

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

2019

Anttoni Rokka

TIETOMALLIPOHJAINEN TUOTANNONSUUNNITTELU

– Yli-Maarian pientalohanke

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

2019 | 52 sivua, 5 liitesivua

Anttoni Rokka

TIETOMALLIPOHJAINEN TUOTANNONSUUNNITTELU

- Yli-Maarian pientalohanke

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä eri lähdeaineistoja hyödyntäen talonrakennushankkeen kulkuun sekä syventyä tutkimaan miten, tietomalleja voidaan hyödyntää rakennusprojektin tuotannonsuunnittelussa.

Tutkimuskirjallisuus koostui pääosin Rakennustieto Oy:n ohjekorteista sekä rakennushankkeen eri vaiheisiin ja tietomallintamiseen liittyvistä kirjoista. Työssä viitattiin myös Suomen maankäyttö- ja rakennuslakiin. Pääasiallisena aiheena ollutta tietomallintamista käsiteltiin tutustumalla siihen liittyvään lähdekirjallisuuteen sekä toteuttamalla määrälaskenta liittyen Turun ammatti-instituutin ja ammattikorkeakoulun yhteiseen pientalohankkeeseen. Määrälaskenta suoritettiin yhden talon perustuksista käyttämällä sekä perinteistä että tietomallipohjaista menetelmää. Menetelmiä verrattiin keskenään ja analysoitiin niiden tekoprosessia.

Tietomallintamisella helpotetaan huomattavasti usein varsin aikaa vievää ja rutiininomaista tuotannonsuunnitteluun liittyvä työtä automatisoimalla sitä tietokoneen avulla. Tietomallipohjaisessa tuotannossa kuitenkin korostuu asiantuntijarooli, sillä ohjelmistojen käyttö ja tulosten analysointi vaativat ammattitaitoa, jotta tietomallintamisessa saavutetaan täysi hyöty.

Tietomallihankkeen edellytyksenä on, että mallintamiseen asetetaan tarkat säännöt ja vaatimukset, jolloin mallien käyttö on mahdollisimman tehokasta jokaisessa käyttötarkoituksessa.

ASIASANAT:

tietomalli, tuotannonsuunnittelu, määrälaskenta

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering

2019 | 52 pages, 5 pages in appendices

Anttoni Rokka

BIM BASED PRODUCTION PLANNING

- Yli-Maaria detached house project

The objective of this thesis was to become familiar with the process of a construction project and delve into the ways it is possible to utilize building information models in production planning.

The research literature consisted of instruction cards from Rakennustieto Inc. and literature about the different phases of a construction project and building information modeling. Also the code of Finnish building regulations were referenced. The main topic of building information modeling was covered by studying the related source material and by conducting quantity surveying in practice concerning the detached housing project of Turku Vocational Institute and Turku University of Applied Sciences. The quantity surveying was conducted about a house foundation by the using traditional way and the building information model. The methods were compared to each other and the process of making them was analyzed.

BIM based production planning makes production planning easier by making the time consuming tasks automatic. However, the role of expert is emphasized in BIM based production as using the models and analyzing the results require expertise so that the full benefit can be achieved.

The requirement of BIM projects is that there are set of rules and requirements on modeling so that the usage of the models is as effective as possible on every use it is made for.

KEYWORDS:

building information model, production planning, quantity surveying

SISÄLTÖ

| | |
|--|-----------|
| KÄYTETYT LYHENTEET | 8 |
| 1 JOHDANTO | 9 |
| 2 TULEVAISUUDEN ÄLYKKÄÄT OPPIMISYMPÄRISTÖT | 10 |
| 3 RAKENNUSHANKKEEN VAIHEET | 11 |
| 3.1 Tarveselvitys | 11 |
| 3.2 Hankesuunnittelu | 12 |
| 3.3 Rakennussuunnittelu | 13 |
| 3.4 Ehdotussuunnittelu | 13 |
| 3.5 Luonnossuunnittelu | 14 |
| 3.6 Toteutussuunnittelu | 15 |
| 3.7 Rakentaminen | 15 |
| 3.8 Käyttöönotto | 16 |
| 3.9 Takuu aika | 17 |
| 4 TIETOMALLINNUS | 18 |
| 4.1 Tietomallintamisen hyötyjä rakennushankkeessa | 18 |
| 4.2 Tietomallintamisen hyötyjä työmaalla | 19 |
| 4.3 Tietomallihankkeen toteutus | 20 |
| 5 MÄÄRÄ- JA KUSTANNUSLASKENTA | 22 |
| 5.1 Määrälaskenta | 22 |
| 5.2 Kustannuslaskentamenettelyt | 23 |
| 5.2.1 Viitekohde- ja tilastomenettelyt | 23 |
| 5.2.2 Tilapohjainen laskenta | 24 |
| 5.2.3 Rakennusosa- ja tuoteosalaskenta | 24 |
| 5.2.4 Suorite- ja panospohjainen laskenta | 25 |
| 5.3 Tietomallipohjainen määrälaskenta | 25 |
| 5.3.1 Tietomallipohjaisen määrälaskennan suorittaminen | 27 |
| 6 AIKATAULUSUUNNITTELU | 29 |
| 6.1 Rakennusaikataulun kireyden tarkistus | 29 |
| 6.2 Tehollisen rakennusajan laskeminen | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 6.3 Kohteen osittelu | 30 |
| 6.4 Aikataulun tehtävien nimitys | 31 |
| 6.5 Tehtävien mitoitus | 31 |
| 6.6 Töiden järjestyksen suunnittelu | 31 |
| 6.7 Tehtävien ajoitus ja resurssien tasaus | 32 |
| 6.8 Aikataulun toteutuskelpoisuus | 32 |
| 6.9 Aikatauluohjelmistot | 32 |
| 6.10 Rakennushankkeen aikataulut | 33 |
| 6.10.1 Hankeaikataulu | 33 |
| 6.10.2 Suunnitelma-aikataulu | 34 |
| 6.10.3 Yleisaikataulut | 34 |
| 6.10.4 Hankinta-aikataulu | 35 |
| 6.10.5 Talotekniikka-aikataulu | 36 |
| 6.10.6 Rakennusvaiheikataulu | 36 |
| 6.10.7 Viimeistelyaikataulu | 36 |
| 6.10.8 Viikkoaikataulu | 37 |
| 7 AIKATAULUTYYPPEJÄ | 38 |
| 7.1 Jana-aikataulu | 38 |
| 7.2 Paikka-aikakaavio | 39 |
| 7.3 Valvontavinjetti | 39 |
| 7.4 Lukujärjestys | 40 |
| 7.5 4D-tietomalli | 41 |
| 8 ALUESUUNNITTELU | 42 |
| 8.1 Työmaa-alueen rajaus | 42 |
| 8.2 Työmaatilat | 42 |
| 8.3 Varastointi | 43 |
| 8.4 Työmaan liikenne | 43 |
| 8.5 Nostokalusto ja koneasemat | 43 |
| 8.6 Jätehuolto | 44 |
| 8.7 Työpisteet | 44 |
| 8.8 Työturvallisuus | 44 |
| 8.9 Aluesuunnitelma tietomallilla | 44 |
| 9 MÄÄRÄLUETTELON LAADINTA | 46 |
| 9.1 Perinteisempi menetelmä | 46 |

| | |
|---|-----------|
| 9.1.1 Muotti- ja eristeneliöt | 46 |
| 9.1.2 Raudoitus | 46 |
| 9.1.3 Betonikuutiometrit | 47 |
| 9.1.4 Laskentatyön kulku | 47 |
| 9.2 Määräluettelo tietomallista | 48 |
| 9.2.1 Ohjelman asetukset | 48 |
| 9.2.2 Informaation talteenotto | 48 |
| 9.3 Määrätietojen soveltaminen Yli-Maarian pientalohankkeessa | 50 |
| 10 PÄÄTELMÄT | 51 |
| LÄHTEET | 52 |

LIITTEET

- Liite 1. Määrälaskentataulukko 2D-kuvista.
- Liite 2. Alapohjan raudoituskuva.
- Liite 3. Palkkien leikkaukset.
- Liite 4. Leikkaus paaluvahvistuksista.
- Liite 5. Mallin informaation talteenotto.

KUVAT

| | |
|---|----|
| Kuva 1. Talonrakennushankkeen kulku. | 11 |
| Kuva 2. Tarveselvityksen kulku. | 12 |
| Kuva 3. Laskentamenettelyiden tarkkuustasot. | 23 |
| Kuva 4. Ajallisen suunnittelun kulku. | 29 |
| Kuva 5. T4-ajan muodostuminen. | 30 |
| Kuva 6. Jana-aikataulu, jossa seurantaviiva. | 38 |
| Kuva 7. Paikka-aikakaavion toimintaperiaate. | 39 |
| Kuva 8. Valvontavinjetti matriisimuodossa. | 40 |
| Kuva 9. Työn eteneminen merkittynä asemakuvaan. | 40 |
| Kuva 10. Lukujärjestys. | 40 |
| Kuva 11. 4D-tietomalli. | 41 |
| Kuva 12. Kaksi- sekä kolmiulotteinen aluesuunnitelma. | 45 |
| Kuva 13. AutoCADin pinta-alamittaustyökalu. | 47 |
| Kuva 14. Roolin valinta ja roolin mukaiset tietomallisäännöt. | 48 |
| Kuva 15. Säännösten ristiriidat mallista. | 49 |
| Kuva 16. Palkkiraudoitus yhtenä objektina. | 49 |

TAULUKOT

| | |
|---|----|
| Taulukko 1. Raudotteiden painot metriä kohden. | 47 |
| Taulukko 2. Tietomallista listatut määrätiedot siinä esiintyneillä nimikkeillä. | 50 |

KÄYTETYT LYHENTEET

| | |
|----------|---|
| BIM | rakennuksen tietomalli, Building information model/modeling |
| IFC | kansainvälinen tiedonsiirtostandardi, joka mahdollistaa ohjelmistojen tiedonsiirron yhteensopivuuden; Industry foundation classes |
| ITO | informaation talteenotto |
| YSE 1998 | rakennusalan yleiset sopimusehdot 1998 |
| YTV 2012 | yleiset tietomallivaatimukset 2012 |
| TATE | talotekniikka |

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään rakennushankkeen tuotannosuunnittelua. Tavoitteena on kerätä tietoa rakennushankkeen vaiheista ja niihin sisältyvästä tuotannosuunnittelusta ja ohjauksesta ja syventyä tietomallipohjaiseen tuotannosuunnitteluun. Työn tarkoituksena on laatia yhtä rakennusosaa koskeva määrälaskenta Turun AMK:n ja Turun ammatti-instituutin yhteiseen Yli-Maariassa sijaitsevaan pientalohankkeeseen, joka koostuu 10:stä lähes identtisestä pientalosta.

Huolellinen suunnittelu on erittäin tärkeää rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa, koska sillä luodaan hankkeelle puitteet mahdollisimman sulavaan toteutukseen. Opinnäytetyön aihe valikoitui siitä syystä, että tietomallintaminen yleistyy tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa. Tämän työn tekemisen aikana perehdyttiin rakennushankkeen kulkuun ja osapuoliin hankkeen alusta loppuun.

Työn sisältö koostuu rakennushankkeen vaiheiden käsittelystä ja tuotannosuunnittelun teoriasta ja eri tuotantosuunnitelmiin perehtymisestä. Työssä on kuvattu rakennushankkeen kulku pääpiirteittäin ja keskitytty syvällisemmin tuotantosuunnitteluun tietomallintamisen avulla. Työssä esitellään aikataulusuunnittelua, määrä- ja kustannuslaskentaa sekä aluesuunnittelua. Rakennushankkeen tuotantosuunnitelmat pohjautuvat oleellisesti hankkeen laajuuteen ja määriin, minkä takia tämän opinnäytetyön käytännön tuotantosuunnitelman laadinnassa keskityttiin määrälaskennan laatimiseen. Työssä esitetään laskelmien lisäksi näihin liittyvät työvaiheet.

Tavoitteena on laatia määräluettelo talon perustuksista sekä ns. perinteisemmällä menetelmällä käyttämällä kaksiulotteisia piirustuksia että tietomallipohjaisesti. Tämän pohjalta verrataan näitä toteutuksia keskenään ja analysoidaan tietomalliin perustuvan tuotantosuunnittelun vahvuuksia. Lopuksi pohditaan, mitä onnistunut tietomallihanke vaatii onnistuakseen.

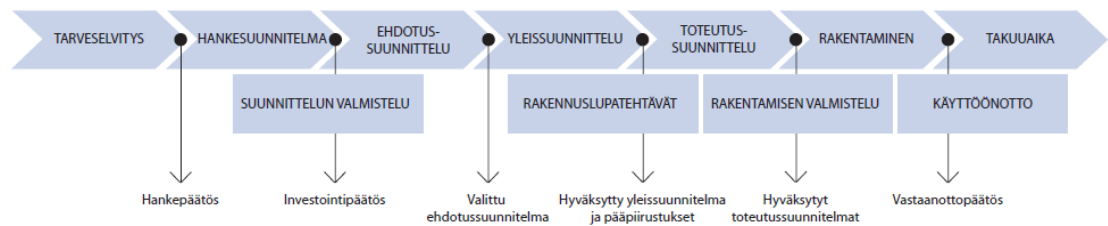
2 TULEVAISUUDEN ÄLYKKÄÄT OPPIMISYMPÄRISTÖT

Opinnäytetyö liittyy Turun Yli-Maariassa sijaitsevaan Turun ammatti-instituutin pientalohankkeeseen, joka koostuu 10:stä lähes identtisestä pientalosta. Jokaisella tontilla on asuinrakennuksen lisäksi autokatos ja talousrakennus. Talot ovat yksikerroksisia puu-omakotilatoja joissa on kolme makuuhuonetta, avokeittiö ja olohuone, kaksi wc-tilaa, pesuhuone, sauna ja tekninen tila.

Turun ammatti-instituutti on antanut toimeksiannon Turun AMK:lle pientalohankkeen suunnittelusta. Hanke on osa 6Aika-nimistä kestävän kaupunkikehityksen strategiahanke, johon osallistuu kuusi Suomen suurinta kaupunkia: Helsinki, Espoo, Vaasa, Tampere, Oulu ja Turku. Yksi 6Aika-hankkeista on Tulevaisuuden älykkäät oppimisympäristöt. Siinä vahvistetaan yritysten liiketoimintamahdollisuuksia, jotka kehittävät oppimiseen sekä fyysisiin ja virtuaalisiin oppimisympäristöihin liittyviä palveluita, tuotteita ja teknologioita. Yhtenä oleellisena osana on uuden teknologian kokeiluiden toteuttamista konkreettisissa oppimisympäristöissä. Esimerkiksi Yli-Maarian pientalohankkeessa on myös mukana rakennus- ja energia-alan yrityksiä kokeiluissa, kuten aurinkosähkön varastointi akkuihin ja järjestelmän kehittäminen. Hankkeessa on myös tutkimuskohteena tietomallien hyödyntäminen suunnittelussa ja rakentamisessa sekä tetomallien hyödyntäminen oppimisympäristössä.

