

Jussi Viemerö

Tietomallien hyödyntäminen runkovaiheen työmaavalvonnassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

18.1.2017

Tekijä Otsikko	Jussi Viemerö Tietomallien hyödyntäminen runkovaiheen työmaavalvonnassa
Sivumäärä Aika	37 sivua + 2 liitettä 18.1.2017
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaaja(t)	Projektipäällikkö Hanna Turunen BIM-tuotannon ohjaus Jukka Rannisto Lehtori Mervi Toivonen
<p>Tämän mestarityön tarkoituksena oli selvittää yritykselle, millä tavoin tietomalleja voidaan hyödyntää talonrakennushankkeen runkovaiheen työmaavalvonnassa. Aihetta lähdettiin tutkimaan, koska yrityksessä oli huomattu, etteivät työmaavalvojat ole välttämättä tiedostaneet, millä tavoin tietomalleja voidaan hyödyntää varsinkin runkovaiheen valvontatehtävissä. Yritys, jolle opinnäytetyö tehtiin, toimii rakennusalalla asiantuntijaorganisaationa ja tarjoaa rakennushankkeen tilaajalle projektinjohtopalvelua. Opinnäytetyön aiheeseen perehdyttiin kirjallisuuden, internetlähteiden ja haastattelujen avulla.</p> <p>Tietomalleja on hyödynnetty rakennusalalla jo pitkään, mutta mallit olivat enimmäkseen suunnittelijoiden käytössä. Teknologian kehittyminen ja teknologialaitteiden hintojen alentuminen ovat olleet suuressa roolissa tietomallien yleistymisessä. BIM-määritelmä on myös kehittynyt vuosikymmenien aikana yhä laajemmaksi kokonaisuudeksi, ja se kattaakin nykyään koko rakennushankkeen tiedot digitaalisessa muodossa.</p> <p>Hankkeen tilaaja on aina avainasemassa tietomallihankkeen onnistumiselle. Hän asettaa yhdessä tietomallikoordinaattorin kanssa edellytykset, jotka suunnittelijoiden tulee huomioida mallien laatimisessa. Tämän lisäksi on ensiarvoisen tärkeää, että tuotantovaiheessa käytössä olevat tietomallit ovat jatkuvasti päivitettyjä sekä ristiriidattomia keskenään. Tietomallihankkeen kaikilta osapuolilta vaaditaan uutta ajattelutapaa, omaksumista ja tietynlaisia kurinalaisuutta.</p> <p>Opinnäytetyön haastatteluosuuden avulla saatiin kehitysehdotuksia, joilla voidaan parantaa tietomallien käyttöä yrityksessä. Lisäksi haastatteluista selvisi yrityksen nykyisen henkilöstön osaamistaso sekä toiveet, miten tietomalleja voitaisiin kehittää jatkossa. Tämän opinnäytetyön ohella laadittiin yritykselle lista työmaavalvojan keskeisimmistä runkovaiheen valvontatehtävistä sekä mallien hyödyntämistavat niihin. Kyseistä listaa ei kuitenkaan julkaista tämän opinnäytetyön yhteydessä, vaan se jää yrityksen omaan käyttöön.</p>	
Avainsanat	BIM, tietomallit, runkovaihe, työmaavalvoja

Author(s) Title	Jussi Viemerö Utilization of BIM in the Construction Supervision of Framework Phase
Number of Pages Date	37 pages + 2 appendices 18 January 2017
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	Infraconstruction
Instructor(s)	Hanna Turunen, Project Manager Jukka Rannisto, BIM Engineer Mervi Toivonen, Senior Lecturer
<p>This Bachelor's Thesis was made for the company and the main goal of the thesis was to study how the BIM can be utilized in the site supervision of the framework phase of house construction. The subject of the thesis was being studied because the company had noticed that their construction supervisors weren't necessarily aware of how the BIM can be utilized especially in a framework phase. The company works in the construction industry as an expert organization and offers project management services for the subscriber of building project. The subject of the thesis was familiarized by studying various internet sources and literature written on the subject and also by interviewing the employees of the company.</p> <p>The BIM has been utilized for decades in the AEC industry but the models were mostly used by designers. The two main reasons for the spread of information models are the development of technology and the lower prices of technology devices. The definition of BIM has also evolved over the decades more and broader and now it covers the entire construction project information in digital form.</p> <p>The subscriber of the data model project is always the key to the success. He sets together with the BIM coordinator the conditions that designers must take into account in drawing up models. In addition, it is vital that existing production stage data models are continuously updated and harmonious with each other. The data model project requires the new way of thinking, adoption and a certain kind of discipline from all parties.</p> <p>Developing proposals were obtained in the interview part of the thesis and they gave insight of how to improve the use of information models in the company. With the interviews it became clear the company's current level of competence of staff and the proposals of how data models could be developed in the future. In addition to this thesis a list was drawn up for the company. The list includes the main tasks of site supervisor as well as how models can be utilized in them. The list is not published in the context of this thesis and it shall remain in the company's own use.</p>	
Keywords	BIM, information models, framework phase, site supervisor

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta ja tavoite	1
1.2	Työn rajausta ja toteutustapa	2
1.3	Yritys	2
2	Tietomallinnus ja tietomallien käyttö	4
2.1	Yleistä tietomallinnuksesta	4
2.2	Mallinnuksen historia ja BIM-määritelmän kehitys	5
2.3	Tietomallien käyttö Suomessa ja maailmalla	8
2.4	Yleiset Tietomallivaatimukset 2012	9
2.5	Tietomalliohjelmistot työmaalla	10
2.5.1	Solibri Model Viewer	12
2.5.2	Tekla Structures	12
2.5.3	Tekla BIMsight	12
2.5.4	Tekla Field 3D	13
2.5.5	Trimble Connect	13
2.6	Projektipankki	14
3	Tietomallien käyttö runkovaiheen valvontatehtävissä	15
3.1	Työmaavalvojan rooli osaurakkahankkeessa	15
3.2	Tietomallipohjainen rakennushanke	16
3.3	Käyttötavat runkovaiheessa	18
3.4	Tietomallien käyttö tablettitietokoneella	23
4	Tutkimustulokset haastatteluiden pohjalta	26
4.1	Haastattelujen tulokset	26
5	Johtopäätökset	30
6	Yhteenveto	33
	Lähteet	35

Liitteet

Liite 1. Haastattelukysymykset

Liite 2. Trimble Connect -ohjelmiston versioiden eroavaisuuksia

Lyhenteet

BIM	Building Information Modeling
BPM	Building Product Model
CAD	Computer-aided Design
GBM	Generic Building Model
GLIDE	Graphical Language for Interactive Design
IAI	Industry Alliance for Interoperability
IFC	Industry Foundation Classes
PJP	Projektinjohtopalvelu
RATAS	Rakennuksen tietokoneavusteinen suunnittelu
UIM	Urban Information Models
YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012

1 Johdanto

Suomi on ollut pitkään tietomallinnuksen edelläkävijä. Jo 1980-luvulla Helsingissä tehtiin ensimmäiset virtuaalimallit ja vuosituhannen vaihteen alussa teknologian kehittyessä voimakkaasti eteenpäin tietomallinnusta on sovellettu useissa rakennushankkeissa. Vaikka tietomallinnus ja tietomallien käyttö on ollut vuosikymmeniä läsnä rakennusallalla, ovat niiden käyttöä ja soveltamista jarruttaneet varhaisten tietokoneiden suoritusnopeuden puute sekä sen aikaiset teknologian kustannukset. Näiden lisäksi mallinnus oli aikaa vievää, joten mallit olivat pääasiassa vain silloisten innokkaiden idealistien käyttämiä. [1.]

Maailmanlaajuisesti tietomallien hyödyntäminen rakennushankkeissa kasvaa jatkuvasti. Tähän ovat vaikuttaneet muun muassa nykYTEknologian halventuneet hinnat, valtiolliset päätökset sekä tilaajien yhä kasvava tietoisuus tietomallien hyödyistä. Suomessa tietomalleja hyödynnetään isommissa rakennushankkeissa aktiivisesti päivittäin ja pienemmissäkin kohteissa niiden käyttö alkaa yleistyä. Tietomallien hyödyntämisen yhtenä suurimmista ongelmista kuitenkin nähdään edelleen, ettei tietomallihankkeeseen ryhtyvä tilaaja perehdy tai ymmärrä, mitä kaikkea hänen tulisi vaatia hankkeen suunnittelijoilta tietomallien suhteen. Samoin kuin ikääntyvien työnjohtohenkilöiden osittainen haluttomuus oppia hyödyntämään tietomalleja nähdään osana ongelmana nykypäivän tietomallihankkeissa. Yrityksissäkään ei välttämättä ymmärretä sitä, kuinka mallit voisivat tehostaa yrityksen sisäistä toimintaa. Tästä johtuen useammassa rakennusalan yrityksissä malleihin ei myöskään haluta investoida, koska niiden rahallista hyötyä ei osata katsoa. [1; 2, s. 8, 78–81.]

1.1 Työn tausta ja tavoite

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Haahtela-rakennuttaminen Oy. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää erityisesti tietomallien hyödyt talonrakennushankkeiden runkovaiheessa työmaavalvojan näkökulmasta. Tarkoituksena on muodostaa kattava tietopaketti tämän hetken tietomallien hyödyistä ja kehitysideoista tulevaisuutta varten. Tästä johtuen myös tietomallien historiaa on avattu hieman tarkemmin luvussa 2.

Haahtela on pitkään hyödyntänyt tietomalleja projekteissaan ja aiheesta on perustettu yhtiön sisällä jopa oma tietomallityöryhmä. Tällä hetkellä yrityksellä on käytössä Solibri

Model Viewer ja Tekla Field 3D -ohjelmistot. Tämä opinnäytetyö painottuu tarkkailemaan näitä edellä mainittujen tietomalliohjelmistojen hyötyjä työmaavalvonnassa. Opinnäytetyössä kerrotaan myös lyhyesti perustietoja markkinoilla olevista muista tietomalliohjelmistoista, jotta näiden ohjelmistojen erot selkeytyisivät myös lukijalle.

Osana opinnäytetyötä toteutetaan haastatteluja yritykselle työskentelevien henkilöiden osalta. Haastattelujen avulla pyritään selvittämään eri asemassa olevien henkilöiden kokemuksia ja näkemyksiä tietomallien hyödyntämisestä runkovaiheessa. Tarkoituksena on laatia mahdollisimman kattava opinnäytetyö, joka ei painottuisi pelkästään kirjallisuuteen ja teoriaan, vaan myös käytännönkokemukseen. Haastattelujen tulokset käsitellään omana lukunaan.

1.2 Työn rajaus ja toteutustapa

Opinnäytetyössä on tarkoitus selvittää, miten tietomallien avulla voidaan helpottaa Haahtelan valvojan työmaatehtäviä talonrakennushankkeen runkovaiheessa. Talonrakennushankkeen muita urakkavaiheita ja suunnittelupuolta ei tässä opinnäytetyössä käsitellä, korkeintaan sivutaan aiheita. Runkovaiheen merkitys talonrakennushankkeen toteutuksessa on suuri ja tästä johtuen opinnäytetyö rajataan kyseiseen työvaiheeseen.

Tutkimusaineistona hyödynnetään Haahtelan eri talonrakennustyömaiden runkovaiheista kerättyjä tietoja, yritykselle työskentelevien haastatteluja sekä verkkodokumentteja ja kirjallisuutta. Tutkimustyöstä saadut tulokset eivät välttämättä sovellu suoraan muihin talonrakennushankkeen urakkavaiheisiin.

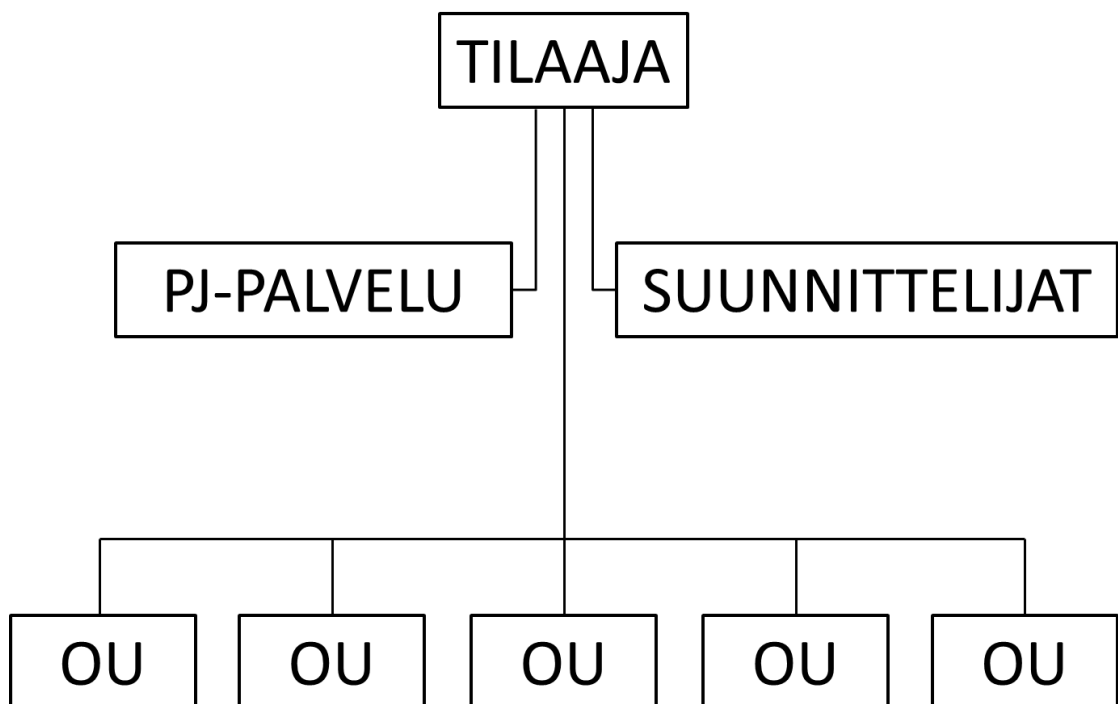
1.3 Yritys

Haahtela-yhtiöt on vuonna 1975 perustettu perheyriutus, joka toimii asiantuntijaorganisaationa. Konserniin kuuluu emoyhtiönä toimiva Haahtela Oy, talonrakennushankkeissa projektinjohtopalveluun erikoistunut Haahtela-rakennuttaminen Oy, kiinteistö- ja rakentamistalouden menetelmien sekä tietojen tutkimiseen, kehittämiseen ja tuotteistamiseen keskittyvä Haahtela-kehitys Oy sekä Haahtela HR Oy, joka suunnittelee ja valmistaa henkilöstöhallinnan palveluja sekä järjestelmiä. Koko konsernin liikevaihto vuonna 2015

oli noin 19,3 miljoonaa euroa ja yhtiössä työskentelee yhteensä noin 140 työntekijää. [3.]

