



## **TEKNIikka JA LIIKENNE**

**Rakennustekniikka**

**Rakennustuotantotekniikka**

## **INSINÖÖRITYÖ**

### **ASUINKERROSTALON MERKITTÄVIMPIEN TEHTÄVIEN TUOTANNONSUUNNITTELU JA JOHTAMINEN**

**Työn tekijä: Jyri Pilvi  
Työn ohjaajat: Ilkka Leskelä**

**Työ hyväksytty: \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2010**

**Matti Leppä  
laboratorioinsinööri**



## **ALKULAUSE**

Tämä insinöörityö tehtiin NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen yksikölle. Haluan kiittää projektissa mukana olleita, erityisesti työn ohjaajia tuotantopäällikkö Ilkka Leskelää ja laboratorioinsinööri Matti Leppää.

Iso kiitos myös Päiville kannustuksesta ja kieliopillisista korjauksista.

Helsingissä 08.04.2010

Jyri Pilvi

## TIIVISTELMÄ

<b>Työn tekijä:</b> Jyri Pilvi	
<b>Työn nimi:</b> Asuinkerrostalon merkittävimpien tehtävien tuotannonsuunnittelu ja johtaminen	
<b>Päivämäärä:</b> 08.04.2010	<b>Sivumäärä:</b> 64 s. + 0 liitettä
<b>Koulutusohjelma:</b> Rakennustekniikka	<b>Suuntautumisvaihtoehto:</b> Rakennustuotantotekniikka
<b>Työn ohjaaja:</b> Laboratorioinsinööri Matti Leppä, Metropolia Ammattikorkeakoulu	
<b>Työn ohjaaja:</b> Tuotantopäällikkö Ilkka Leskelä, NCC Rakennus Oy	
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen yksikölle. Työn tarkoituksena oli kehittää asuinkerrostalokohteidensa tärkeimpien tehtävien tuotannonsuunnittelua. Tärkeimpinä työvaiheina käsiteltiin runko, perustukset, vesikatto ja sisätyövaiheet. Tavoitteena oli kehittää tärkeimmistä tehtävistä työnsuunnittelumalli, josta oli tarkoitus saada riittävän tarkka ja samalla helppokäyttöinen. Tavoitteen saavuttamiseksi kehitettiin päiväkohtainen työsuunnitelma ja luotiin sen pohjalta työmaan käyttöön informaatiotaulu, joka toimisi työnjohtajan apuna tehtävää läpikäytäessä työntekijöiden kanssa.</p> <p>Työ aloitettiin tutustumalla työmaiden tämänhetkiseen työnsuunnittelun sekä johtamisen tasoon, jonka pohjalta aloitettiin toimivan pohjan kehittäminen niin työsuunnitelman toteutukseen kuin informaatiotaulullekin. Kehitettyjä malleja päästiin kokeilemaan kahdella eri työmaalla. Saadun palautteen perusteella malleja vielä viimeisteltiin. Opinnäytetyön lähtöaineistona käytettiin itse kokeiltua, haastatteluista ja kirjallisuuslähteistä saatua sekä yrityksen jo keräämää tietoa aiheesta. Työn lopuksi saadut tulokset raportoitiin ja arvioitiin mahdolliset jatkokehitystarpeet.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin kokemusta päiväkohtaisen tuotannonsuunnittelun tekemisestä ja kehitettyä sille uusia käyttömahdollisuuksia muun muassa työvaiheeseen perehtymisen yhteydessä. Lisäksi mallin teosta oli hyötyä vierailuille työmaille tarkasti tehdyn tuotantosuunnitelman muodossa. Informaatiotaulu todettiin hyväksi apuvälineeksi työnjohtajan viikkosuunnitteluun ja työmaan yleisenä ilmoitustauluna.</p>	
<b>Avainsanat:</b> Tuotannonsuunnittelu, päiväkohtainen työsuunnitelma, informaatiotaulu	

## ABSTRACT

<b>Name:</b> Jyri Pilvi	
<b>Title:</b> Production planning and management of the most significant tasks of the block of flats	
<b>Date:</b> 8 April 2010	<b>Number of pages:</b> 64
<b>Department:</b> Civil Engineering	<b>Study Programme:</b> Construction and Site Management
<b>Instructor:</b> Matti Leppä, Laboratory Engineer, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences	
<b>Supervisor:</b> Ilkka Leskelä, Production Manager, NCC Construction Ltd	
<p>This thesis was done for the unit of residential construction of NCC Construction Ltd. The purpose of the work was to develop the production planning of the most important tasks of its block of flats -sites. A frame, foundations, roof and indoors works were dealt with as the most important stages. The objective was to develop a model from the most important tasks for production planning of which purpose was to be, exact enough and at the same time handy. To reach the objective a day-specific working plan was developed and an information table was created based on it, which would serve as the foreman's help when a task is gone through with the workers.</p> <p>The work was begun by becoming acquainted with the present level of the work planning and management of sites. Based on that information the developing of the working plan and the information table was begun. It was possible to test the developed models on two different sites. On the basis of the received feedback the models were still finished. The source material of the thesis was collected empirically and obtained from the interviews and literature sources. Also information collected previously by the company was used. Finally, the results were reported and the possible needs for further development were estimated.</p> <p>As a result of the thesis experience of doing the day-specific production planning and an idea of new possibilities to use it, in orientation among others, were obtained. Also, the visited sites benefit from the specific production planning model that was developed. The information table was found to be a good instrument for the week planning and as a general notice board of the site.</p>	
<b>Keywords:</b> Production planning, day-specific working plan, information table	

## SISÄLLYS

### ALKULAUSE

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoite	2
1.3	Tutkimusongelma	3
1.4	Tutkimusmenetelmät	3
<b>2</b>	<b>TUOTANNONSUUNNITTELU JA OHJAUS ASUINKERROSTALOTYÖMAALLA</b>	<b>4</b>
2.1	Asuinkerrostalon tärkeimmät työvaiheet	4
2.1.1	<i>Perustukset</i>	4
2.1.2	<i>Runkotyöt</i>	8
2.1.3	<i>Vesikatto</i>	16
2.1.4	<i>Sisätyövaiheet</i>	17
2.2	Tuotannon suunnittelu ja ohjaus	19
2.2.1	<i>Perussuunnitelmat</i>	19
2.2.2	<i>Tehtäväsuunnittelu</i>	28
2.2.3	<i>Tehtävän ohjaus</i>	31
2.2.4	<i>Last Planner</i>	35
2.2.5	<i>Menetelmäsuunnittelu</i>	37
2.2.6	<i>Nykyiset ongelmat tuotannonsuunnittelussa ja johtamisessa</i>	38
<b>3</b>	<b>ASUINKERROSTALON TUOTANNONSUUNNITTELUMALLI</b>	<b>41</b>
3.1	Päiväkohtainen työsuunnitelma	41
3.2	Työmaan informaatiotaulu	45
<b>4</b>	<b>PÄIVÄKOHTAISEN TYÖSUUNNITELMAMALLIN TESTAUS</b>	<b>48</b>
4.1	Case 1 - As Oy Helsingin Malminholvi	48
4.2	Case 2 - As Oy Helsingin Viikinportti	53
<b>5</b>	<b>TUTKIMUKSEN TULOS</b>	<b>59</b>
	<b>VIITELUETTELO</b>	<b>63</b>

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Tausta

Rakennusprojektin onnistumisen kannalta on tärkeää, että sen merkittävimmät tehtävät on tarkkaan suunniteltu ja tehokkaasti toteutettu. Hyvin tehtyjen tuotantosuunnitelmien pohjalta töiden ennakoiminen ja työn johtaminen on helpompaa. Lisäksi työntekijöiden on vaivattomampaa seurata ja toteuttaa työnjohdon ohjeita. Työnjohtajalla näin säästyvä aika voidaan hyödyntää muuhun tekemiseen työmaalla.