3 RAKENNUSHANKKEEN VAIHEET

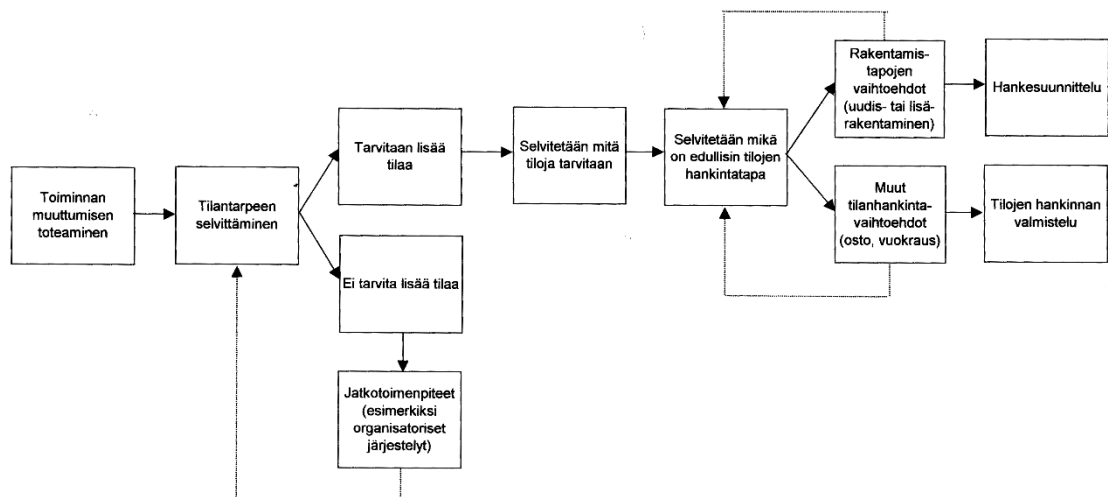
Rakennushanke on luonteeltaan pitkäkestoinen, monivaiheinen ja siihen osallistuu monta osapuolta. Kaikissa rakennushankkeissa esiintyvät samat päävaiheet (Kuva 1). Nämä ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, ehdotus-, yleis- ja toteutussuunnittelu, rakentaminen, käyttöönotto ja takuu aika. (Vuorela ym. 2001, 51; RT 10-11224. 2016.)



Kuva 1. Talonrakennushankkeen kulku (RT 10-11224. 2016, 1).

3.1 Tarveselvitys

Rakennushanke alkaa rakennuksen omistajan, käyttäjän, kiinteistökehittäjän tai -sijoittajan aloitteesta. Tarveselvitysvaiheessa selvitetään uuden asuin-/toimitilan tarpeellisuus ja tarkoituksenmukaisuus. Tarveselvityksen avulla tehdään päätös kannattaako hankkeeseen ryhtyä. Lisäksi selvitetään mitä eri vaihtoehtoja on syntyneen tilantarpeen täyttämiseen; rakennetaanko, laajennetaanko jo omistuksessa olevaa rakennusta vai ostateaanko tai vuokrataanko uusia tiloja. Tarveselvityksessä myöskin laaditaan alustava toteutusaikataulu hankkeelle ja tehdään taloussuunnitelma. (Vuorela ym. 2001, 51-52; Kankainen & Junnonen. 2015, 16.)



Kuva 2. Tarveselvityksen kulku (Kankainen & Junnonen. 2015, 16).

3.2 Hankesuunnittelu

Tarveselvityksen perusteella tehdyn hankepäätöksen jälkeen selvitetään tarkemmin hankkeen toteuttamistarpeet ja -mahdollisuudet ja vaihtoehtoiset toteuttamistavat sekä tehdään hankeaikataulu. Hankesuunnittelussa luodaan suunnitteluohje arkkitehtuurista ja rakenteellista suunnittelua varten, jotta suunnitelmat saadaan ohjattua tavoitteiden mukaisiksi. Samalla asetetaan hankkeen budjetti. (Vuorela ym. 2001, 52; Kankainen & Junnonen. 2015, 20.)

Hankesuunnitteluun osallistuvat yleensä rakennuksen omistaja ja käyttäjä, rakennuttaja ja suunnittelijat. Käyttäjä määrittelee tarpeet rakennuksen käytön kannalta, jotta saavutetaan käyttäjäystävällisyys. Rakennuttaja tehtävä on olla hankkeen toteutuksen ja rakennustoiminnan asiantuntija. Suunnittelijat kokoavat suunnittelun pohjaksi tarvittavat tiedot ja työstävät niitä. Arkkitehti laatii tilaohjelman, jossa luetteloidaan kaikki rakennushankkeen huonetilat pinta-aloineen. (Kankainen & Junnonen. 2015, 20.)

Tilaohjelman laatimisen yhteydessä määritetään myös rakennuksen käytön vaatimat ominaisuudet tilojen sekä rakennuksen sisä- ja ulkopuolisissa rakenteissa. Esim. tilojen korkeudet, pinnat jne. (Kankainen & Junnonen. 2015, 21.)

Rakennuspaikasta tehdään toiminnallinen selvitys, jossa tarkistetaan mm. tontin ominaisuudet, liikenneyhteydet, purettavat ja säilytettävät rakennukset, laajentamismahdollisuudet jne. Alueesta tehdään lisäksi teknisiä selvityksiä mm. maaperästä, vaikutuksista

naapurikiinteistöihin ja kunnallistekniikkaan liittymisistä. Rakennuspaikasta tehdään myös kaavaselvitys alueen kaavoitustilanteesta, määräyksistä, rakennusoikeudesta ja rasitteista. (Kankainen & Junnonen. 2015, 21.)

Tilaohjelman ja rakennuspaikan selvitysten perusteella lasketaan tavoitehinta, jota käytetään aiempien kannattavuusarvioiden tarkastamiseen, budjetointiin ja suunnittelusopimuksia varten sekä suunnitelmien taloudellisuustavoitteiden asettamiseen. Hankkeen tavoitehinta muodostuu tilojen tavoitehinnoista, muuttuvien tekijöiden ja rakennuttajan kustannuksista. (Kankainen & Junnonen. 2015, 21.)

3.3 Rakennussuunnittelu

Rakennussuunnittelu on rakennuspaikkaan ja sen ympäristöön soveltuvien arkkitehtonisen, toiminnallisen ja teknisen ratkaisujen laatimista tilaajan tavoitteiden ja ehtojen mukaan (Kankainen ym. 2011, 37). Tilaajan vahvistama hankesuunnitelma toimii suunnitteluohjeena. Lisäksi suunnittelun lähtöaineistona ovat:

- Suunnitteluohjeistot
- Tehtäväluettelot
- Normit
- Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset (RYL 2000- sarja)

Rakennussuunnitelmat tarkentuvat suunnittelun edetessä ja rakennussuunnitteluprosessi voidaan jakaa neljään osaan:

- Ehdotussuunnittelu
- Luonnossuunnittelu
- Toteutussuunnittelu
- Täydentävä suunnittelu

3.4 Ehdotussuunnittelu

Pääsuunnittelija, yleensä arkkitehti, laatii ehdotusvaiheessa useita eri vaihtoehtoisia suunnitelmia, joita verailaan keskenään. Suunnitelmavaihtoehdot tehdään riittävän tarkasti, jolloin niiden toimivuutta ja kustannuksia voidaan arvioida ja vertailla riittävän hyvin. (Kankainen ym. 2011, 37.) Suunnitelmissa esitetään asemapiirustus, pohjakuvat ja

leikkaukset. Niissä kuvataan tilojen sijainnit, rakennuksen muotoilu eli massoitelu, ja toiminnalliset ratkaisut. Ehdotussuunnitelmassa esitetään myös perustamisolosuhteet, alueen kunnallistekniikkaan liittymiset ja kustannusarvio. Paras ehdotus valitaan ja sen pohjalta jatketaan suunnittelua. (Vuorela ym. 2001, 54)

3.5 Luonnossuunnittelu

Luonnossuunnitteluvaiheessa osoitetaan ehdotussuunnitelmia tarkemmin asemapiirros ja rakennuksen yleisratkaisut. Luonnosvaiheessa teetetään myös periaateratkaisu rakennejärjestelmästä ja pohjatutkimus. Myös rakenne- ja talotekniikkasuunnittelijat esittävät vaihtoehdot tilojen ja tekniikkajärjestelmien ohjaus- ja valvontajärjestelmistä sekä niiden kytkeytymisen muiden toimintojen tietoverkkoihin. (Kankainen ym. 2011, 38.)

Luonnossuunnitelmassa esitetään yleisratkaisuna

- Ympäristösuunnitelma
- Perustamistapa
- Kantavat ja osastoivat rakenteet
- Keskeiset rakenteet
- Materiaalit
- Rakennustapa-, talotekniikka- ja sitä täydentävä järjestelmäselostus
- Talotekniikkajärjestelmät, -tilat, pääkanavat ja putkireitit
- Kustannusarvio

(Kankainen ym. 2011, 38.)

Yleisratkaisuiden lisäksi, jos kohteessa ilmenee toistuvia osastoja, yksityiskohtia tai erikoisrakenteita, tehdään niistä tarkemmat ratkaisumallit. Luonnossuunnitelmia verrataan asetettuihin tavoitteisiin tarkastamalla laajuustiedot ja tilaohjelman noudattaminen, verrataan kustannusarviota tavoitehintaan ja tarkastellaan arviota rakennuksen ylläpitomenekkeistä verrattuna normaalimenekkeihin. Näiden lisäksi tarkastetaan toteuttamisaikataulu ja verrataan rahoitussuunnitelmia asetettuihin tavoitteisiin.

Luonnoksista hankitaan käyttäjien, asiantuntijoiden ja viranomaisten lausunnot, jonka jälkeen tilaaja hyväksyy luonnossuunnitelmat jatkosuunnittelun pohjaksi. Luonnossuunnittelu päättyy rakennuslupakuvien laatimiseen. (Kankainen ym. 2011, 38.)

3.6 Toteutussuunnittelu

Luonnossuunnitelmien pohjalta laaditaan työpiirustukset ja tekniset suunnitelmat, joiden pohjalta kilpailutettavat urakoitsijat saavat tiedot tarjouksen tekoa varten.

Toteutussuunnitelmilla:

- Selvitetään tavoitteiden, toiminnan ja käytön aiheuttamat yksityiskohtaiset tarpeet
- Varmistetaan rakenneratkaisujen ja detaljien tavoitteidenmukaisuus
- Asetetaan valmistus- ja viimeistelylaadun tavoitteet
- Ohjelmoidaan tilaajan erillishankinnat
- Varmistetaan että suunnitelmiin saadaan viranomaisilta hyväksynät
- Varmistetaan osasuunnitelmien yhteensopivuus toisiinsa

(Kankainen ym. 2011, 38.)

Piirustukset ja selostukset täydentyvät rakennusluvan saamisen jälkeen rakennustyön aikana. Täydentäviä suunnitelmia ovat esim. erilaiset valmistus-, sovitus- ja asennuspiirustukset. (Kankainen ym. 2011, 38.; Vuorela ym. 2001, 55)

3.7 Rakentaminen

Rakennustöiden toteutus alkaa urakkasopimuksen allekirjoittamisesta, ja päättyy kunnes urakoitsija luovuttaa kohteen rakennuttajalle. Rakentaminen suoritetaan urakkamuodon ja urakkasopimusten mukaan. Sopimusosapuolet noudattavat heidän velvoitteita ja vastuita, jotka ovat määritelty urakka-asiakirjoissa. Osapuolien välisen urakkasopimusten pohjana toimii rakennusalan yleiset sopimusehdot (YSE), jossa on yleisellä tasolla määritelty osapuolten velvollisuudet. (Vuorela ym. 2001, 55; RT 10-10387,14.)

Rakennuttajan on nimettävä yhteiselle rakennustyömaalle päätoteuttaja. Lainsäädännössä päätoteuttaja on määritelty työmaan pääasiallisen määräysvallan omaavaksi työnantajaksi. Rakennuttaja voi myös tehdä päätoteuttajan tehtävät itse tai teettää tehtävät rakennuttajakonsultilla. Tyypillisesti kohteen pääurakoitsija nimetään päätoteuttajaksi. (RT-10-11222.)

Pääurakoitsijan lisäksi kohteen toteuttamiseen voi osallistua rakennuttajaan suorassa sopimussuhteessa olevia sivu-urakoitsijoita. Urakoitsija voi myös oman työvoiman käytön sijaan teettää töitä aliurakoitsijoilla.

Rakennusluvan vaativan työn tekemiseen täytyy nimittää vastaava työnjohtaja, joka vastaa rakennustyön kokonaisuudesta ja laadusta sekä huolehtii että rakentaminen tehdään luvan, säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan mukaisesti. (1999/132 122§)

Oleellisena osana rakennuttamista on toteutuksen valvonta. Rakennuttajan ammattitaidon ja rakennushankkeen laajuuden mukaan voidaan palkata myös valvoja, joka valvoo suunnitelmien mukaista toteuttamista. Työmaavalvojan lisäksi valvontaan osallistuu myös omiin eri vastuualueisiin erikoistuneita valvontaviranomaisia, kuten mm. terveys-, työsuojelu ja paloviranomainen. Rakennustyön aikana tehdään tarkastuksia ja katselmuksia sekä valvotaan lakien, asetusten ja määräysten noudattamista. (Vuorela ym. 2001, 55.; RT 10-10387,9.)

Rakennushankkeen toteutuksen aikana järjestetään säännöllisin väliajoin työmaakoukkuja, joihin osallistuu rakennuttaja, tarvittaessa käyttäjä, valvojat, suunnittelijat ja urakoitsijat. Siellä käydään läpi rakentamisen aikana ilmenneitä ongelmia ja neuvotellaan niihin ratkaisut sekä seurataan urakoiden etenemistä. (RT 10-10387,14.)

Rakennustyön valmistuttua suoritetaan vastaanottotarkastus, jossa rakennuttaja ja urakoitsijat käyvät läpi onko lopputulos sopimusten mukainen. Kohteen ei kuitenkaan tarvitse olla täysin valmis, vaan riittää että kohde on käyttöönotettavissa vähäisiä viimeistelytöitä lukuun ottamatta. Tarkastuksessa kasataan yksityiskohtainen pöytäkirja, johon luetellaan havaitut puutteet, virheet ja mahdollisesti aiheutuneet vahingot. Tarkastuskierroksen jälkeen on urakoitsijan korjattava listatut virheet ja puutteet sovittulla aikataululla. Mikäli urakoitsija ei korjaa virheitä ja puutteita sovittuun aikarajaan mennessä, on rakennuttajalla oikeus teettää työ urakoitsijan kustannuksella. Urakoitsijan on myös korjattava kohtuullista lisäveloitusta vastaan rakennuttajan osoittamat virheet, joista urakoitsija ei sopimuksen mukaan ole vastuussa. (Kankainen & Junnonen. 2015, 88-90.)

3.8 Käyttöönotto

Rakennuksen vastaanotto merkitsee sitä, että kohteessa voidaan aloittaa toiminta ja urakoitsijan vastuuvollisuus päättyy takuutöitä lukuun ottamatta. Käyttöönoton

yhteydessä luovutetaan rakentamisen aikana koottu huoltokirja. Se sisältää rakennuksen käytön, huollon ja kunnossapidon kannalta oleelliset tiedot. Huoltokirja toimii urakoitsijalle eräänlaisena vastuun rajaajana; YSE:n mukaan urakoitsija ei ole vastuussa virheestä, joka seuraa normaalista kulumisesta taikka ohjeiden laiminlyömisestä. (Kankainen & Junnonen. 2015, 92; RT16-10660 YSE 1998.)

3.9 Takuu aika

Urakan valmistumisen jälkeen takuuajan pituus on YSE:n mukaan kaksi vuotta, mutta urakkasuorituksen tarkastuksesta voidaan määrittää toisin. Sinä aikana tarkaillaan urakassa valmistunutta lopputulosta mahdollisten rakennusvirheiden löytämiseksi.