Haahtela-rakennuttaminen Oy on Suomen yksi johtavimmista rakennusalan projektinjohtopalvelun tarjoajista. Yhtiössä työskentelee noin 80 työntekijää ja sen toimintaan kuuluu keskeisesti talonrakennushankkeiden rakentamisvaiheessa tilaajan edustaminen sekä konsultointi. Yhtiö käyttää toiminnassaan Haahtela-mallia, joka on rakennuksien ja toimitilojen tuottamista alkaen toiminnallisesta suunnittelusta päättyen valmiiseen rakennukseen ja elinkaariseurantaan. Malliin kuuluu olennaisesti rakentamisvaiheen projektinjohto käsittäen suunnittelun ohjauksen, tuotannon valvonnan, osurakoiden koordinoimien ja päätoteuttajan velvollisuudet. [4.]

Projektinjohtopalvelun hyödyntäminen rakentamishankkeissa on toteutusmalli, jossa tilaaja turvautuu konsulttiyrityksen asiantuntemukseen. Projektinjohtopalvelulla tarkoitetaan osurakoittain toteutettavaa hanketta, jossa osapuolet ovat suoraan sopimussuhteessa tilaajaan. Kuvassa 1 on havainnollistettu hyvin tyypillinen sopimusmuoto osurakoittain toteutettavasta hankkeesta. [5.]



Kuva 1. Tyypillisesti käytettäessä projektinjohtopalvelua tilaaja on suoraan sopimussuhteessa hankkeen eri osapuolten kanssa. [5.]

2 Tietomallinnus ja tietomallien käyttö

2.1 Yleistä tietomallinnuksesta

Hankkeen tietomallinnuksella tarkoitetaan suunnitteluprosessia, jossa tietokoneavusteisella työskentelyllä luodaan halutusta hankkeesta virtuaalisia tietomalleja. Mallit koostuvat digitaalisista geometrisistä muodoista sekä fysikaalisista että toiminnallisista ominaisuuksista. Aiemmin vastaavanlaisissa suunnitteluissa käytettiin pelkästään graafisia elementtejä, joiden avulla pystyttiin vain visualisoimaan rakennus 3D-mallinnuksella. Nykyään tietomallinnukseen voidaan 3D-visualisoinnin lisäksi sisällyttää lisätietoja rakennuksen, sen osien ja prosessien ominaisuuksista. Tietojen avulla hankkeesta voidaan helposti laatia erilaisia kustannuslaskelmia, aikatauluja, energialaskelmia tai simulaatioita. Perinteisillä suunnittelumenetelmillä tämä vaatisi huomattavasti enemmän työtä sekä aikaa kuluisi moninkertaisesti enemmän. [6; 7.]

Tietomallinnuksen tarkoituksena on tukea kiinteistöjen sekä rakennusten hanke- ja elinkaariprosesseja. Tietomalleja hyödynnetään alkaen rakennuksen varhaisesta suunnitteluvaiheesta aina rakennuksen käyttöönottoon ja ylläpitoon asti. Mallien päätavoitteena on varmistaa hankeprosessin laadullisuus ja tehokkuus, yhteen sovittaa eri suunnittelualoja, huomioida turvallisuusasiat koko hankkeen elinkaariprosessin aikana sekä edistää hankkeen kestävästä kehitystä. Mallien hyödyntämisen onnistuminen vaatii hankkeen kaikkien osapuolten yhteistyötä ja sitoutumista sekä tietomalliohjelmistojen perustoimintojen osaamista. [8, s. 5.]

Hankkeen tietomallinnus voidaan sopia toteutettavan kahdella eri tavalla, joko hankkeessa käytetään yhtä tietomallinnusohjelmistoperhettä tai useita eri tietomallinnusohjelmistoja. Yhtä ohjelmistoperhettä käytettäessä etuna on, että mallien muutospäivitykset voidaan yhteensovittaa vaivattomasti muihin suunnittelualojen malleihin. Kyseinen menetelmä vaatii kuitenkin samaan ohjelmistoperheeseen kuuluvien ohjelmistojen käyttämisestä hankkeen jokaiselta osapuolelta, mikä ei välttämättä toteudu Suomen rakennushankkeissa. Mikäli hankkeessa halutaan hyödyntää useita eri tietomallinnusohjelmistoja, edellyttää se IFC-tiedonsiirtostandardin (Industry Foundation Classes) käyttöä. IAI-järjestö (Industry Alliance for Interoperability), joka tunnetaan nykyään nimellä buildingSMART, kehitti kyseisen tiedonsiirtostandardin. Standardin avulla voidaan siirtää ja

lukea eri tietomallinnusohjelmistojen tiedostomuotoja, eli natiivimalleja, toisissa mallinnusohjelmistoissa. Käytännössä natiivimallit muutetaan IFC-tiedostoiksi, joita muut ohjelmistot voivat käsitellä. Menetelmä antaa näin ollen joustavuutta hankkeen osapuolille, koska tällöin pystytään hyödyntämään jo käytössä olevia tietomallinnusohjelmistoja. Pienenä haittana voidaan mainita, että mikäli IFC-tiedosto ladataan jollain muulla ohjelmistolla kuin millä se on alun perin suunniteltu, toiminto saattaa aiheuttaa joidenkin tietojen häviämisen. Käytännössä katsoen tästä ei kuitenkaan ole haittaa, koska useimmiten kyseiset tiedot eivät ole oleellisia mallin työstämisen kannalta. [9, s. 18, 113.]

2.2 Mallinnuksen historia ja BIM-määritelmän kehitys

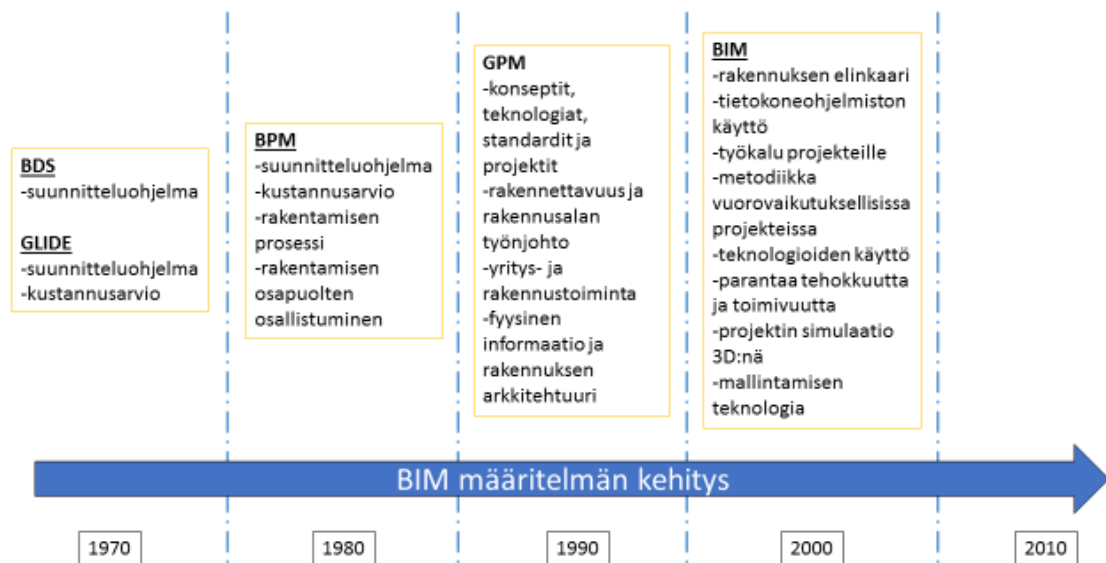
Ensimmäiset ajatukset rakennusten mallinnuksesta saivat alkunsa jo 1960-luvulla, jolloin Yhdysvalloissa kehitettiin maailman ensimmäinen CAD-ohjelma (Computer-Aided Design) Sketchpad. Ensimmäistä kertaa tietokoneavusteisella suunnitteluohjelmalla pystyttiin tuottamaan monimutkaisia ja silmiinpistäviä 2D-piirustuksia piirtämällä valokynällä sen aikaiseen piirtonäyttöön. Sketchpad oli aikanaan vallankumouksellinen tietokoneohjelma, joka mahdollisti nykyaikaisten CAD-ohjelmien ja tietomallinnusohjelmistojen kehityksen. Sketchpadin kehitti ja suunnitteli Ivan Sutherland, jota on kutsuttu mm. tietokonegrafiikan isänä ja on lisäksi alansa yksistä suurimmista pioneereista. [9, s. 354; 10, s. 54.]

1970-luvulla Sketchpad vaikutti voimakkaasti mallinnuksen kehitykseen, ja ilmiö sai aikaan laajan CAD-ohjelmien käyttöönoton ympäri maailmaa. Samoihin aikoihin kehitettiin rakennuksen tietomallinnusta, mutta sen kehitystä vaikeuttivat sen aikaisen tietokone-tekniikan korkeat kustannukset sekä CAD-ohjelmien laaja hyväksyntä rakennusalalla. Tietomallinnus olikin käytännössä vain sen aikaisten idealistien käyttämä. Vaikeuksista huolimatta muutaman akateemisen henkilön sekä rakennusohjelmistoteollisuuden avulla ryhdyttiin tietomallinnusta kehittämään paljon käytännönläheisemmäksi. [9, s. 354.]

Kuva 2 osoittaa, kuinka BIM:n määritelmä on kehittynyt ja laajentunut vuosikymmenien aikana. Vuonna 1975 professori Charles M. Eastman kehitti tietomallinnusohjelmiston Building Description System (BDS), jolla pyrittiin helpottamaan rakennushankkeiden suunnittelua. BDS oli eräänlainen tietokanta, joka pystyi kuvaamaan rakennuksia hyvin-

kin yksityiskohtaisesti. Ohjelmiston etuina olivat tietomallien rakennusosien määrittelyminen, muokkaaminen ja järjestäminen sekä suunnittelujen yhteentörmäyksien havaitseminen. BDS ei kuitenkaan saanut arvoistaan suosiota suunnittelijoiden keskuudessa enimmäkseen siksi, koska vain kourallinen sai mahdollisuuden käyttää kyseistä ohjelmistoa. BDS oli kokeilu, joka tunnisti jo seuraavien vuosikymmenien joitakin keskeisimpiä ratkaistavia ongelmia arkkitehtonisen suunnittelun alalla. [11, s. 2; 12.]

Eastmanin seuraava projekti GLIDE (Graphical Language for Interactive Design) julkaistiin vuonna 1977 vain pari vuotta BDS:n ilmestymisen jälkeen (kuva 2). GLIDE oli paljon tarkempi ja luotettavampi kuin edeltäjänsä sekä lisäksi ohjelmistolla pystyttiin tekemään kustannusarvioita tietomallista. Toisaalta BDS- ja GLIDE-ohjelmistojen käyttö rajoittui ainoastaan rakentamisen suunnitteluvaiheeseen. Jotta hankkeen muut osapuolet saataisiin osallistumaan aktiivisemmin hankkeen tuotantovaiheeseen, oli alalla tehtävä jonkinlaisia parannuksia tämän päämäärän saavuttamiseksi. [11, s. 2–3.]



Kuva 2. BIM-määritelmän kehitys perustuen tietokoneohjelmiin vuodesta 1975. [11, s. 2.]

GLIDE-ohjelmistoa käytettiin aktiivisesti aina vuoteen 1988 asti. BDS- ja GLIDE-ohjelmistojen rajoittunut käyttötapa johti kuitenkin pikkuhiljaa kyseisten ohjelmistojen luopumiseen rakennuslalla. Kuten taulukko 1 osoittaa, BDS ja GLIDE suuntautuivat rakentamisen edeltävään jaksoon pääasiassa suunnitteluvaiheeseen. Vuonna 1989 kehitettiin BPM-ohjelmisto (Building Product Model), jolla pystyttiin rakennuksen suunnittelun ja

kustannusarvioanalyysien lisäksi tukemaan tuotantoprosessia sekä lisäämään ja parantamaan muiden rakennusalan osapuolien osallistumista hankkeeseen. Perustukset oliopohjaiselle rakennuksen tuotantomallinnukselle kehitettiin läpi 90-luvun. Suomessa BPM tunnetaan paremmin nimellä RATAS (rakennuksen tietokoneavusteinen suunnittelu). [11, s. 3–4; 13, s. 287; 14, s. 1-2.]

Taulukko 1. Analyysi BIM:n kehityksestä vuodesta 1975. [11, s. 4.]

Kehitys	Rakennusvaiheet			Kategoria
	Ennen rakentamista	Rakentaminen	Rakentamisen jälkeinen aika	
BDS	X			Suunnittelu
GLIDE	X	X		Suunnittelu ja kustannusarvio
BPM	X	X		Suunnittelu, kustannusarvio ja rakennusprosessi
GBM	X	X		Suunnittelu, kustannusarvio ja rakennusprosessi
BIM	X	X	X	Suunnittelu, kustannusarvio, rakennusprosessi, rakennuksen elinkaari, suoritus ja teknologia

BPM-ohjelmiston tyypilliseen ominaisuuteen kuului projektikirjasto, johon oli kerätty useiden eri toteutuneiden hankkeiden tietoja suunnitteluista ja rakenteista. Viestintä BPM-ohjelmistolla kuitenkin keskittyi ainoastaan tuotetietoihin, kun puolestaan rakennusalalla alettiin yleisesti vaatia tietojen ja kokemusten integroimista. Ratkaisuksi vuonna 1995 ilmestyi GBM (Generic Building Model), joka käytti samaa konseptia kuin BPM. Poikkeuksena edeltäjänsä GBM:llä pystyttiin yhdistämään nykyisten ja tulevien suunnittelujen tietoja, mitä voitiin hyödyntää koko rakennusprosessin aikana. Tuloksena saatiin hankkeisiin parannettu apuväline, joka tehosti projektitietojen yhdistämistä rakennustöihin. Rakennusala oli kuitenkin pikkuhiljaa muuttunut yhä monitahoisemmaksi sekä hankalammaksi. Hankkeisiin piti valmistautua aiempaa varhaisemmin ja niiden loppuun saattamista haluttiin yleisesti tehostaa, mikä edellytti rakennusalalla laajaa tietotekniikan omaksumista. [11, s. 3.]

