



TEKNIikka JA LIIKENNE

Rakennustekniikka

Rakennetekniikka

INSINÖÖRITYÖ

**RAKENNESUUNNITTELUN TOIMINTAMALLI INTEGROIDUN BIM-PROJEKTIN
TOTEUTUSVAIHEESSA**

**Työn tekijä: Erik Eklund
Työn ohjaaja: Keijo Jylhä
Työn valvoja: Päivi Jäväjä**

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2011

**Päivi Jäväjä
Yliopettaja**



ALKULAUSE

Tämä insinöörityö tehtiin Pöyry Finland Oy:lle. Yrityksen puolelta työnohjaajana toimi CAD-päällikkö Keijo Jylhä ja Metropolia Ammattikorkeakoulun puolelta insinöörityötä valvoi yliopettaja Päivi Järväjä. Tekla Oyj:n Service Manager Sampo Pilli-Sihvola antoi nevoja tietomallinnusohjelmaan liittyen.

Haluan kiittää ohjaajaryhmää tuesta ja neuvoista insinöörityöhön liittyen. Haluan myös kiittää Pöyryn henkilökuntaa kannustavasta ilmapiiristä insinöörityön loppuun saattamiseksi. Suurkiitokset myös Tekla Structures -ohjelmistovalmistajille tuesta ja lisenssin käytöstä insinöörityön aikana.

Helsingissä 25.3.2011

Erik Eklund

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Erik Eklund	
Työn nimi: Rakennesuunnittelun toimintamalli integroidun BIM-projektin toteutusvaiheessa	
Päivämäärä: 25.3.2011	Sivumäärä: 49 s.
Koulutusohjelma: Rakennustekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Rakennetekniikka
Työn ohjaaja: Yliopettaja Päivi Jäväjä	
Työn ohjaaja: CAD-päällikkö Keijo Jylhä	
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Pöyry Finland Oy:n toimeksiantona. Insinöörityön aiheeseen on johtanut rakennusalan toteutusmenetelmien kehitys, jossa korostuu tietomallin hyödyntäminen myös projektinhallinnassa. Rakennusallalla voimakkainta kehitystä projektintoteutusmenetelmien suhteen on tapahtunut Yhdysvalloissa, jossa rakentaminen toteutetaan suuremmissa mittakaavassa muihin maihin verrattuna. Insinöörityön tutkimustavoitteena oli selvittää, kuinka näitä Yhdysvalloissa kehitettyjä integroidun projektin toteutusmenetelmiä voi soveltaa Suomessa. Tämän lisäksi tarkasteltiin, kuinka Tekla Structures -ohjelmaa voi hyödyntää projektinohjauksessa.</p> <p>Insinöörityö aloitettiin tutkimalla työn aihealueeseen liittyvää lähdemateriaalia, jonka pohjalta kirjoitettiin työn teoriaosuus. Toisessa tutkimusvaiheessa haastateltiin teemahaastatteluna integroiduissa projekteissa mukana olleita Pöyry Oy:n projektipäälliköitä ja Tekla Oyj:n ohjelmistovalmistajan edustajaa. Soveltavassa osuudessa tutkittiin, kuinka Tekla Structures -ohjelmaa voi hyödyntää projektinhallinnassa. Tähän käytettiin ohjelmistovalmistajan verkkosivuilla julkaisemaa opetusmateriaalia hyödyksi.</p> <p>Haastatteluiden pohjalta koottiin rakennesuunnittelijan toteutusvaiheen toimintamalli integroidussa tietomallinnusprojektissa. Koska aihealue on laaja, myös rakennesuunnittelijan toimintamalli jäi yleiselle tasolle. Tekla Structures -ohjelman projektinhallintatyökalujen ominaisuuksista saatiin koottua tiivis yhteenveto.</p> <p>Insinöörityön johtopäätöksenä todettiin, että Tekla Structures -ohjelman projektinhallint ominaisuuksilla rakennesuunnittelija voi parantaa tietomallin käyttöönottoa toteutusvaiheessa. Tämä nopeuttaa urakoitsijan tietomallin hyödyntämistä varsinaisessa toteutuksessa. Tekla Structures -ohjelma toimii tietomallien yhdistämisen alustana. Jotta Yhdysvalloissa kehitettyjä integroidun projektin menetelmiä voisi soveltaa Suomessa, on määritettävä tarkemmin, kuinka suunnittelu ja rakentamisprosessi toteutetaan.</p>	
Avainsanat: tietomalli, IPD, rakennesuunnittelu, Tekla Structures, Task Manager	

ABSTRACT

Name: Erik Eklund	
Title: Structural Engineer's Operations Model in an Integrated BIM-project at Implementation Phase	
Date: 25 March 2011	Number of pages: 49 p.
Department: Civil Engineering	Study Programme: Structural Engineering
Supervisor: Päivi Jävämä, Principal Lecturer	
Instructor: Keijo Jylhä, CAD manager	
<p>This graduate study was done for Pöyry Finland Oy. Strong development of integrated project methods, where BIM is also used as a part of project management, led to this graduate study. Greatest development of integrated project delivery has taken place in the United States, where construction is implemented on a bigger scale. The goal of this graduate study research was to find out how these integrated project methods developed in United States could be used in Finland. The second goal was to find out how Tekla Structures –software could be used in project management.</p> <p>The graduate study was started with literary research. As a result of literary research the theory part of the graduate study was written. In the second part of the research, line managers from Pöyry Oy was interviewed and a software producer's representative from Tekla Oyj who had been working with integrated projects. In the applied part of this graduate study the student researched how Tekla Structures –software could be used in project management. The student used self study materials, to learn how to use the software, which were published on the software producer's web page.</p> <p>As a result of the interviews, an operations model was produced for structural engineers in an integrated BIM –project. Because of the largish topic the operations model is considered on a general level. From the Tekla Structures –software project management tool a compact summary was compiled.</p> <p>As a conclusion of this graduate study, it was found out the structural engineer can upraise the value of the BIM by using Tekla Structures –software's project management tools. It also speeds up contractor's implementation of BIM. Tekla Structures –software can also be used to merge BIM's. As a result of this graduate study, it was also discovered that integrated project methods developed in the United States can be used in Finland. In this case it requires more exact definition of how the design and construction process is implemented.</p>	
Keywords: Building Information Model, IPD, Structural Engineer, Tekla Structures, Task Manager	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen taustaa	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset	1
1.3	Tutkimuksessa käytettävät menetelmät	2
1.4	Tutkimuksen tuotokset	2
2	TIETOMALLINNUS	3
2.1	Yleistä	3
2.2	Tiedonsiirto	4
2.3	Tekla Structures -tietomallinnusohjelma	6
3	INTEGROIDUN PROJEKTIN TOIMITUS	9
3.1	Määrityksiä	9
3.2	Pääperiaatteet ja liiketoimintamalli	10
3.3	Integroidun työryhmän muodostaminen	11
3.4	Integroidun ja perinteisen toimintamallin vertailu	13
4	TIETOMALLI TOTEUTUSSUUNNITTELUVAIHEESSA	15
4.1	Yleistä	15
4.2	Mallitekniset vaatimukset ja julkaisu	17
4.3	Rakennesuunnittelijan tietomalli	19
4.3.1	<i>Rakennusosamalli laskentavaiheessa</i>	21
4.3.2	<i>Rakennusosamalli toteutussuunnitteluvaiheessa</i>	24
5	RAKENNESUUNNITTELIJAN TOIMINTAMALLI	26
5.1	Koordinoiva aikataulu	27
5.2	Lähtötiedot ja tietovirrat	28
5.3	Työnaikainen integrointi muihin suunnittelualueisiin	29
5.4	Työnaikainen yhteydenpito urakoitsijoihin	30
5.5	Työnaikainen yhteydenpito valmisosatuotantoon	31

5.6	Tarkastukset ja laadunvarmistus	34
5.7	Työturvallisuuden huomioiminen	34
6	TOIMINTAMALLIN TOIMIVUUS TOIMISTORAKENNUSKOHTEESSA	35
6.1	Yleistä	35
6.2	Projektin hallinta	37
6.3	Työnaikainen yhteydenpito urakoitsijaan	40
6.4	Työnaikainen yhteydenpito valmisosatuotantoon	43
6.5	Työturvallisuuden huomioiminen	44
7	YHTEENVETO	46
7.1	Yleistä	46
7.2	Johtopäätökset	46
7.3	Kehitysehdotukset	47
	VIITELUETTELO	48

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen taustaa

Insinööriä tehdään Pöyry Finland Oy:lle, joka on osa suurempaa Pöyry-konsernia. Pöyry Finland Oy:n eri osastot ovat erikoistuneet teollisuuden, liike- ja toimisto- sekä julkisen rakentamisen rakennesuunnitteluun. Teollisuuden kohteissa yritys tarjoaa myös rakennuttamis- ja projektinjohtopalveluita.

Pöyry tarjoaa konsernitasolla asiakkailleen suunnittelupalveluita koko teollisuuden investointihankkeen ajan sisältäen kaikki eri suunnittelualueet. Perusedellytyksenä suunnittelualueiden väliseen tehokkaaseen yhteistyöhön ovat tehokkaat suunnittelutyökalut.

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa korostuu suunnittelijoiden välinen yhteistyö, mutta myös urakoitsijan on pystyttävä hyödyntämään suunnittelijoiden tietomalleja toteutusvaiheessa. Tämän päivän rakennusprojekteissa urakoitsijat ovat hyödyntäneet tietomalleja havainnollistamiseen, työn ohjaamiseen ja määrälaskentaan. Esimerkiksi määrälaskentaa varten urakoitsijan on määritettävä rakennesuunnittelijan tietomalliin lohko- ja kerrosjako omia toteutuskäytäntöjään vastaavaksi, jotta tietoja voisi hyödyntää tehokkaasti. Tiukkojen aikataulujen vuoksi tämä on koettu työlääksi [1, s. 48]. Rakennesuunnittelija voisi suunnitteluvaiheessa täydentää tietomalliaan vaadittavalle tasolle. Tämä edellyttää suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välistä yhteistyötä yleissuunnitteluvaiheessa, jolloin suunnittelu-urakoita usein kilpailutetaan. Samalla rakennesuunnittelijan tietomalliin voisi päivittää rakennusosien kuten elementtien aikataulutietoja aina suunnittelusta elementtien pystytykseen saakka. Näin rakennesuunnittelijan tietomallissa ovat myös ajan tasalla vaadittavat tiedot projektinohjaukseen ja –hallintaan.[2.]

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Insinööriä tavoitteena on tutkia, kuinka rakennesuunnittelijan tietomallia voi hyödyntää rakennuksen toteutusvaiheen projektinohjauksessa. Tarkoituksena on tutustua Tekla Structures -ohjelman projektinohjauksominaisuuksiin ja tarkastella, kuinka integroidun projektin periaatteita on käytännössä

toteutettu Suomessa. Näiden pohjalta tehdään rakennesuunnittelijan toimintamalli integroidussa tietomallinnusprojektissa.

Insinööriytyö on rajattu käsittelemään uudisrakennuskohteita. Tavoitteena on tutkia yleisiä periaatteita ja tietomallintamisen tuomia mahdollisuuksia projektinohjaukseen.

1.3 Tutkimuksessa käytettävät menetelmät

Insinööriytyön teoriaosuudessa kerättiin paljon tietoa verkkodokumenteista. Lähdemateriaali oli pääsääntöisesti vieraskielinen. Näiden lisäksi insinööriytyössä käytettiin lähdemateriaalina tietomallintamisesta julkaistua kirjallisuutta. Aiheen ajankohtaisuutta kuvaa hyvin se, että insinööriytyön edetessä julkaistiin paljon kirjoituksia tietomallintamisesta alan lehtiin.

Insinööriytyöntekijä suoritti insinööriytyön tutkimusosuuden teemahaastatteluiluina haastatteleamalla integroiduissa projekteissa mukana olleita Pöyry Oy:n projektipäälliköitä ja Tekla Oyj:n ohjelmaedustajaa. Haastattelut olivat avoimia ja keskustelunomaisia, jolloin niistä saatiin syvempää tietoa kuin pelkistä lomakkeille kirjoitetuista vastauksista.

1.4 Tutkimuksen tuotokset

Insinööriytyö koostuu kolmesta osiosta: Teoria-, tutkimus- ja soveltavasta osuudesta. Teoriaosuudessa kerättiin tietoa ja teoriaa rakennuksen tietomallintamisesta, integroidun projektin pääperiaatteista ja tietomallintamisesta toteutussuunnitteluvaiheessa. Tutkimusosuudessa koottiin rakennesuunnittelijan toimintamalli integroidussa rakennusprojektissa toteutettujen haastatteluiden pohjalta. Soveltavassa osuudessa tutkittiin kuinka Tekla Structures -ohjelmaa voi hyödyntää projektinohjaamiseen. Tätä varten käytettiin casekohteena tilaajayrityksen mallintamaa toimistorakennusta.

2 TIETOMALLINNUS

2.1 Yleistä

Rakennuksen tietomallilla (englanniksi BIM, *Building Information Model*) tarkoitetaan rakennuksen ja rakennusprosessin koko sen elinkaarenaikaisia tietoja digitaalisessa muodossa. Rakennusta, rakennusosia ja tuotetietoja voidaan kuvata kolmiulotteisesti havainnollisuuden ja erilaisten simulointitarpeiden vuoksi. Geometrian ja sijaintitiedon lisäksi tietomalli voi pitää sisällään paljon erilaisia tuote- ja ominaisuustietoja. Näitä ominaisuustietoja ovat esimerkiksi rakennusosan nimi, mitat, ennakoitu käyttöikä ja lujuusluokka. Tuotetta kuvaavia tietoja ovat esimerkiksi materiaalit, valmistaja ja tuotetunnisteet. Tietomallinnusohjelmissa ominaisuustietoja kutsutaan attribuuteiksi. [3, s.25;5, liite 10.]

Tietomallinnuksen tavoitteena on luoda ympäristö, jossa eri suunnittelualueiden suunnittelijat, tuotevalmistajat ja rakentajaorganisaatio voivat työskennellä yhteistyössä. Rakennuksen valmistuttua voidaan näitä tietoja myös hyödyntää rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon liittyvissä tehtävissä. Kolmiulotteisella tarkastelulla voidaan parantaa laatua, suunnittelijoiden välistä tiedonsiirtoa ja vähentää suunnitteluvirheitä. Myös suunnitteluprosessia voidaan tehostaa ja samalla voidaan varmistaa, että päästään haluttuihin tavoitteisiin. Mallien sisältämä tieto ja käyttötarkoitus on kirjattava suunnittelusopimukseen joka määrittellään tarjouspyynnössä. [4, s. 4-5;3, s. 26.]

Suunnittelijan näkökulmasta ensisijaisena tavoitteena tietomallipohjaisessa suunnittelussa on laadun varmistaminen yhdistämällä eri suunnittelualueiden tietomalleja. Laadunvarmistus ei kuitenkaan poista yksittäisen suunnittelijan vastuuta omista suunnitelmistaan. Mallien yhdistäminen antaa myös tarkemman ja monipuolisemman suunnittelulopputuloksen suunnittelijoiden tiiviimmän yhteistyön seurauksena. Edellä mainittujen lisäksi tietomallilla voidaan antaa lisäarvoa asiakaspalveluun, rakentamisen laadun ja tuottavuuden parantamiseen sekä elinkaaren hallinnan tarkasteluun. Tavoitteiden saavuttamisen edellytyksenä on saumaton yhteistyö suunnittelijoiden, projektin johdon ja tilaajan välillä. [4, s.4; 5, s. 1.]

Rakennukset ovat nykyään suurempia ja teknisesti haastavampia, minkä vuoksi asiakkaan on vaikea ymmärtää esityksiä perinteisten 2D-piirustusten pohjalta. Tietomallin tarjoamat kolmiulotteiset esitystavat helpottavat

asiakkaan päätöksentekoa esimerkiksi käytäessä eri suunnitteluratkaisuja läpi. Myös muiden osapuolten on helpompi huomata mahdolliset ongelma-kohtat yhdistettyjen IFC-mallien tarkistusten myötä. Samalla varmistutaan siitä, että suunnitelmat vastaavat tilaajan ja asiakkaan tarpeita. IFC-mallien tarkastus on laadunvarmistusprosessi, jolla varmistutaan tiedon oikeellisuudesta ennen tiedon julkaisemista. Esimerkiksi arkkitehtisuunnitelmien tiedon oikeellisuudesta voidaan systemaattisesti tarkistaa ja analysoida noin 40–60 %. Vastaavasti perinteisellä suunnitteluprosessilla pystytään suunnittelu-tietoja tarkastamaan systemaattisesti ainoastaan 5-10 %. [4, s. 1;7, s.5-6.]

Rakentamisen laadun ja tuottavuuden parantamiseen tietomallinnusta ei kyetä toteutusvaiheessa hyödyntämään parhaalla mahdollisella tavalla. Etenkin vaihtoehtoisten työjärjestysten suunnitteluun ja simulointiin, työmaa-alueen käyttöön, henkilömäärien ja materiaalivirtojen suunnitteluun sekä turvallisuuteen liittyvään suunnitteluun voisi tietomallinnusta hyödyntää tehokkaammin. Edellä mainittuihin käyttötarkoituksiin tietomallia on sovellettu eri rakennushankkeissa, mutta se ei ole yleisesti käytössä. Tulevaisuudessa on odotettavissa, että tietomallin käyttö yleistyy esimerkiksi työturvallisuuden suunnittelussa. Tuotannonsuunnittelussa urakoitsija on kuitenkin jo pitkään pystynyt käyttämään suunnittelijoiden tietomallista saatavia määrätietoja. Tällä hetkellä tietomalleja kehitetään myös työmaatoteutuksen suunnittelussa kuten esimerkiksi elementtien asennusaikataulujen 4D-simuloinneissa. Kun tietomallin rakennusosiin lisätään aikamuuttuja, on kyse 4D-suunnittelusta. [5, s. 1; 3, s. 25-26.]

Tietomallipohjaisen suunnittelun onnistuminen edellyttää mallintajilta tietoteknistä osaamista, pätevyyttä, kokemusta ja oman roolin ymmärrystä projektiorganisaatiossa. Suunnittelijoiden ja suunnitteluohjelmistojen kehityksen lisäksi myös tilaajan on osoitettava kiinnostusta tietomallipohjaiseen suunnitteluun. [5, s. 3.]

2.2 Tiedonsiirto

Tietomallipohjaisten ohjelmien yleistyessä huomattiin, että suunnitteluohjelmien tietojen yhteensovittaminen oli ongelmallista. Ohjelmat oli räätälöity eri suunnittelualueiden tarpeisiin, ja esimerkiksi arkkitehdin tietomallia oli vaikea hyödyntää rakennesuunnittelun lähtötietona. Tämän seurauksena on kehitetty sovelluksesta riippumaton tiedonsiirtoformaatti IFC (*Industry*

Foundation Classes). IFC-tiedonsiirtomuoto ei kuitenkaan pysty kääntämään kaikkea natiivimuotoista tietoa. Natiivimuoto on kyseisen tietomallinnusohjelman oma tiedostomuoto. [3, s. 27;6, s. 1.]

Yhteisellä tiedonsiirtoformaattilla voidaan tehostaa suunnittelijoiden välistä yhteistyötä. Näin säästetään aikaa ja tehostetaan suunnitteluprosessia. Tietomallipohjainen suunnittelu vähentää myös tulkintaeroja verrattuna perinteisiin 2D-piirustuksiin. Toisaalta on myös muistettava, että mallintajalla on vastuu mallin oikeellisuudesta. Mallin julkaisun yhteydessä on aina kirjoitettava tietomalliselostus. Myös tietomalliluonnoksista on kirjoitettava tietomalliselostus, joka sisältää kuvauksen mallin sisällöstä ja sen käyttötarkoituksesta. Tietomalliluonnosta käytetään suunnitteluosapuolten väliseen tiedon lähettämiseen tietomallimuodossa esimerkiksi tietyn suunnitteluratkaisun havainnollistamiseen. [4, s. 24;7, s. 5.]

