

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Rakennusmestari (AMK)

2014

Omar Razaqi

TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN TYÖMAALLA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Turun ammattikorkeakoulu
Tekniikka Ympäristö ja Talous
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Rakennusmestari (AMK)
Tuotannonjohtaminen
Omar Razaqi
Opinnäytetyö

TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN TYÖMAALLA

Hyväksytty

Turussa ___/___/_____

Ohjaaja

Risto Grusander, lehtori, Turun AMK

Koulutuspäällikkö

tekn. lis. Esa Leinonen

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennusalan työnjohdon Koulutusohjelma | Rakennusmestari (AMK)

12/2014 | 49

Ohjaajat

Risto Grusander, lehtori Turun Ammattikorkeakoulu

Vesa Hintukainen, Rakennuspäällikkö, Skanska Talonrakennus Oy

Omar Razaqi

TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN TYÖMAALLA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä tietomalleihin ja niiden käyttämisen kehittämiseen Skanska Talorakennus Oy:n työmailla. Tarkoituksena on tutustua erilaisiin tietomallityyppeihin ja pohtia keinoja niiden hyödyntämisen parantamiseen. Tavoitteena on myös oppia uutta tietoa, jota voi jatkossa hyödyntää omassa työnkuvassa työmailla.

Tämän opinnäytetyön tekemisen aikana kävi ilmi tietomallien suuri merkitys työmailla. Opinnäytetyö sisältää tietoa, joka on kerätty sekä tiedonhaun että asiantuntijahaastatteluiden pohjalta. Tietomallien kehitystyössä suuri merkitys on niiden heikkojen osa-alueiden kartoittamisessa, joka mahdollistaa kehitystarpeiden havaitsemisen ja kehityksen jatkuvuuden.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään sekä tietomallien heikkouksia että vahvuuksia. Kehitystä tarvitaan myös uuden teknologian, esimerkiksi tablettitietokoneiden käyttöönotossa tietomallien hyödyntämiseen.

Opinnäytetyön päätavoitteena oli myös saada kehitystä tietomalleja hyödyntäviin laitteisiin ja parantaa niiden käyttämistä työmailla. Tutkimuksen perusteella tietomallien käyttöön tarvitaan lisää koulutusta, jotta niitä voidaan hyödyntää työmailla. Huolimatta tietomallien puutteista, niitä käytetään paljon. Tulevaisuudessa niiden merkitys työmailla tulee edelleen korostumaan.

ASIASANAT:

Tietomalli, suunnittelu, 3D, BIM, mallinnus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Construction Management

12/2014 | 49

Instructor(s)

Risto Grusander, Senior Lecturer, Turku University of Applied Sciences

Vesa Hintukainen, Construction Manager, Skanska Construction Ltd

Omar Razaqi

THE BENEFITS OF BUILDING INFORMATION MODELINGS AT CONSTRUCTION SITES

The goal of this thesis was to study building information models and develop their application at the constructions sites of Skanska Construction Ltd. The goal was also to learn new skills through personal study and interpretation as well as to achieve better fulfilment at work and to learn exploit new information at construction sites.

Writing the thesis gave an understanding of the significance of building information models at the construction sites. The thesis had a positive influence on the author's professional development. It also had a significant role in determining the weaknesses of building information modeling which allows learning new and the continuation of improvement.

Building information modeling also has many deficiencies and development is required. Designing modeling still has some weaknesses. Improvement is needed also in introducing new technology including, for example, tablets.

The main objective of the thesis was also to develop the apparatus and improve their usage at construction sites. The study shows that training and development are needed to utilize building information modeling at construction sites. In the future the use of the building information modeling will be extremely useful in the sector of building.

KEYWORDS:

BIM, 3D, Building Design, Building Information, Modeling

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 TIETOMALLI	8
2.1 Tietomallin määritelmä	8
2.1.1 Rakennusosamalli	9
2.1.2 Tilamalli	10
2.1.3 Tuotantomalli	10
2.1.4 Työmalli	10
2.1.5 Toteumamalli	11
2.1.6 Yhdistelmämalli	12
2.2 Käyttö	13
2.3 Tietomallin tarkastus	15
3 TIETOMALLIOHJELMISTOT	20
3.1 Käyttö	20
3.2 Ohjelmistot	20
3.2.1 ArchiCAD	21
3.2.2 BIM	22
3.2.3 MagiCAD	23
3.2.4 Solibri Model Checker	24
3.2.5 Solibri Model Viewer	25
3.2.6 Tekla Structures	26
3.2.7 Tekla Structures Viewer -moduuli	27
3.2.8 Tekla BIMsight	29
3.2.9 Tocoman iLink ja Tocoman Pro	29
3.2.10 Naviate SimpleBIM	30
3.2.11 Vico Control 2009	31
3.2.12 Vico Office	32
3.3 Esimerkkejä 3D-malleista eri ohjelmistoissa.	33
3.4 Oma osaamistaso ja kehittämistarve	36
4 TIETOMALLIEN KÄYTTÖ RAKENTAMISVAIHEESSA	38
4.1 Tietomallin käytön hyödyt	38
4.2 Tietomallien käytön haasteet työmaan asiantuntijoiden näkökulmasta	40

4.3 Tietomallien hyviä puolia työmaan asiantuntijoiden näkökulmasta	42
4.4 Tietomallien käytön parantamisen keinot työmaan asiantuntijoiden näkökulmasta	42
5 POHDINTA	45
6 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	47

KUVAT

Kuva 1. Esimerkki vuokra-alueiden, tilojen ja työpisteiden havainnollistamisesta.	11
Kuva 2. Esimerkki laitteiden sijainnin paikallistamisesta 2D-näkymien avulla.	12
Kuva 3. Tietomallin tarkistusprosessi.	15
Kuva 4. Törmäystarkastelu TATE-rakennemallien kesken.	16
Kuva 5. Puutetarkastelu osoittaa, että pilarit eivät yllä anturoille asti.	17
Kuva 6. Visuaalinen tarkastelu.	18
Kuva 7. Tietomalliin kerättyjä pinta-alatietoja.	18
Kuva 8. Taulukkolaskentaohjelma laajuuslaskelma on siirretty ylemmästä kuvasta.	19
Kuva 9. Arkkitehdin ArchiCAD-suunnitteluohjelmisto.	22
Kuva 10. BIM Explorer -tietomallikuva uudessa teknologissa.	23
Kuva 11. MagiCAD on talotekniikan suunnitteluohjelmisto.	24
Kuva 12. Solibri Model Checker on tietomallien tarkastus- ja analysointiohjelma.	25
Kuva 13. Solibri Model Viewer -tiedostojen tarkastelua.	26
Kuva 14. Tekla Structures -suunnitteluohjelmisto.	26
Kuva 15. Precast Concrete Detailing.	27
Kuva 16. Tekla Structures Viewer.	28
Kuva 17. Tekla BIMsight -katseluohjelma.	29
Kuva 18. Tocoman Pro.	30
Kuva 19. Naviate SimpleBIM.	31
Kuva 20. Vico Control 2009.	32
Kuva 21. Vico Office.	33
Kuva 22. Solibri IFC-siirto-ohjelman tarkistus.	34
Kuva 23. SimpleBIM.	34
Kuva 24. Tekla BIMsight.	35
Kuva 25. Vico Office.	36

KUVIO

Kuvio 1. Natiivimallista muodostetaan IFC-malli.	9
Kuvio 2. Yhdistelmämalliin yhdistetään eri suunnittelualojen tietomalleja.	13
Kuvio 3. Tietomallin määrä- ja kustannuslaskenta.	20

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää tietomallien tämänhetkistä tilannetta ja mahdollisuuksia hyödyntää niitä Skanska Talonrakennus Oy:n uusissa rakennuskohteissa. Lisäksi tarkoituksena on selvittää mahdollisuuksia, joita tietomallilla on tarjota rakennusalan tuotannon suunnittelun ja ohjaukseen. Tehtäväksi opinnäytetyössä muodostui selvittää tietomallien hyviä ja huonoja puolia sekä pohtia tietomallien keinoja niiden sisällön kehittämiseen ja käytön parantamiseen työmailla.

Tietomallien kehittämisessä olisi hyödyllistä huomioida työmaan johtajien ja työntekijöiden näkemyksiä, sillä he ovat niiden kanssa päivittäin tekemisissä työmaalla. Työssä keskitytään tietomallien hyödyntämiseen toteutuksen ja tuotantosuunnittelun eri vaiheissa. Tässä työssä kuvataan tietomalleja ja kerrotaan enimmäkseen yleisellä tasolla, eikä yksittäisten ohjelmistojen kaikkia tietoteknisiä yksityiskohtia ole huomioitu.

Tähän opinnäytetyöhön sisältyy kirjallisuustutkimusta, asiantuntijoiden haastatteluita ja omakohtaisia kokemuksia tietomallin käyttämisestä työmaalla. Tutkielman tärkeänä tavoitteena on tietomallin hyödyntämisen kehittäminen kaikille Skanskan suurille rakennuskohteille, koska tietomallia käytetään Skanskassa nykyisin erittäin paljon. Pääkehittämiskohde on se, että miten saadaan helposti ratkaistua ongelmat ja haasteet, joita tietomallin käyttämisessä on.

2 TIETOMALLI

2.1 Tietomallin määritelmä

Tietomalli on rakennushankkeen tiedonhallinnan menetelmä, joka sisältää rakentamisessa tarvittavat prosessit, työkalut ja teknologian. Tietomallinnuksessa tarvittavat tiedot rakennuskohteesta, sen suunnittelusta, rakentamisesta, käytöstä ja ylläpidosta on esitetty digitaalisessa muodossa (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston 2011, 386.)

Tämänhetkiset ulottuvuudet tietomallissa ovat

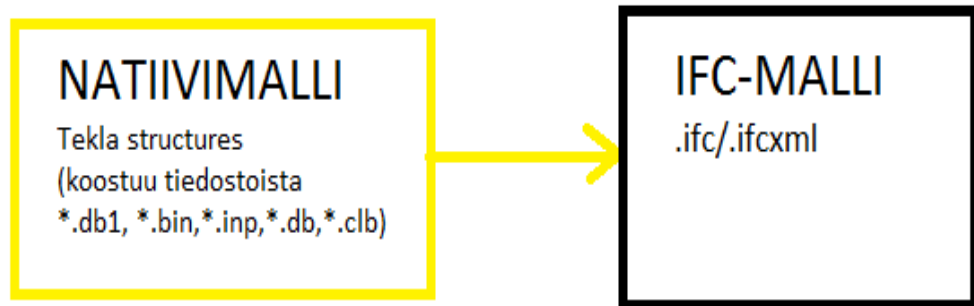
- 2D-malli (x, y): piirustukset
- 3D-malli (x, y, z): visuaalisuus
- 4D-malli (3D-tietomalliin lisätty aikatieodot): aikataulutus
- 5D-malli (3D-tietomalliin lisätty aika- ja kustannustiedot): kustannusohjaus (Kulusjärvi H 2012, osa 6, 3).

Geometriatietojen avulla saadaan tietomallista rakennusosan tilavuudet, pinta-
alat sekä mitta- ja määrätiedot. Rakennusosille voidaan lisätä korkeus, pak-
suus, rakennetyyppi, rakenneluokka, materiaali, paloluokka, kustannus, sijainti
ja asennusaika (Kulusjärvi H 2012, osa 6, 3).

IFC-tietomallien ja niiden sisällön tarkastelu voidaan jaotella kolmeen eri osioon:

- Tekninen tietomallisisältö; onko tietomalli muodostettu oikein suunnitte-
luohjelmasta,
- Tietomallin tietosisältö; sisältääkö malli vaiheittaiset ja suunnittelualakoh-
taiset tiedot,
- Suunnitelman sisällön ja laadun arviointi; ovatko tietomallin komponentit
yhteensopivia ja täyttävätkö ne vaatimukset (Kulusjärvi H 2012, osa 6,
3).

Tietomallia kutsutaan natiivimalliksi, kun se on mallinnusohjelmiston omassa tietomuodossa, IFC-malliksi, kun se on mallinnusohjelmistosta tuodussa IFC-standardiin perustuvassa järjestelmäriippumattomassa tiedostomuodossa (kuvio 1, Kulusjärvi H 2012, osa 6, 3).



Kuvio 1. Natiivimallista muodostetaan IFC-malli.

IFC-mallien laadunvarmistus keskittyy IFC-mallien laatuun ja tietosisältöön. Mikäli IFC-mallissa on haasteita tuottaa oikeanlainen IFC-tiedosto, tulee etsiä muita lähestymistapoja asian ratkaisemiseen ja vasta tämän jälkeen käsitellä sitä ohjelmistoteknisenä ongelmana. Rakenteellisten ongelmien kohdalla on hyödyllistä ottaa yhteyttä ohjelmistotoimittajaan, jolta voi kysyä neuvoja. Tällöin myös laadunvarmistuksesta vastaavia tahoja kannattaa informoida, jotta tarvittavat toimenpiteet kirjataan ylös (Kulusjärvi 2012, osa 6, 3).

2.1.1 Rakennusosamalli

Rakennusosamalli ilmoittaa tilat ja rakennusosat siinä muodossa ja mittatarkkuudessa kuin ne on tarkoitus toteuttaa. Suunnittelumallien pohjana toimii arkkitehtimalli (Henttinen 2012, osa 3, 17). Mallissa yhden kokonaisuuden muodostaa esimerkiksi yksi kerros (Henttinen 2012, osa 3, 17). Usean kerroksen korkeiset seinät mallinnetaan erikseen joka kerroksen osalta. Mikäli rakennusosamalli julkaistaan sellaisessa suunnitteluprosessin vaiheessa, jossa kaikkien ra-

kennusosien tyyppitietoa ei ole vielä olemassa, nimetään rakennusosat käyttäen esimerkiksi Talo 2000 -nimikkeistöä.

2.1.2 Tilamalli

Tilamallissa esitetään tila ja sitä rajaavat seinät, lattia ja katto. Pitävät seinät jaetaan mallissa ulko- ja väliseiniin. Joissain ohjelmistoissa väliseinät voidaan korvata piirustusobjekteilla. Tilasta kirjataan ylös tietoja, kuten käyttötarkoitus ja tunniste, joita voidaan käyttää tiloihin pohjautuvaan kustannuslaskentaan ja suunnitelmavertailuun, kiinteistön ylläpitosovelluksiin ja energia-analyysiin. Energia-analyysiä varten myös tilan ikkunat mallinnetaan niiden koon ja sijainnin suhteen. Vaakarakenteita voidaan kuvata mallissa tilavuuskappaleina. Tilaryhmämalli tarkoittaa karkeaa tietomallia, jossa tilat esitetään isoina alueina käyttötarkoituksen mukaan tai esimerkiksi yhden kerroksen sisältävinä (Henttinen 2012, osa 3, 17).

2.1.3 Tuotantomalli

Tuotantomalli ei ole yksi määritelty tietomalli, vaan toistaiseksi yleisnimitys. Siihen on täydennetty jokin tuotannonohjauksen näkökulma. Tuotantomalli voi koostua useasta tuotantosuunnitelmasta. Tuotantomalleja ovat esimerkiksi 4D-aikataulumalli, tontin malli ja työmaan aluesuunnitelman sisältävä rakennus (Karppinen, Törrönen, Peltomäki, Lehto, Maalahti, Sillfors-Utriainen, Kiviniemi & Sulankivi 2012, osa 13, 5.)