2000-luvulle tultaessa alettiin yleisesti puhua BIM:stä (Building Information Modeling), jolla pystyttiin täyttämään rakennusalan yhä korkeatasoisemmat vaatimukset. BIM:ä on käytetty yleisesti hankkeiden työkaluna useissa eri maissa, muun muassa Yhdysvalloissa, Suomessa, Hong Kongissa, Malesiassa ja Australiassa. Vuosituhannen vaihteen jälkeen BIM-käsitteeseen on lisätty yhä enemmän ominaisuuksia, jotta se pystyisi vastaamaan rakennusalan muutoksiin. Nykyään BIM tarkoittaa teknologiaa, jossa tulevasta rakennuksesta luodaan virtuaalisia tietomalleja. Verrattaessa tavanomaiseen manuaaliseen käsittelyyn tietomallit antavat hankkeesta aiempaa parempaa, tarkempaa informaatiota ja analyysijä sekä auttavat hankkeen kontrolloinnissa. [11, s. 3; 13, s. 1.]

2.3 Tietomallien käyttö Suomessa ja maailmalla

Tietomallien hyödyntäminen osana hankkeen toteutustapaa on jatkunut jo pitkään maailmalla ja vuosituhannen vaihteen jälkeen ilmiö on vain kiihtynyt. Nykyään poikkeuksetta kaikki suuret rakennushankkeet toteutetaan tietomallipohjaisina, mutta myös pienemmissä hankkeissa on totuttu näkemään tietomalleja apuna hankkeen läpiviennissä. Aiemmin tietomallit käsittivät pelkästään talorakennushankkeita, mutta viime vuosina mallit ovat laajentuneet myös infrarakentamisen puolelle. [2, s. 32.]

Suomea on pitkään pidetty tietomallinnuksen edelläkävijänä. Tietomallinnuksen ja tietomallien käytön kehitystä ovat vauhdittaneet erilaiset tutkimus- ja kehityshankkeet sekä kansalliset projektit ja ohjelmat. Tietomallinnuksen tueksi Suomessa on julkaistu talorakennusalalle Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -ohjeistus sekä infrarakentamiselle Yleiset inframallivaatimukset 2015 -ohjeistus. Molemmat ohjeistukset asettavat Suomessa lähtötason tietomallipohjaisten hankkeiden toteutukselle. [2, s. 32.]

Myös monissa muissa maissa on havahduttu tietomallinnuksen ja tietomallien hyödyntämisen suhteen sekä huomattu niiden yhä kasvava potentiaali toimivana työkaluna rakennusalalla. Joissakin maissa on tehty kaupallisia ja jopa oikeudellisia muutoksia, jotta tietomallinnuksen käyttö rakennushankkeissa olisi vaivattomampaa. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa hallitus on määrännyt kaikki valtion hankkeet toteutettavan tietomallipohjaisina vuodesta 2016 lähtien sekä Venäjällä sama käytäntö on tulossa näillä näkymin pakolliseksi vuoden 2018 alusta. [15; 16.] Tietomallinnus on siis kiihtymässä kansainvälisesti kovaa vauhtia. Norjassa sekä Tanskassa on tehty suuret kansalliset investoinnit

kehitys- ja tutkimushankkeisiin, jotka ovat vauhdittaneet omalta osaltaan tietomallinnuksen käyttöä [2, s. 32]. Kiinassa puolestaan kehitellään yhdyskuntamallinnusta UIM (Urban Information Models), joka parhaimmillaan voi pitää sisällään koko kaupungin tai jopa maan infrastruktuurin [17]. Suurta kehitystä on ollut myös havaittavissa Yhdysvalloissa, Etelä-Koreassa, Singaporessa ja Lähi-idässä, joissa hankkeiden koko voi olla hyvin massiivinen [2, s. 32].

2.4 Yleiset Tietomallivaatimukset 2012

Vuonna 2011 Suomessa käynnistettiin COBIM-hanke, jonka tarkoituksena oli päivittää ja laajentaa jo olemassa olevia tietomallivaatimuksia. COBIM-hankkeen johdosta Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaisemat aiemmat tietomallivaatimukset kirjoitettiin uudelleen ja niiden sisältöä laajennettiin. Tuloksena saatiin Suomen ensimmäiset kansalliset tietomallivaatimukset, jotka koostuivat 13 osasta. COBIM-hanke saatiin päätökseen vuoden 2012 alussa ja sen vetäjänä toimi Rakennustietosäätiö. Hankkeeseen osallistui lukuisia Suomen rakennusalan johtavia yrityksiä sekä muita avaintahoja. Myöhemmin saman vuoden huhtikuussa kokoelmaan lisättiin 14. osa, jonka valmisteli ympäristöministeriö. [18.]

Yleisten Tietomallivaatimuksien 2012 (YTV2012) tarkoituksena on asettaa vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja mallien tietosisällölle, kun niitä sovelletaan rakennushankkeissa. Hankekohtaisesti voidaan esittää lisävaatimuksia, joita ei ole määritetty julkaisusarjassa. YTV2012 kattaa uudis- ja korjausrakentamiskohteet sekä rakennusten käytön ja ylläpidon. Yleiset Tietomallivaatimukset 2012 -julkaisusarja koostuu seuraavista osista:

1. Yleinen osuus
2. Lähtötilanteen mallinnus
3. Arkkitehtisuunnittelu
4. Talotekninen suunnittelu
5. Rakennesuunnittelu
6. Laadunvarmistus
7. Määrälaskenta

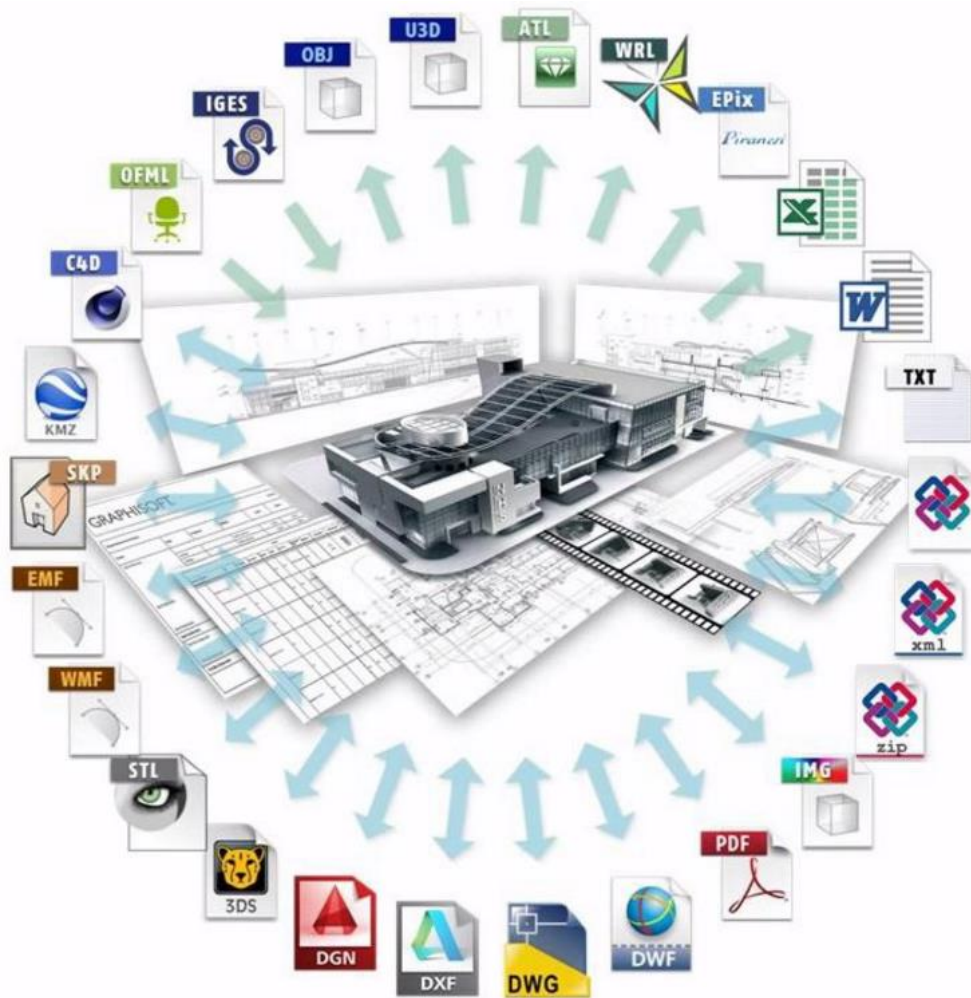
8. Mallien käyttö havainnollistamisessa
9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
10. Energia-analyysit
11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa. [8, s. 5.]

Hankkeen osapuolten on hyvä tutustua omien alojensa tietomallivaatimusten lisäksi yleiseen osuuteen (osa 1) ja laadunvarmistukseen (osa 6). Hankkeen johtavien henkilöiden on hallittava tietomallivaatimusten periaatteet kokonaisuutena, jos hankkeessa käytetään tietomallinnusta ja -malleja hyväksi. [8, s. 5.] Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin tietomallivaatimusten yleiseen osuuteen (osa 1), tietomallipohjaisen projektin johtamiseen (osa 11) ja tietomallien hyödyntämiseen rakentamisessa (osa 13). Näiden lisäksi opinnäytetyössä tutustuttiin YTV2012 osiin 2–5.

2.5 Tietomalliohjelmistot työmaalla

Kuten kuvasta 3 on nähtävissä, markkinoilla on nykyään tarjolla paljon erilaisia tietomallipohjaisia ohjelmistoja ja eri tiedostomuotoja, joita kyseiset ohjelmistot hyödyntävät. Ohjelmistojen käyttötarkoitukset vaihtelevat niiden ominaisuuksien perusteella. Tietomallipohjaiset ohjelmistot voidaan jakaa esimerkiksi seuraavanlaisiin ryhmiin:

- mallipohjaiset suunnitteluohjelmistot
- mallien katselu- ja tarkasteluohjelmistot
- malleja hyödyntävät projektinhallintaohjelmistot
- malleja lähtötietona käyttävät analysointi- ja simulointiohjelmistot. [2, s. 38.]



Kuva 3. Eri tiedostomuotoja, joita tietomalliohjelmit hyödyntävät [19].

Tietomallien katseluohjelmit on pyritty suunnittelemaan helppokäyttöisiksi ja jopa tunnin käytön jälkeen on mahdollista oppia niistä perustoiminnot. Ohjelmiston käytön lisääntyessä voidaan ohjelmistoa hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla. Tietomallipohjaisessa hankkeessa on tärkeää, että eri toimijoiden käytössä olevat ohjelmit pystyvät tuottamaan natiivimalleistaan IFC-tiedostoja muiden hankkeen osapuolten käytettäväksi. [2, s. 38–42.]

Tähän opinnäytetyöhön on valittu tarkastelun kohteiksi viisi eri tietomalliohjelmit. Opinnäytetyön tilanteen yrityksen työmailla on eniten käytössä Solibri Model Viewer, Tekla Structures ja Tekla Field 3D -ohjelmit. Myös muita ohjelmit on yrityksen käytössä kuten Solibri Model Checker, jonka lisenssejä on jaettu yrityksessä harkiten. Checker-ohjelmit ei kuitenkaan tarkastella tämän opinnäytetyön yhteydessä. Muut tarkastelun kohteiksi valitut ohjelmit ovat Tekla BIMsight ja Trimble Connect. Kaikki

kyseiset tarkastelukohteiksi valitut ohjelmistot ovat mallien katselu- ja tarkasteluohjelmistoja pois lukien Tekla Structures, jota käytetään pääsääntöisesti betoni-, teräs- ja puurakenteiden suunnittelussa. Tekla, joka nykyisin tunnetaan nimellä Trimble, kannattaa avointa tietomallia ja heidän ohjelmistonsa tukevat lukuisia muiden palveluntarjoajien eri tiedostomuotoja sekä formaatteja.

2.5.1 Solibri Model Viewer

Solibri Model Viewer on maksuton mallien katseluohjelma, jolla pystytään lukemaan niin IFC- kuin SMC-tiedostoja. Ohjelmisto on suunniteltu pääosin Solibri Model Checkerillä tuotettujen yhdistelmämallien tarkasteluun, mikä sopii mainiosti työmaakäyttöön. Viewerillä on sama käyttöliittymä kuin Checkerillä pois lukien muutamia toimintoja, joita ei voi ilmaisohjelmistossa käyttää. Viewerillä voidaan lisätä kommentteja malleihin, tarkastella yksityiskohtaisesti eri rakenneosien ominaisuuksia sekä lisäksi ohjelmistolla on mahdollista ottaa tarkemittoja mallista. Solibri Model Viewer on suunniteltu toimivan Windows- sekä Mac-pohjaisissa laitteissa. [2, s. 44; 20.]

2.5.2 Tekla Structures

Alun perin suomalaisen yrityksen kehittämä Tekla Structures on Suomessa yksi eniten käytetty tietomallinnusohjelmisto rakennesuunnittelualalla. Ohjelmistoa käytetään pääsääntöisesti betoni- ja teräsrakenteiden suunnittelussa, mutta ohjelmistolla on myös mahdollista suunnitella puurakenteita. Tekla Structures on avoin tietomallinnusohjelmisto, joka voidaan yhdistää muiden toimittajien järjestelmiin ja ohjelmistoihin. Näitä ovat muun muassa resurssin- ja tuotannosuunnittelujärjestelmät, koneiden ohjausjärjestelmät, projektinhallintasovellukset sekä laskentaohjelmistot. Tekla-mallissa laaditut tuotantotiedot voidaan siirtää näihin järjestelmiin ja ohjelmistoihin, mikä huomattavasti vähentää virheitä sekä manuaalisia töitä. Ohjelmisto tukee monia tiedostomuotoja esim. SDNF, CIS/2 ja IFC sekä tiedonsiirtoformaatteja mm. DGN- ja DWG-muotoja. [2, s. 40; 21.]

