

Jan Lund

# Tietomallin hyödyntäminen tehtäväsuunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

16.4.2014



## ALKULAUSE

Tämä insinööriyö on tehty NCC Rakennus Oy:n toimeksiannosta. Haluan kiittää projektissa mukana olleita työn ohjaajia Aleksi Heiskasta NCC Rakennus Oy:ltä ja lehtori Mervi Toivosta Metropolia Ammattikorkeakoulusta sekä haastattelemiani henkilöitä NCC:ltä. Suuri kiitos myös Ilkka Leskelälle ja Sini Siikströmille, jotka ovat tukeneet työn tekemisessä.

Helsingissä 16.4.2014

Jan Lund

Tekijä Otsikko	Jan Lund Tietomallin hyödyntäminen tehtäväsuunnittelussa
Sivumäärä Aika	69 sivua + 2 liitettä 16.4.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Mallinnuksen vastaava Aleksi Heiskanen NCC Lehtori Mervi Toivonen
<p>Tietomallintaminen on kehittynyt viime vuosina nopeasti niin Suomessa kuin kansainvälisesti. Mikäli NCC haluaa pysyä mukana kehityksessä ja olla kilpailukykyinen, tulee NCC:n kehittää osaamistaan myös tietomallipuolella.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää NCC Rakennus Oy:lle tietomallin hyödyntämiseen työmaalla perustuva toimintamalli. Tavoitteena oli selvittää, missä työvaiheissa tietomallipohjaista tehtäväsuunnitelmaa voidaan käyttää, mitä lisäarvoa tietomalli tuo perinteiseen tehtäväsuunnitteluun ja miten tietomalleja voidaan hyödyntää tehtävänohjauksessa ja dokumentoinnissa. Opinnäytetyö on osa NCC Rakennus Oy:n kehittämistutkimusta tietomallin jalkauttamisesta työmaalle.</p> <p>Opinnäytetyössä käytettiin neljää eri tutkimusmenetelmää tutkimusongelmien ratkaisemiseksi. Aluksi NCC:n vanhojen auditointiraporttien kautta selvitettiin tehtäväsuunnittelun nykyinen taso NCC:llä. Tämän jälkeen selvitettiin teoretietoja tehtäväsuunnittelusta ja tietomallinnuksesta sekä niiden hyödyistä ja ongelmista yleisellä tasolla alan kirjallisuuden ja Internetin avulla. Lisäksi asiantuntijoiden haastatteluiden avulla pyrittiin selvittämään tietomallin hyödyntämisen taso työmailla. Kolmannessa luvussa kehitettiin toimintamalli NCC:lle. Se osoittaa, miten tietomallia voidaan hyödyntää tehtäväsuunnittelussa sekä työnjohtamisen ohjauksessa ja dokumentoinnissa. Lopuksi testattiin, miten tietomallia pystytään hyödyntämään tehtäväsuunnittelun eri osissa.</p> <p>Tulokseksi saatiin, että tehtäväsuunnittelun taso NCC:llä on heikolla tasolla. Tietomallin avulla tehtäväsuunnitelmat on helpompi hahmottaa visuaalista ja näin ollen osa riskeistä pystytään karsimaan mallin tarkastelun yhteydessä.</p> <p>Testaus osoitti, että tietomallin avulla pystytään havaitsemaan vaikeita paikkoja, saadaan paljon visuaalista hyötyä tehtäväsuunnitteluun, pystytään tekemään kolmiulotteisia suunnitelmia riskien minimoimiseksi ja tietomalliin informaation tallentamisen avulla saadaan hyötyä auttaa vuosikorjauksissa.</p>	
Avainsanat	Tietomalli, Tehtäväsuunnittelu, SketchUp, Solibri

Author Title	Jan Lund Utilization of building information model in task planning
Number of Pages Date	69 pages + 2 appendices 16 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Aleksi Heiskanen, Responsible for modeling Mervi Toivonen, Lecturer
<p>Building information modeling has developed rapidly in recent years, both in Finland and internationally. If the NCC wants to keep up with the development and remain competitive, the company has to develop its skills in building information modeling and gain more knowledge on it.</p> <p>The aim of this project was to develop a data model that is based on the utilizing of building information modeling at construction sites for NCC Construction Ltd. The aim was to find out in which work stages a building information model can be used, what additional value a building information model can bring to the traditional task planning and how information models can be utilized in task planning and documentation. The thesis is a part of the NCC's development research about applying information models at construction sites.</p> <p>Four different research methods were used in order to solve the research problems. First, the current level of task planning at NCC was examined through the existing audit reports of NCC. After this the theoretical knowledge of task planning and building information modeling, as well as their pros and cons at a general level were examined with the help of literature and the Internet. In addition, the usage level of building information models at construction sites was examined through expert interviews. In the third chapter, an operational model dealing with how a building information model can be used in task planning, management of work and documentation was developed for NCC. Finally, ways in which a building information model can be utilized in different parts of designing tasks was tested.</p> <p>The result was that the level of task planning at NCC was low. With the help of a Building information model it is easier to picture task plans visually and, therefore, some of the risks can be cut down when reviewing the model.</p> <p>Testing showed that with the help of a building information model, difficult places in a building can be spotted and three-dimensional plans for risk minimization can be made. Building information modeling also gives visual benefit to task planning and information stored in the data model can be useful in yearly repairs.</p>	
Keywords	BIM, Task planning, SketchUp, Solibri



## Sisälllys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoite	3
1.3	Rajaus	4
1.4	Menetelmät ja työn rakenne	4
2	Teoria	4
2.1	Perusta tutkimukselle	4
2.2	Tehtäväsuunnittelu	7
2.2.1	Milloin tehtäväsuunnittelu on tarpeen?	7
2.2.2	Tehtäväsuunnittelun vaiheet	8
2.2.3	Tehtäväsuunnitelman lähtötiedot	10
2.2.4	Aikataulutavoite	12
2.2.5	Kustannustavoite	14
2.2.6	Laadunvarmistus	17
2.2.7	Tehtävän toteutuksen suunnittelu	18
2.2.8	Työturvallisuus	22
2.3	Aluesuunnitelma	23
2.4	Työhön perehdyttäminen	27
2.5	Työvaiheen aloituspalaveri	28
2.6	Tietomalli	29
2.6.1	Yleistä	29
2.6.2	Rakennuksen tietomallit	31
2.7	NCC Rakennus Oy:n tietomallin käytön nykytilan kartoitus	37
3	NCC:n tehtäväsuunnittelun toimintamalli	39
3.1	Tietomallin hyödyntäminen tehtäväsuunnittelussa	40
3.2	Tietomallin hyödyntäminen työn aikana	44
4	Tietomallin hyödyntäminen tehtäväsuunnittelussa	46
4.1	3D-aluesuunnitelma	47
4.2	Tietomallin hyödyntäminen julkisivutöiden tehtäväsuunnittelussa	54
4.3	Tietomallin hyödyntäminen runkovaiheen tehtäväsuunnittelussa	56
4.4	Tietomallin hyödyntäminen talotekniikkatöissä	60

4.5	Tietomallin hyödyntäminen urakoitsijapalaverissa	61
5	Yhteenveto työn tuloksista	62
	Lähteet	67
	Litteet	
	Liite 1. Elementtiasennuksen malliasennuskatselmuspohja	
	Liite 2. Tehtäväsuunnittelulomake	

## Lyhenteitä ja käsitteitä

AR	Asuntorakentaminen
BIM	<i>Building Information Model</i> eli rakennuksen tietomalli
CAD	<i>Computer-aided Design</i> eli Tietokoneavusteinen suunnittelu
LTO -kone	Lämmöntalteenottokone
LVIS	Lämpö, vesi, ilma, sähkö
NCC	Nordic Construction Company Oy, pohjoismainen rakennus- ja kiinteistökehitysalan yritys
Ratu-kortisto	Rakennustuotannon ammattilaisille tarkoitettu tietopankki
RT-kortisto	Kortistomuotoinen tietokokoelma, joka sisältää tietoa ja ohjeita mm. rakenteista, tilasuunnittelusta, rakennusalan sopimuksista ja tehtävänjaosta
RYL-sarja	RYL on alan yhdessä sopima hyvän rakennus- ja kiinteistönpitotavan kirjallinen kuvaus
SketchUp	Mallinnustyökalu
Solibri	Mallintarkastusohjelma
TALO 80	Standardisoitu rakennushankkeen tiedon erittelytapa
TESU	Tehtäväsuunnitelma
VDC	<i>Virtual Design and Construction</i> eli virtuaalisuunnittelu ja rakentaminen

## 1 Johdanto

### 1.1 Tutkimuksen tausta

Rakennusten suunnittelussa on 1990-luvun aikana siirrytty käsin piirtämisestä digitaaliseen CAD-suunnitteluun. Nyt ollaan siirtymässä perinteisestä kaksiulotteisesta CAD-suunnittelusta 3D-suunnitteluun, joka on tällä hetkellä pääasiassa rakennusten osien muodon kolmiulotteista kuvaamista. [3, s.3.]

3D-suunnittelussa tietomalli kuvaa rakennuksen rakenteen ja sisältää suunnitteluun ja rakentamiseen sekä sen käyttämiseen tarvittavat tiedot. Viime aikoina käytössä on yleistynyt termi tietomalli vastaamaan englanninkielistä termiä *Building Information Model* (BIM). Alan kirjallisuudessa käytetään tietomallista myös termiä tuotemalli. [3, s.3.]

Tietomallintaminen eroaa kolmiulotteisesta mallintamisesta. Merkittävimpana erona on se, että CAD-ohjelmilla esitetyn rakennuksen kolmiulotteisen muodon kuvauksen lisäksi tietomalliin liittyy myös rakennuksen osien ja niihin liittyvien tietojen kuvaus. Visuaalisesti tietomalli ilmenee tosin yleensä kolmiulotteisena suunnitelmana, jossa esimerkiksi talotekniset verkostot kuvataan viivojen sijaan kolmiulotteisina älykkäinä komponentteina. [3, s.3.]

Tietomallintaminen on kehittynyt viime vuosina nopeasti niin Suomessa kuin kansainvälisestikin. Markkinoille on tullut tietomallintamista tukevia tehokkaita suunnittelutyökaluja. Moni suunnittelija käyttääkin nykyään tietomallintamiseen soveltuvia ohjelmistoja, kuten CAD-järjestelmiä. Niitä kuitenkin usein käytetään vielä perinteisellä tavalla kaksiulotteisesti piirtämiseen eikä 3D-ominaisuuksia hyödynnetä. [3, s.3.]

Tietomallintamisen perustutkimusta on tehty Suomessa jo 1980-luvun lopusta lähtien ja tietomallintamiseen perustuvia toiminta-, menettely- ja tiedonhallintatapoja alettiin ottaa käyttöön useissa yksittäisissä rakennushankkeissa 2000-luvun alussa. Yksittäisistä pilottihankkeista ollaan nyt siirtymässä kohti uusia toimintatapoja, joiden vaikutukset ulottuvat koko rakennusalaan. Vaikka tällä hetkellä tietomallit ovat käytössä vain osassa suomalaisista rakennushankkeista, on tietomallintaminen kuitenkin leviämässä nopeasti rakennusosalalla ja sille asetetut kehitysodotukset ovat suuret. [3, s.3.]

NCC on kehittänyt tietomallintamista monen vuoden ajan ja on mukana kansallisissa kehityshankkeissa. Tietomallintamista on alettu hyödyntämään NCC:n työmailla ja tällä hetkellä noin 20 %:ssa asuntorakentamisen kohteista on käytössä tietomalli. NCC:llä VDC eli virtuaalisuunnittelu- ja rakentaminen tarkoittaa lisäarvoa asiakkaalle, prosessin tehostamista ja toiminnan riskien vähentymistä. NCC:n tavoitteena on, että kaikki uudet kohteet mallinnetaan vuoteen 2015 mennessä. [1.]

NCC:lle on tehty aiemmin ainakin viisi diplomityötä tietomallinnuksesta. Niissä tutkitaan tietomallinnuksen hyötyjä rakennusliikkeelle.

Ulla Salminen tutki vuonna 2004 diplomityössään laskennan, hankinnan ja tuotannon yhteistä panosrekisteriä rakennustyömaalla, ja jo silloin hän sivusi hieman aiheessaan sitä, miten tietomallia pystyttäisiin hyödyntämään panosrekisterien yhdistämisessä.

Vuonna 2006 Jukka Puolakka tutki diplomityössään tuoterakenteita rakennusliikkeen tiedonhallinnan apuvälineenä. Puolakan työn tavoitteena oli kehittää NCC Rakennus Oy:n pientalokonseptiin määrä- ja kustannuslaskentaa tuoterakennepohjaiseksi. Diplomityön testauksessa suoritettiin vertailutarkastelu tuotemallista tuoterakenteilla tuotettujen ja perinteisen määrälaskennan tuottamien määrien välillä.

Vuonna 2008 Sampo Oksama tutki diplomityössään rakennemallinnuksen hyötyjä omaperusteisessa asuntorakentamisessa. Tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa rakennuksen tieto- ja rakennemallinnuksen mahdollistamat hyödyt ja niiden saavuttamiseen liittyvät ongelmat. Tuloksena määriteltiin rakennemallinnuksen mallinnustarkkuuteen vaikuttavat tekijät; yleiset ja kohdekohtaiset. Tutkimustuloksena todettiin mallinnustarkkuuden riippuvan kohdekohtaisista tekijöistä NCC Rakennus Oy:n omaperusteisessa asuntorakentamisessa.

Vuotta myöhemmin vuonna 2009 Juha Koskinen teki diplomityön rakennuksen tietomallin hyödyntämisestä projektin suunnittelun ohjauksessa, tuotannonsuunnittelussa ja -valvonnassa. Tutkimuksessa selvitettiin tietomallintamisen hyödyntämismahdollisuuksia rakennushankkeen tuotantovaiheessa. Koskisen mukaan rakennushankkeen tuotantovaiheen kokonaisuuden hahmottaminen ja hallinta parantuu huomattavasti tietomallien hyödyntämisen avulla.

Viimeisimmän diplomityön tietomallinnuksesta NCC:lle on tehnyt Ani Parkkinen vuonna 2013. Työn aihe on rakennuksen tietomallin hyödyntämisen edellytykset rakentamisen valmistelu- ja rakennusvaiheessa. Työssä tutkittiin, kuinka rakennuksen tietomallia voidaan hyödyntää rakennusliikkeen tuotannosuunnittelu- ja rakennusvaiheessa sekä mitä sen hyödyntäminen edellyttää rakennuksen tietomallin informaatioisisällöltä. Tuloksissa todettiin, että tietomallien tuotannosuunnittelu- ja rakennusvaiheen tietomallien hyödyntämisen perusedellytys on tietomallien oikeellisuus sekä tietomallien ja perinteisten suunnitteludokumenttien yhdenmukainen tietosisältö.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, miten tietomallia pystytään hyödyntämään tehtäväsuunnittelussa NCC:llä. Testausten avulla pyritään havainnollistamaan tietomallin käyttöä ja hyötyjä käytännössä. NCC:lle kehitetään työssä toimintamalli, jota noudattamalla tietomallia pystyttäisiin paremmin hyödyntämään tehtäväsuunnittelussa sekä -ohjauksessa ja dokumentoinnissa.

## 1.2 Tutkimuksen tavoite

Tämän opinnäytetyön pääasiallisena tavoitteena on kehittää NCC Rakennus Oy:lle tietomallin hyödyntämiseen työmaalla perustuva toimintamalli. Tutkimus on osa NCC Rakennus Oy:n kehittämistutkimusta tietomallin jalkauttamisesta työmaille.

### *Tutkimusongelma:*

Miten tietomallia voidaan hyödyntää tehtäväsuunnittelussa sekä johtamisessa NCC:n työmailla?

### *Osaongelmat:*

- Missä työvaiheissa voidaan käyttää tietomallipohjaista tehtäväsuunnitelmaa?
- Mitä lisäarvoa tietomalli tuo perinteiseen tehtäväsuunnitteluun?
- Miten tietomalleja voidaan hyödyntää tehtävänohjauksessa ja dokumentoinnissa?

### 1.3 Rajaus

Opinnäytetyössä perehdytään tarkemmin tietomallin hyödyntämiseen rakennustyömaalla ja sen kehittämiseen työmaan tehtäväsuunnittelussa NCC:llä. Näkökulmana on, mihin kaikkeen ja miten tietomallia voidaan hyödyntää. Työssä pyritään tuomaan esille myös tietomallintamisen eri vaiheissa tuomia hyötyjä. Aihetta ei ole aiemmin käsitelty valitusta näkökulmasta NCC:llä. Työssä syvennytään tarkemmin muutamaan tärkeään työvaiheeseen ja testataan tietomallin hyödyntämistä runkovaiheessa, LVIS- ja julkisivutöissä sekä urakoitsijapalaverissa. Testauksen tarkoituksena on havainnollistaa, miten tietomallista voisi olla hyötyä eri työvaiheissa.

### 1.4 Menetelmät ja työn rakenne

Opinnäytetyössä käytetään neljää eri tutkimusmenetelmää tutkimusongelmien ratkaisemiseksi. Aluksi NCC:n vanhojen auditointiraporttien ja asiantuntijoiden haastatteluiden avulla selvitetään tehtäväsuunnittelun nykyinen taso NCC:llä. Tämän jälkeen selvitetään teoriatietoa tehtäväsuunnittelusta ja tietomallinnuksesta sekä niiden hyödyistä ja ongelmista yleisellä tasolla alan kirjallisuuden ja Internetin avulla. Lisäksi haastatteluiden avulla pyritään selvittämään tietomallin hyödyntämisen taso työmailla. Kolmannessa luvussa kehitetään toimintamalli NCC:lle, miten tietomallia voidaan hyödyntää tehtäväsuunnittelussa sekä työnjohtamisen ohjauksessa ja dokumentoinnissa. Lopuksi testataan, miten tietomallia pystytään hyödyntämään tehtäväsuunnittelun eri osissa.

## 2 Teoria

### 2.1 Perusta tutkimukselle

#### *Tehtäväsuunnittelun taso NCC asuntorakentamisessa*

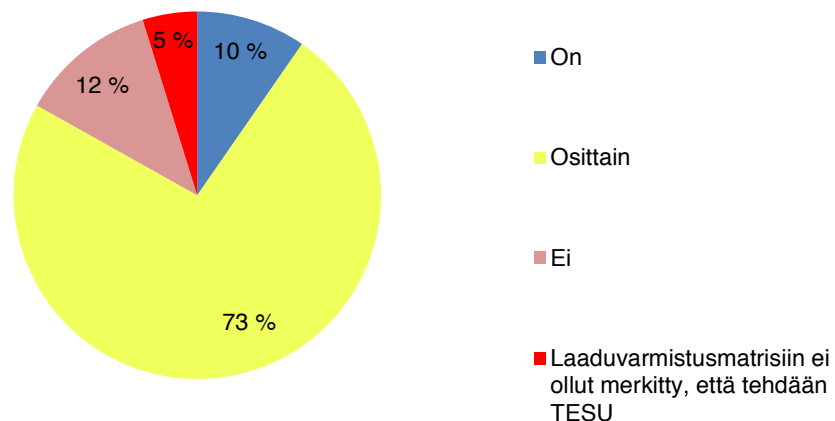
NCC:llä tehdään jokaisesta rakennusprojektista kerran sen aikana auditointi. Auditointi on ulkopuolisen tekemä systemaattinen ja dokumentoitu arviointi, jolla selvitetään ovatko arvioidulle kohteelle asetetut tavoitteet ja kriteerit toteutuneet. Auditoinnin avulla pystytään seuraamaan, toteuttaako työmaa projektia NCC:n toimintaohjeiden mukai-

sesti sekä havaitaan toimintaohjeiden ja käytännön väliset poikkeamat, seurataan johdon asettamia tavoitteita sekä etsitään kehitystarpeita. [16. s. 347 & s. 10.]

Kuvassa 1 on esitetty NCC Asuntorakentamisessa vuosina 2009–2012 toteutustaso tehtäväsuunnittelun osalta. Kuvassa 2 on tehtäväsuunnittelun toteutustaso vuonna 2013. Vuonna 2013 auditointi tehtiin NCC Asuntorakentamisen yksikössä 19 työmaalle ja vuosina 2009–2012 se tehtiin 83 työmaalle. Auditoinnissa yksi osio liittyi tehtäväsuunnitteluun ja siinä selvitettiin oliko tehtäväsuunnitelma tehty vastuussa olevan työjohtajan toimesta riittävän ajoissa ja riittävässä laajuudessa. Arviointikriteerit muuttuivat vuonna 2013, minkä takia kyseiseltä vuodelta on tehty oma ympyrädiagrammi.

Auditointiraporteista kerätyt tilastot osoittavat, että tehtäväsuunnitelmien taso on tällä hetkellä NCC:n työmailla heikkoa eikä se ole kehittynyt juuri ollenkaan vuodesta 2009.

## **NCC** **Tehtäväsuunnittelun toteutustaso AR:n työmailla 2009-2012** (83 kpl työmaita)

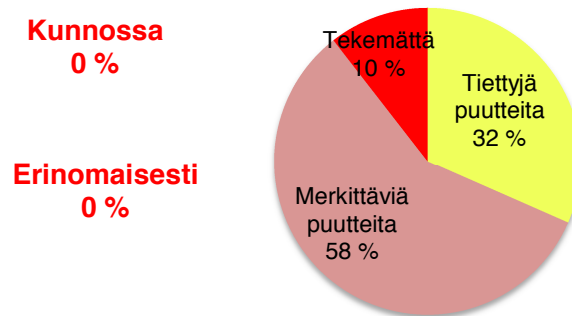


Kuva 1. Tehtäväsuunnittelun toteutustaso NCC:llä vuonna 2009–2012.

Vuonna 2009–2012 tehtäväsuunnitelma oli tehty hyvin 10 %:lla työmaista eli noin 8 työmaalla. Tiettyjä puutteita oli 73 %:lla työmaista. Puutteet olivat yleensä seuraavanlaisia: kustannustenhallinta oli tekemättä tai laatuvaatimuksia ei ollut merkitty tehtäväsuunnitelmaan. 12 %:lla työmaista ei ollut tehty tehtäväsuunnitelmaa ja vielä huolestuttavampaa oli, ettei 5 %:lla työmaista ollut suunniteltu tehtäväsuunnitelman tekemistä laadunvarmistusmatriisiin.



**NCC**  **Tehtäväsuunnittelun toteutustaso**  
**AR:n työmailla 2013** (19 kpl työmaita)



Kuva 2. Tehtäväsuunnittelun toteutustaso NCC:llä vuonna 2013.

Erinomaisesti toteutettua tehtäväsuunnitelmaa tai edes kunnossa olevaa tehtäväsuunnitelmaa ei ollut yhdelläkään työmaalla vuonna 2013. Tiettyjä puutteita löytyi 32 %:lla työmaista. Yleensä niistä puuttui joko laatuvaatimukset tai kustannustenhallinta. Noin 60 %:lla työmaista tehtäväsuunnittelussa oli merkittäviä puutteita. Puutteista voidaan mainita muun muassa, että tehtäväsuunnitelma oli tehty vasta aloituspalaverin jälkeen, tehtäväsuunnitelmassa ei ollut mietitty kustannuksia laisinkaan tai laadunvarmistusräisiin oli merkitty, että tehtävästä tehdään tehtäväsuunnitelma, mutta siitä ei kuitenkaan ollut tehty. 10 %:lla työmaista tehtäväsuunnitelmaa ei ollut tehty laisinkaan tai, mikäli se oli tehty, siitä ei hyötynyt mitenkään tehtävän ohjauksessa.

Suurin puute, joka pystyttiin havaitsemaan auditointiraporttien perusteella, oli kustannustenhallinta ja niiden seuranta työmaalla. Mikäli työmailla alettaisiin tehdä kustannushallintaa, riskien määrä pienenesi, mikä suoraan alentaisi ylimääräisiä kustannuksia NCC:llä. Myös riskien hallinta paranesi tätä kautta.