2.1.4 Työmalli

Työmalli on tietomalli, joka kuvaa esimerkiksi yksittäistä työkohdetta, tilavarauksia ja suunnitteluratkaisua. Ne tehdään tiettyyn sovittuun tarkoitukseen. Työmalleja käytetään suunnittelun ja toteutuksen aikana, ja niiden on tarkoitus toimia nopean tiedonvaihdon välineinä projektien aikana. Laadunvarmistusprosessin

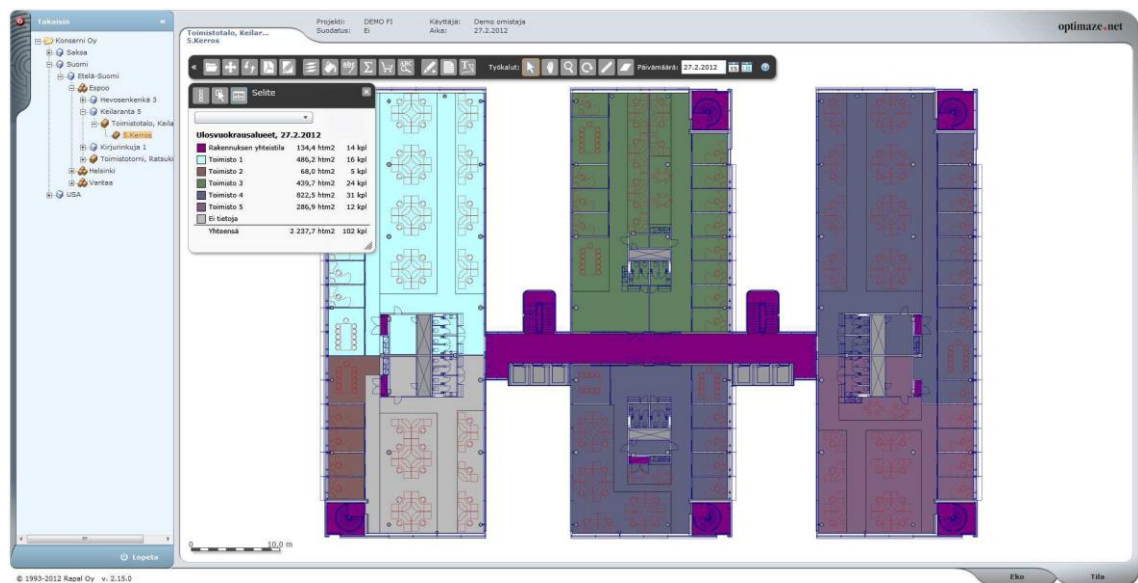
mukaiseen tarkistukseen niitä tarvitaan vain tietyistä suunnitteluvaiheista (Henttinen 2012, osa 1, 11).

2.1.5 Toteumamalli

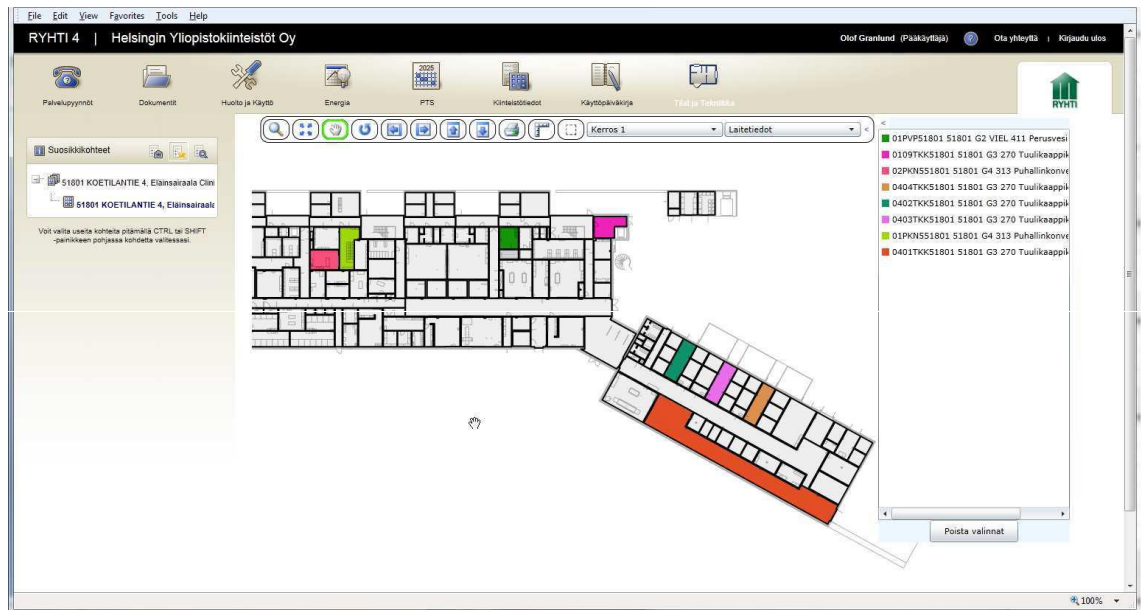
Rakennuskohteen tietomallit päivitetään rakennushankkeen valmistuessa vastaamaan rakennusaikaisia muutoksia. Näitä malleja kutsutaan toteumamalleiksi (kuva 1 ja 2).

Toteutumamallit käsittävät vähintään

- suunnitteluohjelmistojen alkuperäismallit
- avoimen tiedonsiirron mallit
- erikseen sovitut tukiohjelmistojen mallit (Jokela, Laine & Hänninen 2012, osa 12, 13.)



Kuva 1. Esimerkki vuokra-alueiden, tilojen ja työpisteiden havainnollistamisesta (Jokela, Laine & Hänninen 2012, osa 12.)

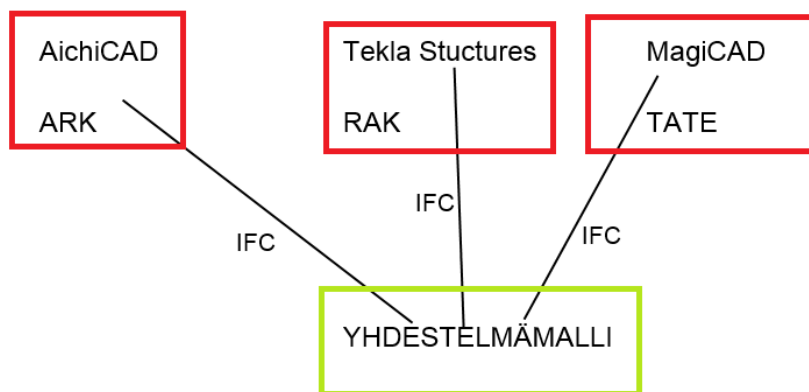


Kuva 2. Esimerkki laitteiden sijainnin paikallistamisesta 2D-näkymien avulla (Jokela, Laine & Hänninen 2012, osa 12.)

Toteumamallit luovutetaan kiinteistölle käytön ja ylläpidon aikaisia tarpeita varten. Niitä käytetään rakennuksien ylläpidossa ja peruskorjauksissa, mikäli niitä on päivitetty rakennuksen käyttöaikana (Jokela, Laine & Hänninen 2012, osa 12, 13.)

2.1.6 Yhdistelmämalli

Yhdistelmämalli on tietomalli, johon on yhdistetty eri tietomallinnusohjelmista tuotettuja IFC-malleja. Yhdistelmämallia käytetään muun muassa järjestelmien ja rakenteiden törmäystarkasteluihin sekä kokonaisuuden havainnollistamiseen. (Kuvio 2.)



Kuvio 2. Yhdistelmämalliin yhdistetään eri suunnittelualojen tietomalleja.

Yhdistelmämallin avulla pystyy tarkistamaan ristivirheitä, mutta se ei pysty tunnistamaan suunnitteluvirheitä. Tällöin pitää olla muussa suunnittelussa tarkkana, jotta vaatimukset täyttyvät. Haastavia ovat esimerkiksi rauditus- ja TETA-suunnittelut, koska niitä ei pysty tarkistamaan samalla tavalla kuin rakenne- ja arkkitehtuurisuunnitteluita.

2.2 Käyttö

Tietomallien merkitys on havainnollistaa tilaratkaisuja. Niiden avulla voidaan vertailla eri ratkaisujen toimivuutta ja laajuutta. Lisäksi niiden avulla voidaan tutkia kustannuksia ja miettiä investointitarpeita. Eri suunnitteluratkaisuja varten voidaan tehdä energia- ja ympäristöanalyseja sekä rakennuksen elinkaarianalysejä. Toteutusvaiheessa tietomallin tarkoitus on toimia toteutusprosessin tukena ja laadunvarmistuksena. Toteumamalleja voidaan hyödyntää myös rakentamisen jälkeen rakennuksen ylläpidossa ja käytössä (Henttinen 2012, osa 1, 5).

Tietomallien tavoite on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestäväen kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. Tietomalleja hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan. Niitä

käytetään rakennusprojektin alusta lähtien ja niiden jälkeenkin (Henttinen 2012, osa 1, 5).

Tietomallit mahdollistavat muun muassa

- ratkaisujen toimivuuden ja kustannusten vertailun investointipäätöksiä varten,
- suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseurantaa varten tehtävät energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit,
- suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden arvioinnin
- tiedonsiirron parantamisen
- rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen rakennuksen ylläpidossa ja käytössä (Henttinen 2012, osa 1, 5).

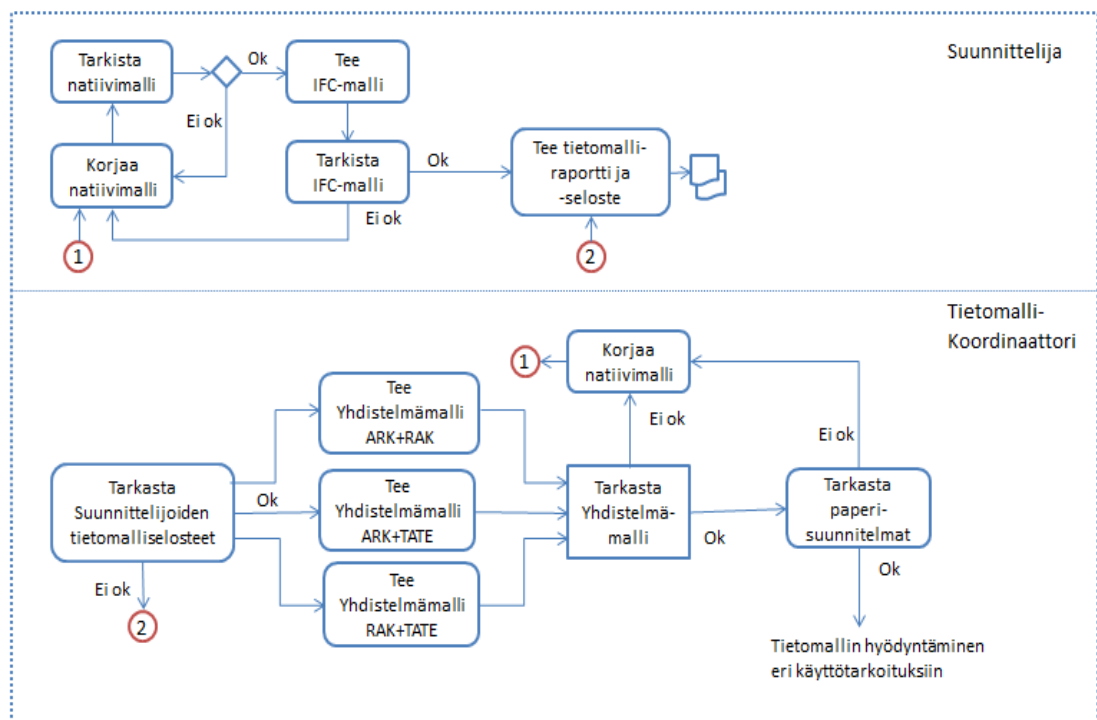
Jotta tietomalli olisi mahdollisimman hyödyllinen, on sillä oltava selkeät tavoitteet. Tavoitteiden ja yleisvaatimusten pohjalta määritetään ja dokumentoidaan projektikohtaiset vaatimukset (Henttinen 2012, osa 1, 5).

Tietomallit eivät täysin korvaa piirustuksia tai muita suunnitelma-asiakirjoja. Ne toimivat toinen toistensa tukena; esimerkiksi piirustuksia voidaan tulostaa tietomalleista. Piirustuksia voidaan tietomallien avulla muotoilla vastamaan vaatimuksia muun muassa luettavuuden suhteen, mutta ne eivät saa olla ristiriidassa tietomallien kanssa. Tietomalleja voidaan hyödyntää myös tarjouslaskentavaiheessa ja rakentamisen aikana tuotannon ja hankinnan suunnittelussa. Työmaalla tietomallin avulla voidaan suunnitella työmaatoimintoja, työmaan käyttöä ja -turvallisuutta sekä tiedonkulkua eri osa-puolien välillä. Tietomallien avulla voidaan toteuttaa työmaan 4D-aikataulutus, työjärjestysten suunnittelu sekä eri suunnittelijoiden mallien yhdistäminen. Lisäksi tietomallin avulla voidaan siirtää rakenteiden sijaintitieto mittalaitteisiin ja toisinpäin (Karppinen, Törrönen, Peltomäki, Lehto, Maalahti, Sillfors-Utriainen, Kiviniemi & Sulankivi 2012, osa 13, 5.)

2.3 Tietomallin tarkastus

Myös tietomallien laatua ja tietosisältöä on kontrolloitava. Tämä toteutetaan tarkastuksin. Tietomalleista varmistetaan, että ne ovat oikeissa muodossa ja suunnittelualakohtaisia ja tarvittavat vaatimukset täyttävät. Tarkastuksissa tutkitaan myös tietomallien eri osien suunnitelmat vertaamalla niitä keskenään. Näin varmistetaan, että kaikki komponentit, muun muassa puutetarkastelut ovat kohdallaan tai tiedossa oleviin vaatimuksiin, esimerkiksi törmäystarkastelu, on kiinnitetty tarpeeksi huomiota.

Tietomalli tarkastetaan mallintamisen eri vaiheissa (kuva 3). Havaitut virheet korjataan yleensä natiivimalliin.

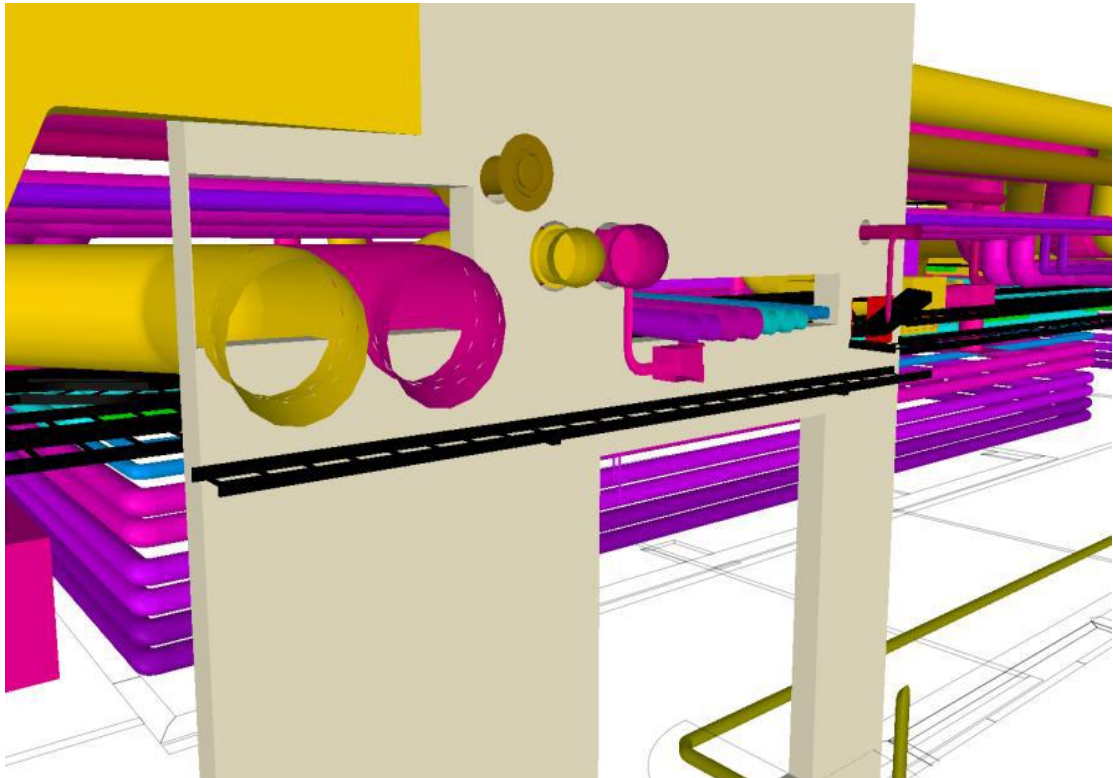


Kuva 3. Tietomallin tarkistusprosessi (Kulusjärvi 2012, osa 6).

