

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka, Lappeenranta  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Paappanen Jani

## **TIETOMALLI- JA DOKUMENTTIPOHJAISEN RA- KENNESUUNNITTELUN VERTAILU**

Opinnäytetyö 2011

## TIIVISTELMÄ

Jani Paappanen

Tietomalli- ja dokumenttipohjaisen rakennesuunnittelun vertailu, 62 sivua, 6 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö, 2011

Ohjaajat: Lehtori, Timo Lehtoviita, Saimaan ammattikorkeakoulu

Rakennesuunnittelija, Jari Kosonen, Pöyry Finland Oy

Opinnäytetyön tavoitteena on vertailla tietomallinnuksesta saatavia hyötyjä perinteisellä tavalla tapahtuvaan rakennesuunnitteluun verrattuna. Vertailu tehtiin rakennesuunnittelijan näkökulmasta. Työn tilaajana toimi Pöyry Finland Oy.

Opinnäytetyössä vertaillaan dokumenttipohjaisen ja tietomallipohjaisen suunnittelun eroavaisuuksia esimerkkikohteen avulla. Esimerkkikohteenä opinnäytetyössä toimii Lappeenrannan keskustaan rakennettava asuin- ja liikerakennus Wilhunkulma. Kohteessa rakennesuunnittelu aloitettiin perinteistä 2D-tekniikkaa käyttäen. Suunnittelun edetessä tietomallintamista hyödynnettiin suppealla tasolla kohteen rakennesuunnittelussa.

Työn tarkoituksena on lisäksi toimia informaatiopakettina Pöyry Finland Oy:n Lappeenrannan toimiston rakennesuunnitteluosastolle. Tarkoituksena on kertoa muutoksista, joita perinteisestä suunnittelukäytännöstä tietomallinnukseen siirtyminen tuo mukanaan.

Tietomallipohjaiseen toimintatapaan siirtyminen parantaa suunnitelmien laatua ja suunnittelutyö tehostuu. Havainnollisesta tietomallista on helposti havaittavissa mahdolliset puutteet, ristiriitaisuudet ja ongelmakohdat. Kun suunnitteluosapuolet tekevät suunnitelmistaan tietomallin, voidaan suunnitelmien keskinäinen soveltuvuus helposti varmistaa.

Tällä hetkellä on selvästi havaittavissa, että tietomallintaminen tulee yleistymään rakentamisessa eri hankeosapuolien keskuudessa. Lisäksi osa tilaajista on ottanut jo kannan, että kohteen suunnittelu tehdään kokonaisvaltaisesti tietomallintamalla. Tietomallintamalla toteutettuja suunnitelmia voidaan hyödyntää perinteisiä suunnitelmia paremmin rakennuksen elinkaaren suunnittelussa.

Tällä hetkellä on tärkeää keskittää tietomallintamisen kehittämiseen sekä henkilöstön kouluttamiseen lisää resursseja. Näin ollen pystyttäisiin entistä paremmin vastaamaan tilaajan asettamiin vaatimuksiin tietomallintamisen suhteen.

Asiasanat: Tekla Structures, tietomalli, BIM

## **ABSTRACT**

Jani Paappanen

Comparison of design in building information model and conventional structural design, 62 pages, 6 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Civil and Construction Engineering

Structural Engineering

Thesis, 2011

Instructors: Lecturer Timo Lehtoviita, Saimaa University of Applied Sciences  
Construction Engineer, Jari Kosonen, Pöyry Finland Oy

The purpose of this thesis was to compare the benefits of building information model and conventional methods of ordinary structural design. Comparison was made from the perspective of construction engineering. The client of this thesis was Pöyry Finland Oy.

This thesis compares the traditional and building information model- based design examples. The structural design was started with the traditional 2D technique. As the design progressed information model was used in a narrow level in the design of the building.

The purpose of this thesis was also to be the information package for Pöyry Finland Oy, Lappeenranta Office of Structural Engineering Department. The purpose is to explain the changes the transition to building information model will bring.

At present it is evident that the building information model will become more common at construction projects. Using the building information model will increase to among all contractors.

It is important to focus more resources to the development of building information model and training of employees. So we are able to respond better to the client's requirements.

Keywords: Building information model, BIM, Tekla Structures.

# SISÄLTÖ

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | JOHDANTO .....  | 6  |
| 2     | TIETOMALLIPOHJAINEN RAKENNUSPROSESSI .....                                    | 7  |
| 2.1   | Tietomallinnus rakennushankkeessa .....                                       | 7  |
| 2.2   | Suunnittelun tasot .....  | 9  |
| 2.3   | Tietomallinnushankeen ja perinteisen rakennushankkeen<br>eroavaisuuksia ..... | 10 |
| 2.4   | Tietomallintamisen edellytykset ja esteet .....                               | 13 |
| 2.5   | Tietomallintamisesta saatavia hyötyjä eri osapuolille .....                   | 13 |
| 2.6   | Tietomallintamisen vaiheet .....  | 18 |
| 2.7   | Suunnittelun vaiheet .....  | 20 |
| 2.8   | 4D-suunnittelu .....  | 22 |
| 3     | TIETOMALLINTAMINEN RAKENNESUUNNITTELUSSA .....                                | 23 |
| 3.1   | Tavoitteet rakennesuunnittelussa .....  | 23 |
| 3.2   | Lähtötiedot ja rakennesuunnittelun kulku .....                                | 23 |
| 3.3   | Tietomallintamisen laajuus suunnittelussa .....                               | 24 |
| 3.4   | Tietomallintamisen mallintamistapa ja tarkkuus .....                          | 26 |
| 3.5   | Tuotettavat suunnittelumateriaalit ja suunnitelmamuutoksien hallinta ..       | 27 |
| 3.6   | Tiedon jakaminen .....  | 30 |
| 3.7   | Laskentaohjelmien liittyminen tietomallinnukseen .....                        | 30 |
| 3.8   | Suunnitteluohjelmistot .....  | 32 |
| 4     | TIEDONSIIRTO ERI SUUNNITTELUOSAPUOLTEN VÄLILLÄ .....                          | 33 |
| 4.1   | Tiedonhallinta .....  | 34 |
| 4.2   | BSI ja IFC-tiedonsiirtostandardi .....  | 35 |
| 4.3   | Varaus- ja reikäsuunnittelu .....   | 36 |
| 4.4   | Tiedonsiirtotapoja .....  | 38 |
| 4.4.1 | Perinteinen dokumenttipohjainen rakennesuunnittelu .....                      | 39 |
| 4.4.2 | Tietomallipohjainen rakennesuunnittelu .....                                  | 40 |
| 4.5   | Eri suunnittelijoiden yhdistetty tietomalli .....                             | 42 |
| 4.6   | Tiedon arkistointi ja ylläpito .....  | 45 |
| 5     | ESIMERKKIKOHTTEEN TARKASTELU .....  | 46 |
| 5.1   | Käyttötarkoitus .....   | 46 |
| 5.2   | Rakennejärjestelmä .....  | 47 |
| 5.3   | Lähtötiedot rakennesuunnittelulle .....                                       | 48 |
| 5.4   | Tietomallintaminen kohteessa .....  | 48 |
| 5.5   | Tietomallin luominen .....  | 49 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.6   | Tietomallista saatuja hyötyjä kohteessa..... | 49 |
| 5.6.1 | Vesikaton rakenteet.....                     | 50 |
| 5.6.2 | Ontelolaattavälipohjat.....                  | 51 |
| 5.6.3 | Seinämäiset palkit .....                     | 53 |
| 5.7   | Tiedonsiirto ja reikävaraussuunnittelu.....  | 55 |
| 5.8   | Mallista tuotetut asiakirjat.....            | 55 |
| 6     | PÄÄTELMÄT.....                               | 57 |
|       | LÄHTEET.....                                 | 59 |
|       | KUVAT .....                                  | 61 |
|       | TAULUKOT.....                                | 62 |

## LIITTEET

Liite 1. Perinteisen suunnittelun ja tietomallipohjaisen suunnittelun vaiheistus

Liite 2. Päärakennesuunnittelijan tarvitsemat lähtötiedot

Liite 3. Luovutussopimus

Liite 4. Tietomallinnuksen varausmerkintäohje

Liite 5. Tietomallista tuotettuja piirustuksia

Liite 6. Tietomallista tuotettuja luetteloja

# 1 JOHDANTO

Suomessa sähköisten työkalujen yleistyminen rakennusten suunnittelussa tapahtui 1990-luvun alkupuolella. Tietotekniikan kehittymisen myötä suunnittelua helpottavista tietokonepohjaisista suunnittelutyökaluista on tullut osa jokapäiväistä suunnittelutyötä. Tietokonepohjaisia suunnitteluohjelmistoja on käytössä jokaisessa suunnittelutoimistossa. Myös suunnitteluohjelmistot ovat kehittyneet kovaa vauhtia eteenpäin. Siitä johtuen perinteisistä 2D-suunnitteluohjelmistoista ollaan siirtymässä kohti tietomallipohjaista suunnittelu käytäntöä. (Penttilä, Nissinen & Niemioja 2006.)

Tietomallintamiseen siirtyminen parantaa suunnitelmien laatua ja eri suunnittelijoiden tekemien mallien yhdistämisellä voidaan mahdolliset virheet havaita entistä aiemmassa vaiheessa. Suunnitteluvaiheessa huomattavien virheiden ja ristiriitaisuuksien havaitsemisella varhaisessa vaiheessa vältetään ikäviltä työmaalla huomattavilta ongelmilta. Työmaalla tehtävät muutokset aiheuttavat aina lisäkustannuksia rakennusprojektin osapuolille.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Pöyry Finland Oy:n toimeksiantona. Pöyry on kansainvälinen konsultointi- ja suunnittelutoimisto, joka on perustettu vuonna 1958. Insinööritöiden tavoitteena on selvittää ja vertailla tietomallista saatavia hyötyjä perinteiseen rakennesuunnitteluun verrattuna. Näkökulmana toimii rakennesuunnittelijan näkökulma.

Esimerkkikohteena opinnäytetyössä on Lappeenrannan keskustaan rakenteilla oleva asuin- ja liikerakennus Wilhunkulma. Kyseisen kohteen rakennesuunnittelusta vastaa Pöyry Finland Oy. Esimerkkikohteen suunnittelu on aloitettu perinteisesti 2D-piirtotyökaluilla, mutta tietomallintaminen on otettu suunnittelun apuvälineeksi rakennushankkeen aikana.

Opinnäytetyössä keskityttiin rakennesuunnittelun kannalta olennaisten asioiden mallintamiseen. Rakenteisiin, joiden suunnitelmat olivat valmiina, ei syvennytty rakennemallia tehdessä.

## 2 TIETOMALLIPOHJAINEN RAKENNUSPROSESSI

### 2.1 Tietomallinnus rakennushankkeessa

Suomessa on jo useiden vuosien ajan käytetty apuna sähköisiä suunnittelutyökaluja. Tällä hetkellä ollaan vauhdilla siirtymässä perinteisestä dokumenttipohjaisesta X-Y-tasossa tapahtuvasta 2D-suunnittelusta kohti tietomallipohjaista 3D-suunnittelua. Tietomallintamisessa rakennuksen geometria kuvataan X-Y-Z-tasossa, sen lisäksi malliin liitetään mukaan erinäistä tietoa.

Tietomalli tunnetaan yleisesti termillä BIM (lyhenne tulee englanninkielestä Building Information Model). Tietomalli on kokonaisuus rakennuksen ja rakentamisprosessin tuotetiedoista. Se liitetään usein myös termeihin tuotemalli (Product model) tai tuotetietomalli (Product data model). (Mallintava suunnittelu.)

Tietomallintaminen on käsitteenä tuotemallintamista laajempi termi ja koostuu eri suunnittelualojen tekemistä tuotemalleista. Tuotemallista puhuttaessa tarkoitetaan yksittäisen suunnitteluosaapuolen tekemää mallia, joka on tehty omaa suunnittelualaa koskevista asioista. Tällainen on esimerkiksi betonielementti-suunnittelijan tekemä malli betonielementtien suunnittelua ja valmistusta varten. Molempiin käsitteisiin liittyy vahvasti rakennuksen 3D-mallintaminen, mutta pelkästään geometrian mallintaminen ei kuitenkaan tarkoita tieto- ja tuotemallintamista. Jotta voidaan puhua tietomallista, tulee mallin yhteyteen antaa rakenteisiin ja tiloihin liittyvää tietoa. Kuvassa 1 on esitetty tietomallin yhteyteen liitettävää tietoa suunnittelualoittain. (Mallintava suunnittelu.)



Kuva 1 Tietomalliin liitettävää tietoa (Tuotemallitieto rakennusprosessissa)

Tietomallipohjainen toimintatapa on tehokas vaihtoehto rakennushankkeen läpiviennin kannalta. Kun rakennushanke päätetään toteuttaa tietomallintamalla, on silloin mahdollista parantaa rakennushankkeen eri osapuolten välistä yhteistoimintaa ja tehostaa koko rakennusta koskevaa tiedonhallintaa aina hankkeen alkuvaiheista ylläpitoon asti. Tietomallintaminen edellyttää, että eri osapuolten välillä tapahtuvaan tietomallien jakamiseen on luotu yhteiset pelisäännöt. Ehtona tietomallipohjaiselle toimintatavalle on se, että tilaajat ja rakennuttajat todella haluavat ja edellyttävät kyseistä toimintatapaa rakennushankkeeseen ryhtydessä. (Tietomallinnettava rakennushanke 2010.)

Malliin annettava tieto voi olla esimerkiksi tuoterakenteille, kuten palkeille annettavaa tietoa materiaali- ja lujuusominaisuuksista. Tiedon antaminen tapahtuu suunnittelualoittain, esimerkiksi arkkitehti antaa tiloja koskevaa tietoa ja rakennesuunnittelija vastaavasti rakenteisiin liittyvää tietoa. Malliin annettuja tietoja pystytään hyödyntämään koko rakennuksen elinkaaren ajan. (Tuotemallitieto rakennusprosessissa.)

Rakennuksen tietomallin tekemiseen voidaan liittää myös koko rakennuksen piirteiden kuvaaminen siten, että tietomallia pystytään hyödyntämään toiminnal-



listen ominaisuuksien arvioinneissa. Toiminnallisia ominaisuuksia ovat muun muassa energiankulutus, rakennuksen ilmanvaihto sekä huoneiden akustinen ja valaistustekninen toimivuus. (Penttilä ym. 2006.)

Nykyään tietomalleja pystytään hyödyntämään koko rakennusprosessin ajan. Tietomalleihin pystytään liittämään myös aikataulu- ja kustannusohjaukseen liittyvää tietoa. Tällöin on kyse 4D- ja 5D-suunnittelusta. (Mallintava suunnittelu.)

## **2.2 Suunnittelun tasot**

Tietokoneavusteisilla CAD-ohjelmistoilla tehtävä suunnittelu voidaan jakaa kolmeen eri tasoon. Käytettävä taso tulee olla selvillä hankkeen alusta saakka, ennen suunnittelutyön aloittamista. Tasoista ensimmäinen taso on käytössä dokumenttipohjaisessa suunnitteluprosessissa. Toisessa tasossa hyödynnetään mallintamisesta saatavia hyötyjä, mutta suunnittelu tapahtuu perinteisen suunnitteluprosessin mukaan. Kolmannessa tasossa suunnittelu tapahtuu tietomallintamalla. Rakennustiedon listaamat vaatimustasot ovat (Hankekortti 09 2009.):

1-TASO: Suunnittelu tapahtuu ATK-avusteisesti, CAD-ohjelmia hyödynnetään 2D-tasossa (X-Y-taso). Eri suunnittelualojen keskinäiset suunnitelmien soveltuvuustarkastelut tehdään suunniteltujen taso- ja leikkauspiirustusten pohjalta. Rakenteisiin liitettävän tiedon määrittely tapahtuu erinäisiä dokumentteja tuottaen. (Hankekortti 09 2009.)

2-TASO: Suunnittelu tapahtuu CAD-ohjelmistolla, jolloin ohjelmistojen 3D-työkaluja hyödynnetään havainnollistamaan rakenteita. Kyseisen tason mukaan tehtävän mallin vaatimuksiin kuuluu ainoastaan rakenteiden geometrian kuvaaminen, ennalta sovitussa tarkkuudessa ja laajuudessa. Mallinnukselle ei ole asetettu muita tietomallintamiseen liitettäviä vaatimuksia. Suunniteltuasiakirjojen kuten tasopiirustuksien ei tarvitse olla mallista tuotettuja, mutta sisällöltään niiden tulee vastata mallin geometriaa. Eri suunnittelualojen keskinäiset suunnitelmien soveltuvuustarkastelut tehdään 3D-mallien ja 2D-suunnitelmien pohjalta. Perinteisten tulosteiden lisäksi suunnitelmiin voidaan liittää 3D-näkymiä parantamaan suunnitelmien havainnollisuutta. (Hankekortti 09 2009.)

3-TASO: Suunnittelu tapahtuu CAD-ohjelmistolla tietomallipohjaisesti. Rakennuksen rakenteet kuvataan kuten tasossa kaksi, mutta rakenteiden mallinnuksessa on käytettävä asianmukaisia objekteja, jotta rakenneosien tunnistaminen on mahdollista. Eri suunnittelijoiden käyttämien mallinnusohjelmistojen tulee olla IFC-sertifioituja, jotta mallien jakaminen suunnittelu osapuolten välillä on mahdollista. Perinteisten tulosteiden lisäksi voidaan myös tehty malli toimittaa työmaalle. Tiedonsiirtomuotona voidaan käyttää ohjelmiston omaa tiedonsiirtomuotoa tai ohjelmistoriippumatonta muotoa. (Hankekortti 09 2009.)

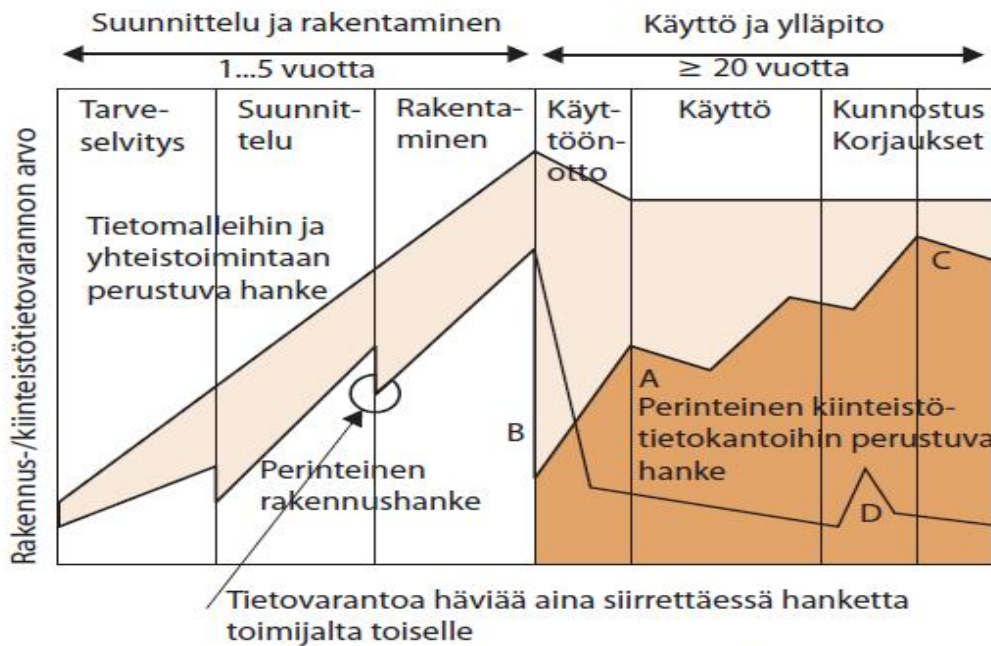
### **2.3 Tietomallinnushankkeen ja perinteisen rakennushankkeen eroavaisuuksia**

Eroavaisuuksia tietomallintamalla ja perinteiseen tapaan tapahtuvassa suunnittelussa ovat muun muassa:

Perinteisellä tavalla toteutettavan rakennushankkeen tietovaranto kasvaa ja tarkentuu rakennushankkeen edetessä. Hankkeeseen liittyvä tieto sisällytetään 2D-piirustuksiin ja erinäisiin asiakirjoihin. Kun siirrytään hankevaiheesta seuraavaan, tiedosta häviää aina jonkin verran. Hävinneen tietovarannon määrä riippuu siitä, miten paljon tietoja joudutaan muokkaamaan ja kuinka hankevastuut vaihtuvat osapuolten keskuudessa. Tietovarannon siirtymistä eri hankevaiheiden välillä on esitetty kuvassa 2. (Tietomallinnettava rakennushanke 2010.)

Kun rakennushankkeen suunnittelu toteutetaan tietomallipohjaisesti, pystytään kerran suunniteltuun kohtaan palaamaan helposti myöhemmin uudelleen. Lisäksi muiden hankeosapuolten on helppo ymmärtää suunnitelmaa mallin visuaalisen ulkoasun ansiosta. Tietomallintamalla toteutettavan suunnittelun painopiste on hankkeen alkuvaiheessa. Myös rakennesuunnittelija tulee hankkeeseen mukaan aiempaa aikaisemmassa vaiheessa, jolloin on mahdollista jo varhaisessa vaiheessa vertailla eri ratkaisujen ja vaihtoehtojen toimivuutta kyseisessä projektissa. Näin mallista saadaan alusta alkaen maksimaalinen hyöty irti. Hankevaiheesta toiseen siirtyminen (eri hankevaiheiden välillä) tapahtuu limittäen rinnakkaisia hankevaiheita. Tiedon häviämistä eri hankevaiheiden vä-

lissä ei juurikaan tietomallintamalla toteutetussa hankkeessa tapahdu. (Tietomallinnettava rakennushanke 2010.)



