määrittely urakka-asiakirjoissa, 58.)

Urakka-asiakirjoissa on syytä tuoda ilmi, että hankkeen eri suunnittelualojen suunnittelu on tapahtunut mallintamalla, eikä niin, että mallit olisivat muista suunnitteluasiakirjoista erillisiä. Selkeämpi vaihtoehto on sijoittaa tietomallit osaksi urakkalaskentaa, nimeämällä se urakasopimuksen teknilliseksi asiakirjaksi ja määrittää niiden pätevyys suhteessa muihin asiakirjoihin. (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Tietomallien määrittely urakka-asiakirjoissa, 58.)

Kun tietomalli on määritetty urakasopimusasiakirjaksi, tulee tietomallin sen hetkinen versio säilyttää muiden sopimusasiakirjojen tapaan. Tietomallien käyttötarkoituksen tulee olla määritetty ja se tulee olla saatettu urakoitsijan tietoisuuteen. Toisaalta myös urakoitsijan on tuotava ilmi, miten hän tulee käyttämään tietomalleja työssään. Urakka-asiakirjoista tulee selvittää urakoitsijan oikeus luovuttaa tietomalli kolmannelle osapuolelle, esimerkiksi alihankinnan yhteydessä. (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Tietomallien määrittely urakka-asiakirjoissa, 58.)

Rakennushankkeen tilaaja voi sitoutua tietomallista saataviin määrätietoihin ja antaa urakkalaskentaan malleista saadut massaluettelot. Tämä yksinkertaistaa urakkalaskentaa ja asettaa hankkeesta kilpailevat urakoitsijat samalle viivalle. (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Tietomallien määrittely urakka-asiakirjoissa, 59.)

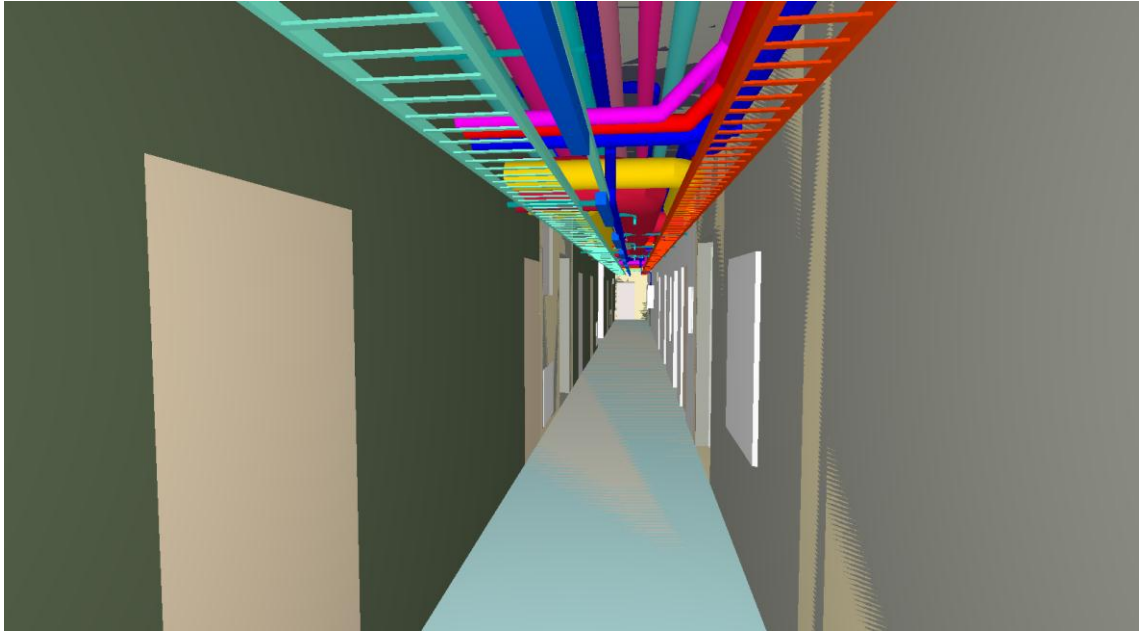
Toisaalta tilaaja voi olla myös sitoutumatta tietomallista saataviin tietoihin, tämä voi ilmetä suoraan tarjouspyynnöstä tai sen mukana toimitettavista liitteistä. Tampereen maauimala rakennushankkeen tarjouspyyntöaineistossa mainitaan ”Putkiurakan tarjouspyyntömateriaaliin on liitetty ifc – malli, jota voi käyttää tarjouslaskennan apuna. Mallin sisältöön ei voi kuitenkaan myöhemmin vedota urakkahinnoittelussa tai urakkasuorituksessa” (Tampereen Maauimala urakkarajaliite). Mallin hyödyntäminen on siis tällöin urakoitsijan omalla vastuulla.

Kuopion yliopistollisen keskussairaalan peruskorjaus 1 tehdystä projektisuunnitelmasta ilmenee, että niin LVIA- kuin sähkösuunnittelu toteutetaan tietomallipohjaisesti. Projektisuunnitelmassa todetaan myös, että ”määrälaskennat on pystyttävä tekemään suunnittelijan toimittamaa mallia käyttäen” (Kuopion yliopistollisen keskussairaala peruskorjaus 1 projektisuunnitelma). Näin ollen mahdollinen tietomallipohjainen määrälaskenta voi suoda edun urakoitsijoiden välisessä tarjouskilpailussa, niille tarjoajille, joilla on siihen valmiudet.

Urakkatarjousten arviointikriteerinä voi olla tietomallien hyödyntäminen rakennusvaiheessa. Tällöin urakkaa tarjoavan urakoitsijan tulee määrittellä, kuinka tietomallia on tarkoitus hyödyntää hankkeen aikana, ja nimetä tehtävään vastuuhenkilö. (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Tietomallien määrittely urakka-asiakirjoissa, 59.)

3.3 Havainnointi

Asennusteknisesti ehkä tärkein tietomallinnuksen tuoma etu on korkomailman havainnollistaminen. Rakennushankkeissa usein törmätään samaan ongelmaan, tilan puutteeseen. Tämä voi ilmetä esimerkiksi rakennushankkeen käytävissä (kuva 2). Käytävillä voi olla rakennus ja talotekniikan lisäksi esimerkiksi sprinkleri- kaasu-, höyry- tai audiovisuaalista tekniikkaa. Yhdistelmätietomalleista kyseiset tekniikat ovat kaikkien tahojen nähtävillä, näin ollen kaikilla on yhtenevä tieto siitä missä korkoasemassa ja miten oma ja muiden alojen tekniikat ovat. Kyseessä on asennustöitä valtavasti helpottava asia.



KUVA 2. Kellarin käytävän tekniikkaa, eri järjestelmät ovat esitetty eri väreillä (Tredu Pirkkala tietomalli)

Tietomallintaminen virtaviivaistaa työskentelyä kun kaikki osapuolet sitoutuvat noudattamaan sitä. Käytännössä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi, sitä että putkiasennuksia suorittava henkilö voi lukea mallista putkiosuuden pituuden ennen kuin se alittaa ilmanvaihtokanavan (kuva 2). Hän myös voi nähdä kuinka paljon hänen täytyy tehdä aliheittoa. Ilman tietomallinnusta työmaalla täytyisi kyseisesti asiat sopia joka risteilytilanteessa erikseen.

Ideaalitilanteessa, jos esimerkiksi ilmanvaihtoasentaja olisi jostain syystä jäljessä sovittusta asennusaikataulusta, voisi putkiasentaja silti suorittaa omat asennuksensa, koska hän tietää mallin avulla mitä tilantarpeita muulla tekniikka on. Tällöin viivästys ei kerätautuisi edelleen, mahdollisesti viivyttäen hankkeen muidenkin osapuolien työsuorituksia. Toki on muistettava, että tilanteet ovat aina tapauskohtaisia.

Tietomallista voidaan piilottaa objekteja tai objektikokonaisuuksia. Esimerkiksi asennuskorkoja tarkastellessa voi olla järkevää piilottaa tekniikan erityis, jolloin todellinen asennuskorko voidaan havaita paremmin. Lisäksi useat eri tietomallin katseluun tarkoitettut ohjelmistot tukevat leikkauskuvien luomista mallista. Kyseinen ominaisuus voi helpottaa esimerkiksi työsuunnittelua.

3.4 Määräluetteloiden luonti

Usein urakkalaskentavaiheessa on kiire. Tämä johtuu osittain kiireellisten tarjousten jättämisen ajankohdista johtuen, osin siksi, että urakkalaskennan tulee olla ajankäytöllisesti tehokasta.

LVI-Tekniset Urakoitsijat ry:n teettämään kyselyyn vastanneiden LVI-urakoitsijoiden tarjouspyyntöjen läpimenoprosentti oli syksyllä 2016 vain 20 %:a. Vastaava arvo oli saman vuoden keväällä 26 %:a (Kullanvuolenta kaukana LVI-urakoinnista, 2016). Tarjouspyyntöjen läpimenoprosentilla tarkoitetaan, sitä kuinka moni osa lähetetyistä tarjouksista on hyväksytty, eli urakoitsija on saanut hankkeen hoitaakseen.