Tietomalliselostuksella tarkoitetaan dokumentaatiota mallin tilanteesta. Selostuksella kuvataan mallin käyttötarkoitus ja tarkkuustaso julkaisun yhteydessä projektin muille osapuolille. Dokumentaation nimi tulee olla muodossa "mallin_nimi_selostus_vvvv_kk_pp" ja tiedostomuotona voi käyttää Word-, PDF- tai ASCII-tiedostoa. Mikäli tietomalliselosteeseen ei ole kirjattu minkäänlaisia puutteita, voidaan olettaa, että malli on virheetön. Virheiden esiintyessä julkaisija on niistä vastuussa suunnittelusopimusten ja yleisten sopimusehtojen määrittelemässä laajuudessa. [4, s. 24.]

Senaatti-kiinteistöt hyväksyy projekteissaan kaikki IFC2x3-sertifioidut tietomallinnusohjelmat. Senaatti-kiinteistöt on valtion liikelaitos, joka on muun muassa kokeillut eri pilottihankkeissa IFC-tiedonsiirtomuotojen toimivuutta. Se on myös luonut näiden pohjalta ohjeet tietomallin käytöstä rakennusprojektissa. Poikkeustapauksissa hyväksytään myös vanhempia, eli IFC2x2-sertifioituja ohjelmia. Poikkeustapauksia on esimerkiksi jos ohjelma ei tue uusinta siirtoformaattia. IFC-sertifikaatteja myöntää kansainvälinen järjestö IAI (*International Alliance for Interoperability*), joka on erikoistunut rakentamisen ja kiinteistönpidon tiedonsiirron ja tiedon yhteiskäytön kehittämiseen. Tarjouksessa on mainittava mallinnusohjelma ja sen versio sekä mitä IFC-formaattia ohjelma tukee. [4, s. 18;5, s. 39.]

Projektikohtaisesti on käytettävä sovittua mallinnusohjelmaa ja ohjelma-versiota, mutta yhteisellä päätöksellä näitä voidaan kuitenkin vaihtaa

projektin aikana. Uuden ohjelman tai uuden version yhteensopivuudesta ja tiedonsiirrosta on kuitenkin varmistuttava ennen sen käyttöönottoa. Tilaajan suostumuksella voidaan myös luovuttaa malleja, joita ei ole mallinnettu IFC-sertifioituilla ohjelmilla projektin muille osapuolille. [4, s.18]

Tietomallia jaettaessa saa se sisältää vain kyseisen suunnittelijan omia objekteja. Muiden suunnittelualueiden referenssimallit on siis poistettava. Ainoana poikkeuksena on inventointimalli, jolla tarkoitetaan jo olemassa olevia rakennuksia jotka on mallinnettu tietomalliin. Referenssimallilla puolestaan tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi arkkitehdin tietomallin geometriatietoja voidaan käyttää rakennesuunnittelun lähtötietona. Rakennesuunnittelijoiden kesken siirretään tietoa rakennuksen tuotemallina. Näin voidaan geometriatiedon lisäksi siirtää objektien ominaisuustietoja kuten materiaaliominaisuustietoja. [4, s.18;5, s. 18.]

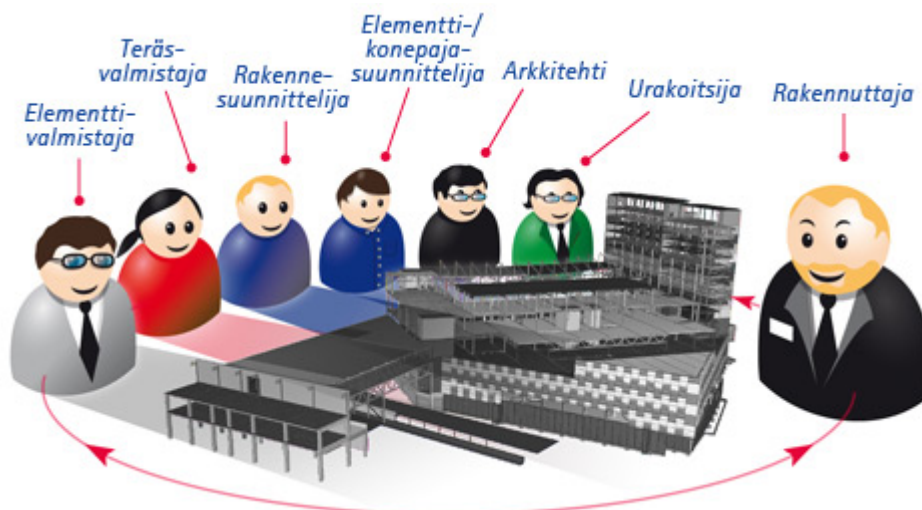
Teräsrakenneteollisuudessa tietomallin tietoja pystytään hyödyntämään tuotteen valmistamisessa. Valmistuksessa käytettävät tietokoneavusteiset koneet ymmärtävät rakennesuunnittelijan ohjelmien tuottamia valmistustietoja [5, s.41]. Tuotannonohjausjärjestelmiä hyödynnetään myös betonielementtiteollisuudessa. Tällä hetkellä Parmalla on tuotannonohjausjärjestelmä, jolla voidaan esimerkiksi tehdä ontelolaattoja rakennesuunnittelijan tietomallin tiedoilla [2].

2.3 Tekla Structures -tietomallinnusohjelma

Markkinoilla on useita rakennesuunnittelijoille suunnattuja tietomallinnusohjelmia. Tässä insinööriyössä tutustutaan Tekla Structures -ohjelmaan, jonka tietomallinnusympäristö tukee nykypäivän rakennusprosesseja. Tekla Structures -ohjelman rakennesuunnittelijalle suunnattua työympäristöä on laajennettu palvelemaan myös tuoteosien valmistusta ja rakentamisen hallintaa. Kuvassa 1 on esitetty tietomallintamisen todelliset hyödyt, jossa koko projektiorganisaatiolla on ajan tasalla olevaa tietoa suunnittelun edistymisestä.

Tekla Structures -ohjelmalla arkkitehdin tietomallista on helppo siirtää tietoa rakennesuunnitelman lähtötiedoksi. Ohjelmalla voidaan kääntää esimerkiksi kantavan rungon IFC-muodosta Tekla Structures -ohjelman natiivimuotoon. Suomessa on tavanomaisempaa, että rakennesuunnittelijan tietomalliin tuodaan arkkitehdin tietomallin geometriatieto referenssiedostona suunnit-

telun lähtötiedoksi. Arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan välisen tiedonsiirron lisäksi yhteydenpito onnistuu myös muihin suunnittelualueisiin. Esimerkiksi LVI-suunnittelijoiden tietomalleja voidaan siirtää IFC-tiedostomuodossa. Tekla Structures -ohjelma palvelee myös teollisuusrakentamista usealla eri tiedonsiirtomahdollisuudella. Rakennesuunnitelman lähtötiedoksi voi tuoda esimerkiksi laitossuunnittelun tietomallin referenssitietona.



Kuva 1 Tekla Structures -ohjelman projektiorganisaatio [14.]

Rakennesuunnittelijan yhteistyö valmisosatoimittajien ja urakoitsijan välillä on kasvanut tehokkaampien projektintoteutusmenetelmien ansiosta. Tätä varten urakoitsijalle on kehitetty Tekla Structures Construction Management -ohjelmaversio, jolla voidaan hallita rakentamisvaiheen esisuunnittelua, suunnittelua ja työmaan ohjausta. Työmaamallin päivittäminen nopeutuu, kun käytetään saman tuoteperheen tietomallinnusohjelmaa niin suunnittelu- vaiheessa kuin rakentamisen aikana. Tekla Structures Construction Management -ohjelmaa voidaan käyttää myös suunnittelun koordinoititehtäviin [2].

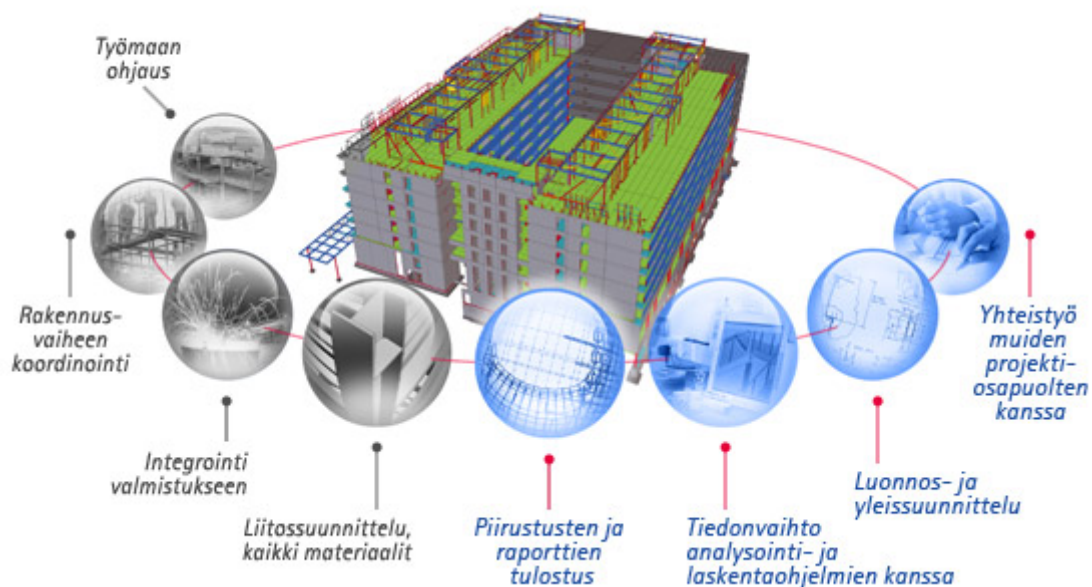
Yhteistyö tuoteosasuunnittelijoiden kanssa jakaantuu pääasiassa teräs- ja betonielementtisuunnitteluun, mutta ohjelmalla voidaan mallintaa myös muita materiaaleja. Tekla Structures -ohjelman terässuunnittelu on kehitetty toimivaksi kokonaisuudeksi. Tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että sen tuottamalla ohjauskoodilla voidaan valmistaa teräsosia ja ohjata itse valmistusprosessia.

Betonielementit, kuten myös edellä mainitut teräsosat, voidaan suunnittelu- prosessin aikana linkittää valmistukseen ja projektihallintaan. Betonielementtien linkittäminen tuotannonohjausjärjestelmiin tapahtuu ERP-

tietokantaa (*Enterprise Resource Planning*) käyttäen. Suomessa valmistetaan ontelolaattoja tällä menetelmällä [2].

Kuvassa 2 on esitetty Tekla Structures -ohjelman käyttämahdollisuuksia päärakennesuunnittelijan toimintaympäristössä. Nykypäivän rakennusprojekteissa korostuu rakennesuunnittelun lisäksi yhteistyö muiden projektiosapuolten kanssa. Tekla Structures -ohjelman detajlisuunnitteluominaisuuksien arvoitus Yhdysvalloissa on kannustanut ohjelman kehittämistä integroidun projektin työkaluksi. Integroidun projektin menetelmien kehitys on lähtöisin Yhdysvalloista, josta on tarkemmin kerrottu seuraavassa luvussa. Tekla Structures -ohjelma mahdollistaa myös rakennusvaiheen koordinoinnin ja työmaan ohjauksen.

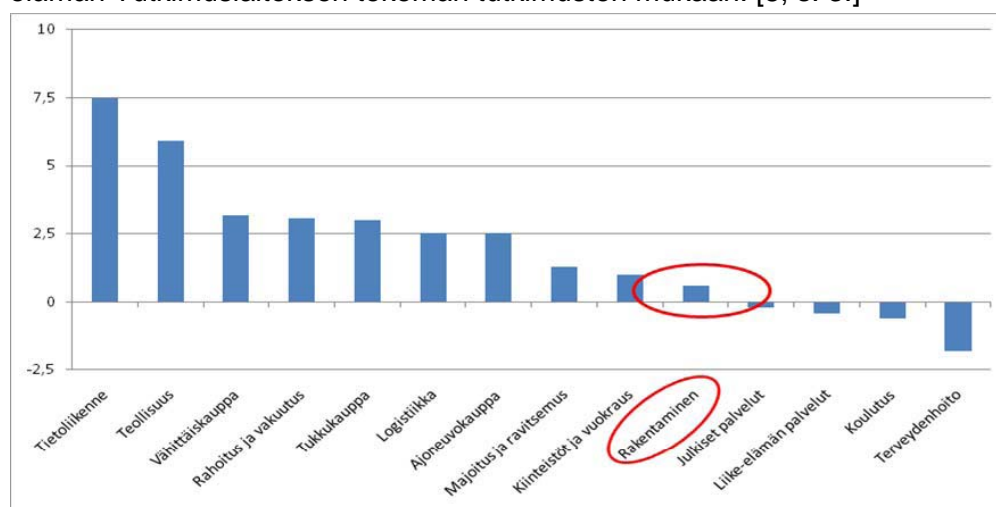
[15.]



Kuva 2 Rakennesuunnittelijan toimintaympäristö [16.]

3 INTEGROIDUN PROJEKTIN TOIMITUS

Yhdysvalloissa lähdettiin kehittämään projektin toteutusmuotoja rakennusalan tuottavuuden heikon kasvun takia. Alan tuottavuuden kasvu on ollut miinusmerkkinen jo vuodesta 1964. Samaan aikaan Yhdysvalloissa on muilla aloilla pystytty parantamaan tuottavuutta yli 200 % kun jätetään maatalousalat tilastojen ulkopuolelle. Tämä on siinä mielessä huoletuttavaa, koska rakennusallalla on kansantaloudellisesti suuri merkitys. Kuvassa 3 on esitetty eri alojen tuottavuuden kehitys Suomessa Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksen tekemän tutkimusten mukaan. [8, s. 3.]



Kuva 3. Palvelualojen työn tuottavuuden kehitys vuosina 1980-2007. [13, s. 32.]

3.1 Määriyksii

Integroitu projektin toimituksen (englanniksi IPD = *Integrated Project Delivery*) tarkoituksena on integroida ihmiset, järjestelmät, toimintamalli ja toimintatavat saumattomaan yhteistyöhön. Projektin osapuolten ammattitaidolla ja näkemyksellä voidaan optimoida projektin tuloksia samalla kasvattaen arvoa omistajalle sekä vähentää turhaa työtä. Myös suunnittelun, valmistuksen ja rakentamisen jokaisen vaiheen tehokkuutta voidaan maksimoida. [9, s. 1.]

Integroidun projektin toimituksen periaatteita voidaan soveltaa eri sopimusmuotoihin. Jotta projektimuoto on tunnistettavissa, tiivis yhteistyösopimus on solmittava vähintään omistajan, arkkitehdin ja pääurakoitsijan välille. Pääurakoitsija vastaa rakentamisesta ja toteutukseen liittyvistä kysymyksistä aina suunnittelun aikaisesta vaiheesta projektin luovutukseen asti [9, s. 1]. Tässä on kuitenkin huomioitava, että Suomen ja Yhdysvaltojen arkkitehtien työtehtävissä on se ero, että Yhdysvalloissa he ovat erikoistuneet tarkempiin

työtehtäviin. Heidän tehtäväluetteloonsa kuuluu Suomen arkkitehtien tehtävien lisäksi rakennesuunnittelu, talotekninen suunnittelu, rakennuskustannusten hallinta, kunnossapidon tehtävät, arviointi- ja asiantuntijapalvelut sekä rakennussuojelu [10, s. 26].

3.2 Pääperiaatteet ja liiketoimintamalli

Integroidun projektin toimitus perustuu tiiviiseen yhteistyöhön osapuolten välillä. Onnistuneen projektin edellytyksenä onkin niin yhteisten arvojen tunnistaminen kuin määrätietoinen työskentely, jotta asetetut tavoitteet ovat mahdollisia tavoittaa. Tässä luvussa käsitellään onnistuneen integroidun projektin pääperiaatteita ja liiketoimintamallia.

Keskeisimpänä haasteena integroidun projektin toimituksessa on uudenlainen vastuunjako perinteisiin toteutustapoihin verrattuna. Vastuut ja edut jaetaan koko projektiorganisaation kesken. Kollektiivisen vastuun tarkoituksena on saada projektin osapuolet yhteisvoimin tavoittelemaan rakennushankkeelle asetettuja tavoitteita. Vastuuta jaettaessa on kuitenkin käytettävä oikeudenmukaisuutta, sillä toiminnan tulee kannustaa yhteistyöhön, tukemiseen ja tehokkuuteen. [9, s. 2.]

Osapuolten oikea-aikainen mukaantulo mahdollistaa tavoitteiden aikaisemman ja tarkemman määrittämisen [9, s. 2]. Näin voidaan toteutussuunnitteluvaiheessa esimerkiksi huomioida urakoitsijan toteutusmenetelmät rakennusvaiheessa, jolloin tietomalliin tehtävät muutokset toteutusvaiheessa vähenevät.

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa urakoitsijan toteutuskäytännöstä aiheutuva muutos tietomallissa vie yllättävän paljon aikaa ja resursseja. Tällöin on myös varattava enemmän resursseja toteumamallin tekoa varten. Toteumamalli tehdään täydentämällä toteutussuunnitteluvaiheessa tuotettua tietomallia vastaamaan rakennettua rakennusta. Onkin sujuvampaa sopia urakoitsijan kanssa toteutuskäytännöistä toteutussuunnitteluvaiheessa. Tietomallin laadunvarmistus- ja luovutusprosessin aiheuttamien kustannusten takia on epäedullista tehdä useita pieniä muutoksia tietomalliin. Urakoitsija-osapuolen oikea-aikainen mukaantulo on näin myös edellytys projektin onnistumisen kannalta. Kun projektin tavoitteet ovat kaikilla osapuolilla tiedossa, on heidän helpompi tavoitella projektin yhteisiä etuja.

Tarkkojen vastualueiden määrittelemine on integroidun projektin toimituksen perusedellytys, jotta projekteja pystytään toteuttamaan. Tämän tulee kuitenkin tukea avointa ja sujuvaa kommunikointia. Hyvä tiimityöskentely lisää myös tietoliikenteen määrää. Tästä syystä on projektikohtaisesti tehtävä ohjeistus siitä, kuinka tietomallipohjaisessa työympäristössä tulisi toimia. [9, s. 3.]

Integroituun projektiin voi soveltaa useampaa liiketoimintamallia, joista toiset mallit soveltuvat toisia malleja paremmin. Integroidun projektin hyödyt ovat rakennettu suunnittelijoiden, urakoitsijan ja valmistajan väliseen tiiviin yhteistyön varaan. On kuitenkin selvää, että suunnittele ja rakenna –toteutusmuodot eivät sovellu integroidun projektin kanssa yhteen ellei suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välistä yhteistyötä saada parannettua. Suunnittele ja rakenna (SR, englanniksi *Design and Build*) -toteutusmuodossa on urakoitsijalla hankkeen johtamistehtävät. Urakoitsija vastaa yleissuunnittelusta, ja voi näin kiristää tavoitteita ja ratkaisuja elinkaaritarkastelujen kustannuksella. Urakoitsijan tehtäviin kuuluu myös kilpailuttaa suunnitteluratkaisu ko. toteutusmuodossa eikä näin ollen aitoa yhteistyötä urakoitsijan ja suunnittelijoiden välille pääse syntymään. Parhaiten integroidut projektit sopivat toimintamalleihin jossa:

- Edistetään avainhenkilöiden oikea-aikaista mukaantuloa
- Riskit ja palkkiot ovat oikeudenmukaisia
- Korvausrakenne kannustaa toimiin, joilla saadaan projekti menestymään
- Määritellään selkeästi vastuut heikentämättä avointa keskustelua ja riskiarviointia
- Johtamisrakenne ja johtaminen toteutetaan päätöksiä tekevän tiimin ympärille. [9, s. 4;10, s. 47-48.]