2.5.3 Tekla BIMsight

Tekla BIMsight on vuonna 2011 julkaistu ilmainen mallien katselu- ja tarkasteluohjelmisto, joka on saanut tunnustusta sekä palkintoja ympäri maailmaa. Ohjelmistoa käyttää

yli 150 000 rakennusalan ammattilaista yli 160 maassa. Tekla BIMsightilla on mahdollista yhdistää eri BIM-ohjelmistojen malleja ja luoda niistä yhdistelmämallia. Hankkeen eri osapuolet voivat tarkastella malleja ja tehdä niistä törmäystarkasteluja. Ohjelmisto tukee IFC- ja IFCZIP-tiedostoja sekä ohjelman luomia TBP-tiedostoja. Lisäksi ohjelmistolla voidaan lukea DGN- ja DWG-tiedostoja. BIMsight-ohjelmistolla voi tarvittaessa lisätä malleihin omia kommentteja, valokuvia ja taulukoita sekä lähettää ne edelleen TBP-tiedostopakettina projektin muille osapuolille. [2, s. 45; 22.]

2.5.4 Tekla Field 3D

Tekla Field 3D on ensisijaisesti suunniteltu mobiililaitteisiin, joissa on joko Android- tai IOS-käyttöjärjestelmä, mutta ohjelmisto on saatavilla myös työpöytäversiona. Tekla Field 3D:llä pystytään avaamaan raskaitakin malleja sekä projekteja, ottamaan valokuvia ja kuvakaappauksia sekä kirjoittaa kommentteja, jotka voidaan lähettää muille hankkeen osapuolille tarkasteltaviksi suoraan työmaalta käsin. Sovellus on saatavilla ilmaisena Free-versiona ja maksullisena Enterprise-versiona. Tuotteet poikkeavat jonkin verran toisistaan. Käytännössä ilmaisversiossa pystytään ainoastaan katselemaan yksittäisiä malleja sekä tarkastelemaan IFC-mallien sisältämää ominaisuustietoja rakennusosista ja järjestelmistä. Enterprise-versio tukee huomattavasti enemmän tiedostomuotoja, käyttäjälle annetaan käyttöoikeus Teklan pilvipalveluun, raskaat mallit latautuvat kyseisessä versiossa nopeammin sekä versio sisältää mittaus- ja leikkaustyökalut sekä monia muita ominaisuuksia. [2, s. 46; 23.]

2.5.5 Trimble Connect

Trimble Connect on sovellusalusta, joka on luotu helpottamaan projektin eri osapuolten yhteistyötä rakennusalalla. Ohjelmisto hyödyntää pilvipalvelua, jota käyttämällä asianomaiset voivat jakaa, kommentoida, tarkastella ja hallita viimeisimpiä dokumentteja, valokuvia, piirustuksia sekä 3D-malleja koko projektin elinkaaren ajan. Ohjelmistosta on olemassa työpöytä-, mobiili- ja selainversiot, mitkä mahdollistavat saumattoman informaation kulun osapuolten välillä. Ohjelmistossa voidaan valita, ketkä henkilöt pystyvät hallitsemaan ja näkemään projektin eri tiedostoja sekä kansioita. Trimble Connect tukee lukuisia eri BIM-ohjelmistojen formaatteja, muun muassa IFC-, SKP-, RVT- ja DWG-muotoja. [24.]

Trimble Connectin pilvipalvelun avulla työpöytäkoneelle tai mobiililaitteeseen voidaan ladata projektin tiedostoja ja hyödyntää niitä myös silloin, kun internetyhteyttä ei ole käytössä. Esimerkiksi mobiililaitteiden avulla voidaan kyseisiä tiedostoja tarkastella työmaalla, lisätä niihin kommentteja ja synkronoida tiedosto kommentteineen pilvipalveluun internetyhteyden ollessa taas käytössä. Selainversiossa ei tarvitse ladata erillistä ohjelmistoa laitteelle, vaan tiedostojen tarkasteluun riittää jokin verkkoselainohjelma. [24; 25.] Työpöytä-, mobiili- ja selainversiot poikkeavat jonkin verran toisistaan. Mobiiliversiolla käytännössä pystytään ainoastaan tarkastelemaan sekä lisäämään kommentteja malleihin. Poiketen mobiiliversiosta työpöytä- ja selainversioissa pystytään esimerkiksi mittaamaan etäisyyksiä sekä suorittamaan mallien yhteentörmäystarkastuksia. [26.] Versioiden eroavaisuudet löytyvät tarkemmin liitteestä 2.

2.6 Projektipankki

Nykyään hankkeiden aineistoja hallitaan yleisesti projektipankkien avulla, mutta myös tietomallien pilvipalvelujen hyödyntäminen on kasvattanut suosiotaan rakennusalalla. Projektipankilla tarkoitetaan selainpohjaista tietovarastoa, johon tallennetaan sähköisesti hankkeen dokumentteja sekä tiedostoja. Pankin tarkoituksena on helpottaa sekä nopeuttaa tiedonsiirtoa ja -jakelua osapuolten välillä koko projektin elinkaaren ajan. Tiedostot tallennetaan projektipankin tarjoajan servereille, jolloin omille servereille ei ole enää tarvetta. Hankkeen osapuolille luodaan projektipankkiin omat käyttäjätunnukset, joiden avulla voidaan kirjautua kyseiseen järjestelmään. Riippuen palvelun ylläpitäjän antamista oikeuksista käyttäjillä on joko mahdollisuus katsella, tallentaa tai muuttaa projektipankin aineistoa. Lähtökohtaisesti osapuolille olisi hyvä antaa ainakin heidän omiin kansioihin täydet oikeudet. Projektipankki on toimiva apuväline ja sopii hyvin tietomallien jakeluun sekä hallintaan. [2, s. 50; 27, s. 1.]

Projektipankin toimivuus vaatii hankkeen osapuolilta sen aktiivista käyttöä. Uudet suunnitelmat ja tiedostot tulee tallentaa viipymättä järjestelmään, jotta tieto välittyisi mahdollisimman nopeasti myös muille hankkeen osapuolille. Monissa hankkeissa ongelmana on päivitettyjen suunnitelmien saaminen työmaalle ja urakoitsijoiden käyttöön ajoissa, ja toisinaan töitä on tehty vanhojen piirustuksien mukaan. Virheellisten töiden korjaaminen ja selvittäminen aiheuttavat monesti aikatauluongelmia sekä lisäkustannuksia hankkeessa.

3 Tietomallien käyttö runkovaiheen valvontatehtävissä

3.1 Työmaavalvojan rooli osaurakkahankkeessa

Osaurakkahanke tarkoittaa osaurakoittain toteutettavaa hanketta, jossa osapuolet ovat suoraan sopimussuhteessa tilaajaan. Osaurakkahankkeissa voidaan hyödyntää projektinjohtopalvelua (PJP), jolloin yleensä palveluntarjoajalle valtuutetaan hankkeen päätoiteuttajan rooli. Osaurakkakohteessa konsulttiyrityksen vastuut ja tehtävät kasvavat entuudestaan verrattuna tavanomaiseen pääurakoitsijalla toteutettavaan rakennushankkeeseen [28, s. 23]. PJP:n vastuisiin kuuluu rakentamisvaiheen projektinjohto käsittäen suunnittelun ohjauksen, tuotannon valvonnan, osaurakoiden koordinoinnin ja päätoteuttajan velvollisuudet [5].

PJP:n työmaavalvojat eli kohdevalvojat toimivat hankkeen tuotantovaiheen aikana yhteyshenkilöinä muiden osapuolten välillä. Valvojat toimivat tilaajan edustajina, eli hankkeen tuotantovaiheeseen liittyvissä asioissa urakoitsijat sekä suunnittelijat kääntyvät ensisijaisesti heidän puoleensa. Tilanteesta riippuen valvoja voi tarvittaessa tai omien valtuuksien ylittyessä ilmoittaa asioista suoraan tilaajalle. Esimerkiksi suunnitelmien muuttaminen ilman tilaajan erillistä valtuutusta ei ole sallittua. [28, s. 8.]

Kun hanke päätetään toteuttaa projektinjohtopalvelua hyödyntäen, tehdään kohteesta valvontasuunnitelma, jossa on listattuna mm. valvottavat tehtävät, vastuu- ja valvontavelvollisuudet sekä tehtävien vaadittavat toimenpiteet. Tuotannon aikana valvontasuunnitelma toimii kohdevalvojan apuvälineenä hänen päivittäisissä tehtävissään, jotka voivat olla hyvinkin laajoja sekä monipuolisia. Valvojan keskeisempiin työtehtäviin kuuluu ajallinen, laadullinen, teknillinen ja taloudellinen valvonta sekä dokumentointi. Lisäksi valvojan tehtäviin kuuluu mm. työturvallisuuden valvonta, urakoitsijoiden töiden koordinointi ja yhteensovittaminen sekä järjestää ja laatia pöytäkirjat erilaisista kokouksista, palaverista, tarkastuksista sekä katselmuksista. [28, s. 9–21.] Kohdevalvojan tehtäväkenttä voi siis olla hyvinkin laaja ja kohteen luonteesta riippuen työtehtävät voivat vaihdella huomattavasti.

3.2 Tietomallipohjainen rakennushanke

Tietomallipohjainen rakennushanke tarkoittaa toimintatapaa, jossa hankkeen tuotantovaiheessa eri osapuolet saavat mahdollisimman suuren hyödyn tietomallien käytöstä. Tietomallihankkeissa etenkin tilaajat ovat avainasemassa, koska tilaajan päätös hankkeen toteutustavalle vaikuttaa koko hankkeen kulkuun ja prosessiin. Jos tilaaja päättää toteuttaa hankkeen tietomallipohjaisena, on siitä tehtävä päätös mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ja ymmärrettävä tietomallien tuomat hyödyt sekä mahdollisuudet. Tilaaaja usein nimeää hankkeelle tietomallikoordinaattorin sekä asettaa tietomallinnuksen tavoitteet ja käyttötarkoitukset. Mallien edellyttäminen rakennushankkeessa poikkeaa perinteisestä toteuttamistavasta ja vaatii sen vuoksi uusien toimintatapojen omaksuamista, mikä omalta osaltaan vaikuttaa merkittävästi tilaajan päätökseen hankkeen läpiviemiseen tietomallipohjaisesti. Mallien hyödyntäminen ja käyttöönotto vaativat kaikilta osapuolilta hyvää teknologia- ja tietomalliosaamista, ymmärrystä sekä sitoutumista. [2, s. 9, 25.]

Tietomallihankkeessa korostuu osapuolten välinen aktiivinen yhteistyö, nopea informaation kulku sekä luottaminen tietomallien ja yhdistelmämallien ajantasaisuuteen. On ensiarvoisen tärkeää, että tilaaja on yhdessä tietomallikoordinaattorin kanssa laatinut huolellisesti ja yksityiskohtaisesti hankkeen tietomallinnuksen tavoitteet. Kyseisten tavoitteiden pohjalta luodaan hankkeelle mahdollisimman kattava tietomallinnussuunnitelma, jossa kerrotaan muun muassa hankkeen tietomallinnustavoitteet, tietomallinnuksen osapuolet ja käytettävät ohjelmistot. Tietomallisuunnitelmaa ylläpidetään koko hankkeen ajan. Tilaaajan on myös varmistettava suunnittelijoiden valinnassa, että heillä on tarvittava tietomalliosaaminen. Osapuolten on noudatettava hankkeen tietomallinnuksen ohjeita ja määräyksiä sekä sisäistettävä niiden sisältö ja merkitys, jotta hankkeelle asetetut tavoitteet olisi saavutettavissa. Yleiset tietomallivaatimukset (YTV2012) luovat hyvän pohjan, kun mietitään hankkeelle yhteisiä pelisääntöjä. Kaikkien osapuolten on oltava aktiivisia ja hankittava tietoa mallinnuksesta sekä tietomallien hyödyntämisestä joko itse tai erilaisten koulutuksien avulla. Tällöin vähennetään myös riskiä, että hankkeen valmistuminen myöhästyisi. [2, s. 25–27.]

Tietomallihankkeen alussa on välttämätöntä pitää mallinnuksen aloituskokous, johon osallistuvat tilaaja, rakennuttajakonsultti, tietomallikoordinaattori sekä suunnittelijat. Ko-

kouksen tarkoituksena on varmistaa mallinnuksen onnistuminen. Lisäksi hankkeen aikana on järjestettävä säännöllisesti tai tarpeen vaatiessa tietomallikokouksia, joiden avulla varmistetaan tietomallipohjaisen työskentelyn sujuvuus. [2, s. 26.]

Tietomallihankkeeseen ryhtyvien osapuolien on huomioitava, että tietomallien hyödyntäminen ja tietomallinnus edellyttävät koneita sekä laitteita. Markkinoilla saatavat tietomalliohjelmistot ovat yleensä kevyitä, mutta mallien tietosisältö saattaa vaatia koviakin kapasiteetteja koneilta ja laitteilta. Työmaatoimistot tulee varustaa niin, että malleja voidaan hyödyntää ja tarkastella jatkuvasti esimerkiksi töiden yhteensovittamisen yhteydessä, tuotannonohjauksessa tai erilaisissa kokouksissa ja palavereissa. Työmaalle on hyvä hankkia tietokoneita, mobiililaitteita, dataprojektoreita ja näyttöjä, joilla pystytään pyörittämään raskaitakin malleja sujuvasti. Markkinoilla on ollut jonkin aikaa saatavilla virtuaalilaseja sekä -kypäriä, joiden avulla voidaan tarkastella 3D-virtuaalimalleja, ja 3D-virtuaalitila (kuva 4), jossa voidaan suunnitella, havainnollistaa sekä esitellä tulevaa rakennusta [2, s. 48].



Kuva 4. 3D-virtuaalitila (CAVE), jota voidaan hyödyntää esimerkiksi suunnittelussa [29].