Urakkalaskentavaiheessa urakkahinnan määrittämisessä urakoitsijalle ajallisesti työläintä on usein materiaali- ja työkustannuksien muodostaminen. Työkustannukset ovat erittäin riippuvaisia materiaalimeneistä, näin ollen itse materiaalimäärillä on suuri painoarvo hinnanmäärittämisessä.

3.4.1 Perinteinen määrälaskenta

Materiaalimäärät poimitaan perinteisessä määrälaskennassa käsin, esimerkiksi suhdeviivainta käyttäen, laskentapiirustuksista ja muista tarjouspyyntöasiakirjoista.

Tasokuvista määritellään järjestelmien pituudet ja komponentit. Talotekniset tasokuvat ovat usein tulostettu 1:50 tai 1:100 mittakaavaan. Suuresta mittakaavasta johtuen tasokuvat eivät ole kovinkaan yksityiskohtaisia, vaan suunnitelmia usein tarkennetaan tarkempien piirustusten kuten kytkentä- ja säätökaavioiden avulla.

Tasokuvat ovat kaksiulotteisia, tästä johtuen laskettavan kohteen korkeustiedot kuten huonekorkeudet määritellään usein leikkauspiirustusten avulla.

Perinteisen määrälaskennan variaatio on tietokoneavusteinen määrälaskenta tasokuvista. Käytännössä tämä tarkoittaa, sitä että materiaalimäärät lasketaan esimerkiksi suunnitelmista luoduista pdf-tiedostoista. Pääpiirteissään laskenta tapahtuu kuten käsin laskenta, mutta osa toiminnoista on automatisoitu laskentaohjelmalle. Laskenta perustuu siihen,

että laskentaohjelma etsii ja laskee suunnitelmista erilaisia laskennan kannalta kiinnostavia tietoja ja muotoja. Näitä voivat olla esimerkiksi talotekniset piirrosmerkit.

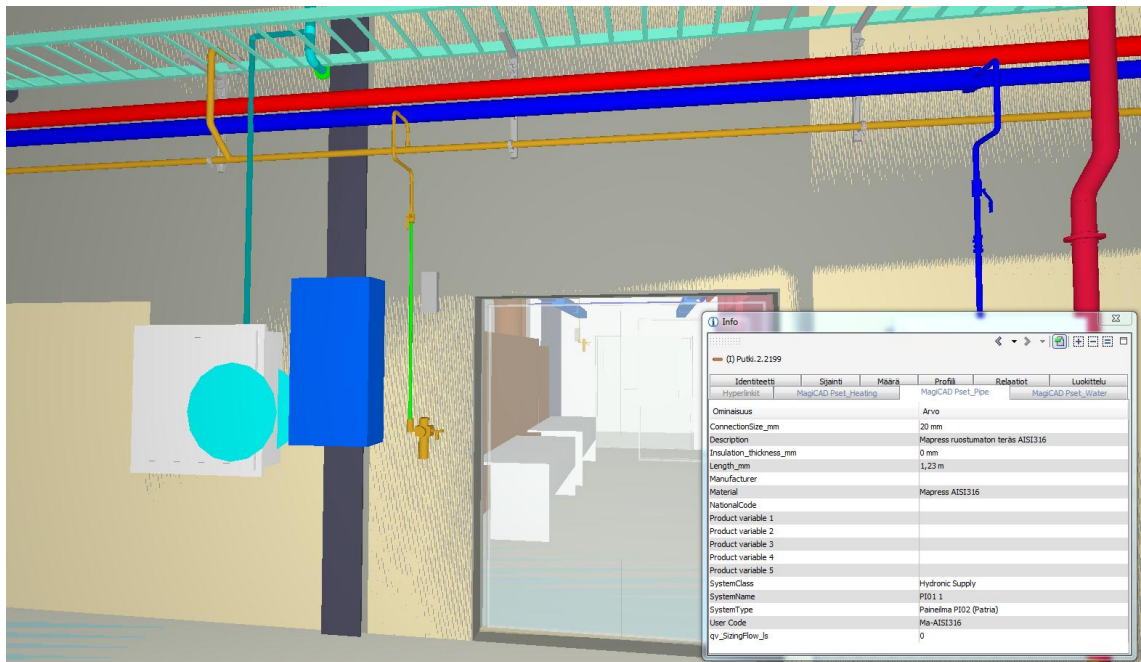
Jotta tasokuvista saadaan mahdollisimman selkeitä ja yksiselitteisiä, eri talotekniset järjestelmät usein tulostetaan erillisiksi tasokuviksi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, jos laskettava kohde on suuri ja sisältää lukuisia eri taloteknisiä järjestelmiä, voi laskennan alaisia piirustuksia olla huomattavan monta.

3.4.2 Tietomallipohjainen määrälaskenta

Tietomallipohjainen määräluetteloiden luonti tapahtuu tietokoneavusteisesti laskentaohjelman avulla. Yksinkertaistetusti laskenta prosessina voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: mallin hyödynnettävyyden tarkasteluun, laskentaparametrien määrittämiseen ja tulosten oikeellisuuden tarkistukseen.

Suomen Yliopistokiinteistöt Oy:n luoma tietomallisuunnitteluohje määrää, että kaiken heille tehtävän mallinnuksen täytyy olla tapahtunut hyväksikäyttäen suunnitteluovelluksista löytyviä työkaluja (Rakennusprojektien tietomallinnusohjeistus suunnittelijoille, Tietomallien tarkkuustaso ja sisältö, 7). Tällöin suunnitteluvaiheessa jokainen objekti positionoidaan tiettyjen sääntöjen mukaisesti, ja tietomallipohjainen määrälaskenta on mahdollista toteuttaa.

Tietomallin objektien positionointi voi vaihdella suunnitteluohjelman mukaan. Esimerkiksi kuvan 3 esiintyvän rakennuskohteen paineilmaverkosto on suunniteltu Autodesk Revit – suunnitteluohjelmistolla. Kuvassa esiintyvän putkiobjektin ominaisuusjoukko MagiCAD Pset_Pipe sisältää tietoja kuten putken halkaisijan, pituuden ja materiaalin. Määrälaskija syöttää laskentaohjelmaan parametrit millä hän haluaa laskentaohjelmiston suorittavan tietomallista laskennan. Materiaalimäärien tarkastelua helpottavia rajoituksia voi olla esimerkiksi järjestelmä- tai materiaali-kohtainen raja.



KUVA 3. Eräs paineilmaputken ominaisuusjoukko (Tredu Pirkkala tietomalli)

Yhteisiä pelisääntöjä noudattava objektien positionti voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tietomallista kyetään valitsemaan esimerkiksi kaikki rakennuskohteen LVI tuotteet, kuten lämmityspatterit tai valaisimet. Samaan tapaan tarkastelun kohteena voi olla esimerkiksi jokin rakennuksen tekniikkaosa, esimerkiksi tuloilmakanavisto tai patteriverkoston paluuputkisto. Toisaalta, koska objekteihin on kirjoitettu myös niiden kerrostiedot voidaan tarvittaessa tarkastelua tarkentaa, rajataankin tarkastelualueeksi vain kolmannen kerroksen lämmityspatterit.