3.3 Integroidun työryhmän muodostaminen

Onnistuneen integroidun projektin edellytyksenä on muodostaa työryhmä, joka sitoutuu työskentelemään tiiviissä yhteistyössä yhteistä päämäärää tavoitellen. Työryhmää muodostaessa on huomioitava, kuinka ihmiset tule-

vat keskenään toimeen. Tämän takia olisi hyvä, että pääsuunnittelija voisi vaikuttaa suunnitteluryhmän valintaan. Integroidun projektin työryhmä muodostetaan usein aikaisempien projektien perusteella. [9, s. 3;10, s. 9.]

Rakennusprojektit ovat luonteeltaan monimuotoisia ja toisistaan poikkeavia. Tämän takia työryhmää muodostaessa on tunnistettava hankkeessa vaadittava erikoisosaaminen ja pätevyys hyvissä ajoin ennen projektin alkua. Yksittäisen henkilön tai yrityksen pätevyys ja osaaminen voidaan jakaa viiteen pääryhmään:

- Tekninen pätevyys
- Sitoutuminen integroituun toimintaan
- Kokemus
- Rehellisyys
- Sitoutuminen yhteistyöpainotteiseen prosessiin.

Ennen integroidun projektin aloittamista työvälitteet on kehitettävä vaadittavalle tasolle ja henkilöstö koulutettava työtä vastaaviin toimiin. Tämän jälkeen on järjestettävä aloitustapaaminen, jossa sovitaan vastuut mallintamisesta ja tietomallien yhdistämisen ajankohdista. Tapaamisessa on myös keskusteltava ohjelmien toimivuudesta keskenään ja määriteltävä jokaisen asiantuntijan rooli projektissa. [9, s. 3; 11.]

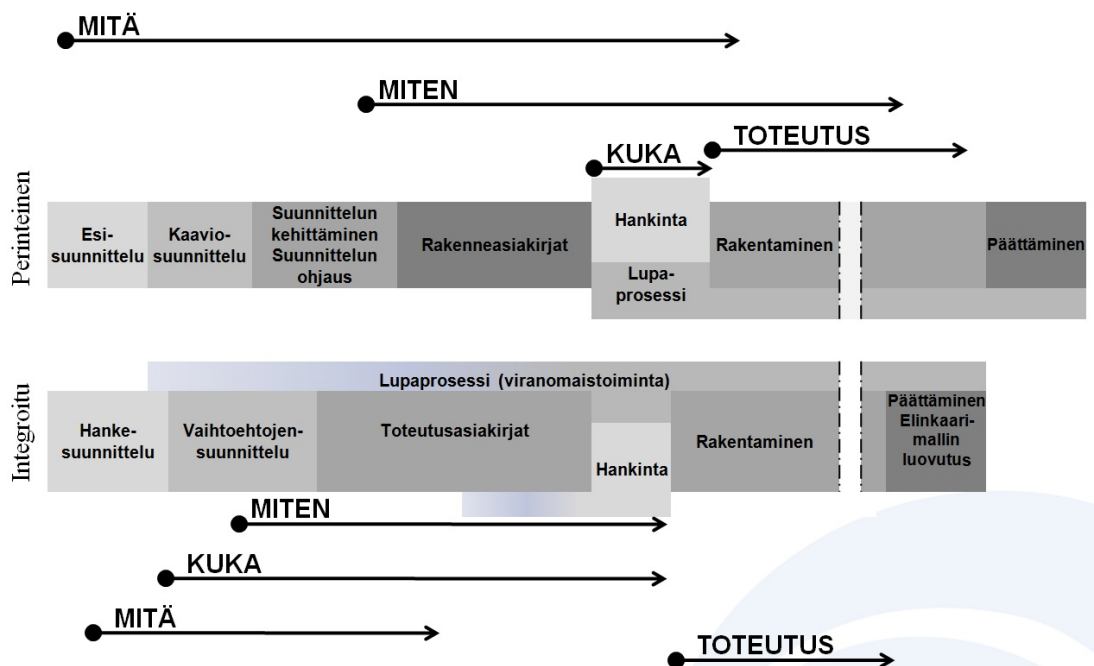
Projektiryhmän lisäksi tulisi arvioida muiden osapuolten kiinnostus hanketta kohtaan. Olisi hyvä selvittää rakennusviraston, paikallisten palveluja tuottavien yritysten, vakuutusyhtiöiden, takaajien ja muiden osakkeenomistajien kiinnostusta ko. hanketta kohtaan. Kun organisaatio on muodostettu, on tarkasteltava parhaiten sopivaa toimintamallia osapuolten tarpeiden tyydyttämiseen rajoitteiden puitteissa. [9, s. 3.]

Integroidun projektin sopimusehdot on kehitettävä vastaamaan osapuolten rooleja ja vastuita. On varmistuttava siitä, että osapuolten vastuut ja roolit ovat määritelty jokaisessa sopimuksessa samalla tavalla. Kaikkien sopimusten tulee sisällöltään vastata sovittua organisaatiota ja toimintamallia. Etenkin tavarantoimittajia pidetään korvaamattomina, ja heidän kanssaan tehtävässä sopimuksessa tulisi selkeästi määritellä velvollisuudet ja riskit.

Sopimuksen tulee kuitenkin kannustaa avoimeen kommunikointiin ja yhteistyöhön. [9, s. 3.]

3.4 Integroidun ja perinteisen toimintamallin vertailu

Aidon integroidun projektin kulku poikkeaa huomattavasti perinteisestä projektintoteutusmuodosta. Yleisesti katsottuna integroidun projektin toimitus johtaa tehokkaampaan työskentelyyn suuremman työryhmän osallistuessa suunnitteluun aikaisemmassa vaiheessa. Suunnitteluprosessin pääpaino on vaihtoehtojen suunnittelussa ja toteutussuunnitteluvaiheen alkupuoliskolla. Näin mallipohjaisista simulaatioista, laskelmista ja analyyseistä on aidosti hyötyä. Tämä myös tukee omistajan päätöksentekoa ennen yksityiskohtaista suunnittelua ja rakentamisen aloittamista. Tavarantoimittajien ja rakentajaorganisaation avainhenkilöiden mukaantulo oikea-aikaisesti mahdollistavat tavoitteiden tarkemman määrittämisen. Kuten kuvasta 4 huomataan, voidaan integroidussa projektissa määrittellä, miten ja mitä rakennetaan ennen toteutusvaihetta. [6, s. 4;9, s.4;11, s. 5.]



Kuva 4 Integroidun ja perinteisen projektin vertailu. Vaiheet on käännetty vastamaan Suomessa käytettäviä rakennusvaiheita. [9, s. 4.]

Integroidun projektin kulkuun vaikuttavat projektille asetetut tavoitteet, se mitä rakennetaan ja kuinka suunnittelu toteutetaan. Integroidun projektin työryhmän tuotokset yhdessä tehokkaiden tietomallinnustyökalujen kanssa lyhentävät rakenneasiakirjojen luomista. Tiimit on muodostettu aikaisempien hankkeiden perusteella ja ne perustuvat eri osapuolten osaamisen yhdistä-

miseen. Aliurakoitsijoiden, tuotevalmistajien ja viranomaistoiminnan aikaisempi mukaantulo lyhentää hankinta- ja lupaprosessia.

Integroidulla projektintoteutusmuodolla parannetaan myös yhteistyötä suunnittelijoiden ja rakentajien välillä. Yhdistämällä eri alojen asiantuntijoita ja osajia saavutetaan paljon valmiimmat suunnitelmat ennen rakentamisen aloittamista. Jotta integroitu projekti voisi toimia tehokkaasti, on projektin tavoitteet määriteltävä hyvin ja työtä on koordinoitava. Vastaavasti perinteisessä suunnitteluprosessissa suunnittelijat tekevät suunnittelun yksin oman alueensa osalta. Perinteisessä suunnitteluprosessissa tiimit ovat myös hajautuneita ja tiimin jäsenet painottavat toiminnassaan osapuolten välistä työnjakoa. Prosessit ovat siis vaiheittaisia ja tietoa jaetaan vain maksajalle pyydettyä. [9, s. 4;11, s. 5-6;6, s.2.]

Perinteisessä suunnitteluprosessissa kommunikaatio on piirustusperäinen kun integroidussa tietomalliprojektissa yhteydenpito tapahtuu puolestaan tietomallipohjaisesti joko 3-, 4- tai 5-ulotteisesti. Integroiduissa tietomallisuunnittelussa sopimukset kannustavat yhteistyöhön sekä edistävät ja tukevat avointa tiedonjakoa. Perinteisessä suunnittelussa sopimukset ovat luotu yksipuoliseen toimintaan kohdentaen riskejä yksittäisiin henkilöihin. Riskit integroidussa tietomallisuunnittelussa jaetaan tarkoituksenmukaisesti osapuolten kesken, ja ne pienenevät hankkeen hallittavuuden parantuessa. Mallintaminen on hyödyksi hankkeen kaikille osapuolille, mutta suurimmat hyödyt suuntautuvat hankkeen omistajalle ja keskeisille toimijoille. Vastaavasti perinteisessä suunnitteluprosessissa pyritään saamaan mahdollisimman paljon hyötyä itselle mahdollisimman pienellä vaivalla. Toiminta perustuu tällöin nopeasti saavutettaviin voittoihin. [6, s. 2.]

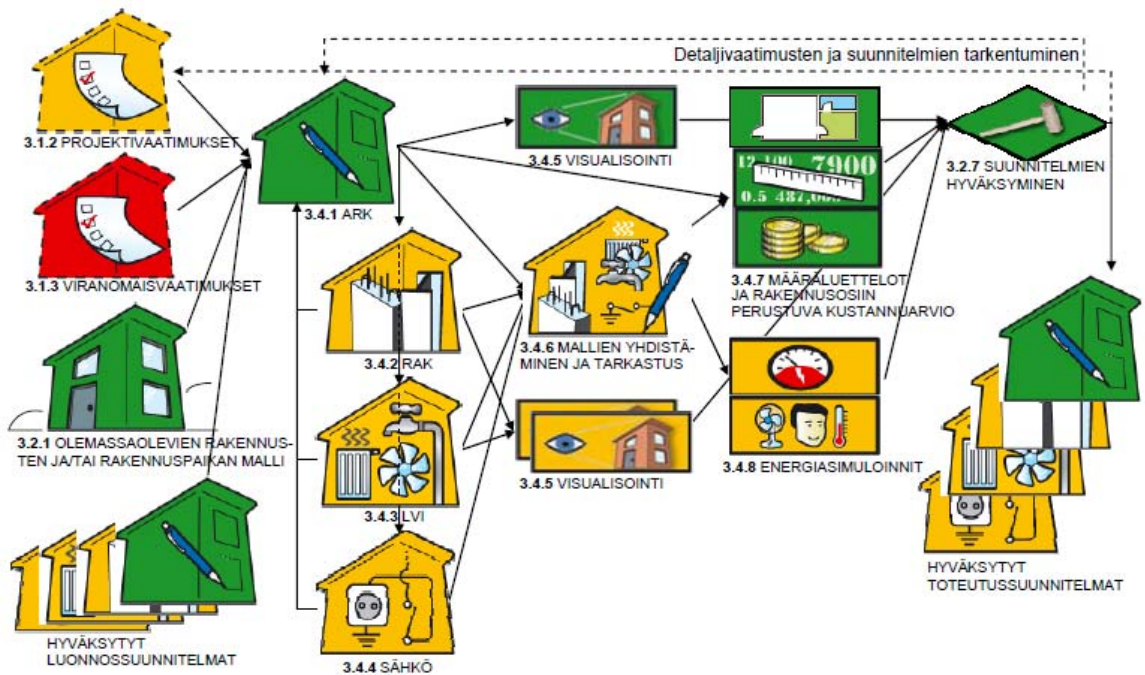
4 TIETOMALLI TOTEUTUSSUUNNITTELUVAIHEESSA

4.1 Yleistä

Tietomalleja hyödynnetään toteutussuunnitteluvaiheessa useassa eri asiassa: määrälaskennassa, suunnitelmien yhteen sovittamisessa ja tarkastamisessa, havainnollistamisessa, energiankulutussimuloinnissa sekä elinkaarikustannusten laskennassa. Toteutussuunnitteluvaiheen lähtötietona on luonnossuunnitteluvaiheessa tehdyt tietomallit. Senaatti-kiinteistön tekemän tietomallinnusohjeen mukaan yli 2 miljoonan euron rakennushankkeissa on ainakin arkkitehdin käytettävä tietomallia koko suunnitteluprosessin ajan. Poikkeuksena ovat vain sellaiset hankkeet, joissa tietomallista ei nähdä oleellista hyötyä. [4, s. 5-6, 14.]

Kun rakennusprojektissa käytetään tietomallia kaikilla suunnittelualueilla, aloittavat muut suunnittelijat tietomallintamisen viimeistään luonnossuunnitteluvaiheessa. Kuvassa 4 (s. 13) on luonnossuunnitteluvaihetta kuvattu termillä vaihtoehtojen suunnittelu. Näiden luonnossuunnitteluvaiheessa tehtyjen alustavien rakennusosamallien ja -järjestelmämallien pohjalta tehdään rakentamispäätös. Toteutussuunnitteluvaiheessa parannetaan alustavien rakennusosamallien ja -järjestelmämallien tarkkuustasoa ja tietosisältöä vastaamaan urakkatarjouspyynnön vaatimaa tasoa. Rakennusosille annetaan tässä vaiheessa yksityiskohtaisia tyyppitietoja. Rakennusosamalleilla tarkoitetaan rakennesuunnittelun ja arkkitehtisuunnittelun tietomalleja sekä järjestelmämallilla vastaavasti talotekniikkasuunnittelun tietomallia toteutussuunnitteluvaiheessa. [4, s. 11-13.]

Rakennusprosessin näkökulmasta tietomallien tuomat analyysit ja visualisoinnit helpottavat tilaajan päätöksentekoa. Tietomallin kommunikointimahdollisuudet edesauttavat myös tilaajalle kuuluvaa suunnittelun ohjausta. Tilaajan tehtävänä on suunnitelmien hyväksyminen toteutussuunnitteluvaiheessa. [4, s. 13.]



Kuva 5 Tietomalli toteutussuunnitteluvaiheessa [4, s. 14.]

Kuvassa 5 on esitetty toteutussuunnitteluvaiheen tietomallinnustehtävät rakennusprojektissa Senaatti-kiinteistön ohjeiden mukaisesti. Vihreällä värillä kuvataan tehtäviä, joissa tietomallinnusta voidaan hyödyntää erinomaisesti markkinoilla olevilla tietomallinnusohjelmilla. Kyseiset tehtävät ovat pakollisia tietomallipohjaisissa projekteissa. Keltaisella värillä kuvatut tehtävät on projektikohtaisesti harkittavia tehtäviä ja punaisella värillä kuvatut tehtävät eivät ole toteutettavissa tavanomaisissa projekteissa. [4, s. 6.]

Yksittäistä suunnittelualueita tai yhdistettyä tietomallia käytetään esimerkiksi havainnollistamiseen. Koska tietomallin lähtötietoja ei pystytä suoraan hyödyntämään havainnollistamisessa, ovat nämä erikseen tehtäviä lisätöitä. Ensisijaisesti havainnollistamisen aiheuttamat lisäkustannukset pyritään sisällyttämään tarjouspyyntöön ja suunnittelusopimukseen. Rakennusprojektin edetessä suunnitelmiin tulee kuitenkin usein muutoksia ja näin ollen on vaikea ennakoida, kuinka usein ja missä vaiheessa tietomalleja tarvitaan havainnollistamiseen. Tämän takia on myös projektin edetessä sovittava erikseen tietomallien hyödyntämisestä havainnollistamisessa. [4, s.15.]

Tietomalleista saatavat määräluettelot ja kustannusarviot ovat tietomallipohjaisen suunnittelun pakollisia tehtäviä. Nämä voidaan toteuttaa Senaatti-kiinteistöjen omana työnä, projektikonsultin tekemänä tai erillisen projektikonsultin toimesta. Tehtävän suorittaja nimetään projektikohtaisesti. Tieto-

mallin määräluetteloiden lisäksi on myös käytettävä perinteisiä menetelmiä, koska tietomalli ei tällä hetkellä sisällä kaikkia määrätietoja. [4, s.15.]

4.2 Mallitekniset vaatimukset ja julkaisu

Tässä luvussa tarkastellaan mallitekniisiä vaatimuksia ja julkaisuprosessia. Julkaisuprosessi kuvataan Senaatti-kiinteistön esittämän laadunvarmistusmallin pohjalta. Suunnittelija voi halutessaan käyttää toisenlaista laadunvarmistusta, mutta käytetty menetelmä on aina hyväksyttävä tilaajalla [4, s. 23]. Laadunvarmistamisen vuoksi ei tietomallia voida tarjota muille osapuolille täysin reaaliajassa [7, s.6].

Mallitekniset vaatimukset

Mittayksikkönä käytetään aina millimetrejä. Käytettävä koordinaatisto lyödään lukkoon viimeistään kun tilamallin mallinnus alkaa. Koordinaatistoa ja korkeusasemia voi muuttaa ainoastaan projektipäällikön suostumuksella ja muutos on myös kirjattava suunnittelukokouksessa. Toteutussuunnittelu- vaiheessa on kaikkien rakennusosien vastattava todellisia mittoja. Ainoana poikkeuksena ovat inventointimallit. Olemassa olevien rakennusten seinien pullistumiset ja vinoudet ovat mallissa vaikeita käsitellä. Näitä epäkohtia voidaan yksinkertaistaa, mutta niistä on sovittava aloituskokouksessa. Sovittuja käytäntöjä mallinnustarkkuudesta voidaan muuttaa yhteisellä päätöksellä ja tilaajan suostumuksella. Mallinnuksessa on ensisijaisesti hyödynnettävä ohjelmien omia objekteja niiden käyttötarkoitukseen, esimerkiksi seinät mallinnetaan seinätyökälulla. Mallille on myös annettava selkeä nimi, josta selviää kohde, suunnitteluala ja julkaisupäivä. [4, s. 19–20.]

Nykyään rakennusprojekteissa tehdään muutoksia hankkeen edetessä. Tilaajaan on nimettävä vastuuhenkilö päättämään projektin muutoksista. Projektipäällikkö puolestaan vastaa muutosten koordinoinnista ja tiedottamisesta. Muutoksista tehdyt dokumentaatiot ja tietomalliselostuksen on oltava kaikkien osapuolten nähtävissä. Suunnittelusopimuksissa ja yleisissä sopimusehdoissa on määritelty seuraukset, jos tiedottamisvelvollisuutta laiminlyödään. Pääsuunnittelija vastaa muutostilanteessa suunnitelmien yhteensovittamisesta ja mallien päivittämisestä. [4, s. 20-21.]

Erilliset rakennukset lohkotaan omiksi kokonaisuuksiksi. Tilanteen vaatiessa voidaan projektiryhmän kesken sopia, että rakennus jaetaan useampaan

lohkoon. Kun rakennus mallinnetaan yhtenä kokonaisuutena, on tietomallia pystyttävä tarkastamaan kerroskohtaisesti. Mikäli ohjelmistot asettavat tälle rajoituksia, on käytettävä perinteisiä käytäntöjä, jolloin tiedostot jaetaan kerroskohtaisiin kokonaisuuksiin. Arkkitehdin kerrosjakoon kuuluvat pystyrakenteet ja lattia, kun vastaavasti rakennesuunnittelijan tietomalli sisältää pystyrakenteiden lisäksi kyseisen kerroksen katon. Rakennesuunnittelijan perustusten yhteydessä esitetään alapohja ja ylimmässä kerroksessa esitetään vesikattorakenteet. Arkkitehdin vesikattorakenteet esitetään erillisenä kerroksena. IFC-muotoiset mallit on aina julkaistava rakennuskokonaisuuksina. Poikkeuksena ovat rakennuksen suuri koko tai muu erityinen syy, joka tekee jaottelusta epätarkoituksenmukaista tai mahdotonta. Tällaisissa tilanteissa noudatetaan lohko-kohtaista jakoa. [4, s. 20.]