Rakennustuotannon näkökannalta on ensiarvoisen tärkeää, että suunnittelijoiden tuottamat mallit ovat ajan tasalla ja tarkasti suunniteltuja. Mallien tietosisältö tulee vastata tuotannon tarpeita hankkeen eri vaiheissa sekä mallien yksityiskohtaisuudet auttavat erityisesti tuotannon henkilöstöä luottamaan ja turvautumaan malleihin enemmän. Hankkeen tietomallikoordinaattorin vastuisiin kuuluu muun muassa yhdistelmämallien luominen, eli käytännössä yhdistää muiden hankkeen suunnittelijoiden tuottamat IFC-mallit yhteen. Jotta yhdistelmämallit toimisivat toimivina apuvälineinä hankkeen osapuolille, on koordinaattorin ja suunnittelijoiden tehtävä aktiivista yhteistyötä ja tarkistettava ristiriitaisuudet sekä muut päällekkäisyydet mallien välillä. Heidän on myös varmistettava yhdistelmämallien sekä yksittäisten mallien laatu ja päivitettävä niitä mahdollisten muutoksien yhteydessä. Mitä todenmukaisemmin mallit vastaavat valmiista rakennetta, sitä paremmin malleja voidaan hyödyntää tuotannossa. [2, s. 16, 17, 21, 27.]

3.3 Käyttötavat runkovaiheessa

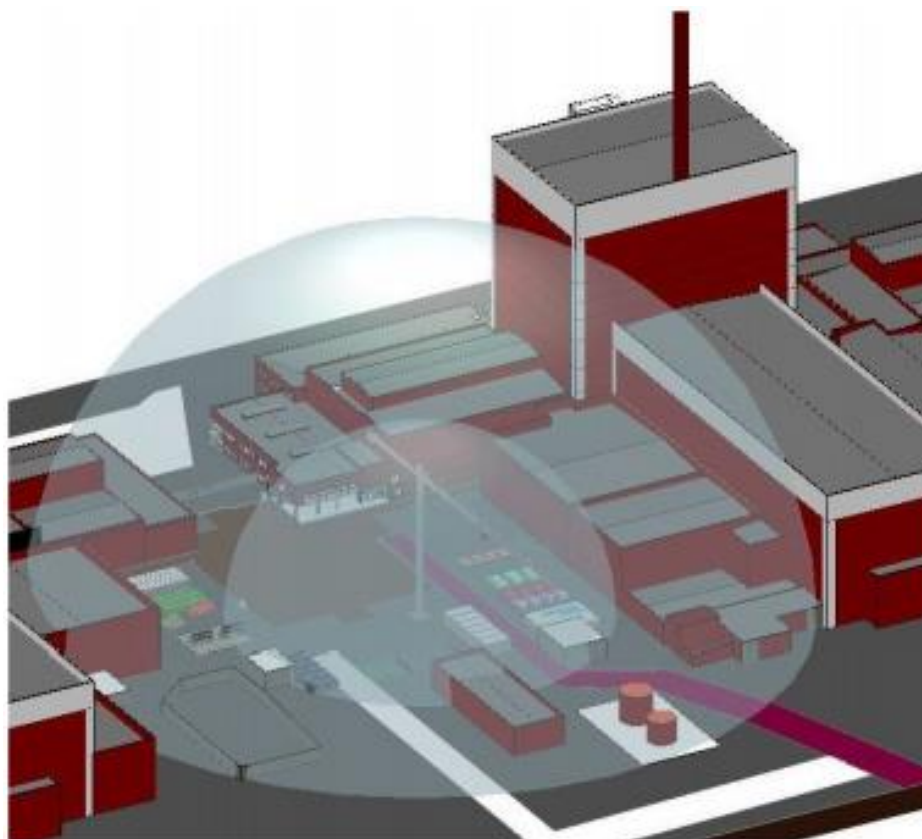
Tuotantovaiheessa tietomallit helpottavat muun muassa töiden yhteensovittamista sekä muutostenhallintaa ja vapauttavat rakennustuotannon toimijoita heidän rutiinitehtävistään tuottavampaan toimintaan. Tämä kuitenkin edellyttää, että hankkeen osapuolet osaavat käyttää tietomallien hyödyntämiseen ja käyttöön tarvittavia ohjelmistoja erilaisissa alustoissa, kuten kannettavissa tietokoneissa tai mobiililaitteissa. Myös tiedonjake-lukanavat (esim. projektipankki) on oltava huolellisesti suunniteltuja ja kaikkien käytössä. Nykyään arkkitehtuuriset ratkaisut ovat menossa kohti yhä monimutkaisempia toteutus-tapoja, joten suunnittelijoiden ja rakentajien aktiivinen yhteistyö sekä esteetön kommunikointi korostuvat nykypäivän hankkeissa yhä enemmän. [2, s. 27, 61, 64.]

Rakennesuunnittelija laatii hankkeelle rakennemalleja, joita voidaan hyödyntää runkovaiheen tuotannossa ja valvonnassa mm. seuraavasti:

- tutustuminen hankkeeseen etukäteen
- tuotannon aikataulun laatiminen ja valvonta
- hankintojen lähtötietoja varten
- tehtävien suunnitleminen ja valvonta
- töihin perehdyttämisen apuväline

- elementtien asennusjärjestyksen laadinta
- logististen ratkaisujen havainnollistaminen
- työmaa-aikaisten poistumisteiden suunnittelu
- työmaapalavereissa tiedonkulun ja viestinnän tukena
- työnohjaus ja koordinointi
- toteumatilanteen havainnollistaminen
- paikallavalettavien rakennusosien suunnittelu
- määrälaskennan ja hiilijalanjälkilaskelman apuväline
- rakennettavuuden tarkastelu
- lohkojaon ja osastointien suunnittelu
- työturvallisuuden suunnittelun apuväline
- erilaiset simuloinnit mallien avulla (esim. tulipalotilanteet)
- työmaan kameravalvonnan suunnittelu (kamerat rungon seassa)
- asennusaikaisten tuentojen suunnittelu
- virhe- ja puutelistana
- siirtää rakenteiden sijaintitietoja mittalaitteisiin
- piirustusten tulostaminen malleista. [2, s. 16, 30, 56, 57, 64–68.]

Rakennemalleista pystytään helposti näkemään erityyppiset elementit, niiden määrät ja sijainnit sekä yhdistyminen muihin elementteihin tai paikallavalettaviin rakenneseisiin. Samoin mallinnetuista elementeistä on selvittävässä niiden koot ja painot, joiden vaikutukset voidaan ottaa huomioon asennussuunnittelussa. Katseluohjelmistojen avulla pystytään helposti liikkumaan rakennuksessa sekä tarkastelemaan runkorakenteita leikkaus-, zoom- ym. toimintojen avulla, mikä helpottaa elementtien asennusjärjestyksen suunnittelussa ja valvonnassa. Vaativimmissa kohteissa on tyypillistä mallintaa myös torninosturit varsinkin silloin, kun nosturit joudutaan sijoittamaan rungon sekaan. Tällöin nostureita joudutaan jatkuvasti huomioimaan muiden töiden kanssa. Lisäksi nosturit voidaan mallintaa, kun halutaan havainnollistaa niiden nostosäteet esimerkiksi logistisista syistä tai nostureiden kaatumisalue työturvallisuussyistä (kuva 5). [2, s. 67.]

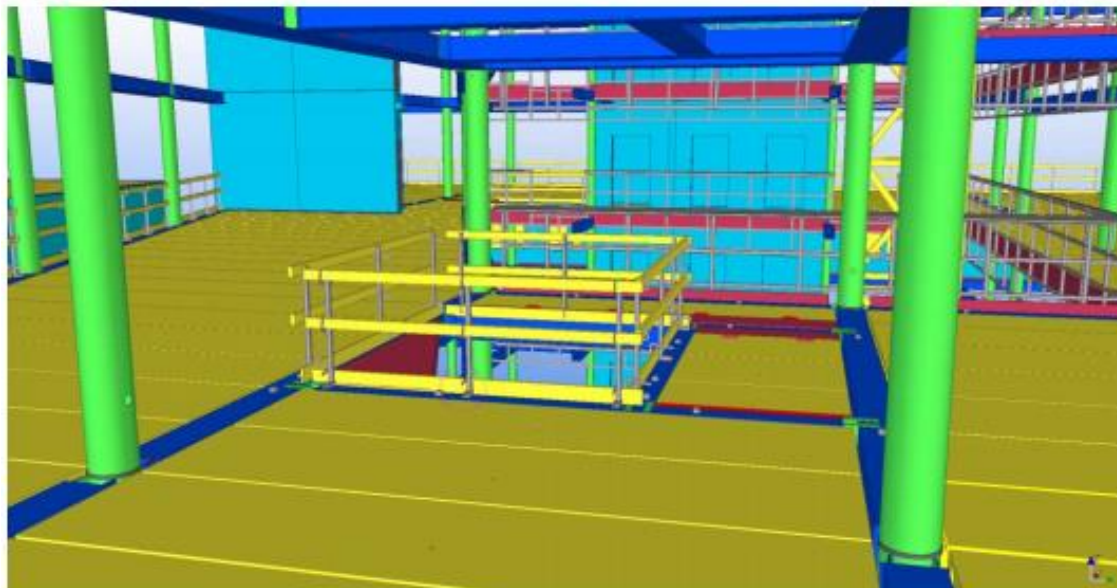


Kuva 5. Esimerkkikuva 3D-aluesuunnitelmasta, jossa ulompi alue kuvaa vaara-alueita ja sisempi alue visualisoi torninosturin kaatumisaluetta [30, s. 15].

Rakennemallia voidaan hyödyntää määrälaskennan apuna esimerkiksi paikallavalettujen betonimäärien tarkastelussa. Lisäksi mallista on mahdollista tulostaa määrätietoja sekä -luetteloita esimerkiksi erilaisista elementtityypeistä. Tietomalleista saadut määrät pystytään laskemaan huomattavasti nopeammin ja vaivattomammin verrattaessa perinteiseen piirustuksien avulla perustuvaan manuaaliseen laskentaan. Perinteisessä laskentatavassa tulokset ovat aina riippuvaisia laskijan tarkkuudesta ja aikaa kuluu moninkertaisesti enemmän. Mallien avulla perustuva laskenta edellyttää kuitenkin, että mallit on suunniteltu virheettömästi. Suurin haaste tietomallipohjaisessa määrälaskennassa tällä hetkellä on mallien virheellisyys ja riittämättömyys. Yhä edelleen tietomallipohjainen määrälaskenta vaatii tuekseen piirustusdokumenteja, koska välttämättä kaikkia tarvittavia määrätietoja ei löydy tietomalleista. [2, s. 61–63.]

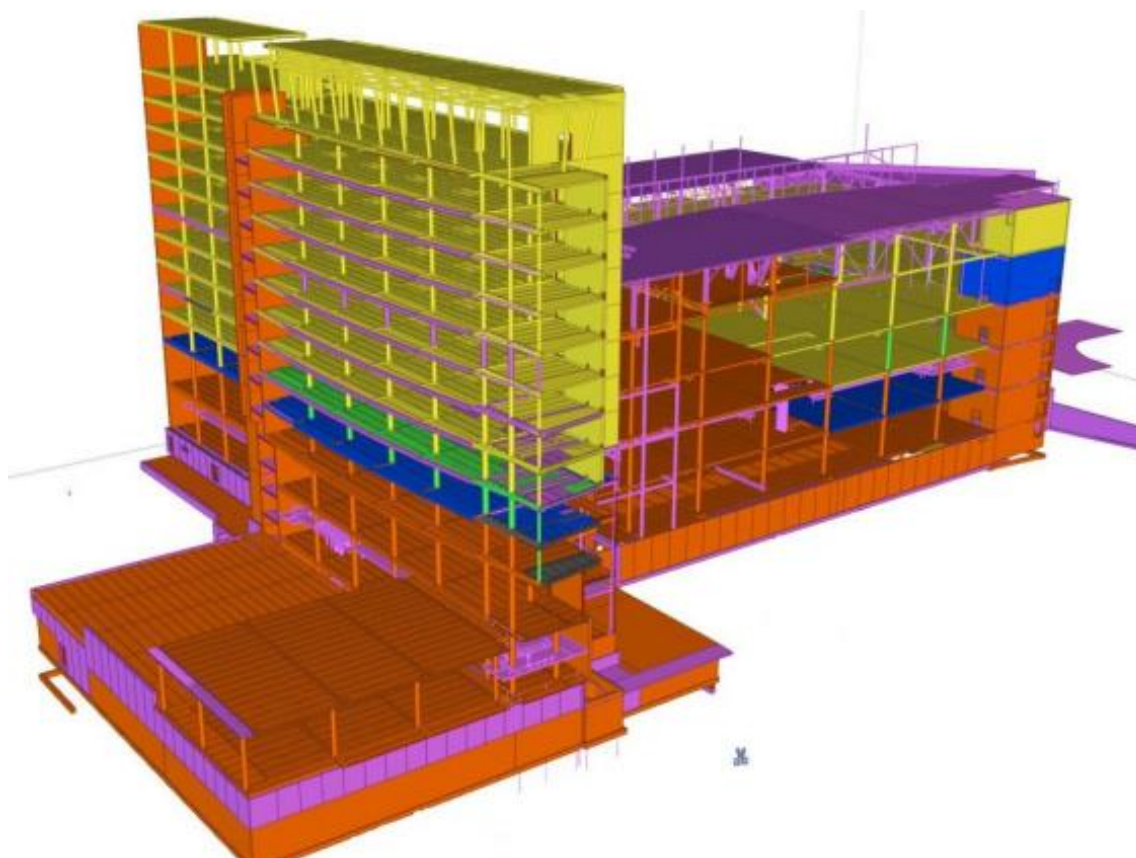
Rakennemallista saadaan nopeasti havainnollistettua runkoon liittyvät ja vaikuttavat työturvallisuusasiat. Hankkeen turvallisuussuunnitelmaan voidaan liittää tietomallipohjaisia työturvallisuussuunnitelmia, joista on helppo paikallistaa kaluston, telineiden, kaiteiden, yms. sijainti rungossa (kuva 6). Urakoitsijat ja tilaajan edustamat työmaavalvojat voivat

yhdessä käydä mallin avulla läpi kriittisemmät paikat rungossa, jossa työturvallisuus pitää ottaa erityisesti huomioon. Rakennesuunnittelijan mallista voidaan tarkastella myös työnaikaisia tuentoja, jäykistyksiä ja muottijärjestelmiä, joissa omalta osaltaan työturvallisuus tulee ottaa huomioon. Rakennemalliin voidaan mallintaa kiinnityselimet ja kiinnityspisteet sekä materiaalien välivarastoinnin paikat ja enimmäispaino holveilla. [2, s. 67.]



Kuva 6. Esimerkki tietomallipohjaisesta turvakaidesuunnitelmasta [30, s. 18].