Kaavion viivojen kulma kuvaa sitä panostusta, jolla eri hankevaiheessa tuotetaan ja ylläpidetään tietoa.

- A Kiinteistötietokannan rakentaminen
- B Kiinteistönhallinnan kytkeminen käyttäjän omiin toiminnan tukipalveluihin
- C Kiinteistötietokannan ylläpitäminen
- D Piirustusdokumenttien päivittäminen korjausten ja kunnostusten yhteydessä

Kuva 2 Perinteisen ja tietomallintamalla toteutetun rakennushankkeen tietovarannon kertyminen (Tietomallinnettava rakennushanke 2010)

Perinteisen rakennushankkeen ja tietomallintamalla toteutetun hankkeen eroavaisuuksia eri näkökulmista on esitetty taulukossa 1. Taulukosta voidaan todeta, että tietomallintamalla toteutetussa hankkeessa pyritään toimivaan kollaboraatioon eri toimijoiden kanssa. Jotta yhteistyö onnistuisi mahdollisimman hyvin, on syytä heti hankkeen alkuvaiheessa laatia projektikohtainen toimintaohje. Lista asioista, joita tietomallinnettavan hankkeen projektitoiminta ohjeessa tulee vähintäänkin esittää, löytyy esimerkiksi RT-kortista 10-10992. (Tietomallinnettava rakennushanke 2010.)

Taulukko 1 Perinteisen ja tietomallintamalla toteutetun rakennushankkeen eroavaisuuksia (Tietomallinnettava rakennushanke 2010)

| Näkökulma               | Perinteinen suunnittelu   | Integroitu tietomallintaminen   |
|-------------------------|---|---|
| <b>Tiimit</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ammattitaito hajautuneena erilleen toisistaan</li> <li>➤ Perinteiseen hankeosapuolijakoon keskittyneitä</li> <li>➤ Ainoastaan pyydetty tieto toimitetaan tiedon pyytäjälle</li> <li>➤ Toiminnassa painotetaan osapuolten välistä selkeää työnjakoa</li> <li>➤ Hierarkkinen johtaminen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aikaisempien kohteiden perusteella koottuja.</li> <li>➤ Muodostettu keskeisistä toimijoista ja eri osa alojen asiantuntijoista</li> <li>➤ Tarvittavan tiedon oikea-aikainen toimittaminen</li> <li>➤ Painottavat yhteistoimintaa toiminnassa</li> <li>➤ Avoimesti johdettuja</li> <li>➤ Perustuvat eri osa-alueiden osaamisen yhdistämiseen</li> </ul> |
| <b>Prosessi</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vaiheittaisia, erillisiä, eriytyneitä</li> <li>➤ Tietoa "hamstrataan" ja koottu tieto niputetaan viimehetkellä</li> <li>➤ Tietoa jaetaan vain tiedonpyytäjälle (maksajalle) ja ainoastaan pyydettyäessä</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Samanaikaisia, päällekkäisiä, monitasoisia</li> <li>➤ Tiedon kokoamisessa ennakoidaan seuraavia hankevaiheita</li> <li>➤ Tiedon jakaminen tapahtuu avoimesti tietoa tarvitseville.</li> </ul>  |
| <b>Riskit</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kohdistuvat yksittäisiin osapuoliin</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kohdistuvat kaikkiin osapuoliin ja jaetaan tarkoituksenmukaisesti</li> <li>➤ Hankkeen hallittavuuden parantuksessa riskit pienenevät</li> </ul>  |
| <b>Hyödyt ja voitot</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pyritään saamaan mahdollisimman paljon hyötyä itselle mahdollisimman pienellä vaivalla</li> <li>➤ Toiminta perustuu yleensä nopeimmin saavutettaviin voittoihin</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mallintaminen hyödyttää kaikkia hankeosapuolia</li> <li>➤ Suurimmat hyödyt koituvat hankkeen omistajalle ja keskeisille toimijoille</li> </ul>   |
| <b>Kommunikaatio</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tuotettujen piirustusten pohjalta</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tietomallipohjaisesti, (3-, 4-, 5D)</li> </ul>   |
| <b>Sopimukset</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kannustavat yksipuoliseen toimintaan rakennushankkeessa</li> <li>➤ Pyrkivät kohdentamaan riskejä eri hankkeen toimijoihin</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kannustavat yhteistyöhön edistävät ja tukevat avointa tiedonjakoa</li> </ul>   |

## **2.4 Tietomallintamisen edellytykset ja esteet**

Edellytyksenä tietomallintamisen kasvamiselle rakennushankkeissa on tilaajien ja rakennuttajien tietoisuus edellyttää suunnitteluprosessissa tietomallipohjaista toimintatapaa. Rakennuttajista Senaatti-kiinteistöt Oy on tuottanut vuodesta 2001 rakennuksen tietomallien käyttöä ja kehittymistä koskevia pilottiprojekteja. Lisäksi kyseinen yritys on vuodesta 2007 vaatinut tietomallipohjaista toimintatapaa rakennushankkeissaan. Pienemmällä rakennuttajilla ja kertarakennuttajilla tietomallintamiseen siirtyminen on vaikeampaa. Tietomallista saatavia hyötyjä kokonaisuuden kannalta ei ole vielä täysin sisäistetty. Lisäksi ”vanhoja tuttuja” toimintatapoja ei haluta muuttaa eikä uusia asioita omissa kohteissa haluta ryhtyä kokeilemaan. (Karppinen & Partanen; Senaatti- kiinteistöt.)

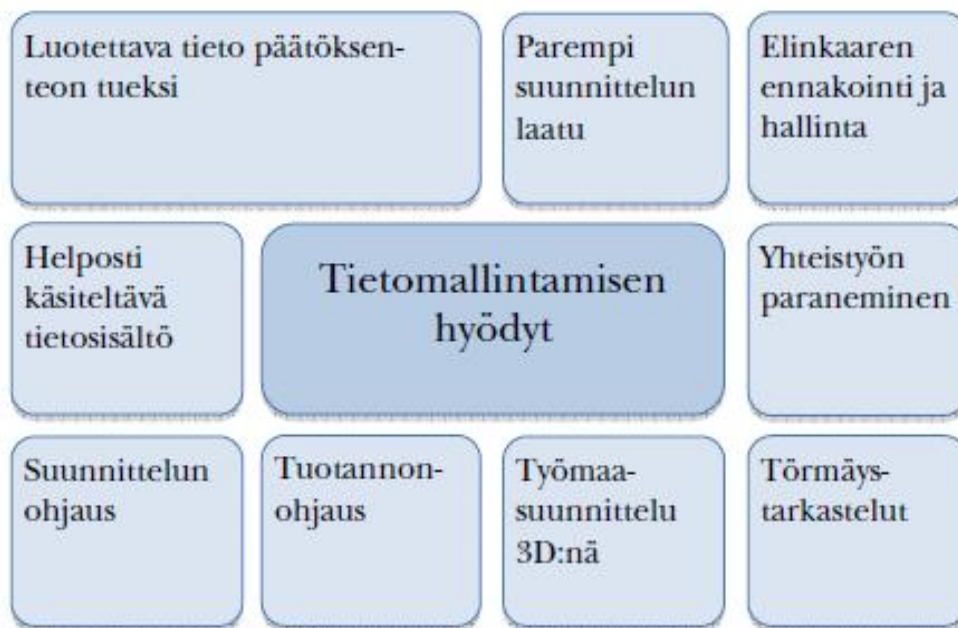
Suunnittelussa PRO IT -hankkeiden pohjalta saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että yrityksen henkilöstöresurssit eivät ole kaikilta osin riittävät. Jotta tietomallintamisen toimintatavat ja sovellettavuus arkiseen suunnittelutyöhön pystytään hyödyntämään, suunnittelijoiden tietotekniikkaosaamisen tulee olla riittävällä tasolla. Tämä vaatii riittävää kouluttautumista ja ohjelmistojen opiskelua arkisen suunnittelutyön ohessa. (Penttilä ym. 2006, 12–13.)

Suunnittelutyössä käytettävien ohjelmistojen ja laitteiden tulee olla ajan tasalla, kun siirrytään käyttämään 3D-mallinnusohjelmia. Lisäksi laitteiden tulee olla kyseiseen tarkoitukseen soveltuvia. Tietomallinnusohjelmistot vaativat perinteisiä AutoCAD-ohjelmistoja selvästi enemmän suorituskykyä käytettävistä tietokoneista. (Penttilä ym. 2006, 12–13.)

## **2.5 Tietomallintamisesta saatavia hyötyjä eri osapuolille**

Tietomallintamisen hyödyt perustuvat mallista saatavaan tarkkaan tietoon, joka on lisäksi helposti eri osapuolten käsiteltävissä ja ymmärrettävissä. Mallista saatavaa tietoa pystytään tehokkaasti hyödyntämään hankeen eri vaiheissa. Tämän lisäksi tietomallit nopeuttavat tietojen käsittelyä esimerkiksi kustannus- ja määrälaskennassa. (Mäki, Rajala & Penttilä 2009.)

Merkittävänä etuna voidaan pitää myös tietomallintamalla toteutettujen suunnitelmien havainnollisuutta, sillä visuaalisen esitysasun myötä hankeosapuolien keskinäinen kommunikaatio helpottuu. Tietomallintamalla tehdyistä suunnitelmista pystytään perinteisiä 2D-suunnitelmia paremmin hahmottamaan rakennuksen geometria ja toteutusjärjestys sekä mahdolliset ongelmakohdat ennen kuin ne huomataan työmaalla. Tietomallintamisen hyötyjä on esitetty kuvassa 3. (Mäki ym. 2009.)



Kuva 3 Tietomallintamiseen liittyvät hyödyt (Mäki ym. 2009)

Seuraavassa on listattu tietomallintamisesta saatavia hyötyjä hankeen eri osapuolille.

#### *Tilaaaja ja rakennuttaja*

Rakennushankkeeseen ryhtyvällä henkilöllä on tavoitteenaan tuottaa rakennus, joka on tilaajan tarpeet täyttävä ja samalla kustannustehokas ratkaisu kokonaisuuden kannalta. Kustannukset rakennushankkeessa määräytyvät suurelta osin jo hankkeen alkuvaiheessa, tarvesuunnitteluvaiheen aikana. Visuaalinen 3D-materiaali tukee rakennuttajan ja tilaajan päätöksentekoa heti hankkeen alkuvaiheesta alkaen, vaikka mallin tarkkuus onkin tässä vaiheessa vasta alustavalla tasolla. (Penttilä ym. 2006, 13–14.)

Alustavista malleista saatavia luotettavia tietoja pystytään käyttämään erilaisten arvioiden pohjana. Lisäksi niiden perusteella on mahdollista myös vertailla vaihtoehtojen soveltuvuutta tilaajan tarpeisiin. (Penttilä ym. 2006, 13–14.)

Tilojen hallinta myös paranee ja pystytään aiempaa selkeämmin suunnittelemaan tilojen käyttöä. Lisäksi pystytään arvioimaan eri ratkaisujen vaikutuksia lopullisiin kustannuksiin ja muihin hankepäättökseen vaikuttaviin tekijöihin. (Penttilä ym. 2006, 13–14.)

### *Suunnittelijat*

Tietomallintamalla suunnitellun hankkeen tarkoituksena on tavanomaisen suunnitteluprosessin tavoin tuottaa hyvin suunniteltu, tilaajan tarpeita palveleva, toimiva rakennus. Suunnittelijoille mallintavaan suunnitteluun siirtyminen on luontevaa, sillä myös 2D-suunnittelussa suunnittelija ajattelee suunniteltavaa kohdetta kokonaisvaltaisesti ja luo mielikuvia rakenteen geometriasta mielessään. Kun suunnitelmat toteutetaan mallintamalla, suunnitelmien laatu paranee ja suunnittelutyö tehostuu. Lisäksi heti suunnittelun alussa huomataan mahdolliset puutteet, ristiriitaisuudet ja virheet. Huomattuihin ongelmakohtiin voidaan näin ollen puuttua aikaisempaa aiemmassa vaiheessa, eli jo suunnitteluvaiheessa ennen kuin ongelma ehditään huomaamaan työmaalla. (Romo & Varis 2004.)

Kun tieto rakenneosista annetaan ainoastaan yhdessä paikassa, mahdollisista muutoksista aiheutuvat ristiriitaisuudet voidaan välttää. Esimerkkinä tästä on perinteisen 2D-suunnittelun tasopiirustuksessa tapahtuvan seinävahvuuden muuttaminen, mikä ei automaattisesti päivity liittyviin leikkauksiin ja detaljeihin. Tietomallista tehty piirustus päivittyy automaattisesti muutoksen teon jälkeen ja vastaa 3D-mallin näkymää.

Kun suunnitteluosapuolet tuottavat suunnitelmistaan tietomallin, voidaan varmistaa suunnitelmien keskinäinen soveltuvuus ja näin ollen suunnitelmien ristiriidattomuus paranee. Eri suunnitteluosapuolten tuottamien mallien yhteensopiavuus voidaan tarkastaa esimerkiksi Solibri model checker -ohjelmistolla. Tarkasteluilla huomataan niin rakenteiden kuin talotekniikankin mahdolliset ristiriitaisuudet ja ratkaisuihin voidaan vaikuttaa aiempaa aikaisemmassa vaiheessa. (Penttilä ym. 2006; Romo ym. 2004.)

### *Urakoitsijat*

Tietomallintamisen tavoitteena on siirtää rakentajille tietoa digitaalisesti rakennettavan kohteen toteutusta ja toteutuksen suunnittelua varten.

Mallista saatavat hyödyt urakoitsijoille:

Mallin visuaalinen ulkoasu on selkeä. Kun rakenteen näkee mallinnettuna, on huomattavasti helpompi hahmottaa esimerkiksi rakenteen liittyminen muihin rakenneosiin. Näin urakoitsijalla on mallinnettavassa hankkeessa mahdollista vaikuttaa suunnitteluratkaisuihin aiempaa enemmän. (Tietomallintava rakennushanke 2010.)

Tietomallista on nopeasti saatavilla esimerkiksi määrä-, materiaali- ja sijaintitiedot. Lisäksi mallista pystytään vaivattomasti tuottamaan muun muassa luettelointa, jotka helpottavat työmaata esimerkiksi materiaali tilauksia tehdessä. (Tietomallintava rakennushanke 2010.)

Mallista huomataan aiempaa aikaisemmassa vaiheessa toteutuksen kannalta hankalat kohdat. Hankalat kohdat voidaan näin ollen miettiä etukäteen, jolloin paikka on tutumpi työn alkaessa. (Penttilä ym. 2006, 15–16.)

Aikataulu- ja kustannustavoitteessa pysyminen helpottuu. Tietomalliin liitettävän 4D-aikataulun avulla pystytään entistä paremmin seuraamaan työmaan aikataulutilannetta. (Tietomallintava rakennushanke 2010.)

### *Viranomaiset*

Rakennuksen soveltuvuus kyseisen alueen kaupunkikuvaan on huomattavasti helpompi varmistaa heti suunnittelun alkuvaiheessa. Nykypäivänä onkin yleistä, että rakennuksen malli suunnitellaan rakennuspaikalle siten, että se havainnollistaa alueen kokonaiskuvaa rakennuksen valmistuttua, kuten kuvasta 4 nähdään. Näin ollen pystytään entistä helpommin arvioimaan valmiin rakennuksen soveltuvuutta ja ratkaisujen toimivuutta kyseisellä paikalla. (Penttilä ym. 2006, 16.)





Kuva 4 Arkkitehdin tekemä visualisointi valmiista rakennuksesta

Tarkastettavien rakenneosien suunnitelmien mukaisuus on entistä helpommin todettavissa visuaalisen mallin ansiosta. Esimerkiksi raudoitustarkastuksissa rakennusvalvoja näkee suoraan mallista, kuinka rauditus on suunniteltu, ja näin ollen sitä on helppo verrata työmaalla tehtyyn raudoitukseen.

### *Käyttö ja ylläpito*

Jo rakennushankkeen alkuvaiheessa on syytä olla yhteydessä rakennettavan kohteen käyttäjiin, mikäli se on mahdollista. Näin voidaan varmistua siitä, että käyttäjät saavat omaa toimintaa palvelevat puitteet, jotka tukevat mahdollisimman hyvin käyttötarkoituksen mukaiseen toimintaan. (Penttilä ym. 2006, 16-17)

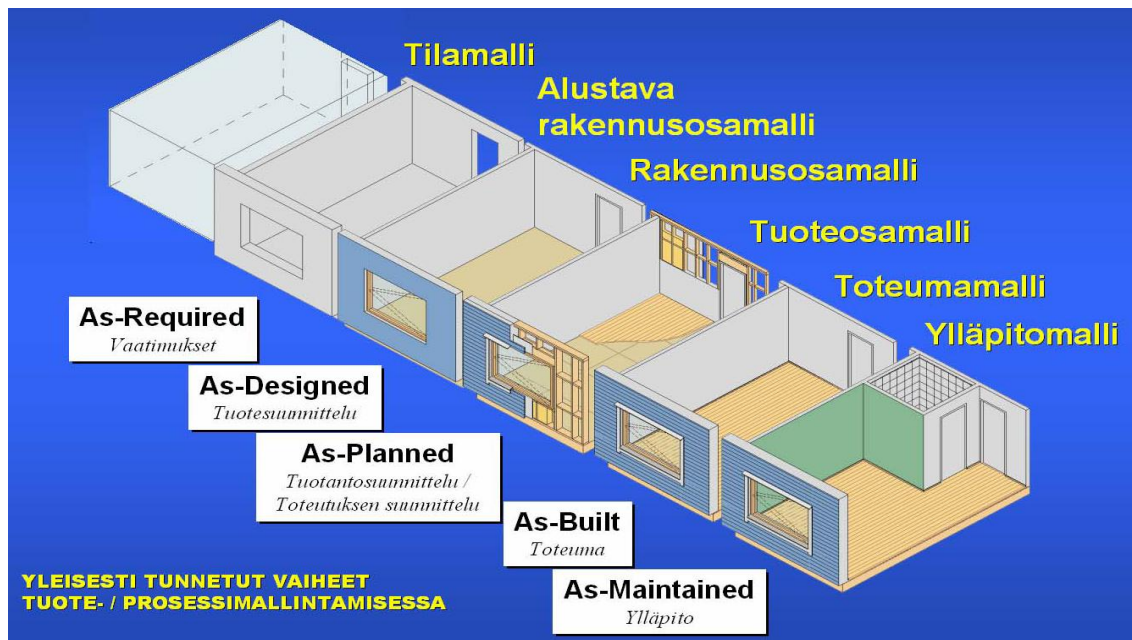
Vaikka tietomallia hyödynnetään nykyään pääosin suunnittelu- ja rakennusvaiheen aikana, mallista saatavat hyödyt eivät kuitenkaan rajoitu ainoastaan kyseisiin vaiheisiin. Kun toteutettu malli vastaa valmista rakennusta, mahdollisesti myöhemmin tehtävien korjausten ja laajennuksien suunnittelu sekä toteutus helpottuvat. (Penttilä ym. 2006, 16-17)

Tietomalliin pystytään sisällyttämään rakennuksen eri osien tai kokonaisten tilojen kiinteistönpitoon liittyvää yksityiskohtaista tietoa, jolloin puhutaan ylläpito-

mallista. Mallista saatavaa informaatiota voidaan tehokkaasti käyttää kiinteistönpidon pohjana. Malliin annettavaa tietoa voivat olla esimerkiksi tilojen käyttöasteet, vuokrasuhteet tai yksittäisten rakenneosien ja tarvikkeiden huoltoon ja kunnostukseen liitetty tieto. (Penttilä ym. 2006, 16-17; Tietomallivaatimukset 2007- Osa 8: Mallien käyttö havainnollistamisessa.)

## 2.6 Tietomallintamisen vaiheet

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa käytössä olevat termit kuvaavat kutakin suunnitteluvaihetta sekä kyseisen vaiheen sisältöä. Termit määriteltiin Pro IT-projektissa vuonna 2004 (kuva 5). Tietomallipohjainen suunnittelu ei noudata perinteisen dokumenttipohjaisen suunnittelun ja toteutuksen etenemismallia, vaan suunnitteluvaiheita kuvaavat termit poikkeavat perinteisistä suunnitteluvaiheita kuvaavista termeistä. (Penttilä ym. 2006, 28.)