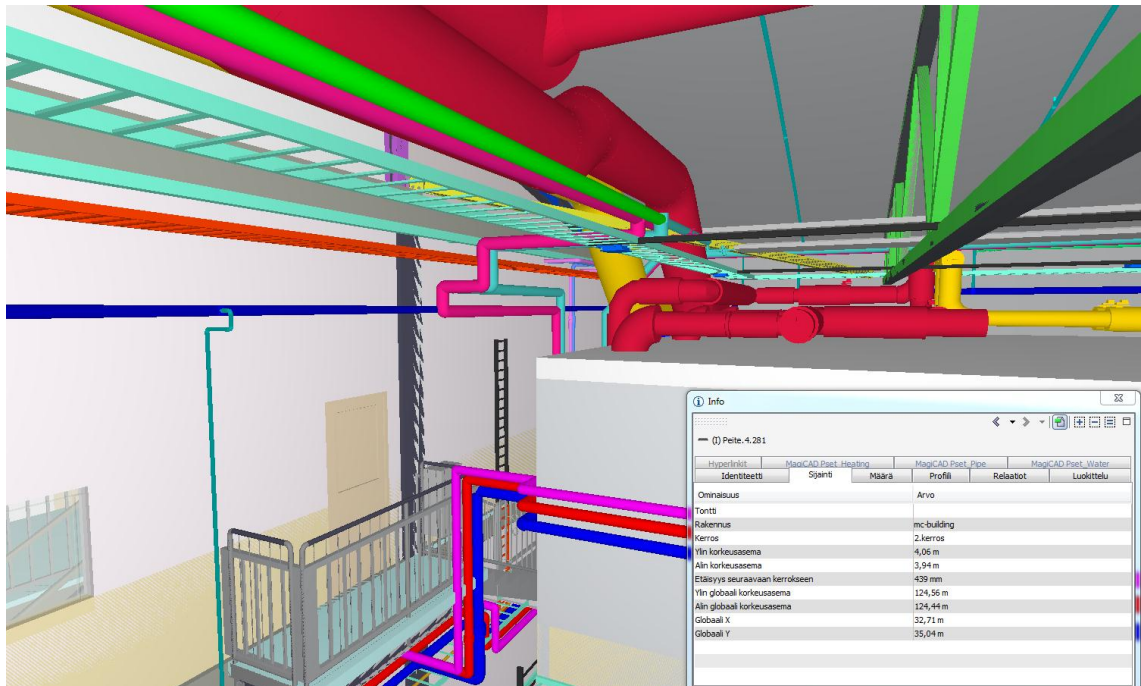
Tietomallintamisen mahdollistama hankkeen visuaalinen tarkastelu on myös määrälaskijan kannalta suuri etu. Hyöty korostuu erityisesti suurissa kohteissa, joihin on mahdollista tutustua helpommin, lisäksi mahdollisten riskivarausta tarvitsevien rakennusosien kartoittaminen on vaivattomampaa. Toisaalta tietomallipohjaisessa määrälaskennassa etu on myös laskennan läpinäkyvyys, sillä jokaisella tietomallin objektilla on olemassa visuaalinen rakennusosa. Tämä on etu määrälaskennan oikeellisuuden tarkistuksessa. (Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Tietomallit määrä- ja kustannuslaskennan apuna, 62).

Vaativissa tiloissa, kuten ilmanvaihtokone-, kattila-, pumppu- ja lämmönjakohuoneissa, tapahtuvat työt ovat normaaleihin asennustöihin verrattuna asennusteknisesti haastavampia. Näin ollen kyseisten tiloissa tapahtuvan työskentelyn normiaikoja korotetaan LVI työehtosopimuksen mukaisesti (LVI-toimialan Työehtosopimus, Mom. 3. Yleiset

määräykset, Kohta 2 Vaativuus- ja olosuhteelliset, 94). Tästä johtuen myös tietomallista, kyseisissä tiloissa tapahtuvat, työt on kyettävä erottelemaan. Tietomallipohjaisen määrälaskennan kannalta tämä tarkoittaa sitä, että laskentaa suorittaessa on otettava huomioon objektien sijaintiattribuutti.

Samaan tapaan normiaikoja korotetaan kun asennustyöt tapahtuvat normaalia korkeammalla tai esimerkiksi alapohjassa. Normiaikojen korotusprosentit löytyvät LVI työehtosopimuksesta (LVI-toimialan Työehtosopimus, Mom. 3. Yleiset määräykset, Kohta 2 Vaativuus- ja olosuhteelliset, 94). Normaalia korkeammalla tapahtuvat asennustyöt saattaa vaatia esimerkiksi nostimen, joka voi aiheuttaa ylimääräisiä kuluja. Työt on kyettävä erittelemään myös tästä syystä.

Tekniikan asennuskorkeus ei aina välttämättä ole kirjoitettu malliin oikein. Esimerkiksi Tredu Pirkkalan tietomallissa lentokonehallien katossa oleva tekniikka on väärässä korkeudessa (Tredu Pirkkala tietomalli). Tämä voidaan havaita esimerkiksi tarkastellessa kuvassa 4 näkyvän säteilyverkoston sijaintitietoja. Kyseinen putkiosuus on kuvan mukaan kerroksessa kaksi, noin neljän metrin asennuskorkeudessa kyseisen kerroksen lattiasta. Todellisuudessa, tietomallin globaaleista korkeusasemista laskettaessa, putkiosuus on noin seitsemän metrin etäisyydellä hallin lattiasta.



KUVA 4. Tredu Pirkkala lentokonehalli 1 (Tredu Pirkkala tietomalli)

Oikean asennuskoron voi tarvittaessa tarkistaa mallin globaalien korkeusasemien avulla (kuva 4). Tarkastelussa tapauksessa tämä voisi olla luontevaa toteuttaa ajattelemalla hallin lattian ylin globaali korkeusasema nollassoksi. Vähentämällä kyseinen arvo tarkasteltavan objektin alimmasta korkeusasemasta saadaan objektin alapinnan etäisyys lattiapinnasta.

Todellisuudessa vaativuus- ja olosuhdelisien toteaminen mallista visuaalisesti voi osoittautua hankalaksi varsinkin, jos tarkasteltava malli vain yhden tekniikan sisältämä osamalli. Luonnollisesti kun kyseessä on kohteen kaikkien tekniikoiden yhdistelmämalli, kyseisten lisien todentaminen mallista helpottuu.

Saneerauskohteissa vanha, ennalleen jäävä, tekniikka on kyettävä erottelemaan. Laskennan osalta tämä tarkoittaa sitä, että ennalleen jäävän tekniikan objekteissa täytyy se ilmaista. Tampereen maauimalan urakkalaskenta vaiheen tietomallissa olemassa olevan tekniikan objekteille oli annettu status-tieto ”VANHA Vanha kanava, putki tai laite” (Tampereen maauimala tietomalli). Vanhat objektit saadaan poissuljettua laskennasta esimerkiksi määrittämällä laskentaparametrit jo laskennan alussa niin, ettei laskentaohjelmisto huomio kyseisellä status-tiedolla omaavia objekteja.

Urakkalaskentavaiheessa suunnitelmat eivät välttämättä ole vielä täysin valmiita, vaan niihin tulee usein muutoksia. Tämä heijastuu myös suunnitelmien pohjalta rakennettavaan tietomalliin. Käytännössä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi joidenkin laitteiden puutteellisina tietoina tietomallissa. YTV2012 toteaaakin, että mallipohjaisen määräluettelon luomisen lisäksi täytyy urakkalaskentaa tukea perinteisin laskentamenetelmin. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 1, Toteutus suunnittelu, 18).

Näitä tietomallia täydentäviä, käsin laskettavia tarjouspyyntöasiakirjoja, voi olla esimerkiksi IV-pattereiden, oviverhohuuhaltimien tai kaukolämmön kytkentäkaaviot. Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa laskijan tulee olla tarkkana, ettei esimerkiksi linjasäätö- tai sulkuventtiileitä lasketa sekä tietomallista että kytkentäkaavioista.

Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa urakkarajoihin tulee kiinnittää huomiota. Urakkarajat voivat vaihdella paljon eri hankkeiden kesken. Tyypillinen kompastuskivi voi olla, esimerkiksi venttiilit, joiden hankinta voivat olla joko putki- tai automaatiourakassa. Vaikka venttiilin kuuluisikin automaatiourakkaan, on asennus yleensä määritelty

kuuluvaksi putkiurakkaan. Onkin tärkeää, että urakkarajoja on selkeytetty lisäämällä mallin objekteille urakkarajaa kuvaava ominaisuus. Toisaalta urakkarajat tulisi ilmetä myös muista urakka-asiakirjoista, näin ollen voikin olla luontevampaa ja vaivattomampaa määrittää ne niistä.

YTV2012 määrälaskennan prosessiohjeen mukaan tietomallipohjainen määrälaskenta ohjaa urakoitsijoitten välistä tarjouskilpailua entistä enemmän tuotteiden tarkempaan hinnoitteluun ja kilpailutukseen, samalla vähentäen materiaolimäärien laskentaan kuluva-aikaa. Tilaajan näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, että tilaaja saa työmäärältään ja materiaaleiltaan samankaltaisempia tarjouksia. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Määrälaskennan prosessiohje, TATE-mallinnusaineiston vaatimukset, 4).

Tietomallintamiseen pohjautuva toiminta muuttaa perinteisen määrälaskijan työtä merkittävästi, rutiinityön vähetessä ja toisaalta ammattitaidon vaatimuksen kasvaessa. YTV2012 näkee, että määrälaskijan roolin muuttuvan yhä vahvemmin määräasiantuntijaksi. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 7, Määrälaskenta, Johdanto, 5).

4 TIETOMALLIPOHJAINEN MÄÄRÄLASKENTA KÄYTÄNNÖSSÄ

Tietomallipohjainen määrälaskenta voidaan toteuttaa monella eri ohjelmistolla, joista esimerkkinä Naviate SimpleBIM, Vico Office, Tocoman iLink, Tocoman Pro ja Solibri Model Checker. Pääpiirteissään tietomallipohjainen määrälaskenta prosessina on samankaltainen eri ohjelmistoilla väillä. Toki kukin ohjelma on erilainen.