Rakennusalalla töiden suunnittelu ennalta ja tehtyjen suunnitelmien toteuttaminen työmailla on vielä varsin vaihtelevalla tasolla. Työmaan avainhenkilöiden työskentelytottumukset määräävät pitkälti mikä on vallitseva toimintatapa työmaalla. On työmaita, joilla työnsuunnitteluun panostetaan esimerkillisesti ja joista monet voisivat ottaa mallia, mutta myös sellaisia, joilla toiminta perustuu pitkälti vanhojen jo tutuiksi tulleiden työvaiheiden toistoon. Vanhan toistamisessa ei sinänsä ole mitään pahaa ja vankalla kokemuksellaan jyräävät ammattilaiset saavatkin varmasti työmaan toimimaan tehokkaammin kuin muut. Ongelmia tulee kuitenkin vastaan kun työmaan organisaatioon väistämättä jossain vaiheessa tulee uusia tekijöitä, joiden kokemus ei ole samalla tasolla muiden kanssa, tai kun rakennettavassa kohteessa on joitain entuudestaan tuntemattomia rakenteita tai tekniikoita. Varsinkin tällöin toimivien tuotantosuunnitelmien tekeminen nousee tärkeäksi osaksi suunniteltaessa, perehdyttäessä ja johdettaessa tulevia työvaiheita.

Opinnäytetyö tehdään NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen osastolle, joka tahtoo kehittää asuinkerrostalokohteidensa tärkeimpien tehtävien, kuten runkovaiheen tuotannonsuunnittelua. NCC:llä tehtävien enakkosuunnittelun malli on periaatteessa suunniteltu yhteneväksi läpi organisaation, mutta käytännössä variaatioita sen toteuttamiseen löytyy eri työmailta useita. Tässä työssä käsitellään kehityskohteina betonielementtirakenteisia asuinkerrostaloja, sillä ne kattavat suurimman osan NCC Rakennus Oy:n asuntotuotannosta tällä hetkellä ja varmasti myös tulevaisuudessa.

Työn teoriaosuudessa esitellään tuotannonsuunnittelun kulku rakennusalalla, ja erityisesti NCC Rakennus Oy:n malli siitä. Suunnitteluun

tutustumisen pohjalta kehitetään kerrostalokohteen tärkeimpiin yksittäisiin tehtäviin sopiva ratkaisu suunnitella ja johtaa töitä.

## 1.2 Tavoite

Tämän insinöörityön tavoitteena on kehittää NCC Rakennus Oy:lle asuntokohteiden tärkeimpien tehtävien työsuunnittelumalli. Mallista tehdään riittävän tarkka, mutta myös helppokäyttöinen. Tavoitteen saavuttamiseksi kehitetään päiväkohtainen työsuunnitelma ja luodaan sen pohjalta työmaan käyttöön informaatiotaulu, joka toimii työnjohtajan apuna tehtävää läpikäydessä työntekijöiden kanssa. Työsuunnitelmassa tehtävät kuvataan sillä tarkkuudella että ne on mahdollista toteuttaa ja informaatiotaulusta tehdään riittävän yksinkertainen, jolloin sen päivittäminen ja seuraaminen on vaivatonta. Taulun avulla on helppoa käydä työntekijöiden kanssa läpi seuraavan päivän tavoitteet ja merkille pantavat asiat. Päiväkohtaisten tavoitteiden selkeä esilletuonti päivän alussa ja lopputulosten läpikäynti esimerkiksi päivän päätyttyä, voisi olla tuotantoa tehostava ja oikealla tavalla kannustava toimenpide. Samalla taulusta olisi ulkopuolisenkin helppoa seurata työmaan tapahtumia ja päällekkäisyyksistä johtuvien ongelmien ennaltaehkäisy olisi helpompaa.

Asuinkerrostalon tärkeimpinä ja tässä tutkimuksessa käsiteltävinä työvaiheina voidaan pitää:

- Perustuksia
- Runkoa
- Vesikattoa.

Asukkaalle eniten näkyvänä ja sitä kautta erittäin tärkeänä työnä käsitellään myös sisävalmistusvaihetta, joka koostuu useammasta erillisestä työstä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on myös selvittää nykyiset tuotannonsuunnittelun menetelmät ja pureutua myös niiden yleisimpiin ongelmiin. Lisäksi selvitetään vielä rakennusalalla monille uusien ja tuntemattomien menetelmien, Last Planner:in ja menetelmäsuunnittelun suomia mahdollisuuksia kehittää toimintaa työmailla.

Työn aikana on tavoitteena päästä kehittämään ja kokeilemaan työsuunnittelumalleja NCC Rakennus Oy:n asuinkerrostalotyömailla ja samalla haastatteleamalla saada arvokasta tietoa työmailla toimivilta alan

ammattilaisilta. Työmaat valitaan siten, että niissä olisi mahdollista päästä mukaan suunnittelutyöhön jo siinä vaiheessa kun työsuunnitelmaa tulevasta työvaiheesta ollaan vasta tekemässä.

Kaikilla edellä mainituilla toimenpiteillä tähdätään pohjimmiltaan rakennushankkeen parempaan taloudelliseen tulokseen. Tärkeimpien työvaiheiden parempi suunnittelu nopeuttaa, vähentää tuotannossa ilmeneviä häiriöitä ja tekee tuotannosta muutenkin jouhevampaa jolloin taloudellisiin tavoitteisiin yltäminen on mahdollista.

### **1.3 Tutkimusongelma**

Vanhojen vastaavanlaisten suunnittelumallien ongelmana voidaan usein pitää niiden muokattavuutta. Paljon ja tarkkaa tietoa sisältävinä niiden muokkaaminen on erittäin työlästä. Tämä johtaa usein siihen, ettei viikkosuunnitelmaa päivitetä tai käydä työntekijöiden kanssa läpi kuin viikkotasolla, vaikka tehtävät ja niiden ajoitukset muuttuvat työmaalla päivittäin. Tässä työssä tehtäväsuunnitelma on tarkoitus olla tarkkana mallina vain työnjohtajan apuvälineenä, jolloin pienemmät muutokset tarvitsee muokata vain siihen. Kun suurempia muutoksia aiemmin suunniteltuun tulee, päivitetään ne myös informaatiotauluun työntekijöiden nähtäväksi. Kaikkien edun mukaista olisi pitää taulu riittävän yksinkertaisena, jolloin sen käytettävyys ja päivitettävyys pysyvät optimitasolla ilman että olennaista tietoa tarvitsee jättää pois.