Pekka Siikanen teki vuonna 2009 yli sadan rakennustyömaan auditointeihin perustuvan lisensiaatintyön. Hän käy tekemässä NCC:lläkin auditointeja ja kertoo vuonna 2009 Rakennuslehden tekemässä haastattelussa näin: ”Tehtävätason ohjaus osoittautui selkeästi heikoiten hallituimmaksi tuotannonohjauksen alueeksi. Tehtäväsuunnitelmat puuttuivat usein kokonaan eikä niitä korvattu myöskään hyvin pidetyillä aloituspalaverilla. Asioiden käsittely jäi useilla työmailla lähinnä otsikkotasolle tai kokonaan doku-

mentoimatta". NCC:n auditointiraportit antavat saman tuloksen vielä viisi vuotta myöhemmin: tehtäväsuunnittelun taso on heikkoa vielä tälläkin hetkellä. [17.]

## 2.2 Tehtäväsuunnittelu

Hankkeessa eri osapuolet kuten tilaaja, yritys itse sekä viranomaiset ja lainsäädäntö asettavat erilaisia vaatimuksia työmaan toiminnalle ja valmiin rakennuksen laadulle. Laadulla tarkoitetaan sitä, että asetetut vaatimukset täytetään, ja niiden saavuttaminen edellyttää työmaalta johdonmukaista laadunvarmistusta. Yksittäisten tehtävien laadunvarmistuksella eli tehtäväsuunnittelulla varmistetaan koko hankkeen hallittu toiminta. [9, s.9.]

Tehtäväsuunnittelulla tarkoitetaan tehtävän suunnittelemista ja siihen perehtymistä ennen työvaiheen alkamista, työaikaista ohjausta ja valvontaa. Se on tuotannonjohtamisen työkalu, jolla varmistetaan, että yksittäinen tehtävä saadaan tehtyä tavoitteiden mukaisesti niin ajallisesti kuin taloudellisestikin, ja että työ tehdään laadukkaasti hyvää rakennustapaa noudattaen työturvallisuudesta tinkimättä. Hyvin tehtyä tehtäväsuunnitelmaa voidaan hyödyntää seuraavissa kohteissa ja näin voidaan mahdollisesti välttää edellisissä kohteissa havaitut ongelmat. [8, s.2; 9, s.6.]

Tehtäväsuunnittelussa tarkastellaan yhtä tehtävää rakennustyömaalla, kuten esimerkiksi julkisivutöitä, runkotöitä tai talotekniikkatöitä. Tehtäväsuunnittelussa suunnitellaan muun muassa tehtävän kesto ja asetetaan tehtävälle ajalliset välitavoitteet sekä päätetään käytettävien resurssien määrä. Myös suurimmat laaturiskit ja työturvallisuusriskit pyritään tunnistamaan ja ennaltaehkäisemään sekä tarkistetaan, ovatko suunnitelmat toteutuskelpoisia. Tiivistäen voidaan todeta, että tehtäväsuunnitelma on apuväline, jota pystytään hyödyntämään tehtävän johtamisessa ja ohjauksessa, sillä se mahdollistaa reagoimisen ilmeneviin poikkeamiin ajoissa. [8, s.1.]

### 2.2.1 Milloin tehtäväsuunnittelu on tarpeen?

Tehtäväsuunnittelussa perehdytään yhteen työvaiheeseen huolellisesti ennen sen alkamista ja näin pystytään ennaltaehkäisemään mahdolliset ongelmat. Tehtäväsuunnitelmassa käydään läpi kaikki osa-alueet, jotka kuuluvat kyseiseen tehtävään. Työmaan alussa päätetään työvaiheet, joista tehdään tehtäväsuunnitelma niiden haasteellisuus-

den vuoksi. Tavallisesti rakennushankkeessa tehdään noin 5-10 tehtäväsuunnitelmaa riippuen kohteen koosta ja kohteelle asetetuista vaatimuksista. Tehtäväsuunnitelma laaditaan sellaisista työvaiheista, jotka ovat [9, s.15; 10, s.8.]:

- Aikataulullisesti merkittäviä eli pitkäkestoisia tai työmaan muita tehtäviä tahdistavia siten, että tehtävien eteneminen on tärkeää koko työmaan aikataulun toteutumiseksi. Tällainen voi olla esimerkiksi sisävalmistusvaiheen töitä tahdistava tasoitetyö.
- Taloudellisesti merkittäviä eli tehtävissä on paljon kustannuksia kiinni. Esimerkiksi runkotyövaihe on tällainen.
- Vuosikorjauksissa virhealtiiksi todettuja tehtäviä, joissa on ollut eniten korjaustöitä vuosikorjauksissa.

Suunnitelman laatiminen voi tulla kyseeseen myös, jos työvaiheelle on asetettu erityisiä vaatimuksia. Näissä tilanteissa tehtäväsuunnittelulla pyritään varmistamaan laatuvaatimusten saavuttaminen. Esimerkkeinä voidaan mainita pintatyöt, joissa valmis pinta jää näkyviin ja virheet on vaikea korjata. Tämän lisäksi tehtäväsuunnitelma saattaa olla tarpeellinen, jos suoritetaan työvaiheita, joita ei ole toteutettu aiemmin tai työryhmä tekee kyseisiä tehtäviä harvoin. Tällaisessa tapauksessa tehtävä pyritään suunnittelemaan mahdollisimman virheettömäksi. [9, s.15; 10, s.8.]

### 2.2.2 Tehtäväsuunnittelun vaiheet

Tehtäväsuunnittelussa yhden tehtävän toteuttaminen suunnitellaan kokonaisvaltaisesti ja riittävän tarkasti, jotta tehtävän toteutus täyttää sille asetetut tavoitteet ja vaatimukset. Samalla varmistetaan, että tehtävä toteutuu häiriöttä. (kuva 3.) [10, s.8.]

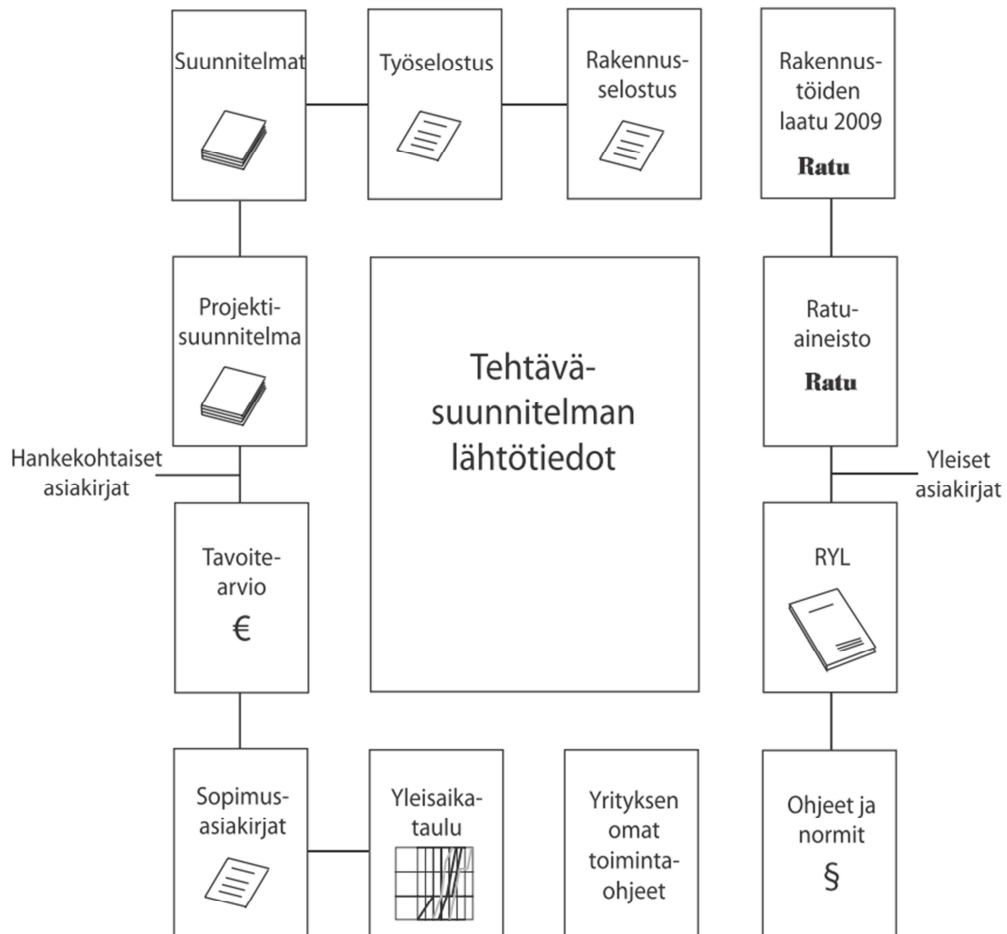


Kuva 3. Tehtäväsuunnitelman eri vaiheet [10, s.9].

Kuvassa 3 on määritelty tehtäväsuunnittelun eri vaiheet, jotka tulee tarkastaa tehtäväsuunnitelmaa tehdessä. Ensimmäisenä tulee tarkistaa aikatavoitteet, jotta työ on mahdollista toteuttaa suunniteltuun aikatauluun. Kustannustavoitteet tulee muodostaa ja tarkastaa, jotta kustannukset riittävät tehtävälle. Tehtävälle tulee määrittää laatuvaatimukset, joita noudatetaan tehtävää suorittaessa ja ennaltaehkäistä potentiaalisia ongelmia. Lisäksi tulee etsiä keinoja, joilla edellä mainittujen asioiden tulos varmistetaan. Tämän jälkeen luetteloidaan työkalut, materiaalit ja tarvikkeet, joita tarvitaan tehtävän toteuttamisessa sekä varmistetaan niiden saatavuus, jottei työ viivästy ja kustannukset ylity näiden takia. Toiseksi viimeisenä asiana varmistetaan vielä työturvallisuus tehtävän toteutukselle tapaturmien välttämiseksi ja lisäksi tulee pohtia logistiset ratkaisut, jotta tehtävä saadaan turvallisesti ja nopeasti toteutettua.

### 2.2.3 Tehtäväsuunnitelman lähtötiedot

Tehtävälle asetettuja tavoitteita ja vaatimuksia on hankekohtaisissa asiakirjoissa, kuten yleisaikataulussa, tavoitearviossa ja suunnitelmissa sekä yleisissä asiakirjoissa, kuten viranomaismääräyksissä ja lainsäädännössä (kuva 4.).



Kuva 4. Tehtäväsuunnitelman lähtötiedot [8, s.7].

Yllä olevassa kuvassa 4 on esitetty lähteitä, joista saadaan lähtötietoja tehtäväsuunnitelman tekemiseen. Yrityksellä saattaa olla myös omia vaatimuksia, jotka pitää ottaa huomioon, kuten esimerkiksi hyväksi todettuja työmenetelmiä tai materiaaleja, jotka löytyvät yrityksen toimintajärjestelmästä. Kuvassa esitetyjä tavoitteita ja vaatimuksia käytetään tehtäväsuunnittelun lähtötietoina ja niiden perusteella luodaan tehtävän ajalliset ja rahalliset tavoitteet sekä selvitetään sen laatuvaatimukset. Tehtäväsuunnitel-

massa pyritään myös pohtimaan mahdollisia ongelmia, jotka saattavat estää tehtävän toteutuksen suunnitelman mukaan. [8, s.7; 13, s.8.]

Taloudellinen tavoite nähdään panospohjaisesta tavoitearviosta, joka tehdään kaikista kohteista. Tavoitearviossa rakennustehtävät on jaettu eri osiin ja pilkottu töihin sekä materiaaleihin. Hintatiedot on myös määritelty jokaisesta kohdasta erikseen. Tehtävän taloudellisissa tavoitteissa on määritelty, kuinka paljon on varattu rahaa tehtävään ja eritelty kustannukset materiaali- ja työkustannuksiin.

Määrälaskija on etukäteen laskenut piirustuksista materiaalien määrät sekä työryhmän ja hinnoitellut tehtävän sen mukaisesti. Tehtäväsuunnittelussa työnjohtajan tulee tarkistaa nämä tiedot, jotta ne täsmäävät sen hetkiseen tilanteeseen. Näin pystytään reagoimaan nopeasti, mikäli näyttää siltä, että määrät eivät täsmää. (kuva 5.)

Tavoitearvio					
Panosuuttelo					
As Oy Esimerkki					
Tavoitelittera	Selite	työryhmä	Määrä yks	€/yks.	€
5642 Parkettiasennus	Parkettiasennus		2632 m2		
	Työlaji: Kirvesmies	1	395 h	35,00	13825
	Työkustannukset yht.				13825
	Materiaali: Parketti		2764 m2	22,00	60808
	Materiaali: Parketin alusmateriaali		2764 m2	1,00	2764
Materiaalikustannukset yht.				63572	
Tehtävän kustannukset					77397

Kuva 5. Parkettiasennuksen tavoitearvio. Kuva: Jan Lund.

Yläpuolella olevassa kuvassa on parkettineliömääräksi laskettu 2632 m<sup>2</sup> sekä arvioitu, että kirvesmiehellä menevä aika työnsuorittamiseen on 395 tuntia. Näin ollen työkustannukseksi on saatu 13 825.00 €. Seuraavaksi on laskettu materiaalien määrät. Kuten yllä olevasta kuvasta huomataan, materiaalien määrät on laskettu suuremmaksi kuin asennettavien määrä, koska materiaalista syntyy aina hukkaa. Parketille ja parketin

alusmateriaalille on varattu 2764 m<sup>2</sup>. Parketin on arvioitu maksavan 22.00 €/m<sup>2</sup> ja alusmateriaalille 1.00 €/m<sup>2</sup>. Kun neliöhinta kerrotaan määrällä, saadaan kustannukset materiaalista. Kuvassa on varattu parketille 60 808.00 € ja alusmateriaalille 2764.00 €. Näin ollen materiaalien kustannuksiksi saadaan yhteensä 63 572.00 €. Tehtävän kokonaiskustannukset saadaan, kun materiaali- ja työkustannukset lasketaan yhteen ja näin parkettiasennuksen kokonaishinnaksi saadaan 77 397.00 €.

Ajalliset tavoitteet ovat yleisaikataulussa, joka on laadittu ennen rakennustöiden alkamista. Yleisaikataulussa koko rakennusprojekti on pilkottu tehtäviin ja siitä saadaan selville tehtävän aloitus ja lopetusajankohta tehtäväsuunnitelman pohjaksi.

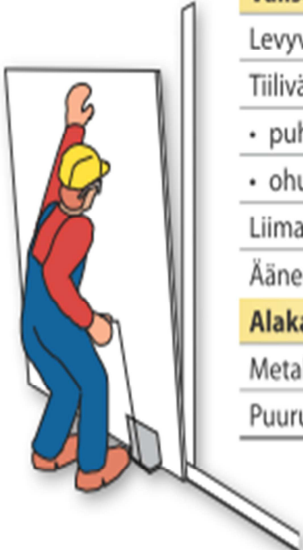
Laatuvaatimukset saadaan sopimusasiakirjoista ja suunnittelijoiden tekemistä suunnitelmista. Tehtävän laatuvaatimukset jaetaan materiaalivaatimuksiin, työmenetelmiin liittyviin vaatimuksiin, valmiin työn mittatarkkuus- ja sijaintivaatimuksiin sekä valmiin työn ulkonäkövaatimuksiin.

#### 2.2.4 Aikataulutavoite

Hankkeen alussa laaditusta kaikki rakennusvaiheen tehtävät kattavasta yleisaikataulusta saadaan tehtävän suunniteltu aloitus- ja lopetusajankohta, jota käytetään tehtäväsuunnittelun lähtötietoina. Ratu-kortisto on kerännyt tietoa työmenekeistä ja työsaavutuksista, jotka keskiarvolta pitäisi saavuttaa vuorokaudessa tai tunnissa. [8, s.11; 10, s.11.]

Kuvassa 6 on esitetty kevyiden väliseinien ja alakattojen työsaavutukset ja menekit, jotka saavutetaan tietyllä työryhmällä. Ratussa olevia tietoja vertaamalla yleisaikatauluun saadaan hyvä arvio siitä, kuinka paljon tarvitaan resursseja, jotta tehtävä saadaan toteutettua aikataulutavoitteiden puitteissa. [8, s.11; 10, s.11.]

<b>Kevyet väliseinät ja alakatot</b>			
	Työryhmä RAM + RM	Työmenekki tth/yks	Työsaavutus yks/tv
<b>Väliseinät</b>			
Levyväliseinä	1 + 1	0,36	44 m <sup>2</sup>
Tiiliväliseinä			
• puhtaaksimuurattu	1 + 1	1,17	14 m <sup>2</sup>
• ohutsaumamuurattu	1 + 1	0,54	30 m <sup>2</sup>
Liimattu harkkoviäliseinä	1 + 1	0,65	25 m <sup>2</sup>
Ääneneristysvilloitus	1 + 0	0,08	100 villa-m <sup>2</sup>
<b>Alakatot</b>			
Metallirunko, alakatto	2 + 1	0,40	60 m <sup>2</sup>
Puurunko, levykatto	2 + 1	0,70	34 m <sup>2</sup>



Kuva 6. Kevyiden väliseinien ja alakattojen työsaavutukset ja menekit [11].

Yllä olevassa kuvassa on esimerkiksi levyväliseinä 0,36 tth/yks. Tällä tarkoitetaan, kuinka monta m<sup>2</sup> työryhmällä, joka on tässä tapauksessa 1 RAM + 1 RM eli yksi rakennusammattimies ja yksi rakennusmies, pystyy asentamaan kipsilevyväliseinää tunnissa. Kuvassa on myös työsaavutus, jolla tarkoitetaan, kuinka monta m<sup>2</sup> levyväliseinää pystytään asentamaan päivässä. Ratu-kortistosta saatavat luvut ovat viitteellisiä. Toinen työryhmä saattaa asentaa levyväliseinää enemmän päivässä ja toinen ryhmä taas vähemmän.

Kun tiedetään tehtävän laajuus yksikköinä, kuten esimerkiksi kevyiden väliseinien neliömetrit, voidaan verrata yleisaikataulun työmenekkiä Ratu-kortiston työmenekkeihin kaavalla 1. Tämän avulla saadaan selvitettyä työn kokonaistyömenekki eli kuinka kauan työryhmällä teoriassa kestää toteuttaa tehtävä.



$$\text{Kokonaistyo} \text{menekki (tth)} = \text{määrä (yks)} \times \text{työmenekki (tth/yks)} \quad (1.)$$

Mikäli halutaan saada selville, kuinka suuri työryhmä tarvitaan toteuttamaan tehtävä tai mikä on tehtävän kesto vuorokausina tietyllä työryhmällä, voidaan laskea ne kaavoista 2 ja 3.

$$\text{Työryhmä (tt)} = \frac{\text{Kokonaistyo} \text{menekki (tth)}}{\text{Työn kesto (tv)} \times 8 \text{ h/tv}} \quad (2.)$$

$$\text{Työn kesto (tv)} = \frac{\text{Kokonaistyo} \text{menekki (tth)}}{\text{Työryhmä (tt)} \times 8 \text{ h/tv}} \quad (3.)$$

Kaavoissa tt on työntekijöiden lukumäärä, tth on työntekijätunti, tv on työvuoro ja yks on yksikkö, esim. kpl tai m<sup>2</sup>

Laskennallisesti saadun työn keston perusteella saadaan tarkasteltua yleisaikataulun realistisuutta. Mikäli yleisaikataulussa on varattu vähemmän aikaa kuin laskennasta saatu kesto, pystytään reagoimaan nopeasti, jos näyttää siltä, että yhdellä työryhmällä ei päästä asetettuun tavoitteeseen. Liian suuri työryhmä saattaa aiheuttaa ongelmia ja työ ei etene niin nopeasti kuin laskelma antaa ymmärtää. Pienessä yksiössä ei voi esimerkiksi työskennellä montaa väliseinämiestä tai laatoittajaa samanaikaisesti, koska kaikille ei riitä tilaa työskennellä yhtä aikaan. Lisäksi urakoitsijalla tai aliurakoitsijalla ei välttämättä ole käytössään tarpeeksi resursseja yhdelle työmaalle, jos heillä on useampia urakoita käynnissä samanaikaisesti. [8, s.11.]

Tehtäville suunnitellaan selkeät ajalliset välitavoitteet, joiden yhteen laskettu kesto on sama, mikä yleisaikataulussa on määritetty kokonaisaikatauluksi. Välitavoitteissa tulee ottaa huomioon työkohteiden määrän vaihtelut sekä työkohteen haasteellisuus. Välitavoitteiden avulla nähdään suoraan, pitääkö resursseja lisätä, jotta pysytään tavoitteessa. [8, s.2.]

### 2.2.5 Kustannustavoite

Kustannustavoitteen tarkoituksena on seurata tehtävän kustannuksia, jotta ne eivät menisi yli tavoitearvion. Tavoitearviossa on määritetty kullekin tehtävälle tietty määrä rahaa ja sitä ei saisi ylittää, jotta projekti pysyisi kustannustavoitteessa. Ennen tehtävän alkamista verrataan tavoitearviota aliurakkatarjouksiin, tehdään hintavertailua tavaramoimittajien kanssa materiaaleista sekä kysellään vuokrakaluston hintoja. Näistä saaduilla tiedoilla saadaan selville, ovatko tehtävän kustannukset ali- tai ylimitoitettu sen

käytännön toteutukseen nähden. Tarkoituksena on siis selvittää, saadaanko tehtävä toteutettua siihen varatulla summalla. [8. s. 14–15.]

Kustannuksia laskettaessa voidaan myös etsiä keinoja, joilla tehtävä voitaisiin suorittaa edullisemmin. Kustannusten näyttäessä menevän yli asetettujen tavoitteiden, pyritään tekemään ratkaisuja, joilla kustannukset saataisiin pidettyä tavoitearviossa. Tällaisia keinoja ovat esimerkiksi työryhmän koon, materiaalin tai kaluston muuttaminen. Kustannussäästöjä etsittäessä ei kuitenkaan saa tinkiä työn laadusta tai työturvallisuudesta. [8. s. 14–15.]

Tehtävän kustannustavoitteet kootaan tavoitearviosta tehtävän sisältöä vastaavana, aikataulun avulla tarkistettuna ja suunniteltuja aliurakkarajoja noudattaen (kuva 7.). Kokoamisen tarkoituksena on varmistaa, että tehtävä on toteutettavissa tavoitearvion osoittamin kustannuksin. Tavoitearviossa työpanosten menekki- ja hintatietoina on käytetty yrityksen laskentatiedoston arvoja sekä tuotantoratkaisuja, logistisesta ratkaisusta ja työmenetelmistä on tehty oletuksia. Ensimmäisen työkohteen valmistuessa pystytään tarkentamaan työmenekki sekä nähdään, mihin suuntaan kustannukset ovat kehitymässä. Tarvittaessa etsitään keinoja tehtävän suorittamisen nopeuttamiseksi. [10. s. 12 – 13.]

Tavoitearviosta koottu kustannustavoite						
Panosluettelo						
As Oy Esimerkki						
Tavoitelittera	Selite	työryhmä	Määrä yks	€/yks.	€	
5642 Parkettiasennus	Parkettiasennus		2632 m2			
	Työlaji: Kirvesmies	1	395 h	35,00	13825	
	Työkustannukset yht.					13 825,00 €
	Materiaali: Parketti		2764 m2	22,00	60808	
	Materiaali: Parketin alusmateriaali		2764 m2	1,00	2764	
Materiaalikulut yht.					63 572,00 €	
Tehtävän kustannukset					77 397,00 €	



Tarkistettu kustannustavoite					
Panos	määrä	tth/yks.	h	€/h	€
<b>Työkustannukset</b>					
Työlaji: Kirvesmies	2632	0,15	395	35	13818
Työkustannukset yht.					13 818,00 €
<b>Materiaalikulut</b>					
Materiaali: Parketti			2764 m2	18,50	51134
Materiaali: Parketin alusmateriaali			2764 m2	0,80	2211,2
Materiaalikulut yht.					51 134,00 €
Tehtävän kustannukset					64 952,00 €

Kuva 7. Tavoitearvio. Kuva: Jan Lund.