Mallien julkaisu

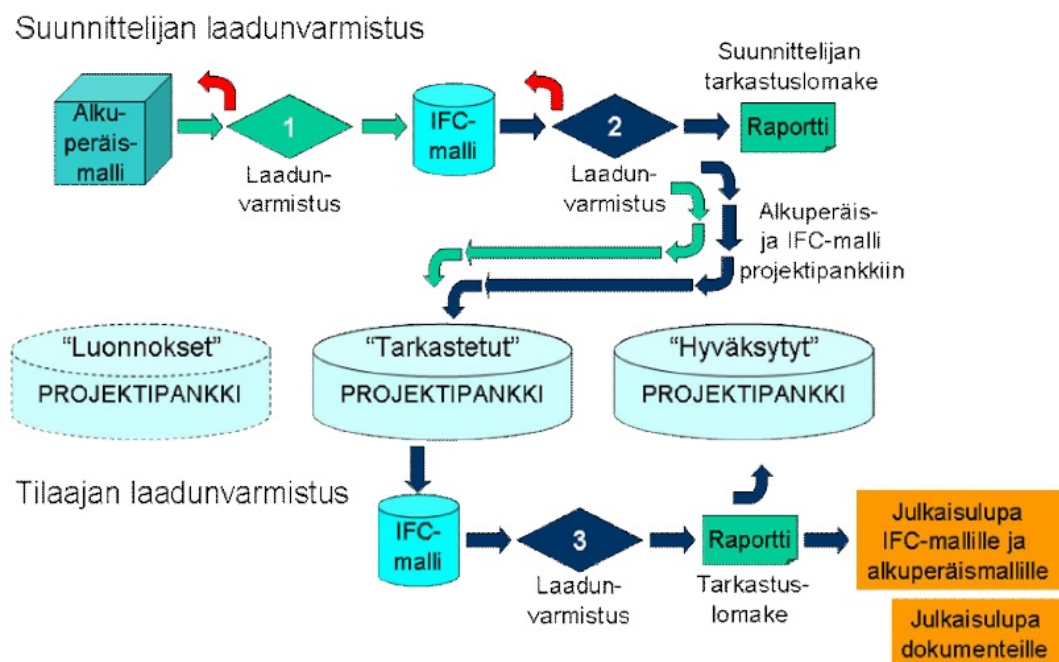
Ennen tiedonsiirtoa kolmansille osapuolille, kuten määrä- ja kustannuslaskentaan, on varmistettava lähtötiedon oikeellisuudesta. Myös suunnittelun aikana julkaistaan malleja muiden suunnittelijoiden lähtötiedoksi sekä myös erilaisia analyysejä varten. Näille yllämainituille tehtäville on aina tehtävä laadunvarmistus. [4, s. 21;7,s. 4.]

Suunnittelun edetessä tietomalli tarjoaa myös nopean tavan siirtää tietoa eri suunnittelualueiden välillä, esimerkiksi tietyn yksityiskohdan havainnollistamiseen tai kuvaamaan aiottua suunnitteluratkaisua. Näitä tietomalleja kutsutaan luonnosmalleiksi, eikä niille tarvitse tehdä seuraavissa kappaleissa ja kuvassa 6 kuvattua laadunvarmistusta. Luonnosmalleille on kuitenkin aina kirjoitettava tietomalliselostus. Tietomalliselostus on kuvattu luvussa 2.2. [4, s. 24.]

Mallin julkaisun laadunvarmistusprosessi on kolmiosainen, jossa ensimmäisessä vaiheessa suunnittelijat tarkastavat alkuperäismallin omilla ohjelmillaan. Tämän jälkeen suunnittelijat tekevät alkuperäismallista IFC-mallin sovitulla tiedonsiirtoversiolla. Tässä vaiheessa on varmistettava siitä, että kaikki malliin kuuluvat komponentit ovat mukana. Jos suunnittelijoiden IFC-mallista löytyy virheitä tai puutteita, on ne korjattava alkuperäiseen malliin. Tämän jälkeen toistetaan suunnittelijoiden laadunvarmistusprosessi. Suunnittelijat voivat itse toteuttaa laadunvarmistamisen kaksi ensimmäistä vaihetta. Toinen vaihtoehto on, että IFC-mallin tarkistaa laadunvarmistamiseen

erikoistunut henkilö. IFC-mallista on vielä täytettävä tarkastuslomake. Lopuksi toimitetaan molemmat mallit ja tarkastuslomake projektipankkiin ”Tarkastetut”, katso kuva 6. [7, s. 6.]

Kolmannessa vaiheessa tarkastetaan IFC-malli tilaajan edustaman henkilön toimesta. Tarkastuskierrros vastaa laajuudeltaan suunnittelijoiden tekemää laadunvarmistusta. Mikäli puutteita ilmenee, on niistä raportoitava suunnittelijoille. Korjaukset tehdään suunnittelijoiden alkuperäisiin malleihin, minkä jälkeen toistetaan kolmivaiheinen laadunvarmistusprosessi. Vasta kun tilaajan nimeämä edustaja on hyväksynyt tietomallin, voidaan se julkaista projektipankkiin ”Hyväksytyt”-kansioon. Viimeiseksi tarkistetaan vielä suunnitelmadokumentit, jos ne toimitetaan projektipankkiin. Mikäli suunnitelmadokumenteissa havaitaan puutteita ja ne edellyttävät muutoksia tietomalliin, on laadunvarmistusprosessi tehtävä uudelleen. Kuvassa 6 on laadunvarmistuksen prosessikaavio.



4.3 Rakennesuunnittelijan tietomalli

Toteutussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu laskentasuunnitelman ja toteutussuunnitelmien laatiminen kokonaisuudessaan. Rakennesuunnittelijalla on toteutussuunnitteluvaiheen lähtötietona arkkitehdin rakennusosamalli IFC-muodossa, mutta tarvittaessa voidaan myös hyödyntää muuta 3D-tietoa. Lähtötietona tai sovitun aikataulun mukaisesti toimi-

tetaan myös erikoissuunnittelijoiden mallit, laite- ja kuormitustiedot sekä reikävaraustiedot. Sopimuksesta riippuen ovat nämä joko 2D- tai IFC-muodossa. [4, s. 10;5, s. 18.]

Rakennesuunnittelija tulostaa toteutuskuvat rakennemallista, joten rakennusosamallin tulee vastata tarkkuustasoltaan työpiirustuksia. Rakennemalli on rakennesuunnittelun rakennusosamalli ja sen on vastattava arkkitehdin rakennusosamallia. Rakennemallin tulee sisältää kaikki vaaka- ja pystyrakenteiden sekä perustusten tiedot sopimuksen mukaisessa laajuudessa. Näitä tietoja ovat tyypit, materiaalit, geometria, sijainti, liitokset ja mitoitus. [13, s. 10;5, s. 18.]

Toteutussuunnitteluvaiheen tietomallia voidaan hyödyntää suoritepohjaisessa määrä- ja kustannuslaskennassa, mallien yhteensovittamisessa, tarjouslaskennassa, valmistuksessa ja tuotannon suunnittelussa, ohjauksessa sekä valvonnassa. Lisäksi rakennesuunnittelijan mallia voidaan hyödyntää myös työmaamallia tehdessä. Rakennusosamallille on tehtävä laadunvarmistus ennen tarjouspyyntöasiakirjojen ja toteutuskuvien tulostamista. Lisäksi rakennesuunnittelijan on tehtävä mallista tietomalliselostus. [13, s. 10.]

Rakennemallin julkaisun yhteydessä tehdään suunnittelijan laadunvarmistus, jonka vaiheet on kuvattu luvussa 4.2. Laadunvarmistus tehdään joko visuaalisesti tai ohjelmallisesti vertailemalla rakennemallin kantavia rakenteita ja aukkoja arkkitehdin rakennusosamalliin. Mallista havaitut oleelliset poikkeamat on raportoitava ja käsiteltävä arkkitehdin kanssa. On myös tarkistettava, että koordinaatisto ja kiertokulma täsmäävät arkkitehdin mallin kanssa. Laadunvarmistuksessa on myös tarkistettava, että perusrakennusosat kuten palkki, pilari ja laatta on määritetty johdonmukaisesti ja oikein. [7, s. 12.]

Rakennusosat on numeroitava yksilöllisesti siten, että ne ovat tunnistettavissa koko rakennushankkeen ajan. Tunnistetietoja käytetään esimerkiksi määrä- ja tarvikeluetteloiden tekoa varten. Kehittyneemmät suunnitteluohjelmat pystyvät hallitsemaan kerros- ja lohkojakoja. Tämän takia on myös numeroinnissa otettava huomioon mahdolliset kerros- ja lohkojaot. Yleensä numeroimiseen käytetään Talo 2000 -nimikkeistöä sekä Senaatti-kiinteistöjen CAD-ohjetta. CAD-ohjeessa on määritelty muiden muassa rakennesuunnittelijan piirustusten-, teksti-, taulukkotiedostojen ja teknisten tietokantojen tekniset tietosisällöt. Rakennesuunnittelijan tulee tuntea Talo 2000 -

nimikkeistön rakennusosista alueosat, talo-osat ja tilan jako-osat. Luvuissa 4.3.1 ja 4.3.2 on kerrottu rakennesuunnittelijan mallinnettavista rakennusosista toteutussuunnitteluvaiheessa Senaatti-kiinteistön mallinnohjeiden mukaisesti. Kun suunnittelun toimeksiannossa on selkeästi määritelty jokaisen suunnittelualueen mallinnettavat tehtävät, voidaan suunnittelu toteuttaa tehokkaasti. [12, s. 5.]

4.3.1 Rakennusosamalli laskentavaiheessa

Perustuksia täydennetään edellisen suunnitteluvaiheen tiedon tarkentuessa. Edeltävässä suunnitteluvaiheessa, vaihtoehtojen suunnittelussa, rakennesuunnittelija mallintaa perustukset alustavaan rakennusosamalliinsa. Alustavan rakennusosamallin lähtötietona on GEO-malli, eli geoteknisen suunnittelijan tietomalli, ja arkkitehdin tilamalli. GEO-malli pitää sisällään tontin kaisuun ja louhinnan, salaojat ja pihantasaukset sekä rakennuksen valmistuttua tontille jäljelle jäävän kalliopinnan. Arkkitehdin mallista saadaan rakennuksen geometria ja valittu runkojärjestelmä. Myös kuormitustietojen määrittämiseen tarvittavat tiedot saadaan arkkitehdin tietomallista. Tarvittavat lähtötiedot arkkitehdin tietomallista rakennuksen perustuksien mallintamista varten on siis tilamalli, josta selviää rakennuksen kerrokset ja käyttötarkoitus. [12, s. 9-11.]

Perustuksiin luokiteltavat rakennusosat ovat perustusrakenteet ja paalutus, erilaiset perusmuurirakenteet sekä perustusten liittyminen yläpuoleisiin rakenteisiin. Veden-, kosteuden- ja lämmöneristeet eivät ole mallinnettavia tehtäviä, mutta tieto niistä on liitettävä rakennetyyppien kuvauksiin. Alapohjasta tulee selvittää alapohjarakenne sekä siihen liittyvien palkkien ja kanaalien rakenne. On myös sovittava erikseen, miltä rakennuksen osalta tyyppielementit ja niiden liitokset mallinnetaan. Tyyppielementti on nimensä mukaisesti tyypillinen elementti rakennuksesta. [12, s. 9-11.]

Perustusten päälle mallinnetaan rakennuksen runko, joka kattaa väestönsuojat, kantavat seinät, pilarit, palkit, väli- ja yläpohjat sekä erityiset runkorakenteet. Hankekohtaisesti on sovittava mallin tarkkuustaso ja valmiusaste urakkatarjousvaiheessa. Väestönsuoja on mallinnettava ja niiden tarkkuustaso on sama kuin kantavilla seinillä ja laatoilla. Kantaville seinille tehdään elementtijako arkkitehdin rakennusosamallin pohjalta. Hankekohtaisesti on sovittava, mistä rakennusosista tehdään malliseinäelementit sekä niihin liittyvät liitokset. Näiden pohjalta saadaan tarvittavat materiaalitiedot laske-

ntaa varten. Elementtien yksityiskohdat esitetään mallielementeissä. Myös liitokset on mallinnettava oikein, jotta tietoa voidaan käyttää materiaalilaskennassa. Laskentaa ajatellen olisi hyvä mallintaa liitokset objekteina, jolloin saadaan laskettua pääliitostyyppien määrät. Sovittaessa voidaan rakennusosamallista tulostaa elementtiluettelot ja mittatiedot. [12, s. 11.]

Muista seinäelementeistä on käytävä ilmi geometria ja saumaleveys. Pääsääntöisesti mallinnetaan seinäelementtien saumat ja kiinnikkeet vasta toteutussuunnitteluvaiheessa. Myös raudoitukset mallinnetaan seuraavassa vaiheessa. Ovi- ja ikkuna-aukkojen koon ja sijainnin määrittää arkkitehdin rakennusosamalli. Hankekohtaisesti voidaan jättää vaikeasti mallinnettavia yksityiskohtia pois, kuten puuseinän höyrynsulku. Näistä on ilmoitettava sovitussa muodossa määrälaskentaan ja rakentajille. Laskentavaiheessa väli- ja yläpohjasta mallinnetaan märkätilojen vaakarakenteet ja korkeus-asetat, ontelolaatat, TT-laatat, kuorilaatat, kololaatat ja muut vastaavat rakenteet sekä paikallavalurakenteet. Myös liitokset mallinnetaan sovitulta rakennuksen osalta. Märkätilojen vedeneristeitä ei mallinneta. [12, s. 11–12.]

Myös pilareiden ja palkkien osalta mallinnetaan sovitut mallibetonielementit ja näiden liitokset. Pilareiden saumavaluja ei mallinneta. Konepajasuunnittelua varten on mallista saatava määrä- ja massaluettelot. Teräsrakenteiden määräluetteloista puuttuu tässä vaiheessa tyypillisesti muun muassa liitoslevyt. Erityiset runkorakenteet, kuten kuilut, mallinnetaan samojen periaatteiden mukaan kuin edellä mainitut runkorakenteet. [12, s. 12]

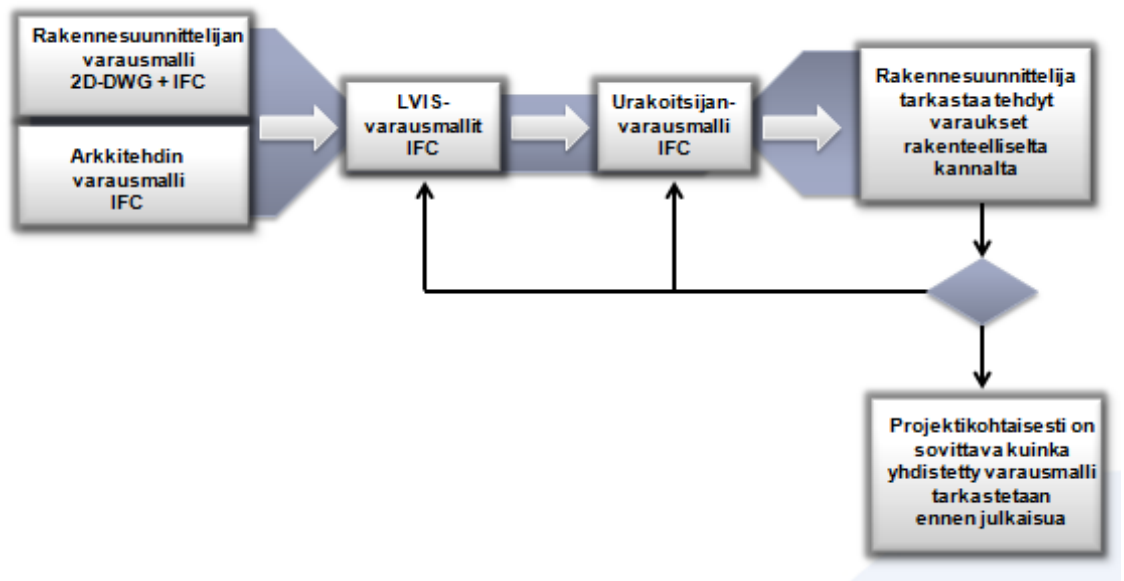
Julkisivujen mallintamisessa noudatetaan kantavien rakenteiden ohjeita. Elementtijako tehdään nykyään rakennesuunnittelijan ja arkkitehdin tiiviissä yhteistyössä arkkitehdin mallinnustyökalujen puutteiden takia. Koska elementtisaumoja ei voi järkevästi mallintaa arkkitehdin yleisimmillä mallinnusohjelmilla, tehdään ehdotukset yleensä piirustuksiin. Julkisivun ovi- ja ikkuna-aukot näkyvät tyhjinä aukkoina rakennemallissa. Aukkojen koon ja sijainnin on vastattava arkkitehdin mallia. Ulkotasoista on laskentavaiheessa mallinnettava parvekkeet. [12, s. 13.]

Rakennesuunnittelijan ei tarvitse mallintaa tasakattoisissa vesikatoissa ei-kantavia kattorakenteita kuten kallistuksia, ristikoita, kevytsoraa tai eristeitä. Näistä ei-kantavista rakenteista on toimitettava suunnittelutiedot arkkitehdille joka mallintaa rakenteet. Myös räystäiden mallintaminen kuuluu arkkitehdin

mallinnustehtäviin. Arkkitehti ja LVI-suunnittelija suunnittelevat kattokaivojen paikat yhteistyössä. Niiden mallintaminen kuuluu LVI-suunnittelijan tehtäviin. Kantavat vesikattorakenteet, kuten pysäköintialueet, kuuluvat rakennesuunnittelijan mallinnettaviin tehtäviin. Rakennesuunnittelija mallintaa myös harjakattojen ristikkorakenteet tuoteosavalmistajan lähtötiedoksi. [12, s.13.]

Tilan jako-osista rakennesuunnittelija mallintaa ei-kantavat betoniseinät. Myös tyyppielementit ja näiden liitokset mallinnetaan sovittujen rakennusosien osilta. Hankekohtaisesti voidaan sopia myös muiden tilaosien mallintamisesta, kuten hoitotasot ja kuilurakenteet. Nämä ovat täydentäviä suunnittelutehtäviä. [12, s. 13.]

Rakennesuunnittelijan on koottava muiden suunnittelijoiden varausmallit omaan rakennemalliinsa ja tarkistettava malli rakenteiden kestävyden kannalta. Reiät on mallinnettava ohjelmistojen salliessa reikäobjekteina. Niiden koko ja tunnistetiedot liitetään attribuuttitietona objekteille. Reikien on oltava kooltaan ja sijainniltaan oikeassa paikassa. Ne mallinnetaan läpäiseviä rakenteita paksumpina, koska rakenteiden paksuudet voivat vielä muuttua. Tämä helpottaa myös visuaalista tarkastelua. Ennen kuin rakennesuunnittelija voi julkaista lopullisen varausmallin ja varaussuunnitelmat työmaata varten, on yhdistetty malli tarkastettava soveltuvalla tarkastusohjelmalla. Varaussuunnitelmasta on myös tehtävä tietomalliselostus, johon kirjataan esimerkiksi poikkeavista reikäsyvyyksistä porauksien määrälaskentaa varten. Kuvassa 7 on esitetty reikä- ja varauskiertoa toteutus-suunnitteluvaiheessa. [12, s. 14.]



Kuva 7 Reikä- ja varauskierto toteutussuunnitteluvaiheessa

4.3.2 Rakennusosamalli toteutussuunnitteluvaiheessa

Laskentavaiheen rakennusosamallia täydennetään vastaamaan toteutussuunnitteluvaiheen rakennusosamallia. Tiedon sisältöön vaikuttavat valmistuksessa vaadittavan tiedon tarkkuus ja laajuus. Tässä vaiheessa täsmennetään betonirakenteiden raudoituksia ja liitoksia. Raudoitukset olisi hyvä raudoittaa ryhmänä, jolloin niitä on parempi käsitellä raudoituksen muuttuessa. Liitostyökalujen lisäksi tarvitaan kerrosrakennetyökalut, jotta mallintamisessa on mahdollista päästä riittävään tarkkuuteen. [12, s. 15.]