Sopivia ohjelmia tietomallin tarkistusta varten ovat esimerkiksi Autodesk NavisWorks Manage, Solibri Model Checker/Viewer, TeklaBIMsight ja Naviate Simple Bim. Tietomallien laadunvarmistuksessa on viisi laajuudeltaan ja tarkoi-

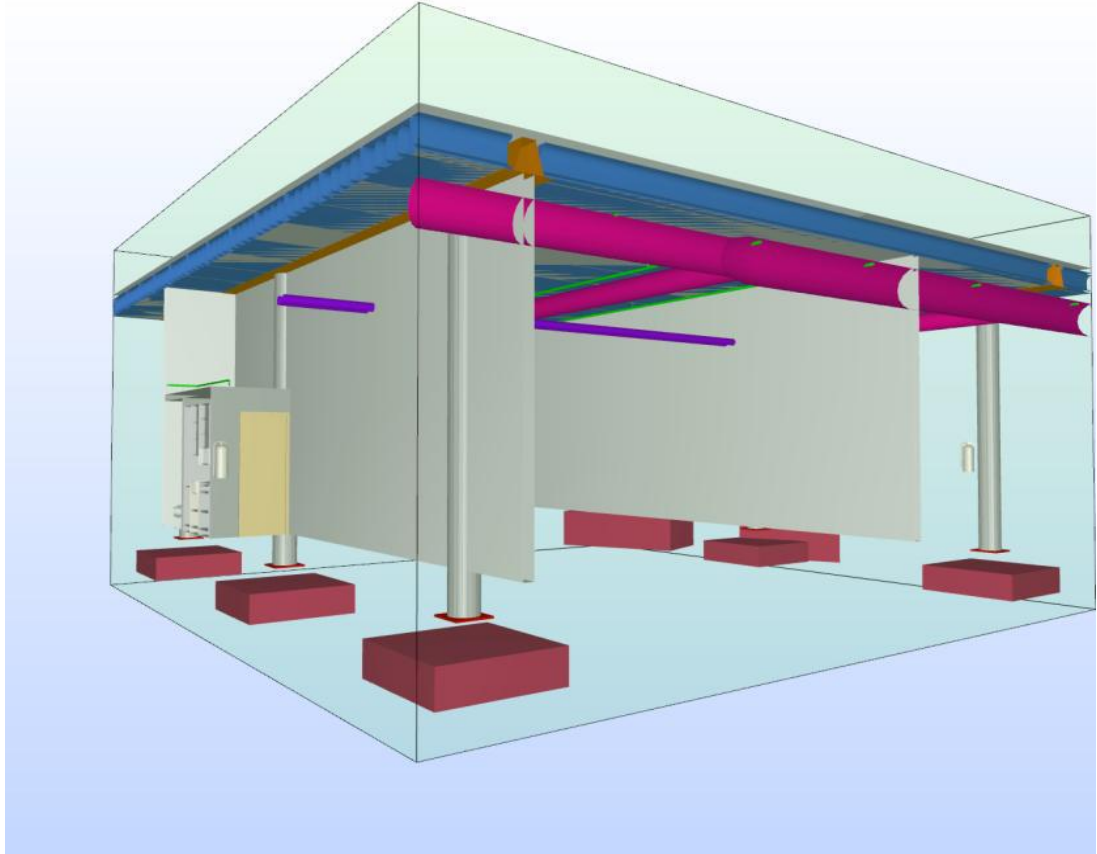
tukseltaan erilaista näkökulmaa, joiden avulla pystyy tekemään IFC-malleilla tarkistuksia. Nämä ovat

- lähtötietomalli,
- tilamalli,
- rakennusosamalli (arkkitehti- ja rakennemallit),
- järjestelmämalli (talotekniikka) ja
- yhdistetty malli (esimerkiksi kuvissa 6,7,8,9 ja 10 nähdään puutteita), (Kulusjärvi 2012, osa 6, 13–17).



Kuva 4. Törmäystarkastelu TATE-rakennemallien kesken (Kulusjärvi 2012, osa 6).

Kuvassa 4 on nähtävissä tietomallien törmäystarkastelu, jossa TETA-rakennemallien putket menevät seinän läpi väärästä kohdasta. Kohde on korjattava ennen suunnittelun jatkamista.



Kuva 5. Puutetarkastelu osoittaa, että pilarit eivät yllä anturoille asti (Kulusjärvi 2012, osa 6).

Kuvassa 5 nähdään suunnitteluvirhe pilarien osalta. Tietomalli osoittaa, että pilarit eivät yllä anturoille asti. Virhe on korjattava heti, koska muuten koko suunnittelun korkeudet eivät pidä paikkansa ja sen jälkikorjaukset ovat aina kalliimpia.



Kuva 6. Visuaalinen tarkastelu (Kulusjärvi 2012, osa 6).

Visuaalinen tarkastelu osoittaa kuvassa 6, että kaikki suunnittelut ovat kunnossa.

Kerros	Laajuuslaskelmatyyppi	Pinta-ala	Pohjan pinta-ala
Kellari	Ei huomioida	198,60 m ²	27,87 m ²
Kellari	Ei-kantavat	17,30 m ²	1,32 m ²
Kellari	Kantavat	576,22 m ²	228,72 m ²
Kellari	Ulkoseinät	462,61 m ²	247,89 m ²
Kerros 1	Ei huomioida	172,11 m ²	16,29 m ²
Kerros 1	Ei-kantavat	429,32 m ²	17,04 m ²
Kerros 1	Hyötyala	975,99 m ²	
Kerros 1	Kantavat	1 288,83 m ²	261,68 m ²
Kerros 1	Kantaviin rakenteisiin lasketta...	7,26 m ²	
Kerros 1	Käytävät	134,23 m ²	
Kerros 1	Porrashuoneet	38,86 m ²	
Kerros 1	Tekniset tilat	81,72 m ²	
Kerros 1	Ulkoseinät	955,26 m ²	252,50 m ²
Kerros 2	Ei huomioida	386,36 m ²	148,13 m ²
Kerros 2	Ei-kantavat	606,34 m ²	23,47 m ²

Laajuuslaskelman esitarkastus.cse! -säännöstössä on kriittisiä ilmoituksia, joita ei ole hyväksytty tai hylätty.

Kuva 7. Tietomalliin kerättyjä pinta-alatietoja (Kulusjärvi 2012, osa 6).

Kuvassa 7 nähdään tietomallista kerätyjä pinta-alatietoja ja verrataan niitä 2D-piirustuksen kanssa siltä kannalta, että ovatko ne oikeat ja suunnittelua vastaavat.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	P
1	Laajuuslaskelma , SUUNNITELMA xxxx												
2	Lämpimät tilat												
3	Kerros	Hyötyala	Ei-kantavat	Käytävät	Huoneistoala	Tekniset tilat	Porrashuoneet	Kantavat	Ulkoseinät	Kerrostasoala	Kerrostasoala, korjattu	Tehokkuus	Vuokra-ala
4		hym2	rom2	hym2	htm2	hum2	hum2	rom2	rom2	ktm2/brm2	ktm2/brm2	Tehokkuus	(sis ph)
5	(ARK) 0.KELLARIKERROS	162,42	4,41	37,08	203,91	6,77	16,97	57,19	96,975	381,815	358,27	2,21	220,9
6	(ARK) 1. KERROS	300,01	14,85	97,12	411,98	17,49	30,41	82,21	62,97	605,06	582,25	1,94	442,4
7	(ARK) 2. KERROS	343,64	15,64	82,72	442	3,82	23,33	66,29	39,04	574,48	583,43	1,70	465,3
8	(ARK) 3. KERROS	382,96	7,64	50,64	441,24	2,73	22,39	65,47	50,93	582,76	588,07	1,54	463,6
9	(ARK) ULLAKKOKERROS	0	9,77	0	9,77	73,43	12,39	0	0	95,59	95,59	0,00	22,2
10	Yhteensä	1189,03	52,31	267,56	1508,9	104,24	105,49	271,16	249,915	2239,705		1,88	1614,39
11													
12	Lämmittämättömät tilat												
13	(ARK) 0.KELLARIKERROS	0	0	0		0	0	0	0	0			
14	(ARK) 1. KERROS	0	0	0		0	0	0	0	0			
15	(ARK) 2. KERROS	0	0	0		0	0	0	0	0			
16	(ARK) 3. KERROS	0	0	0		0	0	0	0	0			
17	(ARK) ULLAKKOKERROS	0	0	0		0	0	0	0	0			
18	Yhteensä	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0,00	0
19													
20	Koko hanke												
21	Yhteensä	1189,03	52,31	267,56	1508,9	104,24	105,49	271,16	249,915	2239,705			1614,39

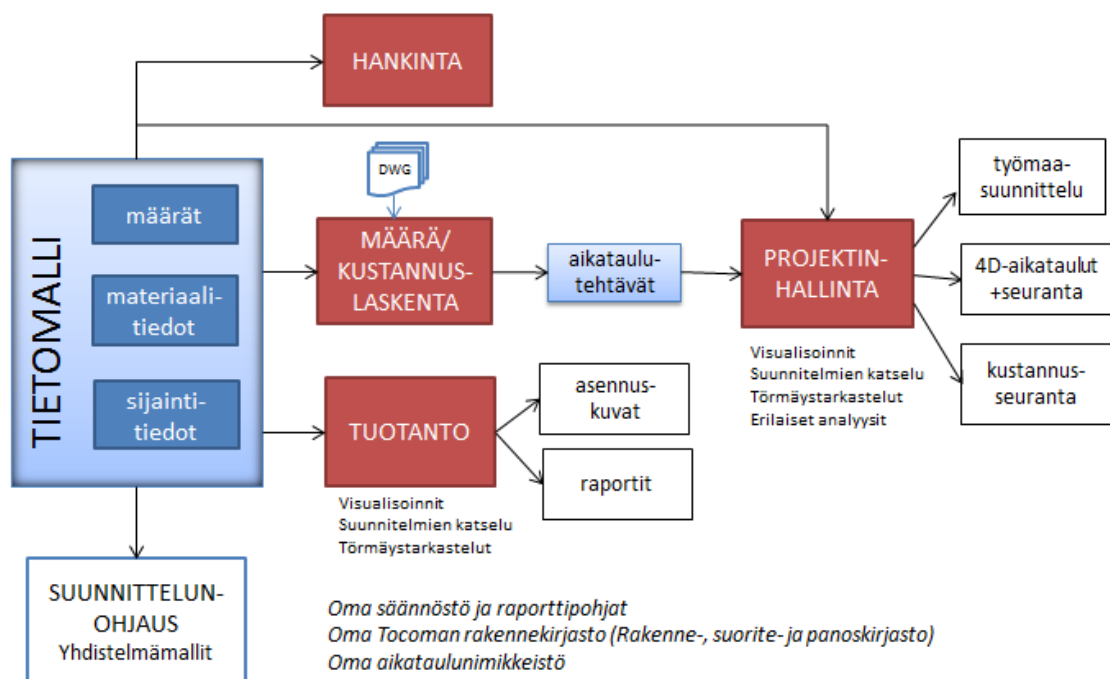
Kuva 8. Taulukkolaskentaohjelma laajuuslaskelma on siirretty ylemmästä kuvasta (Kulusjärvi 2012, osa 6).

Kuvassa 8 taulukkolaskentaohjelman laajuuslaskelma on siirretty ylemmästä kuvasta Microsoft Exceliin, jossa voidaan helposti suorittaa tarkistukset. Yleensä suoraan tietomallista tarkistaminen on vaikeaa ja monimutkaista.

3 TIETOMALLIOHJELMISTOT

3.1 Käyttö

Tietomalleja käytetään määrä- ja kustannuslaskennassa, hankinnassa, projektihallinnassa ja tuotannossa (kuvio 3).



Kuvio 3. Tietomallin määrä- ja kustannuslaskenta (Kulusjärvi 2012, osa 6).

3.2 Ohjelmistot

Tietomallinnuksessa käytettävät ohjelmistot voidaan jaotella seuraavasti:

- suunnitteluohjelmistot
- tarkastus- ja analysointiohjelmat
- katseluohjelma.

Rakennuskohteen arkkitehti-, rakenne- ja taloustekniikkasuunnittelulle tehdään suunnitteluohjelmistolla tarkistus. Ohjelmistot yleensä sisältävät useita tiedostoja, muun muassa tuote-, luokka- ja tyyppikirjastoja. Yleensä tietomallissa suunnitteluohjelmistojen tiedot ovat oikeita, jos ne on suunniteltu vaatimusten mukaisesti. Tarvittaessa mallia voidaan muokata, jos alkuperäinen malli on käytettävissä (Kulusjärvi 2012, osa 6, 18, 29).

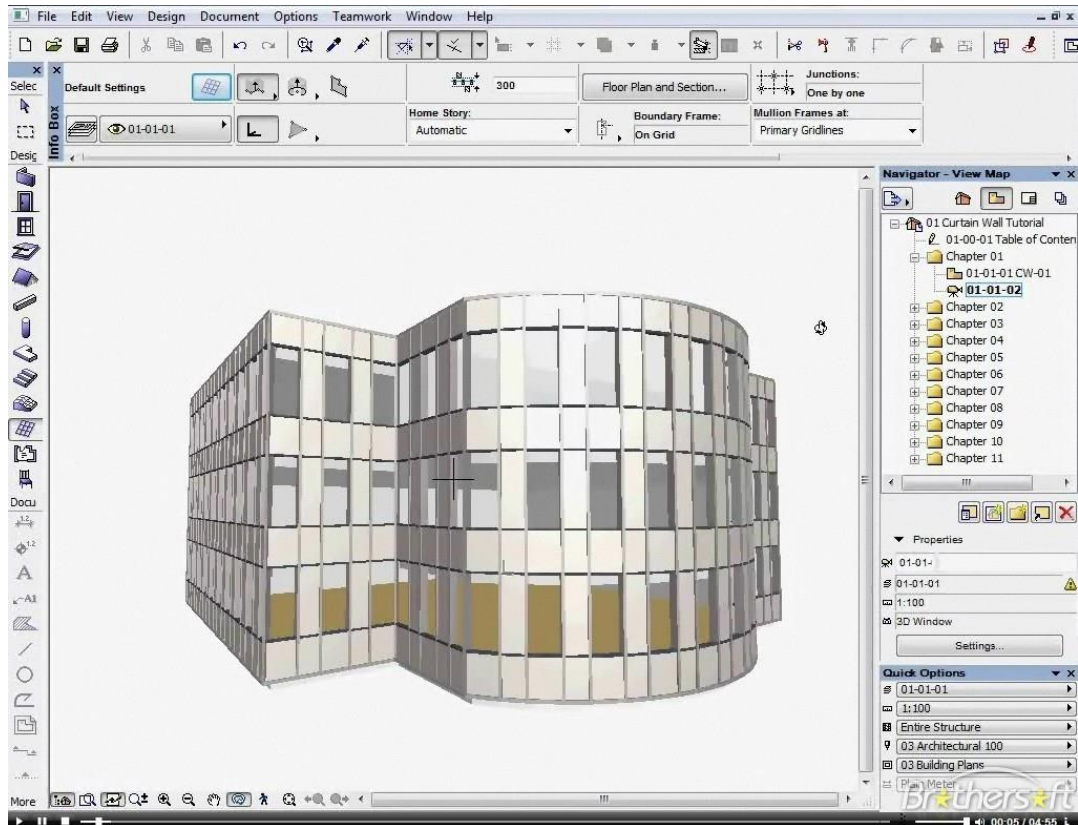
Katseluohjelmat yleensä helpottavat tietomallin tarkastelua. Niiden avulla nähdään ja tarkistetaan, ovatko kaikki rakennusosat mukana ja kohdalla IFC-mallissa. Tietomallia ei voi muokata katseluohjelmalla, vaan sillä voi tehdä vain visuaalista tarkastelua, esimerkiksi ovatko kaikki tarvittavat rakennusosat mukana ja onko rakenteet ylipäättään sellaiset kuin niiden pitäisi olla (Kulusjärvi 2012, osa 6, 29).