Yllä olevassa kuvassa on vertailtu tavoitearviossa arvioitua kustannusta tämän hetkisiin kustannuksiin. Tavoitearviossa tehtävän kokonaiskustannukseksi on saatu 77 397,00 €. Tarkistetuissa kustannuksissa on kysytty tarjouksia eri toimittajilta sekä urakoitsijoilta, jotta saadaan mahdollisimman pienet kustannukset tehtävälle. Työkustannukset ovat pysyneet samoina tavoitearvioon verrattuna, mutta parketista on saatu 3,5 €/m<sup>2</sup> sekä alusmateriaalista 0,2 €/m<sup>2</sup> alennusta ja näin ollen saatu tehtävän todelliseksi kustannukseksi 64 952,00 €.

Tehtävän kustannukset saattavat osoittautua liian tiukoiksi tai virheellisiksi muuttuneiden materiaalihintojen, määrälaskentavirheen tai virheellisen työmenekkidotuksen vuoksi. Mikäli virhe lisää kokonaiskustannuksia, on mietittävä eri toteutustapoja tai halvempia materiaalivaihtoehtoja, jotta kokonaiskustannukset saataisiin tavoitearvion tasolle. [10, s.13.]

Tehtäväsuunnittelussa tehtyjä kustannusarvioita voidaan hyödyntää, kun vertaillaan aliurakoitsijoiden antamia tarjouksia. Kustannusarvion avulla saadaan tieto siitä, onko saatu tarjous kohtuullinen. [8, s.15.]

Kustannuksia ja työtunteja voidaan seurata kertyneistä laskuista sekä käytettyjen materiaalmäärien perusteella. Työn aikana kustannusten kertymistä valvotaan seuraamalla materiaalimenekkiä, aikataulua, kertyviä tunteja ja tuotantonopeutta. Mahdollisiin poikkeamiin, kuten liian suuren materiaalimenekkiin, tuotantonopeuden tai kertyvien tuntien määrään pystytään reagoimaan ajoissa. [8, s.15.]

Kustannusten seuranta on yhteydessä aikatauluun. Aikataulutavoitteiden ylittyminen saattaa johtaa viivästyssakkoihin, jotka vaikuttavat kustannuksiin ja näkyvät vasta tehtävän päätyttyä kustannuksissa. [8, s.15.]

#### 2.2.6 Laadunvarmistus

Tehtävälle asetetut laatuvaatimukset on esitetty tilaajan sopimusasiakirjoissa ja työselostuksessa. Näissä asiakirjoissa on yleensä viittauksia yleisiin laatuvaatimuksiin, kuten esimerkiksi RYL-sarjaan, Ratu-laaturakenteeseen tai normeihin ja ohjeisiin. Lisäksi myös materiaaleille on määritetty omat laatuvaatimukset. Näistä vaatimuksista vastaa kuitenkin tavarantoimittaja. [10, s.13.]

Tehtävän laatuvaatimuksista tehdään yhtenäinen työsuoritusohje, jonka tarkoituksena on torjua ennalta toteutuksen ja työn ohjauksen puutteet sekä virheet. Samalla huomataan suunnitelmissa olevat puutteet, virheet ja ristiriitaisuudet sekä tarvittaessa pystytään tarkistamaan laatuvaatimuksia suunnittelijoilta. Varsinkin asiakirjoissa olevat viittaukset tulee tarkistaa huolellisesti, koska tuotestandardit ja työ- sekä asennustapoja käsittelevät ohjeet uusiutuvat muutamien vuosien välein. Työsuoritusohjeet laaditaan yleensä yhdessä työntekijöiden tai aliurakoitsijan kanssa. Niissä sovitaan tarvittavat laadunvarmistuskeinot ja vastuut. Yleisimmät asiat, jotka löytyvät työsuoritusohjeesta ovat [10, s.14.]:

- Mitkä ovat käytettävät työmenetelmät?
- Mitä materiaaleja käytetään?
- Mikä on valmiin työn laatu?
  - tasaisuus

- mittatarkkuus
  - limitykset
  - aukkojen paikat
  - yms.
- Miten työturvallisuus varmistetaan?
  - Miten huolehditaan kohteen siisteydestä?

Liitteessä 1. on NCC:llä käytössä oleva lomakepohja laadunvarmistukseen, jota käytetään malliasennuskatselmuksessa. Laatuvaatimukset, jotka löytyvät pohjasta, koskevat työn lopputuloksen mittoja ja toleransseja sekä ominaisuuksia ja ulkonäköä. Valmis pohja muokataan kohteen ominaisuuksien mukaan ja siihen lisätään asioita, jotka tulee erityisesti ottaa huomioon. Pohja käydään läpi aliurakoitsijan tai työntekijän kanssa ennen työvaiheen aloittamista, jotta työntekijät ovat tietoisia tehtävän laatuvaatimuksista. [10, s.14.]

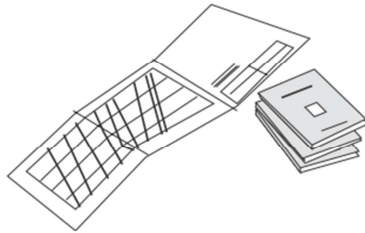
#### 2.2.7 Tehtävän toteutuksen suunnittelu

Ennen tehtävän aloittamista on otettava monia eri asioita huomioon, kuten kuvassa 8 on esitetty [18, s.16].

### Tehtävän suorittamisen edellytyksiä

#### Suunnitelmat ja sopimukset

- luvat
- ajantasaiset piirustukset
- työntekijöiden perehdyttäminen



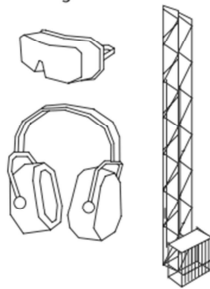
#### Työkohteen valmius

- edeltävien töiden valmius
- alustan laatu
- sopivat olosuhteet koko tehtävän ajan



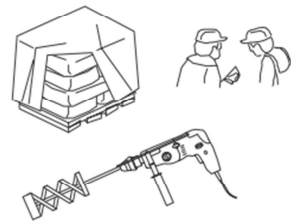
#### Työturvallisuus

- henkilökohtaiset suojaimet
- putoamissuojaus
- teline- ja nosturitarkastukset



#### Tarvittavat resurssit

- työryhmän riittävyys
- materiaalit
- koneet ja laitteet



Kuva 8. Tehtävän suorittamisen edellytykset [8, s.7].

Edellytyksiä työn toteuttamiselle ovat mm:

- Ajantasaiset ja toteutuskelpoiset suunnitelmat
- Edellisen työvaiheen valmius
- Sopivat olosuhteet
- Riittävät resurssit
- Hyvä työturvallisuustaso.

Hyvät tehtävän suorittamisen edellytykset luovat pohjan tehtävän sujuvalle ja turvalliselle läpiviennille. Tehtäväsuunnitelmassa on mietittävä keinot edellytysten varmistamiseksi.

miseksi sekä määritettävä vastuuhenkilöt, jotka pitävät huolen siitä, että edellytykset täyttyvät. Lisäksi edellytyksiä työntoteuttamiselle on pidettävä yllä tehtävän loppuun saakka. Tehtäväsuunnitelmaan kirjataan ne edellytykset, jotka ovat tärkeitä tehtävän suorittamiseksi.

Tehtävätoteutuksen suunnittelulla on tarkoitus turvata tehtävän aloitus yleisaikataulussa suunniteltuna ajankohtana, etsiä uusia toimintatapoja tai selvittää valitun toimintatavan yksityiskohdat sen ollessa uusi. Tehtävän toteutuksen suunnittelussa tehdään muistilista, joka sisältää työhön tarvittavat [10, s.18.]:

- Koneet ja laitteet
- Työvälineet
- Materiaalit, rakennustarvikkeet
- Tarveaineet ja pientarvikkeet.

Esimerkkinä taulukossa 1. on esitetty kalusto-, työväline ja materiaalisuunnitelma, joka tuo esille asioita, joita tarvitaan elementtiasennuksessa.

Tehtävän toteutuksen suunnitteluun kuuluu myös materiaalien varastoinnin ja varastointipaikan sijainnin sekä toimituserien kokojen ja niiden työkohteeseen siirtämisen suunnittelu. Lisäksi pitää suunnitella jäteastioiden sijoituspaikat ja tehtävään liittyvät turvallisuustoimenpiteet sekä arvioida työntekijöiden suojarusteiden tarve. [10, s.18.]

Taulukko 1. Kalusto-, työväline- ja materiaalisuunnitelma [13, s.10].

<b>Materiaalit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seinäelementit, pilarit, palkit, laatat, muut elementit</li> <li>• Asennuspalat, laudat, soivot, vanerit</li> <li>• Saumateräkset, sidelangat, juotosbetoni, hitsauspuikot, hitsausla-put</li> <li>• Nauloja, erikoiskiinnikkeitä</li> <li>• Puutavaraa, mineraalivillaa, bitumihuopakaistaa, tiivistenauhaa, saumausvaahtoa, kuumasinkittyjä nauloja, kiinniketulppia, ruuveja, värinauhaa.</li> </ul>
<b>Nosto- ja siirtokalusto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työkohteen nostokalusto esim. torni-, autonosturi</li> </ul>
<b>Mittauskalusto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektroniset ja optiset mittauskojeet, pitkä vesivaaka, pitkä mitta, linjalankaa, luotinaru, merkintävälineet.</li> </ul>
<b>Asennuskalusto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kirvesmiehen normaali varustus</li> <li>• Runkonaulain, pöytäsiirkeli, porakone ja teriä.</li> <li>• Nostokalusto, nostoraksit, liinat, turvaköydet</li> <li>• Elementtitelineet, aluspuut ja -levyt välivarastointia varten</li> <li>• Asennuskanget, kiintoavain, sisäkierreankkurit, elementtituet, kiinnikkeineen, tikkaat, työtasot.</li> <li>• Betonipumppukalusto, kottikärryt, betonimylly, lapiot</li> <li>• Vesiletkut ja -astiat, petkele, purkurauta</li> </ul>
<b>Siivous- ja suojaus- kalusto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jäteastiat, harja, lasta ja lapio</li> <li>• Suojakaiteet, lippusiimat, suojapeitteet</li> </ul>
<b>Suojavarusteet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suojakypärä, turvajalkineet, suojakäsineet, kuulosuojaimet, hengityssuojaimet, suojavaatetus, turvavaljaat</li> </ul>

Elementtiasennus on yksi työmaan suurimmista yksittäisistä työvaiheista. Elementtiasennuksessa tulee ottaa paljon pieniä asioita huomioon, jotta työ edistyy suunnitellusti ja tarvikkeita on saatavilla koko ajan. Taulukko 1. on esimerkki elementtiasennuksen kalusto-, työväline ja materiaalisuunnitelmasta. Yllä olevassa taulukossa on käyty



läpi lähes kaikki materiaali ja kalusto, mikä tarvitsee ottaa huomioon elementtiasennuksessa. Huomioon tulee ottaa materiaalit, nosto- ja siirtokalusto, mittauskalusto, asennuskalusto, siivous- ja suojauskalusto sekä suojarusteet.

### 2.2.8 Työturvallisuus

Työsuojeluhallinnon sivuilla kerrotaan, että rakentaminen on tilastojen valossa yksi vaarallisimpia työaloja. Tapaturmataajuus on noin 90 tapaturmaa miljoonaa työtuntia kohti, kun vastaava luku teollisuudessa on noin 50. Syinä työtapaturmiin ovat työn fyysinen kuormittavuus, hankalat työasennot sekä jatkuvasti muuttuva työympäristö yhdessä muuttuvien sääolosuhteiden kanssa. Vakavia työtapaturmia sattuu paljon ja ne syntyvät yleensä putoamisen tai tikastyöskentelyn seurauksena. Yleisiä tapaturmanaiheuttajia ovat kaatumiset, kompastumiset sekä ulkoneviin esineisiin osumiset. [23.]

Hyvä turvallisuusjohtaminen edellyttää riskien hallintaa. Jokainen rakennushanke ja -työmaa poikkeaa toisistaan. Olosuhteet, työntekijät ja työmenetelmät vaihtuvat rakennustyömaalla toisin kuin vakituksessa työkohteessa, kuten esimerkiksi teollisuuden alalla. Riskien toteutumista voidaan ehkäistä arvioimalla riskit yritystasolla ja rakennushankekohtaisesti, varautumalla riskeihin ja valitsemalla turvalliset toimintatavat. Riskien arviointi on osa työturvallisuussuunnittelua. Siinä tunnistetaan tehtävään liittyviä vaaroja, arvioidaan riskit sekä pohditaan toimenpiteet riskien poistamiseksi. Riskien hallinnalle on ominaista järjestelmällinen selvitys kaikista riskeistä ja pyrkimys niiden vaikutusten vähentämiseen. [12, s.11.]

Työturvallisuuslaki (738/2002) velvoittaa jokaisen työnantajan selvittämään ja tunnistamaan työhön liittyvät haitta- ja vaaratekijät. Asetuksen (426/2004) mukaan vaarojen tunnistaminen tulee tehdä osana rakennushakkeen tuotantosuunnittelua. [12. s.11.]

Myös työntekijälle on työturvallisuuslaissa asetettu työturvallisuuteen liittyviä velvoitteita. Työturvallisuuslain 19 §:n mukaan työntekijän on viipymättä ilmoitettava työnantajalle ja työsuojeluvaltuutetulle työolosuhteissa tai työmenetelmissä, koneissa, muissa työvälineissä, henkilönsuojaimissa tai muissa laitteissa havaitsemistaan vioista ja puutteellisuuksista, jotka voivat aiheuttaa haittaa tai vaaraa työntekijöiden turvallisuudelle tai terveydelle. Työntekijän on kokemuksensa, työnantajalta saamansa opetuksen ja ohjauksen sekä ammattitaitonsa mukaisesti ja mahdollisuuksiensa mukaan poistettava havaitsemansa ilmeistä vaaraa aiheuttavat viat ja puutteellisuudet. Työntekijän on teh-

tävä edellä tarkoitettu ilmoitus myös siinä tapauksessa, että hän on poistanut tai korjannut kyseisen vian tai puutteellisuuden. [24.]

Työnantajalle asetetut työturvallisuusvaatimukset koskevat asioita, joita työn turvallinen toteuttaminen edellyttää. Tehtäväsuunnitelman työturvallisuusosiossa mietitään, millaisia vaaroja suunniteltava tehtävä sisältää ja mitä ne voivat toteutuessaan aiheuttaa työn suorittajalle, ympäristölle tai muille työntekijöille. Turvallisuusvaatimukset koskevat muun muassa [8, s.18.]:

- Kaivantojen tukemista tai luiskausta
- Nostoja ja putoamissuojausta
- Telineiden ja koneiden käyttöönottotarkastuksia
- Henkilökohtaisia suojaimia
- Tulitöiden järjestämistä
- Vaarallisten aineiden käsittelyä
- Suojausta ja siivousta.

Työn aikana tulee valvoa, että tehtäväsuunnitelmassa suunniteltuja turvallisuusvaatimuksia, kuten henkilökohtaisten suojavälineiden tai valjaiden käyttöä, noudatetaan. Työturvallisuusasiat tuodaan esille viikoittaisissa palaverieissa ja huomautetaan asiasta työn aikana työntekijälle, joka ei noudata työturvallisuusvaatimuksia. Työmaan olosuhteiden, esimerkiksi sääolojen muuttuessa tarkistetaan, että kaikki riskitekijät on otettu huomioon ja toimitaan niiden toteutumisen ehkäisemiseksi. [8. s.21.]

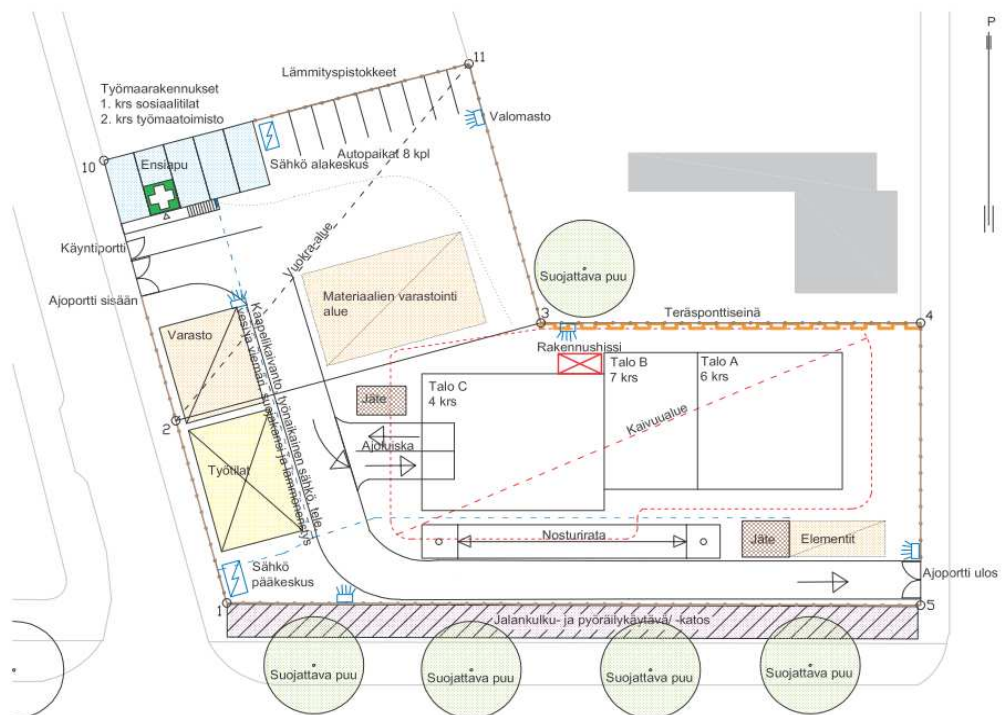
### 2.3 Aluesuunnitelma

Aluesuunnitelma on yksi tärkeä osa tehtäväsuunnittelua. Työmaan aluesuunnitelma on pääurakoitsijan laatima suunnitelma työmaan järjestystä ja sujuvaa toimintaa varten. Aluesuunnitelma on työmaan sisäisten ja ulkoisten logistiikkajärjestelyjen sekä työtur-

vallisuuden suunnitelma. Aluesuunnitelma laitetaan esille ilmoitustaululle, jotta kaikilla työmaalla työskentelevillä on mahdollisuus katsoa sitä. [13, s.1-2.]

Aluesuunnitelman tarkoituksena on varmistaa, että työmaan toiminnot ja niiden vaatimat järjestelyt suunnitellaan mahdollisimman sujuviksi rakentamisen eri vaiheissa. Tehävänsuunnittelun yhtenä olennaisena osana on muun muassa varastointipaikkojen, nosturin ulottuvuuksien, jätelavojen paikkojen sekä toimisto- ja sosiaalilojen sijaintien suunnittelu. [13, s.1-2.]

Rakennustyömaan aluesuunnitelma laaditaan kirjallisena (kuva 9.). Työnjohtaja tai työmaainsinööri tekee aluesuunnitelman vähintään maarakennus-, perustus- ja runko- sekä sisätyövaiheista. [13, s.2.]



Kuva 9. Aluesuunnitelma kolmirappuiselta kerrostalotyömaalta [14, s.4].

Aluesuunnitelmaa laadittaessa selvitettäviä, suunniteltavia ja aluesuunnitelmaan merkittäviä asioita ovat [14, s.5-7]:

### *Työmaa-alueen rajausta ja erotusta*

Kaupunki- ja muilla tiheästi asutuilla alueilla työmaa-alue olisi rajattava ja erotettava hankeasiakirjojen ja viranomais määräysten mukaisesti. Yleensä rakennustyömailla on käytössä metalliaidat. Työmaalla tulee myös olla työmaataulu näkyvällä paikalla, esimerkiksi sisään tulon yhteydessä.

### *Työmaatilat*

Työmaatoista tulee tehdä suunnitelma sen perusteella, kuinka moni työntekijä sekä toimihenkilö käyttävät työmaatoja ja valita tämän perusteella toimisto-, sosiaali- ja varastotilojen tarve. Suunnitelmassa määritetään myös työmaatojen paikka työmaa-alueelta tai ulkopuolelta kuitenkin siten, ettei matka työmaalta työmaatoihin ole liian pitkä ja reitti on turvallinen kulkea. Työmaatilat olisi pyrittävä myös sijoittamaan lähelle työnaikaisten vesi-, viemäri- sähkö- ja tietoliikenneliittymien liitoskohtia.

### *Liikenneväylät ja kulkutiet*

Työmaan tiet tulisi tehdä riittävän leveiksi ja kantaviksi. Rekkoja ja muuta raskasta liikennettä varten järjestetään työmaa-alueelle kääntöpaikat tai läpiajo- tai kiertoreitti, mikäli tämä on mahdollista. Suunnitelmassa olisi myös huomioitava, ettei työmaatie osu tulevien kaapeli- ja kanaalikaivantojen päälle. Aluesuunnitelmaan merkitään lisäksi ajoteiden kuorma- ja korkeusrajoitukset. Työmaa-alueelle, työmaarakennuksiin ja rakennettavaan kohteeseen suunnitellaan onnettomuuksien ja tulipalojen varalle poistumis- ja pelastautumistiet, jotka merkitään työmaan aluesuunnitelmaan.

### *Työmaan jätehuoltojärjestelyt*

Työmaalle suunnitellaan jätehuoltojärjestelmä, jonka keräys- ja lajittelualueille sekä lajittelupisteille ja jäteastioille varataan työmaa-alueelta sijoituspaikat, jotka merkitään kunkin työvaiheen aluesuunnitelmaan.

### *Työmaan nosto- ja siirtojärjestelyt*

Torninosturille ja sen radalle varataan suunnitelmassa keskeinen paikka riippuen tienkin myös nosturin nostokyvystä sekä piirretään aluesuunnitelmaan nosturin ulottu-

vuus. Lisäksi on varmistettava, että nosturin maapohja on tarpeeksi kantava ja tarvittaessa vahvistetta sitä. Henkilö- ja tavarahissien sijoittamista varten kartoitetaan hissien tarve sekä määritetään niiden sijoituspaikat työmaalla. Samalla varmistetaan myös maapohjan kantavuus ja vahvistetaan sitä tarvittaessa sekä pohditaan hissien tuentaa. Tärkeää on myös suunnitella turvalliset kulkutiet nostureille ja hisseille.

#### *Purku-, lastaus- ja varastointialueet*

Rakennustarvikkeiden vastaanottoa, kuormien purkua ja lastausta varten työmaalle suunnitellaan riittävä määrä keskeisellä paikalla olevia purku- ja lastauspaikkoja, joista tavarat voidaan jakaa työmaan sisäisiin siirroin työkohteisiin. Purku- ja lastauspaikoille varataan nosto- ja siirtokoneille sekä siirtolaitteille riittävästi liikkumistilaa. Purku- ja lastauspaikat sijoitetaan työmaavarastojen ja varastoalueiden läheisyyteen, mikäli tämä on mahdollista. Rakennustarvikkeiden työmaasäilytystä ja -varastointia varten kartoitetaan varastoinnin tarve ja suunnitellaan varastoalueiden koot sekä paikat työmaalla. Palaville nesteille ja kaasuille varataan eristetyt säilytys- ja varastopaikat. Tämän lisäksi räjähdysaineille varataan eristetyt ja lukitut säilytys- ja varastopaikat.