Tietomallinnus mahdollistaa myös vastaavan rakennesuunnittelijan tietomallin hyödyntämistä tuoteosasuunnittelussa. Näin ei samaa tietomallia tarvitse mallintaa kahteen kertaan. Rakennesuunnittelija julkaisee tietomallin oleellisilta osin valmisosasuunnittelun lähtötiedoksi. Valmisosasuunnittelijoiden tuottama tieto puolestaan kerätään vastaavan rakennesuunnittelijan toimesta rakennesuunnittelijoiden yhdistettyyn tietomalliin. Toimintamalleista on sovittava hankekohtaisesti. [5, s. 19-20;12, s. 15.]

Perustuksien osalta on tässä vaiheessa mallissa oltava lämmön-, veden-, ja kosteudeneristeistä linkki tai viittaus 2D-detaljipiirustuksiin. Kantavien rakenteiden liittymät on oltava oikein, jotta rakennemallista voidaan tuottaa valmistukseen vaadittavat tulosteet. Tässä vaiheessa on mallissa oltava elementtien liitososien- ja asennusosien tunnuksat, tarkat sijainnit, saumat ja liitos yksityiskohdat. Liitokset tulisi mallintaa objekteina, jolloin saadaan mallista

erilaisten liitosten määrätiedot. Runkoon kiinnitettävät pintarakenteet, kuten ritilät, levyt ja kaiteet, voidaan esittää erillisinä 2D-kuvina. Tällöin on malliin tehtävä linkki tai viittaus detaljikuviin.

Rakennesuunnittelijan on tässä vaiheessa tarkistettava LVI-suunnittelijan kanssa kellarin ja vesikaton talotekninen toimivuus sekä kattokaivojen sijainnit. Rakennesuunnittelijan mallinnustehtäviin voidaan sisällyttää erillisellä sopimuksella kevyet väliseinät, lasiseinärungot, valokattorungot, laiteperustukset, tikkaat, hoitotasot ja kulkureitit sekä ei-kantavien rakenteiden rungot.

5 RAKENNESUUNNITTELIJAN TOIMINTAMALLI

Luvussa viisi on koottu insinööriyön tutkimusten tuloksia. Tutkimukset suoritettiin teemahaastatteluina. Haastatteluiden tarkoituksena oli selvittää, kuinka integroidun projektin menetelmiä on sovellettu Suomessa. Haastateltavina oli kaksi projektipäällikköä Pöyry Oy:ltä ja yksi ohjelmistovalmistajan edustaja Tekla Oyj:ltä.

Integroidun projektin periaatteiden mukaisesti ei rakennesuunnittelijalla ole paljoa tietomallinnustehtäviä toteutusvaiheessa. Toteutusvaiheessa, eli silloin kun rakentaminen alkaa, päivitetään rakennemalli vastaamaan toteutettavaa rakennusta. Muutokset johtuvat lähinnä urakoitsijan toteutuskäytännöistä. Näitä ovat esimerkiksi urakoitsijan reikäpiirustusten tarkastaminen rakenteelliselta kannalta tai urakoitsijan tekemien työpiirustusten mittojen ja kuormien yhteensovittaminen muiden suunnitelmien kanssa. Integroidussa suunnitteluprojektissa hoidetaan tämän kaltaiset tarkastelut jo toteutussuunnitteluvaiheessa. Tästä seuraakin, että toteutussuunnittelu- ja toteutusvaihetta toteutetaan osittain päällekkäin. Rakennesuunnittelijan tehtäviä, jotka kuuluvat selkeästi toteutusvaiheeseen, ovat:

- Osallistuminen työmaakokouksiin perustus- ja runkotyövaiheissa
- Elementtiurakoiden aloituskatselmukset
- Elementti- ja runkorakenteiden vastaanottotarkastukset
- Suunnitelmien hyväksyttäminen viranomaisilla
- Osallistuminen vastaanottotarkastuksiin [17, s. 12].

Suurempana haasteena toteutusvaiheessa on ohjata rakennesuunnittelua kun toteutusvaiheessa tehdään suunnitelmiin muutoksia. Muutoksia suunnitelmiin voi aiheuttaa esimerkiksi tietyn rakennusmateriaalin huono saatavuus. Tästä syystä rakennusprojekteille tulee usein kiire. Rakennesuunnitelmien muutoksille on laadittava aikataulu. Jotta rakennusprojekti pysyy aikataulussa suunnitelmia muutettaessa, on prosessia ohjattava tehokkaasti. Muutostilanteissa on usein myös muiden suunnittelualueiden suunnitelmiin tehtävä muutoksia. Integroidulla suunnitteluprosessilla voidaankin muutoksiin

vaikuttaa tehokkaasti, koska toteutussuunnitteluvaiheessa muodostettu työryhmä on tavoitettavissa myös toteutusvaiheessa.

5.1 Koordinoiva aikataulu

Kuten kaikissa rakennusprojekteissa, myös integroidun rakennusprojektin aikatauluun vaikuttaa kolme päätekijää: suunnitteluun, hankintoihin ja rakentamiseen tarvittava aika. Se, miten nämä päätekijät eroavat integroidun ja perinteisen rakennusprojektin välillä, on ajankäyttö. Integroiduissa projekteissa pyritään lyhentämään läpimenoaikoja, kuten tuoteosan valmistamista. Näin voidaan aikaistaa muun muassa hankintaprosessin alkamista. Tietomallista voidaan lähettää tuoteosavalmistajalle tarvittavat tarviketiedot aikaisemmassa vaiheessa, jolloin esimerkiksi seinäelementille varattua 6 viikon valmistusaikaa voidaan lyhentää. Valmisosatoimittajat ovat varanneet runsaasti aikaa tarvikkeiden tilaamista varten. Prosessin tehostaminen asettaa myös suunnitteluprosessille erityisiä vaatimuksia. Tällöin suunnittelu tapahtuu integroidussa rakennusprojektissa osittain päällekkäin hankintojen kanssa, jolloin yhteistyön suunnittelijoiden ja tuoteosatoimittajien välillä on toimitettava saumattomasti. [18.]

Nykyään tietomallinnusohjelmiin on kehitetty toiminto, jolla voidaan linkittää aikataulutietoja rakennusosille. Rakennusobjekteille voi liittää niin suunnittelun, valmistuksen, kuljettamisen kuin rakentamisenkin aikataulutiedot. Tieto lisätään ominaisuustietona rakennusosille. Tuoteosatoimittajien tuote- ja toimitusaikataulutiedot ovat myös linkitettävä rakennusosille, joko rakennemalliin tai työmaamalliin. Loogisempi vaihtoehto on linkittää tuotetiedot rakennemalliin, josta tehdään toteutusvaiheen malli. Tietomallinnusohjelmiin voi rakennusosille syöttää niin suunnitellut kuin toteutuneetkin aikataulutiedot. Kun kaikkien osapuolten aikataulutiedot on päivitettyinä tietomallissa, on myös suunnittelun ohjausta helpompi koordinoita. Tämä helpottaa myös suunnittelutyön ohjaamista muutostilanteissa. [2.]

Tietomallien yhdistämisen ajankohdat on myös liitettävä yleisaikatauluun. Tietomallien aikataulusuunnittelussa on tällöin käytettävä aikaisempiin projekteihin perustuvaa tietämystä. Aikataulussa pysyminen on yksi edellytys projektin onnistumiselle. Suunnittelutoimistojen on varattava tarpeeksi resursseja aikataulussa pysymiseen. Tämä tarkoittaa sitä, että tarpeen vaa-

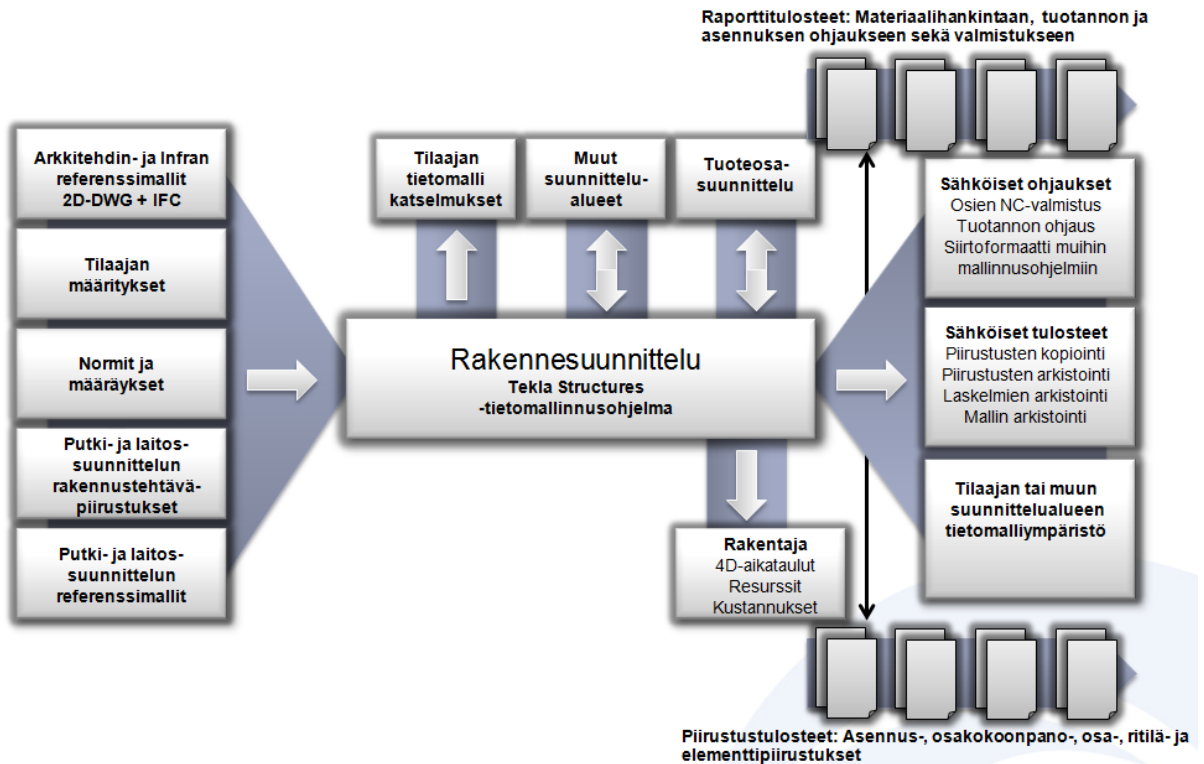
tiessa myös suunnittelutoimistojen on järjestettävä omia resurssejaan projektin ehdoilla.

Toteutuneissa rakennusprojekteissa on toteutussuunnitteluvaiheessa tietomalleja yhdistetty noin viikon välein [2]. Tietomallien yhdistämisen tavoitteena on ohjata suunnittelua ja esitellä suunnittelun edistymistä tilaajalle. Toteutusvaiheessa käyttävät urakoitsijat yhdistettyä tietomallia muiden muassa työnjohtamiseen.

5.2 Lähtötiedot ja tietovirrat

Rakennesuunnittelijan lähtötietoihin vaikuttaa se, minkälainen rakennuskohte on suunnittelun alla. Toimistorakennuskohteissa on osaksi eri asiantuntijoita (suunnittelijoita), kuin esimerkiksi teollisuuden rakennuskohteissa. Tämä tarkoittaa sitä, että eri projekteissa käytetään osittain eri tiedonsiirtomuotoja. Eri suunnittelualueiden suunnittelijat käyttävät siis eri ohjelmia. Teollisuuden rakennuskohteet antavat myös hieman erilaisen lähtökohdan rakennesuunnittelulle toimistorakennukseen verrattuna.

Rakennesuunnittelijan tietovirtoja voi pääpiirteittäin kuvata kuvan 8 mukaisesti. Kun osa-alueita tarkastellaan tarkemmin, on huomioitava, että tehtävät limittyvät jonkin verran päällekkäin.



Kuva 8 Tilaajajärityksen sisäisestä materiaalista on muokattu rakennesuunnittelijan tietovirtoja kuvaava kaavio integroidussa rakennusprojektissa

5.3 Työnaikainen integrointi muihin suunnittelualueisiin

Työnaikainen integrointi muihin suunnittelualueisiin vaihtelee paljon suunniteltavasta kohteesta. Esimerkiksi teollisuuden investointihankkeissa on rakennuksen arvo koko hankkeen kustannuksista 5 – 25 %. Varsinkin jos rakennuksen osuus lähentelee 5 %:a, on selvää, että hankkeen pääpaino itse laitteiden suunnittelussa. [18.]

Teollisuuden rakennuskohteissa rakennesuunnittelija saa perustusten ja kantavan rungon lähtötiedoksi laitteen alustavat tiedot. Vaikka laitesuunnitelmiin tulisi muutoksia, voidaan perustuksien suunnitelmia usein käyttää sellaisenaan siirtämällä ne oikeaan paikkaan. Muutoksia rakennesuunnitelmiin tulee laitetietojen tarkentuessa, jolloin kantavaa runkoa joudutaan usein muuttamaan. Rakennuksen runko pyritään suunnittelemaan yksinkertaisena rakenneratkaisuna. Tämä yhdessä rakennusmateriaalien optimoinnin kanssa, joka kuuluu rakennesuunnittelijan ammattitaitoon, teettää usein pullonkaulan suunnitelmia muutettaessa.

Muita ongelmia muutostilanteissa rakennesuunnittelijan näkökulmasta ovat tarkasti mitoitettut putkisuunnitelmat. Teollisuuden rakennuskohteissa suunnitellaan putket 20 mm:n tarkkuudella. Tämän seurauksena kantavia rakenteita ei ole aina helppo muuttaa. Myös asiakkaan toiveet suunnittelun loppu-

vaiheessa voivat tuoda yllättävän paljon lisäkustannuksia. Tämän takia olisi hyvä saada asiakkaan tarpeet selville jo ennen toteutussuunnitteluvaihetta.

Tietomallien yhdistäminen teollisuuskohteissa tapahtuu usein laitossuunnittelijan toimesta. Rakennesuunnittelijan tietomalli siirretään referenssimallina laitossuunnittelijan tietomalliin.

5.4 Työnaikainen yhteydenpito urakoitsijoihin

Toteutusvaiheessa päivitetään urakoitsijan työmaamallia rakennesuunnittelijan rakennemallista. Suuremmat rakennusprojektit jaetaan alueisiin ja vaiheisiin. Tilannetta kuvaa hyvin se, että rakennesuunnittelijan on aloitettava esimerkiksi paikalla valettavien pilareiden ja palkkien suunnittelu samasta lohkosta ja nurkasta josta urakoitsija aloittaa rungon pystytyksen. Oikea-aikaisella suunnittelulla pystytään näin lyhentämään suunnitteluprosessia. Rakennusprojekteja pyritään myös tehostamaan poistamalla turha työ. Tehostustoimenpiteitä voi olla myös esimerkiksi valmisosien, kuten betonielementtien, valmistusaikojen lyhentäminen. [2.]

Lyhennettyjen läpimenoaikojen seurauksena päivitetään työmaamallit myös viime hetkellä. Työmaamallia päivitetään rakennesuunnittelijan tietomallista saatavilla tiedoilla. Jotta urakoitsija pystyisi hyödyntämään työmaamallia tehokkaasti, on rakennusosille annettava aikataulutiedot. Tietomallin lohkoja kerrosjaon on myös vastattava urakoitsijan toteutuskäytäntöjä. Tiedon päivittämisen rakennemalliin voi sisällyttää rakennesuunnittelijan tehtäviin suunnittelun toimeksiannossa. Tosin aikataulutietojen linkittäminen tietomalliin vaatii tiiviimpää yhteistyötä. Tätä varten on kehitetty tietomallipalvelimia, joiden avulla esimerkiksi tuotevalmistaja voi linkittää valmistukseen liittyvät aikataulutiedot rakennusosille.

Toinen merkittävä parannus tietomallipohjaisessa suunnittelussa on raporttien lähettämien urakoitsijalle. Raportit voivat sisältää esimerkiksi määräluetteloita tai aikataulutietoja. Määräluetteloita lähetettäessä urakoitsijalle on määritettävä tarkasti tietosisältö väärinkäsitysten välttämiseksi. [2.]

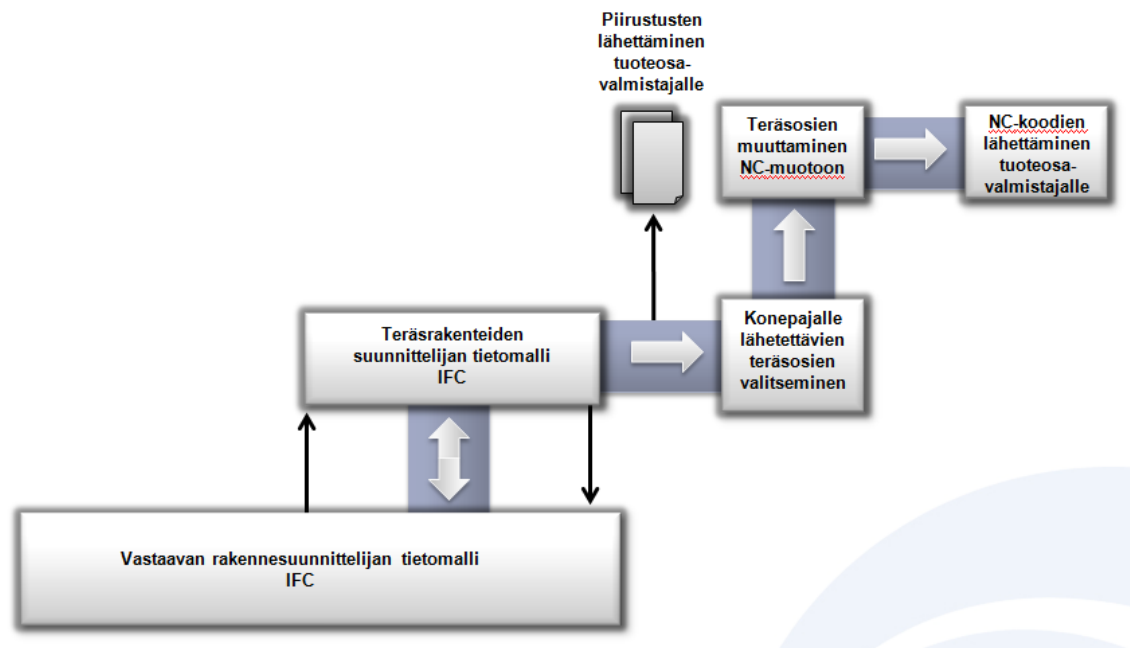
Nykypäivän rakennusprojekteissa on urakoitsija vastannut tietomallien koordinoitavista. Karkeasti katsottuna on tietomalleja yhdistetty noin kuukauden välein ja suunnittelun edetessä on tietomalleja yhdistetty viikon välein. Hyvän yhteistyön saavuttamiseksi tulisi urakoitsijan, tilaajan ja suunnit-

telijoiden sopia jo yleissuunnitteluvaiheessa aikatauluista ja rakennusvaiheen toteutuskäytännöistä. Toteutuskäytännöissä tulisi huomioida esimerkiksi, mistä nurkasta urakoitsija aloittaa perustusten valamisen. Näin myös suunnittelua pystytään ohjaamaan tehokkaammin. [2.]