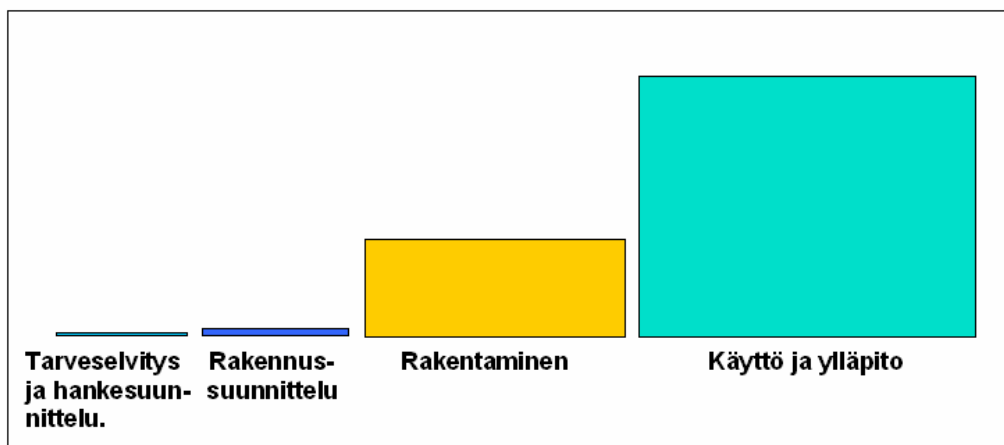


Kuva 5 Tietomallipohjaisen suunnittelun vaiheistus (Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu)

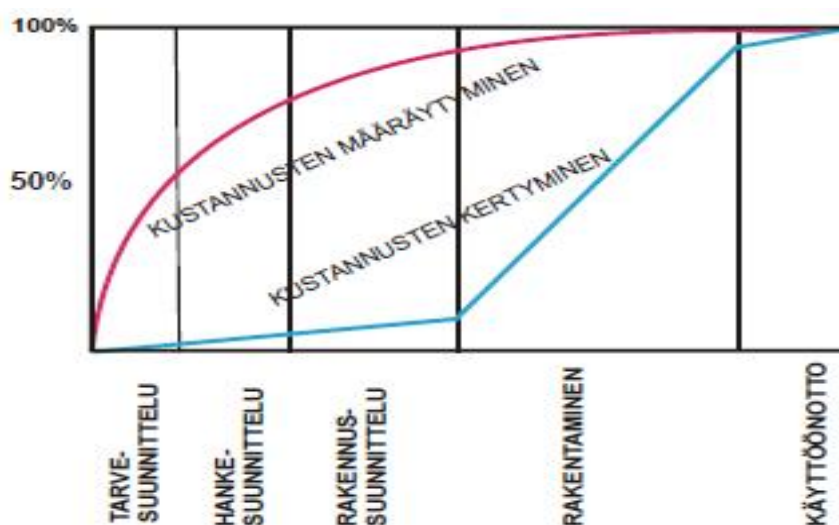
Tietomallipohjaisessa suunnittelussa suunnittelun painopiste on siirtynyt enemmän projektin alkuun, luonnossuunnitteluvaiheeseen. Suurin osa projektin kustannuksista määräytyy juuri hankkeen alkuvaiheessa. Hankkeen alkuvaiheessa

tapahtuvan suunnittelun vaikutusta koko projektin kustannuksiin ei yleensä huomioida riittävällä tasolla. (Penttilä ym. 2006, 19.)

Kun tarkastellaan suunnittelusta määräytyviä kustannuksia ja koko rakennuksen elinkaaren aikaisia kustannuksia, voidaan todeta, että suunnittelukustannukset ovat vain pieni osa rakennuksen kokonaiskustannuksista (kuva 6). Kuitenkin suunnitteluratkaisun kustannusvaikutus voi olla suuri ajatellen lopullista rakennusta, kuten kuvasta 7 voidaan todeta. Tietomallista saatavia tietoja voidaan hyödyntää hankkeen alkuvaiheessa perinteistä 2D-suunnittelua tehokkaammin eri ratkaisuiden kustannuksien vertailussa. (Penttilä ym. 2006, 20-21.)



Kuva 6 Rakennuksen kustannuksien muodostuminen (Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu 2005)

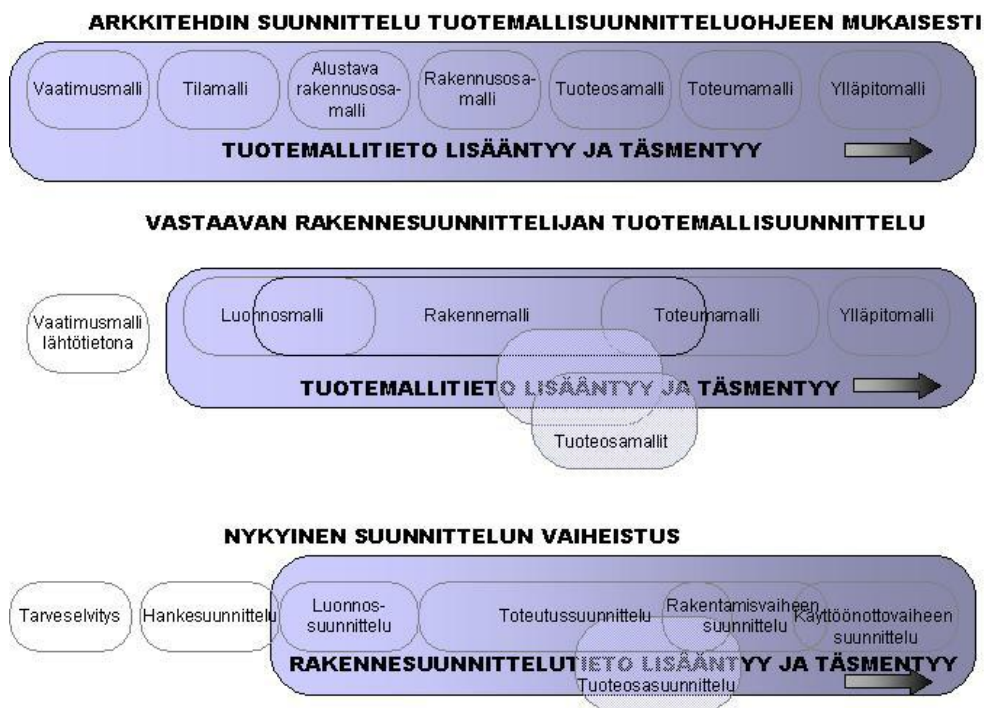


Kuva 7 Rakennushankkeen kustannuksien määräytyminen (Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu 2005)

## 2.7 Suunnittelun vaiheet

Tällä hetkellä rakennusprojektin hankevaiheistus perustuu pääasiassa perinteisen mukaiseen hankevaiheistukseen. Kyseinen hankevaiheistus on kuvattu RT-kortissa: RT 10-10827. Rakennesuunnittelussa tällä hetkellä käytössä oleva tehtäväluettelo on esitetty RT-kortista 10-10557. Kyseiset luettelot eivät suoraan sovi tietomallipohjaiseen suunnitteluun. (Valjus, Varis, Penttilä & Nissinen 2007, 19.)

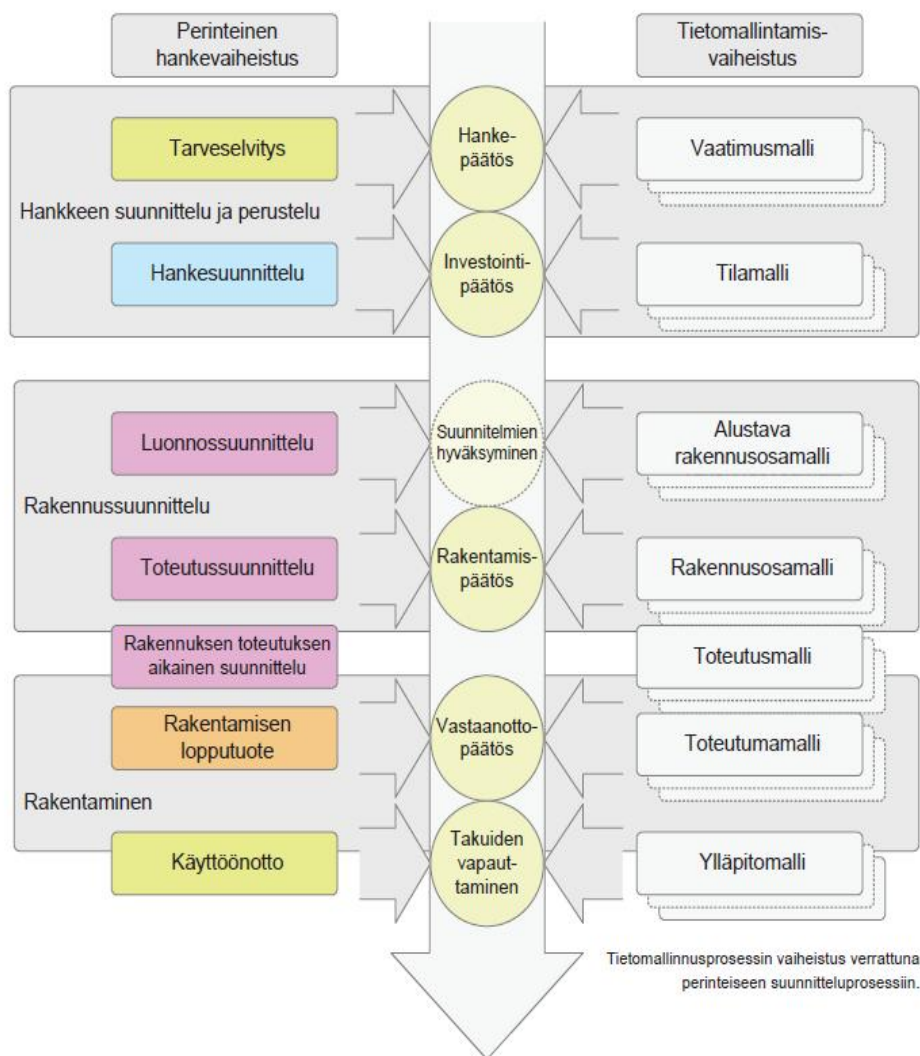
Perinteiseen lineaariseen tapaan toteutetussa suunnitteluprosessissa eri hankevaiheet saatetaan päätökseen ennen kuin seuraava vaihe aloitetaan. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa suunnittelu tapahtuu lomittaen eri suunnitteluvaiheita. Tietomallisuunnittelussa malliin kertyy suunnittelun edetessä lisää tietoa, aiemmassa vaiheessa annettu tieto siirtyy seuraavaan vaiheeseen kyseisen vaiheen tarpeiden mukaan. Suunnittelun painopiste siirtyy tietomallisuunnittelussa hankkeen alkuvaihetta kohti. Kuvassa 8 on esitetty nykyään käytössä olevan RT-kortiston mukainen hankevaiheistus, sekä tietomallipohjaisen suunnittelun hankevaiheistus. (Penttilä ym. 2006, 19-20.)



Kuva 8 Perinteisen ja tietomallintamalla toteutetun suunnittelun hankevaiheistus ARK- ja RAK-suunnittelussa. (Valjus ym. 2007, 20)



Tietomallipohjaisessa suunnittelussa jokaisen vaiheen tiedot säilytetään ja arkistoidaan mahdollista myöhempää tarkastelua varten. Kun mallia päivitetään rakennusprosessin edetessä, on lopussa saatavilla malli, jossa kaikki asiat ovat samassa paketissa. Oheisessa kuvassa 9 on esitetty tietomallintamalla ja perinteisellä tavalla laadittavien suunnitelmien vaiheistus sekä päätös, joka kyseisen vaiheen pohjalta tullaan tekemään. Eri vaiheiden sisältöä on tarkemmin käsitelty liitteessä 1 löytyvästä taulukosta. (Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu 2005.)



Kuva 9 Perinteisen ja tietomallipohjaisen hankevaiheistuksen eroavaisuudet (Vakkilainen 2009)



## **3 TIETOMALLINTAMINEN RAKENNESUUNNITTELUSSA**

### **3.1 Tavoitteet rakennesuunnittelussa**

Päätavoitteena tietomallipohjaisessa rakennesuunnittelussa on suunnittelun tehostaminen, valmiin tuotteen (rakennuksen) laadun ja tuottavuuden parantaminen, sekä rakennuksen elinkaareen liittyvien työkalujen hallinnan kehittäminen. (Valjus ym. 2007)

Tietomallintamalla laadittujen rakennesuunnitelmien tarkkuus ja havainnollisuus on lähes kokonaan poistanut suunnittelusta aiheutuneet mitta- ja määrävirheet. Inhimillisiä virheitä voi kuitenkin olla myös mallintamalla tehdyissä suunnitelmissa. Esimerkkinä voidaan esimerkiksi pitää sitä, että jotain asiaa ei ole huomioitu ollenkaan tietomallia tehdessä tai että mallinnettu asia ei vastaa ajateltua rakenteen toimintatapaa. (Valjus ym. 2007, 15.)

### **3.2 Lähtötiedot ja rakennesuunnittelun kulku**

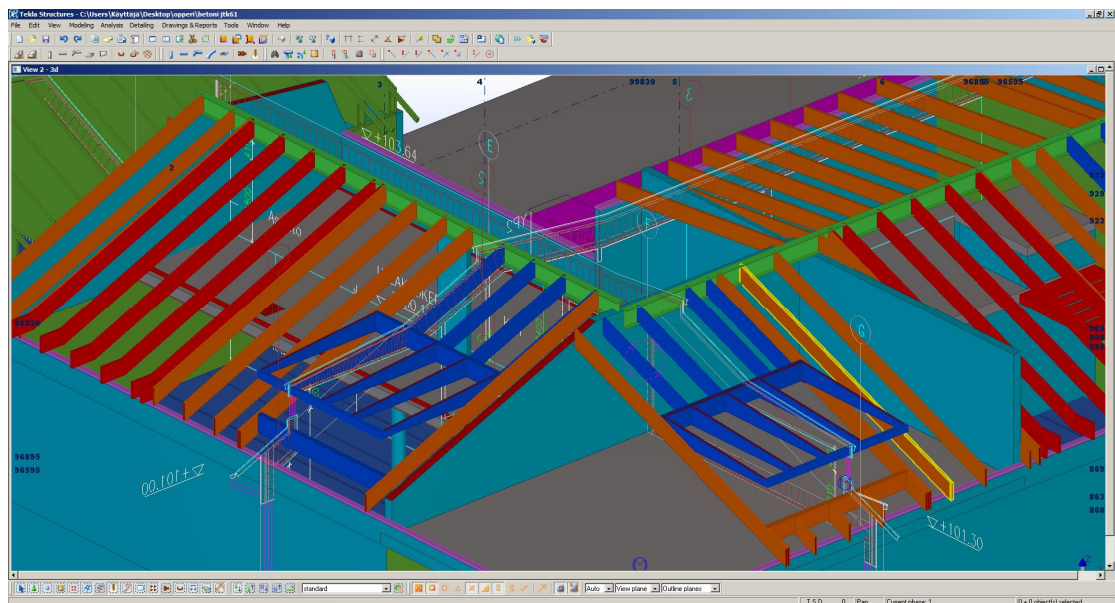
Rakennushankkeessa suunnitelmien pohjana täytyy olla todellisuutta vastaavat lähtötiedot. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa lähtötiedoille asetettuja vaatimuksia ovat muun muassa (Valjus ym. 2007, 16-17.):

- suunnitteluajataulun noudattaminen
- kussakin suunnitteluvaiheessa riittävä suunnitelmien tarkkuus
- suunnitelmien todenperäisyys, kukin suunnitteluosapuoli vastaa itse omista suunnitelmistaan
- toiminta projektin tietomallinnusohjeen mukaan
- yhteisesti sovitun tiedonsiirtoformaatin käyttö
- ohjelmien mallien yhteisesti käyttämä origo ja sen koordinaatit
- piirustusten katselusuunnat.

Lähtötiedot tulee olla selvillä heti hankkeen alkuvaiheessa. Päärakennesuunnittelijan tarvitsemia lähtötietoja rakennuksen tietomallin tekemiseen on esitetty liitteessä 2. (Valjus ym. 2007, 16-17.)

Rakennesuunnittelun pohjana voi olla arkkitehdin tekemä rakennusosamalli, jonka arkkitehti välittää yhteisesti sovittua tiedonsiirtoformaattia (esim. IFC 2x3) käyttäen. Rakennesuunnittelija käyttää kyseistä IFC-mallia referenssinä omassa ohjelmistossaan muun muassa Teklassa, jossa rakenteet mallinnetaan arkkitehdin referenssimallin päälle. (Romo ym. 2004.)

Jos arkkitehti ei ole tehnyt 3D-mallia kohteesta tai mallia ei jostain syystä voida hyödyntää, pystytään myös CAD-ohjelmistolla luotuja dwg-muotoisia tiedostoja lataamaan suunnittelun pohjaksi. Kyseinen tapa on työläämpi, koska jokainen haluttu referenssi joudutaan lataamaan erikseen mallin taustalle. Lisäksi leikkausten kohdalleen satuttaminen ja korkojen tarkastaminen tulee tehdä manuaalisesti. Oheisessa mallissa arkkitehdin tekemät leikkaukset on tuotu taustalle helpottamaan vesikattorakenteiden suunnittelua.



Kuva 10 Arkkitehdin leikkaukset rakennesuunnittelijan tekemän rakennemallin referenssinä

### 3.3 Tietomallintamisen laajuus suunnittelussa

Lähtökohtana on, että kaikkien osapuolten tarvitsemien tietojen hallinta tapahtuu sähköisessä muodossa tietomallin avulla. Mallintamistarkkuus ja eri mallien sisältämä tieto määritellään projektikohtaisesti ja tietomallintamisen laajuus tulee selvittää jo hankesuunnitteluvaiheessa. Tietomallintamisen laajuutta kuvaavia käsitteitä sisältöineen on esitetty oheisessa taulukossa 2. (Tietomallinnettava rakennushanke 2010.)

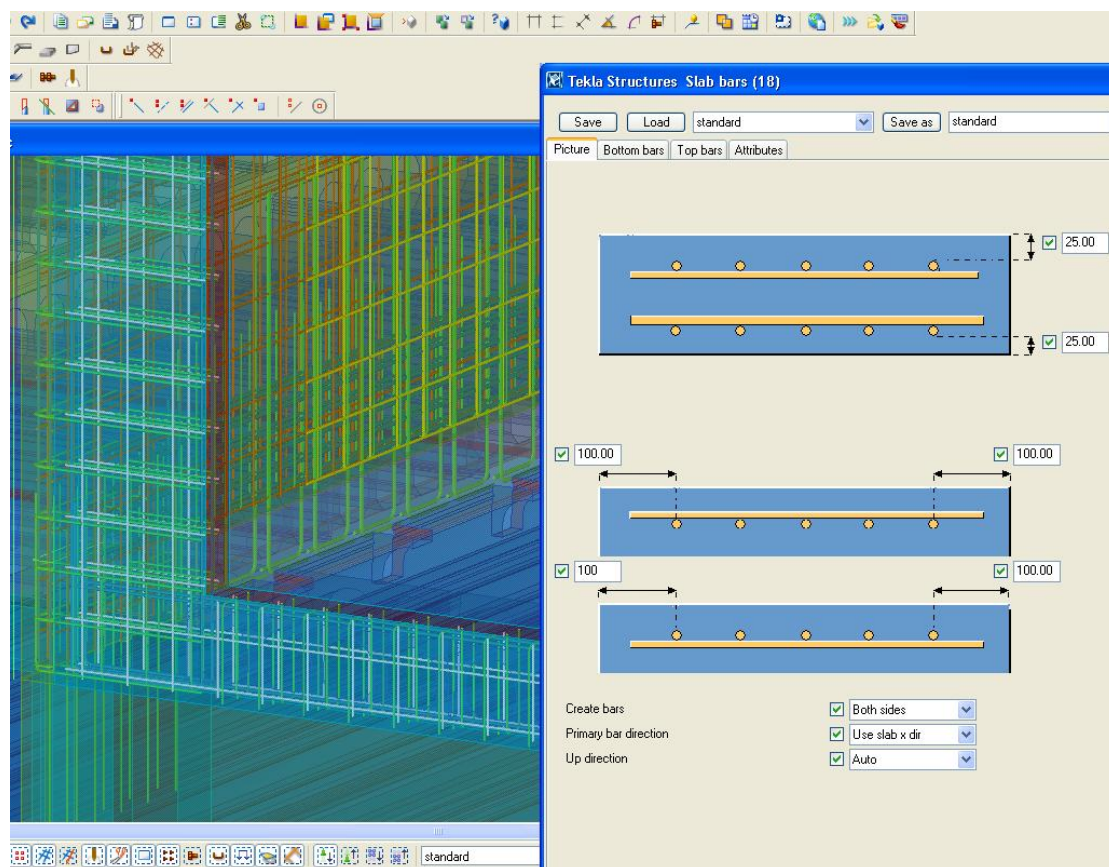


Taulukko 2 Tietomallintamiseen liitettävät käsitteet (Tietomallinnettava rakennushanke 2010)

| Käsite  | Sisältö  | Edut   |
|---|--|--|
| <b>Suppea tietomalli</b>  | Yksittäinen tai yksittäiset hankeosapuolet pyrkivät hyödyntämään tietomallintamisesta saatavia hyötyjä tekemällä omia tarpeita palvelevan tietomallin. Mallien jakamisesta saatavia hyötyjä ei tässä vaihtoehdossa hyödynnetä.   | Tuotemallintamisen mukanaan tuomat hyödyt keskittyvät ainoastaan hankeosapuoleen, joka luo omia tarpeitaan palvelevan tietomallin.   |
| <b>Integroitu tietomalli</b>                                    | Eri suunnitteluosapuolet toimivat tietomallipohjaisesti ja tuotettuja tietomalleja hyödynnetään ristiin tehtävissä tarkasteluissa.   | Parannetaan suunnittelun tehokkuutta. Lisäksi suunnitelmien ristiriitaisuudet ja puutteet havaitaan aiemmin, joten suunnittelutyön laatu paranee.  |
| <b>Suunnittelun ja toteutuksen yhdistävä tietomallintaminen</b> | Tietomalliin, lisätään tuotannon tarpeisiin liittyvää tietoa kuten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• määrätietoa</li> <li>• aikataulutietoa(4D)</li> <li>• kustannustietoa(5D)</li> </ul> Lisäksi tehtyjä tietomalleja hyödynnetään työmaalla mm. rakenteellisesti hankalien paikkojen havainnollistamiseen.   | Tuoteosien valmistukseen ja logistiikkaan liittyvää tietoa pystytään hallitsemaan tietomallinnuksen yhteydessä. Lisäksi malliin liitetyn aikataulun avulla pystytään seuraamaan työmaalla tarvittavien suunnitelmien tilannetta. |
| <b>Elinkaarihankkeet</b>  | Kokonaisvaltaisessa tietomallintamisessa mallintamista pyritään hyödyntämään mahdollisimman paljon, jokaisessa hankevaiheessa kiinteistönpitoon asti. Rakennuksen valmistuttua rakennuksen tuotettu ylläpitomalli on saatavilla ja helposti muokattavissa. Näin ollen esim. saneerauksien suunnittelun pohjana on todellista tilannetta vastaavat lähtötiedot. | Tietomallintamisen hyödyt saadaan täysin esille. Tietomalli toimii pohjana rakennuksen huoltokirjaa tehtäessä ja ylläpitoa suunniteltaessa.  |

### 3.4 Tietomallintamisen mallintamistapa ja tarkkuus

Tietomallintamiselle asetettavat vaatimukset tulee määrittellä projektikohtaisessa tietomallinnusohjeessa. Tietomallia tehdessä on tärkeää, että noudatetaan eri hankeosapuolien kanssa sovittua mallintamistapaa. Rakenneosista tulee käyttää yleisesti sovittuja nimikkeitä, mikä tarkoittaa sitä, että teräspilarit mallinnetaan teräspilarityökalulla eikä teräspalkkityökalulla. Myös mallintamissuunta on syytä pitää selvillä. Mallintamissuunnalla tarkoitetaan mallinnettavan rakenneosan geometriapisteen sijaintia. Geometriapisteen avulla rakennetta pystytään hallitusti siirtämään, mikäli rakenteisiin tulee muutoksia. Lisäksi mallin geometria on syytä mallintaa vastaamaan todellista tilannetta, jotta liittyvien rakenteiden suunnittelu pystytään suunnittelemaan oikein ja mahdolliset ongelmat kohdat havaitaan heti suunnitteluvaiheessa. Suunnitellut liitokset ja raudoitukset on järkevää tehdä niihin liittyvillä komponenteilla; näin pystytään paremmin hallitsemaan osiin liittyvää tietoa (kuva 14). (Valjus ym. 2007, 29.)