Takuu aika voi alkaa:

- Vastaanottotarkastuksesta
- Urakkasuorituksen tarkastuksesta tai
- Päivänä kun kohde otetaan käyttöön, jos ei pidetä vastaanottotarkastusta

Takuuajan päätyttyä pidetään takuutarkastus, joka on luonteeltaan vastaavanlainen vastaanottotarkastus. Takuutarkastuksen ajankohta on aikaisintaan kuukausi ennen takuuajan päättymistä ja viimeistään takuuajan viimeisenä päivänä, ellei toisin sovita. Mikäli rakennuttaja tai urakoitsija eivät ole pyytäneet tarkastusta ajoissa määräaikaan mennessä, jatkuu takuu aika kuukaudella. Sinä aikana rakennuttajalla on oikeus vaatia urakoitsijaa korjaamaan virheet ja puutteet, mutta sen jälkeen ei ole enää oikeutta tehdä takuuseen perustuvia vaatimuksia. (Kankainen & Junnonen. 2015, 74.)

4 TIETOMALLINNUS

Rakennuksista on tehty kautta aikojen pienoismalleja havainnollistamaan tulevan rakennuksen ulkonäköä. Tietomallinnus on ikään kuin digitaalista pienoismallin tekoa, jonka yhtenä päätarkoituksena on pienoismallin tapaan visualisointi. Tietomalli sisältää visuaalisuuden lisäksi rakennusosien ominaisuustietoja ja niiden yhteyksiä toisiinsa. Tietomallin tarkoituksena on antaa suunnittelijoille, toteuttajille, käyttäjille ja ylläpitäjille jokaisen heidän tarvitsemansa tiedon. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 12-13.)

Rakennuksen tietomallin lyhenteenä käytetään BIM:iä, joka tulee sanoista building information model. Tietomalleissa osiin voidaan linkittää tietokantoja, joissa on tietoa digitaalisessa muodossa. Rakennusosien tietosisältöä voidaan päivittää suunnittelun edetessä. Esimerkiksi tavallinen oviobjekti muutetaan palo-oveksi lisäämällä objektiin paloluokitus-tiedot paloteknisten suunnitteluiden edetessä. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 15-16.)

Jotta tietomallin käyttö olisi hankkeessa mahdollisimman laajaa eri osapuolilla, voidaan käyttää tätä varten OpenBIM, eli avoimen tietomallinnuksen periaatetta. Avoin tietomallinnus tarkoittaa eri osapuolten tekemien tietomallien siirtämistä toisten käytettäväksi eri ohjelmistoille yhteensopivassa muodossa. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 37.) Mm. Arkkitehtimallia voidaan käyttää rakennuksen ominaisuuksien simulointiin. Malli voidaan kääntää useille ohjelmistoille yhteensopivaan IFC-malliin. Tämä mahdollistaa sen että erikoissuunnittelijat saavat mallin avattua omassa ohjelmassaan. Esimerkiksi energiasuunnittelija saa arkkitehdin mallista tarkasteltua energia ominaisuuksia ja antaa palautetta ja parannusehdotuksia rakennuksen suunnitteluun. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 16.)

4.1 Tietomallintamisen hyötyjä rakennushankkeessa

Yksi oleellisimmista hyödyistä tietomallintamisessa on kohteen visualisointi jo ennen toteuttamista. Mallin avulla pystytään arvioimaan rakennuksen toimivuutta ja nähdä yksityiskohtaisesti rakennuksen ulkonäkö. Tietomallin hyötynä on myös se, että siitä saadaan tulostettua tarvittaessa lukemattomia määriä piirustuksia, kuten mm. leikkauksia ja detaljikuvia ja näkymiä halutuista kohdista. Tietomallia voidaan ajatella virtuaalisena prototyyppinä, joka sisältää kaiken tiedon rakennuksen arkkitehtuurista, tilaratkaisuista, rakennetekniikasta, talotekniikasta ja rakennusta ympäröivästä alueesta. Tietomallin

visuaalisen selkeyden lisäksi sen sisältämä tietosisältö rakennuksesta hyödyttää sen käytössä ja ylläpidossa. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 29.)

Tietomallien avulla mahdollistetaan etukäteen suoritettavia analyysejä ja simulaatioita. Tämä auttaa parhaimman suunnitelmavaihtoehdon valitsemisessa. Tietomallia voidaan hyödyntää esimerkiksi U-arvon analysoimisessa. Rakennuksen energiataloudellisuuden simuloiminen on yksi tärkeimmistä tulevaisuuden käyttökohteista energia määräysten kiristymisen takia. Tietomallin avulla on mahdollista määrittellä etukäteen rakennuksen aiheuttamaa ilmastokuormitusta ja antaa mahdollisuuden vaikuttaa kuormituksen määrään suunnitteluvaiheessa. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 30.)

Tietomallin hyödyllinen ominaisuus on tietokantaominaisuus, eli eri suunnitelmat pohjautuu samaan yhteen tietomalliin. Tämän avulla yksittäinen muutos päivittyy myös muihinkin suunnitelmiin automaattisesti, jolloin hankkeen osapuolilla on ajantasainen tieto. Tietomallintaminen mahdollistaa myös täten hankkeen osapuolten yhteistyötä ja tiedonkulua, kun suunnittelijat voivat keskenään sen avulla tehdä yhteistyötä suunnittelussa. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 30.)

Tietomalli tehostaa suunnitelmien laadunvarmistusta koska virheet on helppo löytää tarkastusohjelmilla tarkastelemalla erityisesti eri suunnitelmista koostuvaa yhdistelmämallia. Yhdistelmämallista voidaan perinteistä tapaa helpommin tehdä törmäystarkastelua. Tietomalli mahdollistaa myös testata annettujen ehtojen toteutumista, kuten esteettömyysvaatimukset, poistumisteiden pituudet tai ikkunakorot. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 31.)

Myös rakennusvalvonnan kannalta löytyy mahdollista hyötyä tietomallista. Sen avulla olisi yhtenä mahdollisuutena automatisoida rakennusluvan perusteiden tarkistus. Tietomallin tietosisältöön voidaan esim. asettaa rakennus- ja huoneistotietojen (RH2) luettavuus suoraan mallista. Myöskin visuaalisen mallin avulla voidaan arvioida rakennuksen sopivuutta ympäröivään kaupunkikuvaan. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 31.)

4.2 Tietomallintamisen hyötyjä työmaalla

Useimmat tietomallintamisen hyödyntämistavat liittyvät tuotannon organisointiin ja suurin hyöty tulee suunnitelmien havainnollisuudesta ja niiden tulkitsemisen helppoudesta. Tietomalli parantaa kaikkien osapuolinen käsitystä työmaan tilanteesta. Visuaalisuutta voidaan hyödyntää esimerkiksi työmaalle perehdytyksessä käymällä virtuaalinen

kohteen esittely uudelle työntekijälle ja työmaapalaverin apuvälineenä havainnollistamaan käsiteltäviä asioita, kuten työmaan etenemää (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 65).

Tietomallin toinen tärkeä etu on eri tehtävien nopeutus perinteisestä. Muun muassa määrien laskennat nopeutuvat huomattavasti, mikä mahdollistaa esimerkiksi helpomman materiaalitoimitusten aikataulutuksen varsinkin, jos kyseessä on ahdas työmaa. Tietomalleilla on helppo tarkastella osakohteiden määriä, jolloin materiaalien tilaamista pystytään jaksottamaan logistisesti järkevästi. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 61-62.)

Muita esimerkkejä tietomallien käyttökohteista rakennustyömaalla:

- Työjärjestyksen suunnittelu
- Tehtäväsuunnittelu
- Työmaan alue- ja turvallisuussuunnittelu
- Suunnitelmien törmäilytarkastelu
- Rakenteiden sijaintitietojen siirtäminen mittalaitteisiin
- Osastointien suunnittelu
- Viimeistelyvaiheen seuranta
- Huoltokansion laadinta

(Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 56,64.)

4.3 Tietomallihankkeen toteutus

Tietomallin käytöstä on eniten hyötyä, kun hanke toteutetaan kokonaisuudessaan tietomallipohjaisena eli tietomallihankkeena. Tietomallin käyttöön hankkeessa liittyy toimintaperiaatteita ja vaatimuksia, joiden avulla tietomallihanke saadaan toteutettua mahdollisimman luontevasti. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 25.)

Hankkeen tietomallipohjainen toteutus päätetään jo alkuvaiheessa. Tilaaja nimittää hankkeelle tietomallikoordinaattorin, jonka avustuksella laaditaan tietomallinnussuunnitelma ja varmistetaan mallinnusprosessin sujuvuus ja laatu. Tietomallisuunnitelmassa kerrotaan tavoitteet, yhteistyön ja laadunvarmistuksen menettelyt sekä eri vaiheiden tietomallinnustehtävät ja tietosisältövaatimukset. Suunnitelmaan tulee myös kirjata mahdolliset erilaiset mallien hyödyntämiset, kuten esimerkiksi erilaiset rakenteelliset ja tekniset analyysit, määrä- ja kustannuslaskenta. Myös työmaan tuotantosunnitelmat, kuten

aluesuunnitelma, turvallisuussuunnitelmat yms., voidaan laatia tietomalleilla. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 24-26.)

Rakennushankkeeseen valittujen suunnittelijoilla on oltava tietomalliosaaminen ja hallittava tietomalliprosessi ja tilaajan asettamat vaatimukset. Jotta tietomallihanke olisi mahdollinen, tarvitaan hankkeen aikana useita malleja. Tilaajan johdolla laaditaan vaatimusmalli, eli tilojen vaatimukset kuvaava tilaohjelma, joka on minimissään taulukkomuodossa. Hankkeen edetessä laaditaan lisäksi tontin malli. Tietomallien ytimen muodostavat arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkamallit, joiden yhteensopivuus varmistetaan ajoitain suunnittelun edetessä IFC-malleista muodostetuilla yhdistelmämallitarkasteluilla koordinaattorin johdolla. Kun malleja julkaistaan yhteiseen käyttöön, tulee niiden sisältö, tarkkuus ja muutokset kuvata tietomalliselostuksilla ja vaihe ilmoituksilla. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 26.)

Tietomallihankkeen tavoitteiden saavuttaminen varmistetaan sillä, että osapuolet toimivat hankkeen pelisääntöjen mukaan ja sisäistää niiden sisällön ja merkityksen. Pelisääntöjen pohjana voi käyttää yleisiä tietomallivaatimuksia (YTV2012), joka toimii käytännössä epävirallisena standardina. Kaikkien osapuolten on kouluttauduttava oikean toimintatavan ja pelisääntöjen noudattamisen varmistamiseksi. Hankkeen tietomallikoordinaattorin rooliin kuuluu valvonnan lisäksi usein myös kouluttaminen ja oikean toimintatavan ohjaus. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 26.)

5 MÄÄRÄ- JA KUSTANNUSLASKENTA

Kustannusarviointi ja -laskenta ovat oleellinen osa rakennushankkeen toteutusta. Niiden avulla pyritään estämään tarpeettomien tai kohtuuttomien kustannusten syntyminen ja pitämään kustannukset tavoitteiden mukaisina. Rakennuskustannukset syntyvät pääosin rakentamisen aikana, mutta ne määräytyvät lähes kokonaan jo suunnitteluvaiheessa.

5.1 Määrälaskenta

Kustannusten arviointi ja laskeminen pohjautuu hankkeen määrätietoihin. Määrälaskennassa mitataan ja kuvataan rakennussuorituksen sisältö määrälaskentajärjestelmän mukaan esim. Talo 80 ja Talo 2000. Määräluettelo sisältää suoritteiden, töiden ja hankintojen nimikkeet kuvauksineen, määrät ja yksiköt osakohteittain. (Vuorela ym. 2001, 120.)

Yleisimmät määrälaskentamenettelyt ovat mittausmenettely, jossa mitataan suunnitelmista tarpeelliset mitat ja lasketaan niiden mukaan suoritemäärät, arviomenettely, jossa kohdetta vertaillaan vastaavanlaiseseen toteutuneeseen kohteeseen, ja perusosamenettely, jossa mitataan kohteessa toistuvan perusosan määrät ja kerrotaan ne perusosien lukumäärällä. (Vuorela ym. 2001, 120-121.)

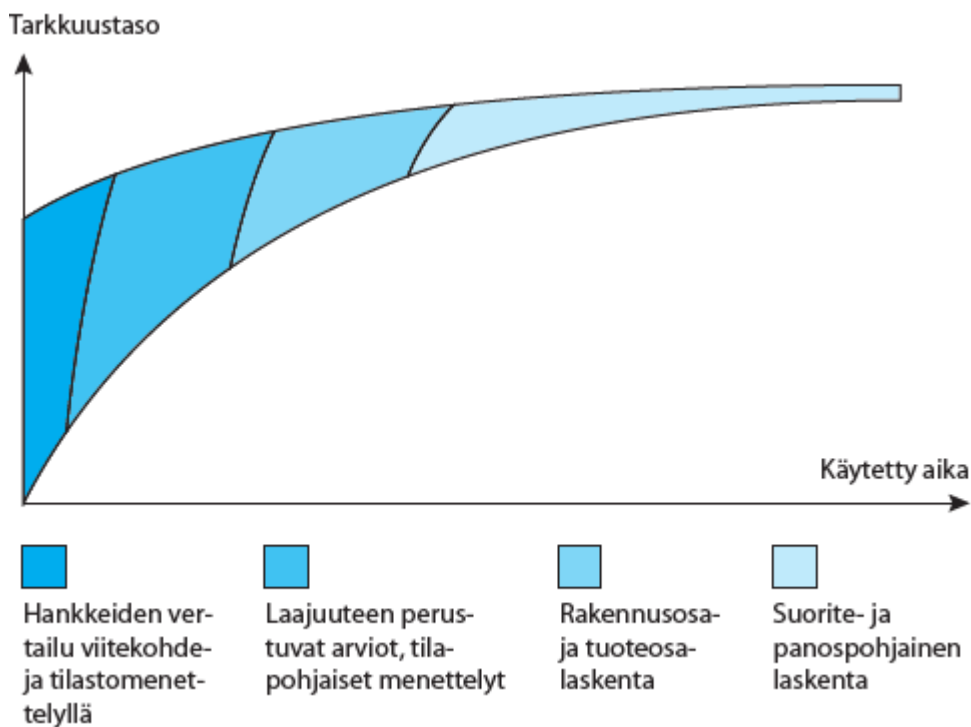
Määrälaskennan vaiheet ovat:

- Laskentavaiheen suunnitelmiin ja asiakirjoihin perehtyminen
- Kuutiolavuuden, pohjapinta-alan, piirin ja kerrosluvun laskeminen
- Rakennusselostuksen lukeminen
- Huonetilojen kattopinta-alojen ja kattolistan pituuksien laskeminen ja merkitseminen
- Varsinainen määrien laskenta
- Määrälaskennan huomattavimpien määrien tarkistaminen jakamalla ne joko rakennuksen kuutioille, pohjapinta-alalle tai piirille
(Ratu 6033. 2018, 36; Vuorela ym. 2001, 121.)

5.2 Kustannuslaskentamenettelyt

Rakennusalalla käytetään pääsääntöisesti neljää kustannuslaskentamenettelyä: viitekohde- ja tilastomenettelyä, laajuuteen perustuva arviointi, rakennus- ja tuoteosien määriin ja hintoihin pohjautuva laskenta sekä suorite- ja panospohjainen laskenta.

Laskentamenettelyitä käytetään hankkeen eri vaiheissa vaihtelevan tarkkuusilla lähtöaineistoilla (kuva 3). Alkuvaiheessa tiedot ovat karkeampia ja tarkentuvat hankkeen edetessä. Eri vaiheisiin sopii eritasoiset kustannuslaskenta menettelyt. (Ratu 6033. 2018, 36.)



Kuva 3. Laskentamenettelyiden tarkkuustasot (Ratu 6033. 2018, 36).