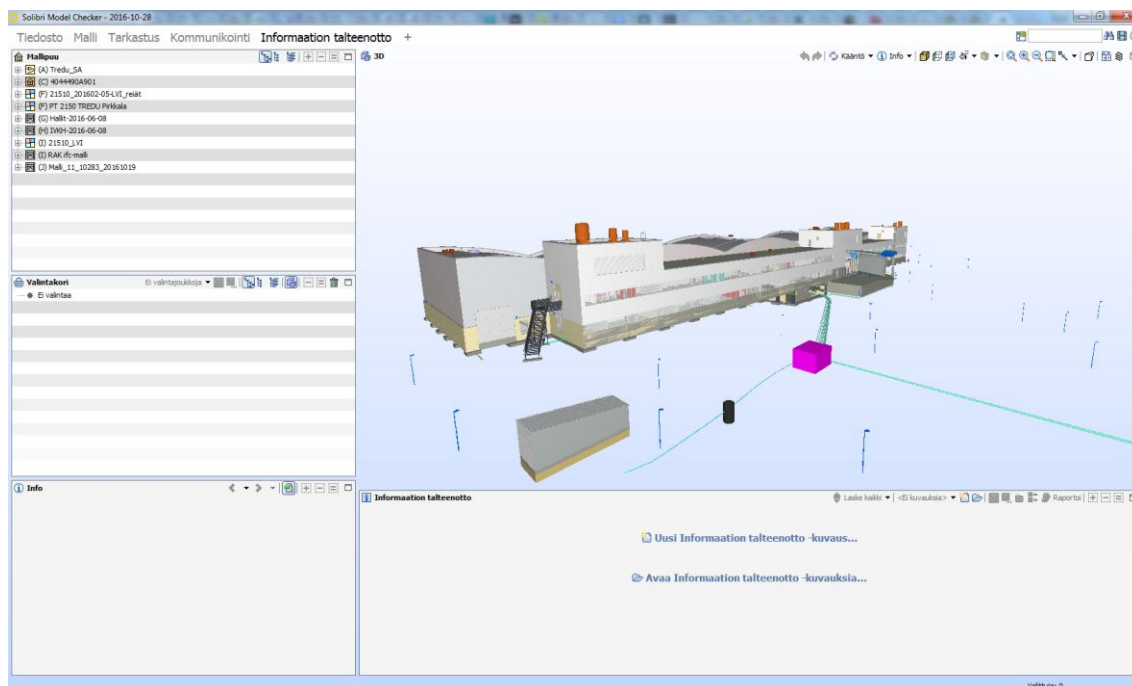
Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan määrälaskentaa Solibri Model Checker – ohjelmiston avulla. Ohjelmiston versio oli opinnäytetyön tekohetkellä 9.6.

4.1 Tietomallipohjainen määrälaskenta Solibri Model Checker -ohjelmistolla

Solibri Model Checker soveltuu mallin tarkastelun, tietomallipohjaisen määrälaskennan, raportoinnin, törmäystarkastelun lisäksi yhdistelmä tietomallien luomiseen. Yhdistelmä-tietomalli kootaan eri suunnittelualojen luomista osamalleista, IFC-tiedostoista, ohjelman omaan SMC-natiivitiedostomuotoon. Kaikki tässä opinnäytetyössä esiintyvät kuvat ovat otoksia kyseisestä sovellutuksesta.

4.1.1 Laskentaparametrien määrittäminen

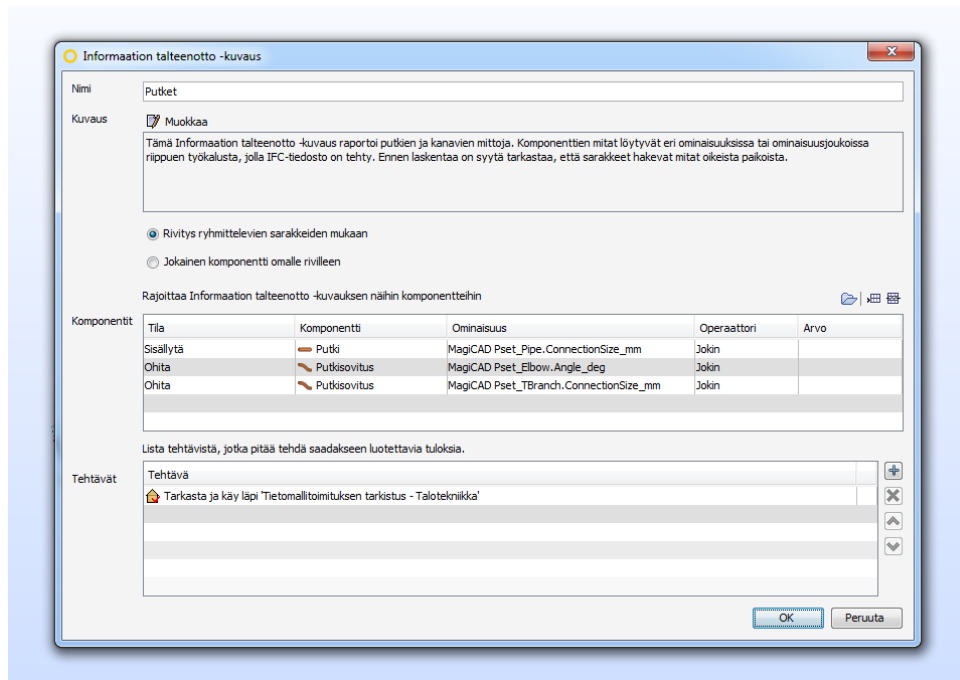
Tässä kappaleessa tarkastellaan Tredu Pirkkalan tietomallia. Kuvassa 5 on esitetty Solibri Model Checker ohjelmiston näkymä Informaation talteenotto – välilehdellä. Muita välilehtiä voidaan käyttää esimerkiksi tietomallille tehtävään törmäystarkasteluun ja mallin avulla tapahtuvaan kommunikointiin. Tietomallipohjainen määrälaskenta tapahtuu kuvassa valitulla välilehdellä. Tämän opinnäytetyön tietomallipohjainen määrälaskenta keskittyy LVI-tekniikkaan.



KUVA 5. Oletus näkymä Solibri Model Checker informaation talteenotto – välilehdeltä (Tredu Pirkkala tietomalli)

Ohjelman ydin on valintakoriajattelu, jossa valintakoriin lisätään tarkasteltavat elementit. Valittavia elementtejä voi olla esimerkiksi yksittäiset talotekniset järjestelmät tai koko LVI tietomalli. Valintaa voidaan edelleen tarkentaa esimerkiksi koskemaan vain osajärjestelmää tai tiettyjä objekteja. Valintakoriajattelu ei vain mahdollista vaivattomamman mallin tarkastelun, vaan luo myös perustan järjestelmälliselle ja tehokkaalle määrälaskennalle.

Tietomallipohjainen määrälaskenta alkaa ensin tutustumalla malliin ja sen objekteihin. Esimerkiksi case rakennushankkeen LVI putkistot sisältävät ominaisuusjoukon Magi-Cad Pset_Pipe, joka pitää sisällään muun muassa omaisuustiedot ConnectionSize_mm ja Length_mm. Kyseisillä ominaisuuksilla on attribuutit, jotka kuvaavat liittymiskokoa ja objektin pituutta. Laskiessa esimerkiksi LVI putkistojen pituudet tulisi hankkeen laskijan syöttää laskennan parametrit ohjelman laskentatyökaluun (kuva 6). Laskijan täytyy olla tarkkana, sillä objektien ominaisuuksien nimitykset voivat vaihdella, tai ne voivat uupua kokonaan, jopa laskettavan mallin järjestelmien kesken.