Aikaisemmin tehty työnsuunnittelun asiakirja on ollut työnjohtajan tietokoneella tai mapissa, jossa se jää usein vähemmälle huomiolle eikä sitä hyödynnetä kunnolla. Kehittämällä tehtäväsuunnittelusta tarkempaa ja viemällä se päiväkohtaiselle tasolle saadaan suunnittelun edut paremmin hyödynnettyä. Työntekijöiden kanssa läpikäytynä yksityiskohtaisesti tehdystä työsuunnitelmasta saadaan oiva apuväline päivittäiseen työnjohtamiseen.

### **1.4 Tutkimusmenetelmät**

Työ aloitetaan tutustumalla työmaiden tämänhetkiseen työnsuunnittelun sekä johtamisen tasoon, jonka pohjalta aloitetaan toimivan pohjan kehittäminen niin työsuunnitelman toteutukseen kuin informaatiotaulullekin. Testaukseen kehitetyt mallitaulut pääsevät kahdella eri työmaalla. Lopuksi mallit viimeistellään saadun palautteen perusteella. Aineistona käytetään itse



kokeiltua, haastatteluista ja kirjallisuuslähteistä saatavaa sekä yrityksen jo keräämää tietoa aiheesta. Lopuksi raportoidaan sadut tulokset ja arvioidaan mahdolliset jatkokehitystarpeet.

## **2 TUOTANNONSUUNNITTELU JA OHJAUS ASUINKERROSTALOTYÖMAALLA**

### **2.1 Asuinkerrostalon tärkeimmät työvaiheet**

Tässä luvussa esitellään asuinkerrostalon rakentamisvaiheen kannalta merkittävimmät työvaiheet ja niissä huomioon otettavat asiat. Näissä töissä onnistuminen ripeästi mutta huolellisesti on tärkeää, sillä esimerkiksi runkovaiheessa hukatun ajan kiinni ottaminen enää myöhemmissä työvaiheissa on lähes mahdotonta. Lisäksi virheet, joita esimerkiksi perustuksia rakennettaessa tehdään ja myöhemmin huomataan, ovat erittäin kalliita ja suuritöisiä korjata.

#### *2.1.1 Perustukset*

Kantavien runkorakenteiden kuormat siirretään maahan ja kallioperään perustusten kautta. Yleisimpiä perustusrakenteita ovat yleensä pohjarakenteet kuten paalut, varsinaiset perustusrakenteet kuten anturat, kantavat alapohjat, maanvaraiset laatat, salaojitusjärjestelmät ja routasuojaukset. Kuormat siirretään siten, ettei maapohjan kantavuus vaarannu eikä perustusten painuma kasva liian suureksi. Pohjatutkimuksen avulla selvitetään tontin maapohjan ominaisuudet ja tulosten perusteella voidaan kohteeseen tehdä pohjarakennussuunnitelma. Tässä suunnitelmassa esitetään:

- Maaperän routivuus
- Salaojitustarve ja kuivatussuunnitelma
- Perustamistapaehdotus
- Sallitut kuormitukset ja painumat
- Perustamissyvyys
- Täytöt ja pengerrykset
- Muut huomioitavat asiat. [1, s. 52 – 72.]

Pohjarakennussuunnitelman ja muiden perustusrakenteiden suunnitelmien perusteella valitaan sopivin perustustapa, joka nykyään pääkaupunkiseudulla on useimmiten paaluperustus, sillä maapohjaltaan

parhaimmat tontit on jo aiemmin rakennettu. Nyt riittävän lähelle hyviä kulkuyhteyksiä ja palveluita tahdottaessa on tyydyttävä kantavuudeltaan heikompiin tonttimaihin, jolloin paalujen varaan perustaminen on ainoa käyttökelpoinen vaihtoehto. [1, s. 52 – 72.]

Perustustöitä tehtäessä on työn huolelliseen suorittamiseen kiinnitettävä huomiota, sillä virheiden korjaaminen enää jälkeinpäin on erittäin vaikeaa tai jopa mahdotonta. Tärkeimpiä töitä joihin ainakin kannattaa kiinnittää erityistä huomiota ovat:

- Perustusten alustäytöt jotka tulee tiivistää hyvin ja varmistaa ettei materiaali ole jäässä
- Varmistus perustusrakenteiden oikealle asennuskorolle
- Raudoitukset ovat oikein sijoitetut
- Routa- ja kosteuseristys on viety riittävän pitkälle
- Salaojitus ja tontin kuivatus on toteutettu suunnitelmien mukaisesti. [1, s. 52 – 72.]

### *Paaluperustus*

Paaluperustus valitaan kun kantava maanpohja on niin syvällä, ettei sen esiin kaivaminen ole kannattavaa tai kun laattaperustuksen painumat kasvavat liian suuriksi. Pohjarakennussuunnitelman pohjalta valitaan sopivin paalutyyppejä: Tukipaalu kun paalun kärki saadaan tuettua kantavaan maahan, kitkapaalu kun maalaatu takaa riittävän kitkan, ja koheesiopaalu kun kuorma välittyy paalun vaippapinnasta ympäröivään koheesiomaahan niiden välisen koheesion avulla. Itse paalutus suoritetaan useimmiten teollisesti valmistetuilla teräsbetonisilla lyöntipaaluilla, jotka lyödään maahan erilaisilla paalutuskoneilla. [1, s. 52 – 72.]



*Kuva 1. Paalutuskone ja maahan lyötyjä teräsbetonipaaluja*

Paalutuskone, jolla teräsbetoniset lyöntipaalat kuvan 1 etuosassa on lyöty maahan, näkyy taustalla. Paalutuksen jälkeen paalat vielä katkaistaan oikeaan korkoon ennen anturamuottien tekoa.

#### *Paikallavaluantura*

Ennen anturamuottityön aloittamista on varmistuttava pohjan tasaisuudesta sekä tiiveydestä ja työntekijöiden kanssa on käyty aloituspalaveri työn sisällöstä. Työssä tarvittavat työkalut ja materiaalit on myös hyvä varmistaa ennen työn aloitusta. Mittamies merkitsee anturoiden nurkkapisteitä sovitun määrän ja työryhmä voi aloittaa joko valmiista elementeistä tai paikalla tehdyn anturamuotin pystytyksen. Muotin valmistuessa perässä tuleva ryhmä raudoittaa anturan. Raudoituksessa on tärkeää varmistaa riittävät jatkospituudet ja suojaetäisyydet. Ennen kuin antura voidaan betonoida, on muotti hyvä puhdistaa ja öljytä. [2.]



*Kuva 2. Tartunnat asennettuna pakkasmaton läpi talvella valetussa anturassa*

Betonointi suoritetaan työmaan olosuhteisiin sopivalla kalustolla ja suunnitelmien mukaisella massalla. Tarvittavien jälkihoitotoimenpiteiden jälkeen valu suojataan ja mahdolliset tartunnat asennetaan mahdollistamaan seuraavien rakenteiden liittymisen anturaan. Kuten kuvassa 2 näkyy, talvella betonoitaessa on tärkeää suojata valu jäätymiseltä esimerkiksi pakkasmatoilla. Valun saavutettua purkulujuutensa voidaan muotit purkaa ja puhdistaa seuraavaa käyttökertaa varten. [2.]