5.2.1 Viitekohde- ja tilastomenettelyt

Pääasiallisesti tarveselvitysvaiheen lopussa ja osittain hankesuunnitteluvaiheessa käytettävässä viitekohdemennettelyssä käytetään toteutuneiden samankaltaisten kohteiden kustannustietoja ja asetetaan niihin perustuen kustannustavoite uuteen kohteeseen. Viitekohteen hyödyntämisessä on oleellista, että kustannustaso on mahdollista saavuttaa uudestaan ja tiedetään miten siinä onnistuttiin. (Ratu 6033. 2018, 37.)

Kun kohteita on toteutettu tarpeeksi, voidaan niistä kerättyjä tilastoja käyttää tulevien kohteiden arvioinnissa. Tässä tilastomenettelyssä luotettavuutta lisää kohteiden määrä ja kattavat kerätyt tiedot. Tilastopohjaista menettelyä voidaan käyttää, kun kohteen kaikkia piirteitä ei tiedetä ja tarvitaan viitekohdemenettelyä luotettavampaa kustannusarviota. (Ratu 6033. 2018, 38.)

Laskettavasta kohteesta voidaan myös erotella osat, jotka ovat standardisoitu toteutuneiden rakennuskohteiden perusteella ja kohteen yksilölliset kustannukset jotka arvioidaan erikseen. Tätä tapaa käytetään viitekohdemenettelyn tavoin kohteen alkuvaiheessa. (Ratu 6033. 2018, 38.)

5.2.2 Tilapohjainen laskenta

Kun hankkeen suunnitelmat ovat tarpeeksi tarkkoja alojen ja tilavuuksien mittaamiseen, voidaan hankesuunnittelussa tehdä kustannusarvio tilapohjaisesti. Tilalaskentamenettelyssä arvioidaan ja asetetaan hankkeen kustannus- ja laajuuspuitteita hankeohjelmavaiheessa. Laskennassa luodaan kustannustavoite tilaohjelman ja erilaisten tilojen hinnastojen perusteella. (Ratu 6033. 2018, 39.)

Tilapohjaisessa laskennassa koko rakennuksen rakennuskustannukset jaetaan tilakohtaisesti niiden hyötyalalle. Pinta-alaan liittyvien suorien kustannusten, kuten pintarakenteiden lisäksi, jaetaan tilojen pinta-alaan kohden myös kaikki rakennus- ja talotekniikkaosien kustannukset rakennusosien suhteellisten määrien (esim. m²/brm²) ja rakennusosan yksikkökustannusten perusteella. Tilojen ominaisuuksiin pohjautuvia kustannustietoja löytyy eri kustannustietokokoelmista. (Ratu 6033. 2018, 39.)

5.2.3 Rakennusosa- ja tuoteosalaskenta

Suunnitteluvaiheen ja tarjouslaskennan kustannusarvioiden laadintaan tai hankintojen vertailemiseen käytetään rakennusosalaskentaa. Siinä kootaan rakennusosien määrät ja lasketaan niille kustannukset yksikkökustannusten perusteella. Yksikkökustannuksia esitetään mm. kustannuslaskennan kirjallisuudessa ja kustannuslaskentaohjelmistoissa kuten RT-kustannuslaskenta. (Ratu 6033. 2018, 42.)

Rakennusosalaskennassa on huolehdittava että yksikkökustannusten sisältö vastaa rakennusosan sisältöä. Jos ei kuitenkaan esim. hankkeen aikaisen vaiheen takia

rakennusosien sisältö ole varmaa, käytetään rakennustapaselostuksen perusteella mahdollisimman realistisia yksikkökustannuksia. Suunnitelmien tarkentuessa voidaan rakennusosalaskenta päivittää todenmukaisemmaksi. Suunnitelmien puutteellisuuden ja suuren työmäärän takia on myös tyypillistä käyttää tarjouslaskennassa yleisiä tai yrityksen omia laskettavaa rakennetta vastaavia rakenteita. (Ratu 6033. 2018, 42-43.)

Tuoteosalaskennassa käsitellään määränimikkeet tuoteosittain eli kokonaisuuksina, joissa on useampi kuin yksi rakennusosa. Laskentaa käytetään esim. hankkeen suunnitteluvaiheessa, jossa määritetään kustannusten puitteet tuoteosiin perustuvalla kustannuslaskentamallilla. (Ratu 6033. 2018, 44-45.)

5.2.4 Suorite- ja panospohjainen laskenta

Kohteen suunnitelmien ja määräluettelon pohjalta voidaan saada tehtävien suoritemäärät. Suoritelaskennassa määrät hinnoitellaan panosten ja niiden hintatietojen mukaan. Suoritelaskenta vaatii vähintään pääpiirustustasoisia suunnitelmia ja rakennusselostuksen liitteineen. Laskentatapaa käytetään usein, kun laaditaan urakkakohteiden kustannuslaskelmia, vaihtoehtolaskelmia ja muutostyölaskelmia. (Ratu 6033. 2018, 45-47.)

Panospohjaisessa laskennassa lasketaan rakenteiden kustannuksia panoksilla eli materiaali-, työ-, hankintahinnoilla. Lisäksi eri kertoimilla voidaan arvioida eri tekijöiden kuten esim. hankkeen vaikeusasteen aiheuttamia lisäkustannuksia. Panokset muodostetaan yhdistelemällä toteutunutta ja testattua kustannus- ja menekkitietoa sekä laskennallista määrätietoa. (Ratu 6033. 2018, 47-48.)

5.3 Tietomallipohjainen määrälaskenta

Tietomallin käytön ansiosta määrälaskentaan liittyvä rutiinityö vähenee mutta samalla ammattitaidon tarve kasvaa, sillä toimenkuva muuttuu määrälaskijasta enemmän määräasiantuntijaksi. Vaikka tietomalli laskisikin automaattisesti määriä, tarvitaan asiantuntijan ammattitaitoa edelleen lähdetietojen arvioinnissa, laskennan kattavuuden varmistamisessa, vaihtoehtojen esille tuomisessa ja tulosten jäsentämiseen. (Ratu 6033. 2018, 31). Mallipohjainen määrälaskenta mahdollistaa sen tehokkuuden ansiosta tutkia enemmän rakenteellisia vaihtoehtoja. Myös suunnittelun ja rakentamisen aikaiset määrämääräykset voidaan käsitellä luotettavasti ja nopeasti. Tietomalleilla saadaan tietoa töiden

etenemisestä ja voidaan arvioida resurssitarpeita ajoissa. (RT 10-11072. 2012, 4; Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 63.)

Tarpeeksi kattavia tietomalleja käyttämällä säästetään määrälaskentaan kuluvaan aikaa ja vältetään inhimillisiä virheitä. Sen on oltava tietomalliohjeiden mukainen ja riittävällä tarkkuudella tehty ja yhteensovitettu (Ratu 6033. 2018, 31). Tietomallin pohjalta tehtävän määrä- ja kustannuslaskennan nopeus ja laatu voidaan varmistaa antamalla suunnittelijalle riittävät tiedot, miten tietomallia halutaan hyödyntää määrälaskennassa. Kerrotaan miten ja missä tietomallia käytetään, annetaan tarkat ohjeistukset ja listaukset, miten tietoja ja suunnitelmia on mallinnettava, jotta tiedostojen sisältö soveltuu parhaiten määrälaskentaan ja työmaan ohjaukseen. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 63.) Määrälaskennan kannalta oleellisten mittatietojen saatavuus voidaan varmistaa käyttämällä oikeanlaisia mallinnustyökaluja rakennusosien mallinnuksessa, esim. seiniin käytetään seinätyökaluja. (RT 10-11072. 2012, 3.)

Tietomallintamisen käyttö määrälaskentaan tuo etujen lisäksi myös mahdollisia ongelmakohtia. Kaikissa tapauksissa olisi tärkeintä mallille, että siitä pystytään erottamaan luotettavat kohdat epäluotettavista, jolloin ne voidaan selvittää. (RT 10-11072. 2012, 7.)

Useita eri alojen tietomalleja käyttäessä on huomioitava mm. että niissä on usein keskenään päällekkäisyyksiä. Esimerkiksi arkkitehdin mallissa on talotekniikkalaitteita ja samoja kantavia rakenteita kuten rakennesuunnitelmassa. Tämän vuoksi on tiedostettava päällekkäisyydet ja päätettävä minkä mallin mukaan määrät lasketaan. Pääsääntöisesti rakenne- ja talotekniikkamallit ovat arkkitehdin mallia tarkempia. (RT 10-11072. 2012, 7.)

Useissa suunnitteluohjelmissa on myös mahdollisuus luoda parametrisiä malliosia, joiden laajuutta ja sisältöä ei ohjelma rajoita. Parametrinen tarkoittaa sitä että osan ominaisuuksia voidaan muuttaa numeerisesti. Esimerkiksi pöydän pituutta ja jalkojen lukumäärää voidaan muuttaa. Parametrinen osa voi olla myös laajempi kokonaisuus kuten esimerkiksi rakennusteline. Parametrin ongelma on se että tarkat tiedot kuten osien yksittäiset määrät, eivät tule ilmi, jolloin joudutaan laskemaan käsin. Parametriset osat voidaan kuitenkin rakentaa siten että ne raportoivat laajuustietoja, mutta niiden luotettavuus riippuu osan tekijästä. (RT 10-11072. 2012, 7.)

Tietomallipohjaisen määrälaskentaa varten selvitettäviä asioita:

- Käytetäänkö laskennassa yhden vai useamman suunnittelualan malleja

- Jos käytetään useamman, niin mikä määrä lasketaan mistäkin mallista
- Jakautuuko jonkin alan malli osamalleihin
- Käytetäänkö laskennassa suunnittelijan alkuperäistä mallia vai sen IFC-mallia
- Onko laskenta-aineistossa kaikki tarvittavat kirjasto-osat sekä ulkoiset viitteet, mikäli käytetään alkuperäistä mallia
- Mallin määrätiedon kattavuus, eli mitkä nimikkeet ovat laskettavissa mallista
- Onko rakennusselostus yhtenevä mallin kanssa, eli esim. onko samat rakennustyytit
- Mallien ja rakennusselostuksen muutokset edellisiin versioihin

(RT 10-11072. 2012, 6.)

5.3.1 Tietomallipohjaisen määrälaskennan suorittaminen

Mallipohjaisen määrälaskennan luotettavuuteen ja tehokkuuteen vaikuttaa oleellisesti käytetyn ohjelman ominaisuudet esimerkiksi, kun laskentaan tulee uusi versio tai samasta mallista tehdään vaihtoehtoisia laskelmia. Mallien tietosisältö ja rakennusosat voidaan tunnistaa ja ryhmitellä ohjelman voimin ja niistä saadaan määrätiedot. Määrien nopean laskemisen lisäksi ne voidaan havainnollistaa visuaalisesti ohjelman avulla. (RT 10-11072. 2012, 6.)

Jos mallista puuttuu määrälaskentaan tarvittua tietoa, voidaan se johtaa muista rakennusosista. Esimerkiksi seinän pituudesta saadaan anturan pituus. Mallinnusohjelmassa voidaan tarvittaessa myös korvata puuttuva rakennusosan määrätieto piirtämällä se toisella mahdollisimman vastaavalla osalla. Esimerkiksi räystääs voidaan kuvata seinätyökalulla. (RT 10-11072. 2012, 6.) Tässä tapauksessa on kuitenkin huolehdittava että seinätyökalulla tehdyt räystäsrakenteet yksilöityvät rästäsrakenteiden määriin.

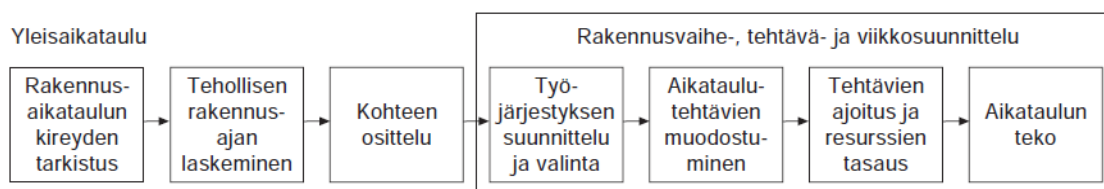
Kun määrälaskenta on saatu tehtyä, tarkastetaan laskentatulosten kattavuus, tarkkuus ja luotettavuus. Kattavuuden tarkistamiseen voidaan käyttää määrärivien visualisointia, jolloin kyseinen rakennusosa korostuu. Laskennan tarkkuutta arvioidaan tarkastamalla saadut määrät esimerkiksi tunnuslukuvertailulla vertailukohteeseen. Nimikkeen vertailulaskelmaa voidaan tehdä myös toisessa tiedostoformaatissa olevasta mallista. Laskennan luotettavuus arvioidaan lähtötietojen ja käytettäviin laskentamenetelmien sekä epäselvistä asioista tehtyjen oletuksien ja muista laskenta-aineistoista otettujen täydennyksien perusteella. (RT 10-11072. 2012, 6-7.)

Määrälaskennasta syntyy määräluettelo, jota käytetään kustannuslaskentaan ja muuhun käyttöön sovitulla tavalla jäsennellynä. Luettelo voidaan tallentaa ja jakaa useammassa eri tiedostomuodossa. (RT 10-11072. 2012, 7.)

6 AIKATAULUSUUNNITTELU

Hankkeen tuotannonohjauksen kannalta on erityisen oleellista suunnitella ja ohjata hankkeen toteutus ajallisesti. Aikataulusuunnittelussa kuvataan hankkeen tehtävien ajoitus ja määritellään niiden kestot asetettujen realististen aikatavoitteiden sekä työvoima resurssien puitteissa. (Koskenvesa ym. 2015, 18.)

Hankkeen aikataulusuunnitteluun vaikuttaa hankkeen laajuus, vaativuus, kokonaiskeskon kireys, aliurakoinnin määrä ja työvoiman käyttöperiaate. Tyypillisimmät aikataulusuunnittelun vaiheet kuvassa 4. Aikataulusuunnittelun vaiheiden järjestys ei ole kiinteä, vaan usein palataan aiempiin vaiheisiin suunnittelun edetessä ilmentyvien aiempiin päätöksiin ja valintoihin liittyvien puutteiden sekä suunnitelmamuutoksien takia. (Koskenvesa ym. 2015, 19-20.)



Kuva 4. Ajallisen suunnittelun kulku (Koskenvesa ym. 2015, 20).

6.1 Rakennusaikataulun kireyden tarkistus

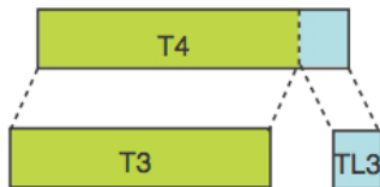
Aikataulun kireys tarkistetaan laatimalla resurssipohjainen aikataulu. Sillä pystytään tarkistamaan työvoimamäärän tarvetta eri vaiheissa. Aikataulussa osoitetun työvoiman määrän on oltava tavoitearvion kokonaistyömenekin mukainen. Se perustuu määriin, työmenekkeihin ja työryhmiin sekä tehtävien riippuvuuksiin. Kun tehtävien kestot mitoitetaan, saadaan aikataulusta realistinen. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 65.)

6.2 Tehollisen rakennusajan laskeminen

Aikataulusuunnittelussa käytetään käsitteitä tehollinen aika (T3), työvaiheen lisäaika (TL3) ja kokonaisaika (T4). T3-aika tarkoittaa työn suorittamiseen menevää aikaa ilman yli tunnin keskeytyksiä. Kun T3-aikaan lisätään mahdolliset työn keskeytykset

käyttämällä TL3-kerrointa, saadaan T4-kokonaisaika (kuva 5). T4-aikaa käytetään kustannusten arvioinnissa ja alustavan yleisaikataulun laadintaan.