Työmaan erilaisissa kokouksissa yhdistelmämallit antavat arvokasta visuaalista tietoa ja helpottavat suunnitelmien tulkintaa. Tietomalleista voidaan hahmottaa yhdellä silmäyksellä kokonaisuuksia, joiden tulkitseminen 2D-piirustuksista veisi huomattavasti enemmän aikaa ja vaivaa. Mallit toimivat keskustelun apuvälineinä sekä käytössä olevat katseluohjelmistot auttavat kokouksiin valmistautumista. Ohjelmistojen avulla yhdistelmämalliin on helppo lisätä omia kommentteja tai ottaa kuvakaappauksia halutusta rakenteesta. Palavereissa mallista voidaan piilottaa muiden suunnittelijoiden suunnittelualoja, leikata yhdistelmämallia halun mukaisesti, lisätä muistiinpanoja ja tallentaa näkymiä palaverimuistiota varten. Urakoitsijoiden kanssa on helppo suunnitella tulevia töitä ja yhteensovittaa niitä keskenään, kun malleista töiden mahdolliset päällekkäisyydet ovat havaittavissa. Samoin työmaan aikataulutilanne ja töiden eteneminen on visuaalisesti näkyvillä esimerkiksi toteumamallin tai simulointien avulla (kuva 7). Myös viivästyneiden töiden vaikutusta muiden urakoitsijoiden töihin pystytään havainnollistamaan ja keksiä ongelmatilanteisiin yhdessä ratkaisuja mallien avulla. [2, s. 65.]



Kuva 7. Esimerkki tietomallipohjaisesta aikataulutilanteesta rungon osalta. Väreille selvennetään rungon valmiusastetta: oranssi = valmis/asennettu, sininen = kuluvaviikko, vihreä = seuraava viikko, keltainen = aikataulutettu, yli kaksi viikkoa, lila = aikataulutettu, yli kaksi viikkoa, eri urakoitsija. [30, s. 11.]

Tietomallinnus ja tietomallien käyttö ei ole itsetarkoitus, vaan ne tukevat hanketta alusta loppuun, suunnittelusta aina ylläpitoon asti. Työmaavalvojan näkökannalta tietomallit tukevat visuaalisen työtavan toteutuksessa, jossa tietomallien hyödyntäminen edesauttaa tuotannon koordinoinnissa, tarkastelussa, töiden yhteensovittamisessa, piirustusten tulkitsemisessä, jne. Tietomalleja on mahdollista hyödyntää myös työmaavalvojan virhe- ja puutelistana, eli käytännössä työmaalla malliin voidaan liittää kuvia havainnoista sekä halutessa kirjoittaa omia muistiinpanoja. Internet-yhteyksestä riippuen havainnot voidaan lähettää suoraan työmaalta käsin kaikille osapuolille, joita havainnot koskevat. Tämä tukee reaaliaikaista tietojen jakamista, mikä auttaa työmaan johtoa ja suunnittelijoita varsinkin kriittisten sekä kiireellisten päätösten teossa. Virhe- ja puutelistan laadintaan käytetään nykyään vain mobiililaitteita, koska markkinoilla laitteiden kirjo on laaja sekä hintatasot ovat kohtuulliset pienemmällekin yritykselle. Toisaalta tietomallien käyttäminen virhe- ja puutelistana voi vaatia mallien pyörittämiseen varsin tehokasta mobiili-

laitetta, kun joudutaan tarkastamaan suuria alueita kerralla. Toisaalta suurimmissa yrityksissä on olemassa omat menetelmät virheiden ja puutteiden havaitsemiseen sekä kirjaamiseen, mikä vaikeuttaa mallien hyödyntämistä virhe- ja puutelistana. [2, s. 28, 57, 72.]

3.4 Tietomallien käyttö tablettitietokoneella

Mobiililaitteet ovat yleistyneet huomattavasti rakennustyömailla ja niitä hyödynnetään aktiivisesti erilaisissa työtehtävissä, kuten tietomallien tarkastelussa. Mobiililaitteille, kuten taulutietokoneille ja älypuhelimille, onkin olemassa markkinoilla hyvin laaja valikoima erilaisia sovellusohjelmistoja, mm. tietomallien käsittelyyn, viikoittaisten TR-mittausten suorittamiseen, virhe- ja puutelistojen laadintaan sekä työtuntien kirjaamiseen. Näiden laitteiden avulla työnjohdolla on käytössään mallit ja suunnitelmat siellä, missä rakentaminen tapahtuu eli työmaalla (kuva 8). Isommissa hankkeissa aikaa voidaan säästää jopa useita tunteja viikossa, kun suunnitelmia ei tarvitse enää erikseen hakea työmaatoimistolta. [2, s. 72.]



Kuva 8. Tietomallin hyödyntämistä itse paikalla työmaalla [31.]

Taulutietokoneille eli tableteille on olemassa useita maksullisia sekä maksuttomia sovelluksia, joilla voidaan hyödyntää ja tarkastella tietomalleja. Kyseisten sovelluksien toiminnot vaihtelevat toisistaan jonkin verran, mutta perustoiminnot mallien tarkastelua varten löytyvät jokaisesta. Yleisesti maksulliset versiot ovat kattavampia ja toimivampia kuin ilmaisversiot. Sovelluksen ominaisuuksista riippuen runkovaiheessa on mahdollista hyödyntää mobiililaitteita mm. seuraavasti:

- katsella, kiertää, zoomata tai pyörittää tietomalleja
- dokumentoida malleihin kuvin ja sanoin
- tarkastella elementtien asennusjärjestystä, ominaisuuksia ja tunnuksia
- tarkastaa elementtien sijainnit rungossa
- havaintojen reaaliaikainen välittäminen työmaalta muille osapuolille
- etäisyyksien ja korkojen mittaaminen
- tietomallien leikkaaminen tarvittaessa
- visualisoida lohkojakoja tai osastointeja
- linkittää 2D-piirustukset tietomalleihin
- käyttää tablettia töiden ohjauksen ja koordinoinnin sekä perehdyttämisen apuvälineenä. [2, s. 72–73; 23; 24; 32, s. 25–33.]

Sovellusten käyttöönotossa tulee huomioida niiden käyttöjärjestelmävaatimukset, koska kaikki sovellukset eivät välttämättä tue hankitun tabletin tai älypuhelimien käyttöjärjestelmää. Järjestelmille on olemassa omat ns. lataussivustot, joiden kautta on mahdollista ladata omalle laitteelle yhteensopivia sovelluksia. Esimerkiksi Google Play:stä saa ladata Android-laitteisiin ja App Store:sta saa ladattua iOS-laitteisiin yhteensopivia sovelluksia.

Mobiililaitteita voidaan myös hyödyntää rakennuselementtien reklamoinnissa, jos kyseiset elementit saapuvat työmaalle viallisina, puutteellisina tai rikkinäisinä. Esimerkiksi tableteilla voidaan kuvata ja dokumentoida epäkäytännölliset elementit sekä lähettää havainnoista tieto nopeasti eteenpäin. Samoin työmaalla korjatut rakennuselementit voidaan dokumentoida tietomalliin. Tällöin tietomallista voidaan myöhemmin tarkastella elementtien mahdolliset aiemmat viat ja niiden korjausmenetelmät. [32, s. 33.]

Tietomallien hyödyntämisen ja dokumentoinnin lisäksi mobiililaitteeseen voidaan linkittää käyttäjän sähköposti. Tällöin käyttäjälle saapuu nopeasti ilmoitus tulevista sähköpostiviesteistä, esimerkiksi projektipankissa tapahtuvista muutoksista. Yleisissä sähköpostipalveluissa on myös olemassa sisäinen sähköinen kalenteri, jonka avulla voidaan lähettää tapahtumakutsuja sähköpostiviestillä, esimerkiksi palaverikutsuja hankkeen osapuolille. Samoin työmaan yhteisessä käytössä olevasta sähköisestä kalenterista voidaan tableteilla tai älypuhelimilla tarkastella mm. tavaratoimituksien aikatauluja, nostoaikatauluja tai jopa saapuvien betonipumppuautojen ajankohtia [2, s. 73].

4 Tutkimustulokset haastatteluiden pohjalta

Teoriaosuuden lisäksi opinnäytetyössä haluttiin selvittää haastatteluiden avulla eri näkemyksiä tietomallien hyödyntämisestä runkovaiheen työmaavalvonnassa. Haastateltavat valittiin opinnäytetyöhön ohjaajien avustuksella pääasiassa yrityksen sisältä. Haastateltavien joukosta valtaosa oli työmaavalvoja, mutta mukaan mahtui myös vastaavia työnjohtajia sekä BIM-tuotannon ohjaaja. Haastateltavia oli yhteensä seitsemän henkilöä, joista kahdelle haastattelu pidettiin yhtäaikaisesti. Haastatteluajankohdat sovittiin jokaisen haastateltavan kanssa erikseen ja toteutettiin heidän työpaikoillaan heille sopivina ajankohtina. Haastateltavien iät vaihtelivat noin 25–55 ikävuoden väliltä. Kaikki haastattelut suoritettiin joulukuun 2016 aikana.

Haastattelukysymykset lähetettiin etukäteen sähköpostilla haastateltaville henkilöille ja heidän suostumuksellaan haastattelut nauhoitettiin myöhempää käyttöä varten. Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluina ja kysymyksiä oli yhteensä 11 kappaletta (liite 1), jotka voitiin karkeasti jakaa neljään aihepiiriin. Ensimmäisillä kolmella kysymyksellä pyrittiin selvittämään haastateltavien taustaa ja lähtötietoja tietomallien hyödyntämisen osalta. Seuraavilla kolmella kysymyksellä haluttiin selvittää haastateltavien kokemuksia hankkeen runkovaiheen työmaavalvonnasta ja tietomallien hyödyntämisestä. Kysymykset seitsemän ja kahdeksan olivat pikemminkin mielipidekysymyksiä, joilla pyrittiin vertailemaan tietomallien ja tavanomaisten piirustusten käyttöä työmaalla. Jäljelle jääneet kolme kysymystä keskittyivät kehitysehdotuksiin opinnäytetyön aiheeseen liittyen.

4.1 Haastattelujen tulokset

Haastatteluja toteuttaessa kävi ilmi, että osa kysymyksistä oli hieman samankaltaisia ja tästä johtuen vastauksissa saattoi olla toistoa. Kaikki haastateltavat olivat perehtyneet kysymyksiin etukäteen ja vastaukset olivat samanlaisuudestaan huolimatta hyvin kattavia. Haastattelut kestivät noin puolesta tunnista tuntiin kerrallaan.

Haastatteluissa keskityttiin työkokemuksesta puhuttaessa pelkästään rungon työmaavalvojana toimimiseen. Muuta työkokemusta ei käsitelty tarkemmin. Haastateltavilla oli pääasiassa työkokemusta rungon työmaavalvojan toimesta 1–3:ssa hankkeessa. Eniten kokemusta oli vastaavilla työnjohtajilla. Ainoastaan BIM-tuotannon ohjaajalla ei ollut vas-

taavanlaisista työtehtävistä kokemusta lainkaan, mutta sen sijaan hänen tietonsa keskittyivät tietomalleihin ja niiden käyttöön yrityksessä. Suurin osa haastateltavista on ollut nykyisen yrityksen palveluksessa vasta muutaman vuoden, mikä toisaalta selittää heidän määrällisesti vähäisen kokemuksen rungon työmaavalvontatehtävistä. [33; 34.]

Jokainen haastateltava on hyödyntänyt yhdistelmämallia töissään päivittäin ja mallien parissa kului aikaa jokaiselta noin puolesta tunnista tuntiin per päivä. Vastaavien työjohtajien kohdalla ajankäyttö yhdistelmämallien kanssa vaihteli hankkeen toteutusvaiheesta riippuen suuresti. BIM-tuotannon ohjaajan osalta yhdistelmä- ja tietomallien hyödyntäminen oli käytännössä katsottuna täyspäiväistä. Osa haastateltavista mainitsi pitävänsä tietomalliohjelmistoa työkoneellaan jatkuvasti päällä, koska pääasiallisen käytössä olevan yhdistelmämallin uudelleen käynnistämiseen saattoi kulua aikaa jopa 10 minuuttia. Tietomalliohjelmistoista haastateltavat mainitsivat käyttävänsä työmaalla Tekla Field3D:tä tableteilla ja työmaatoimistossa kannettavilla tietokoneilla Solibri Model Vieweriä. BIM-tuotannon ohjaaja oli käyttänyt työssään näiden ohjelmistojen lisäksi mm. Trimble Connect, Solibri Model Checker, Navisworks, Easy BIM, Tekla Structures ja BIMsight -ohjelmistoja. [33; 34.]

Jokainen haastateltava oli käytännössä sitä mieltä, että tietomallien hyödyntäminen on ehdoton apuväline nykypäivän rakentamisessa. Mallit auttoivat huomattavasti haastateltavia visualisoimaan tulevaa rakennusta ja rakenteita niin työmaalla kuin työmaatoimistossakin. Tästä johtuen haastateltavilla olikin enimmäkseen positiivisia kokemuksia tietomallien hyödyntämisestä. Tämä edellytti kuitenkin mallien jouhevaa toimimista niin tableteilla kuin kannettavilla tietokoneilla. [33; 34.]

Haastavina ja ongelmallisina runkovaiheen valvonnassa koettiin mm. peittyvien rakenteiden arkistointi ja dokumentointi, töiden yhteensovittaminen, uusien ja vanhojen rakenteiden yhdistäminen, ennalta sovittujen töiden toteuttaminen urakoitsijoiden toimesta sekä suunnitelmien että mallien ajantasaisuus. Osa ongelmista oli kuitenkin ratkaistavissa tietomallien avulla. Mallien avulla haastateltavat pystyivät yhdellä silmäyksellä näkemään kokonaisuuksia, minkä havainnollistamiseen pelkillä 2D-piirustuksilla kuluisi huomattavasti enemmän aikaa. Samoin tietomalleista oli nähtävissä töiden toteutusjärjestykset ja urakkarajat. Tietomallit mahdollistivat myös erityisesti vaikeiden rakenteiden osalta ongelmakohtien ennakoinnin. Toinen vastaavista työjohtajista mainitsi tietomallikoordinaattorin roolin olevan tärkeässä asemassa tietomallipohjaisen hankkeen läpiviemisessä. Tietomallikoordinaattorin toimenkuvaan kuuluu yhdistää muiden suunnittelija-

alojen malleja ja tarkastaa niistä ristiriitaisuudet yhdessä suunnittelijoiden kanssa. Mikäli hän ei ole työtehtäviensä tasalla, ollaan silloin tietomallihankkeessa suurissa vaikeuksissa. [33; 34.]