#### *Työmaan suojaukset ja tilavaraukset*

Työmaa-alueella olevat kaivannot tulee tukea, mikäli on sortumisvaara. Kaivantojen ja jyrkänteiden reunat suojataan aidan tai muun vastaavan kiinteän suojarakenteen avulla. Työmaa-alueella oleva säilytettäväksi suunniteltu maapohja ja kasvillisuus, esimerkiksi suojattavat puut, ojat, kalliot, jyrkänteet sekä rakennukset erotetaan tai suojataan aitaamalla tai muita suojarakenteilla. Työmaa-alueella olevat erikoisrakenteet, kuten ilmassa olevat sähkö- ja voimalinjat, maan alla olevat kaapelit ja putkistot merkitään, erotetaan ja suojataan aitaamalla, suojarakenteilla tai muulla tavalla.

#### *Työmaan työnaikaiset vesi, viemäri, sähkö ja tietoliikenne -järjestelmät*

Aluesuunnitelmassa selvitetään olemassa olevat liittymät ja niiden riittävyys työmaan tarpeisiin. Siinä suunnitellaan uusien linja- ja putkiasennusten, kaapelointien ja sähkökeskusten sijoituspaikat työmaalle. Myös työmaa-alueen valaistuksen järjestelyt pyritään suunnittelemaan.

### *Työtilat ja -alueet*

Suunnitelmassa määritetään esimerkiksi raudoitus-, kirvesmies- ja talotekniikkatöiden työskentelytilojen ja -alueiden sekä lähivarastotilojen tarve, koot ja paikat työmaa-alueella. Lisäksi suunnitellaan työtilojen kulkutiet ja varustelut sekä merkataan ensiapupisteiden ja palosammuttimien paikat.

#### 2.4 Työhön perehdyttäminen

Perehdyttäminen sisältää kaikki ne toimenpiteet, joiden avulla uusi työntekijä oppii tuntemaan työpaikkansa, sen tavat, ihmiset ja työnsä sekä siihen liittyvät odotukset. Työnopastus koskee kaikkia, myös jo pitempään työssä olleita työntekijöitä. [27, s.1.]

Työnopastukseen käydään läpi kaikki ne asiat, jotka liittyvät itse työn suorittamiseen. Tällaisia asioita ovat [27, s.1]:

- Työkokonaisuus eli mistä osista ja vaiheista työ koostuu
- Mitä tietoa ja osaamista työ edellyttää
- Työhön liittyvien koneiden ja välineiden käyttöön perehdyttäminen
- Työhön liittyvien terveys- ja turvallisuusvaarojen läpikäynti
- Työntekijän perehdyttäminen työn turvalliseen tekemiseen.

Työhön perehdyttäminen tarvitsee tehdä työpaikan koosta tai toimialasta riippumatta. Perehdyttäminen tulee tehdä kaikille henkilöstöryhmille unohtamatta esimiehiä, toimistohenkilöstöä, palvelu- ja aputoimintoja tai vuokratyöntekijöitä. [27, s.2.]

Työhön perehdyttäminen tarvitsee tehdä aina, kun [27, s.4.]:

- Työ on tekijälleen uusi
- Työtehtävät vaihtuvat

- Työmenetelmät muuttuvat
- Otetaan käyttöön uusia koneita, laitteita tai materiaaleja
- Työ toistuu harvoin
- Työpaikalla sattuu tapaturma tai havaitaan ammattitauti
- Annetussa perehdytyksessä havaitaan puutteita
- Havaitaan virheitä toiminnassa.

Työhön perehdyttäminen on tärkeä toimintatapa ennakoivaan työsuojeluun, siksi perehdytys tulee perustua työn vaarojen selvittämisestä saatuihin tietoihin. Työssä tai työympäristössä havaitut vaarat ja vaaratilanteet on poistettava tai vaaroja vähennettävä jo ennen työn aloittamista. Mikäli vaaroja jää jäljelle tulee antaa niistä erityistä opastusta kiinnittämällä huomiota vaarojen tunnistamiseen ja menettelytapoihin vaaratilanteiden ennalta ehkäisemiseksi. Hyvään perehdyttämiseen kuuluu turvallisten toimintatapojen korostaminen ja työssä mahdollisesti esiintyvien vaarojen esille tuominen. [27, s.4.]

## 2.5 Työvaiheen aloituspalaveri

Työvaiheen aloituspalaveri pidetään ennen työvaiheen alkamista tehtäväsuunnitelman laatimisen jälkeen. Työvaiheen aloituspalaveriin osallistuu yleensä tilaajan puolelta vastaava työnjohtaja sekä tehtävää hoitava työnjohtaja. Aliurakoitsijan puolelta aloituspalaveriin osallistuu heidän työnjohtaja, mutta olisi suotavaa, että myös työryhmän nokkamies olisi mukana palaverissa sopimassa tehtävään liittyvistä asioista. Aloituspalaverin tarkoituksena on varmistaa, että tehtävän kaikilla osapuolilla on yhtenäinen tavoite tehtävän suorittamiselle. Työnjohtaja on laatinut tehtävälle tavoitteet ja vaatimukset tehtäväsuunnitelmassa. [16, s.27.]

Aloituspalaverissa käydään läpi tehtävän [16, s.27.]:

- Sopimus
- Suunnitelmat ja piirustukset
- Aikataulu, työjärjestys ja työmenetelmät
- Liittyvät työt ja ongelmat
- Materiaalit ja kalusto
- Laatuvaatimukset ja laadunvarmistus sekä tehtävän erityispiirteet
- Jätteiden käsittely.

## 2.6 Tietomalli

### 2.6.1 Yleistä

Piirustus kertoo työnjohtajille enemmän kuin 1000 sanaa. Tietomalli kertoo vielä enemmän. Tietomalli on yksi tämän hetken lupaavimmista kehityksistä rakennusalalla. Tietomallin avulla rakennus pystytään rakentamaan virtuaalisesti ennen rakennusvaiheen alkamista. Rakennus muodostetaan tietokoneella virtuaalisista komponenteista hyödyntäen siihen tarkoitukseen kehitettyä työkalua rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Lopputuloksena saadaan kolmiulotteinen virtuaalimalli tulevasta rakennuksesta. Mallista voidaan helposti poimia muun muassa rakennustyömaalla hyödyllistä tietoa, kuten informaatiota rakenteista, materiaaliominaisuuksista, rakenteiden mitoista sekä määristä (kuva 10.). Virtuaalirakentamisen ansiosta suunnitelmat saadaan tehtyä tarkemmaksi ja ylimääräiset virheet karsitaan pois jo ennen rakennusvaiheen alkamista. Näin ollen suunnitelmat ovat tarkempia ja rakentamisaikaisen suunnittelun tarve jää pienemmäksi. [2, s.1.]





Kuva 10. As Oy Vantaan Soma Bertan tietomalli. Kuva: Jan Lund.

Kuvassa 10 tarkastellaan As Oy Vantaan Soma Bertan autohallin Sandwich-elementtiä. Klikkaamalla elementtiä ja viemällä hiiren sen päälle antaa se pikatietoja elementistä, kuten esimerkiksi elementtitunnuksen ja eristevahvuuden. Kuvassa on US12 tunnuksen elementti, jonka eristepaksuus on 120 mm.

Tietomallissa kaikki tieto on yhdessä tiedostossa, kun taas perinteisissä 2D-piirustuksissa tulee ottaa monta eri piirustusta ja selostusta esille, jotta saadaan esille sama informaatio. Eri osa-alueiden suunnittelijat kokoavat omat mallinsa yhteen tiedostoon, jotta heidän suunnitelmia voidaan tarkastella yhtäaikaaisesti. Tämä auttaa havaitsemaan virheitä, jos suunnitelmissa on ristiriitoja. Hyvänä esimerkkinä on törmäystarkastelu. Tietomallin avulla pystytään hahmottamaan helposti korkeudet sekä tasoerot, joita on vaikea hahmottaa 2D-piirustuksista. [3, s.7-10.]

Tietomallin päätavoitteena on tukea suunnittelun ja rakentamisen laatua, tehokkuutta ja turvallisuutta. Tavoitteena on myös hyödyntää mallia koko rakennuksen elinkaaren ajan alkaen suunnittelusta ja hyödyntäen sitä vielä rakennuksen ylläpidonkin aikana.

Mallin hyödyntämisen onnistumiseksi tulee sille asettaa tavoitteet. RT-kortistossa on listannut yleisiä mallille asetettuja tavoitteita, joita ovat [4, s.5.]:

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

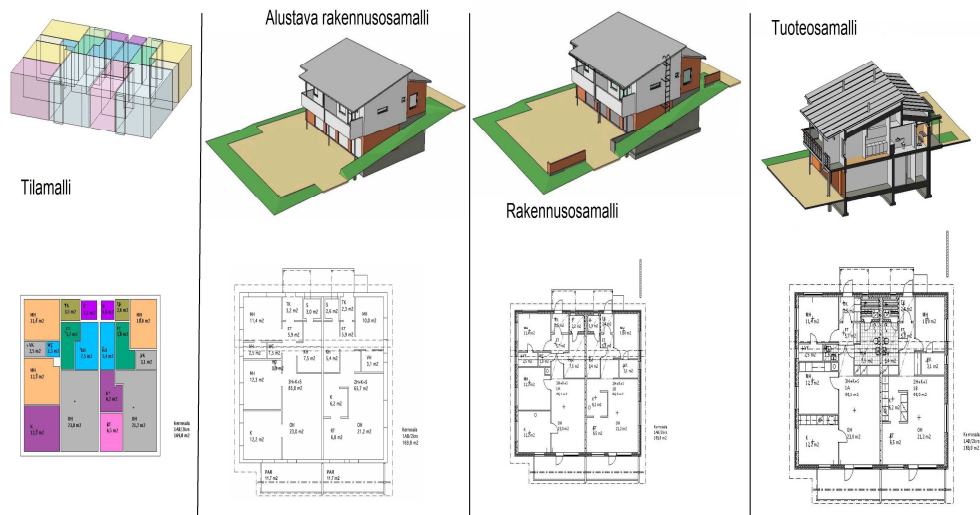
## 2.6.2 Rakennuksen tietomallit

### *Arkkitehtimalli*

Mikäli suunnitteluprosessi tehdään tietomallipohjaisesti, tulee arkkitehdin mallinnus olla mukana kaikissa suunnitteluvaiheissa. Arkkitehtimalli toimii pohjana kaikille muille malleille. Arkkitehtimalli on tehtävä teknisesti oikein kaikissa projektin vaiheissa, jotta muita malleja ei virheellisen arkkitehtimallin seurauksena mallinneta väärin. [5, s.2.]

Tietomallin vaiheistus kuvataan yleisellä tasolla ja sen käyttö projektissa riippuu suunnittelun ja rakentamisen prosessista (kuva 11.). Kaikissa suunnitteluprosesseissa ei käydä läpi jokaista vaihetta. Monissa projekteissa tilaaja tai suunnittelija on määritellyt etukäteen kohteessa käytettäviä suunnitteluratkaisuja. Tällöin tiedetään myös materiaalit, joita tullaan käyttämään hankkeessa. Tässä tapauksessa mallintaminen voidaan

aloittaa suoraan tuotesamallina tai alustavan rakennusosamallin, rakennusosamallin ja tuotesamallin yhdistelmällä, joten osa tuotteista on vaatimuksina, osa yleisinä tuotekuvauksina ja osa tuoterakenteina. [7, s.16.]



Kuva 11. Tietomallintamisen eri vaiheet suunnitteluprosessissa [7].

### *Tilamalli*

Arkkitehti aloittaa mallintamisen tarveselvitysvaiheessa laatimalla tilamallin. Se on karkea luonnos tulevasta rakennuksesta. Tilamallissa rakennus on jaettu toiminnallisiin tiloihin, kuten toimistoon, varastoon ja yleiseen alueeseen. Tavallisesti mallissa näkyvät ainoastaan tiloja rajaavat seinät sekä tilat. Kuten kuvasta 11 voidaan havaita, tilamallissa ei mallinneta edes ikkunoita, ellei haluta tehdä energiasimulointeja tilamallilla. Energiasimulointeja varten malliin tulee mallintaa ikkunat suurin piirtein oikeankokoisiksi sekä suuntaa antavaan sijaintiin. [5. s.7-8.]

### *Alustava rakennusosamalli*

Luonnosvaiheessa arkkitehti luo alustavan rakennusosamallin, jota rakennesuunnittelija ja sekä talotekniikkasuunnittelija voivat käyttää lähtötietona. Arkkitehti on saattanut luoda monta eri mallia erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja varten, joita eri suunnittelijat pystyvät hyödyntämään. Tietomallipohjaisen suunnittelun avulla pystytään jo varhaisemmassa suunnitteluvaiheessa hyödyntämään määrä- ja rakennusosatietoja. Tiedot ovat

kuitenkin tässä vaiheessa vielä ominaisuustietoja, kuten esimerkiksi ”teräsbetoni 2500 kg/m<sup>3</sup>” tai tietoa kohteeseen liittyvistä määräyksistä, joita on rakennusmääräyskokoel-massa tai rakennuskaavassa. Tiedot täsmentyvät suunnitteluprosessin edetessä tar-kemmiksi. [6, s.22; 7, s.23.]

Alustavassa rakennusosamallissa ei oteta kantaa esimerkiksi seinärakenteisiin. Laatat on piirretty yhtenäisiksi, elementtijakoja ei ole tehty ja aukotus on vain näkyvissä. Tar-kemmat julkisivudetaljit tai ikkunajaot esitetään ainoastaan, jos kohteen arkkitehtuuri-nen luonne vaatii sitä. [7, s.23.]

#### *Rakennusosamalli ja tuoteosamalli*

Tilamalli koostui nimensä mukaisesti eri tiloista, kun taas rakennusosamalli koostuu tilojen lisäksi rakennuksen kiinteistä osista, kuten portaista, laatoista, seinistä, ikkunois-ta ja ovista. Rakennusosamalli tehdään tässä vaiheessa mittatarkaksi. Kun malli jul-kaistaan suunnitteluprosessin aikana, vaikka kaikkien rakennusosien tietoja ei ole vielä tiedossa, tulevat rakennusosat nimetä vaikka Talo 80 -nimikkeistön mukaisesti. [5, s.10.]

Mallissa jokainen kerros rakennetaan omana kokoisuutena, joten esimerkiksi usean kerroksen korkuiset seinät ja tilat mallinetaan erikseen joka kerroksessa [5, s. 10].

Tuoteosamallissa loput suunnittelijat täydentävät ja tarkentavat rakennusosia toteutus-suunnittelua varten. Rakenteina käytetään tuotetoimittajien todellisia rakenteita vastaa-vaa tuotemalliosaa tuotetietoineen. [7, s.27.]

#### *Rakennemalli*

Rakennemalli tuo esille rakennuksen rungon ja sen tärkeimpiä rakenteita; teräs-, beto-ni- ja puurakenteita sekä niiden liitoksia rakennesuunnittelijan näkökulmasta. Raken-nemalli sisältää kantavat ja ei-kantavat betonirakenteet sekä muut rakenteellisesti mer-kittävät rakenteet tai ne rakenteet, joiden koolla ja sijainnilla on merkitystä muille suun-nittelijoille. Yleensä rakennemalli on tehty arkkitehdin lähtötietojen pohjalta, jotka voivat yksinkertaisimmassa tapauksessa sisältää vain rakennuksen geometriatiedot. Raken-teet tulee mallintaa sellaisina, kun ne todellisuudessa ovat. Esimerkiksi, jos pilari on 9 m korkea ja se menee kolmen kerroksen läpi, se mallinetaan ehjänä yhtenä pilarina.

Rakennemallin on oltava yhtäpitävä arkkitehtimallin kanssa. Pilareiden ja palkkien on kohdattava toisensa. Rakennejärjestelmässä ei saa olla epäjatkuvuuskohtia. [18, s.2-3.]

Seuraavaksi on listattu tyypillisiä asioita, joita mallinnetaan ainoastaan rakennemalliin [6, s.27.]:

- Betonirakenteiden raudoitukset
- Betonirakenteiden liitososat
- Puurakenteiden liitososat
- Metallirakenteiden liitososat
- Jännebetonirakenteiden punostiedot
- Nostoelimet
- Rakenneosien mitoitusmalli.

Rakennemallissa eri rakennusosien mallinnustarkkuus saattaa vaihdella. Kohteen mallinnustarkkuuteen vaikuttaa muun muassa seuraavat asiat [19, s.87.]:

- Määrätiedon tarve
- Kustannusmerkittävyys
- Erikoisrakenteet
- Rakenteiden haasteellisuus
- Hankintatapa
- Tuotantomenetelmä.

Rakennemallinnuksen mallinnustarkkuuden tarve tutkitaan ja päätetään aina kohdekohtaisesti. Rakennussuunnittelun alussa rakenneosille määritetään tarkkuustaso eri osapuolten tarpeiden kannalta. Merkittävimpänä rakennemallinnuksen mallinnustarkkuuteen vaikuttavana tekijänä on tiedon tarve. Se määrittää, mistä rakennusosista tarvitaan määrätietoa ja millä tarkkuudella. Määrätiedon tarpeeseen vaikuttaa kustannusmerkittävyys, hankintatapa sekä tuotantomenetelmä. Rakennemalli toimii arkkitehtimallia täydentävänä, koska siitä saadaan visualisuiden lisäksi tietoa rakennusosista sekä niiden määristä. [20, s.16.]

Tietomallista saatavia lisäarvoja rakennesuunnittelussa ovat esimerkiksi [6, s.11]:

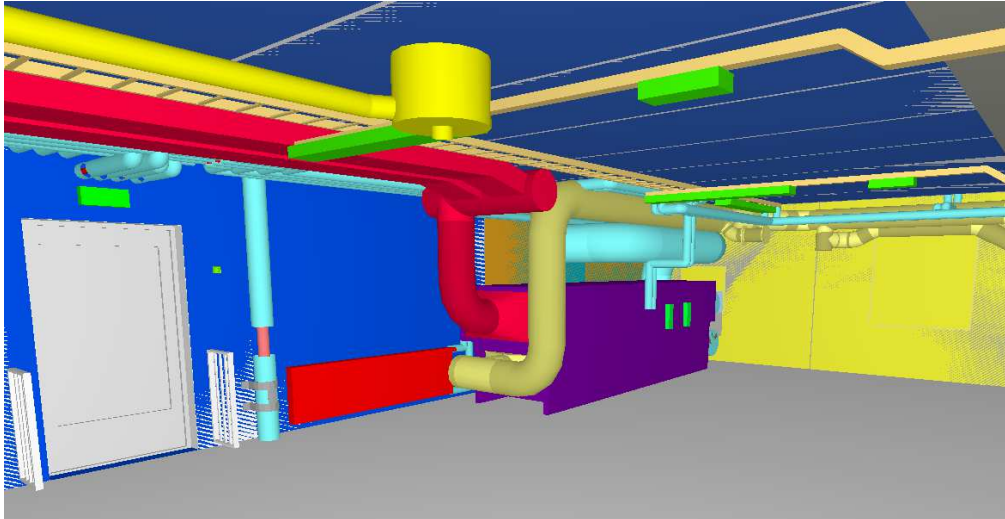
- Suunnitteluvirheiden väheneminen
- Suunnitelmien tarkistusmahdollisuuksien paraneminen
- Suunnitelmien havainnollisuuden ja ymmärrettävyyden olennainen paraneminen
- Suunnitelmien laatutason paraneminen ja yhdenmukaistuminen
- Suunnittelijoiden kustannustietoisuuden paraneminen
- Tietomallin sisältämän tiedon jatkohyödyntämisen paraneminen.

Tietomallin avulla voidaan rakennesuunnittelussa myös varmistua esimerkiksi siitä, että suunnitellut raudoitukset mahtuvat niille kuuluville paikoille rakenteisiin ja tarvittaessa voidaan tutkia niiden asennettavuus. Lisäksi suunnittelutyön tuloksena saadaan piirustuksia, raportteja, tarvikeluetteloita ja valmistustietoja aiempaa helpommin ja tarkemmin.

#### *Talotekniikkamalli*

Talotekniikkamallissa esitetään rakennuksen vesi- ja viemärijärjestelmät, ilmastointijärjestelmät, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät, sähkö- ja telejärjestelmät, palosammutusjärjestelmät sekä erikoisjärjestelmät, kuten esimerkiksi savunpoistojärjestelmä tai kes-

kuspölymurijärjestelmä. Talotekniikkajärjestelmät tulee mallintaa sellaiselle tarkkuustasolle, että ne voidaan asentaa tietomallin perusteella. Yhdistelmämallissa talotekniikkaobjektit tulee sijoittaa oikeassa korkeusasemassa, jotta voidaan tarkastella suunnitelmien yhteensopivuutta ja varmistaa, etteivät talotekniikkaobjektit törmää muihin rakenteisiin (kuva 12.). [22, s. 7-10.]



Kuva 12. As Oy Vantaan Kaunis Bertan mallinnettu LTO -kone. Kuva: Jan Lund.

As Oy Vantaan Kauniissa Bertassa oli käytössä LVIS -malli. Yllä olevassa kuvassa 12 on autohalliin sijoitettu LTO-kone sekä siihen liittyvää putkisto. Mallista eri urakoitsijat näkevät hyvin reittinsä, mitä pitkin heidän on asennettava putket sekä johdot. Tällä tavoin ennen työvaiheen alkamista eri urakoitsijat voivat sopia toistensa kanssa reitit putkille ja johdoille, jotta työt saadaan tehtyä kerralla valmiiksi.

Mallintamalla talotekniikkaa koskevat suunnitteluratkaisut tulevat mietityiksi tarkemmin ja näin ollen piirustuksista saadaan karsittua pois törmäyksiä rakenteisiin tai muihin talotekniikkaosiin. Kun putket ja muut komponentit on mallinnettu tarkalleen oikeisiin korkeusasemiin, voi arkkitehti tarkistaa yhdistelmämallista sen, etteivät putkilinjat kulje häiritsevissä paikoissa ja rakennesuunnittelija sen, ettei rakenteita ole lävistetty väärissä paikoissa. [20, s.36.]

Tietomallista saatavia lisäarvoja talotekniikassa [22, s.10]:

- Suunnitteluvirheet vähenevät

- Suunnitelmien havainnollisuus ja ymmärrettävyys paranevat huomattavasti
- Suunnitelmien laatutaso paranee ja yhdenmukaistuu
- Elinkaarikustannusten ja ympäristövaikutusten hallinta ja vaihtoehtojen vertailu
- Tietomallin sisältämän tiedon jatkohyödyntäminen paranee.

### *Yhdistelmämalli*

Yhdistelmämallissa on yhdistetty yhdeksi kokonaisuudeksi vähintään kahden suunnittelijan tietomallit, jotta voidaan tarkastella eri suunnittelijoiden malleja yhtäaikaisesti ja tutkia mallien sekä suunnitelmien yhteensopivuutta. Yleensä yhdistelmämallissa on arkkitehtimalli, rakennemalli ja talotekniikkamalli. Eri suunnittelijoiden osamallit harvoin linkittyvät yhdistelmämalliin, joten yhdistelmämalli tulee tehdä aina uudestaan, kun suunnitelmat ovat muuttuneet. Näin ollen yhdistelmämallit ovat niin sanotusti kertakäyttöluontoisia. [21, s.18.]

Kun useamman suunnittelijan suunnitelmat ovat yhtäaikaisesti nähtävissä, on siitä apua muun muassa suunnittelun ohjauksessa sekä suunnitelmien esittämisessä tilaajalle. Yhdistelmämallia voidaan käyttää hyväksi niin suunnitteluratkaisujen havainnollistamisessa kuin suunnitelmien törmäystarkasteluissakin. Yhdistelmämallin avulla pystytään havainnollistamaan suunnittelijoille ja rakentajille vaikeat paikat. Törmäystarkastelussa tarkastellaan talotekniikkaan kuuluvien putkistojen ja kanavien korkomaailmaa ja pyritään varmistamaan, etteivät ne osu toisiinsa. Tämän avulla löydetään monia yleensä vasta työmaalla havaittavia ongelmia jo hyvissä ajoin suunnitteluvaiheessa. [21, s.18–19.]