Käyttämällä T3-aikaa aikataulun mitoittamisessa, saadaan tavoitteellinen aikataulu. Tehollista aikaa käytetään rakentamisvaihe- ja viikkoaikatauluissa sekä tehtäväsuunnitelmien tehtävien keston laskemisessa.



Kuva 5. T4-ajan muodostuminen (Koskenvesa. 2015, 8).

6.3 Kohteen osittelu

Rakennushankkeessa projektin hallinnannassa käytetään osittelua, jossa projekti pilkotaan pienempiin vastuukokonaisuuksiin ja osaprojekteihin. Osittelulla pystytään tarkentamaan koko projektin aikataulu osa-aikatauluiksi parempaa ajallista ohjausta varten.

Rakennusprojektiin osittelu voidaan tehdä eri näkökulmista:

- Rakenteellinen osittelu, jossa kuvataan hankkeen sisältö rakennuksen fyysisiin osiin, esim. perustukset, runko, vesikatto jne.
- Tuotannollinen osittelu kuvaa rakenteiden valmistuksen tehtäväluetteloina, työpaketteina tai tuotantorakenteina
- Sijainnin mukaan osittelussa hanke jaetaan fyysisiin lohkoihin, esim. kerrostalon kerroksiin
- Urakoihin/ hankintoihin osittelu kuvaa erikseen hankittavat suunnittelu-, materiaali-, tarvike- ja työpanokset tai niiden yhdistelmät
- Vastuualueosittelussa jaetaan organisaation ja eri henkilöiden vastuut
- Kustannusosittelu, joka kuvaa kustannusten kohdistamisen suuremmiksi kokonaisuuksiksi
- Vaiheittaisessa osittelussa kuvataan hankkeen vaiheet ajallisen toteutumisen perusteella ja vaiheiden riippuvuudet toisistaan (Kankainen & Junnonen. 2015, 25; RT 10-11224 2016.)

6.4 Aikataulun tehtävien nimitys

Aikataulutehtäviksi määritellään sellaisia kokonaisuuksia, joiden toteutusta voidaan valvoa ja ohjata. Tehtävät ovat jokaisen urakoitsijan työntekijöiden työvaiheita, työlajeja tai niiden yhdistelmiä. Tehtävään kuuluu yleensä varsinaisen päätyön lisäksi aloittavia, lopettavia ja ylläpitäviä työsuorituksia. Tehtävät voidaan jakaa tarvittaessa osatehtäviksi eriaikaisen toteutuksen, sijainnin tai työn luonteen perusteella (Koskenvesa ym. 2015, 25.)

6.5 Tehtävien mitoitus

Tehtäväluetteloa täydennetään työmenetelmän mukaisella työmenekillä tai tehtävän vaatimalla työpanoksella. Tehtäville valitaan työryhmä ja lasketaan työn kesto. Ratu-koristosta saadaan tyypilliset tehtäväkohtaiset työryhmän kokoonpanot ja menekit. (Koskenvesa ym. 2015, 25.)

6.6 Töiden järjestyksen suunnittelu

Työn, työvaiheen tai -tehtävän eteneminen on pääsääntöisesti riippuvainen muista työmaalla tapahtuvista töistä. Riippuvuudet ovat määrääviä, valittuja tai ehdottomia rajoituksia töiden välillä. Töiden tekojärjestystä ja limitystä varten voidaan riippuvuudet jakaa neljään ryhmään:

1. Loogiset riippuvuudet ovat ehdottomia, käytännön toteutuksen määräämiä suoritusjärjestyksiä. Esim. raudoitus on asennettava ennen betonointia.
2. Olosuhderiippuvuudet määräytyvät sopimusten, sään, työmaajärjestyksen ja muiden vastaavanlaisten tekijöiden perusteella. Esim. sisävalmistusvaiheen työt aloitetaan ylimmästä kerroksesta.
3. Tekniset riippuvuudet aiheutuvat toteutusteknisestä syystä. Esim. holvi valetaan useammassa osassa liikuntasaumojen takia.
4. Resurssiriippuvuudet kuvaavat työryhmän siirtymistä tehtävästä toiseen. Sama työryhmä voi tehdä vain yhtä työtä kerrallaan.

(Koskenvesa ym. 2015, 26.)

6.7 Tehtävien ajoitus ja resurssien tasaus

Kun tehtäviä sijoitetaan aikatauluun, on huomioitava miten tehtävät saadaan tahdistettua kestoltaan yhtä pitkiksi, tasaisesti piteneviksi tai lyheneviksi, jotta rakennusajan käyttö olisi tehokasta. Yleensä tahdistus toteutetaan muuttamalla tehtävien työsisältöä ja käyttämällä joissakin tehtävissä useampaa työryhmää. (Koskenvesa ym. 2015, 27.)

Tahdituksen lisäksi on otettava huomioon tehtävien rytmitys, eli miten tehtävät saadaan lohkoittain jatkuviksi, jos suoritelmäärät vaihtelevat, ja pystytään varmistamaan että työryhmät olisivat kokoajan työllistetty. Rytmitys toteutetaan siirtämällä aloituksia, käyttämällä eri kokoisia työryhmiä, järjestämällä ns. varatöitä, vaihtamalla työjärjestystä ja käyttämällä teknisiä ratkaisuita. (Koskenvesa ym. 2015, 27-28.)

Kullekin työlle on olemassa ideaalinen työryhmäkoko, joka pystyy työskentelemään tehokkaimmin. Kokoonapanon muutoksilla on vaikutusta työmenekkiin koska ammatti- ja aputyön työnjako muuttuu. (Koskenvesa ym. 2015, 26.)

6.8 Aikataulun toteutuskelpoisuus

Aikataulun toteutuskelpoisuus on arvioitava ennen kuin se hyväksytään urakkasopimuksen työaikatauluksi. Aluksi tarkastetaan esitetyn rakennusajan täsmävyys urakkasopimukseen, ja onko välitavoitteet esitetty selkeästi. Urakoitsijan lisäksi rakennuttajan on varmistettava, että aikataulu täyttää hyvän aikataulun ominaisuudet: siinä on esitetty oleelliset tehtävät ja niiden lukumäärä on sopiva, aikataulussa on esitetty selkeästi työjärjestys ja siitä pystytään havaitsemaan tehtävien päällekkäisyyksiä. On myöskin tärkeää että rakennusteknisten- ja talotekniikkatöiden väliset riippuvuudet ja työjärjestys ovat selkeästi määritelty. Aikataulusta tulee myös tutkia ja tarvittaessa muuttaa erikseen tehtävien sijoitusta, jotta työryhmälle saadaan uusi tehtävä edellisen valmistuttua. (Koskenvesa ym. 2015, 29.; Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 85.)

6.9 Aikatauluohjelmistot

Aikataulut voidaan piirtää käsin tai niiden tekemiseen voidaan käyttää ohjelmistoja. Osa ohjelmista laskee syötettyjen mittatietojen ja tehtävien välisten riippuvuuksien perusteella aikataulun. Osa ei huomioi esimerkiksi resursseja vaan piirtää janat määritetylle

aikavälille ja riippuvuuksille. Vaihtoehtona on myös käyttää piirto-, tekstinkäsittely- tai taulukkolaskentaohjelmia aikataulun puhtaaksi piirtämiseen. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 110.)

Aikataulusuunnittelun pohjana on osakohdekohtainen määräluettelo ja oletustiedostona annetut menekit (Ratu) tai itse syötetyt työmenekkitiedot. Ohjelmat laskevat töiden toteutumisen määritetystä ajankohdasta eteenpäin resurssitietojen pohjalta ja näyttävät kohdat jossa vinoviivat törmäävät, eli missä työn resursointi on tehty väärin. Näissä kohdissa voidaan ohjata tuotantoa muuttamalla ohjelmalla resursseja, työsisältöä yms. tavoitteiden saavuttamiseksi. Aikataulun paikka-aikakaavion päivittämiseksi ohjelmassa voidaan käyttää esim. valontavinjettejä kirjaamalla niihin osakohteiden töiden aloittamisesta ja lopettamisesta tai töiden valmiusasteet. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 110.)

6.10 Rakennushankkeen aikataulut

Rakennushankkeen ollessa monivaiheinen, liittyy siihen lähtötietojen tarkentuessa myös tarkentuvia aikatauluja, jotta vaiheiden toteutukset saadaan suunniteltua. Rakennushankkeen vaiheiden aikatauluja ovat:

- Hankeaikataulu
- Suunnitelma-aikataulu
- Yleisaikataulu
- Hankinta-aikataulu
- Talotekniikka-aikataulu
- Rakentamisvaiheaikataulu
- Viikkoaikataulu
- Viimeistelyaikataulu

(Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 40.)

6.10.1 Hankeaikataulu

Rakennuttaja laatii hankeaikataulun jolla tarkistetaan voidaanko projekti toteuttaa normaalissa rakentamisajassa. Hankeaikataulu kuvaa koko hankkeen etenemisen ja sen avulla tilaaja voi hoitaa rahoituksen, suunnitelmat ja sivu-urakat sovitulla tavalla.

Hankeaikataulussa varataan pelivaraa muutosten ja yllätysten varalta, jotta urakoitsijalle ei aiheudu tarpeettomia kustannuksia. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 41.)

Rakennuttaja päättää seuraavat asiat aikataulua varten:

- Kokonaiskesto
- Välitavoitteet
- Toteutuksen ajankohta
- Suoritusjärjestys
- Suunnitelmien valmistumisien takarajat
- Suunnittelun ja rakentamisen limitys

(Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 41.)

6.10.2 Suunnitelma-aikataulu

Projektin suunnitelmien valmistusta ohjataan suunnittelijoiden hyväksymällä suunnitelma-aikataululla. Siinä kuvataan suunnittelun sisältö ja ajoitus sekä määritellään päivämäärät, jolloin kunkin suunnitelman tulee olla käytettävissä. Suunnittelu-aikataulua lähdetään yleensä muodostamaan ennen urakkasopimuksen tekoa ja tarkistetaan kun rakentamisen työaikataulu hyväksytään. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 48-49.)

Reunaehdon aikataululle muodostavat laskentasuunnitelmien, tarjouspyyntöjen, tarjoussten, neuvotteluiden ja työpiirustusten vaatima aika. Suunnitelma-aikataulu on sidoksissa hankinta-aikatauluun, jossa määritetään milloin kuhunkin hankintakokonaisuuteen liittyvät suunnitelmat täytyy olla valmiit. Riippuen hankintojen sopimusmuodoista, suunnitelmien tulee olla valmiit tarjouspyyntöä varten, sopimusvaiheessa tai niitä voidaan tehdä toteutuksen aikana. Jos urakoitsijan tarjous on tehty alustavien urakkalaskentapiirustusten pohjalta, on aikatauluun merkittävä varsinaisten työpiirustusten aikarajat. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 49.)

6.10.3 Yleisaikataulut

Urakoitsijan aikataulusuunnittelun kannalta keskeinen osa on rakennustöiden ajoittaminen yleisaikatauluun. Yleisaikataululla on kolme eri tarkkuudessa ja käyttötarkoituksessa eroavaa muotoa: alustava yleisaikataulu, sopimusyleisaikataulu ja työaikataulu.

Päätoteuttaja laatii tarjousvaiheessa karkealla tasolla tärkeimmistä töistä alustavan yleisaikataulun, jolla tarkistetaan miten työt sopivat hankeaikataulun rakennusaikaan ja mikä on hankkeen ajallinen kireys. Tyypillisesti aikatauluun valitaan 20-40 eri tehtävänimikettä hankkeesta riippuen. Aikataululla arvioidaan välitavoitteiden saavuttamista, töiden ajoittumista eri vuodenaikoihin, työmaan käyttökustannuksia ja yhteiskustannuksia, henkilöstö- ja kalustoresursseja sekä tärkeimpien materiaalien ja alihankintojen toimitusajat. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 43-44.)

Alustavaa yleisaikataulua voidaan muokata ja tarkentaa sopimusneuvotteluissa ja osapuolten hyväksymänä liitetään sopimukseen sopimusyleisaikatauluksi. Työn aloitus- ja lopetuspäivä voidaan harvoin muuttaa, joten on tarkastettava ennen sopimuksen allekirjoittamista että aikataulussa olevien töiden ja rakennusvaiheiden kestot ovat realistisia. Aikataulu toimii rakennuttajan valvontatyökaluna ja ohjaa urakoitsijaa. Siinä voidaan määritellä sakollisia välitavoitteita. Mikäli pääurakoitsija haluaa muuttaa aikataulua vielä sopimuksen teon jälkeen, pitää sopimukseen kirjata muokatun aikataulun hyväksyttämistä. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 45.)

Päätoteuttaja tarkentaa sopimusyleisaikataulun työaikatauluksi työmaata varten, ja eri urakoiden töiden yhteensovittamiseksi. Sen laadinnassa käytetään T3-aikoja ja eri pelivaroja. Työaikataulu toimii pääurakoitsijan ja muiden urakoitsijoiden välisen sopimuksen ajallisena pohjana. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 45.)

Työaikataulun avulla hankkeen eri osapuolet saavat oleelliset tiedot keskeisimmistä työvaiheista, tapahtumista, tehtävien kestoista ja resurssien käytöstä (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 45).

6.10.4 Hankinta-aikataulu

Osa rakennushankkeen hankinnoista tehdään välittömästi hankkeen alussa, jotta rakentaminen päästään aloittamaan aikataulussa. Pidetään huoli että rakennusosat ja materiaalit saadaan oikeaan aikaan työmaalle ja urakat päästään aloittamaan tavoitteiden mukaisesti. Hankinnat ajoitetaan siten että tarjouspyynnölle, tarjouksen antamiselle ja käsittelylle jää riittävästi aikaa ennen toimituksen aloittamista. Hankinta-aikataulun karkeat lähtötiedot saadaan hankeaikataulun tavoitteista ja tiedot tarkentuvat yleisaikataulun mukana. Viimeisimmän hankinta-aikataulun tulee tarkentua viimeistään työaikataulun valmistuessa. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 51-52.)

6.10.5 Talotekniikka-aikataulu

Vaikka talotekniset työt esitetään yleisaikataulussa, on suositeltavaa tehdä niistä erikseen oma aikataulunsa. Talotekniikka-aikataulu laaditaan talotekniikkaurakoitsijoiden kanssa. Alustavaa yleisaikataulua laadittaessa ei välttämättä ole kaikkia TATE-urakoitsijoita valittu, jolloin pääurakoitsija laatii rakennustöiden aikataulun ja tehtävälisan talotekniikkajärjestelmittäin TATE-urakoitsijoiden töistä. Urakoitsijat ottavat kantaa tehtäväluetteloon ja antavat aikataulunäkemyksensä aikataulukokouksessa. Aikataulu hyväksytään työmaakokouksessa. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 53-54.)

6.10.6 Rakennusvaiheaikataulu

Työaikataulua tarkennetaan lähtötietojen lisääntyessä rakennusvaiheaikatauluilla. Vaiheaikataulu laaditaan n. 2-6 kk pituisille jaksoille tai rakennusvaiheille kuten esim. maa-rakennus-, perustus- ja runkovaihe. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 55.)

Aikataulussa esitetään rakennustöiden kanssa myös tärkeimmät sivu- ja aliurakoitsijoiden tehtävät mitoitettuna, tahdistettuna ja riippuvuuksien mukaisesti yhteensovitetuna. Työt suunnitellaan yhdessä kyseisten urakoitsijoiden kanssa. Yleensä rakennusvaiheaikataulusta on laadittu työaikataulu, jolloin puhutaan käännetyistä rakennusvaiheaikataulusta. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 55-56.)