Tietomallien laadunvarmistukseen käytetään omanlaisia ohjelmistojaan. Niiden avulla tarkistetaan esimerkiksi törmäyskatselua, energiatehokkuutta, rakenne-tarkastelua, suunnitelmien heikkouksia, puutteita ja muita ongelmakohtia (Kulusjärvi 2012, osa 6, 29).

Erilaisia tietomalliohjelmistoja on olemassa paljon, mutta tällä hetkellä markkinoilla ei ole olemassa sellaista tietomalliohjelmaa, joka kattaisi kaikki rakennustuotannon tarpeet. Myös iso osa nykyisistä ohjelmistoista on tehty suunnittelun tarpeita ajatellen eikä tuotannonohjaukseen.

3.2.1 ArchiCAD

Arkkitehtisuunnittelu on vuosia sitten muuttunut piirtämisestä rakennusten simuloinniksi. Nykypäivänä tilaajalle ei riitä pelkästään piirustukset. Urakoitsijat haluavat rakennuksesta mallin, joka sisältää kaikki suunnitelmat (kuva 12). Suunnitteluohjelmistot käyttävät ArchiCAD:ia, jolla luodaan kolmiulotteinen rakennusmalli (M.A.D. ArchiCAD 2011).



Kuva 9. Arkkitehdin ArchiCAD-suunnitteluhjelmisto (ArchiCAD 2014).

Rakennussuunnittelijoille on kehitetty työkaluksi ArchiCAD, josta näkee kolmiulotteisen rakennusmallin. Sitä käytetään määrälaskennassa ja turvallisuus-suunnittelussa, johon on saatavilla erilliset objekti kirjastot (M.A.D. ArchiCAD 2011).

3.2.2 BIM

BIM Explorer eli BIMx on monipuolinen 3D-työkalu tietomallin tai suunnitelman esittelyyn. Sen avulla pystytään havainnollistamaan esimerkiksi erilaisia tiloja. BIMx toimii sekä työkoneella että mobiililaitteilla (kuva 10, M.A.D. 2011).

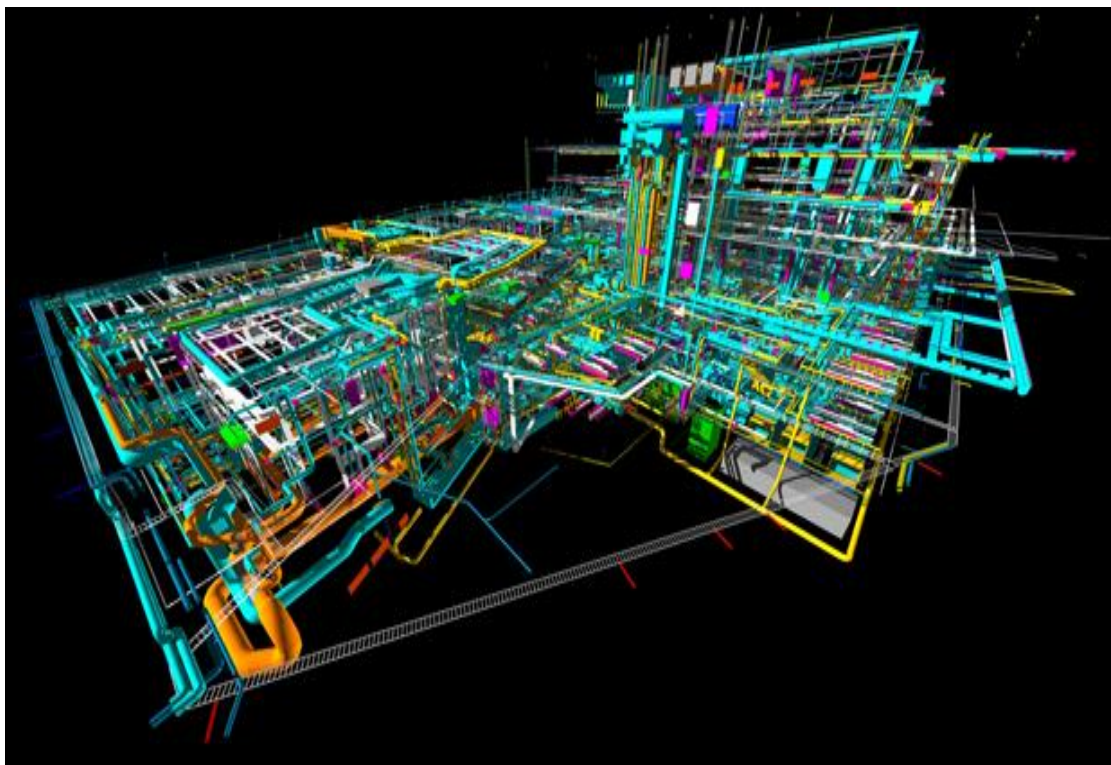


Kuva 10. BIM Explorer -tietomallikuva uudessa teknologissa (BIMx 2012).

Uudessa teknologissa voidaan käyttää tietomallia. Kuvassa 10 nähdään erilaisia laitteita, joilla voidaan käyttää ja hyödyntää tietomallia työmaalla. Niiden avulla pystyy helposti näkemään esimerkiksi kohteen tiedot.

3.2.3 MagiCAD

MagiCAD toimii talotekniikan suunnitteluohjelmistona. Sen avulla voi suunnitella ja tarkistaa monipuolisesti talotekniikkaa. Se sisältää kaiken TATE-laskennoissa tarvittavan tiedon (kuva 11): geometrian, täsmälliset mitat, ilmavirrat, painehäviö- ja äänitasot (MagiCAD 2012).

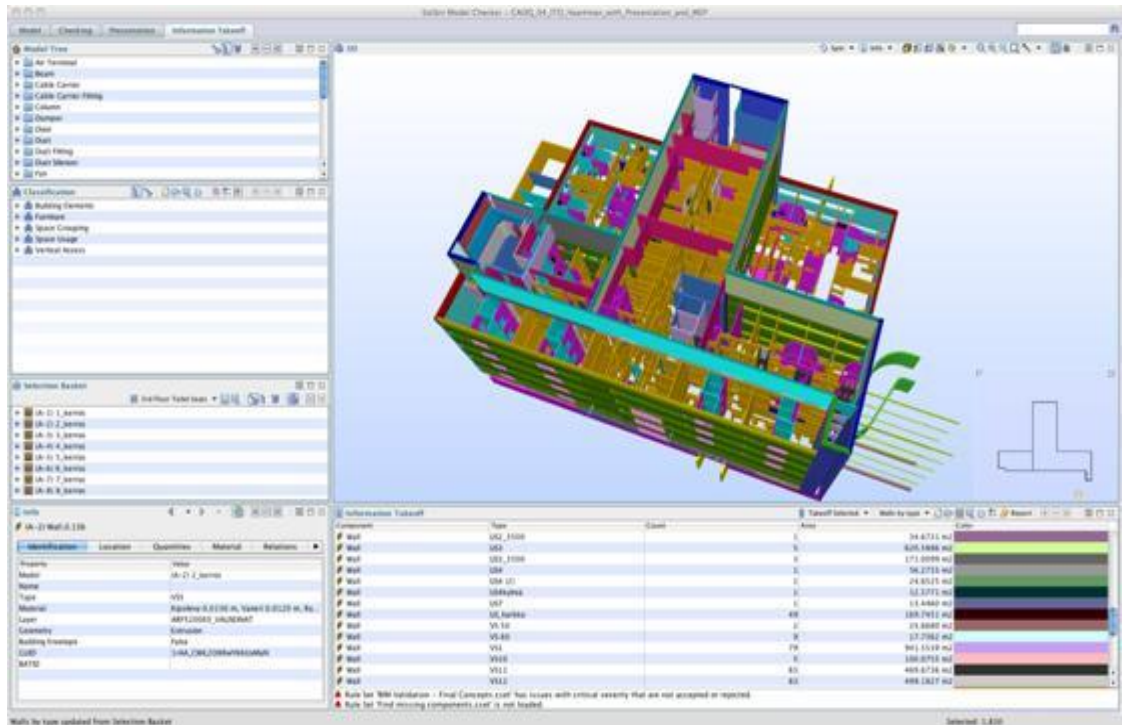


Kuva 11. MagiCAD on talotekniikan suunnitteluohjelmisto (Ventsoft 2014).

MagiCAD-ohjelmassa pystyy näkemään talotekniikan suunnittelut kokonaisuudessaan ja myös muiden suunnittelujen yhteydessä. Kuvassa 11 nähdään pelkästään hankkeen talotekniikka.

3.2.4 Solibri Model Checker

Solibri Model Checker (SMC) toimii tietomallien analysointi- ja tarkistusohjelmalla. Lisäksi se tukee tietomallien laadunvarmistusprosessia ja sisältää tietomallien kommentointitoiminnallisuuden eri osapuolien välillä. Sitä käytetään mallien tarkistukseen, suunnittelun yhdistämiseen, törmäystarkistukseen, raportointiin ja tiedon hakuun (kuva 12). Ohjelma sisältää omat sääntönsä ja raporttipohjansa (Solibri 2014).

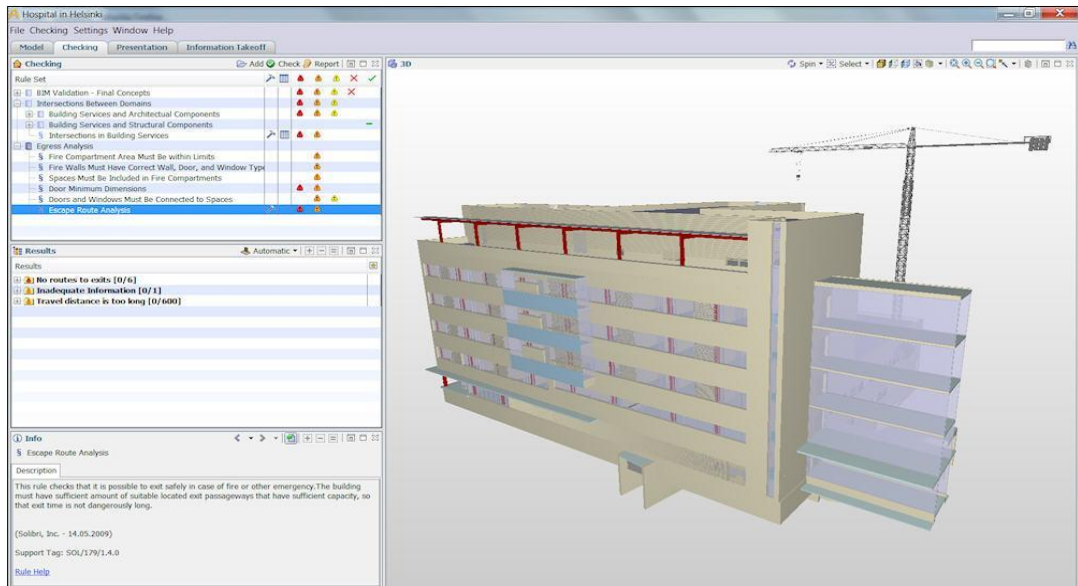


Kuva 12. Solibri Model Checker on tietomallien tarkastus- ja analysointiohjelma (CMedia 2014).

Solibri Model Checkerissa pystyy tekemään hankkeen lopullisen tarkistuksen ja virheiden korjaukset. Yleensä ohjelmaa antaa raportin kohdista, joissa virhe on tapahtunut. Kuvassa 12 Solibri Model Checkerissa huomataan, että virhettä ei löytynyt.

3.2.5 Solibri Model Viewer

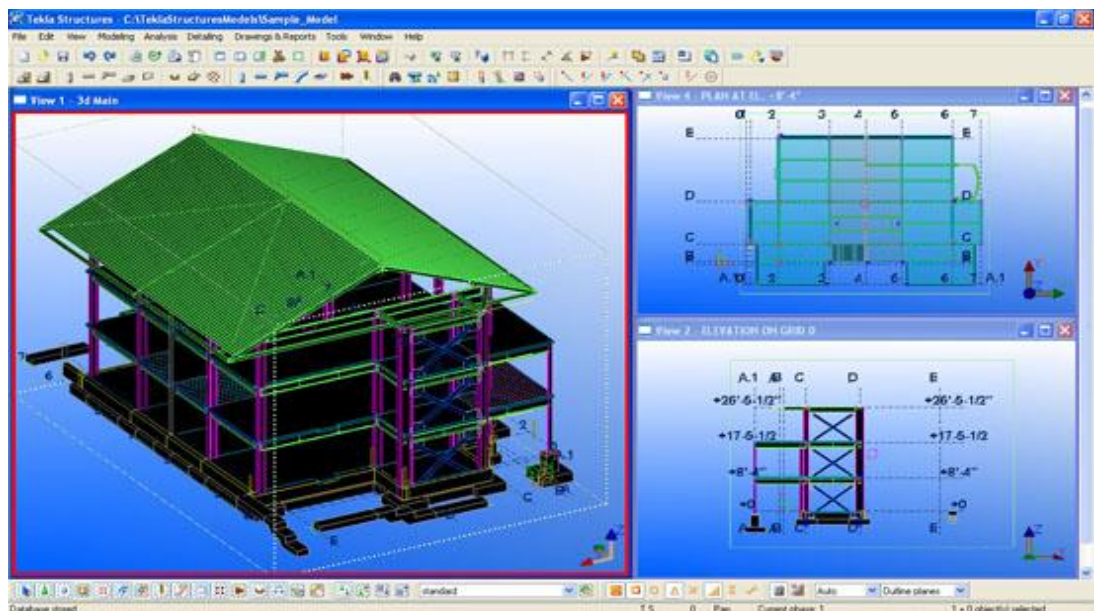
Solibri Model Viewer (SMV) on ilmainen ja helppokäyttöinen ohjelma, jota voidaan käyttää IFC- ja Solibri Model Checker -ohjelmistojen tiedostojen katseluun. Kuvassa 13 nähdään, että hankkeessa on monia ristivirheitä. Kuvassa vasemmalla ylhäällä on monia kolmioita, joissa kerrotaan, missä on ristivirhettä tapahtunut (Solibri 2014).



Kuva 13. Solibri Model Viewer -tiedostojen tarkastelua (Solibri 2013).

3.2.6 Tekla Structures

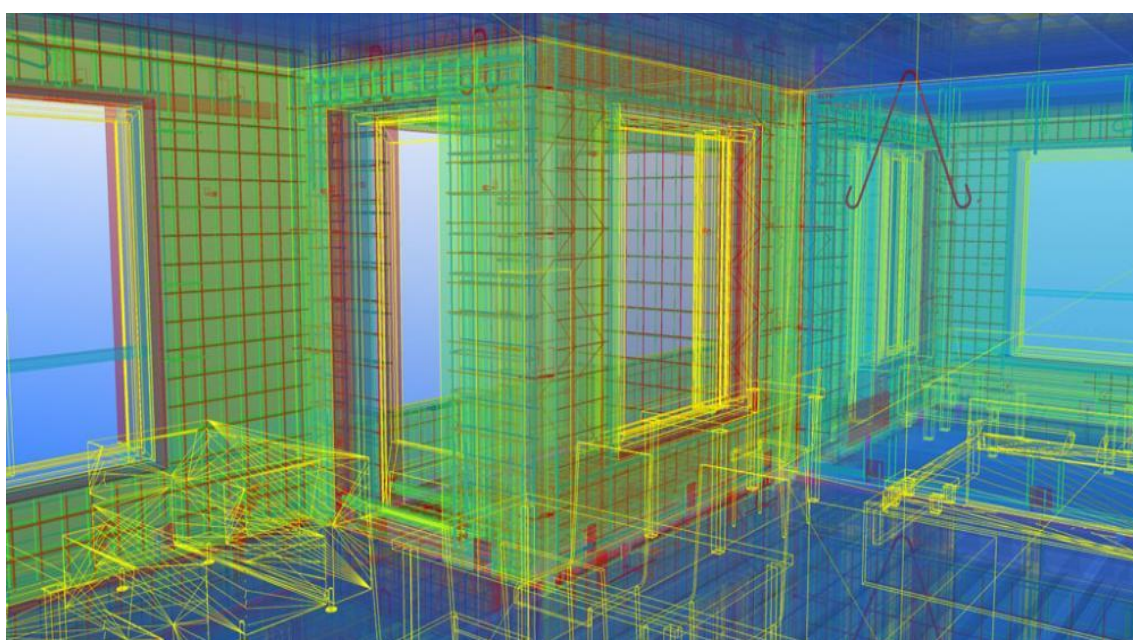
Tekla Structures (TS) toimii suunnitteluohjelmistona, joka on kehitetty tuotannonohjaukseen (kuva 14). Yleensä rakennustuotannossa käytetään Construction Management, Viewer- ja Precast Concrete Detailing -moduuleja.