Kuva 11. Betoniseinään raudituskomponentilla tehty rauditus.

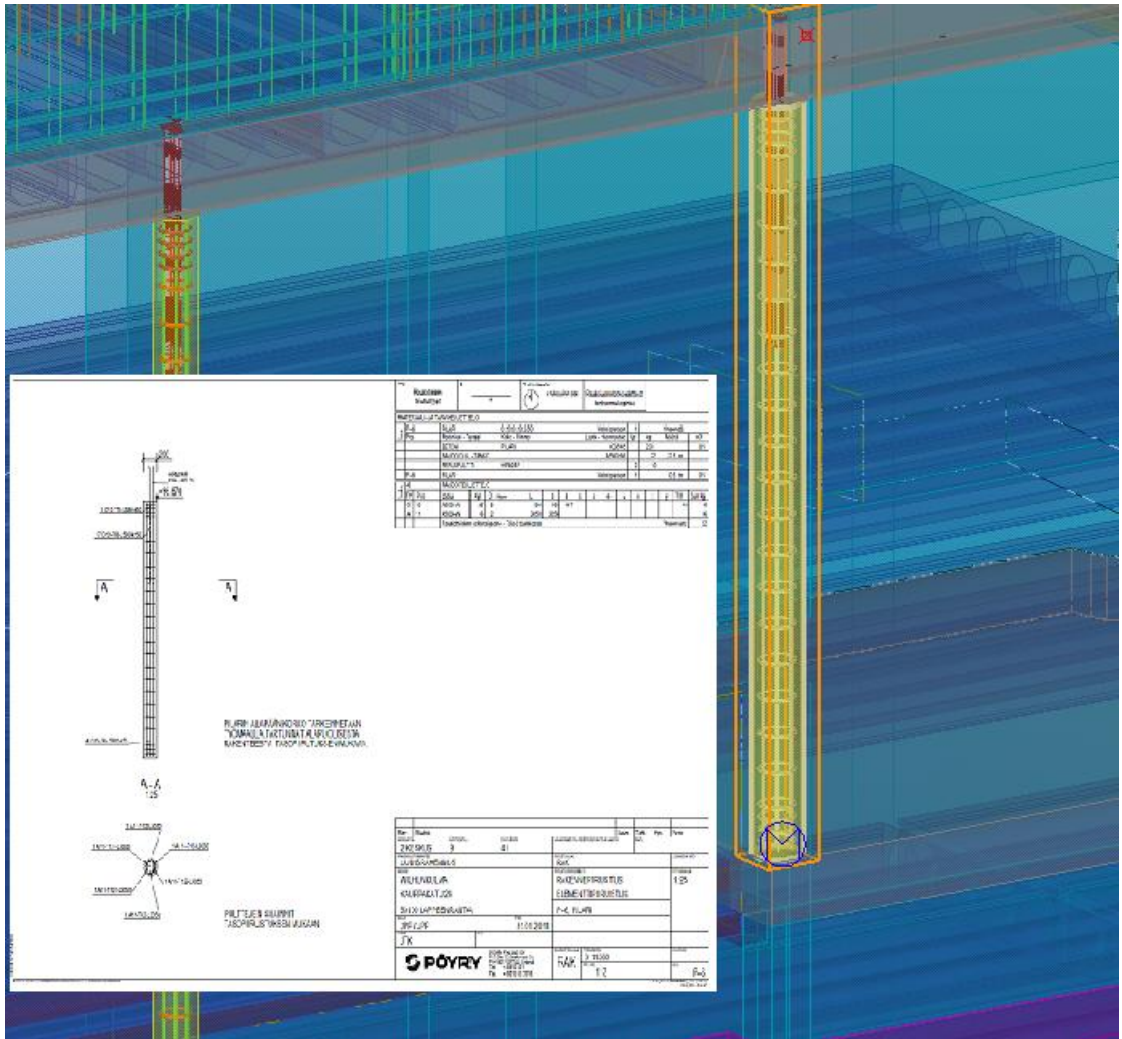
Kun rakennesuunnittelu toteutetaan tietomallintamalla, selvää rajapintaa eri mallinnusvaiheiden välillä ei aina ole. Tietomalli tarkentuu suunnittelun edetessä. Taulukossa 3 on esitetty karkeasti rakennemallin tarkkuus eri suunnitteluvaiheissa. Siinä vaiheessa, kun suunnitelmat lähtevät urakkalaskentaan, tietomallintamalla toteutetussa projektissa suunnittelun valmiusaste on noin 60–70 %. Perinteisellä tavalla toteutetuissa suunnitelmissa kyseinen valmiusaste on noin 40 %.

Taulukko 3 Tietomallin sisältö hankkeen eri vaiheissa (Valjus ym. 2007, 28)

| Mallinnusvaihe (ARK/RAK)                           | Rakennesuunnittelijan mallin tietosisältö  | Tuotemallipalvelimen tietosisältö rakennemallista  |
|--|--|--|
| Luonnosmalli(RAK) / Alustava rakennusosamalli(ARK) | Kantavat rakenneosat ilman liitoksia ja tuotetietoa.<br>Mahdollisesti integroitu mitoitusmalli.  | Rakennusosien geometriatieto   |
| Rakennemalli (RAK) / Rakennusosamalli (ARK)        | Kantavat rakenneosat liitoksineen ja tuotetieto täydentyy.<br>Paikallavalurakenteiden raudoitteet.<br>Osien attribuuttitiedot<br>Mahdollisesti integroitu laskentamalli. | Rakennusosien geometriatieto ja linkit detaljirakenteisiin.<br>Attribuuttitietona liittyvät rakenteet (esim. pellitykset). |
| Tuoteosamalli (RAK)                                | Kaikki osien valmistamiseen tarvittavat tiedot.  | Tuoteosien geometriatieto ja attribuuttitietoa.  |
| Toteumamalli (RAK)                                 | Yhdistetty tuoteosa- ja rakennemallit sekä As Built-toteumatieto   | Tuoteosilla ja geometriatiedolla täydennetty rakennusosamalli.   |

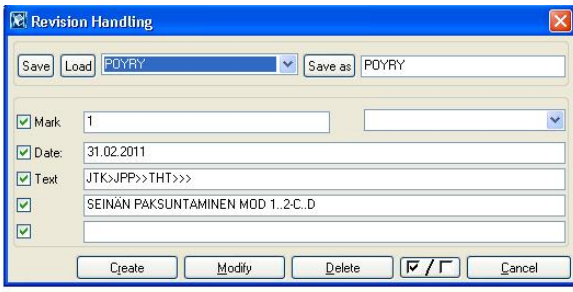
### 3.5 Tuotettavat suunnittelumateriaalit ja suunnitelmamuutosten hallinta

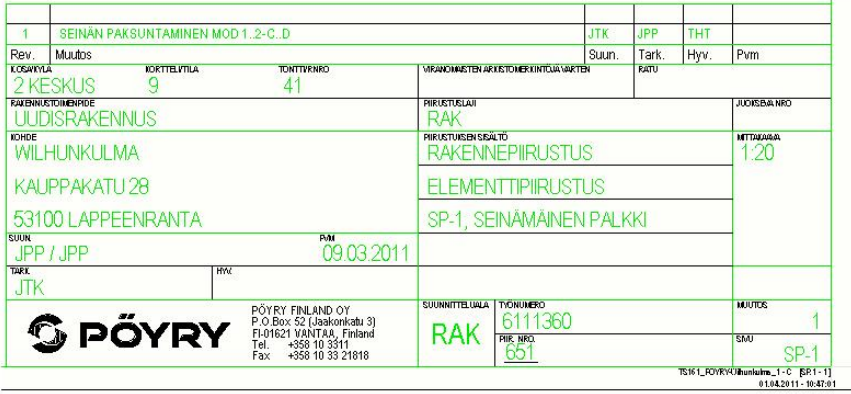
Tehdystä tietomallista pystytään suoraan tuottamaan haluttuja dokumentteja, joko yksittäisistä rakenneosista tai kokonaisista tasoista (kuva 12). Vaikka tietomallista saadaankin suoraan otettua ulos piirustuksia, tullaan kuitenkin tavanomaista CAD-piirtämistä käyttämään esimerkiksi tulosteita täydennettäessä. Asioita, joita mallista ulosotettuun piirustukseen yleensä lisätään, ovat muun muassa hitsaukset, vesieristykset ja pellitysdetaljit. Viivapiirtotyökaluilla lisättyjen muutosten kanssa tulee kuitenkin olla varovainen, sillä ne eivät näy itse mallissa. Tästä johtuen mahdollisuus tuotettujen suunnitelmien keskinäiseen ristiriitaisuuteen on olemassa. (Valjus ym. 2007,14.)

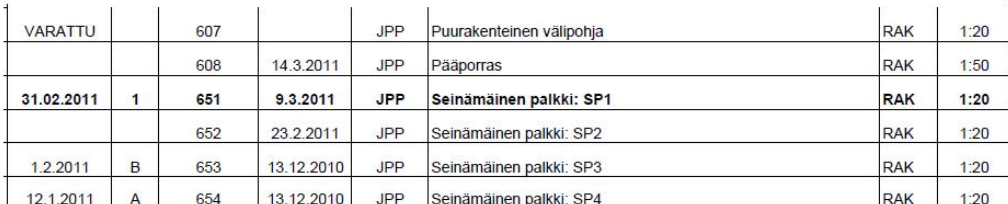


Kuva 12 Tietomallista tuotettu piirustus

Tietomallipohjaisessa ja perinteisellä tavalla toteutetussa suunnittelussa muutokset ilmoitetaan kyseisessä piirustuksessa siten, että muutettuun paikkaan lisätään revisionuoli ja listataan tehty muutos nimiön päällä sijaitsevaan muutoksenttään, kuten kuvasta 13 voidaan nähdä. Suunnitelmamuutokset tulee olla esillä myös piirustusluettelossa. Näin pystytään seuraamaan tehtyjä muutoksia ja varmistamaan, että työmaalla on saatavilla viimeisin piirustus suunnitellusta rakenteesta.

1. 

2. 

3. 

Kuva 13 Rakenteen muuttumisen ilmoittaminen suunnitelmissa. 1: muutoksen ilmoituskentän täyttäminen, 2: muutoksen näkyminen nimiössä ja 3: muutos piirustusluettelossa.

Perinteisessä suunnittelussa tasopiirustukseen tehty muutos ei automaattisesti päivity liittyviin piirustuksiin, kuten leikkauksiin ja detaljeihin. Tämän vuoksi mahdolliset ristiriitaisuudet ovat mahdollisia. Perinteisellä tavalla tehtäviin piirustuksiin tulisikin soveltaa ohjetta siten, että tietty tieto näytetään ainoastaan yhdessä paikassa. Näin tiedon muuttuminen ei aiheuta tarpeettomia ristiriitaisuuksia piirustuksiin. Esimerkiksi maanvaraisen lattian raudoitus ja paksuus esitetään ainoastaan rakennetyypissä, ja tasopiirustuksessa viitataan ainoastaan kyseiseen alapohjan rakennetyyppiin.

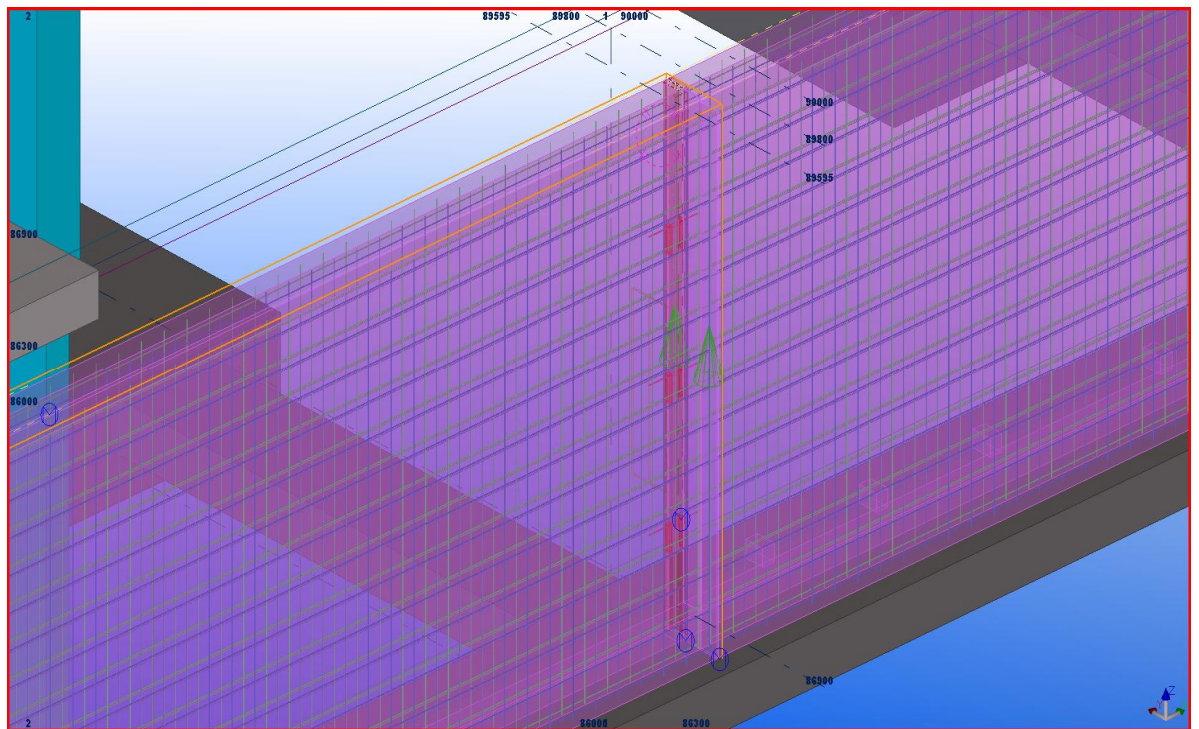
Tietomallipohjaisessa suunnittelussa malliin tehtävä muutos siirtyy automaattisesti kaikkiin piirustuksiin, jotka kyseisestä asiasta on tuotettu. Esimerkiksi muutettu pilarin pituus päivittyy automaattisesti tasosta tehtyyn piirustukseen ja pilarin raudoittamista varten tehtyyn piirustukseen. Mallissa muutettu asia



näky piirustuksessa pilvellä ympäröitynä. Näin ollen tapahtunut muutos havaitaan helposti kyseisestä suunnitelmasta.

### 3.6 Tiedon jakaminen

Tiedon jakamisessa on syytä miettiä sitä, mitä tietoa erisuunnitteluosapuolten kesken on järkevää jakaa. Rakennesuunnittelijan tekemässä mallissa on yleensä paljon yksityiskohtaista, rakenteiden ”sisäistä tietoa”. Se voi olla tietoa raudoitteista, liitososista ja muista asioista, joilla ei ole vaikutusta muiden suunnittelijoiden tuottamiin malleihin (kuva 14). Näiden tietojen jakaminen ja välittäminen yhteiseen malliin tai palvelimelle ei yleensä ole järkevää. (Valjus ym. 2007, 27-30; Romo ym. 2004.)



Kuva 14 Rakennesuunnittelijan mallissa esilläolevat raudoitukset ja liitososat

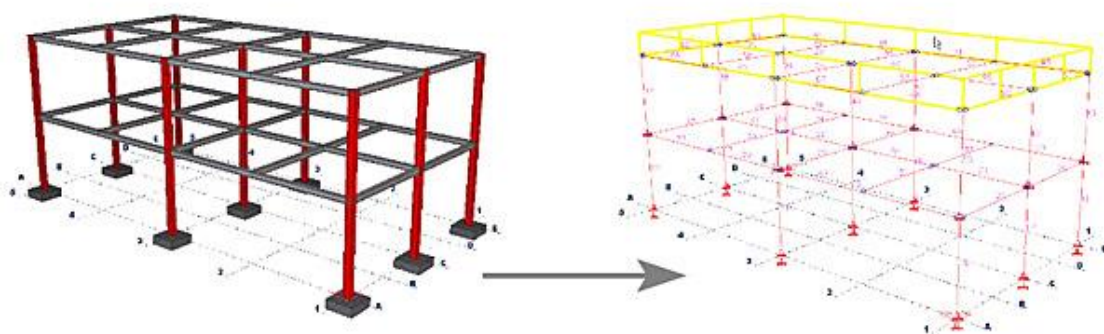
### 3.7 Laskentaohjelmien liittyminen tietomallinnukseen

Tietomallia pystytään hyödyntämään joko koko rakennuksen stabiiliteettia tai yksittäisten rakenneosin kestävyyttä tarkasteltaessa. Esimerkiksi Tekla Structures -ohjelmistolla tuotetun mallin voi kääntää analyysimalliksi ja sitä kautta viedä laskentaohjelmiin tarkasteltavaksi. Tarkastelun voi suorittaa koko rakennukselle tai ainoastaan sen osalle. Tekla Structures -ohjelmiston tukemia tie-

donsiirtomuotoja laskentaohjelmien välillä ovat SDF, CIS/2, IFC ja ASCII. (Integrointi A&D:hen)

### *Tekla Structures –Robot -linkki*

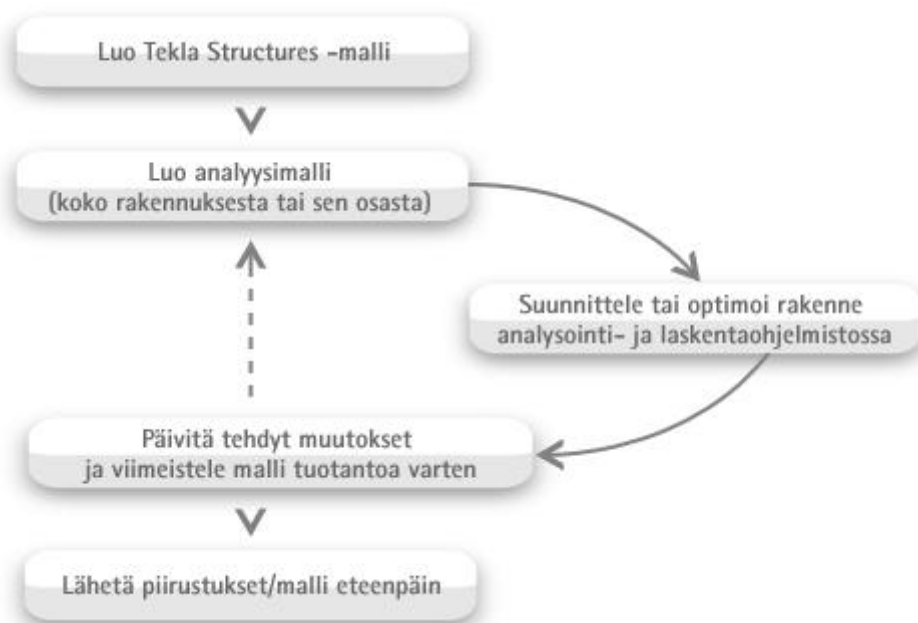
Tekla Structures –Robot -linkki on tehty tiedonsiirtämiseen ja laskennassa muuttuneen tiedon päivittämiseen Teklan Structures- ja Autodesk Robot Structural Analysis- ohjelmiston välillä. Linkkiä käytettäessä rakennemalli tehdään Teklan puolella ja sen pohjalta luodaan analyysimalli. Analyysimalli siirretään laskennan suorittamista varten Robot-ohjelmistoon. Kuvassa 15 nähdään rakennemalli, joka on muutettu analyysimalliksi Tekla Structures -ohjelmistossa. (Marttinen 2010.)