## 2.7 NCC Rakennus Oy:n tietomallin käytön nykytilan kartoitus

Tietomallin kehittämistä varten kartoitettiin haastattelemalla tietomallin käytön nykytilanne NCC:llä. Kartoituksen tarkoituksena oli selvittää asuntorakentamisen tietomallin ja tehtäväsuunnittelun osaamistaso, toimintatapoja ja -malleja. Kartoitus tehtiin haastattelemalla NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen yksikön tuotannossa työskentele-



viä henkilöitä. Haastateltavia oli yhteensä viisi kolmelta eri työmaalta. Haastattelut tehtiin marraskuu 2013 - tammikuu 2014 välisenä aikana.

Haastattelua varten oli laadittu haastattelulomake, joka jakautui kolmeen eri osa-alueeseen:

- Tehtäväsuunnitelmien ja työmaasuunnitelmien tekeminen työmaalla
- Tietomallin tuntemustaso työmaalla
- Tietomallin hyödyntäminen tuotannossa.

Tavoitteena oli selvittää tuotannon tämän hetkiset toimintamallit, tietämys tietomalleista, mielipide tietomallien jalkauttamisesta työmaalle ja se, miten tietomallia hyödynnetään tällä hetkellä tuotannossa. Haastattelulomakkeessa oli 12 avointa kysymystä.

Haastatteluissa tuli selkeästi esiin, ettei tehtäväsuunnitelmaa tehdä tarpeellisella laajuudella, vaikka tiedettiin, miten se kuuluisi oikeasti tehdä. Tämä tarkoittaa sitä, että tehtäväsuunnitelman paperit tehtiin ainoastaan auditointia varten eikä sitä varten, että olisi pohdittu tehtävän työturvallisuus-, aikataulu-, laatu- tai kustannusriskejä etukäteen niiden ennaltaehkäisemiseksi.

Haastateltavien mielestä NCC:n tulisi jalkauttaa enemmän tietomalleja työmaille, jotta tuotannossa työskentelevät oppisivat hyödyntämään tietomallia tehtävissään. Lisäksi kilpailevat yritykset saattavat mennä NCC:n edelle kehityksessä ja jopa löytää tietomallista hyötyjä, jolla saadaan painettua kustannuksia merkittävästi alaspäin.

Haasteluissa tuli myös selville, että tietomalleista, joita on tällä hetkellä käytössä NCC asuntorakentamisen työmailla, ei saada kaikkea tietoa, jota tarvittaisiin rakentamisessa. Suurin osa malleista on ainoastaan arkkitehtimalleja ja kyseisestä mallista työ saa ainoastaan visuaalista hyötyä, joka ei ole niin tärkeä kuin tieto rakenteista.

Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen yksikössä tulisi jalkauttaa rakennemalleja enemmän työmaille ja testata käytännössä tietomallin hyötyjä. Kaikissa kartoitetuissa osa-alueissa todettiin olevan kehitettävää:

- Tehtäväsuunnitelmien ja työmaasuunnitelmien tekeminen työmaalla
  - Työpäälliköiden ja vastaavien mestareiden tulisi valvoa, että tehtäväsuunnitelma tehdään työvaiheista, jossa on työturvallisuus, laatu, kustannus tai aikataulu riskit ovat merkittäviä
- Tietomallin tuntemustaso työmaalla
  - Tietomalleja tulisi viedä enemmän työmaille, jotta niitä osataan tulevaisuudessa hyödyntää
- Tietomallin hyödyntäminen tuotannossa.
  - Työmaille pitäisi järjestää enemmän yksityisopetusta mallinnusohjelmien käytöstä, jotta työmaaväki pääsisi kunnolla alkuun.

Päämääränä on yrityksen tietomallien hyödyntämistä koskevan ajattelu- ja lähentymistavan muuttaminen nykyaikaiseksi. Tavoitteena on kehittää toimitapoja, joita tuotanto pystyy hyödyntämään eri työvaiheissa lisäämättä heille entistä enemmän työtä. Jo tässä vaiheessa voidaan tuoda esille yksi konkreettinen toimintatapa, jonka avulla muutoista voitaisiin alkaa toteuttamaan. Jalkautustyössä hyödyksi voitaisiin käyttää esimerkiksi testiryhmiä. Eri työmaille voitaisiin suunnitella eritasoisia tietomalleja ja testiryhmät raportoisivat, mitä hyötyjä tietomallista on saatu sekä mitä lisäinformaatiota työmaa mahdollisesti olisi tarvinnut tietomallista, jotta työ olisi sujunut vielä paremmin.

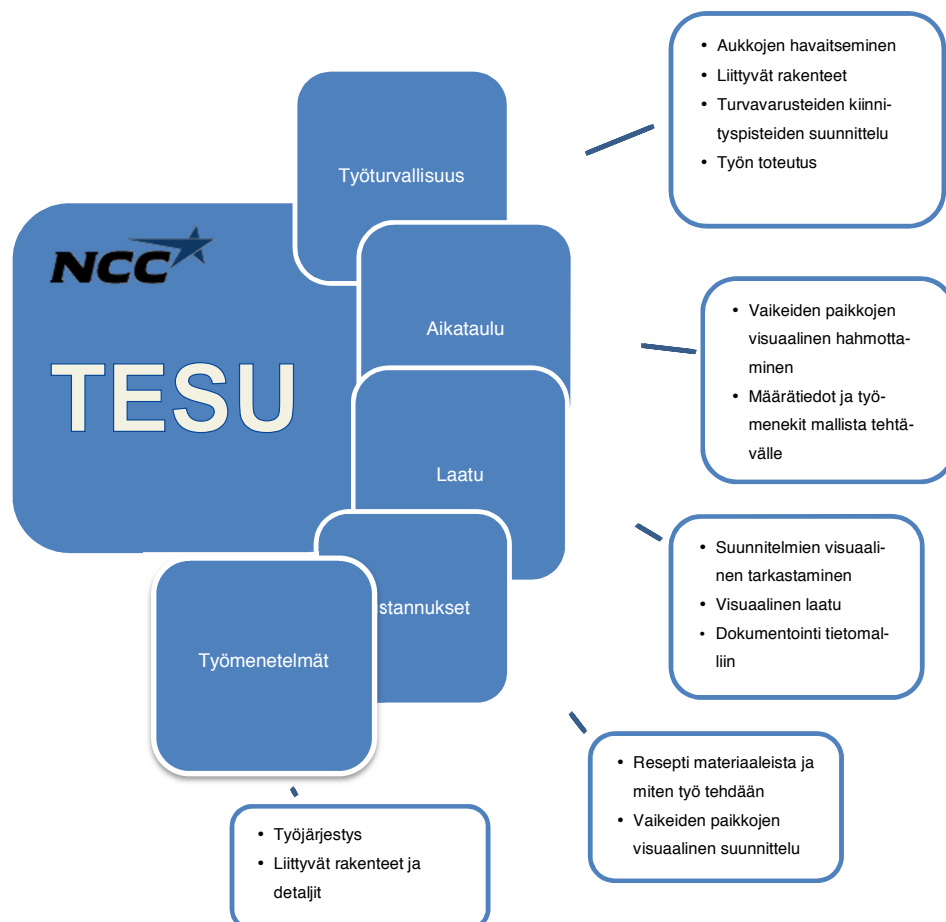
### **3 NCC:n tehtäväsuunnittelun toimintamalli**

Tässä luvussa kerrotaan, mitä lisähyötyjä tietomalli tuo tehtäväsuunnitteluun, tehtävänohjaukseen sekä dokumentointiin. Ensiksi voidaan todeta, että tietomallista saadaan enemmän hyötyä tehtäväsuunnittelussa kuin tehtävän ohjauksessa. Ohjausvaiheessa tietomalli on hyödyllisin aloituspalaverissa, koska siellä käydään läpi tietomallin avulla miten tehtävä on suunniteltu toteutettavaksi.

### 3.1 Tietomallin hyödyntäminen tehtäväsuunnittelussa

Tietomallia hyödynnettäessä tehtäväsuunnittelu ei eroa sisällöltään mitenkään periteisesti tehdystä tehtäväsuunnittelusta. Erona on, että tehtäväsuunnittelussa hyödynnetään tietomallista saatavia ominaisuuksia tehtäväsuunnittelun tukena. Tietomallista saatavan visuaalisuuden avulla huomataan monia toteutuskelvottomia kohtia ja siitä saatavien määrien avulla saadaan määritettyä tehtävälle tarkat työ- ja materiaalmäärät (kuva 13.).

Tietomallipohjaisessa tehtäväsuunnittelussa tehdään aluesuunnitelmat, putoamis- suojasuunnitelmat sekä muut visuaaliset suunnitelmat 3D-muodossa. 3D-suunnitelmien avulla pystytään antamaan työn toteuttajalle visuaalinen kuva työn toteutuksesta ja siihen liittyvistä riskeistä.



Kuva 13. Tehtäväsuunnittelun toimintamalli tietomallia hyödynnettäessä.

Tehtäväsuunnitelmaa tehtäessä tarkistetaan hyvissä ajoin tietomallipohjaiset suunnitelmat ja ilmoitetaan suunnittelijalle, mikäli löytyy toteutuskelvottomia, riskialttiita tai työturvallisuusriskin sisältäviä kohtia. Näin saadaan vähennettyä työaikaista suunnittelua ja ennaltaehkäistyä työssä piileviä riskejä.

Tehtäväsuunnitelman avulla on tarkoitus poistaa riskejä, joita ovat työturvallisuus, aika-tila, laatu sekä kustannukset. Tietomallin avulla näitä piileviä riskejä pystytään ennaltaehkäisemään siitä saatavan visuaalisuuden ja malliin syötetyn tiedon avulla.

### *Työturvallisuus*

Tietomallin avulla työturvallisuutta voidaan parantaa:

- Suunnittelemalla sekä mallintamalla tehtävän toteutus
- Suunnittelemalla ja mallintamalla eri työvaiheissa tarvittavat turvallisuusjärjestelyt ja käytettävät varusteet
- Havainnoimalla visuaalisesti mahdolliset tehtävään liittyvät työturvallisuusriskit
- Varmistamalla, että tehtävä on toteutettavissa turvallisesti ja tarvittaville turvavälineille on suunniteltu ja mallinnettu kiinnityspisteet.

Kaikista työturvallisuusratkaisuista tulee vielä tehdä havainnolliset dokumentit sekä viedä informaatio työn toteuttajille asti.

Kun tehtävä suunnitellaan tietomallin avulla, pystytään mallista havaitsemaan mahdollisia työturvallisuudelle riskialttiita paikkoja. Liittyvissä rakenteissa voi piileä työturvallisuusriskejä, jotka on pyrittävä ennaltaehkäisemään hyvissä ajoin jo ennen työvaiheen alkamista. Riskialttiita paikkoja ovat esimerkiksi aukot, yli 1 m:n pudotukset, holvit ja vesikatot. Kun kyseiset kohdat nähdään visuaalisesti tietomallista, auttaa se työnjohtoa sekä työntekijöitä ottamaan kriittiset paikat huomioon ja järjestämään niihin asianmukaisen suojauksen. Tietomallin avulla saadaan suunniteltua turvakaiteet, aukkosuojat, valjaiden kiinnityspisteet ja turvaverkot 3D-suunnitelmaksi, josta työntekijän on helppo toteuttaa suunnitelma.

### *Aikataulu*

Tietomallin avulla pystytään hahmottamaan vaikeita paikkoja ennen tehtävän alkua ja näin ollen pystytään varaamaan tehtävälle enemmän aikaa ja välttämään ennalta odottamattomat viivästykset.

Tietomallista saatavien määrätietojen ja työmenekkien avulla pystytään luomaan määriin perustuvia aikatauluja. Kun tehdään aikataulua tietomallista saaduista määristä, voidaan määriä verrata määrälaskijan saamiin määriin.

### *Laatu*

Suunnitelmat pystytään tarkistamaan visuaalisesti tietomallin avulla. Mahdolliset ongelmakohdat havaitaan mallista visuaalisemmin ja ne saadaan korjattua ennen tehtävän toteuttamista. Näin ollen laatu saadaan pidettyä korkealla tasolla.

Tietomallin avulla pystytään esittämään työn toteuttajalle visuaalisesti, miltä työn lopputuloksen laadun tulee näyttää ja näin ollen työnjohtaja pystyy vaatimaan helpommin sitä työntekijältä.

Tietomalliin voidaan syöttää tietoa esimerkiksi materiaalin ominaisuuksista ja niiden asennusohjeista sekä pinnan tasaisuusvaatimuksista. Kun tietomalliin tallennetaan tietoa, ja se viedään yhteiseen verkkokansioon, on myös projektin muilla henkilöillä mahdollisuus tarkastella, miten tehtävä on ajateltu toteuttaa. Kun suunnitelma on saatavilla suurella yleisöllä, saadaan myös todennäköisesti karsittua virheitä, jotka ovat saattaneet syntyä ajatusvirheen tai työn suunnittelijan kokemattomuuden johdosta. Tällä hetkellä tehtäväsuunnitelmat ovat paperiversiona työmaalla eikä niihin pääse käsiin työmaan ulkopuolelta muuten, kun käymällä työmaalla. Tietomalliin tehdyn tehtäväsuunnitelmaa avulla pystytään myös valvomaan, että tehtäväsuunnitelmat tulevat tehdyksi.

### *Kustannukset*

Tietomallista saadaan ”resepti” eli informaatiotaulukko, joka kertoo, mitä kyseinen rakennusosa pitää sisällään. Reseptin avulla työnjohtaja pystyy suunnittelemaan tarvittavat materiaalit sekä työvälineet, joilla rakennusosa saadaan tehtyä suunnitelmien mu-

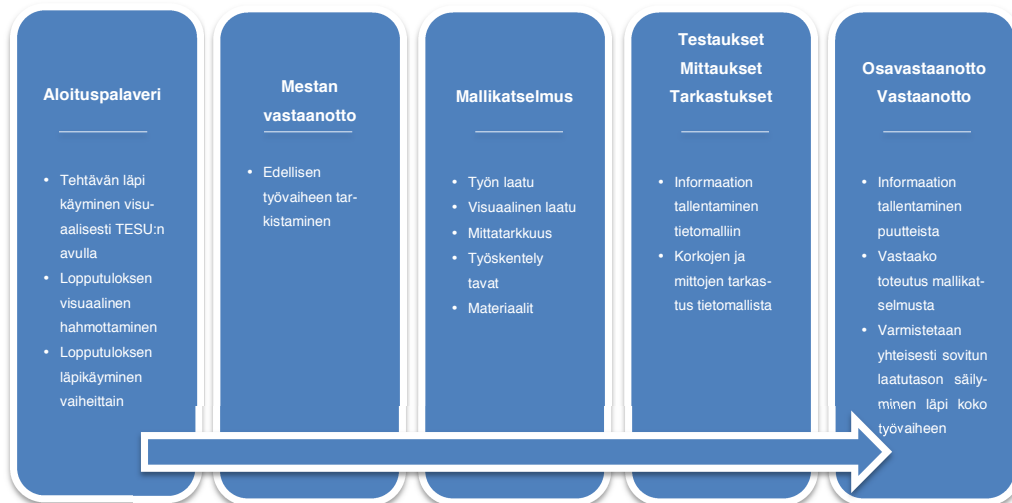
kaisesti. Suunnittelun hankinnan avulla saadaan nopeutettua työtä, koska tavaraa on aina saatavilla sekä materiaalien hukkamäärät pienenevät. Tällä tavoin saadaan painettua kustannuksia alas.

#### *Työmenetelmät*

Tietomallin avulla saadaan suunniteltua työjärjestys havainnollisesti. Tietomalli auttaa tehtävänsuunnittelijaa hahmottamaan tehtävän kokonaisuuden sekä siihen liittyvät osakohteet, jotka tulee ottaa huomioon tehtävää toteutettaessa.

Liittyvät rakenteet sekä rakennusosiin kuuluvat detaljit nähdään kokonaisuutena tietomallista. Työtä suunnitellessa joudutaan ottamaan monta eri 2D-piirustusta esille, jotta saadaan yhden tietyn kohdan liittyvät rakenteet ja rakennusosiin kuuluvat detaljin selvitettyä. Tietomallista nähdään kyseinen kohta kokonaisuutena sekä samalla nähdään, miten liittyvät rakenteet sekä detaljit tulee toteuttaa. Lisäksi nähdään, mitä vieressä on, ottamatta esille uutta suunnitelmaa, jonka joutuisi tekemään 2D-piirustuksia tarkastellessa. Tämän avulla myös saatetaan huomata seuraavassa työvaiheessa ilmenevä ongelma, mikäli työ toteutetaan suunnitelman mukaisesti.

### 3.2 Tietomallin hyödyntäminen työn aikana



Kuva 14. Tehtävän toiminnan dokumentointi NCC:llä.

#### *Aloituspalaveri*

Aloituspalaveri on toimintatapa, jonka avulla osapuolet sopivat työvaiheen kannalta keskeiset tavoitteet ja vaatimukset. Aloituspalaverissa käsitellään muun muassa työturvallisuus, aikataulut, resurssit, tekniset laatuvaatimukset, kalusto, materiaalit ja laadunohjaustoimenpiteet. Palaverin tarkoituksena on varmistaa työn häiriötön käynnistys, sujuvuus ja asetettujen laatuvaatimusten saavuttaminen.

Aloituspalaverin tukena käytetään tietomallia, josta pystytään visuaalisesti näyttämään tuleva tehtävän kokonaisuus vaihekohtaisesti, työn detaljit eli miten rakenteet tulevat liittymään toisiin rakenteisiin sekä pohtimaan yhdessä työryhmän kanssa sitä, kuinka he pystyvät toteuttamaan työn. Aloituspalaverissa tietomallista tarkastellaan tehtävään liittyviä työturvallisuusriskejä, toteutuskelvottomia tai hankalasti toteutettavissa olevia kohtia sekä entuudestaan huonoja kokemuksia detaljin toiminnasta. Suunnitelmissa havaitut puutteet ilmoitetaan suunnittelijalle, jotta tietomalli saadaan päivitettyä ajantasaiseksi. Hyvistä suunnitteluratkaisuista kannattaa myös ilmoittaa suunnittelijoille, jotta niitä osataan hyödyntää seuraavissa kohteissa. Lisäksi tietomallin avulla näytetään työntekijälle vaihekohtaisesti, miltä lopputuloksen tulee näyttää. Tietomallista saatavan todellisen näköisen kuvan avulla saadaan vähennettyä väärinymmärryksiä ja näin ollen työnteko etenee suunnitellusti.

### *Mestan vastaanotto*

Mestan vastaanotolla tarkoitetaan toimintatapaa, jolla varmistetaan alkavan työvaiheen esteetön aloitus. Mahdollisuuksien mukaan mesta pyritään luovuttamaan suoraan seuraavalle työvaiheelle.

Mestan vastaanotossa tietomallin avulla pystytään vertaamaan toteutunutta työtä tietomallissa olevaan työhön ja nähdään onko työ toteutettu suunnitellusti seuraavan työvaiheen toteuttamiseksi. Tietomallin avulla voidaan selventää seuraavalle työntekijälle, miten edellinen vaihe on tehty.

### *Mallikatselmus*

Mallikatselmus on toimintatapa, jonka avulla varmistetaan, että työsuoritus täyttää sille asetetut laatuvaatimukset ja valitut työmenetelmät ovat hyväksyttäviä. Malliasennus toimii vertailutasona töiden edetessä. Vaativimpien työvaiheiden osalta noudatetaan myös niin sanottua ensimmäisen työvaiheen katselmusmenettelyä ja työkohdekohtaisia jatkuvia katselmuksia tarvittavissa määrin. Mallikatselmuksessa käydään läpi tehtävän työn laatu, visuaalinen laatu, mittatarkkuus, työskentelytavat ja käytetyt materiaalit.

Tietomallin avulla tarkistetaan, että työn lopputulos näyttää samalta kuin tietomallissa on suunniteltu sekä työhön käytetyt materiaalit vastaavat suunnitelmassa määritellyjä materiaaleja. Lisäksi tarkistetaan, että suoritettujen työn mitat vastaavat suunnitelmien mittoja sekä työn detaljit on suoritettu suunnitelman mukaisesti, jotta vältetään seuraavassa työvaiheessa tulevia ongelmia väärin tehdyn työn takia.

### *Testaukset, mittaukset, tarkastukset*

Erityisten tarkastusten, mittausten ja testien avulla varmistetaan sekä todetaan tuotteiden teknisten laatuvaatimusten täytyminen. Lisäksi erillisillä testeillä voidaan todeta erilaisten käyttö- ja turvallisuusvaatimusten täytyminen. Testauksista saadut tulokset kirjataan tietomalliin, jotta tiedot ovat nopeasti saatavilla ja tallennettuna yhteen paikkaan. Suurin hyöty kirjatuista tuloksista saadaan rakennuksen käyttövaiheessa, kun kaikki tieto on tallennettu yhteen paikkaan. Varsinkin vuosikorjauksia tehtäessä papereita mittauksista, testauksista tai tarkastuksista ei tunnu löytyvän mistään, vaikka niitä tarvittaisiin.



### *Osavastaanotto ja vastaanotto*

Osavastaanotto on menettely, jonka avulla työvaihe vastaanotetaan määrättyltä rakennuksen osalta ja systemaattisesti varmistetaan yhteisesti sovitun laatutason säilyminen läpi koko työvaiheen.

Vastaanotossa koko työvaihe vastaanotetaan työn suorittajalta. Vastaanotossa todetaan osavastaanotot tehdyiksi ja niissä todetut virheet korjatuiksi.

Mikäli osavastaanotossa tai vastaanotossa havaitaan puutteita, kirjataan ne tietomalliin, josta ne voidaan käydä kuittaamassa pois, kun puutteet on korjattu. Tällä tavoin tietomalliin jää myös merkintä siitä, kuka on toteuttanut työn. Jos vuosikorjauksissa kyseisessä kohdassa havaitaan ongelmia, voidaan pyytää työntoteuttajaa korjaamaan virhe.

## **4 Tietomallin hyödyntäminen tehtäväsuunnittelussa**

Lopputyötä varten tehdyissä haastatteluissa tuli selville, että tietomallin hyödyntäminen on alkanut pikku hiljaa jalkautumaan NCC:n työmaille. Tietomalli ei kuitenkaan ole vielä jokapäiväisessä käytössä, sillä niitä ei laadita vielä jokaiseen kohteeseen. Yhtenä syytä tähän voi olla suunnittelijoiden taidon puute tietomallipohjaiseen suunnitteluun, vaikka niitä haluttaisiinkin hyödyntää työmaille laajemmin niiden tuomien hyötyjen takia.

Myös tuoreissa alan julkaisuissa on käyty keskustelua tietomallien hyödyntämisen potentiaalista. Professori Arto Kiviniemi kiinnitti Rakennuslehdessä julkaistussa mielipidekirjoituksessaan huomiota siihen, että suurin osa nuorista rakentajista on pelannut tietokonepelejä koko ikänsä, joten heidän kyky hahmottaa ja käyttää 3D-malleja on korkealla tasolla. Kiviniemen mukaan he jopa hahmottavat asiat paremmin 3D-mallista kuin 2D-piirustuksista. [25, s.2.]

Mallista saatavat hyödyt rakennustyömaalla [15, s.8]:

- Suunnitelmien havainnollistaminen
- Määrälaskenta

- Suunnitelmien yhteensovittaminen
- Työturvallisuuden ja rakennusalueen käytön suunnittelu
- Rakentamisaikataulun ja toteutumatilanteen esittäminen ja havainnollistaminen
- Asennus- ja työjärjestysten suunnittelu.