### *Työturvallisuus*

Perustustöissä suurin työturvallisuusriski liittyy kaivantoihin joiden sortuminen on estettävä riittävällä tuennalla. Erityistä varovaisuutta on noudatettava jos perustukset vaativat louhintatöitä. Näistä töistä tehdään aina erilliset työsuunnitelmat ja niiden suorittamiseen vaaditaan luvat sekä erikoisosaamista. Yleisesti perustusvaiheen työturvallisuutta voidaan parantaa hyvällä aluesuunnitelmalla, joka kannattaa tehdä erikseen myös perustusvaihetta varten. Lisäksi työmenetelmien ja kaluston valinnalla voidaan työn kuormittavuutta esimerkiksi raskaissa raudoitus- ja betonointitöissä keventää huomattavasti. [1, s. 52 – 72.]

### 2.1.2 Runkotyöt

Asuinkerrostalon runko on rakennuksen osa, jonka tehtävänä on siirtää rakennukseen kohdistuvat kuormitukset perustusten kautta maaperään. Tärkein rungolle asetettava ominaisuus on taloudellisuus ja tekniseltä kannalta riittävä lujuus ja jäykkyys. Rungon on kyettävä kestämaan myös poikkeuksellisia rasituksia, kuten joitain luonnon mullistuksia ja tulipaloja. Runkojen suunnittelussa joudutaan ottamaan enenevässä määrin huomioon ilmastonmuutoksen vaikutukset. Varmuuskertoimia joudutaan lisäämään voimistuvien tuulien johdosta. Tämä tulee varmasti vaikuttamaan tulevaisuudessa asuinkerrostalojen runkovaiheen tuotantoon ja tuo siihen uusia haasteita. [1, s. 73 – 75.]

Runkovaihe on rakennushankkeen merkittävimpiä vaiheita. Sillä on vaikutusta etenkin koko rakennuksen valmistumisajankohtaan. Tämä on omiaan vaikuttamaan hankkeen kustannuksiin. Rakennusten runkoja toteutetaan erilaisilla tavoilla, mutta kaksi päämenetelmää on paikallavalutekniikalla toteutettu runko ja elementtirakenteinen runko, sekä näiden yhdistelmä eli sekarunko. Sekarungossa toteutetaan yleensä välipohjat valutekniikalla ja seinät elementtitekniikkaa hyödyntäen. Valmiista elementeistä koottu runko voidaan toteuttaa yleensä nopeammin kuin paikallavalettu. Paikallavaletulla rungolla on etuja, joita ei saavuteta elementtitekniikkaa käytettäessä. Valettuja välipohjia käytetään toisinaan omaperusteisessa asuntotuotannossa niiden ääneneristävyys ominaisuuksien vuoksi, mikä mahdollistaa ohuemat välipohjat kuin pyrittäessä samoihin eristävyysarvoihin ontelolaattoja käyttäen. Runkovaihtoehtojen käytöllä on myös alueellisia eroja. Elementtitekniikan käyttäminen on yleisempää ruuhka-Suomessa ja muualla maassa turvaudutaan helpommin valutekniikkaan. [1, s. 73 – 75.]

Runko voidaan jakaa erilaisiin runkotyyppeihin runkomateriaalin perusteella tai staattisen toimintansa perusteella runkojärjestelmiin. Staattisen toiminnan kannalta runkojärjestelmät voidaan jakaa seuraavasti:

- Pilari-palkki-laatta
- Kantavat seinät ja palkki-laatta
- Pilari-laatta
- Kantavat seinät ja laatta
- Kaaret ja holvit

- Kuorirakenteet
- Riippukattorakenteet. [1, s. 73 – 75.]

### *Betonielementtityöt*

Seuraavaksi esitettävät betonielementtityöiden työvaiheet perustuvat Talonrakentamisen työmaatekniikka oppikirjaan [1, s. 108 – 122].

Työssä keskitytään tutkimaan betonielementtirakenteista runkoa, joka on tämän hetken asuntotuotannossa NCC Rakennus Oy:ssä yleisin toteutusmuoto. Runkotöiden yleisin suoritusjärjestys on seuraavanlainen:

- Kantavat rakenteet
- Tilaelementit
- Laatat
- Ei-kantavat ulkoseinät
- Portaat, hormit ja parvekkeet.

### *Betonielementtityöt, Elementtien kuljetus*

Elementtien varastointiin työmaalla on usein vain rajattu määrä tilaa, joten elementtikuljetukset on ohjelmoitava tarkasti. Elementtien asennusaikataulun pohjalta luodaan kuljetuksille suunnitelma, jossa määritellään yksityiskohtaisesti elementtikuormien saapuminen työmaalle. Elementtejä kuormattaessa tehtaalla on otettava huomioon kuljetettavien elementtien tuleva asennus- tai varastointijärjestys, näin vältetään ongelmilta kuormaa purettaessa.



*Kuva 3. Ontelolaattakuorman purku*

Kuvassa 3 on käynnissä ontelolaattakuorman purku sitä kuljettaneen kuorma-auton kyydistä. Ontelolaattojen asennus on verrattain nopeaa, joten niiden asennus suoritetaan usein suoraan elementtikuorman kyydistä nostettuna.

Vaatimuksia elementtien kuljetukselle ovat toimintavarmuus, taloudellisuus ja joustavuus. Elementtikuljetuksissa käytetään yleisimmin kuorma-autoja sekä puoli- tai täysperävaunuyhdistelmiä. Tämä maanteitse tapahtuva kuljetus on ja tulee olemaan elementtien pääasiallinen kuljetusmuoto.

Itse kuljetuksessa on huolehdittava etteivät elementit pääse liikkumaan tai kaatumaan. Tämä varmistetaan huolellisella tuennalla ja kiinnityksellä. Elementtien pitää pysyä ehjinä ja puhtaina kuljetuksessa, joten päällekkäin ladotut elementit eivät saa kuormittaa toisiaan. Erityisesti sandwich-elementtien ulkokuoret vaurioituvat helposti. Lisäksi elementit on suojattava likaantumiselta kaikissa kuljetuksen ja varastoinnin vaiheissa.



*Kuva 4. Elementit varastoituna nosturin juurelle*

#### *Betonielementtityöt, Elementtien varastointi*

Jos elementtejä ei asenneta paikoilleen suoraan niiden saapuessa työmaalle, on ne varastoitava työmaalle. Elementtikuorman saapuessa on tarkistettava, että saapuneet elementit ovat oikeita ja ehjiä. Varastoalueen tulisi sijaita siten, että nosturin kuljettajalla on siihen suora näköyhteys. Purku- ja asennustyötä nopeuttaa jos nosturin ei tarvitse kääntää puomiaan suurta määrää varastointipaikalta, joten varastoalue tulisi olla lähellä lopullista asennuspaikkaa ja purkualuetta. Kuvan 4 työmaalla elementit on



säilötty elementtifakkeihin, jotka on sijoitettu aivan nosturiradan viereen. Elementtejä varastoitaessa olisi syytä pitää asennusjärjestys mielessä. Hyvin suunniteltuna varastoalue saadaan toimimaan joustavasti ja pinta-alaltaan pienenä, jolloin se ei häiritse työmaan muuta toimintaa.