KUVA 6. Laskentaparametrit

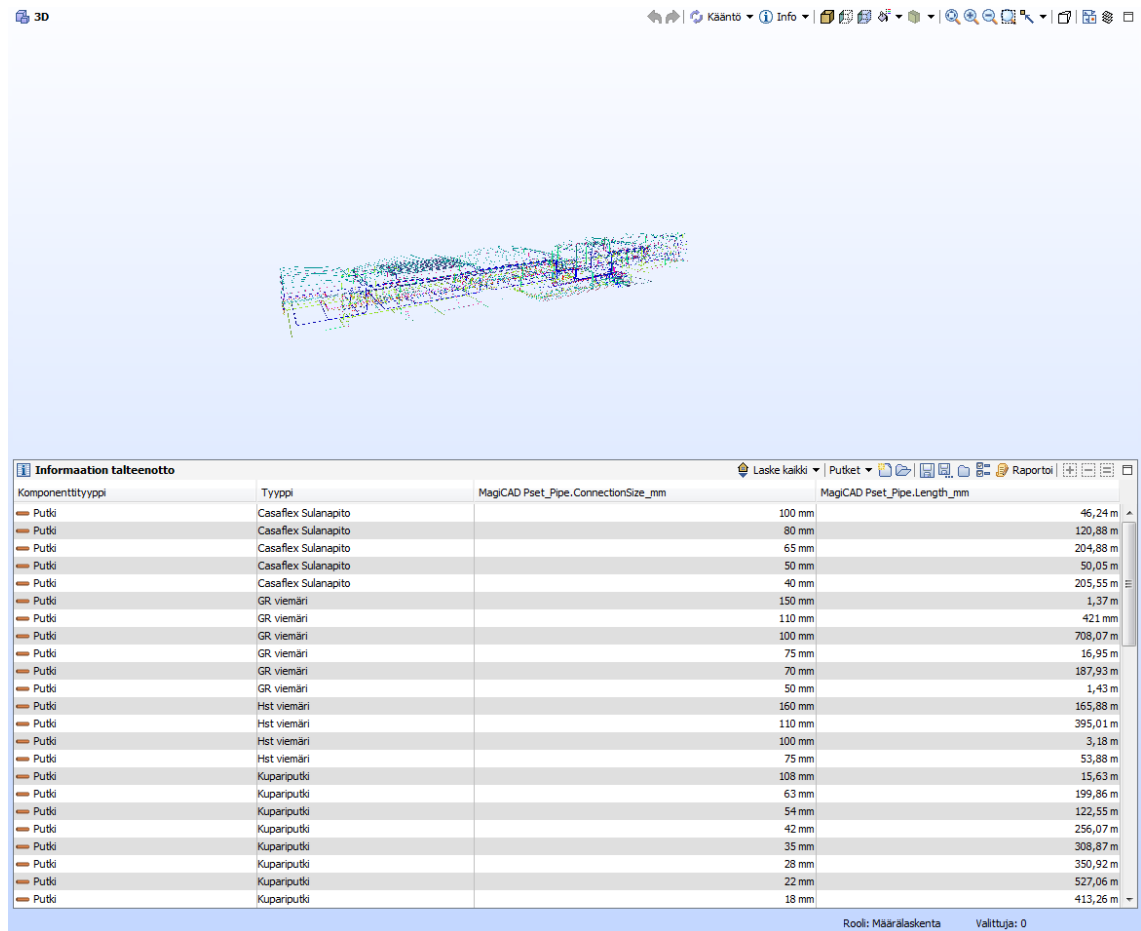
Jos laskettava kohde on poikkeuksellisen suuri tai laskija haluaa eritellä tulokset tarkemmin, voi hän tarkentaa laskentaa. Esimerkki tilanteessa laskijaa voisi kiinnostaa esimerkiksi vain 12 mm kupariputket, tällöin hän antaisi kuvassa 6 näkyvälle putki komponentille sopivan operaattorin, esimerkiksi "=", ja arvon 12. Tällöin laskentaohjelma hakee kaikista tietomallin putkiobjekteista, ne, joiden ominaisuusjoukon "Pset_Pipe" sisältämän ominaisuuden "ConnectionSize_mm" attribuutti on 12.

Samaan tapaan putkisovitukset kuten kulmayhteet ja t-haarat voidaan laskea mallista. Tässä tietomallissa kulmayhteiden ominaisuusjoukko on Pset_Elbow ja t-haarojen Pset_Tbranch. Kyseiset komponentit voidaan rajata laskennasta pois määrittelemällä tilaksi "Älä sisällytä" (kuva 6).

Tietomallissa esimerkiksi kulmaosat voivat olla määritelty standardiosista poikkeaviksi. Esimerkiksi 45°-valurautakulma voi olla määritelty suunniteltaessa 44°- tai 46° asteiseksi kulmaosaksi. Toisaalta samainen kulma voi olla rakennettu suunnitellessa esimerkiksi 23°- ja 22° asteisistä kulmaobjekteista. Tämän kaltaiset poikkeamat tulee huomioida laskentaa suorittaessa, jotta kaikki osat saadaan laskettua oikein mallista.

Käyttämällä edellä mainittuja laskentaparametreja ohjelmisto hakee tietomallista kaikki syötetyt säännöt täyttävät objektit ja listaa tulokset Informaation talteenotto -ikkunalle

(kuva 7). Koska laskijaa kiinnosti esimerkki tapauksessa putkimateriaalien ja -kokojen materiaalimäärät hän muutti sarakkeita tuloksien selkeyttämiseksi. Vastaavasti kun esimerkiksi vesikalustemääriä laskiessa määrälaskijaa kiinnostavat kappalemäärät, näin ollen hänen on luontevaa muokata sarakkeita tarpeidensa mukaisesti.



KUVA 7. Putkimetriä määrälaskennan tulos (Tredu Pirkkala tietomalli)

Laskennan oikeellisuuden tarkastamiseksi laskennan jälkeen sovellutuksen 3D-näkymässä näkyvät kaikki lasketut objektit (kuva 7). Tämä on tärkeä ominaisuus määrälaskennan oikeellisuuden tarkastamiseksi. Laskennan tulokset voidaan saada tulostettua esimerkiksi Excel-tiedostona, joko omaan tai valmiiseen pohjaan, käyttämällä kuvassa 7 näkyvää ”Raportoi” – painiketta.

Samaan tapaan voidaan mallista laskea esimerkiksi pistorasiat, venttiilit ja putkiosat. Informaation talteenotto kuvaukset, eli laskentaparametrit ja sarakkeet, voidaan tallentaa käytön jälkeen, jolloin niitä voidaan hyödyntää esimerkiksi rakennushankkeen toteutusvaiheessa työsuunnittelussa ja muutos- tai lisäyötarjouksien laskennassa.

Lisä- ja muutostyötarjouksen määrien laskennan voi suorittaa esimerkiksi valitsemalla halutut objektit tietomallista ja lisäämällä ne, yksitellen tai maalaamalla, valintakoriin. Tällöin laskenta on läpinäkyvää ja laskennan oikeellisuus on vaivatonta tarkastaa ohjelman visuaalisesta näkymästä.

Toisaalta kerran luotuja laskentaparametreja voidaan hyödyntää myös muiden rakennuskohteiden materiaalmäärien laskennassa. Tällöin on tosin tärkeää kuitenkin tarkastella tietomallia ja sen objekteja, ja varmistaa, että laskentaparametrit vastaavat tietomallin objektien sisältöä.

4.2 Tredu Pirkkala avioniikan ja lennonopetuksen tilat

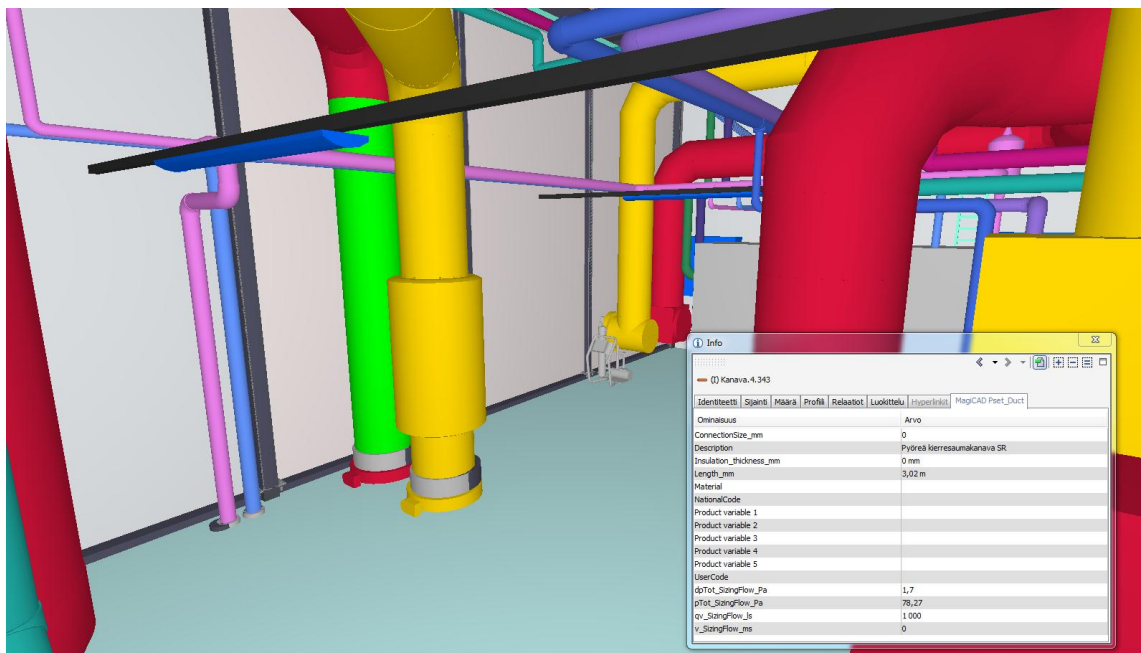
Kyseessä on Tredu-Kiinteistöt Oy:n rakennuttama ilmailualan koulutuskeskus. Rakennuksen 10 000 neliömetrin tiloista noin 40 prosenttia on Patrian käytössä ja loput tilat tulevat Tampereen seudun ammattiopisto Tredu:n käyttöön. Kohteen rakentaminen alkoi kesällä 2016 ja arvioitu rakennusaika on 11 kuukautta. (Valtakunnallisesti merkittävä ilmailualan koulutuskeskittymä Pirkkalaan, 2016)

Hankkeesta tehtiin tietomalli. LVI-työselostuksesta on maininta, että hankkeesta on tehty tietomalli tukemaan nimenomaan toteutusta (Tredu Pirkkala, LVI-työselostus). Tämä näkyy myös mallista, sillä tietomallipohjainen määrälaskenta ei ollut mahdollista tarjouspyyntövaiheen mallista.