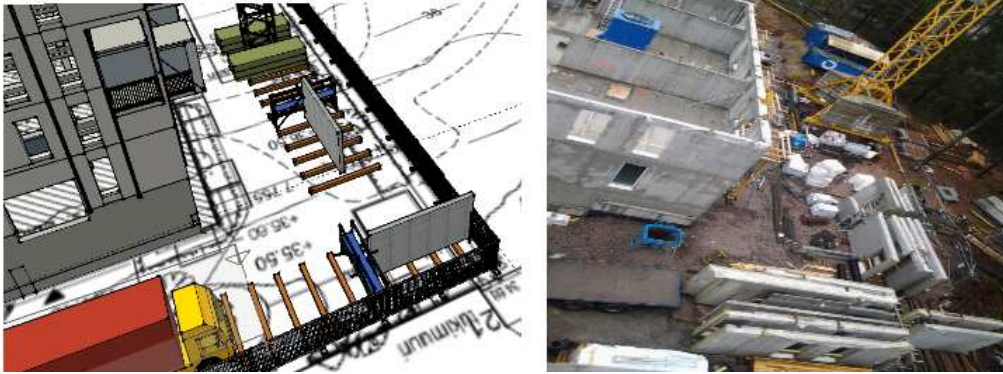
Tietomalleja tulisi suunnitella enemmän ja vaatia varsinkin nuoria rakennusalan osaajia käyttämään niitä, jotta osaaminen kehittyisi tietomallisaralta ja rakennusala pysyisi kehityksen mukana.

Seuraavissa luvuissa tuodaan esille testauksien kautta syntyneitä kehitystoimenpiteitä siitä, miten tietomalleja pystyttäisiin hyödyntämään monipuolisesti rakennustyömaiden tehtäväsuunnittelussa. Osioissa pyritään kiinnittämään huomiota etenkin tietomallin käyttämisestä syntyviin etuihin.

#### 4.1 3D-aluesuunnitelma

Aluesuunnitelma 3D-muodossa ei poikkea sisällöltään mitenkään perinteisestä 2D-suunnitelmasta. Ensin sovitaan 2D-suunnitelman tapaan ne työvaiheet, joista aluesuunnitelma tehdään ja esitetään tontti rakennuksineen sekä kaikki perinteisessä 2D-suunnitelmassakin vaadittavat työmaan väliaikaiset varusteet, kulkutiet ja tilavaraukset. 3D-aluesuunnitelmassa aluesuunnitelma tehdään näyttämään enemmän todellisuutta ja näin ollen varastot, rakennukset ja muut osat esitetään 3D-objekteina, mikä lisää tontin tilan hahmottamista. [15, s.5.]

Tällä hetkellä paras ja yksinkertaisin työkalu aluesuunnitelmien tekemiseen on SketchUp -ohjelma. SketchUp on yksinkertainen mallinnustyökalu ja sen avulla pystytään luomaan todella visuaalisia aluesuunnitelmia jo ennen kuin työvaihe on edes alkanut (kuva 15.).

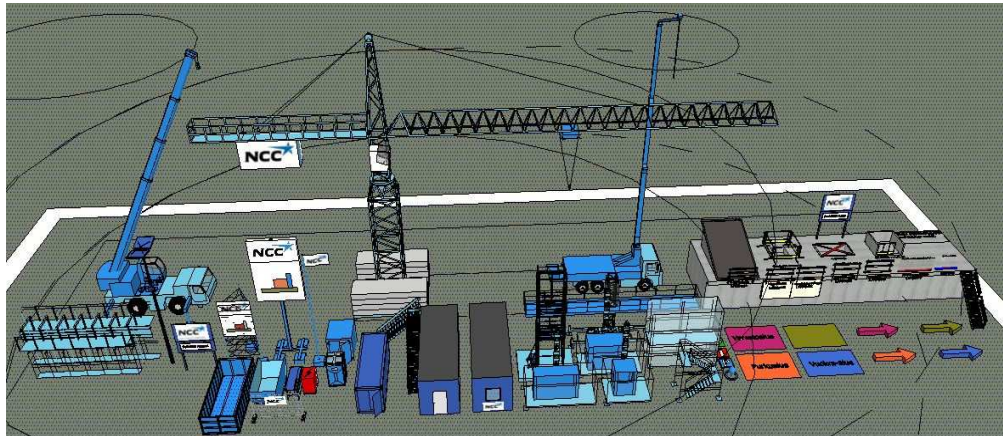


Kuva 15. As Oy Vantaan Soma Bertassa tehty aluesuunnitelma verrattuna toteutuneeseen tilanteeseen. Kuva: Jan Lund.

Kuvassa 15 näkyy kuorma-auto, kaksi kappaletta elementtitelineitä sekä torninosturin jalka näkyvissä. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on tehty 3D-aluesuunnitelma tulevas-  
ta työmaan elementtiasennusvaiheesta ja sijoitettu edellä mainitut tavarat työmaalle suunnitellusti, jotta työt saadaan suoritettua ilman ylimääräisiä ongelmia. Oikealla kuvassa on toteutunut tilanne suunnitellusta 3D-aluesuunnitelmasta. Kuvassa on kuorma-  
auto peruuttanut sille suunnitellulle paikalle, torninosturi on sijoitettu samalle paikalle, kun 3D-suunnitelmassa sekä elementtitelineet löytyvät myös niille suunnitellusta paikasta.

3D-suunnitelma auttoi As Oy Soma Bertan työmaata hahmottamaan ahtaan varastointitilan ja tekemään työstä toteutuskelvollisen. Nosturiobjekti näyttää ulottuvuussäteen ja tämän avulla pystyttiin sijoittamaan elementtitelineet ja elementtirekan paikat siten, että nosturilla oli mahdollista purkaa kuorma. Ulottuvuussäteen avulla pystyttiin tarkastamaan myös, että nosturilla riittää ulottuvuudet taaimmaiseenkin nurkkaan.

3D-aluesuunnitelman luonti on tehty todella yksinkertaiseksi. Jopa henkilö, jolla ei ole suurta osaamista tietokoneiden parissa oppii käyttämään ohjelmaa. SketchUpiin on luotu erilaisia komponentteja, joita vetämällä malliin saadaan luotua havainnollinen 3D-aluesuunnitelma (kuva 16.). Aluesuunnitelman toteuttaa työmaalla työmaainsinööri tai työnjohtaja.

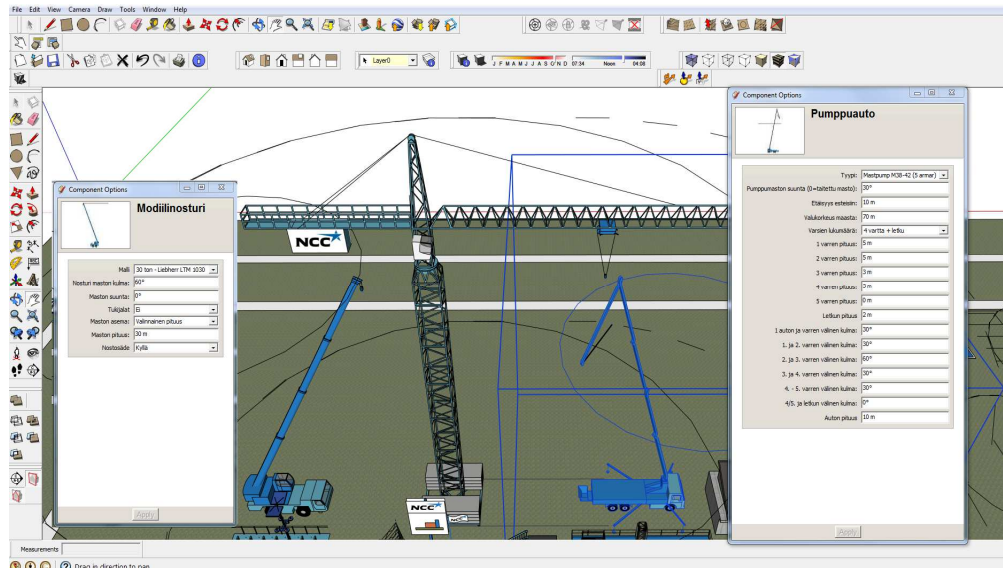


Kuva 16. NCC:n luomia SketchUp objekteja. Kuva: Jan Lund.

Yllä olevassa kuvassa on esitetty erilaisia komponentteja, jotka NCC:n VDC-tiimi on luonut kirjastoon kaikkien NCC:läisten käyttöön. Kirjastosta löytyviä komponentteja ovat:

- ajoneuvonosturi, torninosturi, betonipumppuauto
- telineet, erilaisia kaiteita, kuilusuojia sekä työmaa-aita
- nostolava, erilaisia työmaahissejä
- elementtiteline, roskalava, roskien nostoastia
- valomasto, sähkökeskus
- erikokoisia infotauluja, lipputanko
- ulkokäymälä, neljä erilaista työmaakonttia, portaat työmaakonteille
- ensiapu-, sammutin-, parkkipaikkakylttejä sekä vesipiste-merkintä
- varasto-, purku-, vuokra-alue-merkinnät sekä kulkusuunta-nuolia.

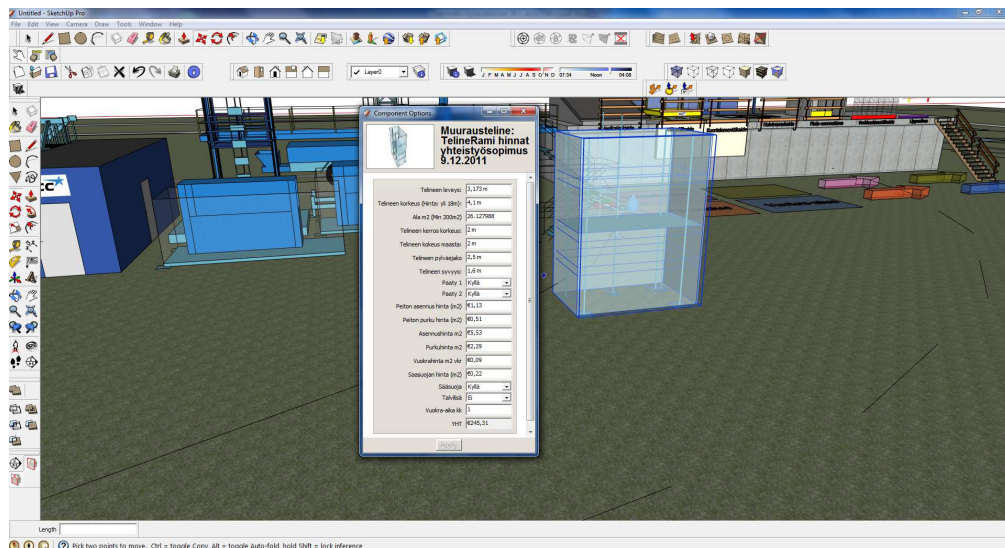
Komponenttien sisälle on luotu erilaista sisältöä, josta suunnitelman tekijä voi valita kohteelle sopivimmat asetukset. Ajoneuvonosturiin, torninosturiin sekä betonipumpuauton valikosta pystyy muuttamaan työkonetta kohteelle sopivaksi. (kuva 17.)



Kuva 17. Ajoneuvonosturin ja betonipumppuauton SketchUp valikko. Kuva: Jan Lund.

Kuvassa 18 on ajoneuvonosturin ja betonipumppuauton objektin sisälle luotu valikko, josta pystytään muokkaamaan objektin tyyppiä, mastojen kulmia, pituuksia ja suuntia, tukijalkoja sekä ajoneuvon mittoja. Tyyppivalikosta löytyy työmailla useimmin käytettyjä ajoneuvoja ja tyyppiä vaihtamalla ohjelma luo automaattisesti kyseisen ajoneuvonosturin kokoisen objektin. Valikosta muuttamalla ajoneuvonosturin maston kulmia ja pituuksia nähdään objektissa olevan säteen avulla laitteen ulottuvuudet ja näin ollen suunnitteluvaiheessa tulee jo ilmi mikäli kyseisellä laitteella ei riitä ulottuvuudet työn suorittamiseen tai jos laite ei mahdu kokonsa vuoksi suunnitellulle paikalle.

Telineiden sisälle on myös kätkeyty paljon informaatiota, ja sitä muokkaamalla saadaan telineet vastaamaan mahdollisimman lähelle todellisuutta (kuva 18.).

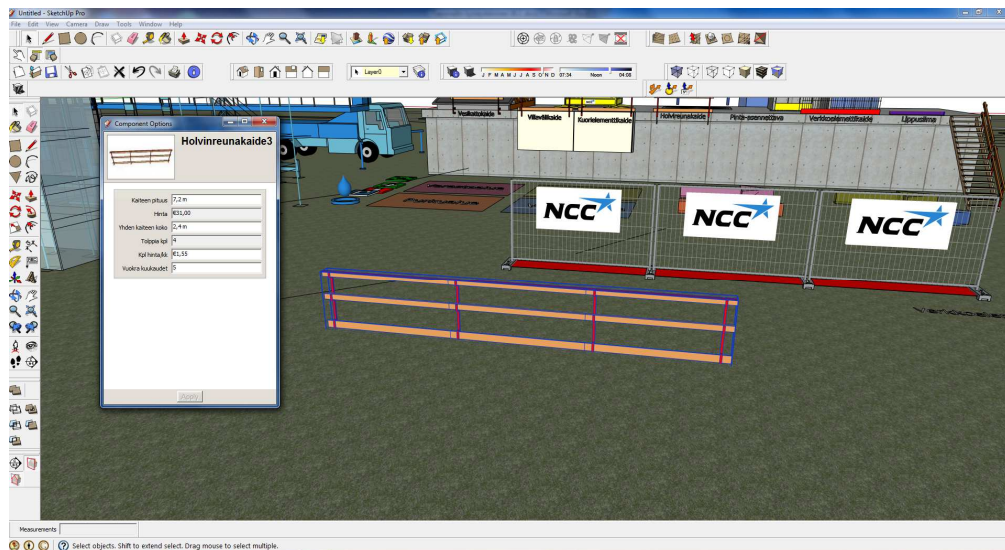


Kuva 18. SketchUpiin valmiiksi luodut telineet. Kuva: Jan Lund.

Telineiden kokoa pystytään muuttamaan, joko kirjoittamalla asetusvalikkoon halutut mitat tai käyttämällä skaalaustyökalua, jotta telineet saadaan julkisivulle oikean kokoisiksi. Kun telineitä skaalataan tai, jos niihin syötetään tietoa, muokkaa ohjelma telineiden tasojen ja tukien välit oikean kokoiseksi. Näin ollen telineet ovat aidon näköiset. Kohdassa 4.2.3 kerrotaan lisää SketchUpiin mallinnetusta telineestä ja siitä, mitä ominaisuuksia telineistä löytyy.

Myös kaiteet sekä työmaa-aita saadaan muokattua juuri sen pituiseksi kuin tarvitaan. Korkeus on yleensä vakio näissä, joten sille ei ole tehty erillistä kohtaa komponentin asetuksiin. Mikäli kuitenkin aidan tai kaiteen korkeutta halutaan kasvattaa tai pienentää, onnistuu se skaalaustyökalun avulla. Komponenttiin lisätyn hintatiedon avulla saadaan taas kuva siitä, kuinka paljon kaiteet tai työmaa-aitaus tulee maksamaan. (kuva 19.)

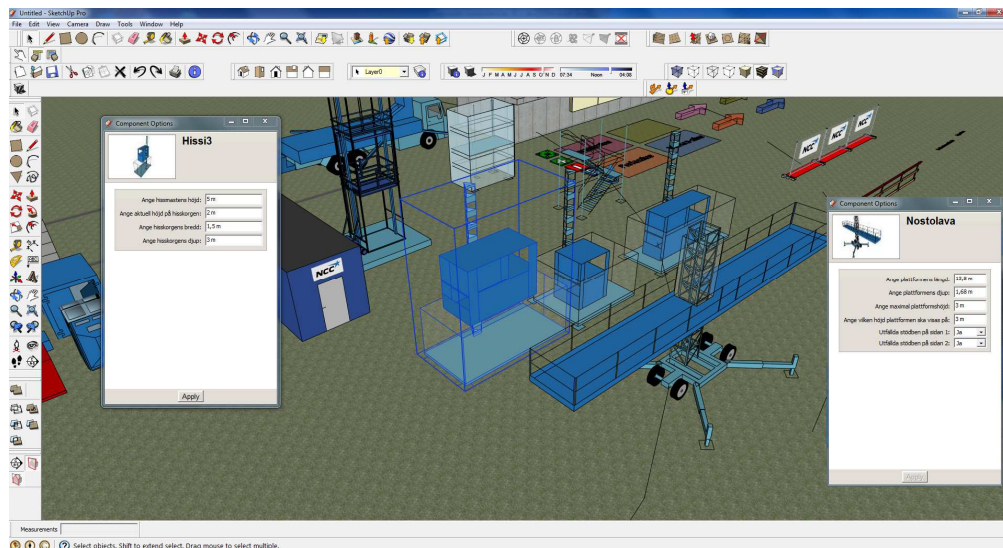




Kuva 19. SketchUp-kirjaston putoamissuojakaide sekä työmaa-aita. Kuva: Jan Lund.

Kuvassa 19 on esitetty SketchUp-kirjastosta löytyvät kaide ja työmaa-aita objektit. Asetuksista saadaan poimittua hintatietoja sekä syötetään kaiteen tai aidan mittoja. Ohjelma laskee automaattisesti, kuinka monta kaidetta tarvitaan ja kuinka paljon ne tulevat maksamaan. Yllä olevassa kuvassa 19 kolmen holvireunakaiteen kokonaiskustannukseksi tulee 31.00 €, mikäli ne halutaan ostaa omaksi tai 1.55 €/kk vuokrahinnaksi. Objektit on tehty sellaiseksi, että kun niitä venyttää skaalaustyökalulla tai asetusvalikkoon lisää halutut mitat, tekee ohjelma aidan tai kaiteen monesta eri objektista eikä vain ai-noastaan venytä yhtä objektia pitkäksi aidaksi tai kaiteeksi.

Nostolava ja työmaahissit ovat aina vakiokokoisia tyyppistä riippuen, joten niitä ei pystytä hirveästi muokkaamaan. Nostolavassa pystytään muokkaamaan maston korkeutta, lavan leveyttä sekä sitä, ovatko tukijalat käytössä vai eivät. Hississä pystyy muokkaamaan maston korkeutta sekä korin leveyttä ja pituutta. (kuva 20.)



Kuva 20. SketchUp-kirjaston mastolava sekä kolme erilaista työmaa hissiä. Kuva: Jan Lund.

Kuvassa 20 on esitetty työmaaahissi- ja mastolavaobjektin asetustaulukko, johon pystytään syöttämään mittoja, joiden avulla objektista saadaan halutun kokoinen. Hiseihin pystytään syöttämään maston korkeus, korin leveys ja pituus sekä tieto siitä, missä korkeudessa halutaan korin sijaitsevan. Nostolavaan voidaan syöttää lavan pituus ja leveys, maston korkeus, lavan korkeussijainti sekä tieto siitä, ovatko tukijalat käytössä molemmin puolin, yksipuolisesti vai eivät laisinkaan.

Loput kuvassa 20 olevat objektit ovat vakiokokoisia luonnossakin, joten niihin ei ole luotu erillistä asetustaulukkoa, johon pystyttäisiin syöttämään tietoa siten, että ohjelma muuttaisi objektin automaattisesti halutun kokoiseksi. Mikäli kuitenkin jostain syystä halutaan muokata objektin korkeutta, leveyttä tai pituutta, onnistuu se skaalaustyökalun avulla, ja tällä tavalla objektista saadaan halutun kokoinen.

Kirjastossa olevia komponentteja hyödynnetään eri suunnitelmien tekemisessä ja valmiiksi luotujen komponenttien avulla saadaan nopeutettua suunnitelmien tekemistä, koska ei tarvitse käyttää aikaa niiden luomiseen. Suunnitelmista saadaan näin myös yhdenmukaiset kaikille NCC:n työmaille. (kuva 21.)





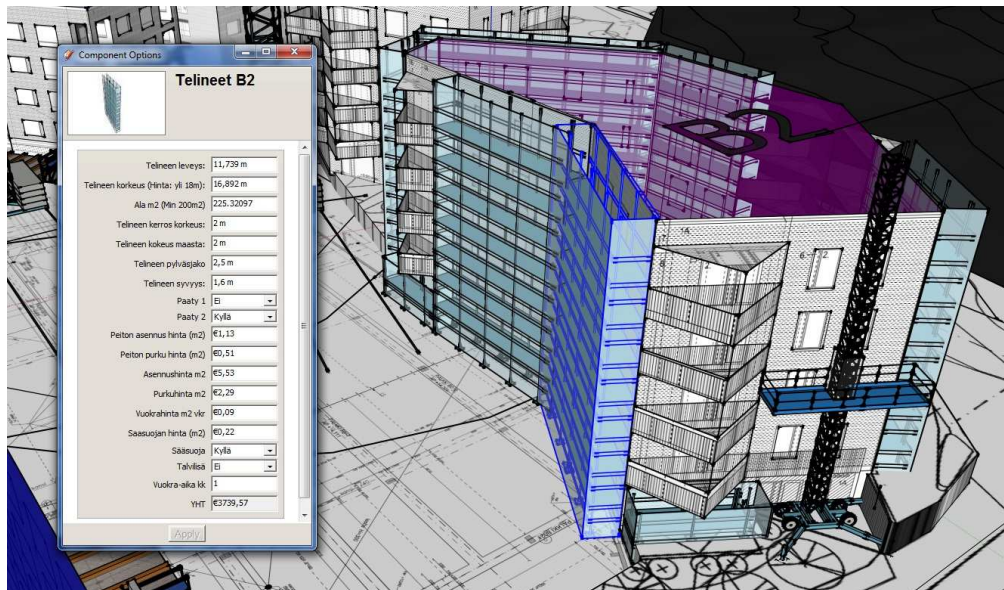
Kuva 21. Marco Polon/Tyynenmeren työmaan 3D-aluesuunnitelma. Kuva: Aleksi Heiskanen  
NCC Rakennus Oy.

Yllä olevassa kuvassa on Jätkäsaarella sijaitsevan Marco Polon/Tyynenmeren työmaan aluesuunnitelma. Suunnitelman luomiseen käytettiin SketchUp-suunnitteluohjelmaa. Kuvasta nähdään numeroidut varastointipaikat, työmaakontit, kaksi kappaletta torninostureita, aidattu alue sekä kulkureitit. Haasteena työmaalla oli varsinkin kahden torninosturin sijoittaminen samalle tontille ja saada ne toimimaan niin, etteivät puomit osu toisiin niiden työskennellessä yhtäaikaisesti. Kuten kuvasta voidaan huomata, toisen nosturin puomi on nostettu korkeammalla kuin toisen. SketchUp:ia käyttäen tehdyn 3D-suunnitelman avulla saatiin mitoitettua molempien nosturien puomit oikeille korkeuksille.

#### 4.2 Tietomallin hyödyntäminen julkisivutöiden tehtäväsuunnittelussa

Tietomalli on hyödyllinen apuväline työnjohtajalle, kun hänen pitää suunnitella telien, mastolavojen sekä rakennusmateriaalien varastointipaikat julkisivutöissä. Julkisivutöiden 3D-suunnitelman luomiseen tarvitaan vähintään arkkitehtimalli tai 2D-piirustuksista tehty visuaalinen malli.