### *Betonielementtityöt, Elementtien asennus*

Elementtien asentamiseksi tehokkaasti ja turvallisesti laaditaan työmaan yleissuunnitelmaan perustuva asennussuunnitelma. Elementtien asennussuunnitelmasta selviää:

- Asennusjärjestys ja -aikataulu
- Tiedot asennettavista elementeistä
- Mittausjärjestelmä ja toleranssit
- Tiedot nostolaitteista ja nostoapuvälineistä
- Asennusaikainen tuenta
- Liitosten ja kiinnitysten tekotapa
- Työturvallisuusjärjestelyt
- Elementtien kuljetus ja varastointi
- Lämmitysjärjestelyt
- Toimenpiteet putoamisen estämiseksi
- Erityistoimenpiteet.

Tärkeimmät osat työmaan järjestelyistä asennuksen kannalta esitetään aluesuunnitelmassa. Huomiota tulisi kiinnittää ainakin liikennejärjestelyihin, samanaikaisesti tulisi voida ottaa vastaan sekä elementtejä että betonia saumavaluihin. Lisäksi elementtivaraston sijoitus tulee suunnitella jo aluesuunnitelmassa.

Mahdolliset paikallavalut vaikuttavat elementtiasennusta hidastavasti. Betonin hitaan lujuuden kehityksen lisäksi kiinteinä esteinä valut rajoittavat työmaalla vapaata liikkumista. Talvella rakennettaessa paikallavaletut osat aiheuttavat lisäksi suojaus- ja lämmitystarvetta, hidastaen asennusta edelleen. Valettujen rakenteiden varaan voidaan laskea elementtejä vasta niiden saavutettua vaaditun lujuuden.

Asennusaikaiset mittaukset on tehtävä erityisen huolellisesti. Alun mittavirhe vaikeuttaa kaikkea tulevaa työtä rakennuksessa. Mittaustyön tärkeys



korostuu elementtityömaalla jossa rakennus kasataan valmiista paloista, eikä elementtien piikkaus tai täytepalojen käyttö ole tehokasta.



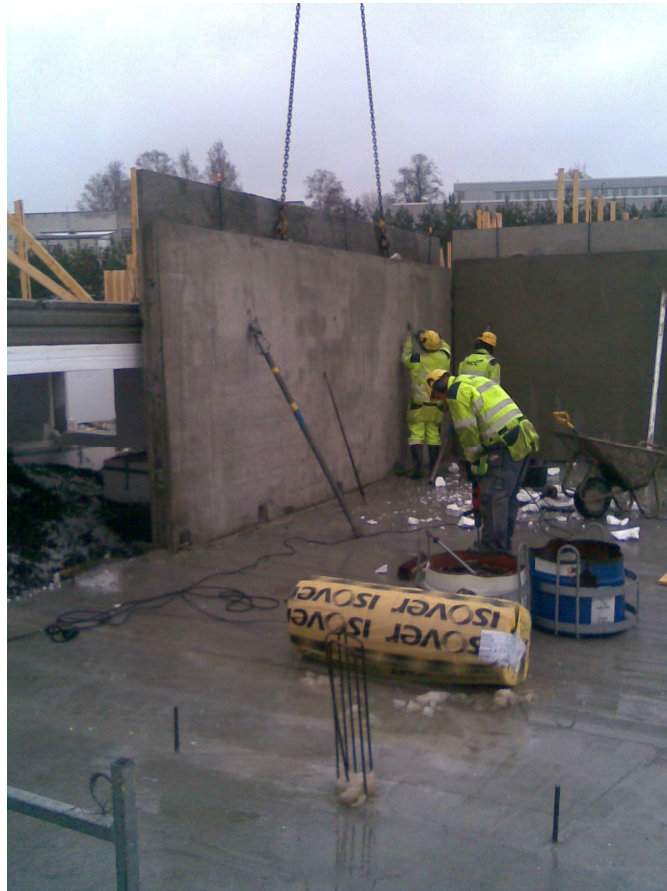
*Kuva 5. Radalla kulkeva torninosturi nostaa asennettavan ontelolaatan paikalleen*

Elementtejä asennettaessa nostokaluston valintaan vaikuttavat mm. työmaan sijainti ja laajuus, elementtien painot, kaikkein suurimpien elementtien lukumäärä sekä nosturilta vaadittava ulottuvuus ja nostokorkeus. Myös kustannukset ja sillä hetkellä käytävissä oleva nosturikanta tulisi ottaa huomioon. Asunkerrostalo-kohteissa elementtien nostoissa käytetään yleisemmin radalla kulkevaa torninosturia kuten kuvan 5 kohteessa. Kolmikerroksiset ja sitä pienemmät kerrostalot asennetaan usein autonosturia käyttäen.

Elementtejä tilatessa on tärkeää ottaa asennusjärjestys huomioon, etenkin sellaisten elementtien kohdalla, jotka asennetaan suoraan autosta. Ennen elementtien asennusta on otettava myös huomioon elementtitoimittajan valmistus- ja kuljetuskapasiteetti. Jos rakennus sisältää ennestään tuntemattomia tai muuten vaikeita detaljeita, on niihin hyvä tutustua etukäteen asennustyön sujuvuuden takaamiseksi.

Elementtiasennuksen resursseina käytetään usein yhtä asennusryhmää koneineen, mutta kapasiteettia voidaan tarvittaessa nostaa useammalla asennusryhmällä. Tosin ryhmien tulee pystyä työskentelemään toisiaan häiritsemättä.

### *Betonielementtityöt, Elementtien tuenta ja liitokset*



*Kuva 6. Seinäelementin asennustyö käynnissä*

Asennussuunnitelman tulee ottaa kantaa elementtien asennuksenaikaiseen vakavuuteen. Rakennesuunnittelijan tulee olla hyväksynyt ohjeet asennuksen aikaisesta tuennasta. Tuenta toteutetaan säädettävillä tukitangoilla eli ns. tönäreillä. Esimerkiksi seinäelementin asentaminen suoraan voidaan säädettäviä tukitankoja käytettäessä jättää tehtäväksi nosturin koukkujen irrotuksen jälkeen. Näin säästetään nosturin aikaa. Tarvittava tukien määrä/elementti tulee olla selvillä ennen asennusta. Tukia ei myöskään pidä poistaa ennen kuin on varmistettu juotosten riittävä lujuus. Kuvassa 6 seinäelementtiä ollaan asentamassa paikalleen. Nosturin nostokoukut ovat edelleen kiinni kun tukitankoja vasta kiinnitetään elementtiin ja holvin pintaan.

Asuinkerrostalon elementtien liitokset on toteutettava niin, että ne noudattavat annettuja asennustoleransseja, jotka on laadittu minimi- ja maksimivälillä saavuttamiseksi. Erityisesti tulee huomioida, että tartuntateräksiset liitokset ovat oikeissa paikoissaan ja että saumavalussa saadaan

juotosmassa täyttämään kaikki tilat, jotka on tarkoitettu täytettäväksi. Liitoksia talviaikaan tehtäessä on kiinnitettävä erityisesti huomiota lämmitykseen. Saumavalua rajoittavat pinnat tulee lämmittää ennen valua, lisäksi sauma on pidettävä lämpimänä ja suojattuna kunnes se on saavuttanut riittävän lujuuden.

#### *Betonielementtityöt, Jälkityöt*

Elementtitöissä jälkitöitä aiheuttavat yleensä suunnitteluvirheet, jotka huomataan vasta asennusvaiheessa, myös asennusvirheet ja toleranssien ylitykset teettävät korjaustöitä. Elementtien lohkeamien paikkaus on yksi yleisimmistä viimeistelyn kohteista.