Kuva 14. Tekla Structures -suunnitteluohjelmisto (Tekla Structure Software 2009).

Tekla Structures Construction Management -moduuli sisältää rakennusprojektin hallinta- ja seurantoiminnot. Sen avulla pystyy tarkistamaan projekti- ja prosessitietoja. Moduuliohjelman avulla voidaan tarkistaa Tekla-malleja ja 4D-tietoja sekä määrittää asennusjärjestys ja rakennusvaiheen aikataulu (Tekla 2013).

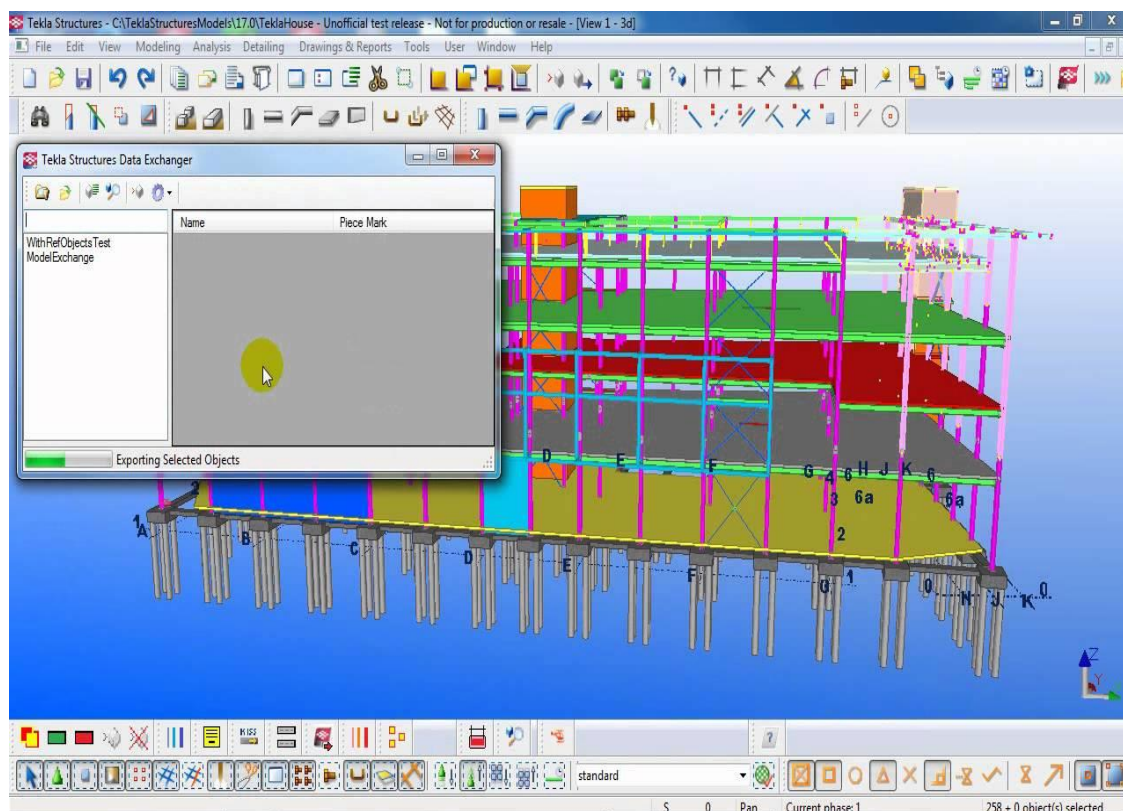
Precast Concrete Detailing -moduulin avulla voidaan tehdä betonielementtien suunnittelun ja valmistuksen toiminnot. Sen avulla voidaan luoda 3D-malleja betonirakenteista. Sillä pystyy tulostamaan piirustuksia ja luomaan rauditus-, kokoonpano ja osaluetteloraportteja (kuva 15, Tekla 2013).



Kuva 15. Precast Concrete Detailing (Aeccafe 2014).

3.2.7 Tekla Structures Viewer -moduuli

Tekla Structures Viewer -moduulissa on mallinnuksen katselu- ja raporttitoimintoja, joiden avulla pystyy tekemään erilaisia tarkistuksia rakennusprojektin kaikissa vaiheissa (kuva 16).



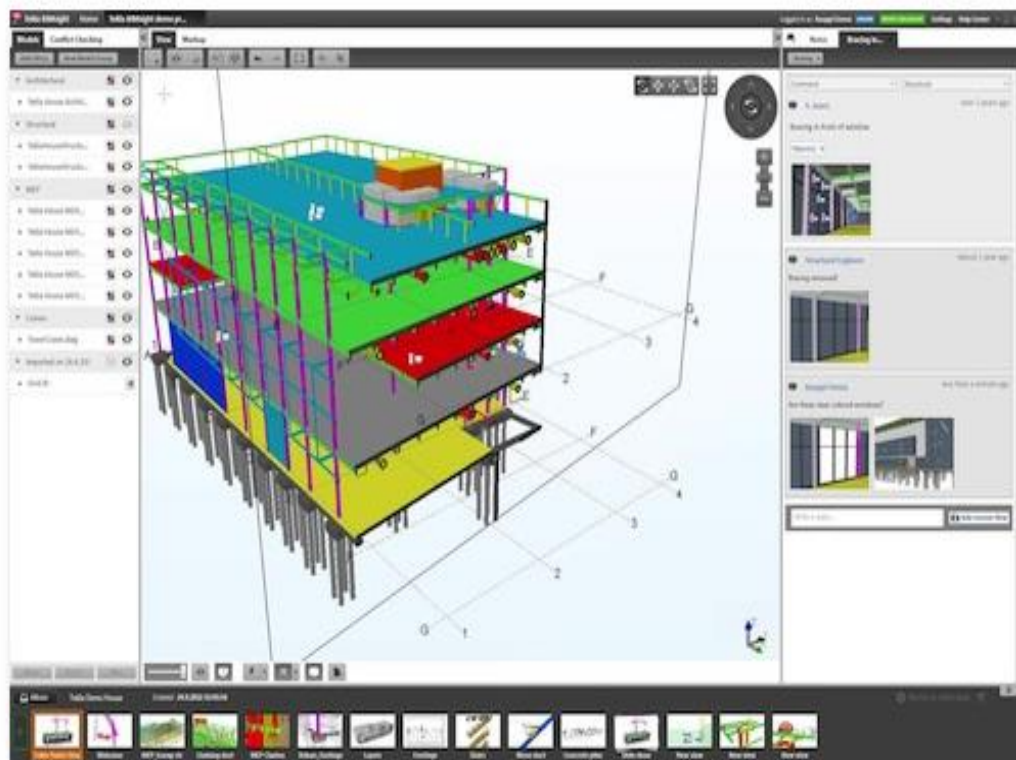
Kuva 16. Tekla Structures Viewer (Tekla Structures 2013).

Viewer-moduulin avulla voi

- tarkastella malleja,
- tarkastella mallin tietoja 4D:ssä,
- tulostaa piirustuksia ja raportteja,
- luoda raportteja,
- luoda rauditusraportteja,
- käyttää samaa mallia samanaikaisesti muiden käyttäjien kanssa,
- hyödyntää rajapintaa muihin ohjelmistoihin ja työvaiheisiin,
- tuoda ja viedä dataa Tekla Open API™ -ohjelmointirajapinnan kautta (Tekla 2013).

3.2.8 Tekla BIMsight

Tekla BIMsight on tarkoitettu ammattilaiselle työkaluksi rakennusalan projektiyhdisteytyöhön. Hankkeen suunnittelijat voivat yhdistää sillä mallinsa, tarkistaa törmäystarkastelut ja jakaa tietoja yhdessä.



Kuva 17. Tekla BIMsight -katseluohjelma (Tekla 2013).

Yhteistyöllä osapuolet voivat tunnistaa ja ratkaista ongelmia jo ennen suunnitteluvaiheita. Tekla BIMsight on ladattavissa verkosta ilmaiseksi. Esimerkki nähdään (kuva 20) Tekla BIMsight-katseluohjelma perus ohjelma näytöltä (kuva 17, Tekla 2013).

3.2.9 Tocoman iLink ja Tocoman Pro

Tocoman iLink toimii tietomalliohjelmien laajenuksena. ILink lukee muun muassa ArchiCAD-, Revit- ja Tekla Structures -ohjelmistoille tuotettuja IFC-

tiedostoja. Tocoman iLinkin määrätietoja voidaan hyödyntää aikatauluissa, hankinnoissa ja projekteissa (kuva 18, Tocoman 2014).

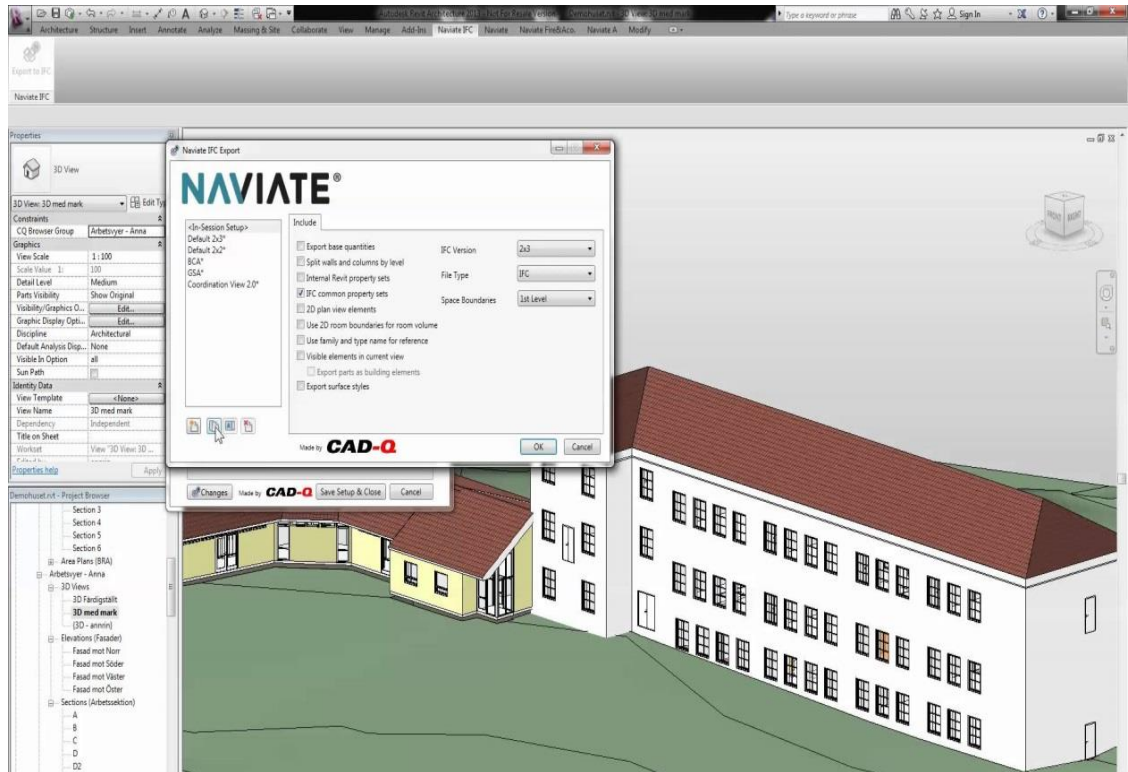


Kuva 18. Tocoman Pro (Digitalalchemy 2014).

Tocoman Pro tukee luonnosvaiheen rakennusosalaskentaa ja tilakohtaista määrätietojen hallintaa ja sisältää kustannuslaskennan työkalut. Se on laajempi määrälaskennassa kuin iLink (Tocoman 2011).

3.2.10 Naviate SimpleBIM

Naviate SimpleBIM on ohjelma, jolla esikatsellaan ja editoidaan tietomalleja. Se sopiikin siksi hyvin tietomallien kehittämiseen (kuva 19).

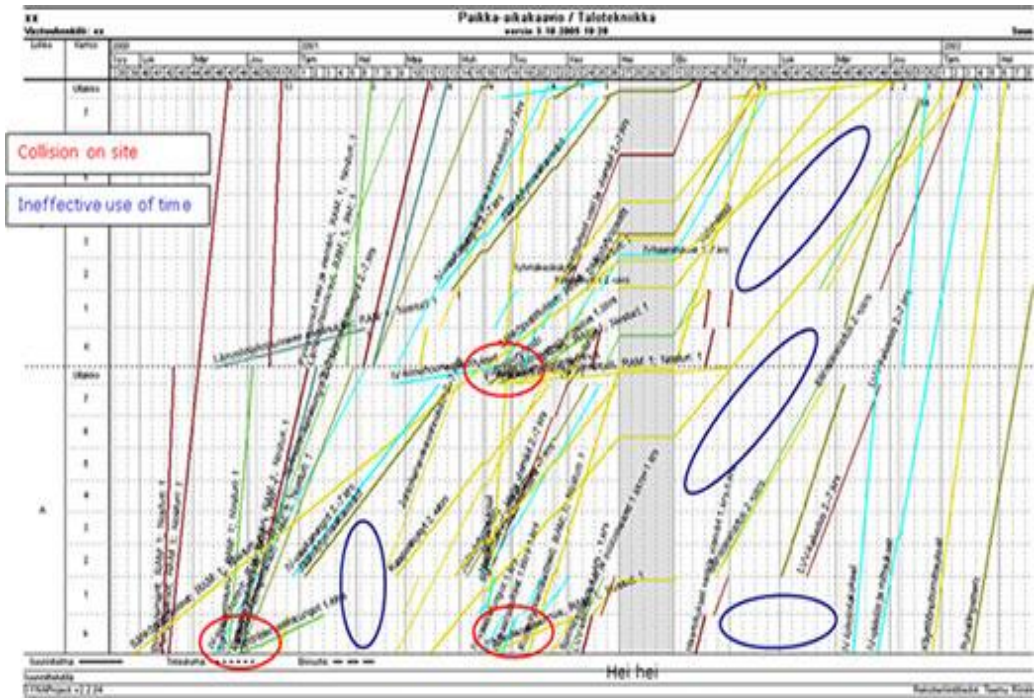


Kuva 19. Naviate SimpleBIM (Naviate SimpleBIM 2014).

Kyseisessä ohjelmassa tiedonsiirtoja tehdään yleensä IFC-tiedostojen avulla, koska se huomattavasti helpottaa vakiorakennusosien geometria- ja metatietojen määrittämistä (Naviate SimpleBIM 2013).

3.2.11 Vico Control 2009

Vico Control 2009 toimii sijaintipohjaisena rakennusalan tuotannonohjausjärjestelmänä. Sen avulla voidaan huomattavasti lyhentää projektin kestoa ja vähentää riskejä (kuva 20).