6.10.7 Viimeistelyaikataulu

Viimeistelyvaiheeseen sisältyy paljon helposti viimehetkeen lykkääntyviä töitä. Töiden kasaantumista vältetään laatimalla viimeistelyaikataulu urakoitsijoiden kesken ja varmistetaan hankkeen valmistuminen sovittuna ajankohtana. Siinä suunnitellaan viimeistelytöitä ja kohteen luovutus. Aikataulussa suunnitellaan ajankohdat ja suoritusjärjestykset urakoitsijoiden omille tarkastuksille, mahdollisille asiakastarkastuksille, korjaustöille, talotekniikan tarkastuksille, mittauksille ja testeille, jälkitarkastuksille, vastaanottotarkastuksille ja viranomaistarkastuksille. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 57.)

Työmaan viimeistelyvaiheesta tiedotetaan urakoitsijoita erillisessä palaverissa. Palaverissa käydään läpi kunkin urakoitsijan osalta viimeistelyn toiminnalliset ja tekniset

vaatimukset ja aikataulu sekä vastuut ja roolit hankkeen viimeistelyssä. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 57.)

6.10.8 Viikkoaikataulu

Työmaan työnjohtaja laatii viikkokohtaisen jana-aikataulun, jonka tarkoituksena on varmistaa eri töiden tavoitteiden toteutuminen. Viikkoaikataulu laaditaan viikoittain 1-3 viikoksi eteenpäin. Työskentelyn alla oleva viikko suunnitellaan yksityiskohtaisimmin ja myöskin seuraava viikko on tasoltaan tarkka, jotta mahdollisiin ongelmiin pystytään vaurautumaan ajoissa. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 59.)

Viikkoaikataulun laatimisen tärkeimmät lähtötiedot ovat:

- Työ- ja rakentamisvaiheaikataulu
- Edellinen viikkoaikataulu ja sen toteutuma
- Tehtäväsuunnitelmat
- Työkauppoja varten varatut resurssit
- Tuntimäärät ja käytössä oleva muu työvoima
- Materiaalien ja kaluston toimitusajankohdat
- Työtehtävien valmiusaste
- Toteutuneet työmenekkitiedot
- Yrityksen omat tuotantotiedostot ja Ratu-työmenekit

(Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 59.)

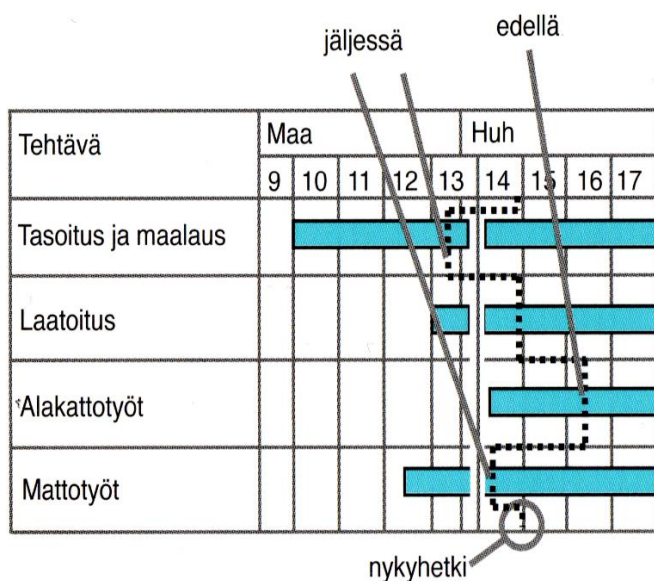
7 AIKATAULUTYYPPEJÄ

Rakennushankkeessa on käytössä erityyppisiä aikataulumuotoja, jotka valitaan käyttötarkoituksen mukaan. Eri aikatauluilla voidaan havainnollistaa hankkeen tehtävien ja rakennusvaiheiden etenemistä eritavoin.

7.1 Jana-aikataulu

Suomessa yleisesti yleisaikatauluna käytettävä aikataulutyyppi on jana-aikataulu. Se kuvastaa vaakatasossa kulkevilla janoilla hankkeen ja tehtävien kestot. Vasemmassa reunassa pystyakselilla lukee työtehtävät ja siihen voidaan laittaa lisätietoja kuten määrätietoja, työsaavutuksia, työryhmiä sekä työn kestoja. Resurssien siirtyminen seuraavaan tehtävään voidaan osoittaa riippuvuusnuolilla. Jana-aikataulussa voidaan havainnollistaa töiden toteumaa pystysuunnassa kulkevalla, tyypillisesti murtojanalla (kuva 5). (Junnonen. 2010, 14; Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 21-22.)

Jana-aikataulu on selkeä, mutta sitä on vaikea käyttää aikataulun tarkistamiseen ja tuotannon ohjaamiseen ja valvontaan. Sillä on hankalaa havainnollistaa tehtävien etenemistä ajan ja paikan suhteen. Mikäli aikataululla halutaan seurata tarkemmin tehtävien kulkua paikkaan nähden, voidaan aikataulutehtävät ositella tarkemmin paikkakohtaisesti. (Junnonen. 2010, 14; Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 21-22.)

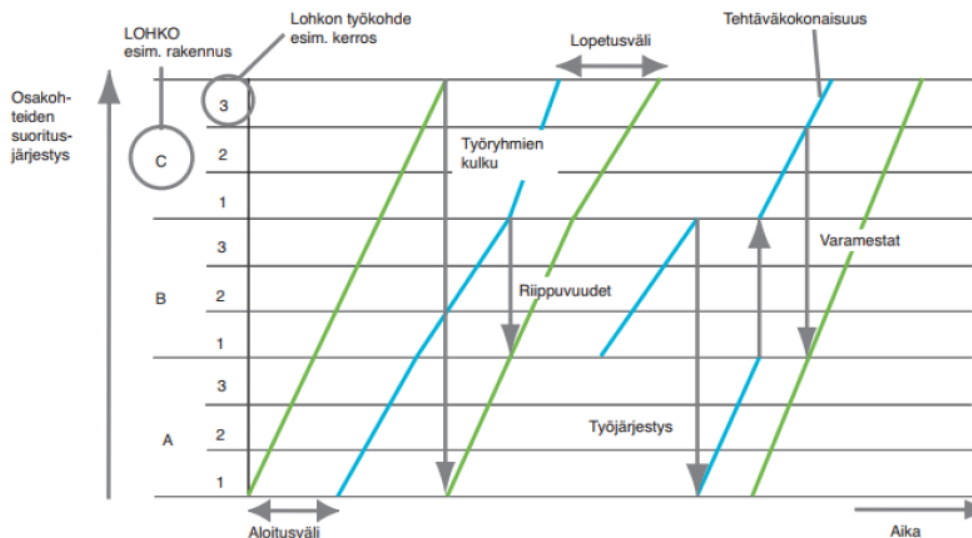


Kuva 6. Jana-aikataulu, jossa seurantaviiva (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 22).

7.2 Paikka-aikakaavio

Kun aikataulun avulla halutaan seurata tuotantoa ajan ja paikan suhteessa, käytetään paikka-aikakaaviota. Siinä hanke on ositeltu pystyakselilla lohkoihin esim. rakennuksiin ja kerroksiin ja aika kulkee vaakatasossa. Aikataulussa olevat viinosuuntaan kulkevat viivat kuvastavat tehtäviä ja niiden kaltevuudet kuvastavat tuotantonopeutta. Tehtävät järjestetään niiden riippuvuuksien perusteella ja jokaisen tehtävän kestot ja resurssit arvioidaan. Muodostetaan ns. kriittinen polku. Aikatauluun merkitään pystyviivoin eri tapahtumia kuten mm. välitavoitteet, osaluovutukset ja sovitut keskeytykset. (Junnonen. 2010, 14; Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 25-26.)

Paikka-aikakaavio soveltuu tuotannon ohjaukseen ja valvontaan, sillä se havainnollistaa työtehtävien suoritusnopeutta, niiden ajoitusta ja tehtävien suoritusjärjestysten toteutumista. Paikka-aikakaavion käytön etu on tuotantonopeuden ja paikkatiedon havainnointi ja näiden avulla töiden tahdistamisen mahdollisuus. (Junnonen. 2010, 14; Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 26.)




Kuva 7. Paikka-aikakaavion toimintaperiaate.

7.3 Valvontavinjetti

Töiden edistymisen kuvaamiseen on mahdollista hyödyntää visuaalisia keinoja kuvissa ja taulukoissa. Kyseessä on valvontavinjetti, joka sopii työn valvontaan ja ohjaukseen sen visuaalisen selkeyden takia.

Työn etenemistä kuvataan rastittamalla ja/tai värien avulla. Ruudukon tai piirustuksen osan yli vedetään viiva, kun työ on aloitettu tai kesken. Kun työ valmistuu, vedetään toinen viiva. Väreinä käytetään tyypillisesti vihreää valmistuneissa, sinistä käynnissä olevissa ja punaista myöhästyneissä töissä. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 30.)

| Tehtävä | Kerros ja B-porras | | | | | |
|--------------------------|--------------------|----|----|----|----|----|
| | A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 |
| Kiviväliseinät | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Betonipintojen jälkityö | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Levyväliseinät ja -katot | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Lattiaaatoitus | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| Tasotetyöt | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |


 työ alkanut ennen viikkoa 11
 työ loppunut viikon 15 jälkeen
 vinoviivat kertovat, että työ on valmis



Kuva 8. Valvontavinjetti matriisimuodossa (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 31).

Kuva 9. Työn eteneminen merkittynä asemakuvaan (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 30).

7.4 Lukujärjestys

Viikon päivittäisten tehtävät voidaan esittää lukujärjestyksellä. Siinä suunnitellaan töiden eteneminen päivä-, puolipäivä- tai jopa tuntikohtaisesti. Siihen määritellään mitä tehdään missä ja kuka tekee. Lukujärjestys sopii hyvin viikkosuunnitteluun viikon tai kahden viikon jaksoissa. Se voi koskea esim. koko työmaata, työryhmää tai yksittäistä työntekijää. Lukujärjestys soveltuu mm. tilakohtaiseksi aikatauluksi sisävalmistusvaiheessa. (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 38.)

| Nostot | ma | ti | ke | to | pe |
|-----------|----|----|----|----|----|
| klo 7-9 | T1 | T2 | T3 | | T4 |
| klo 9-11 | T1 | T2 | T3 | | T4 |
| klo 12-14 | T1 | | | T4 | |
| klo 14-16 | T1 | | | T4 | |
| | | | | | |

Kuva 10. Lukujärjestys (Koskenvesa & Sahlstedt. 2011, 38).

7.5 4D-tietomalli

Aikataulun suunnittelussa ja valvonnassa pystytään hyödyntämään tietomallia lisäämällä siihen aikatietoa. Puhutaan ns. 4D-tietomallista. Sen avulla voi kuvata esim. mallinnettujen rakennusosien asennuksen ajankohtaa visualisoimalla rakentamisen edistymistä ajan suhteen. 4D-mallin tarkoitus on täydentää tilaajalle annettavaa rakentamisaikataulua ja ohjata mm. täydentävän suunnittelun järjestystä. (R6021, 115; RT 10-11078, 4.)

4D-muotoisen rakentamisaikataulun jakelussa on huomioitavaa, että sen jakelumuoto ja -tapa ovat semmoisia että muut osapuolet pystyvät sitä käyttämään saatavilla olevilla ohjelmistoilla. Jakelumuoto- ja tapa sovitaan hankekohtaisesti. (RT 10-11078, 4.)



Kuva 11. 4D-tietomalli (R6021, 115).

8 ALUESUUNNITTELU

Rakennustyömaan aluesuunnittelu on koko hankkeen toteutuksen ajan toimivaa ja päivittyvää tuotannosuunnittelua työmaan toiminnoista ja niiden vaatimista järjestelyistä. Aluesuunnittelu koostuu yleis- ja rakennusvaiheen suunnittelusta, aluesuunnitelman laadinnasta ja päivittämisestä sekä alueen käytön ohjeistamisesta. (Ratu C2-0454, 1-2.)

Työmaan aluesuunnittelu alkaa toteutussuunnittelu- ja urakkalaskentavaiheessa, jolloin tehdään alustavia päätöksiä hankkeen toteutustavoista. Hankesuunnittelu- ja urakkatarjousvaiheessa keskitytään erityisesti koko työmaan ajan toimiviin järjestelyihin, joista syntyy hankkeeseen aikaan ja suoritteisiin sidonnaisia kustannuksia. (Ratu C2-0454, 1-2.)

Työmaan aluesuunnitelma osoittaa siellä työskenteleville osapuolille työmaan logistiset järjestelyt sekä työ- ja työturvallisuusjärjestelyt. Aluesuunnitelman tulee olla esillä keskeisellä paikalla työmaalla kirjallisena tai vastaavana. Suunnitelma laaditaan vähintään maarakennus- perustus-, runko- ja sisätyövaiheisiin. Pienemmissä kohteissa eri vaiheiden aluesuunnitelmat voidaan tehdä samaa aluesuunnitelmaa päivittämällä, mutta suuremmissa ja vaativammissa kohteissa laaditaan tarvittaessa jokaiselle päätyövaiheelle erilliset aluesuunnitelmat. (Ratu C2-0454, 1-2.)

8.1 Työmaa-alueen rajaus

Aluesuunnitelmassa esitetään työmaa-alueen rajat. Työmaa tulee rajata työmaa-aidoilla hankkeen asiakirjojen ja viranomais määräysten mukaisesti. Aitana voidaan käyttää mm. metalli- tai muoviverkkoaitoja, umpinaisia puu- tai levyaitoja jne. Työmaalle on sijoitettava työmaataulu näkyvään paikkaan, esimerkiksi sisääntulon yhteyteen. (Ratu C2-0454, 5.)

8.2 Työmaatilat

Työmaan toimisto- ja sosiaalitilat mitoitetaan työmaan henkilösuunnitelman avulla. Työmaalla tulee myös olla varastointitilat ja ensiapupisteet. Työmaatilojen sijoitus pyritään suunnittelemaan mahdollisimman lähelle työnaikaisia vesi-, viemäri- ja sähköpisteitä.

Työmaatilat on sijoitettava tarpeeksi kantavalle maapohjalle. Pehmeämaaperäistä sijoituspaikkaa vahvistetaan esim. sorakerroksella tms. ja salaojitetaan. (Ratu C2-0454, 5.)

8.3 Varastointi

Tarviketoimituksia varten on suunniteltava riittävä määrä purku- ja lastauspisteitä. Purku- ja lastauspaikat sijoitetaan varastojen ja varastoalueiden läheisyyteen paikoille, joista voidaan luontevasti jakaa tavarat työkohteisiin työmaan sisäisin siirroin ja varataan tarpeeksi liikkumatilaa purkuun ja lastaukseen. Työmaan tarvikkeiden varastointi tarve karotetaan ja sen mukaan määritetään sopivan kokoiset varastointipaikat sekä kaivuumaaineiden läjitysalueet. Palaville nesteille ja kaasuille on oltava erillinen eristetty säilytys- ja varastopaikka. (Ratu C2-0454, 7.)

8.4 Työmaan liikenne

Työmaan työntekijöiden kulkureitit tulee olla mahdollisimman lyhyitä ja turvallisia työmaatiloihin ja työpisteelle. On varmistettava että kulkureitit eivät risteä julkisessa käytössä olevien teiden, työmaan sisäisten teiden ja nostureittien kanssa. Työmaa-aikaiset tiet pyritään mahdollisuuksien mukaan sijoittaa lopullisten teiden kohdille ja niiden on kestävä liikennekuormat ja oltava tarpeeksi leveitä työmaalla liikkuvan kaluston mukaan. Työmaateitä suunniteltaessa on vältettävä ajoneuvojen pakitustarvetta mahdollisuuksien mukaan viemällä tie työmaan läpi, järjestämällä kiertotie tai järjestämällä tarpeeksi tilava kääntöpaikka. (Ratu C2-0454, 6.)