Jälkipaikkauksessa vajaaksi jääneet saumat, kolot ja lohkeamat täytetään, jotta betonipinnat saadaan valmiiksi tasoitetöitä varten. Myös piikkaustyö kuuluu jälkitöihin, mikäli joitain tarpeellisia reikiä puuttuu, tulee ne tehdä tässä vaiheessa. Tärkeä jälkityö on valupurseiden poistaminen ennen niiden kovettumista. Tämä tulee suorittaa heti sen jälkeen kun saumausmassa on kovettunut tarpeeksi ja muotit voidaan poistaa.

#### *Betonielementtityöt, Työturvallisuus*

Työturvallisuus elementtityömailla on oltava kunnossa, sillä vaikka siellä tapahtuukin vähemmän tapaturmia kuin muilla työmailla, ovat ne usein vakavampia. Elementtirakentamisessa tapahtuvat onnettomuudet johtuvat yleensä puutteista elementtien nostotöissä ja putoamissuojauksessa. Myös huolimattomuus elementtien kuljetus- ja varastointivaiheissa sekä puutteellinen tuenta asennusvaiheessa ovat yleisiä tapaturmien aiheuttajia.

Elementtityömaan turvallisuutta voidaan parantaa suunnittelemalla työn eri vaiheet kuljetuksesta asennukseen. Suunnitelmia tehtäessä on oltava yhteydessä osapuolten kanssa joita ne koskevat. Elementtityöstä laadittava asennussuunnitelma kertoo putoamissuojauksen toteutuksesta sekä henkilökohtaisten suojainten käytöstä. Parhaiten suunnitelma ja asennustyön turvallisuus saadaan toimimaan kun pystytään luomaan toimiva yhteistyö kaikkien asennustyöhön osallistuvien tahojen välille. Erityistä huomiota tulisi kiinnittää tilanteisiin, jolloin varsinainen putoamissuojaus jo jouduttu poistamaan asennuksen ajaksi, tällöin on putoamisvaara torjuttava esimerkiksi käyttämällä henkilökohtaisia turvavaljaita. Kun suojakaide ei ole

paikoillaan, vaaravyöhykkeellä saavat olla ainoastaan kyseiseen työhön nimetyt, riittävän kokemuksen omaavat, ammattitaitoiset työntekijät.



*Kuva 7. Elementin nosto tilapäissäilytykseen ennen sen asennusta*

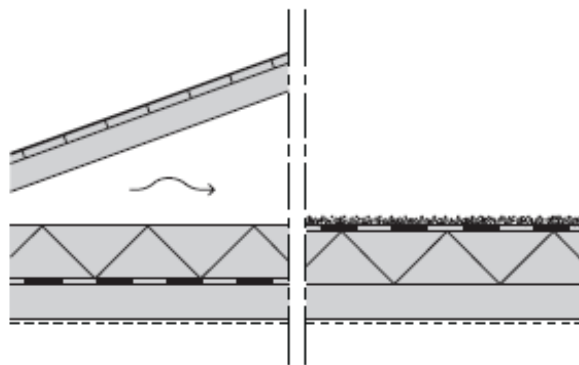
Elementit tulee tarkastaa ainakin silmämääräisesti ennen asennusta ja viallisten elementtien käyttökelpoisuus pitää aina selvittää erikseen. Elementit on hyvä tarkistaa jo heti niiden saapuessa työmaalle. Kuvassa 7 sokkelielementtejä nostetaan fakkeihin ja samalla varmistetaan niiden kunto. Elementtiä tarkastettaessa tulee kiinnittää huomiota ainakin nostolenkkien ja elementin tuennassa ja kiinnityksessä tarvittavien välineiden kuntoon. Vaurioitunutta elementtiä voidaan käyttää jos elementtisuunnittelija toteaa sen soveltuvuuden asennukseen. Elementtejä tuettaessa on varmistuttava, että ne eivät pääse putoamaan tuulen tai siirreltävien taakkojen johdosta. Erityistä huomiota on kiinnitettävä tilanteisiin, joissa elementti päästään tukemaan vain sen toiselta sivulta. Tällöin tukitankojen ja niiden kiinnitysten on kestävä kohdistuvat veto- ja puristusrasitukset. Riittävän vakavuuden saavuttamiseksi yli 1,5 metriä leveät elementit on tuettava vähintään kahdella tukitangolla, käytännössä kuitenkin myös tätä kapeammat elementit tuetaan käyttäen kahta tukitankoa.

Mahdollisesti asennustyön aikana kuitenkin putoamaan pääsevien elementtien tai asennusapuvälineiden aiheuttaman vaaran varalle on asennuskohteen ja esimerkiksi kulkutien väliin jätettävä riittävä turva-alue. Tälle alueelle ei tulisi myöskään sijoittaa henkilöstötiloja, varastoja tai työpisteitä. Asennuksen aikana ei turvaetäisyyden määrittelemällä alueella

saa oleskella. Turvaetäisyys riippuu asennuskorkeudesta, elementin koosta ja putoavan elementin vaakasuorasta lähtönopeudesta. Käytännössä turvaetäisyys on vähintään elementin korkeus lisättynä asennustason korkeudesta riippuvalla etäisyydellä.

Elementtien asennuksessa käytettävillä välineillä ja laitteilla on suuri vaikutus työn turvallisuuteen. Esimerkiksi työpukkien vakaus ja työtasojen leveys on oltava riittävät ja siirreltäviä tikkaita käytettäessä on varmistettava niiden pystyssä pysyminen ja liukumattomuus. Siirreltäviä tikkaita ei saa käyttää asennustöissä, joissa putoamiskorkeus on yli 6 metriä, eikä niitä tulisi käyttää kuin lyhytaikaisissa töissä kuten nostoapuvälineen irrotuksessa ja kiinnityksessä.

### 2.1.3 Vesikatto



Vesikaton perimmäinen tehtävä on estää sade- ja sulamisvesien pääsy alempana oleviin rakenteisiin. Vesikatto koostuu rakenteellisesti kolmesta osasta: vesikaton alusrakenne, lämmöneriste ja vedeneristys. [1, s. 138.]

Kuva 8. Harja- ja tasakatto [3].

Vesikaton alusrakenne on valmistettu usein puusta, mutta lämmön- ja vedeneriste voidaan joissain ratkaisuissa asentaa esimerkiksi yläpohjan betonipinnalle kuten kuvan 8 tasakatossa. Alusrakenteen tehtävänä on kantaa vedeneristeen, lumen ja tuulen aiheuttamat kuormat ja siirtää ne alemmille rakenteille. [1, s. 138.]

Vesikattojen lämmöneristeinä käytetään yleisesti erilaisia mineraalivilloja, polystyreeniä ja kevytsoraa. Lämmöneristeen valintaan vaikuttaa valittu vesikaton rakenne. [1, s. 138.]

Yleisimmät vedeneristeet asuinkerrostaloissa ovat bitumihuopa ja peltikate. Vesikatteen ja katon kantavan rakenteen väliin asennetaan vielä aluskate, jos valittu vesikate sitä edellyttää. Aluskatteen tehtävänä on johtaa vesikatteen alle vuotanut tai kondensoitunut vesi rakennuksen ulkoseinälinjan ulkopuolelle räystäsrakenteen kautta. [1, s. 138.]