Kuva 15 Rakennemallin muuttaminen analyysimalliksi (Integrointi A&D:hen)

Analyysimallin lisäksi Teklasta on mahdollista myös siirtää linkin avulla Robotin puolelle muun muassa rakenteille tulevia kuormituksia, materiaalitietoa, poikkileikkaustietoa ja suunnitteluparametreja. Kun tiedot on analysoitu, voidaan laskentaohjelman puolella tehdä muutoksia, jotka pystytään siirtämään takaisin Teklaan. Tällainen voi olla esimerkiksi laskennassa muuttunut pilarin poikkileikkaus. Betonirakenteiden kanssa kyseistä linkkiä ei vielä pystytä hyödyntämään samassa mittakaavassa kuin teräsrakenteiden parissa työskennel-

täessä. Kuvasta 16 nähdään ohjelmistojen välisen linkin toimintaperiaate. (Marttinen 2010.)

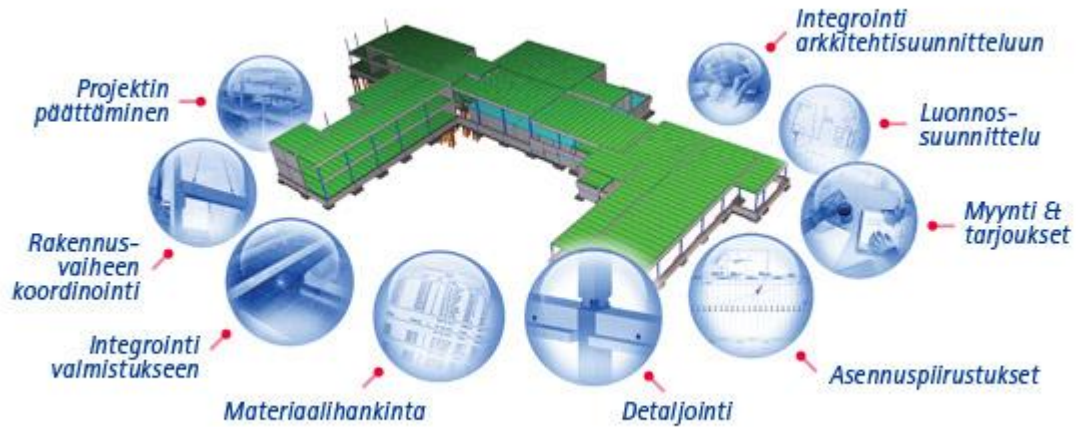


Kuva 16 Rakennemallin ja laskentamallin yhdistävä TS –Robot -linkin toimintaperiaate (Integrointi A&D:hen)

### 3.8 Suunnitteluohjelmistot

Tietomallintaminen yleistyy kovaa vauhtia rakennesuunnittelussa. Tällä hetkellä valtaosa suunnittelusta tehdään kuitenkin yhä 2D-muodossa. Eniten tietomallintamista hyödynnetään tällä hetkellä teräsrakenteiden suunnittelussa, mutta myös betonirakenteiden suunnitteluun on edellytykset esimerkiksi Tekla Structures -ohjelmistossa. Valmiita teräs- ja betonirakenteisiin liitettäviä komponentteja, kuten rakenteiden välisiä liitoksia, liittyviä teräsosia tai rakenteiden sisäisiä raudoituksia betonirakenteissa on runsaasti saatavilla esimerkiksi Tekla Structuresin Suomi-ympäristössä. Puuosista ei ole tällä hetkellä saatavilla samaa materiaalmäärää kuin teräksestä ja betonista. Esimerkkinä Teklassa puiset kattovasat joudutaan luomaan teräs- tai betonipilarityökalulla ja muuttamaan materiaalitiedot vastaamaan suunniteltua materiaalia. Lisäksi rakenteiden liitokset täytyy muokata teräsrakenteiden komponenteista oikeanlaisiksi, jotta liitos vastaa suunniteltua rakennetta. Kuvassa 17 on esitetty tietomallin hyödynnettävyyttä ja siitä ulossaattavia asioita betonirakenteisen rungon osalta. (Valjus ym. 2007, 14.)





Kuva 17 Tekla Structures -ohjelmistolla tehdystä tietomallista saatavia hyötyjä betonirakennesuunnitteluun (Betonielementtien suunnittelijat ja valmistajat)

Rakennesuunnittelijoiden tietomallintamisessa käytettäviä ohjelmistoja ovat muun muassa (Valjus ym. 2007, 34):

- Tekla Structures
- Autodesk Revit
- Vertex
- Allplan Engineering
- Bentley Structures.

Kyseisistä ohjelmistoista Tekla Structures ja Autodesk Revit ovat tällä hetkellä käytetyimpiä tietomallinnusohjelmia rakennesuunnittelussa. (Valjus ym. 2007, 34.)

#### **4 TIEDONSIIRTO ERI SUUNNITTELUOSAPUOLTEN VÄLILLÄ**

Nykyään digitaalinen tiedonsiirto eri suunnitteluosapuolten välillä on välttämätöntä, jotta hankkeessa mukana olevat saavat ajan tasalla olevaa tietoa eri suunnittelijoiden tekemistä ratkaisuista. Tiedon siirtäminen on olennainen osa rakennushanketta, jotta tehdyt suunnitelmat pystytään toteuttamaan halutulla tavalla. Käytettävään tiedonsiirtotapaan vaikuttaa se, siirretäänkö piirustuksia,

laskelmia, 3D-malleja vai tietomallipohjaista tietoa. Eri osapuolten käytössä olevien ohjelmistojen tallennus- ja tiedonsiirtomuodot tulee selvittää, jotta tietoa ei häviä siirtojen ja tallennuksien aikana. Tämä johtuu siitä, että eri ohjelmistot voivat käsitellä samaa tietoa eri lailla. Kohdetta suunniteltaessa tulee välttää suurien ohjelmistopäivityksien tekemistä suunnittelun aikana. (Penttilä ym. 2006, 33-35.)

Hankkeen tiedonsiirto yksinkertaistuu silloin, kun heti hankkeen alkuvaiheessa sovitaan yhteisesti käytettävästä formaatista ja mahdollisesti myös käytettävästä ohjelmistoversiosta. Käytettyjä tiedonsiirtomuotoja ovat esimerkiksi dokumenttipohjaisessa suunnittelussa AutoCADin DWG-tallennusmuoto ja tietomallipohjaisessa suunnittelussa ohjelmistosta riippumaton IFC-tallennusmuoto. (Penttilä ym. 2006, 33-35.)

#### **4.1 Tiedonhallinta**

Tiedon siirtämiseen liittyvistä menettelytavoista tulee sopia heti hankkeen alkuvaiheessa, jolloin tehdään tietomallien luovutussopimus. SKOL RY:n Tietomallien luovuttamista koskeva luovutussopimus pohja löytyy liitteestä 3.

Luovutussopimuksessa esitettäviä asioita ovat muun muassa (Mallintava suunnittelu):

- sopimuksen osapuolet
- tiedonsiirtoformaatti, esimerkiksi IFC-muoto
- mitä tietoa siirretään
- tietomallien korvauserusteet
- edelleen luovutus kolmansille osapuolille
- luovutetaanko malli vain kerran vai säännöllisin väliajoin.

Suunnitteluosapuolten kesken siirrettävä tieto tulee olla sellaisessa muodossa, että eri osapuolet pystyvät hyödyntämään tietoa mahdollisimman tehokkaasti. Tiedonsiirtämisen sujuminen projektiosapuolten välillä on tärkeä asia projektin onnistumisen kannalta. Tämä edellyttää yhteensopivien ohjelmistojen ja tiedonsiirtoformaattien käyttämistä. Tiedonsiirtäminen osapuolten välillä

voidaan suorittaa natiivimuodossa tai vaikka IFC-muodossa. Natiivimuodolla tarkoitetaan suunnitteluohjelmiston omaa tallennusmuotoa, ja se on usein avattavissa ainoastaan samalla suunnitteluohjelmistolla. IFC-formaatti on ohjelmistoriippumaton tallennusmuoto, joka on yleisesti käytössä eri suunnittelu osapuolten välisessä tiedon siirrossa. (Mallintava suunnittelu.)

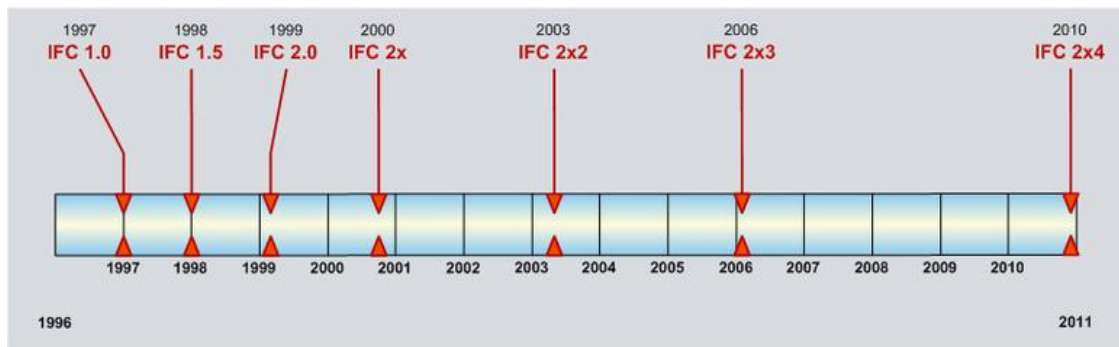
## **4.2 BSI ja IFC-tiedonsiirtostandardi**

BuildingSMART International (lyhennettynä BSI) on entiseltä nimeltään International Alliance for Interoperability (lyhennettynä IAI). Kyseinen maailmanlaajuinen organisaatio on perustettu 1990-luvulla, siihen kuuluu yli 500 jäsenjärjestöä 24 maassa. Tarkoituksena sillä on tarjota perusta rakennusprosessin parantamiselle sekä tietojen jakamiselle eri osapuolten välillä, koko rakennuksen elinkaaren ajan, suunnittelusta kiinteistönpitoon asti. Kyseisen järjestön keskeisenä tehtävänä on IFC-tiedonsiirtostandardin kehittäminen ja ylläpitäminen. (BuildingSMART International.)

IFC (Industry Foundation Classes) on ohjelmistoriippumaton avoin tiedonsiirtomuoto. IFC-formaattia käytetään eri mallinnusohjelmien väliseen tiedonsiirtoon. IFC-formaatti mahdollistaa rakennukseen liittyvän geometrian ja rakennusosien attribuuttitiedon siirtämisen eri hankeosapuolien välillä, kuten kuvasta 18 nähdään. IFC-spesifikaation mukaiset kansainväliset määrittelyt on tehty käyttäen ISO:n ISO 16739 -dokumenttia. (BuildingSMART International.)

Tällä hetkellä IFC-muotoa voidaan käyttää ainoastaan tietomallimuotoisen tiedon siirtämiseen eri ohjelmien välillä IFC-formaatissa. Piirustusmuotoista tietoa ei IFC-formaatissa pystytä siirtämään. Tämän vuoksi myös muille tiedonsiirtomuodoille rakennushankkeessa on tarvetta, jotta tiedon siirtyminen osapuolten välillä varmistetaan. (Penttilä ym. 2006, 37.)

Kuten kuvasta 18 voidaan nähdä, ensimmäinen IFC-versio ilmestyi vuonna 1997. Tällä hetkellä käytetään pääasiassa IFC 2x3 -versiota, mutta sen korvaa vuoden 2011 alkupuolella julkaistava IFC 2x4. (Yhteenvedo IFC-julkaisut.)



Kuva 18 IFC-versioiden julkaisut (Yhteenveto IFC-julkaisut)

### 4.3 Varaus- ja reikäsuunnittelu

Varaus- ja reikäsuunnittelulla on tarkoitus saada valmiiseen rakenteeseen tarvittavat varaukset, jotta työmaalla välttyttäisiin turhalta timanttioraukselta ja piikkaamiselta. Varauksia, joita rakenteisiin tyypillisesti suunnitellaan ja tehdään, ovat esimerkiksi LVIS-putkien läpivientejä varten tehtävät aukot. Päävastuu reikä- ja varaussuunnittelun koordinoinnissa on päärakennesuunnittelijalla.

Varaus- ja reikäpiirustuskierto tapahtuu perinteisessä 2D-suunnittelussa hankkeen alkuvaiheessa käytettävissä olevien rakennesuunnitelmien pohjalta. Rakennesuunnittelija tekee jokaisesta tasosta oman piirustuksen, jota käytetään ainoastaan reikien merkitsemiseen. Kyseiseen piirustukseen lisätään niin kutsuttu kiertotaulukko nimiökentän yläpuolelle. Piirustus lähetetään eri suunnitteluosapuolille, kuten LVI- ja sähkösuunnittelijalle. Eri suunnitteluosapuolet täydentävät piirustukseen heidän tarvitsemansa varaukset, jotka suunnittelussa tulee ottaa huomioon. Piirustuksien tultua takaisin rakennesuunnittelijalle lähetetään ne urakoitsijoille. Urakoitsijoille lähetettävät piirustukset tulostetaan yleensä muoviselle plaaneille ja tarvittavat merkinnät tehdään muoveihin, joista rakennesuunnittelija siirtää varaukset sähköiseen tasopiirustukseen. Tasopiirustuksessa on reikäkierron jälkeen esillä kaikki rakennesuunnittelun kannalta olennaiset varaukset, kuten ontelolaatastoon tehtävät reiät.

Kun rakennuksen suunnittelu toteutetaan tietomallipohjaisesti, voidaan perinteinen varaus- ja reikäpiirustuskierto korvata reikävarausmalleilla. Kun eri osalojen talotekniset suunnittelijat tekevät jokainen oman reikävarausmallin, on tällöin kyse reikävarausosamallista. Päävastuu reikä- ja varaussuunnittelun

koordinoinnissa säilyy tässäkin tapauksessa päärakennesuunnittelijalla. (Mallintava suunnittelu.)

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa rakenteisiin tehtävät varaukset tarkentuvat eri suunnittelualojen tietomallien kehittymisen yhteydessä. Törmäystarkasteluja eri suunnitteluosapuolten tietomalleille voidaan tehdä joko siihen tarkoitulla ohjelmistolla tai manuaalisesti tarkastelemalla. (Mallintava suunnittelu.)

Tietomallipohjainen hankkeen reikäsuunnitteluprosessi on käyty lävitse oheisessa listassa (Mallintava suunnittelu):

1. Rakennesuunnittelijan tekemä tietomalli jaetaan muille suunnitteluosapuolille. Tiedostomuotona voi olla esim. IFC-formaatti tai vastaava hankkeen alussa sovittu tiedostomuoto.
2. LVIS-suunnittelijat tuovat rakennesuunnittelijan tekemän mallin, oman suunnittelumallin pohjalle, jolloin mallista voidaan havaita riisteävät talotekniset järjestelmät ja rakennesuunnittelijan määrittelemät rakenteet.
3. LVIS-suunnittelijat luovat kyseiseen malliin niin kutsutut reikävarauskappaleet. Reikävarauskappaleissa huomioidaan vaaditut toleranssit sekä eristeiden ja tiivisteiden vaatimat tilat. Varauskappale mallinnetaan siten, että se erottuu valmiista seinäpinnasta esimerkiksi 100 mm valmista seinäpintaa ulommaksi. Kappaleen koossa on lisäksi tärkeää huomioida rakenteen mahdollinen muuttuminen, esimerkiksi paksuntuminen. Edellä mainitusta syystä varauksen tekeminen ylisuurena on järkevää, sillä silloin varaus tulee varmasti huomioiduksi. Kun reikävarauskappale mallinnetaan, tulee siihen geometrian lisäksi määrittellä myös tietoa reiän käyttötarkoituksesta ja toleransseista.
4. Kun talotekniikan suunnittelijat ovat tehneet tarvittavat varaukset, tallennetaan malli sovittuun tiedostomuotoon. Valmis malli sisältää ainoastaan varauksiin ja reikiin liittyvää tietoa. Malli jaetaan sovitun tiedonsiirtotavan mukaisesti eri osapuolille. Jos esimerkiksi sähkösuunnittelija ja ilmanvaihdonsuunnittelija ovat tehneet omat reikäva-

rausosamallit, tuodaan esitettävät reikävaraukset yhteen malliin. Yhdessä reikävarausosamallit muodostavat varsinaisen reikävarausmallin.

5. Rakennesuunnittelija tekee kyseisten reikävarauksien pohjalta reiät rakenteisiin, mikäli se on mahdollista. Jos varauksen tekeminen ei jossain kohdassa onnistu, pystytään mallin avulla helposti suunnittelemaan vaihtoehtoinen paikka varaukselle.
6. Rakennesuunnittelija tarkistaa tämän jälkeen rakennemallin, johon on lisätty vaadittavat aukot ja talotekniset ratkaisut sisältävä IFC-malli. Tarkastelulla varmistetaan, että törmäilyjä läpivientien osalta ei tule. Myös taloteknisten suunnittelijoiden on syytä tehdä vastaava törmäystarkastelu omassa tietomallissaan.

Tietomallipohjaisesti toteutettu reikävarauskierto antaa paremmat perusteet reikien sijainnin oikeaan satuttamiseen. Lisäksi mallintamalla tehdyt reiät ovat visuaalisesti nähtävillä valmiissa rakenteessa, mikä helpottaa rakennesuunnittelijaa mahdollisten ”ongelmakohtien” suunnittelussa. Kun reiät on suunniteltu mallintamalla, pystytään lisäksi työmaalla helposti huomaamaan, mitä varauksia rakenteisiin tulee. Tietomallinnettavan hankkeen reikävarauksien merkitysohje löytyy liitteestä 4. (Mallintava suunnittelu.)

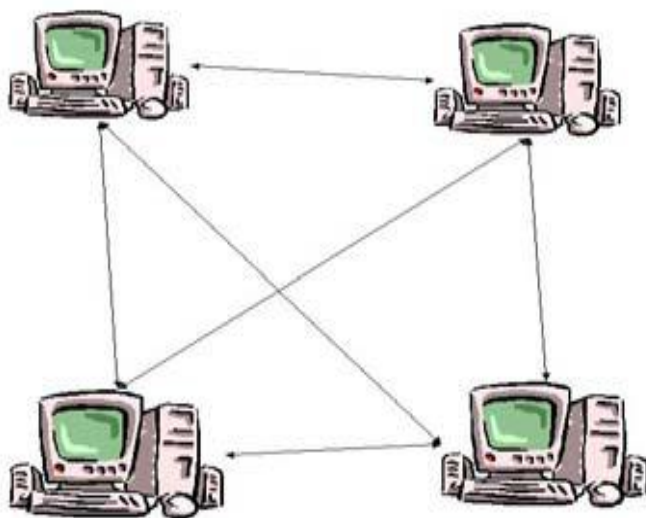
#### **4.4 Tiedonsiirtotapoja**

Tiedonsiirrossa avainasiana on tiedonvälittäminen osapuolelta toiselle. Mitä yksinkertaisemmaksi ja selkeämmäksi tiedonsiirtäminen saadaan, sitä sujuvampaa projektin läpivieminen on (Romo ym. 2004). Rakennushankkeessa käytettävät tiedonsiirtotavat esitellään luvuissa 4.4.1–4.4.2 (Romo ym. 2004).

#### 4.4.1 Perinteinen dokumenttipohjainen rakennesuunnittelu

##### *Ristiin tapahtuva tiedonsiirto*

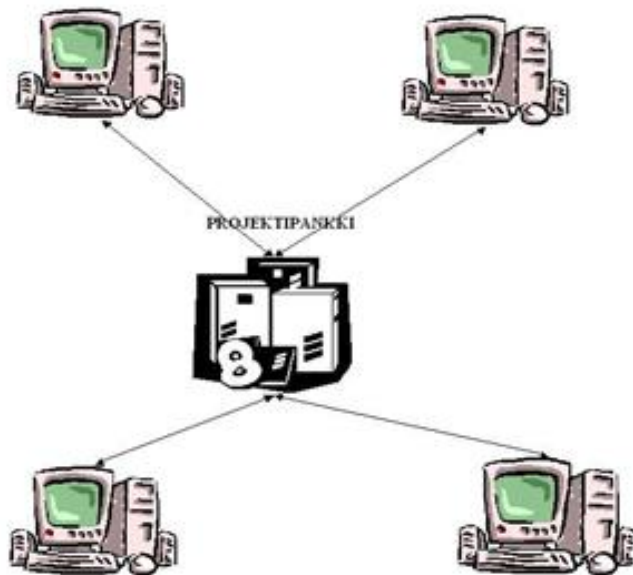
Hankkeen osapuolet jakavat suunnitteludokumentteja ja tietoa toisilleen esimerkiksi sähköpostia apuna käyttäen. Toisen suunnittelijan tekemä piirustus voidaan tuoda oman piirustuksen taustalle referenssiksi ja näin ollen voidaan tarkastella suunnitelmien yhteensopivuutta 2D-tilassa. Jokainen osapuoli niin vastaanottaa kuin lähettää tiedostoja, tästä johtuen mahdollinen tiedonsiirtovaiheessa tapahtuva katkosten määrä on mahdollinen. Ristiin tapahtuvan tiedonsiirron periaate on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19 Ristiin tapahtuva tiedonsiirron toimintamalli (Romo ym. 2004)

##### *Projektipankki/ dokumenttipalvelin*

Projektipankki on yleinen tapa koota yhteen rakennushakkeen hankedokumentit. Projektipankit perustuvat tiedostojen tallentamiseen Internetissä toimivalle erilliselle palvelimelle. Projektipankin etuna on viimeisimmän suunnittelutiedon löytyminen samasta paikasta ja osapuolten keskenään välitettävän tietomäärän väheneminen. Projektipankin toimintaperiaate on esitetty kuvassa 20.