Tietomalli päivitettiin hankkeen toteutusvaiheessa. Hankkeen aikana tietomallipohjaista määrälaskentaa voitiinkin hyödyntää, esimerkiksi työsuunnittelussa, urakkalaskentavaiheessa laskettujen materiaalmäärien tarkistamisessa ja lisä- ja muutostöiden tarjoamisessa. Määrälaskenta suoritettiin mahdollisimman varhaisesta tietomallista suhteessa urakkalaskentaan.

4.2.1 Havaitut puutteet tietomallissa tietomallipohjaisen määrälaskennan näkökulmasta

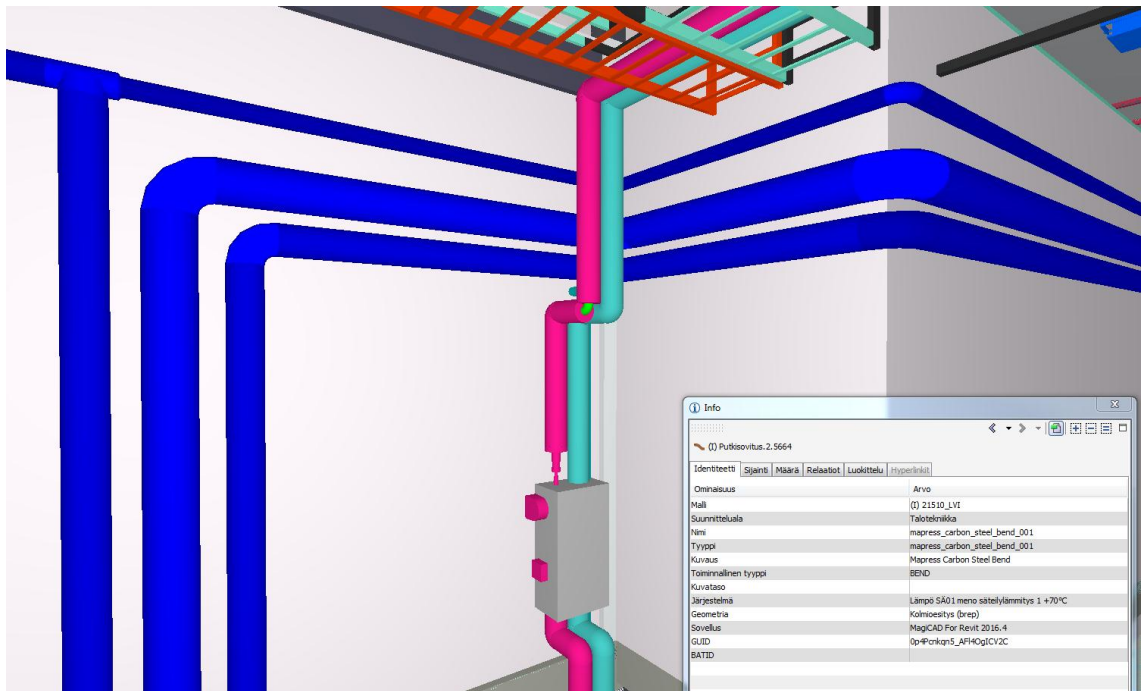
Opinnäytetyön aikaisemmissa kappaleissa on puhuttu objektien oikeaoppisesta sijoittelusta. Asian tärkeys konkretisoitui määrittäessä ilmanvaihdon materiaalmääriä. Kuvassa 8 voidaan havaita, ettei ilmanvaihtokanavalle ole annettu kytkentäkokoja (ConnectionSize_mm), vaan sen attribuutti on 0. Kyseinen attribuutti kuvaa objektin dimensiota. Käytännössä tämä tarkoittaa tietomallipohjaisen määrälaskennan kannalta sitä, ettei eri kanavakokoja voida eritellä materiaalmääristä.



KUVA 8. Ilmanvaihtokanavan ominaisuuksia (Tredu Pirkkala tietomalli)

Samaan tapaan muidenkin ilmanvaihtokanavien, kanavaosien ja päätte-elimien tiedot ovat puutteelliset. Tietomalli soveltuukin ilmanvaihdon osalta vain kohteen havainnollistamiseen, ei materiaalmäärien laskentaan mallista.

LV-putkisovituksille kuten supistus-, kulmayhteille ja t-haaroille ei ole määritelty laskennan kannalta oleellisia ominaisuuksia (kuva 9). Vastaavasti kuvassa 9 sinisellä sprinklerijärjestelmän putket ja putkiosat ovat sijoitettu oikeaoppisesti määrälaskennan näkökulmasta.



KUVA 9. Lentokonehalli 4 päätyseinän tekniikkaa (Tredu Pirkkala tietomalli)

LVI määrälaskennan näkökulmasta hankkeen tietomalli soveltui esimerkiksi LV-putkien metri-, venttiili- ja vesikalustemäärien laskentaan.

4.3 Tampereen Maauimala

Hankkeessa on tarkoituksena rakentaa maauimala nykyisen Tampereen uintikeskuksen yhteyteen. Projektissa pääpiirteissään tehdään laaja allaskokonaisuus, myyntitilat kioskille sekä pukeutumis- ja peseytymistilat. Kyseessä on saneerauskohte, jossa osa vanhasta tekniikasta jää ennalleen. (Tampereen maauimalan rakentaminen.)

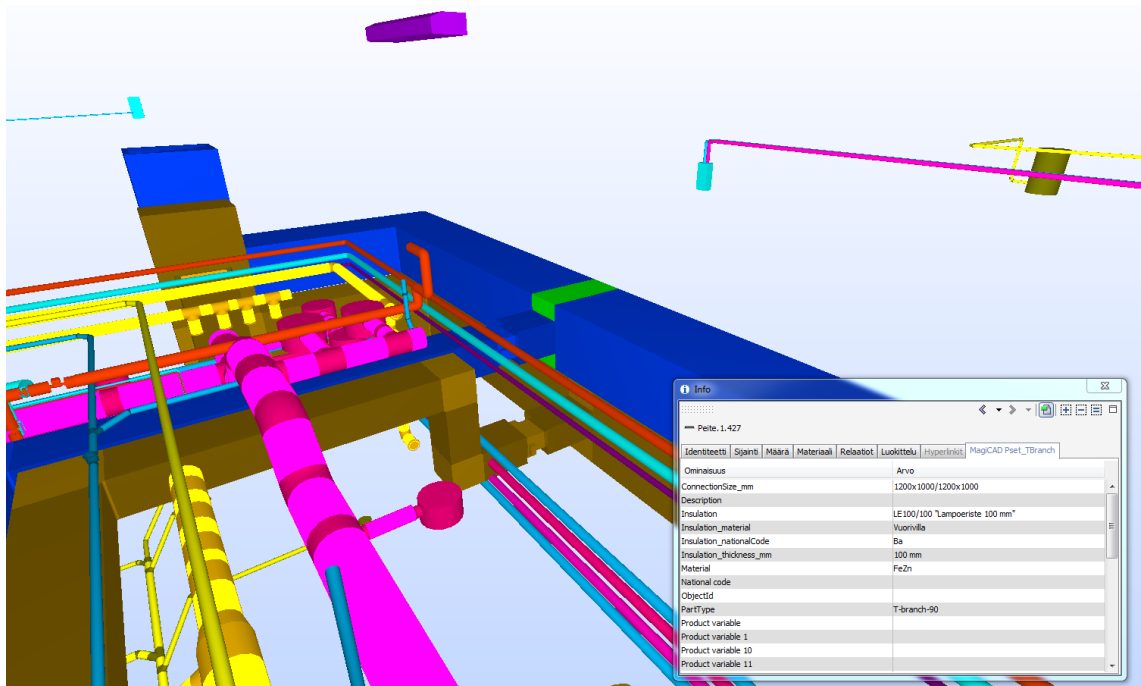
Kohteesta järjestettiin tarjouskilpailu toukokuussa 2016. Kilpailutuksen perusteella hankkeen hinnaksi muodostui liian suuri suhteessa tavoiteltuun kustannusneutraaliuuteen, jossa kulut katetaan asiakasmaksuilla. Uusi tarjouskilpailu järjestettiin hankkeesta vuoden 2016 lopulla. Rakentaminen on suunnitelmien mukaan tarkoitus aloittaa maaliskuun alussa 2017 ja päättyä toukokuussa 2018. (Tampereen maauimalan rakentaminen.)