5.5 Työnaikainen yhteydenpito valmisosat tuotantoon

Valmisosasuunnittelu jakaantuu kolmeen osa-alueeseen materiaalien perusteella. Nämä osa-alueet ovat betonielementtien, teräsrakenteiden ja puuelementtien suunnittelu. Tietomallintamisen näkökulmasta pystytään teräsrakenteita suunnittelemaan parhaiten vastaamaan itse tuotantoprosessia. Teräsosien geometria- ja attribuuttitieto käännetään numeeriseen muotoon ja lähetetään sähköisesti suoraan konepajalle valmistustiedoksi. Tietokoneavusteiset koneet pystyvät tuottamaan teräsosat näillä tietomallin tiedoilla. Betonielementtien suunnittelussa eletään puolestaan murrosvaihetta. Tällä hetkellä tuotetaan Suomessa Parman tehtaalla vastaavalla menetelmällä ontelolaattoja.

Teräsosat suunnitellaan vastaavan rakennesuunnittelijan tai tuoteosasuunnittelijan toimesta. Suunnittelu voidaan sisällyttää esimerkiksi tuoteosakauppaan, jolloin teräsosia valmistava tehdas usein myös suunnittelee teräsrakenteet. Teräsosista tehdään kokoonpanoja, kuten esimerkiksi kattoristikkoita. Teräsosavalmistajien tuotannonohjausjärjestelmät lukevat yksittäisten osien tiedot kokoonpanon tiedoista. Tämä tarkoittaa sitä, ettei tuotannonohjausjärjestelmälle tarvitse erikseen syöttää yksittäisten levyosien tietoja. Kuvassa 9 on kuvattu vastaavan rakennesuunnittelijan ja tuoteosasuunnittelijan välistä yhteistyötä sekä tiedon siirtämistä teräsosia valmistavalle tehtaalle. Juridinen vastuu säilyy aina kuitenkin piirustuksilla, joten ne on myös lähetettävä teräsosia valmistavalle tehtaalle.



Kuva 9 Teräsrakenteiden suunnittelu ja valmistusprosessi

Yksittäiset teräslevyt valmistetaan numeerisella ohjauksella (NC-koodeilla) polttoleikkaamalla. NC-koodeja käytetään myös teräsprofiilien poraukseen, sahaukseen ja merkitsemiseen. Esimerkiksi teräsrunkorakenteita ja konepajatuotteita valmistava Kavamet-Konepaja Oy pystyy tuottamaan > 80 mm teräsprofiileihin reiät sekä merkinnät teräslevyjien asemointia varten NC-koodeilla.

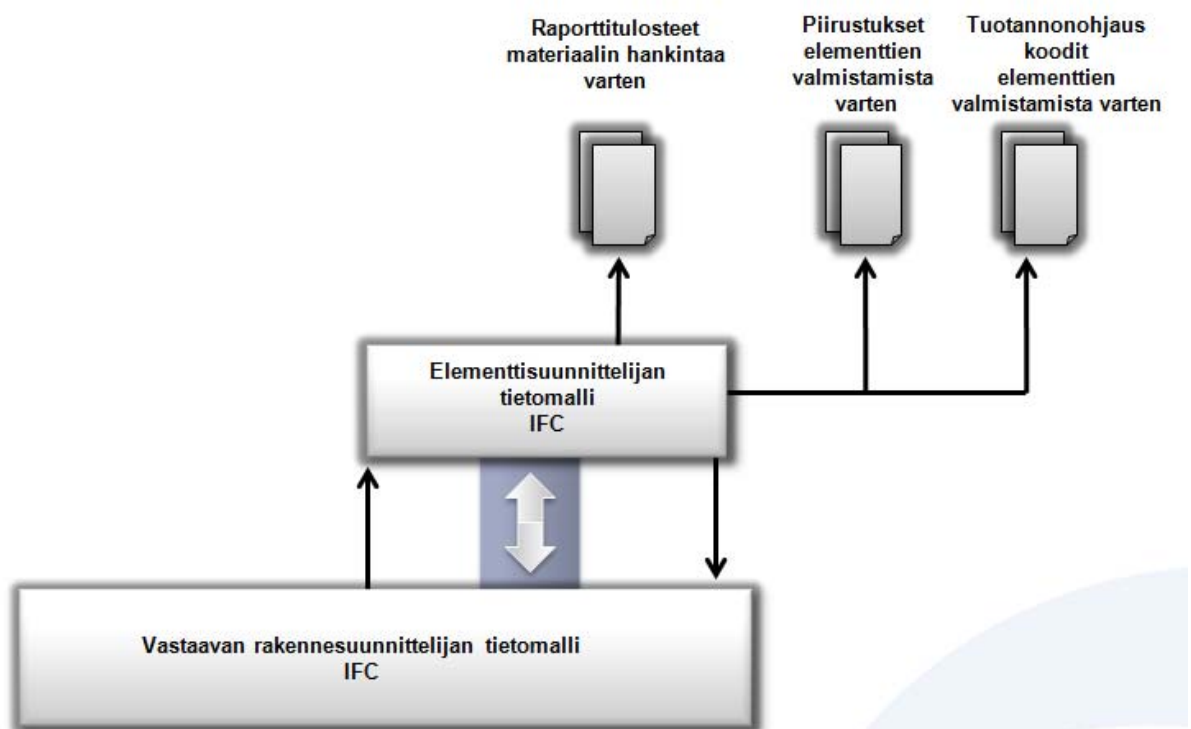
Tietomallista saatavat raporttitulosteet, kuten tarvikeluettelot, nopeuttavat erityisesti betonielementtien valmistamista. Näin voidaan esimerkiksi tilata etukäteen tarvittavat valutarvikkeet betonielementin valmistusta varten. Teollisuuden rakentamisessa on näitä raporttitulosteita hyödynnetty pidempään kuin talorakennuskohteissa. Tämä johtuu osaksi siitä, että teollisuuskohteissa on käytetty pidempään tietomallipohjaisia suunnittelutyökaluja. Kun tietomalliin tehdään muutoksia, päivittyvät myös tarvikeluettelot ajan tasalle. Talorakennuskohteissa ei tarvikeluetteloiden tekoa ole sisällytetty suunnittelu-urakkaan, koska perinteisillä 2D-piirustustyökaluilla on luetteloita jouduttu kirjoittamaan mekaanisesti. Tällöin on myös muutosten hallinta ollut vaikeampaa.

Vaikka valmisosasuunnittelu toteutettaisiin tuoteosasuunnittelijan toimesta, suunnitellaan rakenteiden yksityiskohdat usein päärakennesuunnittelijan kanssa yhteistyössä. Talorakennuspuolella on myös paljon erikoisia liitoksia, joista tuotetaan detaljikuvat 2D-piirustustyökaluilla. Toimenpiteellä pyritään säästämään aikaa toteutusvaiheessa. Suunnittelusopimusten

tulisi kuitenkin kannustaa tietomallipohjaiseen suunnitteluun, sillä esimerkiksi muutoksia on kokonaisuuden kannalta helpompi hallita tietomallinnusohjelmalla.

Rakenteiden suunnittelun lisäksi on myös huomioitava rakennusosien valmistukseen kuluva aika. Esimerkiksi betonielementtien valmistamiseen on varattava neljästä kuuteen viikkoa aikaa. Valmistusaikaan on sisällytetty myös materiaalien toimituksiin kuluva aika. Näitä valmistusaikoja voitaisiin lyhentää, jos tuoteosavalmistajalle lähetettäisiin tarviketiedot normaalin aikataulun mukaisesti, eli esimerkiksi betonielementin kohdalla noin kuusi viikkoa ennen elementin valmistusta. Betonielementtien tarvikkeisiin kuuluu muiden muassa seinä- ja pilarikengät, peruspultit, tartuntalevyt ja ruostumattomat teräsosat. Tarvikeluetteloiden teko edellyttää myös yhteistyötä muiden suunnittelualueiden kanssa, sillä esimerkiksi betonielementteihin upotettavien sähköosien tiedot on myös toimitettava elementtitehtaalle. Alla kuvassa 10 on havainnollistettu elementin suunnittelu- ja valmistusprosessia.

Kuva 10 Rakennesuunnittelijan ja elementtisuunnittelijan välistä yhteistyötä sekä



elementin valmistusprosessia kuvaava kaavio

5.6 Tarkastukset ja laadunvarmistus

Laadunvarmistaminen teollisuuden rakennuskohteissa ja etenkin vaikeissa kohteissa poikkeaa jonkin verran perinteisistä toimintamalleista. Teollisuuden organisaatioihin on nimetty laadunvarmistamiseen erikoistuneita henkilöitä, jotka vastaavat tiedon oikeellisuudesta. Vastaavasti esimerkiksi toimistorakennuskohteissa tarkastetaan suunnitelmat viranomaisten toimesta.

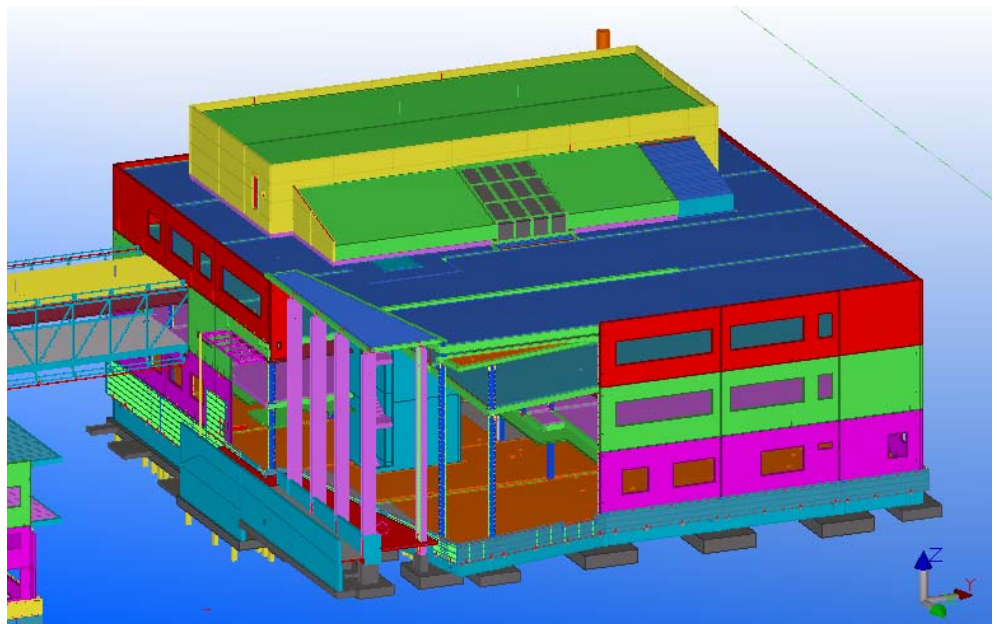
5.7 Työturvallisuuden huomioiminen

Vuonna 2009 tuli voimaan valtioneuvoston asetus, VNa 205/2009, jonka tarkoituksena on tiivistää rakennushankkeen osapuolten välistä yhteistyötä turvallisuussuunnittelussa. Rakennesuunnittelijan on kiinnitettävä erityistä huomiota valmisosien, kuten elementtien turvalliseen käsittelyyn. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennesuunnittelijan on osaltaan hyväksyttävä elementtien asennussuunnitelma. Lisäksi vastaavan rakennesuunnittelijan on esimerkiksi varmistuttava siitä, että muut osapuolet ovat huomioineet turvallisuuden rakenteelliselta kannalta. Tämän seurauksena SKOL on julkaissut tarkastuslistan rakennesuunnittelun vaaratekijöiden arviointia varten. Lista ei sellaisenaan välttämättä ole valmis, mutta toimii hyvänä pohjana arviointia varten. [19, s. 8.]

6 TOIMINTAMALLIN TOIMIVUUS TOIMISTORAKENNUSKOHTEESSA

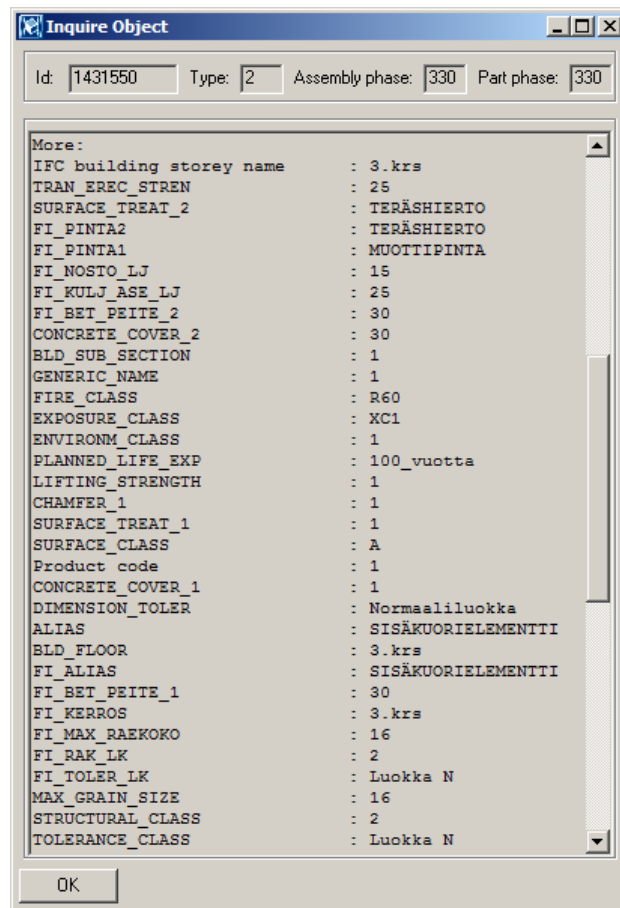
6.1 Yleistä

Insinööriyön soveltavassa osuudessa tutkittiin jo pitkälle rakennettua Axxell-toimistorakennusta, joka on kuvattu alla kuvassa 11. Karjaalla sijaitsevan rakennuksen runko pystytettiin kokonaisuudessaan insinööriyön aikana. Ensiksi insinööriyössä tutustuttiin toimistorakennukseen, jonka jälkeen tutkittiin, kuinka Tekla Structures -ohjelman projektinhallintaominaisuuksia voi hyödyntää case-kohteessa. Insinööriyössä tutkittuja projektinhallintaominaisuuksia ei käytetty kyseisessä rakennuskohteessa.



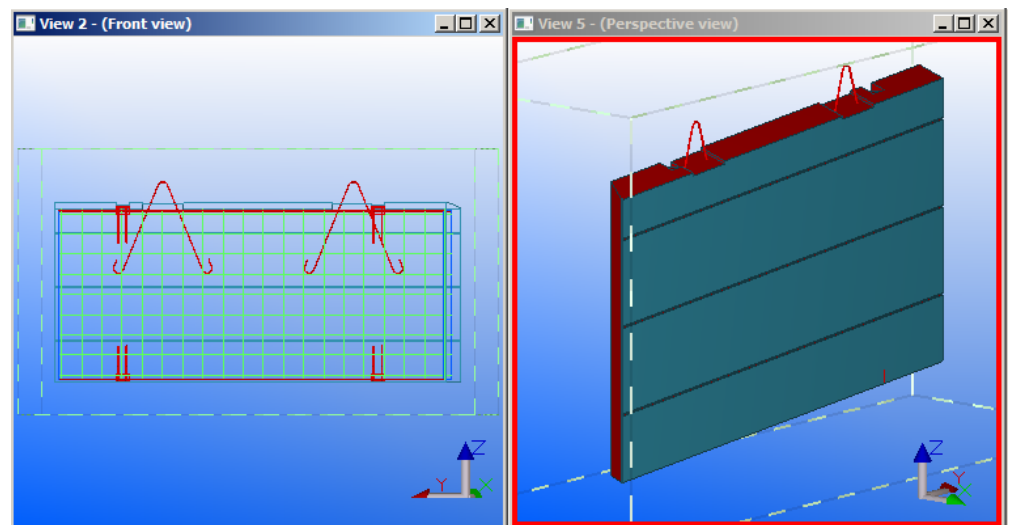
Kuva 11 Insinööriyön case-kohte Axxell-toimistorakennus

Rakennesuunnittelijat ovat määrittäneet case-kohteen rakennusosille paljon erilaisia ominaisuustietoja, joita voi hyödyntää raporttitulosteissa ja itse piirustuksissa. Kuvassa 12 on esitelty osa rakennuskohteen seinäelementeille annettavista ominaisuustiedoista.



Kuva 12 Sisäkuorielementin ominaisuustietoja case-kohteessa

Case-kohde koostuu pääasiassa elementtirakenteista. Ainoastaan hissi- ja porraskuilut toteutetaan paikallavalettuina. Osa alapohjarakenteesta valettiin myös paikan päällä. Kuvassa 13 on esimerkki rakennuskohteen sokkeli-elementistä.

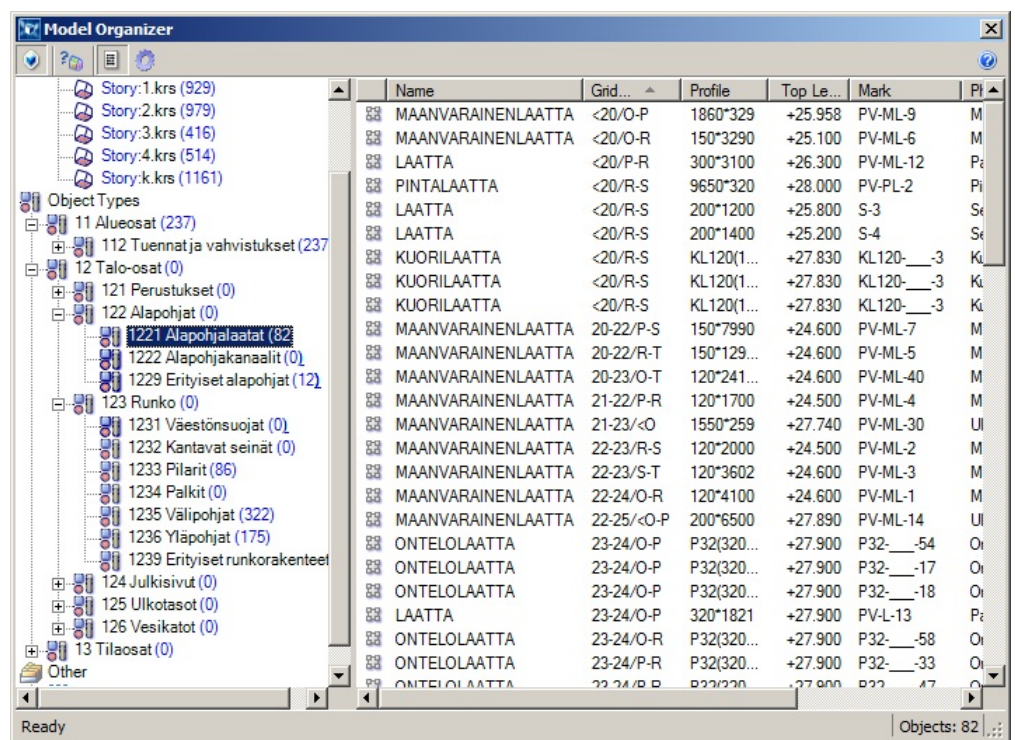


Kuva 13 Case-kohteen sokkeli-elementti on kuvattu kahdesta eri kuvakulmasta

6.2 Projektin hallinta

Tietomallin hallintaa varten Tekla Structures -ohjelmaan on kehitetty Model Organizer -toiminto. Tietomalli voidaan jakaa kerroksiin ja alueisiin. Toiminto löytyy Tekla Structures -ohjelman Full ja Construction Management – versioista. Rakennuksen kerrokset ja alueet ovat luonnollisesti kirjoitettava joka kerta uudelleen, mutta objektien jaottelua voidaan hyödyntää myös seuraavissa projekteissa. Kuvassa 14 case-kohde on jaettu kerroksiin ja laattojen osalta ala-, väli- ja yläpohja rakenteisiin. Toimistorakennus sijaitsi kokonaan A-lohkossa, joten lohkoittainen jako ei ollut tarpeen. Objektit on ryhmitelty Talo 2000 -nimikkeistön mukaan.