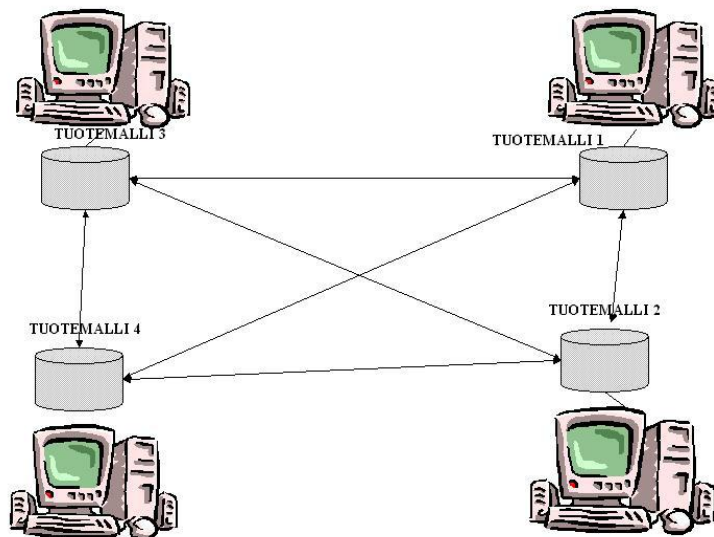
Kuva 20. Projektipankin toimintamalli (Romo ym. 2004)

#### 4.4.2 Tietomallipohjainen rakennesuunnittelu

##### *Hajautettu tietomalli*

Hajautettu tietomalli vastaa perinteisen suunnitteluprosessin ristiin tapahtuvaa tiedonsiirtoa. Tässä vaihtoehdossa jokaisella suunnittelijalla on oma tietomalli, josta suunnittelija itse huolehtii. Mallien jakaminen eri osapuolten kesken tapahtuu sovittua tiedonsiirtoformaattia käyttäen, esimerkiksi IFC 2x3 -formaattia. Muiden suunnitteluosapuolten tietomallit tuodaan referenssiksi oman tietomallin taustalle. Kun hankkeen tiedonsiirto toteutetaan hajautettujen tietomallien avulla, ei mallista automaattisesti synny yhteistä tietomallia. Yhdistelmämallin tekeminen tapahtuu kokoamalla hajautetut mallit yhteen malliin. Hajautetun tietomallin toimintaperiaate on esitetty kuvassa 21.

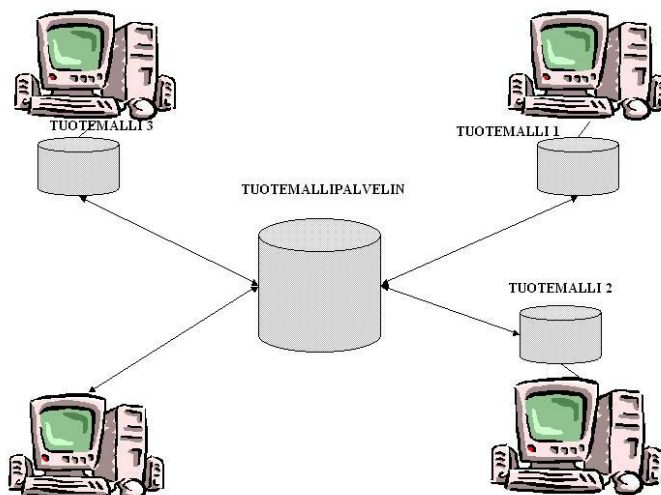




Kuva 21 Hajautetun tietomallin toimintaperiaate (Romo ym. 2004)

### *Tietomallipalvelin*

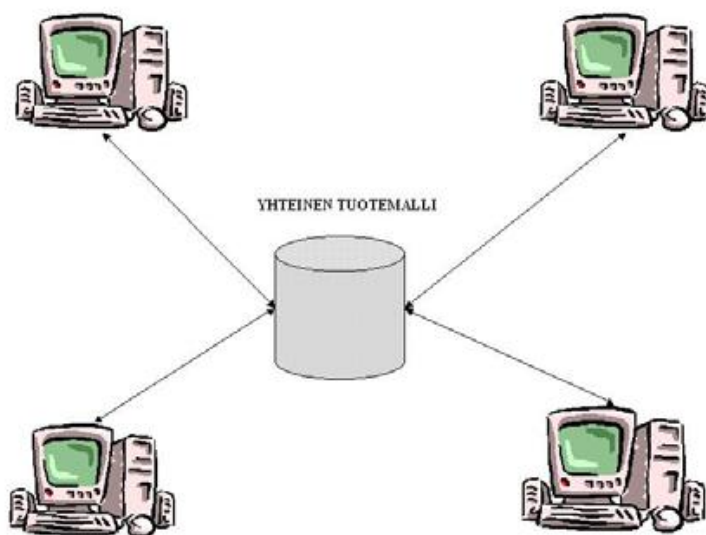
Tietomallipalvelinta voidaan verrata projektipankin toimintaperiaatteeseen. Palvelin on Internetin välityksellä toimiva tallennuspaikka, jonka tarkoituksena on yhdistää eri suunnittelualojen mallit yhdeksi malliksi. Tiedot palvelimelle ladataan hankkeen alkuvaiheessa sovittua yhtenäistä formaattia käyttäen (esimerkiksi IFC 2x3). Tietomallin toimintaperiaate on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22 Tietomallipalvelimen käyttö hankkeessa (Romo ym. 2004)

## *Yhtenäinen tietomalli*

Kun hankkeen suunnittelu toteutetaan yhtenäistä tietomallia käyttäen, vaaditaan suunnittelijoiden ohjelmistoilta soveltuvuutta malliin annettavan tiedon tulkitsemiseen. Tämän takia suunnittelijoiden tulee tässä vaihtoehdossa käyttää yleensä samaa suunnitteluohjelmistoa. Suunnittelun täytyy edetä eri osapuolten kesken melko samanaikaisesti, jotta päällekkäiseltä työltä vältytään. Yhteisen tietomallin käyttö edellyttää myös nopeaa verkkoyhteyttä, jotta mallin käyttäminen reaaliajassa on mahdollista. Kuvassa 23 on esitetty yhtenäisen tietomallin toimintaperiaate.

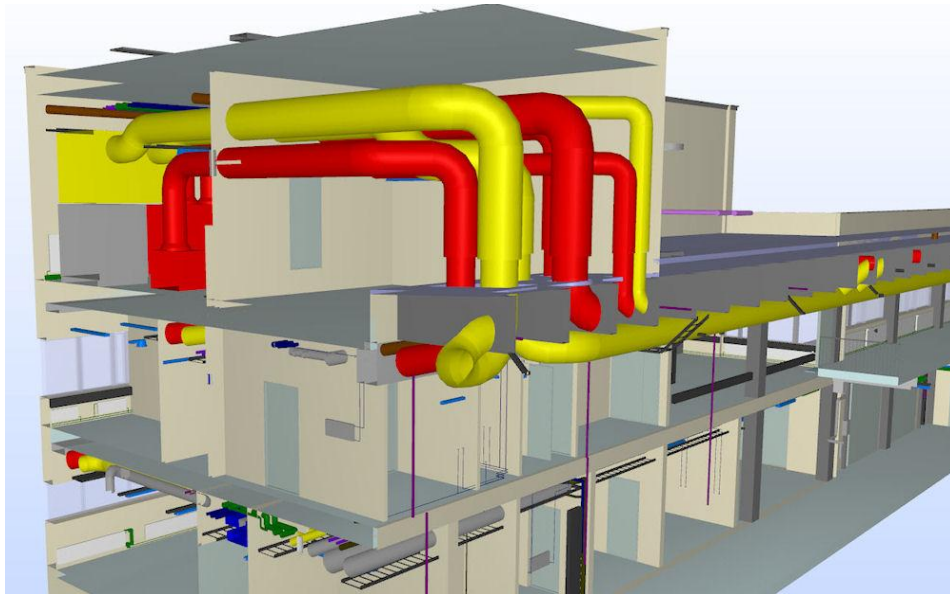


Kuva 23 Eri suunnittelualojen yhtenäinen tietomalli (Romo ym. 2004)

### **4.5 Eri suunnittelijoiden yhdistetty tietomalli**

Tietomallien yhdistämisellä pyritään varmistamaan eri suunnittelualojen tietomallien keskinäinen yhteensopivuus ja ristiriidattomuus. Tietomallien keskinäiseen tarkasteluun käytetään yleensä erikseen kyseiseen tarkoitukseen tehtyjä ohjelmistoratkaisuja, mutta myös tarkastelu suunnittelijan omassa tietomallinsohjelmistossa on mahdollista. Tiedonsiirtämiseen käytetään yleensä ohjelmistoriippumatonta IFC-formaattia. Tarkasteluohjelmistona voidaan käyttää esimerkiksi Solibri Model Checker- tai Tekla BIM sight - ohjelmistoa. (Tietomallivaatimukset 2007.)

Tietomallien tarkasteluohjelmistolla analysoidaan suunnitteluosapuolten yhteen tuodut tietomallit. Kun eri suunnittelijoiden tietomallit ovat esillä yhdessä mallissa, pystytään helposti havaitsemaan mahdolliset suunnitelmien puutteet ja päällekkäisyydet, lisäksi tarkastelun voi suorittaa ennalta ohjelmoitujen sääntöjen pohjalta. Näin ollen suunnitelmien ristiriitaisuudet huomataan ja rakennuksen toimivuus varmistetaan entistä aikaisemmassa vaiheessa, jo ennen kuin suunnitelmat lähtevät työmaalle. Kuvasta 24 voidaan havaita yhdistelmämallin havainnollisuus törmäystarkasteluja suorittaessa. (Tietomallivaatimukset 2007.)

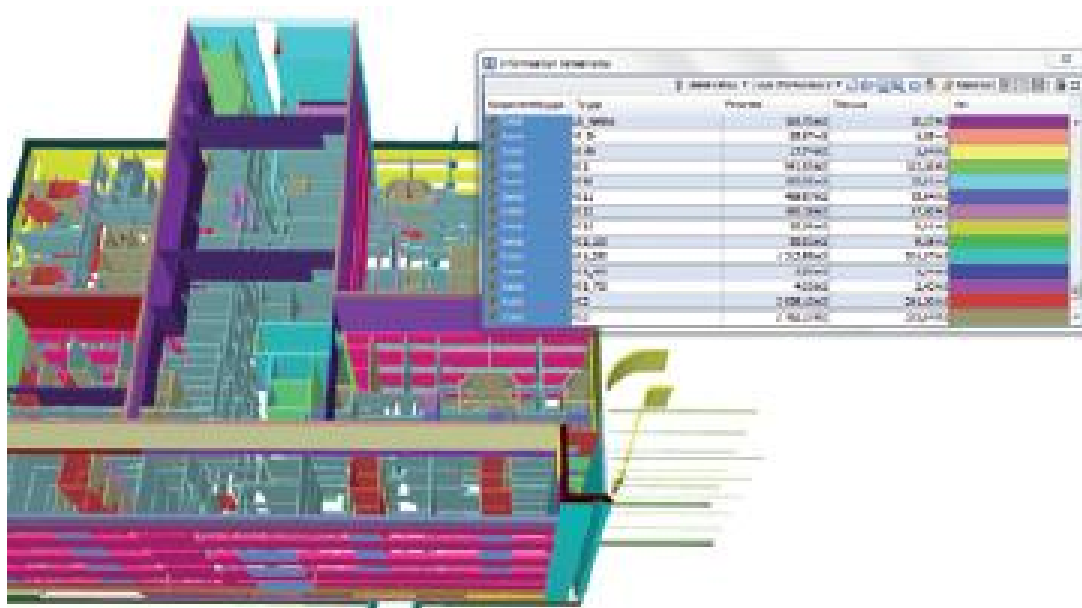


Kuva 24 Törmäystarkastelu Solibri Model Checker -ohjelmistolla (Solibri Model Checker)

Tarkasteluohjelmien käyttäjiä eivät ole ainoastaan suunnittelijat, vaan myös muut hankkeen osapuolet saavat hyötyä kyseisistä ohjelmistoista. Esimerkiksi rakennusliikkeet voivat tehdä ajan tasalla olevia luotettavia määrälaskelmia suoraan mallista muutamalla napin painamisella. Näin vältetään turhalta, pahimmassa tapauksessa viivoittimella tehtävältä määrälaskennalta, joka on suhteessa hidasta ja huomattavasti epätarkempaa verrattuna suoraan mallista otettavaan tietoon. (Solibri Model Checker.)

Solibri Oy on julkaissut malleista saatavan tiedon ulosottamiseen tarkoitetun työkalun, ITO:n. (Informaation talteenotto, eng. Information Takeoff). ITO mahdollistaa minkä tahansa tietomalliin annetun tiedon uloshakemisen suo-

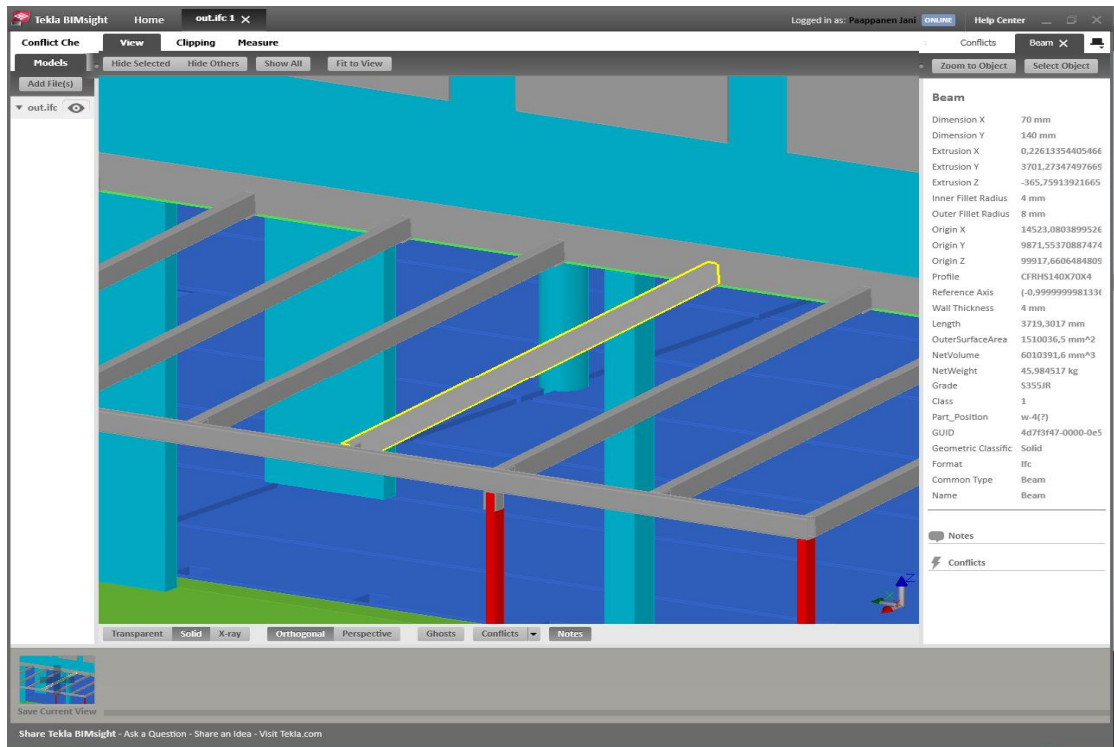
raan mallista, haluttuja ehtoja käyttäen. Sen avulla voidaan tuottaa haluttuja raportteja, esimerkiksi käytettävien seinien materiaalimenekkeistä kussakin kerroksessa (kuva 25). (Jauhiainen, Kulusjärvi & Widney.)



Kuva 25 Rakennetyypeittäin eri värein visualisoitu rakennuksen runko (Jauhiainen ym.)

Tekla Structures on myös kehittänyt tietomallien katselemiseen ja IFC-mallien yhdistämiseen soveltuvan ilmaisen Tekla BIMsight -ohjelmiston. Kyseisellä ohjelmistolla voidaan yhdistää eri suunnittelijoiden tietomalleja ja siten tarkistaa tietomallien keskinäistä toimivuutta. Lisäksi esimerkiksi rakennesuunnittelijan tietomallista pystytään vaivattomasti tarkastamaan mitta-, määrä- ja materiaalitietoa tai muuta rakennesuunnittelijan määrittelemää tietoa.

Ohjelmisto on ilmainen, eikä se aiheuta rakennushankeen osapuolille lisäkustannuksia. Kyseinen ohjelmisto tulisi ehdottomasti olla ainakin työmaames-tareiden tietokoneella, mikäli rakennushanke toteutetaan tietomallintamalla. Kuvassa 26 on esitetty Tekla BIMsight -ohjelmalla tarkasteltavasta IFC-mallista saatavaa tietoa.



Kuva 26 Tekla BIMsight -ohjelmassa näkyvää tietoa rakenteista

#### 4.6 Tiedon arkistointi ja ylläpito

Jatkuvasti eteenpäin menevä kehitys asettaa haasteita tietomallien säilyvyydelle. Tietomallimuotoiset tiedostot vanhenevat tekniikan kehityksen yhteydessä ja pahimmassa tapauksessa saattavat hävitä, joko osittain tai kokonaan servereiltä niiden tuhoutuessa. Vaikka uudempi tiedostomuoto yleensä sallii vanhemman tiedostomuodon avaamisen, on silti mahdollista, että kaikkea tietoa ei kuitenkaan saada mallista ulos. (Tietomallinnettava rakennushanke 2010.)

Rakennuksen valmistuttua toteumamalli tulee tallentaa ja arkistoida mieluummin useassa eri tallennusmuodossa sellaiseen paikkaan, jonka tiedetään olevan käytössä myös tulevaisuudessa, esimerkiksi varmuuskopioita varten tehdyille servereille. Kun ohjelmistojen käytössä siirrytään käytössä olevasta versiosta päivitettyyn versioon, olisi järkevää tallentaa myös vanhat tietomallit uuteen tallennusmuotoon, jolloin usean version ylihyppäyksiä ei tulisi. (Tietomallinnettava rakennushanke 2010.)

Vaikka tieto arkistoidaan digitaalisessa muodossa, suunnittelijan/ rakennuttajan toimesta on paikallisella rakennusvalvontaviranomaisella oltava myös pa-



perille tulostetut asiakirjat arkistoissa, mahdollista myöhempää tarkastelua varten. (Tietomallinnettava rakennushanke 2010.)

## 5 ESIMERKKIKOHTEN TARKASTELU

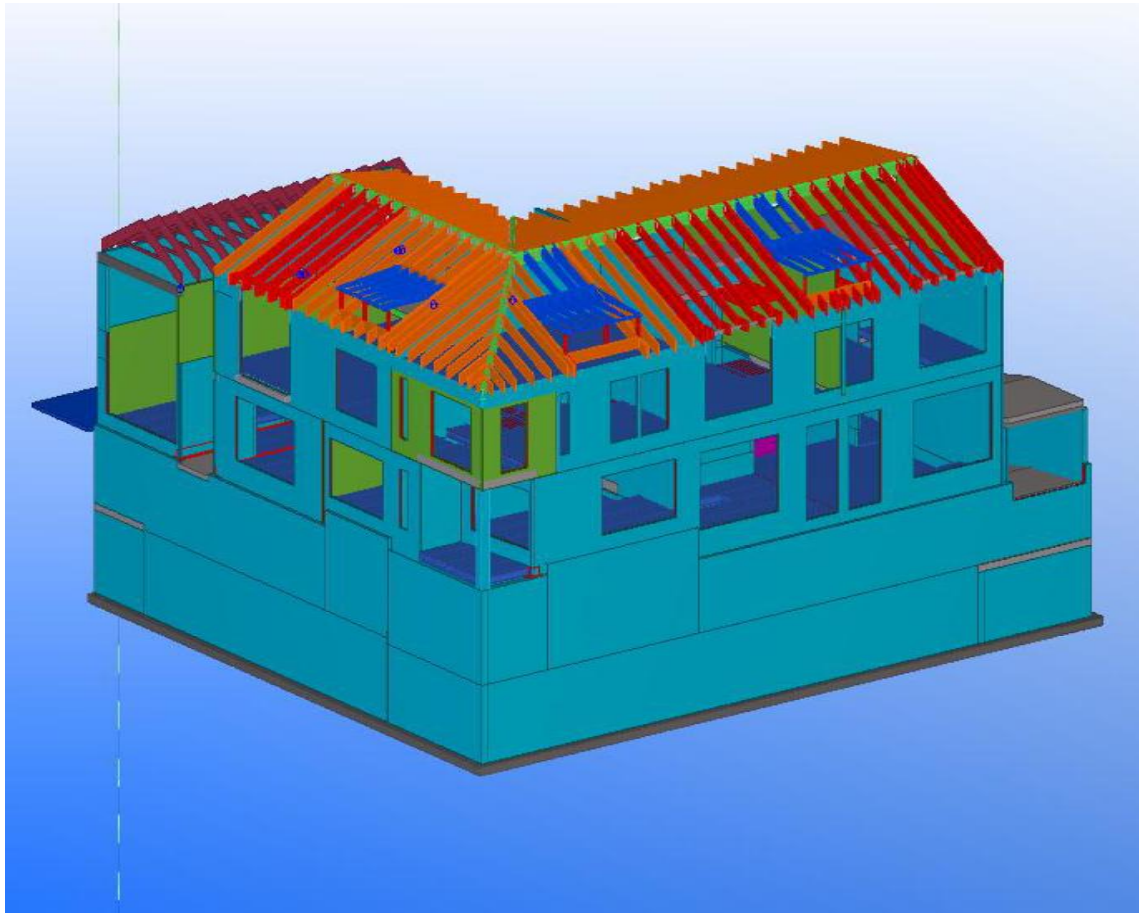
Tässä luvussa on tarkasteltu Lappeenrantaan rakennettavan uudisrakennuksen rakennesuunnittelua, sekä eri suunnittelutyökalujen käyttöä kohteesta laadittavien rakennepiirustuksien tuottamisessa.