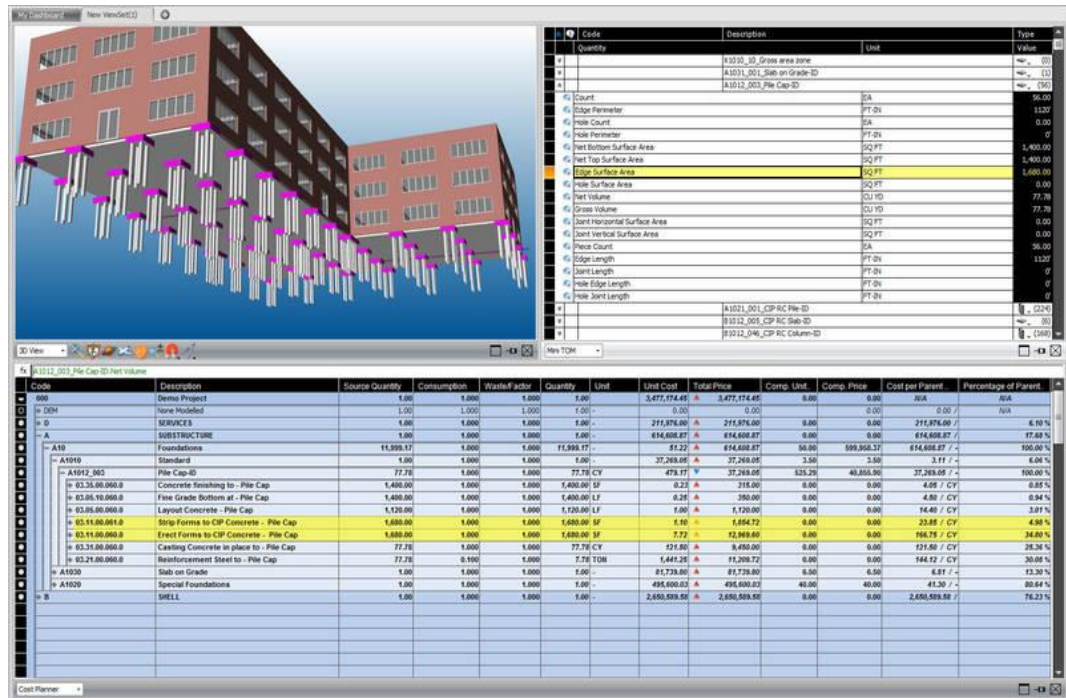


Kuva 20. Vico Control 2009 (Vicosoftware 2014).

Kyseistä ohjelmistoa käytetään projektin aikataulusuunnittelussa. Se sisältää oletusarvoisesti aikataulusuunnittelun, tuotannonohjauksen, hankinnat ja riskien hallinnan. Muita parannuksia, kuten parannettua yhteensopivuutta, on saatavilla lisäominaisuuksina (Vico Software 2009).

3.2.12 Vico Office

Vico Office toimii tuotannon ohjaukseen tarkoitettuna ohjelmistona (kuva 21). Sitä voidaan hyödyntää myös projektinhallinnan työkaluna.

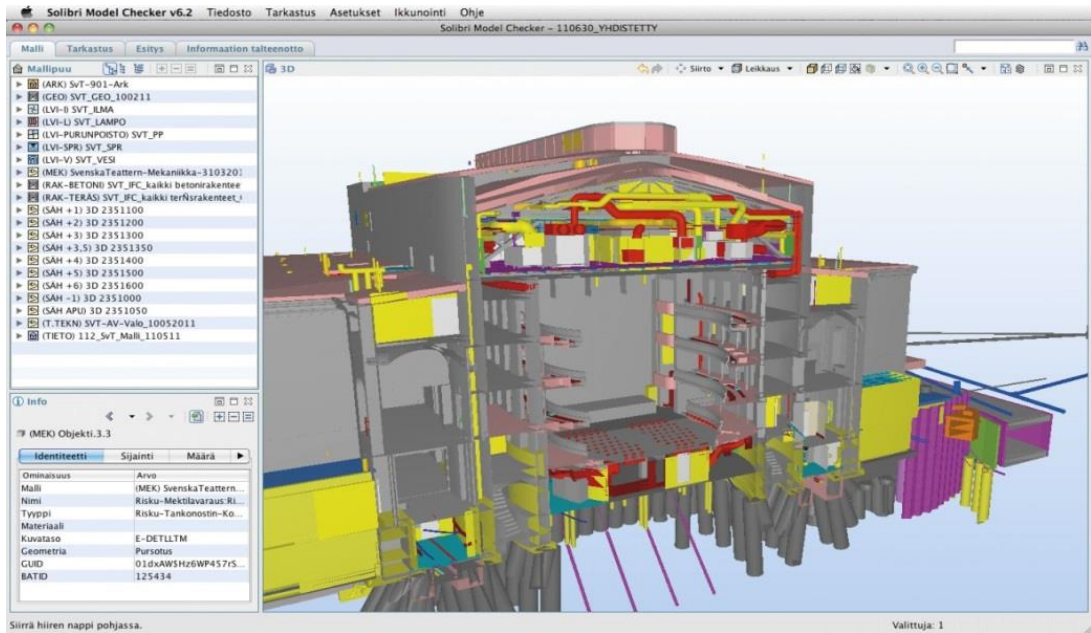


Kuva 21. Vico Office (Vico Office 2014).

Kyseinen ohjelmisto koostuu eri moduuleista, ja sillä voidaan yhdistää projektien eri suunnitelmat. Urakoitsijat voivat näin työskennellä tehokkaasti, parantaa ennustettavuutta, vähentää riskejä ja hallita kustannuksia (Vico Software 2009).

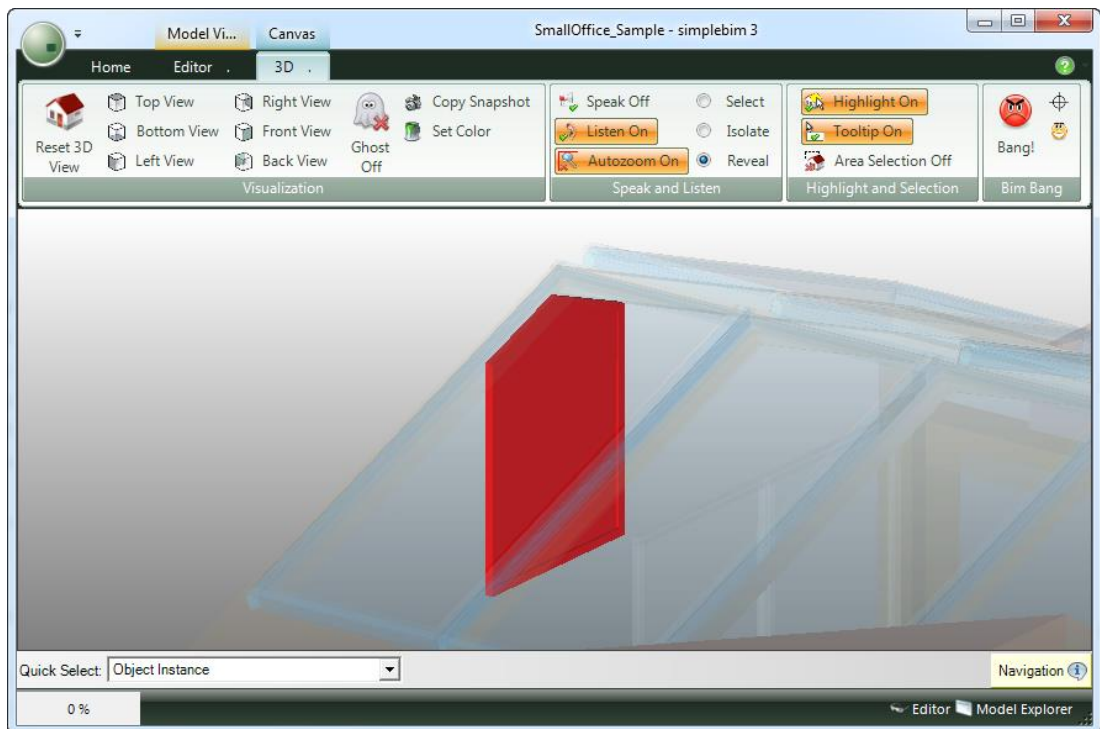
3.3 Esimerkkejä 3D-malleista eri ohjelmistoissa.

Eri ohjelmistoissa on pieniä eroja niiden toimintamalleissa. Jokaisella ohjelmistolla on omat heikkoutensa ja vahvuutensa. Ohjelmistojen avulla pystyy tarkistamaan esimerkiksi tietomallien ristivirheitä. Virheiden löytyessä tietomalli antaa erikseen raportin, jossa lukee kaikki poikkeamat. Yleensä Solibrissa voi tehdä yhdistelmä tarkistukset (kuva 25) ja korjata niiden virheitä. Tarkistusohjelmia (kuva 22) on olemassa monenlaisia. Niiden suurimpia eroavaisuuksia ovat hin- taerot.



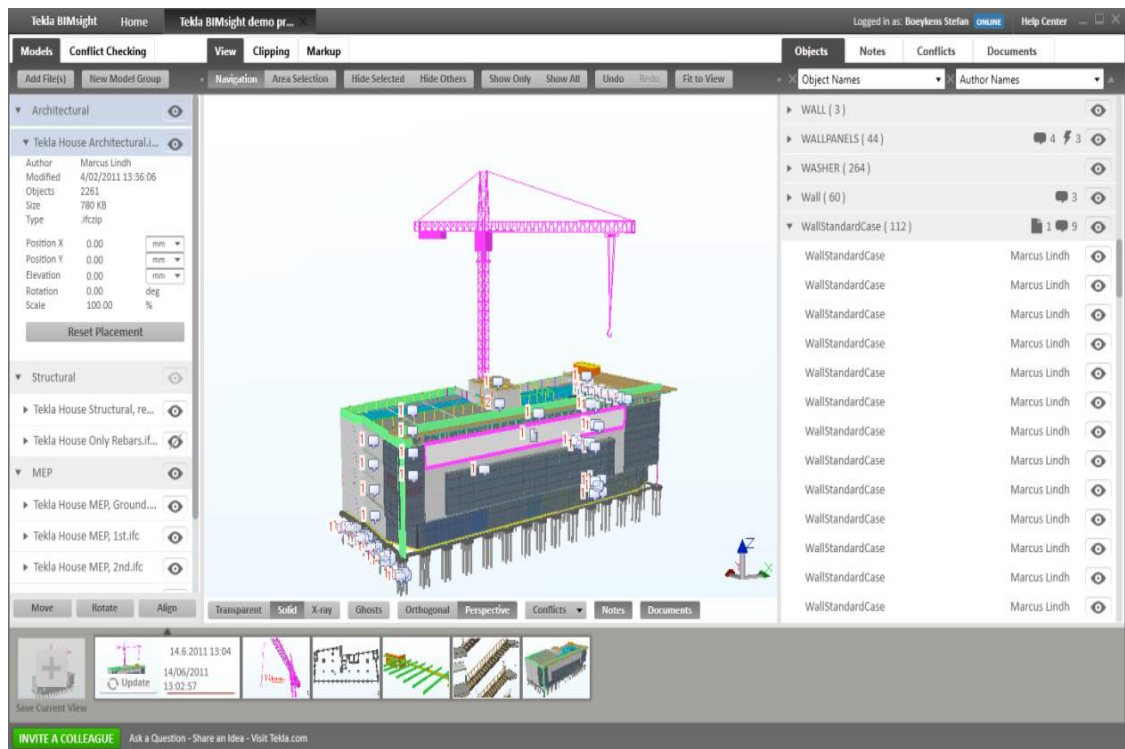
Kuva 22. Solibri IFC-siirto-ohjelman tarkistus (ArchiMAD 2014).

Kuvassa 23 nähdään SimpleBIM-ohjelma, jolla esikatsellaan, editoidaan ja kehitetään tietomalleja. Tiedonsiirrot toimivat yleensä ongelmitta SimpleBIM-ohjelmalla.



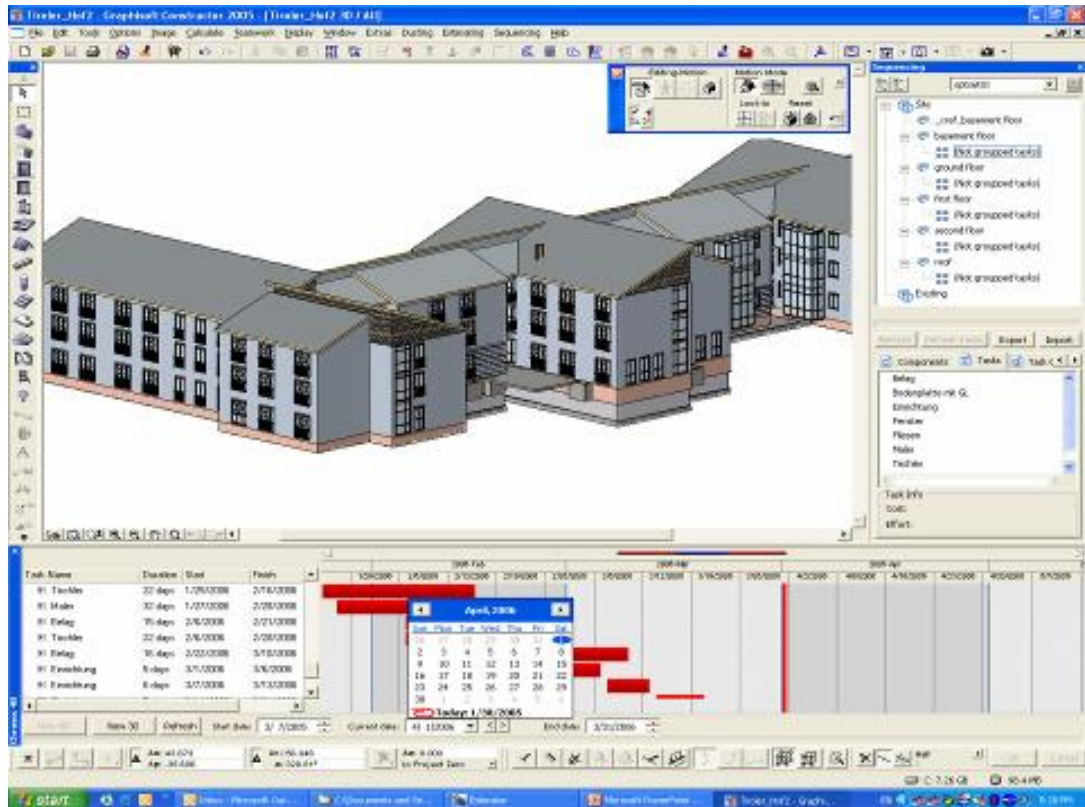
Kuva 23. SimpleBIM (Naviate Simple BIM 2014).

Tekla BIMsight on moderni ja monitoimintainen ohjelma (kuva 24). Se toimii yhdistelmämallina. Siitä saa myös tuoteraportoinnin työmaalla.



Kuva 24. Tekla BIMsight (Tekla BIMsight 2014).

Kuvassa 25 on Vico Office -ohjelma, joka toimii tuotannon ohjaukseen ja projektin hallintaan tarkoitettuna ohjelmistona. Sen avulla voidaan yhdistää projektien eri suunnitelmat.



Kuva 25. Vico Office (Synergy-software 2010).

3.4 Oma osaamistaso ja kehittämistarve

Oma osaamistasoni tietomallien suhteen ei ollut aluksi kovin korkealla, koska ne eivät varsinaisesti sisälly koulutukseemme. Tietomalleista kirjoittaminen vaatii runsasta taustaselvitystä ja tiedonhakuja. Työmaalla tietomallin käyttöön totumiseen meni aina muutamia viikkoja. Vahvuutenani tietomallien käyttämisessä oli tietokoneen käytön hyvä hallitseminen. Olen aikaisemmin käyttänyt paljon erilaisia tietokoneohjelmistoja, ja ne ovat mielestäni mielenkiintoisia. Toinen vahva puoleni oli hyvät tiedonhakutaitoni. Kun hain ja omaksuin uutta tietoa tietomalleista, myös niiden käyttäminen työmaalla helpottui.