Vesikattoa tehtäessä on pyrittävä mahdollisimman virheettöömään työskentelyyn, sillä yhtenä asuinkerrostalon merkittävimpänä työvaiheena siinä tehty virheen saattavat aiheuttaa merkittäviäkin vahinkoja alapuolisille rakenteille ja koko rakennukselle. Usein virheet liittyvät ongelmiin, joiden johdosta sade- ja sulamisvedet pääsevät kastelemaan lämmöneristyksen. Tavallisimmin esiintyviä virheitä ovat esimerkiksi: huolimattomasti tehty läpiviennit, vedeneristeen limitykset ovat virheelliset sekä liian lyhyet räystäät jolloin vesi pääsee alusrakenteeseen. [1, s. 138.]

Harkitsemisen arvoinen työtapo vesikaton tekemiseksi on sen valmistaminen maankamaralla ja nostaminen valmiina elementtinä paikalleen. Tällöin työn suorittaminen on turvallisempaa, helpompaa ja nopeampaa kuin paikallaan tehtynä. Katon tekeminen maassa vaatii kuitenkin tilaa tontilla ja ei siksi sovi kaikkein ahtaimmille työmaille. Katto voidaan tehdä maassa täysin valmiiksi kattoturvatuotteita myöten, paikattavaksi jää vain nostolenkkien kiinnityskohdat. Jos vesikaton paino nousee liian suureksi eikä nosto onnistu, vaihtoehtona on vedeneristeen asentaminen vasta kun katto on paikallaan ylhäällä tai nosto pienemmissä osissa. Tilanne tulee usein vastaan tiilikatteiden ja suurten kattojen kohdalla. Näissäkin tapauksissa osittain maassa tehdessä hyödytään esimerkiksi putoamissuojainten asennustyössä, kun kaiteet voidaan asentaa valmiiksi paikalleen.

#### *2.1.4 Sisätyövaiheet*

Tässä luvussa käsitellään asuinkerrostalon sisätyövaiheina tyypillisimpiä puu- ja levytöitä sekä pintarakennetöitä. Näiden töiden, kuten esimerkiksi laatoituksen tai maalaustyön onnistuminen on tärkeää, koska usein talon asukkaat arvioivat koko rakennusta pelkästään näiden näkyvimpien töiden perusteella. Luomalla asiakkaalle mielikuvan laadukkaasta rakentamisesta voidaan olettaa hänen palaavan asiakkaaksi vielä toistekin. Hyvän imagon rakentaminen on verrattain helppoa ja edullista juuri panostamalla näkyvimpiin sisävalmistusvaiheen töihin, jotka eivät kuitenkaan



rakennuskustannuksiltaan tai vaikeustasoltaan ole projektin haastavimpia. [1, s. 186 - 221.]



Näkyvimpiä puu- ja levytöitä ovat ikkuna- ja oviasennukset, listoitukset, kalusteasennus ja väliseinätyö. Näistä väliseinätyö on tärkeässä osassa myös tasoite- ja maalaustöiden onnistumisen kannalta. Ikkuna- ja oviasennus puolestaan aikatauluttavat usein muiden sisätyövaiheiden aloittamista suojaamalla sisätiloja kylmältä ja kosteudelta (kuva 9).

*Kuva 9. Ikkunan asennus[4].*

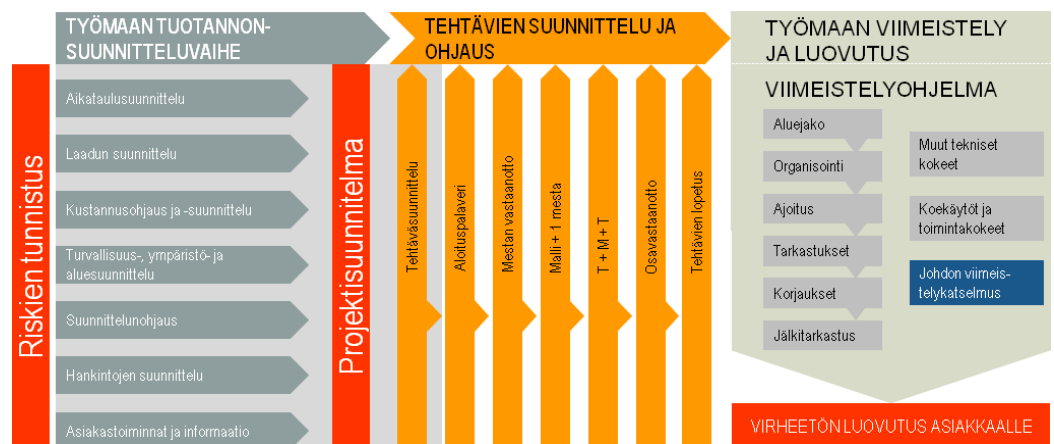
Pintarakennetöiksi luetaan erillisinä työvaiheina tehtävät ainekerrokset alempien rakennekerrosten päälle. Sen lisäksi että ne luovat rakennuksen sisätiloille sen visuaalisen ilmeen pintarakenteet myös suojaavat alapuolisia rakenteita monenlaisilta rasituksilta. Usein pintamateriaalilla tehdään myös rakenteesta käyttötarkoitukseensa sopivan. Yleisimpiä pintarakennetöitä asuinkerrostalotyömaalla ovat maalaus-, tapetointi-, matto-, parketti- ja laatoitustyöt. Pintarakenteen asentamista ennen on usein suoritettava tasoitetyö, jolloin mahdollistetaan varsinaisen pinnan sively tai kiinnitys. [1, s. 186 - 221.]

Sisävalmistusvaiheen töissä tapahtuvien virheiden vähentämiseksi tulisi työntekijöiden ja työnjohdon kiinnittää erityistä huomiota jo tiedossa oleviin hankalimpiin työvaiheisiin ja niihin jotka saattavat helposti unohtua. Esimerkiksi väliseinän teossa on hyvä varmistaa, että mittaus on tehty huolella ja kunnollisilla mittalaitteilla, yläpuolisen rakenteen painuminen on otettu huomioon, kalustotuet ovat oikeilla paikoillaan ja että ruuvit on ruuvattu riittävän syvään ja niitä on tarpeeksi. Toinen usein virheitä sisältävä työ on laatoitus, jossa joudutaan monesti korjaamaan muun muassa pohjatöitä. Laatoitettavan alustan tasoitus ja oikaisu on tehty huonosti, mikä vaikuttaa työn laatuun ja suunnittelemattoman laattajaon kanssa johtaa pienien ja kiilamaisten laattojen käyttöön. Laatoitustyön tekijä saattaa myös ahnehtia kiinnityslaastin levityksen kanssa ja levittää sitä liian suurelle alalle kerrallaan. Tämä johtaa siihen, että viimeisimpänä asennettavien laattojen

kiinnityslaasti on ehtinyt kuivua jo liikaa ja laatat eivät kiinnity alustansa kunnolla ja irtoavat myöhemmin. [1, s. 186 - 221.]