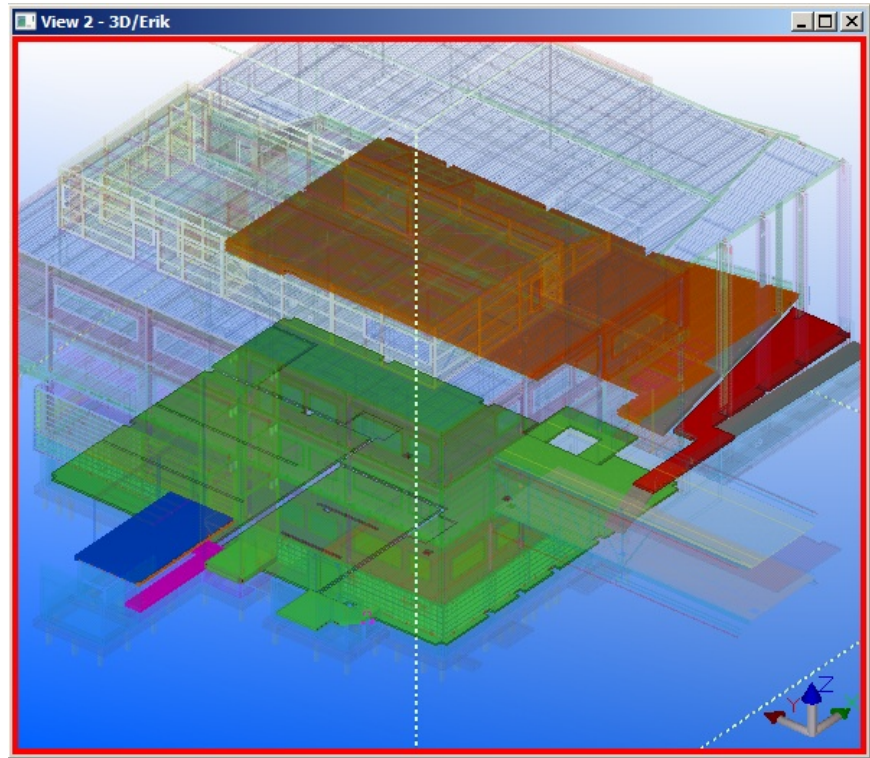
Sen lisäksi, että Model Organizerilla voi jakaa tietomallin lohkoihin ja kerroksiin, onnistuu myös jako esimerkiksi taloteknisiin järjestelmiin. Tällaista jaottelua voi hyödyntää esimerkiksi, kun Tekla Structures -ohjelmaa käytetään tietomallien yhdistämisen alustana. Eri suunnittelualueiden tietomallit voidaan siis jakaa erikseen loogisiin alueisiin.



Kuva 14 Model Organizerin käyttöliittymä

Kuvassa 15 on esitetty case-kohteen alapohjalaatat tietomallin puolella. Se, että tietoa voi suodattaa kerros- ja lohkoittaisesti, palvelee erityisesti yhteistyötä urakoitsijan kanssa. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että urakoitsijalla on käytössään Tekla Structures -tuoteperheen ohjelma. Jaottelu no-

peuttaa myös tiedon siirtämistä suunnittelijoiden välillä. Tällöin lähetettävien objektien suodattaminen tietomallista nopeutuu jolloin esimerkiksi LVI-suunnittelijoille lähetettäviä kerroskohtaisia lähtötietoja voidaan lähettää tehokkaammin.



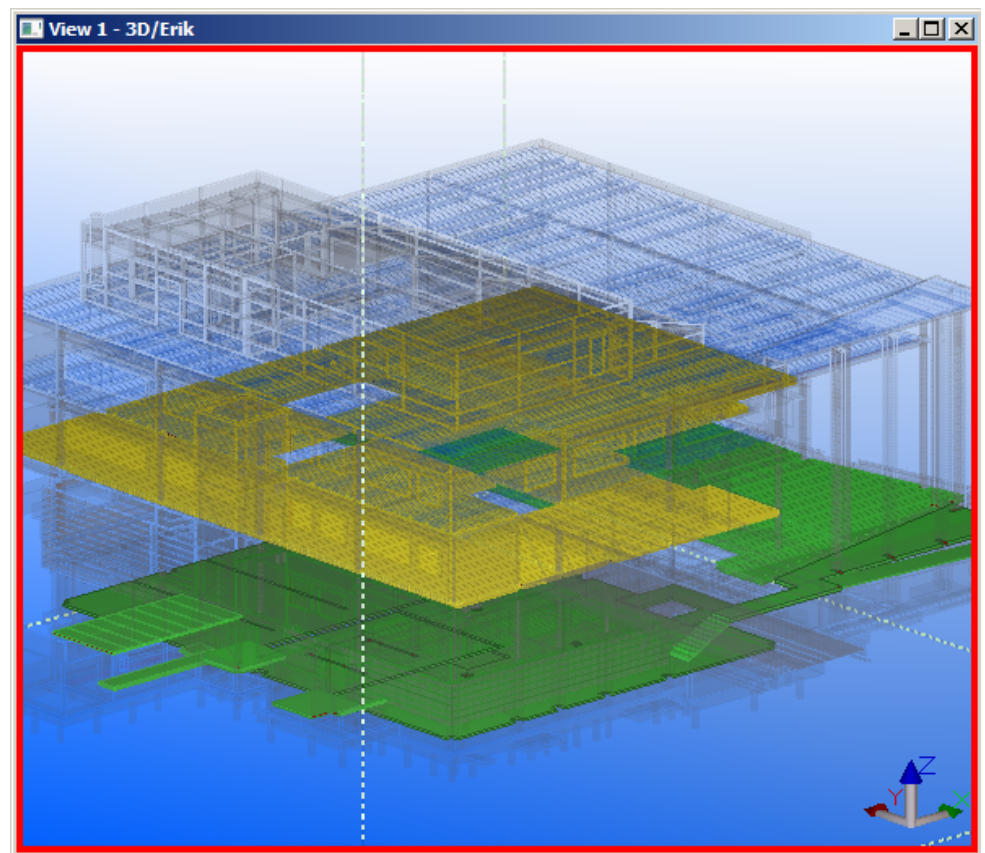
Kuva 15 Case-kohteen alapohjalaatat tietomallin puolella

Toinen projektin hallintaa parantava työkalu Tekla Structures -ohjelmassa on Task Manager -toiminto. Toiminnolla voi linkittää objektit projektiakatauluun. Tehtävät voi tehdä joko Task Managerilla tai tuoda toisesta projektinhallinta ohjelmasta, kuten esimerkiksi Microsoft Office Project -ohjelmasta. Kuvassa 16 on Task Managerin käyttöliittymä.

Task Manager (Scenario)											
File New Edit Mark View											
File New Move Indent Order of Tasks Objects in Task Delete											
	Task Name	Planned Start Date	Duration	Planned End Date	Actual Start Date	Actual End Date	Percentage Completed	Milest	Locke	Impor	Linke to Mode
1	▣ Toimistorake...	21.2.2011	85 d	17.6.2011	21.2.2011		7.00%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	▣ Alapohja	21.2.2011	7 d	1.3.2011	21.2.2011		50.00%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Maanvara...	21.2.2011	3 d	23.2.2011	21.2.2011	21.2.2011	100.00%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Kantava ...	25.2.2011	3 d	1.3.2011			0.00%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	▣ Välipohja ...	15.3.2011	15 d	4.4.2011			0.00%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Välipohja 2.krs	2.5.2011	10 d	13.5.2011			0.00%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Yläpohja 3.krs	25.5.2011	10 d	7.6.2011			0.00%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Yläpohja 4.krs	15.6.2011	3 d	17.6.2011			0.00%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Kuva 16 Task Managerin käyttöliittymä

Objektien linkittäminen Task Manageriin nopeutuu, jos malli on ensiksi jaoteltu Model Organizerilla. Kun objektit on linkitetty aikatauluun, voidaan skenaariota tarkastella Project Status Visualization -toiminnolla. Insinööri-työssä linkittiin case-kohteen ala-, väli- ja yläpohjalaatat Task Manageriin. Alla kuvassa 17 on esitetty kyseinen skenaario case-kohteesta. Vihreällä värillä kuvatut objektit ovat Task Manager -ohjelmassa merkitty valmis-tuneiksi tehtäviksi tarkasteluhetkellä. Keltaisten objektien tehtäviä on aloitettu ja haalean sinisellä on kuvattu niitä tehtäviä, joita ei ole vielä aloitettu. Loput objekteista on kuvattu haalean harmaalla. Käyttäjä voi muokata objektien esitystavan mieleisekseen.



Kuva 17 Task Manager -toiminnon skenaarioita voidaan havainnollistaa Project Status Visualization -työkalulla

Tekla Structures -ohjelmassa objekteja voidaan myös aikatauluttaa tietomallin puolella. Käyttäjän määrittämiin ominaisuustietoihin, *User-defined attributes* UDA, voi syöttää niin suunnittelun, valmistamisen, kuljetuksen kuin rakentamisen aikataulutiedot. Lisäksi näitä aikataulutietoja voidaan kommentoida. Suurimpana haasteena on se, että kun objektin poistaa tietomallista, niin myös UDA-tieto häviää. Kyseinen ongelma ilmenee silloin, jos jotain objektia halutaan muokata. Tällöin on usein helpompi poistaa objekti ja mallintaa se kokonaan uudelleen. Tämän takia näitä UDA-tietoja on aika-ajoin vietävä ulos tietomallista ja palautettava tarvittaessa takaisin. Kun objekteille on annettu aikataulutiedot esimerkiksi suunnittelun osalta, voidaan tietoa hyödyntää objektien suodattamisessa tietomallista. Aikataulutietojen käyttöliittymä on esitetty kuvassa 18.

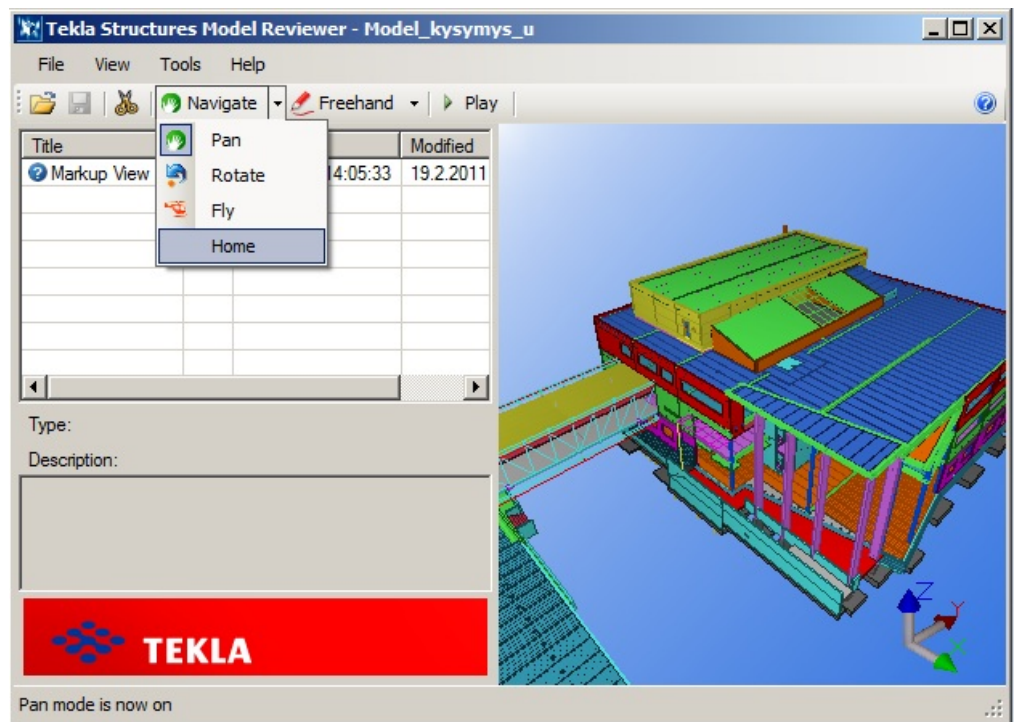
	Scheduled	Actual	Status
Plans	<input checked="" type="checkbox"/> 01.02.2011	<input checked="" type="checkbox"/> 09.02.2011	<input checked="" type="checkbox"/> Completed
Fabrication	<input checked="" type="checkbox"/> 08.02.2011	<input checked="" type="checkbox"/> 23.02.2011	<input checked="" type="checkbox"/> Completed, St
Shipment	<input checked="" type="checkbox"/> 22.02.2011	<input checked="" type="checkbox"/> 27.02.2011	<input checked="" type="checkbox"/> Number
Erection	<input checked="" type="checkbox"/> 09.03.2011	<input checked="" type="checkbox"/> 15.04.2011	<input checked="" type="checkbox"/> Erected

Kuva 18 Yksittäisen objektin aikataulutuksen käyttöliittymä

6.3 Työnaikainen yhteydenpito urakoitsijaan

Urakoitsijan ja rakennesuunnittelijan yhteydenpidon ja havainnollistamisen helpottamiseksi Tekla Structures -ohjelmaan on kehitetty Model Reviewer -toiminto. Toimintoa voi hyödyntää myös projektin muut osapuolet. Ensiksi

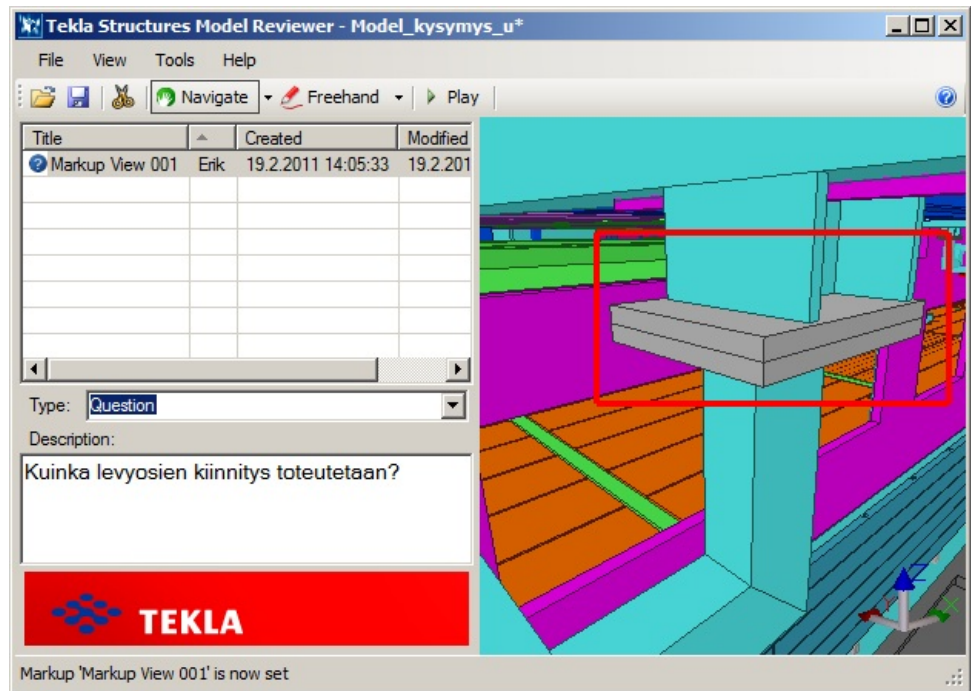
rakennesuunnittelijan on julkaistava tietomallistaan kevyempi Web Page -versio. Malli voidaan julkaista joko kokonaisuudessaan tai vain valittujen objektien osalta. Tämän jälkeen Tekla Structures Model Reviewer –toiminnolla on helppo esittää kysymyksiä ja ratkoa ongelmia yhdessä urakoitsijan kanssa. Liikkuminen ja merkintöjen tekeminen mallissa on tehty todella helppoksi ja toimivaksi kokonaisuudeksi. Kuvassa 19 on esitetty liikkumismahdollisuuksia Tekla Structures Model Reviewer -ohjelmassa. Home-komenolla päästään takaisin lähtötilanteeseen.



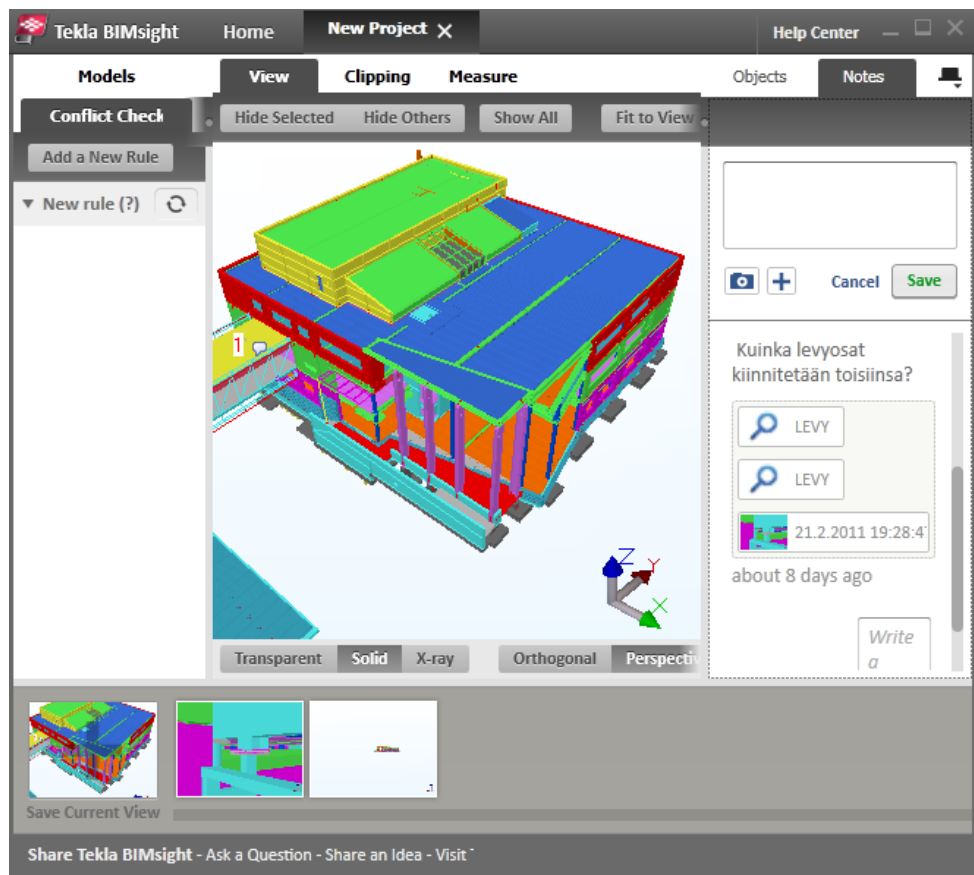
Kuva 19 Tekla Structures Model Reviewer -ohjelman käyttöliittymä

Kuvan 19 luettelosta voi huomata, että malliin on tehty yksi merkintä. Merkinnän saa auki klikkaamalla kaksi kertaa kyseistä riviä. Tällöin myös näkymäikkunaan suurentuu merkinnän tekijän määrittämä kuvakulma mallista. Se, mikä toiminnosta tekee hyvän on, että uusi kuvakulma muuttuu jouhevasti lähtötilanteesta lentäen. Näin on myös helpompi seurata, mitä kohtaa mallista tarkastellaan.

Kuvassa 20 on esimerkki merkinnästä. Merkinnän tehostamiseksi voidaan käyttää esimerkiksi nuolia, laatikoita, viivoja tai kirjaimia. Merkintöjä käytetään havainnollistamista, muutoksen pyytämistä ja yleisiä kysymyksiä varten. Merkinnän tyyppiä voi valita myös sijainnin tai ilmoittaa esimerkiksi, että tietty muutos mallissa on valmis.