8.5 Nostokalusto ja koneasemat

Työmaalla käytettäville nostureille on varattava omat nostoalueensa ja maan kantavuus varmistetaan näihin kohtiin. Nostureiden paikat suunnitellaan kuormien ja nosturin ulottuvuuksien mukaan. Aluesuunnitelmaan merkitään nostureiden sijainnit ja ulottuvuudet. (Ratu C2-0454, 6.)

8.6 Jätehuolto

Jätepisteille on varattava omat sijoitustilat työmaalla rakennusvaiheittain ja pyrittävä siihen, että jätteiden kuljetusreitit eivät menisi valmistuneiden osakohteiden läpi. Työmaan jätepisteet merkataan jokaisen vaiheen aluesuunnitelmaan ja työmaalla opastetauluilla. (Ratu C2-0454, 6.)

8.7 Työpisteet

Työmaalle on hyvä varata tarvittaessa tietyille linjastomaisesti toteutettaville töille omat pisteensä. Niiden avulla tehostetaan kyseisiä töitä, koska välineet ja materiaalit löytyvät työpisteiden lähettäviltä. (Ratu C2-0454, 7.)

Tulitöiden aiheuttamaa paloriskiä voidaan hallita käyttämällä tulityöpisteitä, joissa voidaan tehdä työkohteesta irrotettavia tulitöitä. Tulityöpisteet, niiden alkusammutuskalusto ja suojaetäisyydet merkitään aluesuunnitelmaan. (Ratu C2-0299, 14.)

8.8 Työturvallisuus

Huolellisella työmaan aluesuunnittelulla ennalta estetään mahdollisia tapaturmia tehokkaasti. Myöskin työnteko tehostuu oikeaoppisilla rakennusvaihekohtaisilla työmaan tilankäyttöratkaisuilla.

Työmaalle suunnitellaan hätätapauksia varten poistumis- ja pelastumisreitit sekä kokoontumispaikka ja ne merkitään aluesuunnitelmaan sekä opastekilvillä työmaalla (Ratu C2-0454, 6).

Työmaa-alueelta ja liittyviltä alueilta merkitään vesipostien ja -pisteiden sijainnit aluesuunnitelmaan. Myös kaikkien työmaan alkusammutuskalusteiden paikat merkitään suunnitelmaan. (Ratu C2-0299, 14.)

8.9 Aluesuunnitelma tietomallilla

Rakennustyömaan aluesuunnitelman laadintaan voidaan käyttää tietomalleja jolloin niistä saadaan hyödynnettyä kolmiulotteista näkymää havainnollistamaan työmaan

aluevarauksia ja kulkureittejä. Tietomallipohjaista aluesuunnitelmaa voidaan käyttää hyväksi mm. perehdytyksessä, jolloin voidaan tehdä virtuaalinen kierros työmaalla ja käydä keskeiset sijainnit sekä vaara-alueet. Työmaan epätasaisuudet ja putoamisriskialueet voidaan havainnollistaa paremmin 3D-aluesuunnitelmalla kuin kaksiulotteisella. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 69.)

Tietomallin käyttö auttaa myös työmaan osastoinnissa pölynhallintaa varten, nostureiden vaikutusalueen ja tilan tarpeen havainnollistamisessa ja turvakamerasuunnittelussa. Myös hätäpoistumis- ja pelastusajoneuvoreittejä voidaan esittää kolmiulotteisina aluevarauksina tietomallissa, jolloin vältetään paremmin tavaroiden säilyttämistä näissä paikoissa. (Jäväjä & Lehtoviita. 2016, 69.)



Kuva 12. Kaksi- sekä kolmiulotteinen aluesuunnitelma (RT 10-11076).

9 MÄÄRÄLUETTELON LAADINTA

Tässä opinnäytetyössä suoritettiin määrälaskenta talon perustuksista, perinteisellä tavalla sekä tietomallipohjaisesti hyödyntäen informaation talteenottoa (ITO) IFC-tiedostosta. Tarkoituksena oli vertailla kyseisiä menetelmiä keskenään.

9.1 Perinteisempi menetelmä

Perustusten määrälaskenta tehtiin pohjautuen kaksiulotteisiin leikkaus- sekä pohjakuviin (Liite 2, 3, 4). Tarvittavat mitat saatiin dwg-piirustusten mittamerkinnoista ja käyttämällä AutoCAD:in mittastyökalua. Suunnitelmista oli myös PDF-versiot, joihin voi käyttää esim. Adobe Reader DC:n ”mittaa”-toimintoa, kun säätää sen mittaskaalan, johon suunnitelma on laadittu. Mittaamisen voi myös tehdä tulostetuista piirustuksista käyttämällä suhdeviivainta. Määrätietojen laskutoimituksiin ja taulukointiin käytettiin Exceliä (Liite 1). Rakennusosien luokittelu tehtiin Talo 2000-nimikkeistön mukaisesti.

9.1.1 Muotti- ja eristeneliöt

Muottineliöiden lasku oli suhteellisen nopea prosessi. Leikkauskuvasta sai luettua talon, kuistin ja terassin peruspalkkien korkeudet sekä mm. alapohjan laudoituskuvasta palkkien piirimitan, jolloin niiden tulona saatiin muotitukseen menevät neliöt. Alapohjan toteutustavan seurauksena, poiketen terassin ja kuistin palkkien muotituksesta, talon peruspilareisiin riittää vain ulkopuolen muottipuolisko.

Eristeeksi määritetyt 50mm ja 100mm paksuisten ESP-eristeiden määrät sai laskettua talon peruspalkin osalta palkin leikkauskuvasta ja sen piirimitalla sekä kantavan laatan alapuoliset, kuorilaatan ja kantavan laatan välisen eristekerroksen neliömetrimäärät alapohjan pohjakuvasta.

9.1.2 Raudoitus

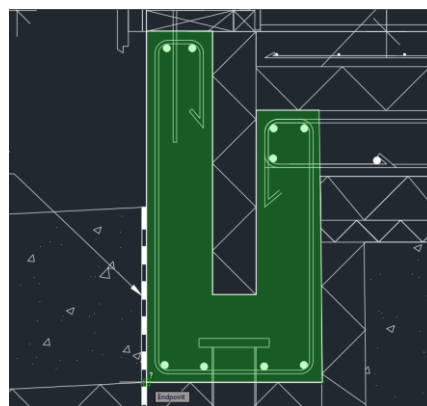
Raudoitteiden määrien selvittämiseen käytettiin pääosin raudoituskuvissa olevia raudoitusmerkintöjä. Palkkien eri suuntaisista raudoituspoikkileikkauskuvista sai luettua

käytettävät vaakatangot ja hakaset. Kantavan alapohjalaatan raudoitukset saatiin liitteen 2 suunnitelmasta. Laatan ala- ja yläraudoituksen lisäksi, laatasta oli kolmen paalun kohdalla laatan vahvennukset ja lisäksi vahvennus takan kohdalla. Näiden raudoitusmäärät saatiin puolestaan liite 4 leikkauskuvasta. Raudoitusten määrät eroteltiin Excelliin harjaterästyypin mukaan ja laskettiin kunkin raudoitteen metripainon perusteella (Taulukko 1).

9.1.3 Betonikuutiometrit

Peruspalkkien betonointikuutiometrit laskettiin päädyn pinta-alan ja palkkien piirimitan avulla. Talon peruspalkin betonimäärän mittauksessa piti huomioida ESP eristeen muodostama sokkelihalkaisu. Tämän sai helposti otettua huomioon käyttämällä AutoCADin pinta-alatyökalua peruspalkin leikkausprofiilin mittaamisessa (kuva 13). Kantavan 170 mm paksun betonilaatan ja 80 mm paksun pintalaatan betonointikuutiometrit määriteltiin betonikentän pinta-alamitan sekä alapohjarakenteen kuvauksessa kerrottujen rakennepaksuuksien perusteella. Kantavassa laatasta huomioitiin myös paalujen ympäröyksien kohdalla olevat syvennykset, jotka kasvattavat betonimenekkiä n. 300l.

| | |
|--------|------------------------|
| T5 RST | 0,15 kg/m |
| T8 | 0,395 kg/m |
| T10 | 0,617 kg/m |
| T12 | 0,888 kg/m |
| #5-150 | 2,1 kg/m ² |
| #8-200 | 3,99 kg/m ² |



Taulukko 1. Raudoitteiden painot metriä kohden.

Kuva 13. AutoCADin pinta-alamittaus työkalu.

9.1.4 Laskentatyön kulku

Perinteisellä tavalla tehtynä määrälaskemisen työnkuva sisälsi valtaosin rutiininomaista suorittamista. Työssä oli piirustusten selaamista, niistä mittaamista ja laskemista Excelillä. Tähän meni suurin osa käytetystä ajasta. Tehtävän tekeminen osoitti sen, että

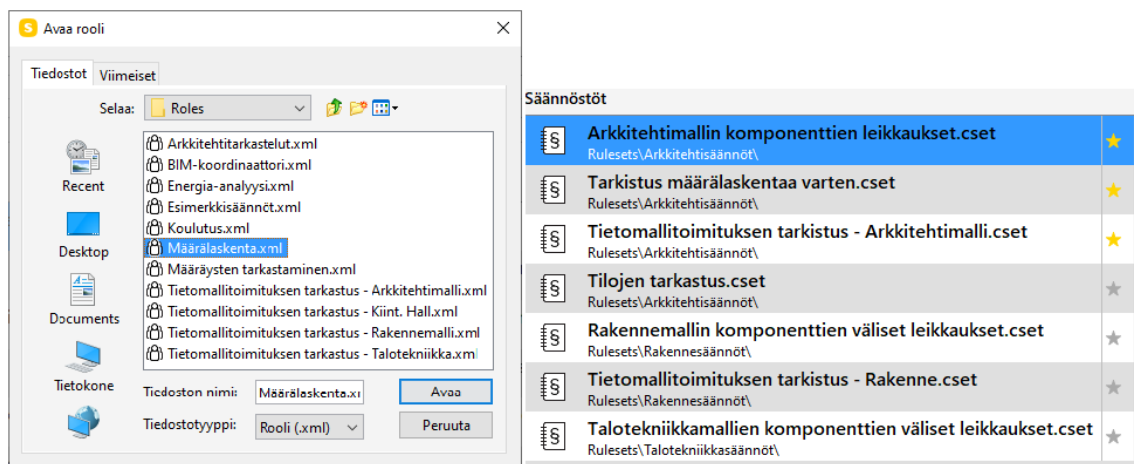
mittaamiset ja laskemiset automatisoimalla saadaan tehostettua huomattavasti prosesseja ja mahdollisesti vältettyä monia inhimillisiä virheitä.

9.2 Määräluettelo tietomallista

Tietomallipohjaiseen määräluettelon laadintaan käytettiin talon perustuksista oppilastyönä tehtyä IFC-tiedostomuotoista 3D-mallinnusta. Määrien ns. ”datalouhintaan” käytettiin ohjelmaa nimeltä Solibri Model Checker. Ohjelma tulkitsee tarkasteltavan mallin mitattiedot ja listaa ne asetettujen asetusten mukaisesti.

9.2.1 Ohjelman asetukset

Määrälaskenta suoritettiin avaamalla 3D-malli ja määrittelemällä ohjelmaan mistä hankkeen osapuolen näkökulmasta mallia halutaan tarkastella. Tässä tapauksessa valittiin ”määrälaskija”. Tämä tarkoittaa että ohjelma tarkastaa että mallinnuksen rakenteet toteuttavat määrälaskennan tietomallintamiseen liittyvät tietomallisäännöt ja ilmoittaa virhekohdat (kuva 14).



Kuva 14. Roolin valinta ja roolin mukaiset tietomallisäännöt.

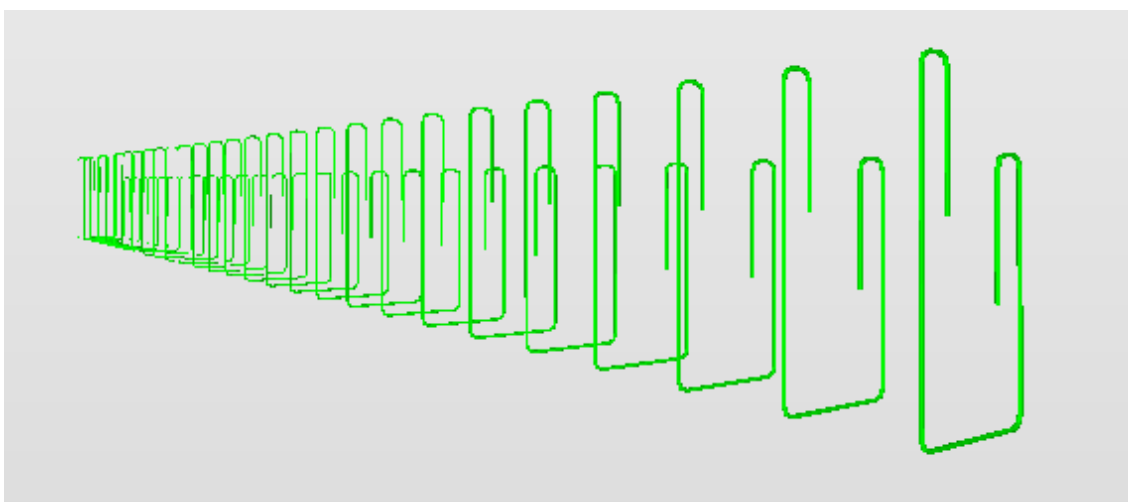
9.2.2 Informaation talteenotto

Ohjelma löysi muutamia ristiriitoja, mutta ne eivät olleet oleellisia määrälaskennan suorittamisen kannalta (kuva 15). Ilmoitus tuli mm. siitä, että mallissa oli eripaksuisia komponentteja, jotka olivat samaa rakennetyyppiä. Näin ollen pystyttiin suorittamaan ITO, eli

informaation talteenotto. Tässä kohtaa ilmeni että mallista ei pystynyt saamaan sokkeli-palkkien raudoitteiden määrää, koska raudoitteet olivat mallissa yhtenä objektina, eikä sen yksittäisiä osia ja niiden määrätietoja voinut tarkastella. Mallista puuttui myös vaakaraudotukset kokonaan niin sokkelista kuin betonilaatoista. Betonin kuutiometrimäärät ja eristeiden neliömetrit sai kuitenkin otettua sekä muottineliöt määriteltyä.

| TARKASTUS | | Tarkasta malli | Reportoi |
|--|--|----------------|----------|
| Säännöstö - Tarkastettu malli | | | |
| ▶ [9] Arkkitehtimallin komponenttien leikkaukset | | | — |
| ▼ [9] Tarkistus määrälaskentaa varten | | | |
| ▶ [9] Puutetarkastelu | | | — |
| § Rakennetyyppien pitää olla sallittu | | | — |
| ▶ [9] Komponenttien ominaisuuksien johdonmukainen käyttö | | | ⚠ |
| ▶ [9] Tietomallitoimituksen tarkistus - Arkkitehtimalli | | | ⚠ |

Kuva 15. Säännöstön ristiriidat mallista.



Kuva 16. Palkkiraudoitus yhtenä objektina.