Esimerkiksi tiilet vievät todella paljon varastointitilaa työmaalla ja etäisyys asennuspaikalta ei saisi olla liian kaukana, jotta työntekijä jaksaisivat siirtää tiilet tiilikärryillä asennuspaikalle. Rakennuksesta tehdyn 3D-mallin avulla saadaan suunniteltua telineet, mastolavat ja varastointipaikat mittakaavassa ja samalla nähdään tontin todellinen tila. Tontti saattaa olla ahdas ja näin ollen tehtävän toteutukseen liittyvä suunnittelu tulee tehdä huolella, etteivät muut työvaiheet hidastu yhden työvaiheen takia. SketchUp:ia voidaan käyttää myös julkisivutöiden teline- ja mastolavasuunnittelussa.



Kuva 22. 3D -telinesuunnitelma. Kuva: Jan Lund.

Kuvassa 22 on tehty työmaalle telinesuunnitelma julkisivutöitä varten 2D-piirustuksen pohjalta. 3D-telinesuunnitelmasta saadaan poimittua tietoa telineen mitoista sekä arvio telineiden kustannuksista. Kuvassa on valittu siniseksi teline B2. Infotaulu antaa tietoa telineen korkeudesta, leveydestä, pinta-alasta, sääsuojan tarpeesta, päätykaiteista sekä telineen vuokrahinnasta. Esimerkiksi kuvassa valitun telineen leveys on 11.739 m, korkeus 16.892 m, kerroskorkeus 2 m ja syvyys 1.6 m. Telinesuunnitelmasta saadaan tieto myös telineiden kokonaiskustannuksista, jotka kasattuina sekä purettuina 1 kk vuokra-ajalla olisivat noin 3740.00 €. Tätä arvoa voidaan käyttää vertailuarvona, kun tehdään hintavertailua telineistä eri toimittajien välillä tai verratessa mastolavan hintoihin. Mikäli malliin on mallinnettu korkoerot, helpottaa se vaikeiden paikkojen hahmottamista ja näin ongelmaan osataan varautua hyvissä ajoin etukäteen.

#### 4.3 Tietomallin hyödyntäminen runkovaiheen tehtäväsuunnittelussa

Rungot tehdään nykyään kerrostaloissa betonielementeistä. Ala- ja välipohjat saattavat olla paikalla valettuja, mutta yleensä käytetään tehdasvalmisteisia ontelolaattoja. Runkotyövaihe on yksi tärkeimmistä työvaiheista työmaalla. Se tahdistaa muita työvaiheita ja työvaiheen valmiiksi saaminen kestää monta kuukautta.

Tietomallista saatavia hyötyjä runkovaiheen tehtäväsuunnitteluun ovat:

- Pystytään tulostamaan Excel-pohjainen luettelo elementeistä, niiden painoista ja kiinnityspisteiden sijainneista
- Pystytään luomaan visuaalinen asennussuunnitelma ja samalla hahmottamaan vaikeat paikat
- Työturvallisuusriskien tunnistaminen ja niiden ennaltaehkäisy.

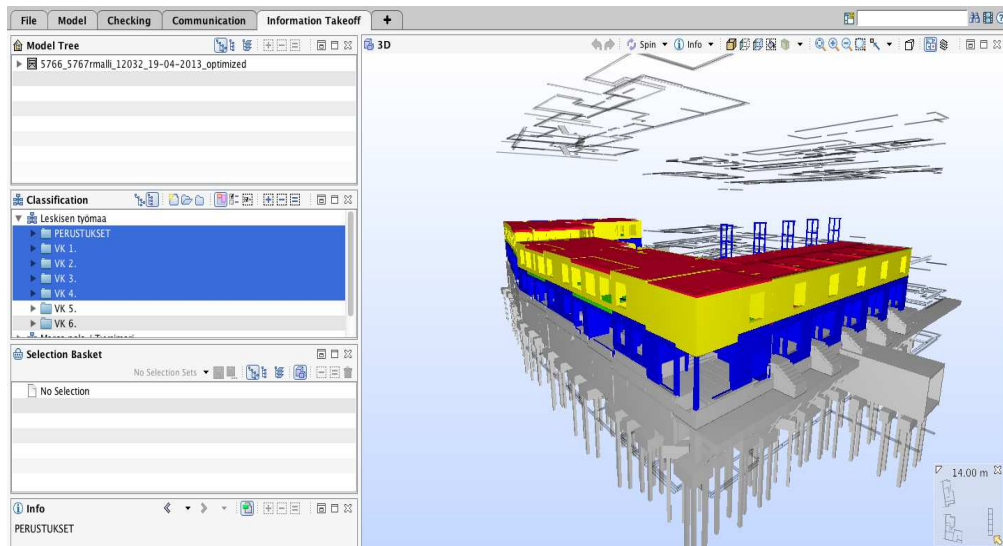
Elementtiasennuksessa mittamiehelle pystytään tulostamaan Excel-taulukko elementeistä ja niiden tiedoista, kuten esimerkiksi seinäelementin alapäänkorkeus. Tämä helpottaa ja nopeuttaa mittamiehen piirustusten lukua, koska ei tarvitse etsiä korkotietoja lappukuvista. Lisäksi mittamies pystyy tarkastelemaan korkoja tietomallista ja pystyy niiden avulla mittaamaan esimerkiksi pulttien paikat oikeaan sijaintiin. Excel-taulukosta saadaan myös tarkat elementtien painot sekä sen avulla saadaan järjestettyä elementit painojärjestyksen mukaan. Elementtien painojen avulla pystytään mitoittamaan oikean kokoinen nosturi työmaalle, jotta se jaksaa asentaa kaikki elementit.

	A	B	C	D	E	F
1	Component	Type	Profile Height	Volume	Floor	Count
2	Beam	CFRHS150X100X5	0,2	0,013	1. krs	2
3	Beam	CFRHS150X100X6	0,5	0,025	1. krs	5
4	Beam	CFRHS150X150X6	7,5	0,108	1. krs	50
5	Beam	CFRHS80X80X6	0,8	0,017	1. krs	10
6	Beam	HFRHS150*100*5,4	0,5	0,001	1. krs	5
7	Beam	L130*65*8	0,325	0,012	1. krs	5
8	Beam	PLATE40*5	0,05	0,003	1. krs	10
9	Beam	UNP280	0,475	0,132	1. krs	5
10	Column	1100*300	1,1	0,987	1. krs	1
11	Column	1120*200	1,12	0,67	1. krs	1
12	Column	150*200	0,15	0,09	1. krs	1
13	Column	200*160	0,4	0,191	1. krs	2
14	Column	200*530	0,2	0,317	1. krs	1
15	Column	250*1300	0,25	0,972	1. krs	1
16	Column	250*250	6	5,49	1. krs	24
17	Column	270*450	0,27	0,363	1. krs	1
18	Column	280*280	0,28	0,339	1. krs	1
19	Column	300*400	0,3	0,359	1. krs	1
20	Column	320*320	0,32	0,306	1. krs	1
21	Column	400*1500	0,4	1,79	1. krs	1
22	Column	400*250	0,4	0,299	1. krs	1
23	Column	400*600	0,4	1,08	1. krs	1
24	Column	450*1150	0,9	3,09	1. krs	2
25	Column	450*450	0,45	0,832	1. krs	1
26	Column	500*1400	0,5	2,09	1. krs	1
27	Column	500*300	1	0,897	1. krs	2
28	Column	500*550	0,5	0,822	1. krs	1
29	Column	550*370	0,55	0,167	1. krs	1
30	Column	570*820	0,57	1,4	1. krs	1
31	Column	650*300	0,65	0,583	1. krs	1
32	Column	700*200	0,7	0,631	1. krs	1
33	Column	700*450	0,7	0,942	1. krs	1
34	Column	850*600	0,85	1,52	1. krs	1
35	Column	CFRHS100X100X5	0,5	0,052	1. krs	5
36	Column	CFRHS150X150X6	2,25	0,423	1. krs	15
37	Column	D209,5	1,26	0,741	1. krs	6
38	Column	D280	1,12	0,796	1. krs	4
39	Column	D380	1,52	1,21	1. krs	4

Kuva 23. Solibrista saatava Excel-taulukko. Kuva: Jan Lund.

Solibri Model Chekeristä voidaan tulostaa Excel-taulukko ja taulukkoon pystytään valitsemaan halutut tiedot Solibrista. Yllä olevassa kuvassa 23 on tulostettu Marco Polon/Tyynenmeren työmaan tietomallista tietoja ensimmäisen kerroksen palkeista ja pilareista. Taulukosta nähdään komponentin tyyppi, korkeus, kuutiometrit, kerros, jossa komponentti sijaitsee sekä kuinka monta samanlaista komponenttia löytyy kerroksesta. Lisäksi taulukkoon voidaan valita esimerkiksi komponentin sijainti tai ylä- ja alapään korot.

Tietomallin avulla saadaan luotua visuaalinen asennussuunnitelma. Tietomallissa rakennuksen eri lohkot pystytään värjäämään eri väreillä. Voidaan värjätä esimerkiksi viikon 1 työt jollain tietyllä värillä ja viikon 2 jollain toisella värillä. Lopuksi syntyy havainnollinen asennussuunnitelma, jossa eri värit kertovat viikon aikana tehtävät työt. (kuva 24.)



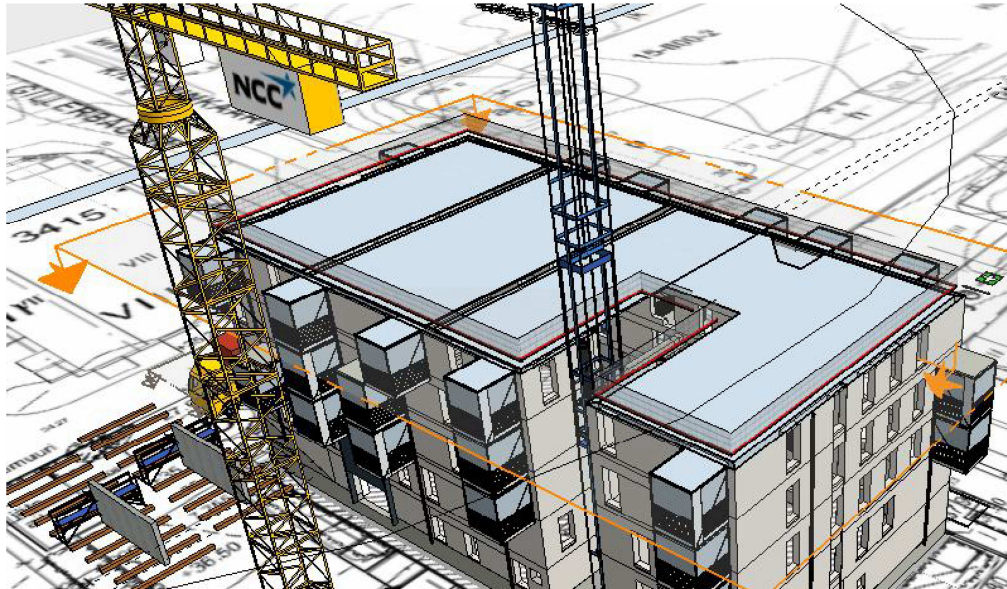
Kuva 24. Runkovaiheen viikkoaikataulu mallin avulla. Kuva: Jan Lund.

Yläpuolella olevassa kuvassa on Marco Polon/Tyynimeren työmaan runkotyövaiheesta rakennemallia hyödyntäen tehty viikkoaikataulu. Viikon työt on värjätty eri väreillä, jotta on helpompi hahmottaa eri viikkojen työt. Esimerkiksi 2. kerroksen elementtiseinät on värjätty keltaisella ja 3. kerroksen paikallavaluholvi on värjätty punaiseksi. Värien avulla suunniteltua aikataulua voidaan esittää työryhmälle visuaalisesti seuraavan viikon aikana tehtävät työt.

Samalla tehtäväsuunnittelija tarkastelee mallia ja yrittää karsia mahdollisesti ongelmia. Tietomallista havaitaan helposti mahdolliset korkoerot, joita on vaikea hahmottaa 2D-suunnitelmista. Mallin tarkastelun tueksi kannattaa ottaa mukaan myös työryhmän nokkamies, jolla on kokemusta työnsuorittamisesta ja näin olen todennäköisesti asentaja huomaa mallista mahdollisia kohtia, joita on vaikea tai jopa mahdotonta toteuttaa. Työnjohtaja tekee raportin mallista ja kirjaa siihen mallissa havaitut ongelmat. Tämän jälkeen työnjohtaja ottaa yhteyttä suunnittelijaan. Tällä tavalla mallista saadaan karsittua virheitä ja suunnitelmat saadaan saman tien ajan tasaiseksi.



Työturvallisuus on noussut tärkeimmäksi asiaksi NCC:n työmailla ja sen parantamiseksi tehdään NCC:llä koko ajan töitä. Tietomallin avulla pystytään etsimään työturvallisuusriskejä, joita piilee työmaalla. Lisäksi mallin avulla pystytään suunnittelemaan visuaalisesti esimerkiksi valjaiden kiinnityspisteet tai putoamissuojat (kuva 25).



Kuva 25. As Oy Vantaan Soma Bertan putoamissuojasuunnitelma. Kuva: Jan Lund.

Yläpuolella olevassa kuvassa 25 on esitetty As Oy Vantaan Soma Bertan runkovaiheesta tehty putoamissuojasuunnitelma. Kuvassa on mallinnettu tyhjälle holville verkokaiteet putoamissuojausta varten. Visuaalinen suunnitelma voidaan tulostaa ja antaa työntekijälle. Tämän avulla työntekijän on helpompi toteuttaa työnjohtajan tekemä suunnitelma ja väärinymmärrykset vältetään todennäköisemmin.

Työmaalle saapuu paljon viallisia tuotteita suunnitelmavirheiden sekä tuotannossa tapahtuvien virheiden takia. Eniten reklamaatioita tehdään yleensä runkovaiheessa, koska tuotteet ovat uniikkeja ja näin ollen osa varausreleistä on saattanut jäädä tekemättä tai työmaalle on saapunut rikkiäinen elementti. Reklamaatiot jäävät yleensä roikkumaan kiireellisen aikataulun vuoksi ja elementissä oleva virhe saatetaan kirjata johonkin paperin kulmaan. Kun aletaan loppuselityksessä käydä läpi virheitä, ei kaikkia virheitä muisteta, koska aikaa on saattanut kulua muutama kuukausi virheen havaitsemisesta ja näin ollen tilaaja jää yleensä maksajaksi.

Tietomalleihin pystytään syöttämään tietoa ja näin ollen viallisesta elementistä voidaan syöttää tiedot nopeasti malliin, jossa ne säilyvät ja ne on helppo löytää. Loppuselityk-

sessä pystytään esittämään, minkälaisia virheitä tuotteessa on ollut ja samalla voidaan vaatia hyvityksiä tuotteesta. Lisäksi vuosikorjauksissa selviää, onko viallisen elementin korjaus epäonnistunut.

#### 4.4 Tietomallin hyödyntäminen talotekniikatöissä

Rakennusalan työnjohtajan tietotaito talotekniikasta (lämpö-, vesi-, ilmanvaihto- ja sähköistöistä) sekä piirustusmerkeistä on perustasolla. Välttämättä erikoisia merkkejä ei ymmärretä oikein. Tietomallin avulla saadaan havainnollistettua piirustusmerkintöjä. Kun tiedetään, miltä tehtävän pitäisi näyttää, virheidenkin tulisi vähentyä. Tällä tavalla pystytään myös valvomaan työtä sekä puuttumaan siihen, mikäli havaitaan poikkeamia. (kuva 26.)

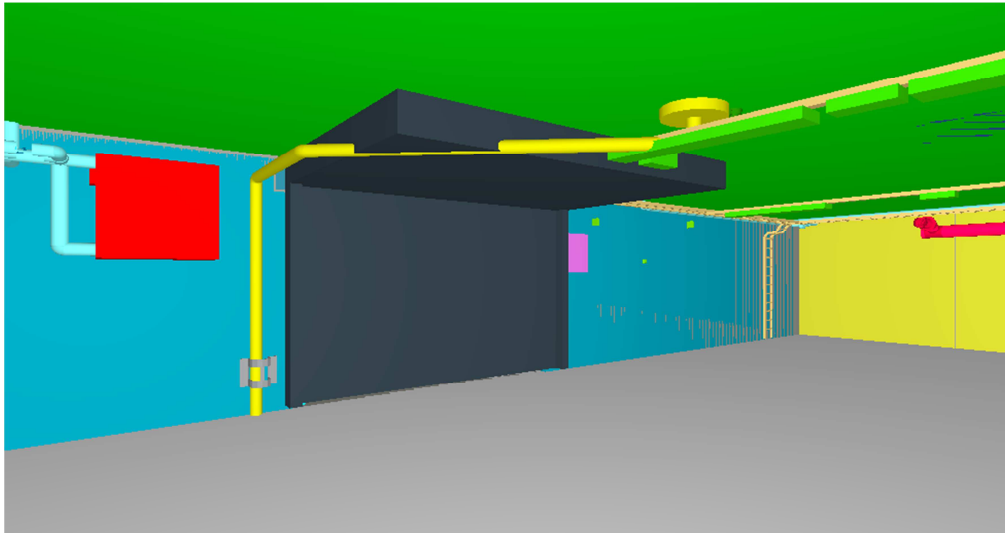


Kuva 26. Sulkumerkintä 2D-piirustuksissa ja tietomallissa [26].

Yläpuolella olevassa kuvassa on esitetty sulkumerkin piirustusmerkintä eli se, miltä se näyttää 2D-piirustuksessa (vasen) sekä 3D-versio eli se, miltä se näyttää tietomallissa (oikea). Tietomallissa LVIS-osat on mallinnettu, ja tämä helpottaa työnjohtajan ymmärrystä. Haastatteluissa tuli selville, että LVIS-työt ovat usein ”oman onnensa” nojassa. Niitä valvoo ainoastaan aliurakoitsijoiden työnjohtaja eivätkä NCC:n omat työnjohtajat valvo juuri ollenkaan LVIS-töitä.

Törmäystarkastelussa katsotaan, että vesi ja viemäri, ilmanvaihto sekä sähköjohdot eivät törmää toisiinsa. Samalla mietitään asennusjärjestys, jotta urakoitsijoilla olisi mahdollisimman helppo toteuttaa työnsä.

Törmäystarkastelu saadaan tehtyä 3D-mallin avulla huomattavasti 2D-piirustusta havainnollisemmin ja tällä tavalla saadaan minimoitua virheitä (kuva 27).



Kuva 27. As Oy Vantaan Soma Bertan tietomallin törmäystarkastelu. Kuva: Jan Lund.

As Oy Soma Bertan törmäystarkastelussa huomattiin ristiriita 3D-suunnitelman avulla. Kuvasta 27 voi huomata, että ilman törmäystarkastelua viemäriputki, nosto-ovi sekä valaisin olisivat törmänneet toisiinsa autohallissa. Tämä olisi saatettu huomata vasta asennusvaiheessa ilman 3D-törmäystarkastelua.

Pieneen tilaan on saatettu ahtaa paljon LVIS-tekniikkaa ja eri osa-alueen urakoitsijat eivät välttämättä hahmota 2D-piirustuksista, missä korkeudessa putken tai johdon pitäisi kulkea. Yleensä väärä korko huomataan vasta siinä vaiheessa, kun ollaan vetämässä viimeistä osaa paikalleen. Tästä saattaa seurata, että kaikki aikaisemmat asennukset joudutaan purkamaan ja muuttamaan niiden reittiä, jotta kaikki saadaan mahduttamaan. Tietomallin avulla palaverissa saataisiin kaikille urakoitsijoille näytettyä, miten heidän asentaman tekniikan tulisi mennä, jotta vältetään ristiintörmäyksiltä.

#### 4.5 Tietomallin hyödyntäminen urakoitsijalaverissa

Urakoitsijalaverissa urakoitsijat kokoontuvat työmaatoimistoon, jossa käydään läpi, miten työvaiheet ovat edenneet edellisen kokouksen jälkeen, onko ollut ongelmia sekä mitä muiden urakoitsijoiden tulee tehdä, jotta työt etenisivät aikataulussa. Palaverissa



käydään läpi myös seuraavaan palaveriin asti laaditut tavoitteet. Yleensä urakoitsijapalaveri pidetään työmaatoimistossa joka toinen viikko.

Tiukat aikataulut ja monen työmaan samanaikainen käynnissä olo ovat luoneet kiireisen aikataulun urakoitsijoille. Urakoitsijoiden työnjohtajat eivät välttämättä ehdi kiertämään työmaata urakoitsijapalaverin jälkeen yhdessä muiden urakoitsijoiden kanssa. Tietomallin avulla pystytään hahmottamaan työmaan sen hetkinen tilanne ja esittämään visuaalisesti muille palaverin osallistujille, mitä pitää saada aikaiseksi tulevilla viikoilla, jotta pysytään aikataulussa. Kun palaverissa käytetään visuaalista 3D-mallia puheen tukena, saadaan karsittua pois väärinymmärryksiä sekä nopeutettua palaveria. Urakoitsijapalaverissa pystytään esittämään toteutunut tilanne tietomallin avulla sekä seuraavien viikkojen tavoitteet tietomallia hyödyntäen. Tämän avulla urakoitsijat pystyvät kertomaan havainnollisesti palaverissa toisille urakoitsijoille, mitä heidän tulee tehdä, jotta omat työt eivät viivästy.

## 5 Yhteenveto työn tuloksista

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää NCC Rakennus Oy:lle tietomallin hyödyntämiseen työmaalla perustuva toimintamalli osana NCC Rakennus Oy:n kehittämistoimintaa.

Opinnäytetyössä käytettiin menetelminä kirjallisuushakuja, työmaahaastatteluita, NCC:n vanhoja auditointiraportteja sekä testauksia tietomallin hyödyntämisestä työmaalla.

Kirjallisuuden ja Internetin avulla saatiin tietoa tehtäväsuunnittelun ja tietomallinnuksen teoriasta. Kirjallisuudessa on käsitelty perinteistä tehtäväsuunnittelua ja jokin verran on kirjoitettu myös tietomallinnuksesta. Tietomallin hyödyntämisestä tehtäväsuunnittelussa ei löytynyt kirjallisuutta, joten siihen liittyvät tiedot hankittiin testauksien avulla.

Haastateltavia oli yhteensä viisi henkilöä kolmelta eri asuntopuolen työmaalta. Haastatteluiden avulla selvitettiin, millä tasolla tehtäväsuunnittelu on tällä hetkellä, mitä tiedetään tietomalleista ja miten tietomalleja tai 3D-suunnitelmia hyödynnetään työmailla. Haastateltavien määrä jäi vähäiseksi, koska tietomallinnus on asuntorakentamisen työmailla melko uusi asia. Tämän vuoksi suurimmalta osalta työmaita olisi varmasti

tullut vastaus, että ei ole ollut käytössä tietomalleja eikä 3D-suunnitelmia. Haastatelluissa ja auditointiraporttien perusteella selvisi, että tällä hetkellä tehtäväsuunnitelma tehdään hyvin isommista työvaiheista, mutta pienistä työvaiheista se jää yleensä tekemättä. Kokonaisuudessaan tehtäväsuunnittelun taso NCC:llä oli heikko.

Työssä laadittiin tietomallipohjainen malli NCC:n tehtäväsuunnittelun toimintamalliksi. Tästä käyvät ilmi tietomallin käyttämisestä tehtäväsuunnittelussa saatavat hyödyt. Kun tehtävä suunnitellaan tietomallin avulla, pystytään mallista havaitsemaan mahdollisia työturvallisuudelle riskialttiita paikkoja. Tietomallin avulla pystytään hahmottamaan vaikeita paikkoja ennen tehtävän alkua ja näin ollen pystytään varaamaan tehtävälle enemmän aikaa ja välttämään ennalta odottamattomat viivästykset. Tietomallin avulla pystytään esittämään työn toteuttajalle visuaalisesti, miltä työn lopputuloksen laadun tulee näyttää ja näin ollen työnjohtaja pystyy vaatimaan helpommin sitä työntekijältä. Suunnitelmat pystytään tarkistamaan visuaalisesti tietomallin avulla. Mahdolliset ongelmakohdat havaitaan mallista visuaalisemmin ja ne saadaan korjattua ennen tehtävän toteuttamista. Näin ollen laatu saadaan pidettyä korkealla tasolla. Tietomallin avulla saadaan suunniteltua työjärjestys havainnollisesti. Malli auttaa tehtäväsuunnittelijaa hahmottamaan tehtävän kokonaisuudesta sekä siihen liittyvät osakohteet, jotka tulee ottaa huomioon tehtävää toteuttaessa.