### 5.1 Käyttötarkoitus

Suunniteltava kohde on Lappeenrannan keskustassa rakenteilla oleva asuin- ja liikerakennus Wilhunkulma. Rakennus koostuu kahdesta kellarista ja kolmesta kerroksesta. Kohteen tilaajana toimii Assi Group Oy, rakennuttajana toimii Siluc Oy, arkkitehtinä Sito Oy ja rakennesuunnittelusta vastaa Pöyry Finland Oy. Kuvissa 27 ja 28 on esitetty arkkitehdin tekemä visualisointi valmiista rakennuksesta ja rakennesuunnittelijan rakennekuva kyseisestä kohdasta.



Kuva 27 Arkkitehdin havainnekuva valmiista rakennuksesta



Kuva 28 Rakennesuunnittelijan rakennemalli valmiista rakennuksesta

## 5.2 Rakennejärjestelmä

Rakennuksen perustukset ovat maanvaraisia nauha- ja pilarianturoita. Alapohjarakenteena on maanvarainen teräsbetonilaatta. Rakennuksen runko on paikallavalettua teräsbetonia. Välipohjat ovat pääosin ontelolaattarakenteisia. Muita välipohjissa käytettyjä rakenteita ovat muun muassa paikallavalettavat kentät, jälkijännitettävät paikallavalettavat kentät, kuorilaatastot ja puurakenteiset porrasvaraukset liiketilojen välisissä ontelolaatastoissa. Rakennuksen yläpohja on toteutettu puu- ja teräsrakenteisena.

Rakennuksen jäykistäminen on hoidettu porrashuoneilla, väliseinillä ja kantavilla ulkoseinillä. Lisäksi rakennuksen välipohjat on sidottu rengasraudoituksella levymäisiksi rakenteiksi, joilta vaakakuormitus välitetään rakennuksen pystyrakenteille.





kertaan tapahtuvalta suunnittelutyöltä olisi pystytty välttymään, kun kohteen haastavia rakenteita suunniteltiin.

Erona tietomallintamisella ja perinteisellä suunnittelulla on se, että kerran mallinnettua asiaa voidaan muokata jälkeinpäin ja mallinnettu paikka on heti katsojan helposti ymmärrettävissä. Edellä mainittu asia tuli esiin etenkin siinä vaiheessa, kun kohteen suunnittelussa oli mukana useampi rakennesuunnittelija.

Tietomallin tekeminen aloitettiin siinä vaiheessa, kun rakennesuunnitelmat olivat alempien kerroksien osalta jo valmiina. Tämän vuoksi suunniteltujen paikkojen mallintamiseen ei ollut järkevää keskittää resursseja. Alimmat kerrokset mallinnettiin ainoastaan pinnallisella tasolla, eli rakenteiden geometria kuvattiin ainoastaan todellisuutta vastaavalla tavalla.

Tietomallinnettaessa päätettiin keskittyä paikkoihin, joita ei ollut vielä suunniteltu, ja paikkoihin joiden suunnitelmiin tuli rakentamisvaiheessa muutoksia.

## **5.5 Tietomallin luominen**

Tietomalli tehtiin arkkitehdin työpiirustuksien pohjalta. Myös rakennepiirustuksia hyödynnettiin alemmissä kerroksissa muun muassa anturoiden sijainteja määriteltäessä. AutoCADilla tuotetut dwg-muotoiset piirustukset tuotiin Teklaan referenssiksi insert referense model -komennolla. AutoCAD piirustuksien tarkoituksena oli helpottaa mallin tekemistä. Piirustukset keskitettiin oikeaan sijaintiin Teklaan luodun moduuliverkon avulla. Moduuliverkko tehtiin AutoCADin moduuleiden mukaan. Koska kyseessä on 3D-malli, annettiin ohjelmaan myös rakenteiden korkeusasemaa kuvaavia arvoja. Koroiksi valittiin tasojen alapintojen korot. Malliin referensseiksi tuotujen leikkauksien korkeusasemaa määrittäessä hyödynnettiin luotuja Z-akselin suuntaisia moduuliviivoja.

## **5.6 Tietomallista saatuja hyötyjä kohteessa**

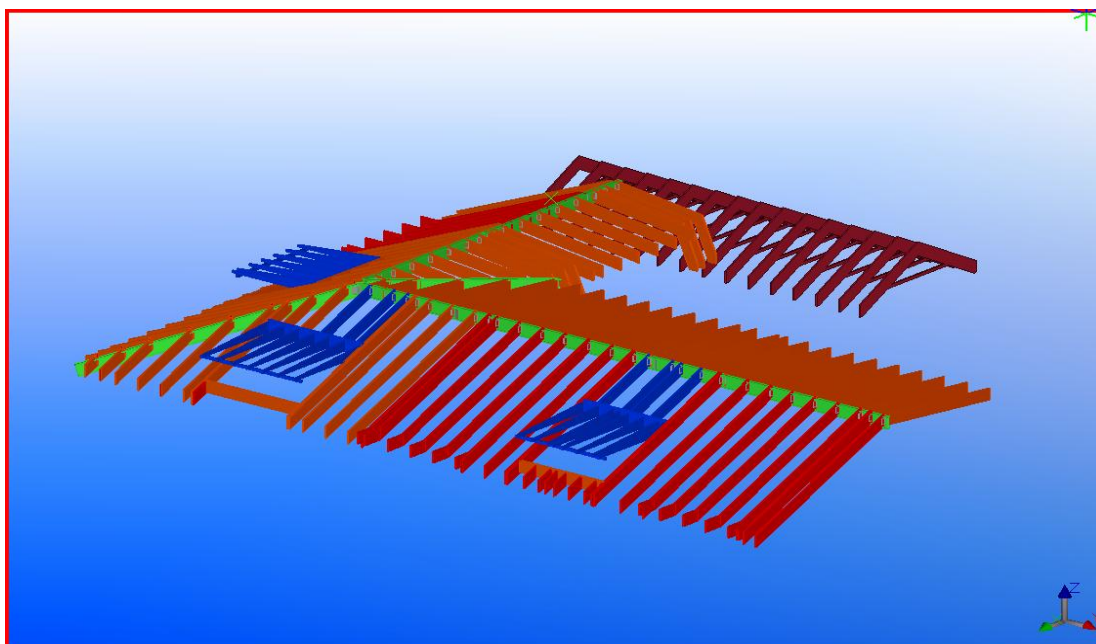
Tietomallintamista hyödynnettiin kohteessa suppealla tasolla. Toisin sanoen kohdetta mallintaessa keskityttiin ainoastaan rakennesuunnittelun kannalta olennaisiin asioihin. Vaikka tietomallia tehdessä keskityttiin ainoastaan rakennesuunnitteluun, hyödynnettiin mallista ajettuja IFC- ja XML-malleja muun

muassa arkkitehdin ja urakoitsijan kanssa käytyjen keskustelujen pohjana selventämään suunniteltua rakennetta.

IFC-mallin avaaminen tapahtui arkkitehdillä Archicadilla ja urakoitsijalla Tekla BIMsight -ohjelmistolla. IFC-malli tehtiin ainoastaan havainnollistamaan suunniteltuja rakenteita. Muille osapuolille lähettyyn malliin ei laitettu pultteja, raudotteita eikä muita liitososia näkyviin, jotta mahdollisia tulkintavirheitä ei syntisi. IFC-mallin jakaminen hankkeen muille osapuolille sai aikaan positiivista palautetta.

### 5.6.1 Vesikaton rakenteet

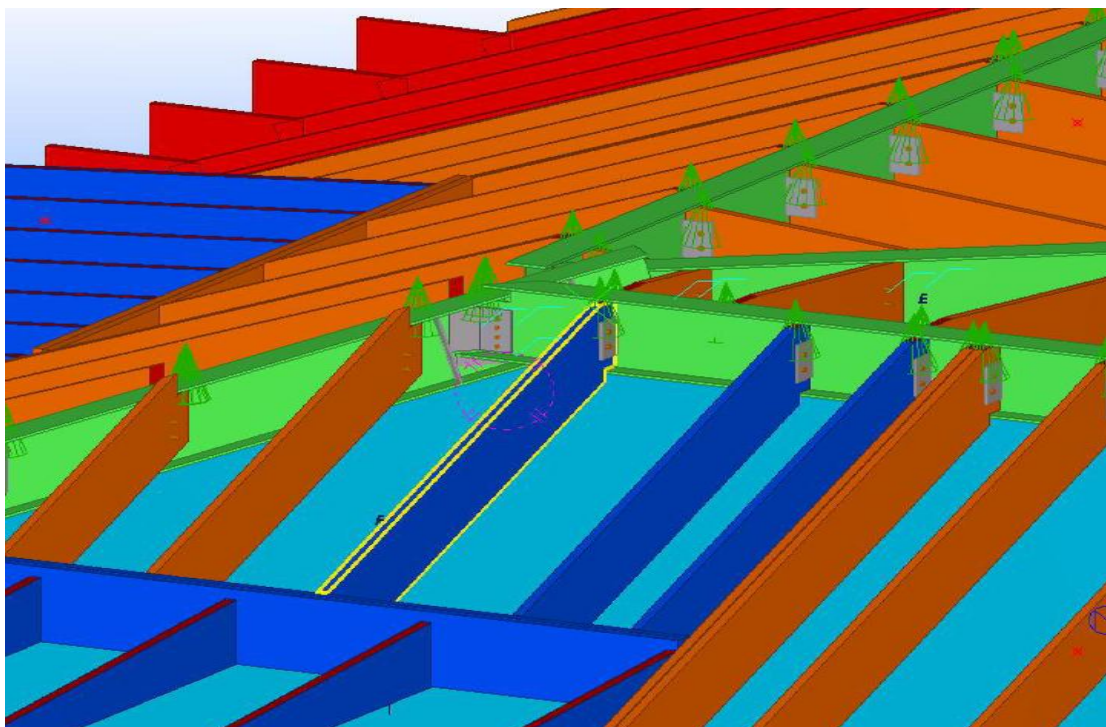
Tietomallintaminen päätettiin ottaa avuksi rakennesuunnitteluun siinä vaiheessa, kun rakentamista varten tehtäviä piirustuksia kohteen yläpohjasta aloitettiin tekemään. Kattorakenteena kohteessa on puu- ja teräsrakenteinen vinoyläpohja, kyseisessä rakenteessa teräspalkit kannattavat kertopuisia kattovasoja, kuten kuvasta 30 voidaan nähdä.



Kuva 30 Rakennuksen vesikattorakenteet

Kohteen teräspalkit tehtiin konepajalla. Konepajasuunnittelussa on tärkeää, että rakenteisiin liittyvät osat on tarkkaan mietitty ja niiden tulee vastata todellista tilannetta. Tekla Structures -ohjelmistolla pystyttiin helposti mallintamaan

rakenteet ja niihin liittyvät liitokset mitoitusta vastaavalla tavalla. Mallin visuaalinen ulkoasu helpotti myös hahmottamaan rakenteen geometriaa, etenkin kuvassa 31 näkyvien vinojen rakenneosien suhteen.



Kuva 31 Vesikaton primääripalkkien liitos

Kun vastaavanlaisia suunnitelmia tehdään 2D-työkaluilla, mahdollisuus suunnitteluvirheisiin on huomattavasti suurempi kuin tietomallista tehtävillä piirustuksilla. Lisäksi perinteisellä tavalla tehtävien piirustuksien tuottaminen kohdistaa, joissa on kaltevuuksia useaan erisuuntaan, on lähestulkoon mahdotonta.

### 5.6.2 Ontelolaattavälipohjat

Rakennuksen välipohjat toteutettiin mahdollisilta osin elementtirakenteisina. Elementtirakentamisella voidaan säätää työmaalla tehtävää työn määrää alhaisemmaksi. Lisäksi talvirakentaminen asettaa lisähaasteita ja rajoituksia laajojen alueiden valamiseen.

Rakennuksen kaikissa kerroksissa ontelolaattaa ei pystytty kuitenkaan käyttämään. Kyseisiä paikkoja olivat alueet, joissa rakenteisiin kohdistui suuria pistekuormia, paikat, joissa välipohjan korkeus oli matala, ja alueet, joissa geometria oli liian monimuotoinen. Ohessa on listattu rakennuksen kerrokset ja tapa, jolla kyseisen kerroksen ontelolaattasto on suunniteltu.

02-kellarin katon ontelolaatoista tehtävät lappukuvat ja luettelo tehtiin Scale-Cad-ohjelmistolla. ScaleCAD on betonielementtien suunnittelu- ja mallinnus-ohjelmisto. Kyseiseen ohjelmaan mallinnetaan koko kerroksen ontelolaatasto, jonka jälkeen siitä saadaan tuotettua yksittäisten ontelolaatan mittapiirustukset sekä koko tasoa koskeva ontelolaattaluettelo. Pohjana ontelolaataston piirustuksien teossa käytettiin kyseisen kerroksen rakennepiirustusta, johon ontelolaatasto oli aluksi suunniteltu.

01-kellari katon ontelolaatoista tehtävät lappukuvat ja luettelo tehtiin perinteiseen tapaan AutoCAD-ohjelmistolla. Ontelolaatastoon liittyvät dokumentit tuotettiin puhtaasti viivapiirtotekniikalla. Dokumenttien pohjana oli suoraan kyseisen kerroksen tasopiirustus. Kerroksen tasopiirustukseen tuotiin lisäksi kaikki ontelolaattoihin liittyvät varaukset näkyviin. Ontelolaattapiirustuksia tehdessä otettiin kaikki piirustuksessa esitettävät mitat (pituus, varaukset ja leveys) suoraan tasopiirustuksesta, jotta mahdolliset mittavirheet saatiin minimoitua. Yksittäisten onteloiden lappukuvien piirtämisen jälkeen tehtiin kyseisen kerroksen ontelolaatoista luettelo. Luetteloon tapahtuva tietojen syöttäminen tapahtui manuaalisesti, tämän vuoksi kyseinen työvaihe on myös altis virheille.

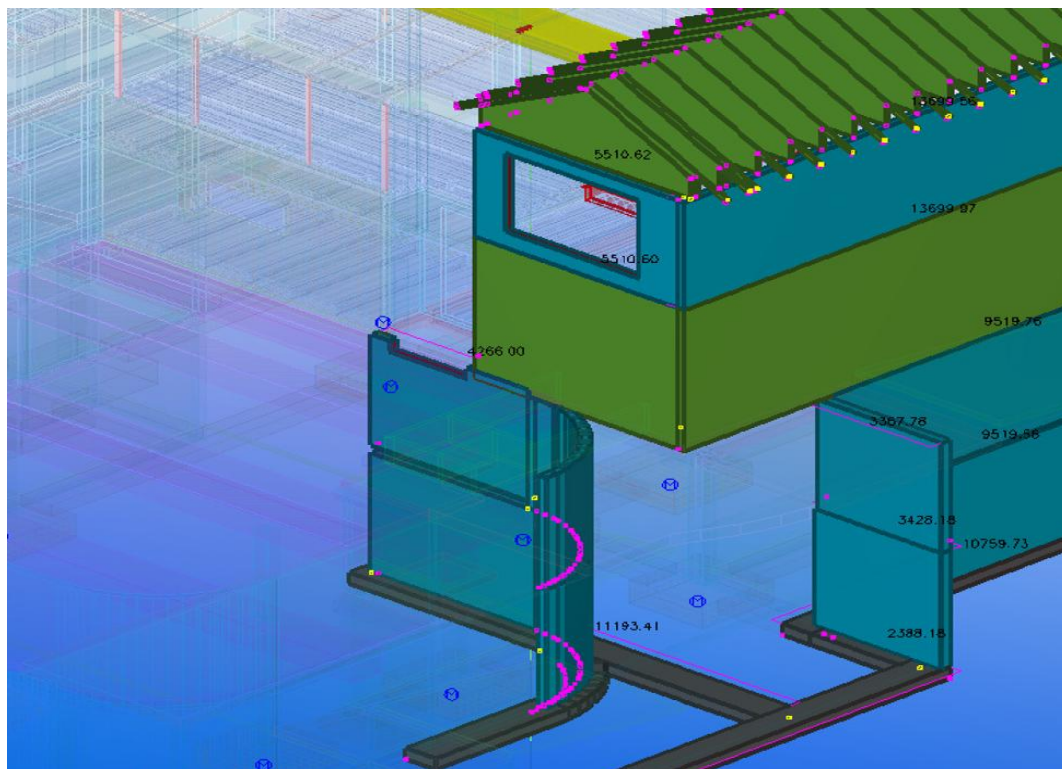
Ensimmäisen kerroksen katon ontelolaatat tehtiin kahteen kertaan. Useampaan kertaan tekeminen johtui muutoksista, joita kohteen urakoitsija esitti. Muutoksissa ajatuksena oli, että kyseisen kerroksen seinämäiset palkit kannatetaan työnaikana Peikon Deltapalkeilla. Muutoksen tarkoituksena oli haastavien muottirakenteiden vähentäminen työmaalla. Tason ontelolaattasuunnittelussa käytettiin ensimmäisellä kerralla ScaleCAD-ohjelmistoa 02-kerroksen katon tapaan. Koska alun perin suunnitellut ontelolaattojen pituudet ja suunnat kuitenkin muuttuivat, täytyi kerroksen ontelolaatat piirtää uudelleen. Muuttuneet ontelolaatat mallinnettiin kohteesta tehtyyn malliin. Ontelolaattojen mallinnukseen käytettiin Tekla Structures-ohjelmistoa, joka oli tässä vaiheessa käytettävissä. Teklassa mallinnetuista ontelolaatoista pystyttiin suoraan tuottamaan piirustuksia, jotka vastasivat mallinnettuja ontelolaattoja sekä kyseisiin piirustuksiin liitettävän ontelolaatta luettelon. Piirustukseen liittyvät varaukset täytyi kuitenkin käydä piirustustilassa muuttamassa, koska ohjelma ei automaattisesti hakenut mittaviivoja kaikkiin varauksiin.

Toisen kerroksen katon ontelolaatat otettiin suoraan ulos kohteen tietomallista. Paikalleen mallinnetusta ontelolaatastosta on helppo varmistaa, että kaikki vaatimukset, esimerkiksi tukipintojen suhteen täyttyvät.

### 5.6.3 Seinämäiset palkit

Rakennuksen monimuotoisen geometrian vuoksi rungossa on runsaasti paikkoja, joissa kantavat rakenteet eri kerroksissa eivät sijaitse päällekkäin. Siitä johtuen välipohjien kannattamiseen tarvittiin seinämäisiä palkkeja, joiden varaan rakennuksen tasot tukeutuvat. Seinämäisiksi palkkeiksi luokiteltuja rakenteita rakennuksessa on yhteensä 12 kappaletta.

Rakennuksen seinämäisiä palkkeja suunniteltaessa hyödynnettiin haastavimmassa paikoissa 3D-mallin visuaalista ulkoasua, vaikka kaikki seinämäiset palkit tehtiin kuitenkin pääasiassa 2D-viivapiirtona. 3D-mallista pystyttiin hahmottamaan ongelmapaikat ja rakenteiden liittyminen ympäröiviin rakenteisiin, kuten kuvasta 32 voidaan nähdä. Tietomallia tehdessä päätettiin seinämäiset palkit mallintaa erivärillä, jotta niiden sijainti ja liittyminen muihin rakenteisiin saatiin havainnollistettua muille hankeosapuolille.

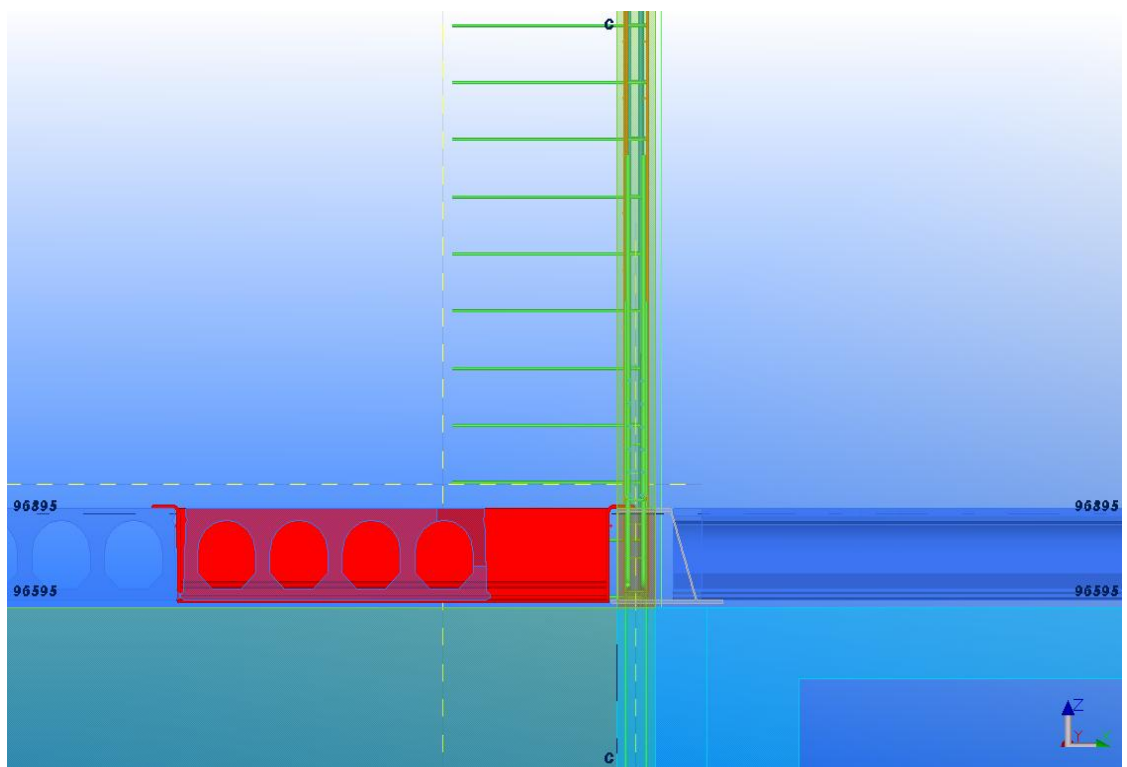


Kuva 32 Kahden ulokkeellisen seinämäisen palkin liittyminen

### *Rakenneratkaisut seinämäisissä palkeissa*

Ensimmäisen kerroksen seinämäiset palkit suunniteltiin vastaamaan urakka-laskentaan lähetettyä palkkirakennetta, jossa palkin alapintaan valetaan niin kutsuttu leuka, jolla kannatetaan siihen tukeutuva välitaso. Työmaalla kyseisellä tavalla toteutettavien seinämäisten palkkien rakentaminen on haastavaa, koska rakenteen muotti täytyy tukea alemman holvin päältä ja lisäksi työskentelyä varten täytyy tehdä erilliset työskentelytasot. Edellä mainittu aiheuttaa työmaalle lisätyötä telineitä kasattaessa ja työpukkeja tehdessä. Kyseisen kerroksen ensimmäisen seinämäisen palkin muottirakenteen tekemisen jälkeen päätettiin toteutustapaa muuttaa siten, että työnaikaisia tuki- ja telinerakenteita ei tarvittaisi.