Kysyttäessä haastateltavilta tietomallien ja piirustusten eroavaisuuksista hankkeen runkovaiheen aikana, tulos oli melko yksiselitteinen. Haastateltavien mielestä malleista oli huomattavasti nopeammin löydettävissä ja havaittavissa esimerkiksi rakennekokonaisuudet, elementtien asennusjärjestykset ja -ajankohdat, rakenteiden materiaalitiedot, uloke- ja nurkkaliittymien toteutustavat, talotekniikan eri putkityypit sekä korkotiedot. Näiden lisäksi BIM-tuotannon ohjaaja mainitsi, että mallien avulla on mahdollista havainnollistaa tuotannon eteneminen, tietomalliohjelmistojen hakuominaisuudet sekä mallien avulla tehokkaammin hyödynnettävän määrälaskennan. Tietomalliohjelmiston hakuominaisuudella voidaan hakea esimerkiksi mallista tiettyä ovea, palkkia, kaivoa, yms. Haastateltavat kokivat tietomallien puutteena sen, että osa tiedoista on löydettävissä vain piirustuksista, kuten detaljit, raudoitussuunnitelmat, työselitykset ja tartuntatiedot. [33; 34.]

Haastateltavat pitivät tietomallien tulevaisuuden näkymiä valoisana ja monien mielestä niiden käyttö tulee lisääntymään rakennushankkeissa entisestään. Muutama henkilö kuitenkin mainitsi, että tietomallien hyödyntäminen vaatii tuekseen tavallisia 2D-piirustuksia, jotta ne toimisivat yhdessä toimivana apuvälineenä työmaavalvonnan tehtävissä. Eräänä pointtina mainittiin myös, että pelkästään piirustuksien tietosisällöllä voidaan rakentaa, mutta tietomalleilla ei. [33; 34.]

Runkovaiheen työmaavalvonnan näkökulmasta tietomallien kehitysehdotuksina haastateltavat mainitsivat mm. detaljipiirustusten, leikkauskuvien, työturvallisuusasioiden, kuten kaiteiden ja aukkosuojien, sekä elementtitukien lisäämisen etenkin työmaalla käytettäviin tietomalleihin. Samoin yhdistelmämallien tiedostokokojen toivottiin olevan pienempiä, jotta mallit pyörisivät paremmin tableteilla ja jopa älypuhelimilla. Kehitysehdotuksena mainittiin myös tietomallinimien selkeyttämistä, mikä huomattavasti helpottaisi oikean mallin etsimistä ja lataamista tietomalliluettelosta. Erään haastateltavan mukaan suunnitteluyrityksissä on olemassa omia käytäntöjä, kuinka tietomallit nimetään, mutta niiden tulkittamiseen ja muistamiseen kuluu työmaalla liian kauan aikaa. Tähän toivottaisiin suunnittelijoiden ja tietomallikoordinaattoreiden kiinnittävän jatkossa enemmän huomiota. [33; 34.]

Haastattelevien mukaan tietomallien hyödyntämistä runkovaiheen työmaavalvonnassa voitaisiin tehostaa, edellisen kappaleen kehitysehdotuksien lisäksi, muun muassa lisäämällä koulutuksia yritysten sisällä tietomallien käytön suhteen. Haastateltavien mielipiteet koulutuksen suhteen jakautuivat kolmeen osaan. Osa haastateltavista näki, että koulutusta on ollut riittävästi yrityksessä, ja osa puolestaan kommentoi, että koulutusta pitäisi lisätä yrityksessä. Kolmasosa haastateltavista koki, että tietomallien päivittäinen käyttäminen opettaa jo itsessään tietomallien hyödyntämiseen. Haastateltavat, joiden mielestä tietomallien käytön koulutusta tulisi lisätä yrityksessä, mainitsivat, että koulutus tulisi toteuttaa nimenomaan yrityksen käytössä olevien tietomalliohjelmistojen osalta. Osa haastateltavista myös katsoi, että tietomallinnus ja tietomallien käyttö rakennushankkeissa tulisi tehdä pakolliseksi valtion toimesta. He myös toivoivat, että tilaajat vaatisivat tietomallien käyttöä urakkasopimuksissaan. [33; 34.]

5 Johtopäätökset

Rakennusalan siirtyessä yhä enemmän digitalisaation puolelle ovat tietomallit väistämättä siirtymän edellytyksenä. Tulevaisuudessa tietomallihankkeiden osuus rakentamisessa tuleekin kasvamaan ja tällöin hankkeiden osapuolten on osattava hyödyntää tietomalleja omassa toiminnassaan. Tietomallien hyödyntäminen vaatii näin ollen kaikilta osapuolilta uutta ajattelutapaa, omaksumista ja tietynlaista kurinalaisuutta.

Tietomallihankkeen onnistumisen kannalta tilaaja on avainasemassa. Hän asettaa yhdessä hankkeen tietomallikoordinaattorin kanssa edellytykset, jotka suunnittelijoiden tulee huomioida mallien laatimisessa. Hankkeen tuotannon kannalta puolestaan on oleellista, että mallit vastaavat mahdollisimman yksityiskohtaisesti ja tarkasti tulevaa rakennusta. Näin mallit toimivat apuvälineenä hankkeen tuotannosta vastaaville toimijoille. Tämä kuitenkin edellyttää sitä, että tietomalleja päivitetään ja niiden ristiriitaisuuksia tarkastellaan aktiivisesti. Lähtökohtaisesti toimivat mallit vaativat taakseen perusteellista suunnittelua. Samoin hankkeessa on varmistettava, että tietomallit ovat aina saatavilla niille, joiden on tarkoitus hyödyntää malleja.

Tietomallihankkeen osapuolten on osattava käyttää tietomalliohjelmistoja erilaisissa teknisissä laitteissa, jotta malleista saatava hyöty olisi mahdollisimman suuri. Tämä omalta osaltaan edistää huomattavasti hankkeen onnistumista ja aikataulussa pysymistä. Tietomallihankkeeseen ryhtyvien onkin varmistettava oma tietomalliosaamisensa ennen hankkeen alkamista. Työmaan kokoustilat ja muut tilat tulee myös toteuttaa niin, että tietomalleja voidaan tarvittaessa tarkastella niissä.

Tietomalleista saatavista hyödyistä on tiedetty jo pitkään, ja asiasta on olemassa kiistatonta tutkimustuloksia väitteen tukemiseksi. Suomea pidettiin pitkään tietomallien edelläkävijänä, mutta viimeaikaisten tietojen perusteella Suomi olisi kuitenkin putoamassa kehityksen kelkasta. Muissa maissa investoidaan suuria summia tietomallien käyttöön sekä tehdään laajoja tutkimus- ja kehitysprojekteja. Joissakin valtioissa on laadittu jopa lainsäädäntöjä, joissa vaaditaan tietomallien hyödyntämistä kansallisissa rakennushankkeissa. Opinnäytetyötä tehdessä kävi ilmi, että Suomessa ei yleisellä tasolla välttämättä tiedosteta tietomalleista saatavaa rahallista hyötyä ja näin ollen siihen ei myöskään panosteta yhtä voimakkaasti kuin muualla maailmalla. Haastattelujen perusteella ilmeni myös, ettei työmaalla tiedosteta kunnolla, millä lailla tietomalleja voitaisiin tuottavammin

hyödyntää runkovaiheen aikana. Käytännössä tietomalleihin voidaan esimerkiksi sisällyttää enemmän tietoa, mutta tällöin mallien tarkasteltavuus laitteissa ei välttämättä olisi niin sujuvaa. Tietomallinnuksessa tuleekin muistaa, että yksittäisten mallien tietosisältö tulee vastata niiden tarpeita, jotka malleja hyödyntävät.

Haastattelujen perusteella selvisi oleellisia asioita, jotka vaikuttavat tietomallien hyödyntämiseen runkovaiheen työmaavalvonnassa. Haastatteluissa nousi esille esimerkiksi mallien nimien selkeyttäminen. Joissakin tietomallihankkeissa oli koettu mallien nimien olevan käyttäjille liian monimutkaisia, ja oikean mallin löytäminen saattoi viedä käyttäjiltä huomattavan paljon aikaa. Jotta työmaalla säästettäisiin tätä arvokasta työaikaa ja samalla tehostettaisiin mallien käyttöä, tulee mallien nimeäminen ottaa huomioon hankkeen mallinnusvaiheessa ja mallien päivityksien yhteydessä. Haastatteluista kävi myös ilmi, että mallien ajantasaisuus ei välttämättä aina onnistu rakennushankkeissa, mikä on hyvin merkittävä tekijä mallien käytön suhteen. Jatkuvasti päivitettyt ja ristiriidattomat mallit luovat käyttäjille positiivisen vaikutelman sekä kannustavat heitä soveltamaan tietomalleja työtehtävissään. Esimerkiksi mallien jalkauttaminen elementtiryhmän käyttöön vaatii, että mallit ovat ajan tasalla ja että niihin voidaan luottaa. Elementtiryhmän nokkamiehelle voitaisiin esimerkiksi antaa riittävän tehokas mobiililaitte, jonka avulla hän pystyisi tarkastelemaan rakennemallia ja koordinoimaan omaa sekä ryhmänsä työskentelyä.

Haastateltavien kokemukset tietomallien hyödyntämisestä olivat hyvin positiiviset ja moni kertoi jatkavansa mallien hyödyntämistä työtehtävissään. Haastateltavat olivat myös yhtä mieltä siitä, että tietomallien visuaalisuus tulevasta rakennuksesta on ylivertainen apuväline runkovaiheen valvonnassa. Mallien avulla pystyttiin kertasilmäyksellä havainnollistamaan etenkin monimutkaiset ja vaikeat rakennelmat. Tällöin suunnittelijoilta voitiin tiedustella tarvittavat detaljit ajoissa ja ne olivat heti töiden alkaessa urakoitsijoiden käytössä. Samoin rungon reikävaraukset olivat nähtävissä malleista, jolloin valvojat sekä urakoitsijat pystyivät varautumaan ajoissa työturvallisuuden toteutukseen. Haastateltavat kokivat myös töiden toteutusjärjestyksen ja urakkarajojen olevan tärkeässä roolissa rungon asennuksessa. Tässä hyödyllisenä apuvälineenä toimi tietomalleista nähtävät elementtien toimitusajat sekä asennusjärjestys. Samoin urakkarajat ja töiden yhteensovittaminen olivat helpompia ja nopeampia osoittaa malleista kuin piirustuksista. Moni valvojista mainitsi myös mallien käytön vauhdittavan palaverien kulkua ja selkeyttävän asiasisältöä läsnäolijoille.

Osa haastattelijoista mainitsi tietomallien kehitysehdotuksena, että työmaalla käytettävissä malleissa tulisi olla saatavilla elementtien saumaraudoite-piirustukset, detaljit ja leikkauskuvat. NykYTEknikalla ja -menetelmillä tällaista ei pystytä järkevästi toteuttamaan, koska piirustuspäivityksien yhteydessä myös mallissa olevat piirustukset tulisi päivittää manuaalisesti. Trimble Connect on kuitenkin eräänlainen ratkaisu tähän ongelmaan. Kyseisellä ohjelmistolla pystytään tarkastelemaan tietomalleja ja lisäksi ohjelmisto voi tarvittaessa toimia hankkeen projektipankkina, jonne halutut piirustukset voidaan lisätä. Toivottavaa on, että tulevaisuudessa kehitetään lisää samantyyppisiä ratkaisuja, joilla pystytään sujuvasti ja ongelmitta hallitsemaan hankkeen asiakirjoja sekä tarkastelemaan tietomalleja saman ohjelmiston avulla. Saumaraudoitteita on joissakin hankkeissa mallinnettu, mutta hyvin usein työmaalla käytettävistä tietomalleista kyseiset raudoitteet jätetään mallintamatta. Suurin syy on luultavasti siinä, että malleista halutaan saada tiedostokooltaan mahdollisimman kevyitä, jotta niiden työstäminen mobiililaitteissa olisi vaivatonta. Toinen syy on luultavasti, että raudoitteiden asentaminen ja tarkastaminen ovat yhä edelleen helpompi ja jopa nopeampi tehdä piirustuksien kuin mallien avulla.

Moni haastattelevista koki, että tietomallikoulutukset yrityksessä ovat olleet riittävät heidän omiin töihinsä nähden. Tästä huolimatta yrityksessä olisi hyvä pitää koulutuksen taso korkealla ja tarjota työntekijöille mahdollisimman monipuolinen tarjonta, jotta työntekijöiden taso pysyisi kehityksen matkassa. Haastattelujen ja kirjallisuuden perusteella selvisi myös, että tietomallien käyttäminen valvojen työssä lisäsi heidän omatoimista oppimista. Tämä loi osaltaan käyttäjille myönteisen vaikutelman tietomalleista ja kannusti heitä jatkossa hyödyntämään niitä. Vaikutukset ovat olleet positiiviset, vaikka käyttäjät eivät hyödyntäisikään malleja jatkuvasti omissa töissään.

Tämän opinnäytetyön tuloksena laadittiin lisäksi yritykselle erillinen lista runkovaiheen työmaavalvojen keskeisimmistä tehtävistä, joissa tietomalleja voitaisiin hyödyntää. Listan tarkoituksena on näyttää tietomallien avulla löytyviä ratkaisuja valvojan työtehtävissä ja toimia samalla eräänlaisena ohjeena näitä ratkaisuja varten. Lista itsessään pohjautuu opinnäytetyön lukuun 3. Tarve listalle syntyi ohjaajien kanssa käytyjen keskustelujen myötä. Listaa ei kuitenkaan julkaista tämän opinnäytetyön yhteydessä, vaan se menee suoraan yrityksen käyttöön.

6 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, kuinka tietomalleja voidaan hyödyntää talonrakennushankkeiden runkovaiheessa työmaavalvojan tehtävissä. Opinnäytetyö tehtiin Haahdela-rakennuttaminen Oy:lle, jossa on hyödynnetty jo pitkään tietomalleja osana rakennusprojekteja. Työn ohjaajien avustuksella aihe valittiin alkusyksystä 2016. Yrityksessä oli huomattu aiemmin, etteivät kohdevalvojat ole välttämättä tiedostaneet, millä tavoin tietomalleja voidaan hyödyntää varsinkin runkovaiheen valvontatehtävissä. Opinnäytetyön aiheeseen perehdyttiin pääasiassa kirjallisuuden, internetlähteiden ja haastattelujen avulla.