Testausosiossa testattiin tietomallin hyödyntämistä työmaalla. Testaukseen otettiin viisi eri tehtävää, joissa tietomallia tai SketchUp-malleja pystytään hyödyntämään. Testattavia tehtäviä olivat 3D-aluesuunnitelma, tietomallin hyödyntäminen julkisivutöissä, tietomallin hyödyntäminen runkovaiheessa, tietomallin hyödyntäminen talotekniikatöissä sekä tietomallin hyödyntäminen urakoitsijalaverissa.

Ensimmäisenä testattiin, miten SketchUp-ohjelman avulla pystytään luomaan kolmiulotteisia aluesuunnitelmia. Testauksessa kerrottiin NCC:n SketchUp-kirjastosta löytyvistä komponenteista sekä niiden ominaisuuksista. Lopuksi 3D-aluesuunnitelmia käsittelevässä luvussa esiteltiin esimerkkikohde NCC:llä käynnissä olevasta työmaasta, jossa aluesuunnitelma oli tehty SketchUp:ia hyödyntäen.

Seuraavaksi testattiin, miten tietomallia voidaan hyödyntää julkisivutöissä. Luvussa testattiin, miten julkisivun tehtäväsuunnittelua voidaan tehdä visuaaliseen 3D-malliin. 3D-mallin ympärille mallinnettiin julkisivutelineet ja mastolavat NCC:n SketchUp-kirjastosta saatavilla komponenteilla.

Kolmantena testauksena oli tietomallin hyödyntäminen runkovaiheessa. Testauksessa käytettiin kohdetta Helsingin Jätkäsaaresta, josta löytyi rakennemalli. Testauksessa kehiteltiin toimintatapoja, joita pystytään hyödyntämään, kun mietitään elementtien asennusjärjestystä. Lisäksi kerrottiin, miten SketchUpin avulla pystytään tekemään työturvallisuussuunnitelmia runkovaiheessa.

Kappaleessa, jossa testattiin tietomallin hyödyntämistä LVIS-töissä, käytettiin testityömaana Vantaan Myyrmäessä käynnissä oleva kohdetta, josta löytyi arkkitehti-, rakenne- ja LVIS-malli. Testauksessa tarkasteltiin rakentajan näkökulmasta, miten tietomallin avulla pystytään tarkastamaan, ettei LVIS-tekniikka törmää toisiinsa tai muihin rakenteisiin ja kuinka paljon paremmin pystytään hahmottamaan putkien korkomaailmat tietomallista kuin 2D-piirustuksia.

Viimeisenä testauksissa kerrottiin siitä, miten tietomallia pystytään hyödyntämään urakoitsijalaverin tukena ja miten sen avulla saadaan nopeutettua urakoitsijalaverin läpi viemistä.

Kokonaisuudessaan testaus osoitti, että tietomallin avulla pystytään havaitsemaan vaikeita paikkoja, saadaan paljon visuaalista hyötyä tehtäväsuunnitteluun, pystytään tekemään kolmiulotteisia suunnitelmia riskien minimoimiseksi sekä tietomalliin informaation tallentamisen avulla saadaan hyötyä auttaa vuosikorjauksissa.

Testauksien perusteella saatiin selville myös, että aluesuunnitelman ja julkisivutöiden telinesuunnitelman tekemiseen riittää visuaalinen 3D-malli, koska kyseisissä tehtävissä ei tarvitse tutkia rakennuksen rakennetta laisinkaan. Mikäli halutaan tehdä elementtiasennussuunnitelma tietomallin avulla, tulee käytössä olla rakennemalli, jotta suunnitelma pystytään toteuttamaan, koska visuaaliseen malliin ei ole mallinnettu rakenteita erikseen. Tarkasteltaessa LVIS törmäyksiä tulee olla käytössä vähintään LVIS- ja arkkitehtimalli, jotta tarkastus voidaan suorittaa. Paras vaihtoehto törmäystarkasteluun olisi, että olisi käytössä sekä rakenne-, LVIS- että arkkitehtimalli. Tällä hetkellä työmailla on todella rajoitetusti rakennemalleja käytössä. Mikäli NCC:llä halutaan hyödyntää tietomalleista muutakin kun visuaalista hyötyä, on kohteisiin mallinnettava rakennemalleja.

### *Jatkokehitys*

Tietomallia testattaessa huomattiin, että tietomalleja ei ollut mallinnettu loppuun asti, mikä vaikeuttaa mallien tarkastelua. Lisäksi oli havaittavissa, että mallien suunnitteluun ei ollut käytetty kovinkaan paljoa aikaa. Malleissa saattoi olla ylimääräisiä objekteja tai osa niistä oli aivan väärässä paikassa. Jotta työmaa saa täyden hyödyn tietomalleista, tulee suunnittelijoiden mallintaa tietomallit tarkemmin ja välttää huolimattomuusvirheitä. Vaikka malli olisi selvä sen suunnittelulle suunnittelijalle, voivat yksinkertaistukset ja huolimattomuus mallien suunnittelussa lisätä virheitä toteutuksessa, kun mallien käyttöön tottumattomampi työmaan toimihenkilö niitä tulkitsee.

Suunnitteluun panostamisen lisäksi mahdollisia ongelmia voitaisiin vähentää työmaainsinöörejä ja työnjohtajia kouluttamalla sekä huolehtimalla työkalujen ajanmukaisuudesta. Henkilöiden ja työkalujen riittävä resursointi on tärkeää.

Jotta tietomalleista saataisiin täysi hyöty irti, tulisi työmaainsinöörien ja työnjohtajien kyetä käyttämään tietomallia, löytää sen sisältämä informaatio ja osata tulkitella sitä oikein. Lisäksi heidän tulisi opetella laatimaan 3D-suunnitelmia.

Tietomallien jalkauttamisessa työmaille voitaisiin edetä vaiheittain niin, että strategisesti aloitetaan helpoimmasta suunnitelmasta. Näin uudella toimintatavalla työmaata ei kuormiteta kerralla liikaa ja perustaitojen oppimiseen jää tarpeeksi aikaa. Ensin työmaa koulutettaisiin tekemään 3D-aluesuunnitelmia, ja kun työmaa hallitsee niiden tekemisen, alettaisiin hyödyntää 3D-suunnittelua laajemmin esimerkiksi työturvallisuussuunnittelussa.

Jalkautustyössä hyödyksi voitaisiin käyttää myös testiryhmiä, joiden avulla mallien hyödyistä ja haitoista saataisiin lisää tietoa. Eri työmaille voitaisiin suunnitella eritasoisia tietomalleja ja testiryhmät raportoisivat, mitä hyötyjä tietomallista on saatu sekä mitä lisäinformaatiota työmaa mahdollisesti olisi tarvinnut tietomallista. Esimerkiksi riittääkö pelkkä arkkitehtimalli sekä raakaversio rakennemallista vai tuleeko tietomallista löytyä kaikki asiat ruuvista lähtien. Tätä kautta voitaisiin löytää optimaalisin vaihtoehto suunnittelutasolle. Tietenkin huomioon on otettava myös kustannustekijät, mistä syystä testauksen tuloksia olisi arvioitava niin hyötyjen kuin myös kustannustehokkuuden näkökulmasta.

Tulevaisuudessa voitaisiin testata myös muita mallinnusohjelmia työmaakäytössä. Tällä hetkellä, kun NCC käyttää SketchUp:ia työmaalla tapahtuvaan mallintamiseen, joudutaan tehtäväsuunniteluun tekemään kaksi eri tiedostoa, koska Solibrilla ei pystytä tekemään 3D-suunnitelmia. Ihanteellisin tilanne tietenkin olisi, että kaikki suunnitelmat ja tiedot löytyisivät yhdestä mallista. Tämä helpottaisi käytännön työtä.

Tietomalli on vielä tällä hetkellä hieman raskas NCC:n peruskäytössä oleville kannettaville. Kun tiedoston koko kasvaa liian suureksi, alkaa ohjelma toimia hitaasti. Jotta tietomallia pystyttäisiin hyödyntämään täydellä teholla työmaalla, tulisi siellä olla vähintään yksi tehokannettava, jotta tietomalli toimii sujuvasti. Tietomallin tulee toimia täydellisesti työmaalla, kun sitä aletaan jalkauttaa tai muuten työmaa voi hylätä mallin käytön ja palata vanhaan työtapaan.

## Lähteet

- [1] NCC:n strategiset kehityskohteet [verkkosivu]. [Viitattu 27.3.2014] Saatavissa: <http://www.ncc.fi/fi/Tietoa-NCCsta/Nain-toimimme/Strategiset-kehityskohteet/>
- [2] Eastman, Chuck – Teicholz, Paul – Sacks, Rafael – Liston, Kathleen. Bim handbook, a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. New Jersey. John Wiley & Sons, Inc. 2011.
- [3] Penttilä, Hannu - Nissinen, Sampsa – Niemioja, Seppo. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa, yleiset periaatteet. Helsinki. Rakennustieto Oy. 2006.
- [4] RT 10–11066. Yleiset tietomallivaatimukset, Osa 1. Yleinen osuus. Maaliskuu 2012.
- [5] RT 10–11068. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 3. Arkkitehtisuunnittelu. Maaliskuu 2012.
- [6] Valjus, Juha – Varis, Markku – Penttilä, Hannu- Nissinen, Sampsa. Tuotemallintaminen rakennesuunnittelussa. Helsinki. Rakennustieto Oy. 2007.
- [7] Niemioja, Seppo. Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu, yleiset perusteet ja ohjeita [PDF -dokumentti]. Elokuu 2005. [viitattu 20.11.2013]. Saatavissa: [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset\\_tulokset/proit\\_tuotemalliohje\\_ark\\_elokuu2005.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_tuotemalliohje_ark_elokuu2005.pdf).
- [8] Ratu S-1228. Rakentamisen tehtäväsuunnittelu, ohje aliurakan ja työkaupan hallintaan. Joulukuu 2010.
- [9] Koskenvesa, Anssi – Pussinen, Tarja. Opas urakoitsijan tehtäväsuunnitteluun, Kehitys & Tuottavuus 60. Helsinki. RTK –Fakta Oy. 1999.
- [10] Kankainen, Jouko – Junnonen Juha-Matti. Tehtäväsuunnittelu ja –valvonta rakentamisessa. Helsinki. Rakennustieto Oy. 1999.
- [11] Ratu 7028. Ratu -työsaavutukset, talo, juliste. Joulukuu 2010.
- [12] Ratu 1217-S. Rakennustyön työturvallisuusriskien arviointi. Kesäkuu 2007.
- [13] Ratu 1202-S. Runkorakenteet, elementtirungot, tehtäväsuunnittelu- aliurakka, työkauppa. Lokakuu 2002.

- [14] Ratu C2-0299. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Helmikuu 2007.
- [15] RT 10–11068. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. Maaliskuu 2012
- [16] Ratu KI-6025. Rakennustöiden laatu 2014. Helsinki. Lokakuu 2013.
- [17] Rakennuslehti. Työmaan hallinta on johtamisesta kiinni [verkkouutinen]. 28.5.2009 [viitattu 15.1.2014]. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/talous/18061.html>
- [18] RT 10–11068. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 5. Rakennesuunnittelu. Maaliskuu 2012
- [19] Oksama, Sampo. Rakennemallinnuksen hyödyt omaperusteisessa asuntorakentamisessa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Insinööri- ja arkkitehtuurin tiedekunta, Rakennus- ja rakennustuotantotekniikan laitos. Espoo. Toukokuu 2008.
- [20] Romo, Ilkka – Sulankivi, Kristiina. Pro IT, Tuotemalli pilotit. Rakennusteollisuus RT ry. Marraskuu 2005.
- [21] Koskinen, Juha. Rakennuksen tietomallin hyödyntäminen projektin suunnittelun ohjauksessa, tuotannosuunnittelussa ja -valvonnassa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Insinööri- ja arkkitehtuurin tiedekunta, Rakennus- ja rakennustuotantotekniikan laitos. Espoo. Toukokuu 2009.
- [22] Tuomas Laine. Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa. Helsinki. Rakennustieto Oy. 2008.
- [23] Työsuojeluhallinto. Työsuojelunäyttely [verkkosivu]. 25.10.2013 [viitattu 19.2.2014]. Saatavissa: [http://www.tyosuojelu.fi/fi/nayttely\\_sisalto](http://www.tyosuojelu.fi/fi/nayttely_sisalto)
- [24] Finlex. Työturvallisuuslaki 2002 [verkkosivu]. [Viitattu 19.2.2014.] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ty%C3%B6turvallisuuslaki> Luettu: 19.2.2014

- [25] Rakennuslehti. Suomi on BIMin kärkimaa, mutta ero kapenee [uutinen]. 7.2.2014
- [26] NCC Rakennus Oy. Mallinnusinfo [NCC:n sisäinen verkkosivu]. 18.3.2009. [viitattu 28.2.2014]
- [27] Penttinen, Aulikki – Mäntynen, Jukka. Työhön perehdyttäminen ja opastus, ennakkoivaa työsuojelua. Työturvallisuuskeskus TTK. 2009.





## ELEMENTTIASENNUKSEEN

Työnumero: \_\_\_\_\_

Työmaa: \_\_\_\_\_

Työvaihe: Elementtiasennus

MALLIASENNUSKATSELMUS
Pvm:
Läsnä:


Elementtiasennus: Rakentamistoleranssit (mm)

Mittauksen kohde	normaali luokka
sivusijainti	± 15
sivusijainti ylä- tai alapuolisesta seinästä	± 10
vapaa väli	± 15
sauman leveys	± 8
hammastus kaikissa suunnissa	8
yläreunan korkeusasema vaakarakenteisiin liittyessä	± 10
poikkeama pystysuorasta	h/600

### MALLIASENNUSKATSELMUS

- Elementtien asennustoleranssit täyttävät yllämainitut vaatimukset
- Kantavien elementtien asennuksessa on käytetty n. 10 mm paksuista vanerista/muovista asennuspalaa 70 x 100 mm (2 kpl/elementti). Kun asennusvara on > 10 mm, on käytetty lisäksi teräslappuja 70 x 100 mm.
- Kylmänä vuodenaikana juotosvalua ympäröivät betonipinnat lämmitetty ennen valun suorittamista. Valu on pidetty vähintään +5 °C lämpötilassa ja kosteana 7 vrk.
- Ontelolaatat on varustettu vedenpoistorei'in (reiät eivät ole tukossa) ja varmistettu myös alapohjassa vedenpoistorei'ien toimivuus lämmöneristeen läpi.
- Saumavillat ovat elementtien välissä.
- Elpojen korot ovat oikein.
- Tarkasta taskulampulla että elpon viemärin tiiviste on paikalla.
- Asuntojen ja kulkuaukkojen kynnysten korot ovat oikein.
- Porraselementin liitokset tasoihin ovat oikeilla koroilla.
- Jos "lasi"-pintoja elementeissä, pinnat hiotaan erityisesti kosteissa tiloissa (el. tehdas).
- Jälkivalukaistat, pystysaumot eivät ole ontelo v-urat ole patilla (piikattavaa).
- Valmis työ täyttää kaikilta osiltaan urakkasopimuksessa yhteisesti sovitun laatutason.
- Työvaihe on kokonaan valmis ja laaditussa aikataulussa on pysytty.
- Valokuvaus: detaljikuvia ja yleiskuvat asennetuista elementeistä.
- **Mesta on siivottu kaikista työstä aiheutuneista jätteistä.**

**TESUJAU:N TYÖN PEREHDYTYSLOMAKE**  
**TEHTÄVÄSUUNNITELMA/ ALOITU SPALAVERI/ AU:N TYÖN PEREHDYTYSLOMAKE**

Työmaa: _____ Työtehtävä: Perustustyöt	Työnno: _____ Pvm: _____	Työnjohtaja: _____ Urakoitsija: _____																																																			
<b>2. AIKATAULU</b>																																																					
Aik u: _____ Loppu: _____ Työsaavutus: _____ tv/talo _____ Suun. resurssit _____ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Valitavoite</th> <th style="width: 15%;">Suun./vk</th> <th style="width: 15%;">Tot./vk</th> <th style="width: 15%;">Suun./vk</th> <th style="width: 15%;">Tot/vk</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				Valitavoite	Suun./vk	Tot./vk	Suun./vk	Tot/vk																																													
Valitavoite	Suun./vk	Tot./vk	Suun./vk	Tot/vk																																																	
<b>3. VALITAVOITTEIDEN MATERIAALI MENEKIT</b>																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																																																					
<b>4. RISKIT</b>																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Riski</th> <th style="width: 20%;">Torjuntatoimenpide</th> <th style="width: 30%;">Tehty</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muotti väärässä korossa</td> <td><input type="checkbox"/> Torjuntatoimenpide</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Raudotuksessa virheitä</td> <td><input type="checkbox"/> Tarkistusmittaus</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Raudotukset eivät pysy valussa paikallaan</td> <td><input type="checkbox"/> Rakennusvalvonnan raudotustarkastus</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Betoni ei tiivisty kunnolla muotin pohjille/nurkkiin</td> <td><input type="checkbox"/> Kunnollinen sidonta, raudotustukien käyttö, varovainen vibraus</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Suojabetonin liian vähän</td> <td><input type="checkbox"/> Huolellinen vibraus</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Talviolosuhteet</td> <td><input type="checkbox"/> Raudotuksen sijainti muotissa oikein</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td><input type="checkbox"/> Muotien suojaus/ lämmitys/ lämpötilan seuraaminen</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>				Riski	Torjuntatoimenpide	Tehty	Muotti väärässä korossa	<input type="checkbox"/> Torjuntatoimenpide	<input type="checkbox"/>	Raudotuksessa virheitä	<input type="checkbox"/> Tarkistusmittaus	<input type="checkbox"/>	Raudotukset eivät pysy valussa paikallaan	<input type="checkbox"/> Rakennusvalvonnan raudotustarkastus	<input type="checkbox"/>	Betoni ei tiivisty kunnolla muotin pohjille/nurkkiin	<input type="checkbox"/> Kunnollinen sidonta, raudotustukien käyttö, varovainen vibraus	<input type="checkbox"/>	Suojabetonin liian vähän	<input type="checkbox"/> Huolellinen vibraus	<input type="checkbox"/>	Talviolosuhteet	<input type="checkbox"/> Raudotuksen sijainti muotissa oikein	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Muotien suojaus/ lämmitys/ lämpötilan seuraaminen	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>																				
Riski	Torjuntatoimenpide	Tehty																																																			
Muotti väärässä korossa	<input type="checkbox"/> Torjuntatoimenpide	<input type="checkbox"/>																																																			
Raudotuksessa virheitä	<input type="checkbox"/> Tarkistusmittaus	<input type="checkbox"/>																																																			
Raudotukset eivät pysy valussa paikallaan	<input type="checkbox"/> Rakennusvalvonnan raudotustarkastus	<input type="checkbox"/>																																																			
Betoni ei tiivisty kunnolla muotin pohjille/nurkkiin	<input type="checkbox"/> Kunnollinen sidonta, raudotustukien käyttö, varovainen vibraus	<input type="checkbox"/>																																																			
Suojabetonin liian vähän	<input type="checkbox"/> Huolellinen vibraus	<input type="checkbox"/>																																																			
Talviolosuhteet	<input type="checkbox"/> Raudotuksen sijainti muotissa oikein	<input type="checkbox"/>																																																			
	<input type="checkbox"/> Muotien suojaus/ lämmitys/ lämpötilan seuraaminen	<input type="checkbox"/>																																																			
		<input type="checkbox"/>																																																			
		<input type="checkbox"/>																																																			
<b>5. LAATU</b>																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Vastuu</th> <th style="width: 20%;">LAADUNVARMISTUS</th> <th style="width: 30%;">Tehty/Pvm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NCC AU</td> <td>Aloituspalaveri</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Mestarin vastaanotto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Mallikatselmus</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td>T &amp; M &amp; T</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td>O sava vastaanotto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Vaastanotto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>				Vastuu	LAADUNVARMISTUS	Tehty/Pvm	NCC AU	Aloituspalaveri	<input type="checkbox"/>		Mestarin vastaanotto	<input type="checkbox"/>		Mallikatselmus	<input type="checkbox"/>		T & M & T	<input type="checkbox"/>		O sava vastaanotto	<input type="checkbox"/>		Vaastanotto	<input type="checkbox"/>																													
Vastuu	LAADUNVARMISTUS	Tehty/Pvm																																																			
NCC AU	Aloituspalaveri	<input type="checkbox"/>																																																			
	Mestarin vastaanotto	<input type="checkbox"/>																																																			
	Mallikatselmus	<input type="checkbox"/>																																																			
	T & M & T	<input type="checkbox"/>																																																			
	O sava vastaanotto	<input type="checkbox"/>																																																			
	Vaastanotto	<input type="checkbox"/>																																																			
<b>6. TYÖTURVALLISUUS</b>																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Henkilökoht. suojaimet</th> <th style="width: 50%;">Muut:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> Kypärä</td> <td>Työmaalle toimiston kautta</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Turvajalkineet</td> <td>NCC:n tuotantopalaverit</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Suojalasi</td> <td>Turvallisuushavaintokäytäntö</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Turvaväljat</td> <td>Yhtäaikaiset työvaiheet</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Kuulosuojaimet</td> <td>Vaarojenarviointi (liitteenä)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Muut:</td> <td> </td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Työmaan TR-tavoite:</td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Henkilökoht. suojaimet	Muut:	<input type="checkbox"/> Kypärä	Työmaalle toimiston kautta	<input type="checkbox"/> Turvajalkineet	NCC:n tuotantopalaverit	<input type="checkbox"/> Suojalasi	Turvallisuushavaintokäytäntö	<input type="checkbox"/> Turvaväljat	Yhtäaikaiset työvaiheet	<input type="checkbox"/> Kuulosuojaimet	Vaarojenarviointi (liitteenä)	<input type="checkbox"/> Muut:		<input type="checkbox"/> Työmaan TR-tavoite:																																			
Henkilökoht. suojaimet	Muut:																																																				
<input type="checkbox"/> Kypärä	Työmaalle toimiston kautta																																																				
<input type="checkbox"/> Turvajalkineet	NCC:n tuotantopalaverit																																																				
<input type="checkbox"/> Suojalasi	Turvallisuushavaintokäytäntö																																																				
<input type="checkbox"/> Turvaväljat	Yhtäaikaiset työvaiheet																																																				
<input type="checkbox"/> Kuulosuojaimet	Vaarojenarviointi (liitteenä)																																																				
<input type="checkbox"/> Muut:																																																					
<input type="checkbox"/> Työmaan TR-tavoite:																																																					
<b>7. SUUNNITELMAT</b>																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Piiirustus:</th> <th style="width: 50%;">6. Työturvallisuusriskit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Elementtikuvat</td> <td>Riski</td> </tr> <tr> <td>Asennuskuvat</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Mittapiirustukset</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Raudotuspaiirustukset</td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Piiirustus:	6. Työturvallisuusriskit	Elementtikuvat	Riski	Asennuskuvat		Mittapiirustukset		Raudotuspaiirustukset																																									
Piiirustus:	6. Työturvallisuusriskit																																																				
Elementtikuvat	Riski																																																				
Asennuskuvat																																																					
Mittapiirustukset																																																					
Raudotuspaiirustukset																																																					