Toisen kerroksen seinämäisien palkkien muutoksilla haluttiin sitä, että rakennettavan kerroksen lattiarakenne (ontelolaatat) pystytään asentamaan työnaikaiseksi tueksi ennen kuin palkkien muotteja aloitetaan rakentamaan. Kyseinen rakenne toteutettiin seinämäisen palkin alapintaan liitettävällä deltapalkilla, joka otti työnaikaiset kuormitukset vastaan ja lopullisessa tilanteessa toimi leukapalkin tavoin välipohjan tukena (kuva 33).



Kuva 33 Seinämäisten palkkien alapuolelle oleva deltapalkki

Kyseinen työvaihe aiheutti lisätyötä rakennesuunnitteluun, sillä jo suunnitellut kohdat täytyi miettiä uusiksi vastaamaan työmaan toiveita. Edellä mainitulta ylimääräiseltä työltä olisi pystytty välttymään hankkeen alkuvaiheessa tapahtuvalla suunnittelun ja työmaan toteutuksen suunnittelun yhdistämisellä, joka olisi ollut selkeää toteuttaa visuaalisen 3D-katselumallin avulla.

### **5.7 Tiedonsiirto ja reikävaraussuunnittelu**

Tiedonsiirto suunnitteluosapuolien välillä tapahtui sähköpostin välityksellä rishtiin eri suunnitteluosapuolien kesken. Tiedonsiirtotavassa olisi ollut selvää kehitettävää, sillä useaan kertaan huomattiin, että ”tuorein” tieto suunnitelmista ei ollut kaikkien saatavilla tai että lähetetty tieto oli unohtunut päivittää suunnittelijan omaan hakemistoon.

Kohteen varaus- ja reikäpiirustuskierto toteutettiin perinteiseen tapaan tasopiirustuksia kierrättämällä eri suunnitteluosapuolten välillä.

LVIS-suunnitelmien pohjana on käytetty arkkitehdin alkuvaiheessa laatimia tasopiirustuksia. Kyseisissä suunnitelmissa ei ollut esitetty kaikkia rakenteiden kestävyyskannalta tehtyjä muutoksia, kuten tiiliseiniä muuttamista kantaviksi betoniseiniksi. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi varauspiirustuksesta ei ollut esitetty kyseisiä varauksia ja ne jäivät työmaalla tekemättä. Koska varaukset kuitenkin tarvittiin seinään, jouduttiin ne jälkikäteen tekemään timanttiporalla. Kyseisessä kohteessa jälkikäteen tehtävät reiät pystyttiin toteuttamaan ilman vahvistusrakenteita. Kyseiseltä jälkikäteen tehtäviltä reiiltä olisi pystytty välttymään siten, että eri suunnitteluosapuolet olisivat tehneet kohteesta tietomallit, jotka olisi yhdistetty samaan malliin ja sen pohjalta tehty tarvittavat tarkastelut.

### **5.8 Mallista tuotetut asiakirjat**

Rakennuksen mallissa oli tarkoitus alun perin keskittyä kattorakenteiden suunnitteluun. Kun katon rakenteet oli mallinnettu, päätettiin tehtyä mallia käyttäen myös muiden rakenteiden suunnittelun apuna.



Tietomallista voitiin helposti tuottaa piirustuksia halutuista rakennuksen osista. Ainoat haasteet piirustuksien luomisessa aiheutuivat vesikaton vinojen pääkannattajien kokoonpanopiirustuksien teossa. Haasteena kyseisissä piirustuksissa oli etenkin pääkappaleeseen liittyvien vinojen osien liittyminen.

Luetteloiden tekeminen mallinnetuista rakenteista oli vaivatonta. Luetteloiden pohjana käytettiin Pöyry Finland Oy:n omia Excel-pohjia. Mallista tuotettuja luetteloita olivat muun muassa raudoiteluettelot seinistä ja pilareista, osaluettelot vesikaton rakenteista, kokoonpanoluettelo teräsrakenteisesta katoksesta ja ontelolaattaluettelot kerroksien ontelolaattatasoista.

Opinnäytetyön liitteessä 5 on esitetty mallista luotuja piirustuksia ja liitteessä 6 on esitetty mallista tuotettuja luetteloja.



## 6 PÄÄTELMÄT

Tällä hetkellä dokumenttipohjainen 2D-suunnittelu on tietomallintamista yleisempi tapa toteuttaa rakennushankkeen suunnittelu. Rakennehankkeissa tietomallintamisen hyödyntäminen tulee kuitenkin entisestään yleistymään rakennusalalla lähitulevaisuudessa. Tietomallintaminen on tällä hetkellä käytössä etenkin suurissa ja haastavissa hankkeissa, mutta myös perinteisten kerrostalojen suunnittelussa sitä tullaan entistä enemmän "ajamaan sisään" mallista saatavien hyötyjen vuoksi.

Suuret rakennuttajat, kuten Senaattikiinteistöt, ovat havainneet tietomallintamisesta saatavat hyödyt ja vaativat tietomallipohjaista työskentelytapaa uusissa rakennushankkeissa. Myös osa suurimmista rakennusliikkeistä, kuten Skanska ja Lemminkäinen, ovat havainneet tietomallintamisesta saatavien etujen merkityksen ja painottavat sitä "gryndaamalla" toteutettavien kohteiden suunnittelijoita valittaessa. Mielestäni tilaajia ja rakennuttajia tulisi entistä enemmän informoida tietomallintamisesta jo hankesuunnitteluvaiheessa, jotta tietomallipohjaista toimintatapaa osataan vaatia ja siitä saatavat hyödyt rakennuksen elinkaarisuunnittelussa tiedostettaisiin.

Kun rakennuttajat alkavat yhä enemmän vaatia tietomallipohjaista toimintatapaa rakennuksien suunnittelussa, tulee myös suunnittelutoimistoille paineita tietomallintamiseen siirtymisen suhteen. Kyseinen asia tulee varmasti olemaan avainasia uusien työntekijöiden rekrytoinnissa muun osaamisen rinnalla.

Tietomallipohjaiseen suunnittelutapaan siirtyminen vaatii suunnittelutoimistoilta lisäksi investointeja uusiin entistä kalliimpiin ohjelmistoihin ja itse suunnittelijoiden kouluttamiseen. Siten tietomallintamista pystyttäisiin tehokkaasti hyödyntämään jokapäiväisessä suunnittelutyössä. Vaikka tietomallintamisesta on suunnittelussa hyötyä, tulee kuitenkin muistaa, että se on ainoastaan suunnittelun työkalu siihen, että aikaansaadaan toimiva lopputuote.

Suunnittelijoiden tietotekninen osaaminen on mielestäni sillä tasolla, että kokonaisvaltaiseen tietomallintamiseen siirtyminen suurimmalta osin mahdollista. Eniten haasteita todennäköisesti aiheutuu työmaalla, jossa atk-osaaminen ei

ole samalla tasolla. Työmaan tietotekninen osaaminen tulee kuitenkin parantumaan nuorten atk-taitojen lisääntymisen myötä.

Kyseisen rakennuksen suunnittelussa hyödynsin ensikertaa tietomallintamista. Vaikka koko rakennuksen suunnittelussa ei mallintamista hyödynnetty, pystyi silti selvästi havaitsemaan, että mallintaminen olisi pitänyt ehdottomasti aloittaa heti hankkeen alkuvaiheessa. Silloin olisi pystytty saamaan selviä ajallisia säästöjä perinteiseen 2D-suunnitteluun verrattuna. Suurimmat edut rakennesuunnitteluun olisi saatu ongelmapaikkojen havainnollisuuden lisääntymisestä.

Rakennuksen suunnittelua aloitettaessa tulee mielestäni tehdä selvä rajausta siihen, miten suunnittelu toteutetaan. Mikäli päädytään tietomallipohjaiseen toimintatapaan, ei viivapiirtona tapahtuvaa suunnittelua tule siihen sekoittaa, koska muuten mahdolliset ristiriitaisuudet suunnitelmien ja mallin välillä ovat mahdollisia. Detaljien ja muiden yksityiskohtien suunnittelussa viivapiirtäminen tulee kuitenkin olemaan käytössä vielä pitkään tietomallintamisen rinnalla.

Tietomallintamalla toteutettavissa hankkeissa suunnittelun painopiste siirtyy entistä aikaisempaan vaiheeseen. Näin ollen pystytään entistä paremmin vaikuttamaan kohteen kustannuksiin ja vertailemaan eri rakenneratkaisuiden kustannuksien vaikutuksia hankkeen kokonaiskustannuksiin. Lisäksi rakennesuunnittelijan mukaan tulo hankkeeseen entistä aiemmassa vaiheessa on järkevää, jotta aikaan saadaan tilaajan tarpeet täyttävä, toimiva ja rakenteellisesti järkevä rakennus. Jotta tietomallista saadaan täysi hyöty irti, on myös tuotannon suunnittelu syytä ottaa huomioon mallia tehdessä, kuten esimerkkikohteesta kävi selville. Näin pystytään vaikuttamaan suunniteltaviin rakenneratkaisuihin ja huomioimaan myös työmaan kannalta tehokkaimmat toteutustavat.

Tietomallintamalla tehdyn mallin siirtämisellä laskentaohjelmaan pystytään varmistamaan kokorakennuksen ja yksittäisen rakenneosan kestävyys. Edellä mainitun siirronkäyttö tulee varmasti yleistymään ohjelmistojen kehittymisen myötä. Mallin siirtäminen laskentaohjelmaan takaa laskennalle todellisuutta vastaavat materiaali- ja geometrianlähtötiedot, eikä niitä tarvitse suunnitella erikseen kahdella eri ohjelmistolla.

## LÄHTEET

Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu. Arkkitehti Seppo Niemioja, Innovarch Oy. 3. painos, elokuu 2005  
[http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset\\_tulokset/proit\\_tuotemalliohje\\_ark\\_elo\\_kuu2005.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_tuotemalliohje_ark_elo_kuu2005.pdf) (Luettu 20.01.2011)

Betonielementtien suunnittelijat ja valmistajat. Tekla Oyj.  
<http://www.tekla.com/fi/solutions/building-construction/precast-fabricators-detailers/Pages/Default.aspx> (Luettu 03.03.2011)

BuildingSMART International.  
<http://www.buildingsmart-tech.org> (Luettu 9.1.2011)

Hankekortti 09.2009. Rakennustieto Oy  
RT 10-10972

Integrointi A&D:hen. Tekla Oyj  
<http://www.tekla.com/fi/solutions/building-construction/structural-engineers/integration-with-A-D/Pages/Default.aspx> (Luettu 03.03.2011)

Jauhiainen, J., Kulusjärvi, H. & Widney, J. Tiedon louhintaa tietomallista. Solibri Oy. <http://www.solibri.com/documents/1-2010-suomenkielinen/tiedon-louhintaa-tietomallista-solibri-esittelee-informaation-talteenoton-ito/download.html> (Luettu 16.02.2011)

Karppinen, A. & Partanen, M. Lemminkäinen Talo Oy. Tietomallit rakennushankkeessa.  
[http://dmkk.savonia.fi/tirta/images/stories/LemminkinenTalo\\_Matti\\_Partanen.pdf](http://dmkk.savonia.fi/tirta/images/stories/LemminkinenTalo_Matti_Partanen.pdf) (Luettu 01.02.2011)

Mallintava suunnittelu. Betoniteollisuus ry. Elementtisuunnittelu.fi  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu> (Luettu 10.03.2011)

Marttinen, M. 2010. Teklan ja Robotin käyttö betonirakenteiden suunnittelussa. Savonia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäyte-työ.  
Saatavilla: <https://publications.theseus.fi/handle/10024/14219>

Mäki, T., Rajala M. & Penttilä H. 2009. Tietomallintaminen korjausrakentamisessa.  
[http://www.tietoafinland.fi/doc/Tietomallintaminen\\_korjausrakentamisessa.pdf](http://www.tietoafinland.fi/doc/Tietomallintaminen_korjausrakentamisessa.pdf) (Luettu 15.02.2011)

Peltoranta, J. 2010. Leppävaaran torni. Projektiiutiset 4/2010.  
<http://www.projektiiutiset.fi/fi/artikkelit/leppavaaran-torni> (Luettu 03.02.2011)

Penttilä, H., Nissinen, S. & Niemioja, S. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Rakennusten tietomallinnus. Arksystems Oy  
<http://www.arksystems.fi/tietomallimain.htm> (Luettu 29.01.2011)

Romo, I. & Varis, M. 2004. Tuotemallinnus rakennesuunnittelussa.  
[http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset\\_tulokset/proit\\_rakennesuunnitteluohje\\_syyskuu2004.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_rakennesuunnitteluohje_syyskuu2004.pdf) (Luettu 15.02.2011)

Senaatti-kiinteistöt.  
<http://www.senaatti.com/document.asp?siteID=1&docID=546> (Luettu 01.02.2011)

Solibri Model Checker. Solibri Oy.  
<http://www.solibri.com/solibri-model-checker.html> (Luettu 19.01.2011)

Sulankivi, K., Mäkelä, T. & Kiviniemi, M. 2009. Tietomalli ja työmaan turvallisuus.  
[http://www.vtt.fi/files/projects/turvabim/turvabim\\_loppuraportti\\_090312.pdf](http://www.vtt.fi/files/projects/turvabim/turvabim_loppuraportti_090312.pdf) (luettu 03.02.2011)

Tietomallintava rakennushanke. 2010. Ohjeita rakennuttajalle. Rakennustieto Oy  
RT 10-10992

Tietomallivaatimukset 2007. Osa 8: Mallien käyttö havainnollistamisessa. Senaatti-kiinteistöt  
[http://www.senaatti.com/tiedostot/Tietomalli\\_2007\\_Osa8\\_Havainnollistaminen.pdf](http://www.senaatti.com/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa8_Havainnollistaminen.pdf) (Luettu 20.01.2011)

Tuotemallin luovutussopimus. Skol Ry  
[http://www.skolry.fi/toiminta/tutkimus\\_ja\\_kehitys/alan\\_kehittaminen](http://www.skolry.fi/toiminta/tutkimus_ja_kehitys/alan_kehittaminen)

Tietomallivaatimukset 2007. Senaatti-kiinteistöt.  
[www.senaatti.com/.../Tietomalli\\_2007\\_Osa6\\_Laadunvarmistus\\_versio1\\_02.pdf](http://www.senaatti.com/.../Tietomalli_2007_Osa6_Laadunvarmistus_versio1_02.pdf) (Luettu 20.01.2011)

Tuotemallitieto rakennusprosessissa. Pro IT  
<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/> (Luettu 10.03.2011)

Vakkilainen, J. 2009. Rakennuksen tietomalli rakennushankkeen suunnitteluvälineenä. Tampereen tekninen yliopisto. Diplomityö.  
Saatavilla: <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/229>

Valjus, J., Varis, M., Penttilä, H. & Nissinen, S. 2007. Tuotemallintaminen rakennesuunnittelussa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Yhteenveto IFC-julkaisut. BuildingSMART International.  
[http://buildingsmart-tech.org/products/ifc\\_specification/ifc-releases/summary](http://buildingsmart-tech.org/products/ifc_specification/ifc-releases/summary) (Luettu 9.1.2011)

## KUVAT

|   |    |
|---|----|
| Kuva 1 Tietomalliin liitettävää tietoa (Tuotemallitieto rakennusprosessissa).....   | 8  |
| Kuva 2 Perinteisen ja tietomallintamalla toteutetun rakennushankkeen tietovarannon kertyminen (Tietomallinnettava rakennushanke 2010).....                                  | 11 |
| Kuva 3 Tietomallintamiseen liittyvät hyödyt (Mäki ym. 2009).....  | 14 |
| Kuva 4 Arkkitehdin tekemä visualisointi valmiista rakennuksesta.....  | 17 |
| Kuva 5 Tietomallipohjaisen suunnittelun vaiheistus (Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu).....   | 18 |
| Kuva 6 Rakennuksen kustannuksien muodostuminen (Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu 2005).....  | 19 |
| Kuva 7 Rakennushankkeen kustannuksien määräytyminen (Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu 2005).....   | 19 |
| Kuva 8 Perinteisen ja tietomallintamalla toteutetun suunnittelun hankevaiheistus ARK- ja RAK-suunnittelussa. (Valjus ym. 2007, 20).....                                     | 20 |
| Kuva 9 Perinteisen ja tietomallipohjaisen hankevaiheistuksen eroavaisuudet (Vakkilainen 2009).....  | 21 |
| Kuva 10 Arkkitehdin leikkaukset rakennesuunnittelijan tekemän rakennemallin referenssinä.....   | 24 |
| Kuva 11. Betoniseinään raudoituskomponentilla tehty raudoitus.....  | 26 |
| Kuva 12 Tietomallista tuotettu piirustus.....   | 28 |
| Kuva 13 Rakenteen muuttumisen ilmoittaminen suunnitelmissa. 1: muutoksen ilmoituskentän täyttäminen, 2: muutoksen näkyminen nimiössä ja 3: muutos piirustusluettelossa..... | 29 |
| Kuva 14 Rakennesuunnittelijan mallissa esilläolevat raudoitukset ja liitososat.....   | 30 |
| Kuva 15 Rakennemallin muuttaminen analyysimalliksi (Integrointi A&D:hen).....   | 31 |
| Kuva 16 Rakennemallin ja laskentamallin yhdistävä TS –Robot -linkin toimintaperiaate (Integrointi A&D:hen).....   | 32 |
| Kuva 17 Tekla Structures -ohjelmistolla tehdystä tietomallista saatavia hyötyjä betonirakennesuunnitteluun (Betonielementtien suunnittelijat ja valmistajat).....           | 33 |
| Kuva 18 IFC-versioiden julkaisut (Yhteenveto IFC-julkaisut).....  | 36 |
| Kuva 19 Ristiin tapahtuva tiedonsiirron toimintamalli (Romo ym. 2004).....  | 39 |
| Kuva 20. Projektipankin toimintamalli (Romo ym. 2004).....  | 40 |

|  |    |
|--|----|
| Kuva 21 Hajautetun tietomallin toimintaperiaate (Romo ym. 2004) .....                        | 41 |
| Kuva 22 Tietomallipalvelimen käyttö hankkeessa (Romo ym. 2004) .....                         | 41 |
| Kuva 23 Eri suunnittelualojen yhtenäinen tietomalli (Romo ym. 2004) .....                    | 42 |
| Kuva 24 Törmäystarkastelu Solibri Model Checker -ohjelmistolla (Solibri Model Checker) ..... | 43 |
| Kuva 25 Rakennetyypeittäin eri värein visualisoitu rakennuksen runko (Jauhiainen ym.) .....  | 44 |
| Kuva 26 Tekla BIMsight -ohjelmassa näkyvää tietoa rakenteista .....                          | 45 |
| Kuva 27 Arkkitehdin havainnekuva valmiista rakennuksesta .....                               | 46 |
| Kuva 28 Rakennesuunnittelijan rakennemalli valmiista rakennuksesta .....                     | 47 |
| Kuva 29 Arkkitehdin tekemä tasopiirustus rakennesuunnittelijan suunnitelmien taustalla.....  | 48 |
| Kuva 30 Rakennuksen vesikattorakenteet.....  | 50 |
| Kuva 31 Vesikaton primääripalkkien liitos.....   | 51 |
| Kuva 32 Kahden ulokkeellisen seinämäisen palkin liittyminen.....                             | 53 |
| Kuva 33 Seinämäisten palkkien alapuolelle oleva delpapalkki.....                             | 54 |

## TAULUKOT

|   |    |
|---|----|
| Taulukko 1 Perinteisen ja tietomallintamalla toteutetun rakennushankkeen eroavaisuuksia (Tietomallinnettava rakennushanke 2010) ..... | 12 |
| Taulukko 2 Tietomallintamiseen liitettävät käsitteet (Tietomallinnettava rakennushanke 2010) .....                                    | 25 |
| Taulukko 3 Tietomallin sisältö hankkeen eri vaiheissa (Valjus ym. 2007, 28)...  | 27 |