Tiedon etsiminen tietomallista ei ole yksinkertaista, jos siihen ei ole saanut jonkinlaista koulutusta. Lisäksi työmailla kiireen vuoksi aikaa tiedon etsimiseen ei ole aina tarpeeksi, ja myös sen takia tietojen etsimisen tulisi olla sujuvaa. Tietomallien hyödyntämisessä olisi myös tärkeää huomioida ne tietotekniset työvä-

lineet, joita työntekijöillä on useimmiten käytössään työmailla, esimerkiksi tablet-tietokoneet. Niitä täytyisi kehittää huomioiden mittaukset, korkeudet, moduulinjat ja materiaalit.

Ensimmäisinä päivinä tietomallia oli vaikea käyttää, koska sen käyttäminen ei ole yksikertaista. Tietomallista voi löytää helposti muun muassa mitat, korkeudet, leveydet, pituudet, koot, painot, pinta-alat, massat ja käytetyt materiaalit. Työmaalla tietomallista on ollut paljon hyötyä, koska sen avulla kohteen etsiminen oli helppoa ja yksinkertaista eikä tarvinnut avata monia piirustuksia selvittääkseen, mikä rakennuskohta on kyseessä. Tietomalli auttaa kuvan hahmottamista ja kolmiulotteista kuvantamista. Se helpottaa työn selittämistä työntekijöille, ja myös työnjohtaja saa rakennuskohdasta paremman kuvan. Mallien avulla työnjohtajat osaavat vastata, milloin aloitetaan, mistä aloitetaan, onko materiaali työmaalla, koska on oikea hetki tietylle työvaiheelle ja vaikuttaako jokin tietty seikka aikatauluun ja niin edelleen. Tietomallien käyttö parantaa työturvallisuutta, koska työmaalla pystyy hahmottamaan paremmin, mikä työvaihe on seuraavaksi vuorossa, ja näin voidaan vähentää riskejä.

4 TIETOMALLIEN KÄYTTÖ RAKENTAMISVAIHEESSA

4.1 Tietomallin käytön hyödyt

Tietomallin hyötyjä ovat rakennusprosessien tehostuminen sekä suunnitelmien ja tietosisällön laadun paraneminen. Jotta näihin hyötyihin päästään, tarvitaan suunnittelijoilta tietomalliosaamista sekä urakoitsijan projektijohdolta taitoa ohjata suunnittelua ja toimivaa työmaakokonaisuutta. Parempiin tuloksiin päästään, kun tietomallien käyttö perustuu tehokkaaseen tietomallityöskentelyyn, jonka tukena käytetään muita ohjelmistoja.

Rakentamisvaiheen eri prosesseissa käytetään tietomalleja hyödyksi esimerkiksi laskennassa, hankinnassa, projektinhallinnassa ja markkinoinnissa. Varsinkin laskentavaiheessa tietomallien käytön hyöty on kiistaton, sillä kaikki tarvittavat vakioidut määräluettelopohjat, ohjelmallinen laskenta ja visuaaliset mallit ovat helposti saatavilla. Tällä hetkellä yhdestä tietomallista ei vielä voida saada kaikkea laskennan vaatimaa tietoa. Tämän vuoksi lähtömateriaalit on tarkistettava. Yleisissä tietomallivaatimuksissa (Tauriainen 2012) osassa 7 on kerrottu määrälaskennan vaatimukset tietomalleille.

Tietomallia voidaan hyödyntää hankinnan tarjouspyynnöissä. Tietomallista on saatavilla 3D-kuvia ja määräluetteloita, jotka voidaan viedä hankintasovelluksiin, ja sama tiedosto voidaan toimittaa elementtitehtaalle. Tietomallista voidaan suoraan poimia tarvittavat tiedot, jos tietomalli on mallinnettu oikein. Projektihankinnan tarkemmalla kontrolloimisella tietomallin avulla päästään säästöihin materiaalikustannuksissa ja -menekeissä.

Suurin hyöty tietomallin käytöstä projektinhallinnassa on nähtävissä aikataulusuunnittelussa. Tietomallin avulla saadaan realistisempi aikataulu hankinnalle ja toteutukselle. Kun toteutusajankohdat ja toteutumätiedot syötetään tietomalliin, saadaan visualisoitua eri rakennusosien valmistumista.

Suunnitelmien yhdistelmämallit vähentävät suunnitteluvirheitä. Niiden vaikutukset näkyvät suoraan toteutusaikataulussa ja kustannuksissa. Tietomallin avulla

saadaan yksinkertaisempia ja luotettavampia tuloksia muun muualle budjetoinnin, kustannusten seurannan sekä alue- ja turvallisuussuunnittelun suhteen.

Markkinoinnissa voidaan myös hyödyntää tietomallia, kun rakennuskohteista on saatavia 3D-kuvia ja tilaratkaisujen visuaalisia esityksiä. Tällöin ostajalle hahmottuu paremmin, minkälainen kohde on kyseessä ja mikä on esimerkiksi mahdollisten muutostöiden tarve. Tietomallista ostajat saavat paljon parempaa visualisointia kohteesta verrattuna piirustuksiin.

Tietomallista on paljon hyötyä toteutusvaiheessa, kun sitä on käytetty jo rakennusvaiheen alkuvaiheessa. Ne säästävät aikaa ja kustannuksia suunnitteluvirheiden löytymisen, kustannusvertailujen suorittamisen ja rakenneratkaisujen vertailun sekä energiasimulointien kautta. Ne helpottavat päätöksentekoa ennen toteutusvaihetta.

Työmaalla arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkasuunnitelmien yhdistäminen yhdeksi tietomalliksi vähentää ongelmatilanteita. Tietomallista voidaan tarkistaa muun muassa korkeusasemien mittaukset sekä muita yksityiskohtia (Karppinen, Törrönen, Peltomäki, Lehto, Maalahti, Sillfors-Utriainen, Kiviniemi & Sulankivi 2012, osa 13, 5.) Muutossuunnittelu vähenee työmaalla, kun käytetään tietomallia.

Tietomallin käyttäminen rakennuskohteessa auttaa kokonaisuuden hahmotusta ongelmienkohtien havaitsemisessa. Näin on esimerkiksi, kun verrataan toisiinsa TATE-asennuksia ja 2D-piirustuksia. Myös työnohjauksessa voidaan hyödyntää 3D-malleja esimerkiksi simuloimalla elementtirungon asennusjärjestystä päivä kerrallaan:

Rakennushankkeen eri vaiheissa voidaan käyttää tietomallia ja saada erilaisia piirustuksia ja raportteja tietomalliin syötettyjen tietojen perustella.

- toteutum tiedot
- asennusaikataulut ja -järjestys
- määräluettelot rakennusosittain, tyypeittäin, kerroksittain sisältäen tietomalliin syötetyt ominaisuudet

- erilaiset raportit mm. paikallavalurakenteet, valutarvikkeet
- mittapiirustukset
- elementtiluettelot ja -piirustukset
- asennus- ja rakennedetaljit
- raudoituspiirustukset.

4.2 Tietomallien käytön haasteet työmaan asiantuntijoiden näkökulmasta

Työmaan asiantuntijoiden haastattelujen perusteella urakoitsijan kannalta tietomalleista on tärkeää saada oikeita tietoja. Mikäli suunnittelijoilta tulevat tiedot ovat vajaat, siitä voi aiheutua haasteita. Hankkeen suunnitelmat eivät saa olla puutteellisia, vaan niiden on vastattava tietomallin käyttötarvetta. Myös urakoitsijoiden tietomallien tulee päivittyä samaan tahtiin kuin suunnittelijoilta saatavien piirustusten.

Tietomallit, joita käytetään rakennusurakoinnissa, ovat urakkasopimuksen teknisiä asiakirjoja. Urakoitsijalle pitää toimittaa oikeanlaiset ja tiedoiltaan päivitetty tietomallit riippuen rakennushankkeen urakkamuodosta. Tietomallien luovuttamien urakoitsijalle ei aina suju ongelmitta. Myös urakoitsijan tietomallinnustehtäviä hoitavien henkilöiden kokemus ja pätevyys on huomioitava (Karjula & Mäkelä 2012, osa 11, 21).

Tietomalliin päivitetään suunnitelmaan tulleita muutoksia yhteen kohtaan, mikä nopeuttaa muutoksen päivittymistä esimerkiksi määrälaskentaan ja raportteihin. Rakennusurakoitsijan ongelmana on ohjelmallisen muutoshallinnan puuttuminen. Muutosten hakeminen tietomallista on hankalaa tai muutoksen esille tuominen vaatii käyttäjiltä lisätoimenpiteitä riippuen missä vaiheessa suunnittelua muutos tehdään.

Tietomallinnusohjelmistojen käyttö on työmaanasiantuntijoiden mukaan sen verran monimutkaista, että niitä ei pysty hyödyntämään ilman koulutusta. Ohjelmistoissa käytetään vaikeaa sanastoa ja käyttöliittymät voivat olla vieraskielisiä. Työmaahenkilöstön kouluttaminen tietomallien käyttöön on haastavaa. Kou-

lutuksen jälkeen pitäisi heti päästä soveltamaan opittuja tietoja käytännössä, koska muuten tietomallien käytöstä opitut taidot unohtuvat nopeasti.

Tekemieni haastatteluiden perusteella ohjelmistojen suuri määrä ja eri versiot aiheuttavat myös haasteita. Vanhemmilla versioilla ei välttämättä pysty avaamaan uudempia versioita. Tämän vuoksi rakennusurakoitsijalla tulee olla käytössä sekä vanhat että uudet ohjelmistoversiot. Myös versiopäivitykset voivat aiheuttaa ongelmia. Esimerkiksi jos suunnittelijoiden päivitykset tulevat urakoitsijoille myöhässä ja urakoitsija on jo ehtinyt edetä rakennusprojektissa vanhan suunnitelman mukaan, voi tästä aiheutua konkreettisia haasteita työmaalla. Myöskään IFC-tiedoston siirto ei ole täysin ongelmaton.

Asiantuntijoiden näkökulmasta suuri haaste on esimerkiksi pienten yksityiskohdtien unohtuminen kokonaissuunnittelusta. Myöhemmin se voi johtaa ongelmiin, koska kukaan ei näe niitä kokonaisuudessa tietomallissa. Esimerkiksi jos muut yksityiskohdat ovat paikallaan, mutta alisuunnittelun raudoitukset puuttuvat, voi se olla ongelmallista. Tällaisiin tilanteisiin tulee puuttua ajoissa. Ongelmakohdat kuitenkin huomataan usein liian myöhässä.

Asiantuntijoiden mielestä suunnitteluvaiheessa joskus unohtuu huomioida kokonaisuuden toimivuus. Kun tietomallin suunnittelu tehdään dwg:n avulla, tietomalli on kokonaisuus. Kun tietomallin suunnittelu tehdään pienissä paloissa, kokonaisuus ei välttämättä tällöin toimi. Tietomallissa suunnitteluratkaisut eivät aina ole hyviä, kun niitä verrataan 2D-suunnittelukuviin.

Tietomallin käyttäminen on kallista, eikä kaikilla urakoitsijoilla välttämättä riitä resurssit esimerkiksi tablettitietokoneiden vuokraamiseen. Tablettitietokoneita saa kaupasta halvemmalla verrattuna tilaamiseen yrityksistä, ja samalla siihen saa myös mukaan IT-tukipalvelut. Myös projektinjohdolta vaaditaan monipuolista tietomallinnusohjelmistojen tuntemusta, koska projektin eri osia tehdään eri mallinnusohjelmilla, esimerkiksi aikataulutusta, kustannusseuranta ja rakennetarvikkeet.

4.3 Tietomallien hyviä puolia työmaan asiantuntijoiden näkökulmasta

Laivarakentamisessa tietomalleja on käytetty noin kolmekymmentä vuotta, ja siellä kaikki toimii hyvin. Laivarakentamisessa suunnittelun pitää olla todella tarkkaa esimerkiksi eri osien koon suhteen, ja tämän takia tietomallien käyttäminen on hyödyllistä.

Tietomalleista saadaan useita hyötyjä verrattuna siihen, että työmailla käytettäisiin vain piirustuksia. Tietomallien merkittävimmät hyödyt työmailla ovat

- muotojen ja rakenteiden tarkistaminen,
- kokonaisuuden hahmottumisen paraneminen,
- työn nopeutuminen, kun tietoja ei tarvitse etsiä erillisistä piirustuksista,
- mittojen saamisen helpottuminen ja
- raporttien, massalaskennan ja elementtiluetteloiden tekemisen helpottuminen.

4.4 Tietomallien käytön parantamisen keinot työmaan asiantuntijoiden näkökulmasta

Koska tietomallit ovat olleet jo useita vuosia käytössä, ovat suunnittelijat panostaneet niiden käyttöohjeiden kehittämiseen. Vaikka tietomallien käyttöön on saatavilla selkeitä ohjeita, niihin tutustuminen ja niiden mukaan toimiminen on välillä aikaa vievää.

Työmailla on tällä hetkellä vielä paljon paperipiirustuksia käytössä, vaikka pyrkimyksenä on saada kaikki kuvat tietomalleihin. Kuvien saaminen tietomalleista ei aina suju mutkattomasti. Esimerkiksi jos pyydetään suunnittelijoilta rakenteen leikkauskuva, niin suunnittelija ei aina saa suoraan kaikkia tietoja, jos ne puuttuvat tietomallista. Työmaan asiantuntijoiden mukaan kaikki suunnittelut eivät vielä pitkään aikaan muutu paperipiirustuksista suoraan tietomalleiksi. Esimerkiksi tietomallissa mitan ottaminen on tällä hetkellä riskialtista. Paperipiirustuksesta yleensä saa paljon selkeämpiä ja varmempia mittoja verrattuna tietomal-

leista saataviin, koska niitä on monia erilaisia. Silloin kun tietomallista otetaan kuva tai jonkinlaisen leikkauskuva, niistä yleensä puuttuu tietoja, ja sen takia pelkästään tietomallin kanssa pärjääminen on vaikeaa. Silloin kun otetaan kuva tietomallista, siihen täytyy lisätä suuri määrä tietoja, ennen kuin sitä pystyy hyödyntämään työmaalla. Suunnittelijoiden kanssa on kohdattu ajoittain erimielisyyksiä tietomallien hyödynnettävyyden suhteen. Tietomallilla ei aina pysty mallintamaan kaikkia kohtia, eikä niistä voi vielä saada kaikkea tarvittavaa tietoa. Esimerkiksi tekniikkasuunnittelijat eivät ole pystyneet laittamaan putkia vinoon siten, miten ne oli alun perin suunniteltu. Jos tietomallissa on tällaisia puutteita, voi olla epäselvää, onko vika tietomallissa vai suunnittelussa.

Virheiden tunnistaminen tietomalleista ei aina toimi. Esimerkiksi erään kerran, kun tietomalleja yhdistettiin ja tehtiin ristitarkastus niiden välillä, mallit eivät löytäneet suunnittelussa tehtyä virhettä. Tietomallissa oli tällöin tehty virhe sekä rakennesuunnittelijoiden että arkkitehtien toimesta, ja tällöin tietomalli ei ymmärrä, että esimerkiksi betoni on lasin päällä. Tietomalli hakee ristivirhettä, eikä esimerkiksi suuri virhe raudoituksessa tule aina ilmi, koska sitä ei pysty tarkistamaan ja vertaamaan muiden tietomallien kanssa.

Tietomalleissa pitää kehittää kuvan muuntamista dwg-suunnitelmiin. Rakennesuunnittelijat eivät usein halua tehdä muuntamista dwg-suunnitelmiin, koska se on työlästä heille. Kehitystä tarvitaan myös tietomallin kuvan muuntamiseen, koska harvat mittauslaitteet pystyvät lukemaan suoraan tietomallista kaikkia mittoja. Uudemmat mittauslaitteet kyllä lukevat tietomalleja, mutta niiden käyminen on vielä hankalaa. Tietomallissa on vaikea katsoa yksityiskohtaisia kuvia. Paperipiirustukset ovat siinä tapauksessa hyödyllisempiä.