Toinen ongelma kyseisen mallin määrien listauksessa oli rakenneosissa käytetyt nimikkeet. Mallista löytyi osia, joiden nimet olivat määriytyneet suunnittelutyökalun mukaan, eikä niitä oltu erikseen nimetty esim. Talo 2000- nimikkeistön mukaisesti. Esimerkiksi paaluvahvistukset olivat nimellä "slab", mikä on laattapiirtotyökalun nimi Tekla- nimisessä mallinnusohjelmassa, jolla malli on tehty (liite 5). Suuremmassa kohteessa

puutteellinen nimikkeiden käyttö voisi hankaloittaa huomattavasti määrälaskentaa kun rakenneosia voi olla tuhansia.

| Kuvataso | Tilavuus | Pinta-ala |
|----------------------|----------|-----------|
| EPS 100 x 500 | | 23,25 |
| Kantava laatta 170 | 17,31 | 115,42 |
| Lattian eriste EPS | | 122,24 |
| Muuri pohja | 3,88 | 7,14 * |
| Pintalaatta 80 | 9,78 | 122,24 |
| SLAB | 0,3 | |
| Yli-Maaria muuri | 11,33 | 38,46 * |
| *Muottineliöt | | |

Taulukko 2. Tietomallista listatut määrätiedot siinä esiintyneillä nimikkeillä.

9.3 Määrätietojen soveltaminen Yli-Maarian pientalohankkeessa

Yli-Maarian pientalohanke poikkeaa tietyiltä osin normaalista rakennushankkeesta. Eroavaisuuksia syntyy siitä koska kyseisessä hankkeessa rakentaminen toteutetaan pääosin oppilastyönä (poislukien vaaralliset ja erityisosaamista vaativat työt). Tuotannon suunnittelun kannalta on huomioitava että työmaaharjoittelut ovat osana opetus suunnitelmaa ja työmaan tehtävät ovat enemmän opetusmuotoisia. Esimerkiksi yksittäinen tehtävä voidaan näyttää koko ryhmälle, jonka jälkeen oppilaat pääsevät kokeilemaan sitä itse. Töiden opettelu takia voidaan sama työ tehdä uudestaan jotta saavutetaan tarpeeksi laadukas lopputulos. Tästä seuraa se että materiaalimenekkeihin tulee arvioida sopivan suuria kertoimia. Materiaalien tavoin myös aikataulusuunnittelussa täytyy huomioida opetusmuotoinen toteutustapa.

10 PÄÄTELMÄT

Määrälaskennan ongelma oli se, että pohjana ollut IFC-malli ei ollut luokiteltu tarpeeksi tarkasti. Mallissa oli geometriatiedot betoni-, eriste- sekä muottimäärien selvittämiseen, mutta raudotteiden määriä ei ollut yksilöitynä. Peruspalkit olivat mallissa yhtenä elementtinä, jolloin niiden raudotteita ei pystynyt tarkastelemaan. Mallista puuttui kokonaan raudoitetyypit sekä niiden kilomäärät, eikä niitä voinut mallista päätellä. Tämä kuvasti käytännön tasolla kuinka suuri merkitys on, että hankkeessa määritellään tarpeeksi tarkat suunnitteluohjeet ja niiden vaatimukset.

Erityisesti määrälaskennan kannalta tämän työn tekeminen osoitti myös, että suunnittelussa on käytettävä yhteisesti sovittua tapaa luokitella rakennusosat, jotta ei syntyisi epäselvyyksiä. Esimerkiksi määrälaskennassa eri määrien nimikkeet eivät kerro selkeästi, minkä rakennusosan määrästä on kyse. Tietomallin rakennusosien tarkastelun kannalta olisi suositeltavaa, jos nimeämiseen käytettäisiin esimerkiksi joko nimikkeistöä Talo 80 tai Talo 2000. Yleisten tietomallivaatimusten seitsemäs osa ottaa kantaa määrälaskennan osalta mallintamisen vaatimukseen, mutta siinä ei ole juurikaan määritelty mm. rakennusosien luokitteluvaatimuksia. Kun luokittelusta saadaan yleinen vaatimustaso, niin tietomallintamisen laatu paranee määrälaskennan kannalta.

Rakennushanke on luonteeltaan laaja projekti, johon sisältyy paljon töitä, joita voidaan tehostaa käyttämällä tietomallinnusta. Edellytyksenä on mallintamisen teko tarpeeksi tarkasti ja että sen sisältämä informaatio riittää sen jokaiseen käyttötarkoitukseen. On myöskin tärkeää, että hankkeen osapuolet kykenevät käyttämään hankkeen malleja. Näin osapuolilla on riittävä tietotaito ohjelmien käyttämiseen sekä mallit ovat kaikille sopivassa tiedostomuodossa.

Tietomallintamisen yleistyessä olisi suotavaa opetuksen kannalta, että opetussuunnitelmaan saataisiin sisällytettyä tietomallintamista enemmän. Itse geometrisen mallintamisen lisäksi olisi tarpeen keskittyä tietomalliominaisuuksiin, mitä vaaditaan eri käyttötarkoituksiin.

LÄHTEET

Junnonen, J. 2010. Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.

Jäväjä, P. & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kankainen, J. & Junnonen J. 2015. Rakennuttaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. 2011. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Koskenvesa, A.; Kivimäki, C.; Mäki, T. & Sahlsted, S. 2015. Aikataulukirja 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132. Annettu Helsingissä 5.2.1999. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>.

Ratu 6033. 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu C2-0299. 2007. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu C2-0454. 2017. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 10-10387. 1989. Talonrakennushankkeen kulku. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 10-11072. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 7. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 10-11224. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen vaiheet ja osittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT-10-11222. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen osapuolet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT16-10660. 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. Helsinki: Rakennustieto Oy.

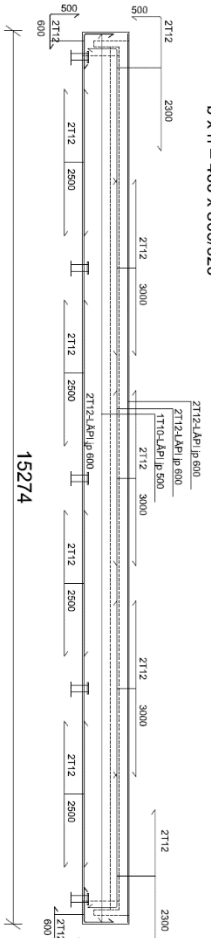
Vuorela, K.; Urpola, J. & Kankainen, J. 2001. Johdatus rakentamistalouteen. Espoo: Otava.

Määrälaskentataulukko 2D-kuvista

| RO Nimike | Määrä | Yksikkö |
|---|--------|---------|
| 1 RAKENNUSOSAT | | |
| 12 TALO-OSAT | | |
| 121 Perustukset | | |
| 1212 Perusmuurit, peruspilarit ja peruspalkit | | |
| Peruspalkki 1,2,3 | | |
| Raudoitus | 755,1 | kg |
| VT T10 | 29,7 | kg |
| VT T12 | 466,9 | kg |
| Haat T5 RST k1000 | 4,3 | kg |
| Haat T8 k300 | 151,0 | kg |
| Haat T10 k300 | 103,1 | kg |
| Alajuoksu tart. T8 L300 k 1200 | 3,1 | kg |
| ESP 100 | 23,5 | m2 |
| Betonointi | 11 | m3 |
| Muotti | 38 | m2 |
| Peruspalkki 4,5,6,7 | | |
| Raudoitus | 184 | kg |
| Haat T8 k300 läpi | 52,0 | kg |
| Haat T10 | 38,5 | kg |
| Haat T12 | 93,4 | kg |
| Betonointi | 4 | m3 |
| Muotti | 19 | m2 |
| 112 Alapohjat | | |
| 1221 Alapohjalaatat | | |
| Raudoitus | 1157,7 | kg |
| AP #8-200 | 487,6 | kg |
| Alapinta | | |
| T8 k200 | 90,1 | kg |
| T8 k330 | 38,7 | kg |
| #6 T10 (Takka+paalu) | 44,4 | kg |
| Yläpinta | | |
| T10 | 103,7 | kg |
| T12 | 393,2 | kg |
| Bet.laatta 80mm | | |
| #5-150 | 256,6 | kg |
| Kantava bet.laatta 170mm | 21 | m3 |
| Lämmöneriste ESP 100 | 238 | m2 |
| Lämmöneriste ESP 50 | 115,4 | m2 |

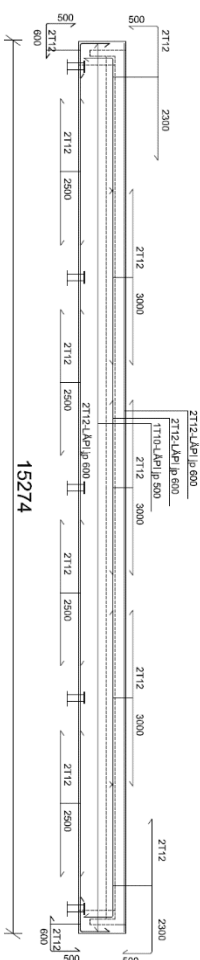
Palkkien leikkaukset

PALKKI 1
b x h = 400 x 800/620



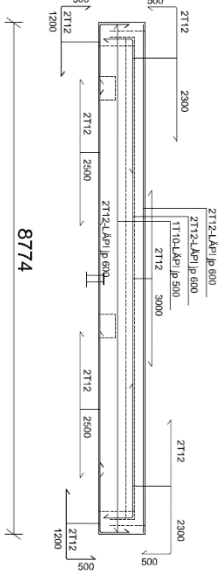
Huom! yhteistä osuutta lyhyen sivun palkin kanssa 400+400mm

PALKKI 2
b x h = 400 x 800/620



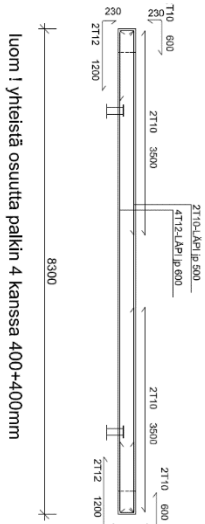
Huom! yhteistä osuutta lyhyen sivun palkin kanssa 400+400mm

PALKKI 3
b x h = 400 x 800/620



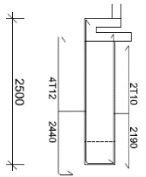
Huom! yhteistä osuutta pitkän sivunpalkin kanssa 400+400mm

PALKKI 5
b x h = 400 x 300



Huom! yhteistä osuutta palkin 4 kanssa 400+400mm

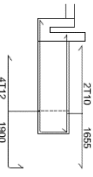
PALKKI 4
b x h = 400 x 525



BETONI K-30-2 (C25/30) Suurmiteliuhtotyöntä 50%
 RASTIUSLUOKAT: Antura XC2
 Sotkeoli XC3, XF1 K35-2
 Sisäliiat XC1
 TERÄKSET A-500HW
 VERKOT B-500K
 SUOJA-BETONISOLU Sisäliiat 25mm
 MAANTIA VASTEN 50mm

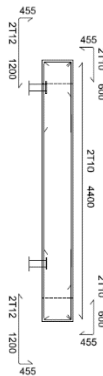
Huom! yhteistä osuutta palkin 2 kanssa 400mm ja palkin 5 kanssa 400mm

PALKKI 6
b x h = 400 x 525



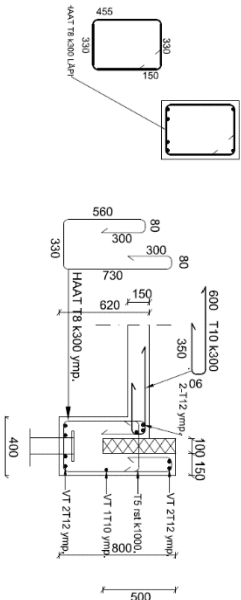
Huom! yhteistä osuutta palkin 3 kanssa 400mm ja palkin 7 kanssa 400mm

PALKKI 7
b x h = 400 x 525



Huom! yhteistä osuutta palkin 6 kanssa 400mm+400mm

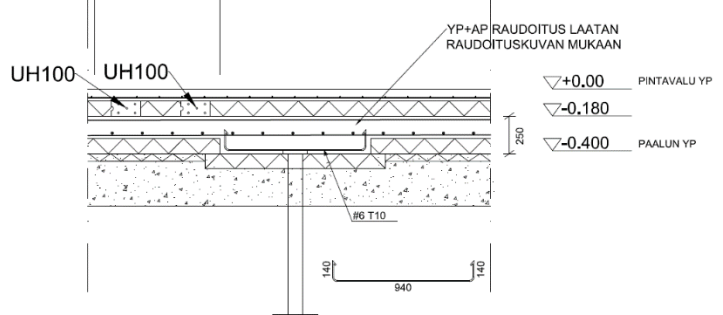
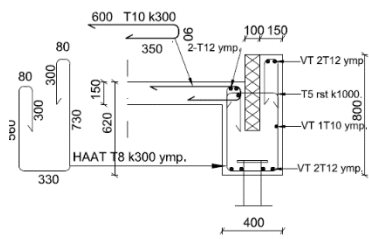
PALKIT 4,5,6,7 (1:20) PALKKI b x h=400 x 800/620 (1:20)



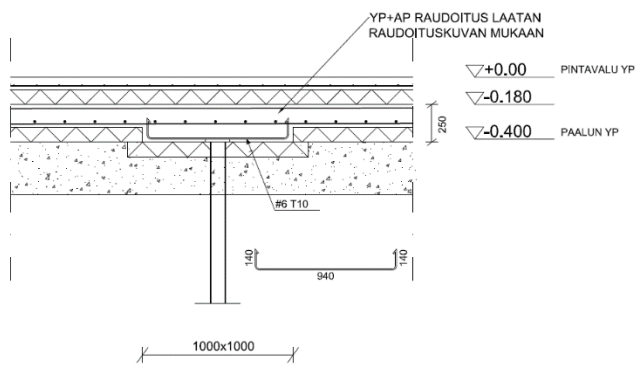
Leikkaus paaluvahvistuksista

TAKAN KOHTA (1:20)

PALKKI $b \times h=400 \times 800/620$ (1:20)



LEIKKAUS B-B (1:20)



Mallin informaation talteenotto

Solibri Office - Perustukset

TIEDOSTO MALLI TARKASTUS KOMMUNIKOINTI **INFORMAATION TALTEENOTTO** TO-DO (2/5) NÄKYMÄT

Kääntö Valinta

MALLIPUU

- Perustukset

LUOKITUS

- Kalustus
- Rakennusosat
- Tilaryhmittely
- Tilojen käyttötarkoitus

VALINTAKORI

INFO

Kokoonpano.03

| Hyperlinkit | BaseQuantities | Tekla Assembly |
|----------------|----------------|----------------|
| Identiteetti | Sijainti | Ilmoitukset |
| Määrä | Relaatiot | Luokittelu |
| Ominaisuus | Arvo | |
| Tilavuus | 2,46 m3 | |
| Suurin korkeus | 525 mm | |
| Suurin pituus | 8,30 m | |
| Suurin leveys | 2,10 m | |

3D

INFORMAATION . Laske kaikki Rakennemallin määrät

| Komponenttityyppi | Nimi | Pinta-ala | Pituus | Pohjan pinta-ala | Korkeus | Tilavuus | Lukumäärä | Väri |
|-------------------|-----------------|-----------|--------|------------------|---------|----------|-----------|--------|
| Kokoonpano | Kantava laa... | | | | | 17,31 m3 | 1 | Yellow |
| Kokoonpano | Muuri pohja | | | | | 3,89 m3 | 2 | Cyan |
| Kokoonpano | Pintalaatta ... | | | | | 9,78 m3 | 1 | Purple |
| Kokoonpano | SLAB | | | | | 300 l | 3 | Blue |
| Kokoonpano | Steel Assem... | | | | | 14,80 m3 | 25 | Orange |
| Kokoonpano | Yli-Maaria ... | | | | | 11,36 m3 | 1 | Pink |

Rakennemallin määrät päivitetty kaikilla komponenteilla

Rooli: Määrälaskenta Valittuja: 1