Tarjouspyyntöaineiston mukana toimitettiin tietomalli. Objektien positioinnin näkökulmasta tietomalli oli käyttökelpoinen tietomallipohjaiseen määrälaskentaan. Kyseinen malli oli LVI-osamalli, eli se sisälsi vain LVI-tekniikan objektit ja niiden tiedot.

Maaumalan urakkaohjelmassa todetaan tarjouspyyntöaineistosta seuraavaa: ”Laadittu suunnitelma-aineisto on paperitulosteina sekä tiedostomuotoisena (pdf-, dwg- ja ifc-tiedostoina). Vain paperitulosteet ovat virallista urakkalaskentaaineistoa” (Tampereen maaumala urakkaohjelma). Näin ollen tietomallista saataviin tietoihin ei voida vedota urakkahintaa muodostaessa, toisin sanoen tietomallin hyödyntäminen on urakoitsijan vastuulla.

4.3.1 Havaitut puutteet tietomallissa tietomallipohjaisen määrälaskennan näkökulmasta

Kohteen kellariin ja keittiöön on suunnitelmissa piirretty suorakulmaista kanavaan eli niin sanottua kanttikanavaa. Tietomallista suorakulmaisten kanavaosuuksien ja -osien laskenta ei ole kuitenkaan onnistu. Esimerkiksi kuvasta 10 voidaan havaita, että suorakulmaisen t-haaran tiedoista ei ilmene mikä rungosta haarautuvan kanavan koko on. Osien Laskennan tulos on näin ollen virheellinen.



KUVA 10. Tampereen Maaumalan kellarin suorakulmakanavaa (Tampereen maaumala tietomalli)

Osa kanttikanavistosta on valmiiksi eristettyä, eli niin sanottua ”topattua kanavaa”. Mallissa ei ole mahdollista erotella valmiiksi eristettyjä ja yksinkertaisia kanttikanavaosuuksia. Valmiiksi eristetyt kanavaosuudet täytyy laskea perinteisin menetelmin tasokuvista.

Kyseinen tietomalli ei tunne suorakulmaisia kanavaosia kuten esimerkiksi muunto-osia, lähtökauluksia tai tasolähtöä. Näin ollen kokonaisvaltainen kanttikanaviston laskenta ainakin kyseisestä mallista on lähes mahdotonta.

Samaan tapaan kellarissa sijaitsevan LTO-putkiston laskenta mallista ei onnistu puutteellisen positionnin vuoksi. Kyseessä on tosin lyhyt putkiosuus.

Kokonaisuutena tietomalli oli hiukan puutteellinen, toki on muistettava, että kyseessä on urakkalaskentavaiheen malli. Mallintamatta on jätetty esimerkiksi kellarin taloteknisiä kojeita kuten ilmanvaihtokoneet ja perusvesipumppaamo. Mallista uupuu täysin esimerkiksi kemikaalihuoneen hätäsuihku. Lisäksi kaikille kohteen vesipisteille ei ollut annettu geometristä muotoa, joka osaltaan vaikeuttaa mallin tarkastelua.

Huomioitavaa on myös, että urakkalaskennan edetessä suunnitelmia päivitettiin ja täydennettiin lisäkirjeiden avulla. Päivitettyä tietomallia ei kuitenkaan ollut saatavilla, joka osaltaan heikensi tietomallin merkitystä kyseisen urakan hinnanmäärityksessä.

4.4 Yhteenveto tarkastelluista tietomalleista

Tarkoituksena tuloksissa ei ole esitellä kaikkia materiaalmääriä vaan keskittyä antamaan eräitä esimerkkejä siitä mikä tietomallipohjaisen määrälaskennan tarkkuus ja luotettavuus on. Tuloksia tarkastellessa täytyy huomioida, että jokainen määrälaskija on yksilö, joten täysin samoihin tuloksiin laskennassa harvoin päästään.

Tietomallipohjainen määrälaskenta tarkasteltujen mallien osalta soveltui hyvin yksittäiskappaleiden laskentaan. Liitteessä 1 on esitelty Tredu Pirkkalan lämmityspatteri määrät kerroksittain. Kerroskohtaisen erittelyn ansiosta määrien oikeellisuuden tarkastaminen on helpompaa. Hankkeen toteutusvaiheessa lämmityspatterit tilattiin liitteen mukaisesti. Määrät pitivät paikkansa.

Tredu Pirkkalan lämpöputkimetrit ovat esitetty alla taulukossa 1. Kuten taulukosta voidaan havaita, tietomallista ja käsin tasokuvista lasketut metrimäärät olivat likimain samat. DN150 teräsputkiosuus ei ilmennyt tasokuvissa.

TAULUKKO 1. Tredu Pirkkala lämpöputkien metrimäärät

	tietomalli (m)	tasokuva (m)	poikkeama
Teräsputki DN150	4	0	
Teräsputki DN125	102	93	110 %
Teräsputki DN100	339	322	105 %
Teräsputki DN80	515	498	103 %
Teräsputki DN65	439	460	95 %
Mapress Sinkitty DN54	233	247	94 %
Mapress Sinkitty DN42	286	279	103 %
Mapress Sinkitty DN35	390	457	85 %
Mapress Sinkitty DN28	570	618	92 %
Mapress Sinkitty DN22	261	241	108 %
Mapress Sinkitty DN18	247	267	92 %
Mapress Sinkitty DN15	1244	1246	100 %

Tredu Pirkkalaan oli suunniteltu sekä valurauta- että muoviviemäreitä (taulukko 2). Muunnos muovista valurautaa tapahtui maanvaraisen lattian pinnassa. Tasokuvista on vaikeaa havaita missä vaiheessa vaihdos todellisuudessa tapahtui. Tämä heijastuu epävarmuutena tasokuvista laskettuihin metrimääriin, kuten taulukosta 2 voidaan havaita.

TAULUKKO 2. Tredu Pirkkala viemäriputki metrimäärät

	tietomalli (m)	tasokuva (m)	poikkeama
Muoviviemäri DN160	162	121	134 %
Muoviviemäri DN110	185	282	66 %
Muoviviemäri DN75	135	144	93 %
Muoviviemäri DN50	18	43	42 %
Muoviviemäri DN32	229	166	138 %
Valurautaviemäri DN150	1		
Valurautaviemäri DN100	709	605	117 %
Valurautaviemäri DN70	188	161	117 %
Valurautaviemäri DN50	1		

Taulukossa 3 on esitetty Tampereen maaumalan kupariputki metrimäärät. Pieni dimensiosten kupariputkien metrimäärään virhettä aiheutti, se että kohteessa oli paljon PEX-muoviputkea. Hankkeen tasokuvista oli vaikeaa tulkita missä vaiheessa putkimateriaali

kuparista vaihtui muoviin, varsinkin kun suuri osa muunnoista tapahtui tekniikkanousujen yhteydessä. DN12, DN15 ja DN18 putkikoot sisältävät myös kromattupintaiset putkimetrit. DN64 dimension erovaisuus eri laskentamenetelmien välillä johtuu määrälaskijan tasokuva tulkinnasta.

TAULUKKO 3. Tampereen maaumalan kupariputkikokojen metrimäärät

	tietomalli (m)	tasokuva (m)	poikkeama
Cu DN12	42	55	76 %
Cu DN15	8	20	40 %
Cu DN18	11	34	32 %
Cu DN22	15	12	125 %
Cu DN28	78	66	118 %
Cu DN35	32	36	89 %
Cu DN42	69	77	90 %
Cu DN54	104	104	100 %
Cu DN64	9	41	22 %
Cu DN76	28	27	104 %

Kokonaisuutena tietomallipohjaisena määrälaskennasta kyseisistä malleista voinee sanoa, että määrät pitivät paikkaansa suhteellisen hyvin. Tarkastellut mallit eivät korvaa täysin perinteistä määrälaskentaa, mutta malleja voidaan lisäksi hyödyntää tehokkaasti vähintäänkin hankkeen havainnoinnin ja työsuunnittelun apuna, mikä osaltaan korostaa mallien hyödynnettävyyttä.

Vaikka tarkastellut tietomallit, kummatkin sisälsivät omat puutteensa tietomallipohjaisen määrälaskennan näkökulmasta, on tärkeää muistaa, että malleja on mahdollista hyödyntää muilta osin. Kyseisiä malleja ei myöskään ollut varsinaisesti suunniteltu palvelemaan urakoitsijan suorittamaa urakkalaskentaa vaan mallintamiselle oli asetettu eri tavoitteet. Näkisin, että malleista saatujen määräluetteloiden avulla perinteisen laskennan tuloksia voidaan vähintäänkin tarkistaa ja tarkentaa.

5 POHDINTA

Opinnäytetyötäni tehdessä huomasin, että tietomallipohjaisessa määrälaskennassa on erittäin tärkeää tutustua tietomalliin ensin huolella ja pohtia missä määrin tietomallia on järkevää ja mahdollista hyödyntää. Tätä ei voi ylikorostaa. Esimerkiksi putkiosuuksien dimensiotietojen puuttuessa objekteista, laskennan tulos voi olla täysin käyttökelvoton. Tällöin laskennan tulos on kohteen metrimäärät ilman mahdollisuutta eritellä, kuinka paljon mitäkin putkidimensiota on.