Tietomallinnus on ollut läsnä rakennusalalla jo vuosikymmeniä, ja ensimmäiset ajatukset rakennusten mallinnuksesta saivat alkunsa jo 1960-luvulla Yhdysvalloissa. Suomessa tehtiin ensimmäiset virtuaalimallit jo 1980-luvulla ja vuosituhaten vaihteen alussa teknologian kehittyessä voimakkaasti eteenpäin tietomallinnusta on sovellettu useissa rakennushankkeissa. Kehityksen johdosta myös BIM-määritelmä on kehittynyt voimakkaasti 2000-luvulle tultaessa. Tähän opinnäytetyöhön valittiin tarkastelun kohteiksi viisi eri tietomalliohjelmistoa; Solibri Model Viewer, Tekla Structures, Tekla Field 3D, Tekla BIMsight ja Trimble Connect -ohjelmistot.

Haahdela-rakennuttaminen Oy tarjoaa projektinjohtopalvelua, jossa tilaaja turvautuu asiantuntijaorganisaatioon rakennushankkeessa. Työmaavalvojat eli kohdevalvojat toimivat tällöin hankkeen tuotantovaiheen aikana yhteyshenkilöinä muiden osapuolten välillä. Hankkeen tuotantovaiheeseen liittyvissä asioissa urakoitsijat sekä suunnittelijat kääntyvät ensisijaisesti valvojien puoleen.

Tietomallipohjainen rakennushanke tarkoittaa hanketta, jossa edellytetään sen osapuolilta tietomallipohjaista toimintatapaa ja tietomallien hyödyntämistä koko rakennushankkeen elinkaaren ajan. Mallien hyödyntäminen ja käyttöönotto vaativat kaikilta osapuolilta hyvää teknologia- ja tietomalliosaamista, ymmärrystä sekä sitoutumista. Yleiset tietomallivaatimukset (YTV2012) luovat hyvän pohjan, kun mietitään hankkeelle yhteisiä pelisääntöjä.

Tuotantovaiheessa tietomallit helpottavat muun muassa töiden yhteensovittamista sekä muutostenhallintaa ja vapauttavat rakennustuotannon toimijoita heidän rutiinitehtävistään tuottavampaan toimintaan. Runkovaiheessa malleista pystytään helposti näkemään

esimerkiksi erityyppiset elementit, niiden määrät ja sijainnit sekä yhdistyminen muihin elementteihin tai paikallavalettaviin rakenneosiin. Samoin mallinnetuista elementeistä on selvitettävissä niiden koot ja painot, joiden vaikutukset voidaan ottaa huomioon asennussuunnittelussa. Jos raudoitteet on mallinnettu, saadaan malleista selvitettyä myös teräksien kilomäärät.

Teoriaosuuden lisäksi opinnäytetyössä haluttiin selvittää haastatteluosuuden avulla eri näkemyksiä tietomallien hyödyntämisestä runkovaiheen työmaavalvonnassa. Haastateltavia oli yhteensä seitsemän henkilöä, joista kahdelle haastattelu pidettiin yhtäaikaaisesti. Kaikki haastattelut suoritettiin joulukuun 2016 aikana. Haastatteluista selvisi, että suunnittelijoiden luomien mallien on oltava ajantasaisia ja ristiriidattomia keskenään. Kehitysehdotuksena mainittiin, että piirustuksia ja tietomalleja pitäisi pystyä yhdistämään paremmin työmaalla. Tämän hetkisen tietomallien koulutustason koettiin olevan hyvä yrityksessä, vaikka osa haastateltavista koki omatoimisen oppimisen riittäväksi.

Lähteet

- 1 Suomisto, Jarmo. 2014. 3D-tietomallit Euroopan kaupungeissa. Verkkodokumentti. Helsingin kaupunki. <http://www.hel.fi/static/public/hela/Kaupunginhallituksen_tietotekniikkajaosto/Suomi/Paatostiedote/2014/Kanslia_2014-05-19_Tija_2_Pt/ABF580D0-9402-4712-91C2-44EC4226ADED/Liite.pdf>. 2014. Luettu 6.10.2016.
- 2 Jäväjä, Päivi, Lehtoviita, Timo. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Pieksämäki: Pieksänprint.
- 3 Haahtela, Tuuli. Haahtela konserniesittely. Powerpoint-esitys. Luettu 21.9.2016.
- 4 Projektinjohto. Verkkodokumentti. Haahtela. <<https://www.haahtela.fi/fi/projektinjohto>>. Luettu 21.9.2016.
- 5 Projektijohtopalvelu. Verkkodokumentti. Prodeco. <<http://www.prodeco.fi/index.php?p=Projektinjohto>>. Luettu 6.10.2016.
- 6 Tohmo, Sakari. 2016. Yksi tietomalli, kiitos – mutta millä mausteilla? Verkkodokumentti. Rakennuslehti. <<http://www.rakennuslehti.fi/blogit/yksi-tietomalli-kiitos-mutta-milla-mausteilla/>>. Päivitetty 11.3.2016. Luettu 26.9.2016.
- 7 Tietomallintaminen. Verkkodokumentti. Optiplan. <http://www.optiplan.fi/tekemisen_tapa/tietomallintaminen/fi_FI/tietomallintaminen/>. Luettu 26.9.2016.
- 8 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 1. 2012. Verkkodokumentti. BuildingSMART Finland. <https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf>. Päivitetty 27.3.2016. Luettu 27.9.2016.
- 9 Eastman, Chuck, Teicholz, Paul, Sacks, Rafael, Liston, Kathleen. 2011. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling – 2nd ed. Yhdysvallat, New Jersey, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- 10 Müller-Prove, Matthias. 2002. Vision and Reality of Hypertext and Graphical User Interfaces. Diplomityö. Hampurin yliopisto.
- 11 Ahmad Latiffi, Aryani, Brahim, Juliana, Syazli Fathi, Mohamad. 2014. The Development of Building Information Modelling (BIM) Definition. Verkkodokumentti. Academia. <http://www.academia.edu/8554458/The_Development_of_Building_Information_Modelling_BIM_Definition>. Päivitetty 6.6.2014. Luettu 4.11.2016.
- 12 Quirk, Vanessa. 2012. A Brief History of BIM. Verkkodokumentti. Archdaily. <<http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>>. Päivitetty 7.12.2012. Luettu 4.11.2016.

- 13 Eastman, Chuck, Teicholz, Paul, Sacks, Rafael, Liston, Kathleen. 2008. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Yhdysvallat, New Jersey, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- 14 Lydon, G. P., Keane, M. M., Kelliher, D. Formulation of STEP Compliant Building Product Model Data for CFD Analysis. Verkkodokumentti. Academia. <http://www.academia.edu/17745885/Formulation_of_STEP_compliant_building_product_model_data_for_CFD_analysis>. Luettu 28.11.2016.
- 15 Kuusisto, Kiira. 2016. Iso-Britannia johtavassa asemassa digitaalisten rakennustekniikoiden saralla. Verkkodokumentti. M.A.D. <<http://www.mad.fi/uutiset/234>>. Päivitetty 21.9.2016. Luettu 29.11.2016.
- 16 Pietilä, Ville. 2016. Venäjä ottaa mallia Briteistä: tekee tietomalleista pakollisia. Verkkodokumentti. M.A.D. <<http://www.mad.fi/uutiset/226>>. Päivitetty 21.9.2016. Luettu 29.11.2016.
- 17 Aatsalo, Johanna. 2016. Yhdyskuntatason mallinnus UIM on tulossa – Kiinasta. Verkkodokumentti. Rakennuslehti. <<http://www.rakennuslehti.fi/2016/05/yhdyskuntatason-mallinnus-uim-on-tulossa-kiinasta/>>. Päivitetty 31.5.2016. Luettu 29.11.2016.
- 18 Suomen ensimmäiset kansalliset tietomallivaatimukset julkistettiin tänään. 2012. Verkkodokumentti. Tekla. <<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/uutiset/suomen-ensimm%C3%A4iset-kansalliset-tietomallivaatimukset-julkistettiin-%C3%A4n%C3%A4nC3%A4n>>. Päivitetty 27.3.2016. Luettu 24.9.2016.
- 19 Elgohari, Tamer. 2016. The General List of BIM Software Applications. Verkkodokumentti. LinkedIn. <<https://www.linkedin.com/pulse/general-list-bim-software-applications-tamer-elgohari>>. Päivitetty 4.8.2016. Luettu 13.12.2016.
- 20 Solibri Model Viewer. Verkkodokumentti. Solibri. <<https://www.solibri.com/products/solibri-model-viewer/>>. Luettu 4.12.2016.
- 21 Tekla Structures. Verkkodokumentti. Tekla. <<https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>>. Luettu 4.12.2016.
- 22 Tekla BIMsight. Verkkodokumentti. Tekla. <<https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-bimsight>>. Luettu 5.12.2016.
- 23 Tekla Field3D. Verkkodokumentti. Tekla. <<http://www.teklabimsight.com/tekla-field3d-features>>. Luettu 26.12.2016.
- 24 Trimble Connect. 2016. Verkkodokumentti. Google Play. <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.trimble.buildings.connect#details-reviews>>. Päivitetty 10.11.2016. Luettu 26.12.2016.

- 25 Trimble Connect in 10 Minutes. 2015. Verkkodokumentti. YouTube. <<https://www.youtube.com/watch?v=m4bYABbwcbA>>. Päivitetty 6.11.2016. Katsoettu 12.12.2016.
- 26 Why Trimble Connect. Verkkodokumentti. Trimble. <<http://connect.trimble.com/why-trimble-connect>>. Luettu 12.12.2016.
- 27 Halonen, Tapio, Varkki, Kari. 2004. Projektipankki rakennustyömaalla. Verkkodokumentti. Rakentajain kalenteri. <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040505.pdf>>. Päivitetty 2004. Luettu 19.9.2016.
- 28 Alhonoja, Niko. 2012. Valvojan tehtävät osaurakkakohteessa. Mestarityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 29 3D Virtual Cave. 2012. Verkkodokumentti. YouTube. <<https://www.youtube.com/watch?v=j59JxfvxGg>>. Päivitetty 19.11.2012. Luettu 15.12.2016.
- 30 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 13. 2012. Verkkodokumentti. BuildingSMART Finland. <http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_13_rakentaminen.pdf>. Päivitetty 27.3.2016. Luettu 22.12.2016.
- 31 Do you want to take your BIM anywhere? 2014. Verkkodokumentti. Think BIM. <<https://revitall.wordpress.com/2014/04/16/do-you-want-to-take-your-bim-anywhere/>>. Päivitetty 16.4.2014. Luettu 27.12.2016.
- 32 Oinonen, Olli-Pekka. 2015. Tietomalli elementtirakentamisessa – mobiililaitteen hyödyntäminen työmaalla. Insinöörityö. Savonia Ammattikorkeakoulu.
- 33 Haahtela-rakennuttaminen Oy. Haastattelut. 5.–16.12.2016.
- 34 Byggnadsekonomi Oy. Haastattelu. 9.12.2016.

Haastattelukysymykset

1. Mikä on nykyinen asemasi yrityksessä?
2. Mikä on kokemuksesi hankkeen runkovaiheen työmaavalvontatehtävistä (arvio vuosina/kohteiden määrinä)?
3. Miten paljon käytät tietomallia työssäsi (arvio h/ pv/vk)?
 - a) Mitä tietomalliohjelmistoja hyödynnät työssäsi? Käytätkö ohjelmistoja toimistolla vai työmaalla?
4. Millaisena koet tietomalliohjelmien käytön työmaolosuhteissa? Entä työmaatoimistolla?
5. Minkälaisia kokemuksia sinulla on tietomallin hyödyntämisestä hankkeen runkovaiheessa?
 - a) Minkälaisia kokemuksia sinulla on tietomallin hyödyntämisestä eri rakennushankkeissa (julkinen, liike, toimisto, asunto)? Mitä eroja tai ominaisuuksiin näiden hankkeiden välillä on ollut?
6. Mitä koet haastavina, ongelmallisina tehtävinä hankkeen runkovaiheen valvonnassa?
 - a) Onko tietomallin hyödyntäminen auttanut näissä tilanteissa, ja millä tavoin?
7. Mitä tietoja tietomallista saadaan hankkeen runkovaiheessa verrattaessa tavanomaiseen piirustukseen? Entä mitä ei saada?
8. Korvaako mielestäsi tietomalli tavanomaiset piirustukset työmaalla lähitulevaisuudessa? Oletko huomannut tietomallin hyödyntämisen myötä turvautuviasi vähemmän piirustuksiin kuin ennen?
9. Mitä toivoisit tai parantaisit tietomallista, jotta se toimisi toimivana apuvälineenä hankkeen runkovaiheen työmaavalvonnassa?
10. Kuinka mielestäsi tietomallin käyttöä voitaisiin tehostaa runkovaiheen työmaavalvonnassa?
11. Onko koulutus tietomallin käyttöön ollut riittävää ja oikein kohdistettua? Onko toiveita tai ehdotuksia aiheeseen liittyen?

Trimble Connect -ohjelmiston versioiden eroavaisuudet

	Desktop	Mobile	Web
3D Markup	x		x
Activity Feed			x
Align Models	x		x
Assign To-Do's	x	x	x
Change Color for Some Objects	x		
Change Color to Entire Model	x		
Combine and View Selected Models	x	x	x
Comment on To-do's	x	x	x
Control Visibility of Entire Model	x	x	x
Control Visibility of Some Objects	x	x	x
Create a Project	x		x
Create and Manage folders	x		x
Create and Manage Releases			x
Create Saved Groups of Objects	x		
Create To-Do's	x	x	x
Define Custom Reports			x
Exchange To-do's using BCF 1.0			x
Export Report			x
File Explorer	x	x	x
Grids	x		
List Object Properties	x	x	x
Manage Permissions and Notifications			x
Manage Users, Groups			x
Measure Distances	x		x
Model Object Filtering	x		
Run Clash Checking	x		x
Save Views	x	x	x
Store Multiple Images in Comment Chain	x		
Temporary Local Offline Storage	x	x	
View/Comment Clashes	x		x