Aina ei kaikissa kohdissa esimerkiksi raudoitussuunnittelun liittäminen tietomalliin onnistu, koska ohjelmatiedosto voi kasvaa niin suureksi, että tietokoneen tehot eivät riitä. Toisaalta työmaan raudoitussuunnittelut voivat myöhästyä, jos ne eivät ole yhdessä tietomallin kanssa. Tämän takia tietomallin pohjasuunnittelun tekeminen on hidasta ja aikaa vievää.

Tablettitietokoneissa kappaleiden korkeuden määrittäminen on usein puutteellista, koska se ei ole yksinkertaista. Korkeuksien määrittäminen olisi kuitenkin oleellista. Lisäksi tablettitietokoneissa kuva ei yleensä näy selkeästi, jos siinä on paljon kerroksia päällekkäin. Esimerkiksi rakenteiden erottaminen toisistaan voi olla vaikeaa.

Tietomallien käyttöön ohjaavaa koulutusta tulisi lisätä. Esimerkiksi Varsinais-Suomessa Skanska ottaa tällä hetkellä tietomallien käyttöön liittyvissä ongelmatilanteissa yhteyttä Helsinkiin tietomallien käytön ohjausta varten. Asiantuntijoiden mukaan jos tietomallista halutaan saada paljon hyötyä työmailla, jonkun täytyy saada siihen erikoiskoulutusta ja jakaa tätä tietoa muillekin. Siinä tapauksessa tietomalleista saadaan paljon hyötyä työmailla. Erittäin paljon kehitettävää tietomallin käyttämisen ja hyödyntämisen suhteen on projektipäälliköiden, työpäälliköiden ja työmaan muiden työntekijöiden koulutuksen kohdalla.

Tietomalli on ollut niin vähän aikaa käytettävissä rakennusosalalla, että kaikki suunnittelijat eivät ole ehtineet perehtyä niiden käyttöön. Tietomallin hyödyntäminen vaatii perehtymistä. Asiantuntijoiden mielestä suurin osa työmaan mestareista on joutunut oppimaan osan tietomallien käytöstä ”kantapään kautta”, koska he eivät ole saaneet tarpeeksi koulutusta siihen. Oppiminen tapahtuu usein kokeilemisen kautta. Tietomalliohjelman oppimiseen menee yleensä muutama sata tuntia ennen kuin voi osata käyttää sitä hyvin ja hyödyntää kokonaisuudessaan.

Asiantuntijoiden haastattelujen perusteella esimerkiksi Skanska tarjoaa koulutusta tietomallien käyttöön, mutta Varsinais-Suomessa sitä ei järjestetä niin paljon. Tämä voi johtua siitä, että tietomallin käytön ammattilaisia ei Varsinais-Suomessa ole monta. Sekä Skanskan henkilökunta että suunnittelijat tarvitsevat koulutusta. Verkkokoulutusta on saatavilla, mutta siitä ei välttämättä opi hyvin. Nykypäivänä kaikki rakennusalan työnjohtajat tarvitsevat koulutusta tietomallien käyttöön, koska niitä käytetään erittäin paljon ja itsenäinen opiskelu voi olla vaikeaa. Suunnittelijoiden täytyy itse olla paljon tekemisissä tietomallin kanssa käytännössä ja kiinnostuneita niistä, jotta tulevaisuudessa saadaan parempia tuloksia tietomallien hyödyntämisestä.

5 POHDINTA

Tietomallinnus ei ole mikään uusi asia. Kuitenkin siihen menee vielä pitkä aika, että rakentaminen tapahtuisi täysin tietomallien avulla. Tietomalleja hyödynnetään tällä hetkellä laajoihin rakennuskohteisiin. Muun muassa pienissä kohteissa ja maakunnissa niitä ei ole vielä käytössä. Tietomallien käytön monimutkaisuudessa vaatimukset ja kynnys niiden käyttöönotolle nousevat tietomalliohjelmistojen kehittyessä. Sekä pieniin että isoihin rakennuskohteisiin pitäisi käyttää tietomalleja, jolloin saadaan henkilöitä sitoutumaan tietomallien käyttöön ja myös ohjelmistojen opetteluun. Tänä vuonna ensimmäistä kertaa Turun Skanskassa hyödynnettiin tietomallia työmaalla koko projektin ajan päivittäin, kun ennen niitä käytettiin vain hankkeissa hahmottamiseen ja ristiriitojen poistamiseen.

Kustannushyötyjä, joita tietomallien avulla tehdyistä rakennuskohteista saadaan, ei nykyisin ole vielä luotettavasti voitu osoittaa. Näin on osittain esimerkiksi vertailukelpoisten rakennuskohteiden puutteen vuoksi. Kustannushyötyjä voidaan kuitenkin arvioida eri näkökulmista. Esimerkiksi suunnitteluvaiheessa, kun tietomallien avulla löydetään ongelmakohtia, kustannushyötyjä tulee. Niitä tulee myös toteutusvaiheessa, kun ohjelmien automaattinen tarkistus vähentää riskejä ja ylimääräistä työtä.

Tulevaisuudessa tietomallien käyttö todennäköisesti lisääntyy, koska varsinkin suunnittelijat panostavat nykyisin paljon niiden käyttöön. Myös rakennusurakoitsijoiden on hyvä huomioida tämä ja varautua yhä enemmän tietomallien käyttöön koulutukseen, ohjelmistojen hyödyntämiseen ja kehittämiseen. Tietomallin käyttäminen voi olla urakoitsijalle kilpailuetu. Saavuttaakseen tämän kilpailuedun on hyvä perehtyä tietomallien käyttöön, jotta niitä pystytään täysin kunnolla hyödyntämään.

Tietomalleilta vaaditaan rakennustyömaalla helppokäyttöisyyttä ja myös kykyä toimia tulevaisuudessa tablettitietokoneissa. Uusi teknologia ja laitteet voivat aiheuttaa tulevaisuudessa haasteita tietomallien käytössä. Rakennusurakoitsijan täytyy olla tulevaisuudessa valmiina ottamaan tietomallien haasteet vastaan.

6 YHTEENVETO

Tietomalli on ollut vuosia rakennusalalla käytössä. Siitä huolimatta vasta viime vuosina tietomallia on alettu aktiivisesti käyttää projekteissa. Vaikka tietomallin kehitys on edennyt hitaasti, niistä on kuitenkin paljon hyötyä. Tietomallin käyttäminen ei tule kokonaan poistamaan paperipiirustuksia työmailta, sillä tullaan tarvitsemaan nyt ja tulevaisuudessa.

Tietomalleissa on paljon hyviä puolia työmaan kannalta. Niiden avulla saadaan esimerkiksi paljon tietoa nopeasti ja tehokkaasti. Tietomallia voidaan käyttää ennen projektin alkamista hahmottamiseen ja kokonaisuuden laskentaan. Merkittävimmät tietomallien hyödyt ovat määrälaskenta, tuotannon hankinnat, turvallisuussuunnittelu, mittaukset ja niin edelleen.

Tietomalleissa on myös paljon puutteita ja niihin vaaditaan paljon kehitystä. Esimerkiksi tarkistuksessa ristivirheen tietomalli löytää, mutta suunnitteluvirhettä tietomalli ei löydä, jos arkkitehti- ja rakennussuunnittelussa on sama virhe. Kehitystä tarvitaan myös uuden teknologian, esimerkiksi tablettitietokoneiden käyttöönotossa tietomallien hyödyntämiseen.

Yksi ratkaisu tietomallin hyödyntämisen haasteisiin on työnjohdon kouluttaminen. Suunnittelijoiden täytyy itse olla paljon tekemisissä tietomallien kanssa käytännössä ja kiinnostuneita niistä, jotta tulevaisuudessa saadaan parempia tuloksia tietomallien hyödyntämisestä ja kehittämistä.

Opinnäytetyön päätavoitteena oli saada tutustua tietomallien haasteisiin ja hyötyihin ja pohtia keinoja parantaa niiden käyttöä työmailla. Selvitystyöni perustella tietomalleihin tarvitaan paljon kehitystä ja koulutusta, jotta niistä saadaan suurin mahdollinen hyöty työmaalla. Tulevaisuudessa tietomallista on varmasti paljon hyötyä rakennusalalla.

LÄHTEET

BuildingSMART 2011. Standards. Viitattu 5.9.2014
<http://www.buildingsmart-tech.org/>.

BuildingSMART Finland 2012. Yleiset tietomallivaatimukset. Viitattu 4.9.2014
<http://www.buildingsmart.fi/8>.

buildingSMART 2007. IFD Library. Viitattu 5.9.2014
http://dev.ifd-library.org/index.php/lfd:buildingSMART_and_IFD.

Henttinen, T. 2012. YTV Yleiset tietomallinnusvaatimukset 2012, osa1. Viitattu 3.10.2014
http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf.

Henttinen, T. 2012. YTV Yleiset tietomallinnusvaatimukset 2012 osa3. Viitattu 3.10.2014
http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_3_ark.pdf.

Kulusjärvi, H. 2012. YTV Yleiset tietomallinnusvaatimukset 2012, osa6. Viitattu 10.9.2014
http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf.

Henttinen, T; & Vara, J. 2012. YTV Yleiset tietomallinnusvaatimukset 2012, osa 8. Viitattu 11.9.2014
http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_8_havainnollistaminen.pdf.

Tauriainen, M. 2012. YTV Yleiset tietomallinnusvaatimukset 2012, osa 7. Viitattu 12.10.2014
http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_7_maaralaskenta.pdf

Karjula, J; & Mäkelä, E. 2012. YTV Yleiset tietomallinnusvaatimukset 2012, osa 11. Viitattu 12.10.2014
http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_11_projektinjohtaminen.pdf.

Jokela, M; Laine, T; & Hänninen, R, J. 2012. YTV Yleiset tietomallinnusvaatimukset 2012, osa 12. Viitattu 13.10.2014
http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_12_yllapito.pdf.

Karppinen, A; Törrönen, A; Peltomäki, M; Lehto, M; Maalahti, J; Sillfors-Utriainen, S; Kiviniemi, M; & Sulankivi, K. 2012. YTV Tietomallinen hyödyntäminen rakentamisessa 2012, osa13. Viitattu 14.10.2014
http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_13_rakentaminen.pdf.

Eastman, C; Teicholz, P; Sacks, R; & Liston, K; 2011. Bim HandBook. Second Edition. New Jersey (USA): John Wileys & Sons, Inc.

Jeskanen, T; Repo, T; Teränne, R; & Kihlström, J. 2011. Tuote-esittely. Viitattu 30.9.2014
<http://www.mad.fi/mad/archicad.html>.

M.A.D, BIMx. 2011. Tuote-esittely. Viitattu 30.9.2014
<http://www.mad.fi/mad/bimx.html>.

M.A.D, ArchiCAD. 2011. Tuote-esittely. Viitattu 30.9.2014

<http://www.mad.fi/mad/tiedostot/pdf/kasikirja15/YS.IFC.pdf>.

MagiCAD. 2012. Tuote-esittely. Viitattu 1.10.2014
<http://www.magicad.com/fi/content/kaikki-tuotteet>.

Solibri. 2014. Tuote-esittely. Viitattu 1.10.2014
<http://www.solibri.com/solibri-model-checker.html>.

Solibri Model Viewer. 2014. Tuote-esittely. Viitattu 1.10.2014
<http://www.solibri.com/solibri-model-viewer.html>.

Tekla Structures. 2013. Tuote-esittely. Viitattu 1.10.2014
<http://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>.

Tekla BIMsight. 2013. Tuote-esittely. Viitattu 2.10.2014
<http://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-bimsight>.

Tekla, BIM. 2013. Tuote-esittely. Viitattu 3.10.2014
<http://www.tekla.com/products/tekla-structures>.

Tocoman Pro. 2011. Tuote-esittely. Viitattu 3.10.2014
http://www.tocoman.fi/sites/default/files/webfm/user/Tocoman_TCM_Pro.pdf.

Tocoman. 2014. Tuote-esittely. Viitattu 3.10.2014
<http://www.tocoman.fi/ohjelmistot/referenssit>.

Tocoman. 2014. Tuote-esittely. Viitattu 3.10.2014
<http://www.tocoman.fi/ohjelmistot/yritys>.

Naviate SimpleBIM. 2013. Tuote-esittely. Viitattu 3.10.2014
<http://www.cad-q.com/fi/tuotteet/tuotteet/naviate-simple-bim>.

Vico Control. 2009. Tuote esittely. Viitattu 3.10.2014
http://www.vicosoftware.com/products/vico_control/control-features--benefits-2009-copy-0/tabid/86046/Default.aspx.

Vico Office Suite. 2009. Tuote esittely. Viitattu 3.10.2014
<http://www.vicosoftware.com/products/office-suite/tabid/86036/Default.aspx>.

Tekla. 2012. Tuote esittely. Viitattu 1.10.2014
<http://www.tekla.com/fi/referenssit/manskun-rasti-tietomalli-tulevaisuudesta>.

Skanska, tietomalli. 2014. Tuote esittely. Viitattu 15.10.2014
<http://www.skanska.fi/fi/tietoa-skanskasta/kehitystoiminta/tietomallintaminen/>.

Skanska, 2014. Tuote esittely. Viitattu 15.10.2014
<http://www.skanska.fi/fi/TietoaSkanskasta/Kehitystoiminta/Tietomallintaminen/Tietomallintaminen-rakentamisen-aikana/>.

ArchiCAD. 2014. Tuote esittely. Viitattu 16.10.2014
[http://computeraideddesignguide.com/archicad-autocad-alternative/..](http://computeraideddesignguide.com/archicad-autocad-alternative/)

Ventsoft. 2014. Tuote esittely. Viitattu 17.10.2014
<http://ventsoft.ru/content/informatsionnoie-modielirovaniie-zdani-1>.

Tekla Structure Software. 2009. Tuote esittely. Viitattu 17.10.2014
<http://www.perencanaanstruktur.com/2011/11/tekla-structure-software.html>.

Digitalalchemy. 2014. Tuote esittely. Viitattu 17.10.2014
http://www.digitalalchemypro.com/html/products/TocomanProducts_iLinkBim.html.

Naviate Simple, BIM. 2014. Tuote esittely. Viitattu 17.10.2014
<http://www.cad-q.com/fi/tuotteet/tuotteet/naviate-simple-bim>.

Vicosoftware. 2014. Tuote esittely. Viitattu 18.10.2014
<http://www.vicosoftware.com/location-based-management-system/tabid/88213/>.

ArchiMAD. 2014. Tuote esittely. Viitattu 18.10.2014
<http://www.archimad.fi/?p=1285>.

Simplebim. 2014. Tuote esittely. Viitattu 18.10.2014
<http://www.datacubist.com/whats-new-simplebim-3-1/>.

Tekla, BIMsight. 2014. Tuote esittely. Viitattu 18.10.2014
<http://cad-3d.blogspot.fi/2011/06/new-release-of-tekla-bimsight.html>.

BIMx. 2012. Tuote esittely. Viitattu 21.10.2014
<http://www.graphisoft.co.za/virtual-building-explorer.html>.

CMedia. 2014. Tuote esittely. Viitattu 21.10.2014
<http://www.cadmagazine.nl/blog/laatste-nieuws/solibri-model-checker-versie-71>.

Solibri. 2013. Tuote esittely. Viitattu 22.10.2014
<http://nemetschek-scia.com/en/company/press-zone/pressreleases/solibri-introduces-solibri-model-checker-v81-improving-user>.

Aeccafe. 2014. Tuote esittely. Viitattu 15.11.2014
<http://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2014/04/23/kalasadama-fiskari-and-fregatti-residential-buildings-in-helsinki-finland-by-insinoritoimisto-makelainen-ltd/>

Synergy-software. 2010. Tuote esittely. Viitattu 15.11.2014
<http://www.synergy-software.com/vicosoft-virtual-construction-and-5d-modeling.htm>