Tietomalli on asiakirjana suhteellisen uusi ja tuntematon, näin ollen se ei ole vielä vakiintunutta asemaansa muiden asiakirjojen joukossa. Jotta määrälaskenta mallista on mahdollisimman luontevaa, on tärkeää tutustua muihin tarjouspyynnön alaisiin asiakirjoihin, joissa määritellään tietomallin tarkoitus ja pätevyys suhteessa muihin asiakirjoihin. Hankkeiden välillä eroavuuksia voi olla paljon.

Hankkeissa, joissa perinteiset tasokuvat ovat määrätty pätevämmäksi asiakirjoiksi kuin tietomalli, täytyy tietomallipohjaisen määrälaskennan tarkkuuteen kiinnittää huomiota. Perinteisissä tasokuvissa määrälaskija laskee vain tarjouspyynnön alaisten asiakirjojen sisällöt. Tietomallipohjainen määrälaskenta on tarkempaa. Ohjelmisto laskee tietomallista myös ne mitä ei tasokuvista voida havaita, jollei laskentaa erikseen toisin rajata. Tasokuvista voi olla vaikeaa, jollei jopa mahdotonta, havaita horisontaalisti asennettava tekniikka kuten esimerkiksi tekniikanousujen yhteydessä olevat komponentit kuten venttiilit, jos niitä ei ole kuviin erikseen merkitty. Näin ollen tietomallipohjaisen määrälaskennan tulos voi sisältää ylimääräistä verrattuna määriin, jotka perustuvat tasokuviin.

Jos tietomallipohjaisen määrälaskennan tulos sisältää tasokuvaan nähden ylimääräistä, voi olla se kilpailu-urakointia harjoittavan yrityksen kannalta jopa haitallinen, sillä kilpailevat tahot saattavat toteuttaa laskennan pelkästään tasokuvien avulla. Usein valinta-perusteena tarjouskilpailussa on halvin hinta, tällöin tarkempaa tietomallipohjaista laskentaa harjoittava yritys saattaa hinnoitella itsensä kalliimmaksi kuin kilpailijat, jolloin tarjottava kohde menee ohi.

Vastaavasti kun laskettavat tasokuvat ovat epäselviä ja ne voi tulkita usealla eri tavalla, tietomallin hyöty korostuu, sillä suunnitelmien epäselvyyksiä voidaan havainnoida

huomattavasti paremmin. Epäselvyydet tarjouspyyntöaineistossa voivat helposti heijastua suunnitelmien pohjalta rakennettavaan tarjoukseen, riskeihin voidaan varautua esimerkiksi korkeampana tarjouksena tai ehdollisena tarjouksena. Luonnollisesti tarjouspyynnön mukainen, ehdoton tarjous, on usein tilaajalle mieluisampi, jollei jopa ehdoton vaatimus. Toisaalta liian kallis tarjous voi helposti tarkoittaa kohteen ohi menoa.

Kuten tarkastelluista tietomalleista huomattiin, ei määrälaskenta malleista onnistunut täydellisesti, vaan laskentaa tuli tukea perinteisten tasokuvien avulla. Näkisin, että vaikka tietomallista saataisiin ulos vain esimerkiksi putkimetrimäärät, eikä esimerkiksi putkiosia, laskentaan kulutettu aika vähentyisi valtavasti. Metrimäärien laskentaan kuluu kuitenkin lähes poikkeuksetta ylivoimaisesti eniten aikaa laskennassa.

Nopeamman laskennan voisi nähdä myös kilpailuetuna urakoitsijoitten välisessä urakkakilpailussa, sillä laskentaan kulutettu työ sisältyy kuitenkin urakkahinnan katteeseen. Voisikin sanoa, että urakoitsijoitten välisessä kilpailussa kilpailuetu menetetään, kun kaikki urakoitsijat ovat samalla viivalla tietomallinnuksen suhteen.

On kuitenkin muistettava, että siirtyminen tasokuvista tietomallipohjaiseen määrälaskentaa ei tapahdu hetkessä, sillä laskentamenetelmät eroavat toisistaan vahvasti. Näkisin, että siirtyminen tulisi tapahtua vaiheittain niin, että laskentaa suoritetaan molempia menetelmien avulla, jolloin voidaan havaita mitä ja miten laskentaprosessia tulisi kehittää ja mitä mahdollisia ongelmia ja puutteita itse laskentaa liittyy.

Siirtymä edellyttää ennen kaikkea, että erääksi tietomallinnustavoitteeksi määritellään tietomallipohjainen määrälaskenta mallista jo aivan hankkeen alkutekijöissä. Tällöin hankkeen eri suunnitteluosapuolet toteuttavat omat osamallinsa niin, että laskenta mallista on mahdollista.

Tilaajan määrittelee käytännössä hankkeen tietomallintamisen tarkkuuden. Jotta tietomallintaminen yleistyisi ja tietomallien hyödynnettävyys määrälaskennan näkökulmasta parantuisi, tulisi tilaajan havaita tietomallinnuksen tuomat edut niin koko rakennuksen elinkaaren ajan, aina suunnittelusta itse käyttöön saakka. Väittäisin, että tietomallipohjaiseen suunnitteluun kulutetut resurssit maksavat itsensä takaisin jo aivan hankkeen alkutaipaleella.

LÄHTEET

Digital Built Britain. Level 3 Building Information Modelling - Strategic Plan. 2015. Luettu 10.12.2016

http://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/410096/bis-15-155-digital-built-britain-level-3-strategy.pdf

Eastman C., Teicholz P., Sacks R., & Liston K. 2011. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2nd Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

Jäväjä P. & Lehtoviita T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kullanvuolenta kaukana LVI-urakoinnista. Talotekniikka-lehti. Luettu 26.11.2016

<http://talotekniikka-lehti.fi/kullanvuolenta-kaukana-lvi-urakoinnista/>

LVI-toimialan TES 1.3.2017–28.2.2018

Rakennusprojektien tietomallinnusohjeistus suunnittelijoille. Tietomallien tarkkuustaso ja sisältö. Luettu 6.12.2016.

<http://sykoy.fi/wp-content/uploads/bim-ohje-tietomallisuunnittelun-ohjeistus.pdf>

Stanley, R & Thurnell, D. 2014. ‘The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity surveying in New Zealand’, Australasian Journal of Construction Economics and Building.

Tampereen maauimalan rakentaminen. Luettu 28.1.2017

<http://www.tampere.fi/tilakeskus/rakennuttaminen/kaynnissaolevatrakennushankkeet/tampereenmaauimalanrakentaminen.html>

Tietomallinnusta ei hyödynnetä riittävästi. Talotekniikka-lehti. Luettu 9.12.2016

<http://talotekniikka-lehti.fi/tietomallinnusta-ei-hyodynneta-tarpeeksi/>

Valtakunnallisesti merkittävä ilmailualan koulutuskeskittymä Pirkkalaan. 2015. Luettu 10.1.2017.

<http://www.tredu.fi/tredu/tiedotteet/valtakunnallisestimerkittavailmailualankoulutuskeskittymapirkkalaan.html>

Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012

LIITTEET

Liite 1. Tredu Pirkkala lämmityspatteri määräluettelo

Kerros	Komponenttityyppi	Järjestelmä	Tyyppi	Lukumäärä
(I) 0.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.2 : LV01 2	Oras 582100	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.101 : LV02 1	Oras 582100	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C11-400-1200_15	8
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C11-400-1600_15	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C11-400-800_15	5
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C11-600-2000_15	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C11-600-2600_15	20
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C11-600-3000_15	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-400-1600_15	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-400-1800_15	9
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-400-2000_15	2
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-450-1000_10	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-600-1000_15	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-600-1800_15	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-600-2000_15	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-600-2600_15	4
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-600-3000_15	2
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-600-800_15	2
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C22-600-2000_15	2
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C22-600-2300_15	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C22-600-2600_15	5
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C22-600-3000_15	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	H10-600-2300_10	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	KON33-286-1800-FE_15	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	KON33-286-2000-FE_15	1
(I) 1. kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.2 : LV01 2	Oras 582100	1
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.101 : LV02 1	Oras 582100	1
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C11-400-2000_15	1
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C11-400-2600_15	2
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C11-600-1000_15	1
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C11-600-2600_15	18
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-600-1000_15	3
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-600-1200_15	3
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-600-2000_15	2
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-600-2600_15	12
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-600-3000_15	2
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C21-600-800_15	1
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C22-600-2000_10	1
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C22-600-2000_15	3
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C22-600-3000_15	1
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.109 : Lämpö PV01	C22-600-800_15	1
(I) 2.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.2 : LV01 2	Oras 582100	1
(I) 3.kerros	Lämpöpatteri	(I) Järjestelmä.r.111 : Lämpö IV01	C22-600-3000_15	3