Kuva 20 Esimerkki kysymysmerkinnästä Tekla Structures Model Reviewer -ohjelmassa



Kuva 21 Tekla BIMsight -ohjelman käyttöliittymä

Insinööriyön kirjoittamisen aikana Tekla Structures Model Reviewer -ohjelmasta julkaistiin kehittyneempi BIMsight-ohjelmaversio. Ohjelma on ilmainen, joten tietomalli on koko projektiorganisaation nähtävissä. Tekla BIMsight -ohjelmassa onnistuu tietomallien yhdistäminen ja sääntöjen teko tietomallien tarkastamista varten. Ohjelma mahdollistaa ideoiden jakamisen koko projektiorganisaation kesken. Edellisellä sivulla kuvassa 21 on esitetty Tekla BIMsight -ohjelman käyttöliittymä. Insinööriyössä tutkittiin, kuinka case-kohdetta voi hyödyntää kyseisessä ohjelmassa. Etenkin näkymien hallintaa on kehitetty edeltävästä Model Reviewer -ohjelmaversiosta.

BIMsight ja Model Reviewer -toimintojen lisäksi Tekla Structures -ohjelmasta löytyy paljon muitakin ominaisuuksia. Se, miten urakoitsija on hyötynyt rakennesuunnittelijan tietomalleista pidempään, on määrätietojen tuottaminen mallista. Case-kohteessa on esimerkiksi tuotettu tietomallista raporttitulosteena peruspulttien tilausluettelo, katso kuva 22.


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1							KOKOONPANOLUETTELO						STATUS					
2							Työnumero:		6R03146_10				Laatija:	XXX	Luettelon numero:	XX/XX		
3			Rakennuskohde:				FAb Azzell Karis				Lista tehty:		11.08.2010				Muutos, päiväys:	X/XX.XX.X XXX
4			Rakennuskohteen osoite:				Ratakatu 10300 Karjaa											
5	Kokoopp. ID	Pääosan ID	Kokoopp. no	Pääosan nimi	Pääosan profilli	Lkm	Pituus (mm)	Pituus yht.	Paino (kg)	Paino yht.	Ala (m ²)	Ala yht.	Piirustus	Päiväys	Muutos, päiväys	Vaihe		
6	3668308	3668305	EB_HPM-1	HPM30L	D30	208	500	104000	4,3	887,3	0,09	18,91	EB_HPM			4, Peruspultit		
7	3297243	3297240	EB_HPM-5	HPM24L	D24	28	430	12040	2,2	61,8	0,06	1,69	EB_HPM			4, Peruspultit		
8	2708495	2708492	EB_HPM-6	HPM24P	D24	12	1160	13920	4,7	57,0	0,11	1,34	EB_HPM			4, Peruspultit		
9	2999112	2999109	EB_HPM-7	HPM30P	D30	24	1420	34080	9,5	227,1	0,17	4,15	EB_HPM			4, Peruspultit		
10	3301377	3301374	EB_HPM-11	HPM16P	D16	10	810	8100	1,3	13,5	0,05	0,50	EB_HPM			4, Peruspultit		
11	2699883	2699880	EB_TR-2	TR23	PL100*60	1	271	271	0,7	0,7	0,04	0,04	EB_TR-2			4, Peruspultit		
12																		

Kuva 22 Peruspulttien tilausluettelo

6.4 Työnaikainen yhteydenpito valmisosatutuotantoon

Case-kohteessa on käytetty nykyaikaisia tiedonsiirtomahdollisuuksia valmisosatutuotannon yhteydessä. Toimistorakennuksen yhdyskäytävässä ja neljännessä kerroksessa sijaitsevassa IV-konehuoneessa teräsrakenteista on käännetty valmistustiedot numeeriseen muotoon, NC-koodeiksi. Lisäksi näistä on tehty tarvittavat piirustukset ja raporttitulosteet.

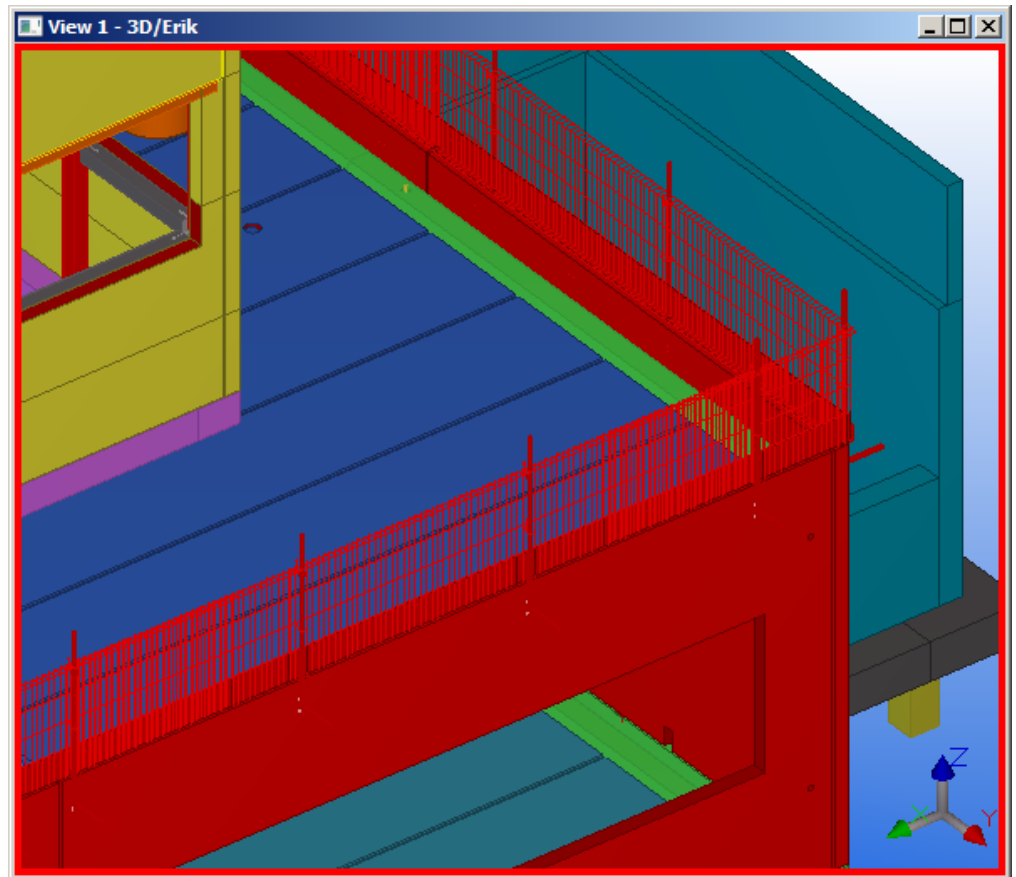
Case-kohteessa on myös tulostettu kokoonpanoluettelo teräsosista, joka sisältää palkit, pilarit, seinän side- ja levyosat. Alla kuvassa 23 on osa kyseisestä kokoonpanoluettelosta.

A		B	C			D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1			 Tekniikkatie 4, FI-02150 ESPOO, Finland Tel: +358 10 33 23101, Fax: +358 10 33 24918 Email: n.n@poyry.com					KOKOONPANOLUETTELO						STATUS						
2			Rakennuskohde:			FAB Axxell Karis			Työnumero:			6R03146_10			Laatija:	XXX		Luettelon numero:	XXXX	
3			Rakennuskohteen osoite:			Ratakatu 10300 Karjaa			Lista tehty:			14.06.2010					Muutos, päiväys:	XXXX.XX.XXXX		
4																				
5	Kokoonp. ID	Pääosan ID	Kokoonpano	Pääosan nimi	Pääosan profilli	Lkm	Pituus [mm]	Pituus yht.	Paino [kg]	Paino yht.	Ala [m²]	Ala yht.	Puurustus	Päiväys	Muutos, päiväys	Vaihe				
6	2211796	2211794	TJ-401	PALKKI	IPE400	1	7810	7810	533,6	533,6	12,63	12,63	TJ-401				400, IV-konehuone, teräsr			
7	2230746	2230743	TJ-402	PALKKI	IPE400	1	7810	7810	533,6	533,6	12,63	12,63	TJ-402				400, IV-konehuone, teräsr			
8	2230961	2230958	TJ-403	PALKKI	IPE400	1	7810	7810	530,7	530,7	12,55	12,55	TJ-403				400, IV-konehuone, teräsr			
9	2230764	2230761	TJ-404	PALKKI	IPE400	1	3880	3880	251,5	251,5	5,86	5,86	TJ-404				400, IV-konehuone, teräsr			
10	2199815	2199812	TJ-405	PALKKI	IPE300	1	12603	12603	530,6	530,6	15,12	15,12	TJ-405				400, IV-konehuone, teräsr			
11	2184825	2184822	TJ-406	PALKKI	IPE300	1	12603	12603	530,6	530,6	15,12	15,12	TJ-406				400, IV-konehuone, teräsr			
12	2175458	2124872	TJ-407	PALKKI	HEB300	1	12603	12603	1452,1	1452,1	22,96	22,96	TJ-407				400, IV-konehuone, teräsr			
13	2178358	2178355	TJ-408	PALKKI	HEB300	1	12603	12603	1452,1	1452,1	22,96	22,96	TJ-408				400, IV-konehuone, teräsr			
14	2178745	2178742	TJ-409	PALKKI	HEB300	1	12603	12603	1452,1	1452,1	22,96	22,96	TJ-409				400, IV-konehuone, teräsr			
15	2179129	2179126	TJ-410	PALKKI	HEB300	1	12603	12603	1452,1	1452,1	22,96	22,96	TJ-410				400, IV-konehuone, teräsr			
16	2515647	2515644	TJ-411	LEVY	PL10*190	1	350	350	95,2	95,2	2,36	2,36	TJ-411				400, IV-konehuone, teräsr			
17	4056848	2300781	TJ-412	PILARI	CFRHS150X150X4	1	4241	4241	77,9	77,9	2,51	2,51	TJ-412				400, IV-konehuone, teräsr			

Kuva 23 Case-kohteen kokoonpanoluettelo teräspilareiden, teräspalkkien, seinän side- ja levyosien osalta. Todellisuudessa lista on huomattavasti pidempi.

6.5 Työturvallisuuden huomioiminen

Insinööriyöntekijä tutki aikaisemmin koulun projektityö-kurssilla (työn nimi: Rakennesuunnittelu ja työturvallisuus), kuinka rakennesuunnittelijan tietomallia voi hyödyntää toteutusvaiheen työturvallisuustehtävissä. Työ tehtiin silloiselle Pöyry Civil Oy:lle (nykyisin Pöyry Finland Oy). Tällöin insinööriyöntekijä päätyi mallintamaan kaksi erilaista kaideratkaisua putoamisen estämiseksi. Kuvassa 24 on esitetty case-kohteen kolmannen kerroksen sisäkuori-elementteihin kiinnitetty seinäkaideratkaisu. Putoamissuojauksen voi kiinnittää jo maassa. Ideana on, että vemot (kiinnikkeet) asennetaan jo elementti-tehtaalla elementin valmistusvaiheessa.



Kuva 24 Insinööriyöntekijä mallinsi Combisafen putoamista estävät kaitteet casekohteeseen

7 YHTEENVETO

7.1 Yleistä

Viimeiseen lukuun on koottu insinööriyön yhteenveto. Ensiksi on esitetty insinööriyön johtopäätökset, jonka jälkeen tulee kehitysehdotukset. Etenkin Tekla Structures -tietomallinnusohjelman projektinhallintaominaisuuksista on tiivis yhteenveto.

Tietomallintamisesta ja Tekla Structures -ohjelman käyttömahdollisuuksista on jo julkaistu useampi tiettyyn osa-alueeseen keskittynyt tutkimus, mutta tämä työ on tehty yleisemmällä tasolla. Työssä on tuotu esille integroidun projektinhallinnan keskeisimpiä periaatteita, jotta rakennusalalle saataisiin tietämystä tietomallintamisen filosofiasta.

Insinööriyössä käytettyihin tutkimusmenetelmiin liittyy tiettyjä rajoitteita. Kvalitatiivisen tutkimuksen, johon teemahaastattelu kuuluu, tulokset rajoittuvat aina aikaan ja paikkaan. Tämä tarkoittaa sitä, että jos tutkimus toistetaan, tulokset olisivat erilaisia. Kvalitatiivisen tutkimuksen tuloksiin vaikuttaa myös se, minkälaisen käsityksen tutkija saa haastatteluiden pohjalta. [20, s. 152.]

7.2 Johtopäätökset

Ensiksi insinööriyössä selvitettiin integroidun projektin periaatteet ja tutkittiin, kuinka niitä on sovellettu Suomessa. Tavoitteena oli tutkia etenkin rakennesuunnittelijan osuutta integroidussa rakennusprojektissa. Kirjallisuustutkimuksilla insinööriyöntekijä selvitti rakennesuunnittelijalle kuuluvat tietomallinnustehtävät Senaatti-kiinteistön ohjeiden mukaisesti. Näiden tietomallinnustehtävien lisäksi rakennesuunnittelijan toimeksiantoon voisi tarvittaessa sisällyttää myös muiden osien mallintamisen, kuten esimerkiksi huoltotasojen mallintamisen. Rakennesuunnittelija pystyisi, työturvallisuutta silmällä pitäen, myös mallintamaan putoamissuojauksen kiinnittämistä varten vaadittavat varaukset elementteihin.

Toiseksi tutkittiin integroidun projektin pääperiaatteita. Suurimpana haasteena integroidussa rakennusprojektissa oli tutkimuksen mukaan saada urakoitsijat oikea-aikaisesti mukaan suunnitteluprosessiin. Integroidussa rakennusprosessissa tulisi urakoitsijan toteutuskäytännöt saada selville jo yleis-

suunnitteluvaiheessa. Samalla tulisi selvittää, mihin käyttötarkoituksiin urakoitsija käyttää tietomallia, jotta rakennesuunnittelijan tuottamaa tietomallia voi hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla toteutusvaiheessa. Tämä puolestaan tuo lisäkustannuksia yleissuunnittelu- ja toteutussuunnitteluvaiheessa, joka on huomioitava tarjouta tehdessä. Toisaalta tällöin ei tarvitse tehdä muutostöitä toteutusvaiheessa.

Insinööriyön soveltavassa osuudessa tutkittiin Tekla Structures -ohjelman projektinhallinta ominaisuuksia. Nykyajan suodatustoiminnolla, Model Organizerilla, rakennesuunnittelija voi tuottaa erilaisia palveluita urakoitsijoille. Tietomalli voidaan jakaa esimerkiksi lohkoihin ja kerroksiin, joka nopeuttaa urakoitsijan tietomallin käyttöönottoa itse työntekoon. Tämän lisäksi rakennesuunnittelija voi tarjota myös muita palveluita, kuten esimerkiksi projekti-kohtaisten raporttien luomisen urakoitsijalle. Suuremmilla toimijoilla on oma BIM-yksikkö, mutta pienemmille toimijoille, jotka hankkivat Tekla Structures Construction Management -lisenssin projektikohtaisesti harkiten, voitaisiin tämän tyyliä palveluja tuottaa. Kun Tekla Structures -ohjelmaa käytetään tietomallien yhdistämistä varten, voidaan eri suunnittelualueiden tietomalleja käsitellä vaivattomasti myös Model Organizer -toiminnolla.

Tekla Structures -ohjelmassa voidaan Task Managerilla tuotettuja skenaarioita havainnollistaa Project Visualization -toiminnolla. Skenaarioilla voidaan esimerkiksi havainnollistaa asennusjärjestyksen optimointia. Jotta haluttu tieto saadaan mallissa esille, on objektien esitystavalle luotava ehtoja. Objektien eri esitystapoja voi hyödyntää myös suoraan tietomallin puolella. Rakennesuunnittelija pystyy tarjoamaan myös tämänkaltaisia palveluita urakoitsijalle, sillä rakennesuunnittelijoilla on usein laajempaa kokemusta Tekla Structures -ohjelman käytöstä.

7.3 Kehitysehdotukset

Tekla Structures -tietomallinnusohjelma on todella laaja kokonaisuus, ja ohjelman muista ominaisuuksista voisi tehdä vastaavanlaisia tutkimuksia. Esimerkiksi olisi hyvä saada käytännönläheinen tutkimus siitä, kuinka tietomalleja siirretään eri suunnittelualueiden välillä. Tietomallinnusohjelman ja rakennusprojektien toteutusmuotojen kehityksestä johtuvat toimintatapojen muutokset tulisi saada laajasti rakennusalan käyttöön, jotta alan tuottavuutta saadaan kehitettyä.

VIITELUETTELO

- [1] Räikkä Niko, *Tietomallin hyödyntäminen työmaalla*. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. 2010. Helsinki.
- [2] Sampo Pilli-Sihvolan haastattelu. 11.1.2011. Tekla Oyj.
- [3] Kiviniemi, Markku, ym. *Tietomalli ja työmaan turvallisuus* [verkkodokumentti]. VTT maaliskuu 2009 [viitattu 18.12.2010]. Saatavissa: www.vtt.fi/proj/turvabim
- [4] Kiviniemi, Arto, ym. *Tietomallivaatimukset 2007, Osa 1: Yleinen osuus* [verkkodokumentti, viitattu 18.12.2010]. Saatavissa: http://www.senaatti.fi/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa1_Yleinen_osuus.pdf
- [5] Romo, Ilkka, ym. *Tuotemallinnus rakennesuunnittelussa* [verkkodokumentti, viitattu 18.12.2010]. Saatavissa: <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/>.
- [6] RT 10-10992 *Tietomallinnettava rakennushanke*
- [7] Kiviniemi, Arto, ym. *Tietomallivaatimukset 2007, Osa 6: Laadun varmistus ja mallien yhdistäminen* [verkkodokumentti, viitattu 18.12.2010]. Saatavissa: http://www.senaatti.fi/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa1_Yleinen_osuus.pdf
- [8] Bleiman David, *Incorporating BIM in Integrated Project Delivery* [verkkodokumentti, viitattu 20.12.2010]. Saatavissa: http://au.autodesk.com/ama/orig/class_questions/thread__728/SE214-1-Incorporating-BIM1.pdf
- [9] AIA California Council *Integrated Project Delivery* [verkkodokumentti, viitattu 20.12.2010]. Saatavissa: <http://www.haskell.com/upload/NewsLibrary/WhitePapers/IntegratedProjectDelivery.pdf>
- [10] Kiiras Juhani ym. Rakentamisen johtamisen ja suunnittelun tehtävälueelloiden kehittäminen. Tampere: Tammer-Paino Oy. 2007.
- [11] Odeh David J., SE210-1 Integrated Modeling for Successful Project Delivery Using Revit [verkkodokumentti, viitattu 21.12.2010]. Saatavissa: http://au.autodesk.com/?nd=class&session_id=2861
- [12] Kiviniemi, Arto, ym. *Tietomallivaatimukset 2007, Osa 5: Rakennesuunnittelu* [verkkodokumentti, viitattu 23.12.2010]. Saatavissa: http://www.senaatti.fi/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa5_Rakennesuunnittelu.pdf
- [13] Merikallio Lauri ja Haapasalo Harri *Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusalalla* [verkkodokumentti, viitattu 22.1.2011]. Saatavissa: <http://tuta.oulu.fi/lean%20kehitysprojektin%20raportti%20final.pdf>
- [14] Tekla [verkkodokumentti, viitattu 5.2.2011]. Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/solutions/building-construction/Pages/bim.aspx>

- [15] Tekla [verkkodokumentti, viitattu 5.2.2011]. Saatavissa:
<http://www.tekla.com/FI/PRODUCTS/TEKLA-STRUCTURES/Pages/Default.aspx>
- [16] Tekla [verkkodokumentti, viitattu 5.2.2011]. Saatavissa:
<http://www.tekla.com/fi/solutions/building-construction/structural-engineers/Pages/Default.aspx>
- [17] RT 10-10577 *Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo*
- [18] Matti Ahosen haastattelu. 2.2.2011. Pöyry Oy.
- [19] Rantonen Ahti ym., *Rakennesuunnittelijan työturvallisuustehtävät* [verkkodokumentti viitattu 6.3.2011]. Saatavissa:
http://www.skolry.fi/easydata/customers/skolry/files/tyoturvallisuus/SKOL_Tyoturvallisuusohje_final_v1.0_100121.pdf
- [20] Hirsjärvi ym. *Tutki ja kirjoita*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 2004