## 2.2 Tuotannon suunnittelu ja ohjaus

Luvuissa 2.2.1–2.2.5 kuvataan tuotannon suunnittelun ja ohjauksen toteuttamista NCC Rakennus Oy:ssä, sekä esitellään muutamia uudehkoja menetelmiä kuten Last Planner ja menetelmäsuunnittelu, jotka ovat vielä melko tuntemattomia rakennusalalla. Kuvassa 10 on näytetty graafisesti koko tuotannonsuunnittelun ja ohjauksen prosessin eteneminen rakennustyömaalla NCC Rakennus Oy:n tuotantojärjestelmän mukaan.



Kuva 10. Tuotantojärjestelmän pääosat [5.]

Tässä työssä tarkastellaan tehtäväpohjaista tuotannon suunnittelua ja ohjausta, näin ollen työmaan loppuvaiheessa tapahtuva tuotannonkääntö eli viimeistelyvaiheen tilapohjainen laadunvarmistus on rajattu opinnäytetyön ulkopuolelle. Työ on haluttu rajata nimenomaan tehtäväpohjaiseen suunnitteluun, jossa käsiteltävät asiat vaikuttavat voimakkaasti viimeistelyvaiheen onnistumiseen. Viimeistelyvaiheessa huomattavat virheet ovat usein lähtöisin tuotantosuunnitteluprosessin alkupäässä tehdyistä virheistä, ja siksi tässä työssä keskitytään juuri näiden asioiden parantamiseen.

### 2.2.1 Perussuunnitelmat

Tässä luvussa on kuvattu tuotannon perussuunnitelmiä ja niiden sisältöä NCC Rakennus Oy:n sisäisen toimintajärjestelmän mukaan [5].



Tuotannon perussuunnitelmat tulee laatia ennen työmaan aloitusta. Perussuunnitelmien laatiminen alkaa jo tarjouslaskennan yhteydessä. Tarjouslaskentavaiheen perussuunnitelmia täsmennetään ennen tuotannon aloitusta.



Kuva 11. Kaaviomalli tuotannon perussuunnitelmista [5.]

Perussuunnitelmat sisältävät kuvan 11 mukaiset aiheet. Lopullisten perussuunnitelmien taso ja kattavuus kuvataan työmaakohtaiseen projektisuunnitelmaan, jonka rakenne on NCC:ssä vakio. Hyvin laaditut perussuunnitelmat ovat edellytys laadukkaalle tuotannonsuunnittelulle ja ohjaukselle.

#### *Projektisuunnitelma*

Työmaan projektisuunnitelman laatimisella ja toteuttamisella varmistetaan työmaatoiminnan riittävä taso kohdekohtaisesti. Projektisuunnitelma sisältää kaikki työmaatoiminnan keskeiset osa-alueet, jotka liittyvät työmaan kustannuksiin, ajanhallintaan, laadunohjaukseen ja työmaan alueeseen.

Työmaakohtainen projektisuunnitelma on merkittävin toimintajärjestelmän menettely, jossa määritellään kuinka yksikön toimintajärjestelmän menettelyitä sovelletaan yksittäisissä projekteissa.

Projektisuunnitelma tehdään aina jokaisen projektin alussa työmaasta vastaavien henkilöiden toimesta. Projektisuunnitelman riittävyyden arvioi ja hyväksyy ko. vastuuhenkilön esimies. Projektisuunnitelman noudattamisesta ja sen sisältämien toimenpiteiden johtamisesta puolestaan vastaa työmaan johto. Projektisuunnitelman toteutumista arvioidaan sisäisissä ja ulkoisissa auditoinneissa ja työmaan seurantapalavereissa. Saadun palautteen ja merkittävien työmaahan liittyvien muutosten pohjalta suunnitelmaa päivitetään.

Projektisuunnitelmassa käsitellään yritystasoisien projektisuunnitelman sisällön määrityksen mukaiset asiat. Projektisuunnitelman sisältöön vaikuttaa jo aiemmin laaditun riskianalyysin tulokset.

Projektisuunnitelma jaetaan rakennus-/ työpäällikön ja työmaaorganisaation lisäksi yksikön laatuvaastaavalle, asiakkaalle ja rakennuttajan edustajille.

#### *Asiakastoiminnat ja informaatio*

Hyvin suunnitellulla projektin viestinnän suunnittelulla ja toteutuksella pyrkii NCC kuuntelemaan ja viestimään aktiivisesti. Projektin viestintäsuunnitelma voidaan tehdä osana projektisuunnitelmaa tai erillisenä viestintäsuunnitelmana, johon viitataan projektisuunnitelmassa.

Viestintäsuunnitelmassa määritellään seuraavat asiat:

- Mitä viestitään eli määritellään keskeiset viestittävät asiakokonaisuudet
- Kenelle viestitään, jolloin määritellään keskeiset viestinnän kohderyhmät ja avainhenkilöt
- Kuka toteuttaa määritellyn viestinnän sovittuina aikoina
- Milloin viestitään, jolloin määritellään viestinnän ajankohdat viestintävälineittäin
- Millä välineellä viestintä tehdään, näitä välineitä ovat mm. asiakasraportti, työmaatiedote, työmaainfo ja projektin kotisivu tai taloyhtiön kotisivu.

Projektiviestinnän onnistumisen kannalta on tärkeää oikea ennakoiva ajoitus. Tämän avulla voidaan asiakkaan odotukset virittää oikealle tasolle ja lupaukset koetaan lunastetuiksi.

### *Työmaa-aikainen suunnittelunohjaus*

Työsuunnitteluvaiheessa suunnittelun etenemistä ohjataan yleensä hankintakokonaisuuksittain. Luonnossuunnitteluvaiheessa laadittu suunnittelu aikataulu tarkennetaan työsuunnittelun käynnistyessä yksityiskohtaiseksi piirustusaikatauluksi. Työsuunnittelun käynnistyessä olemassa olevat lähtötiedot tarkistetaan, toimitetaan jokaiselle suunnittelualalle ja kirjataan suunnittelu- ja/tai työmaakokouspöytäkirjaan.

Työsuunnittelun lähtötietoina toimivat muun muassa:

- Hyväksytyt luonnospiirustukset ja rakennuslupa-asiakirjat
- Rakennustapaselostukset ja mahdolliset asiakkaan suunnitteluohjeet
- Luonnossuunnitteluvaiheessa tehdyt erillisselvitykset
- Elinkaari- ja ympäristötavoitteet sekä muut asiakas-workshopeissa asetetut tavoitteet, esille tulleet asiakastarpeet ja sovitut perusratkaisut
- Mahdolliset muut lopputuotteen ominaisuuksia tai laatua kuvaavat urakkasopimuksen liiteasiakirjat jne.

Luonnossuunnitelmien hyväksyttämistä huolimatta suunnittelun lähtötiedot täsmentyvät usein suunnitteluprosessin edetessä läpi työsuunnittelun. Asiakkaan täsmentyville lähtötiedoille laaditaan tarvittaessa erillinen lähtötietoaikataulu, jonka toteutumista valvotaan suunnittelu- ja/tai työmaakokouksissa. Saadut lähtötiedot kirjataan kokouspöytäkirjoihin.

Työsuunnitteluvaiheessa suunnittelunohjaus kohdistuu etupäässä materiaali- ja järjestelmävalintoihin, mitoittamiseen ja detaljisuunnitteluun. Suunnittelua ohjataan niin, että työmaan asetettu tavoitearvio pitää riittävällä tarkkuudella paikkansa.

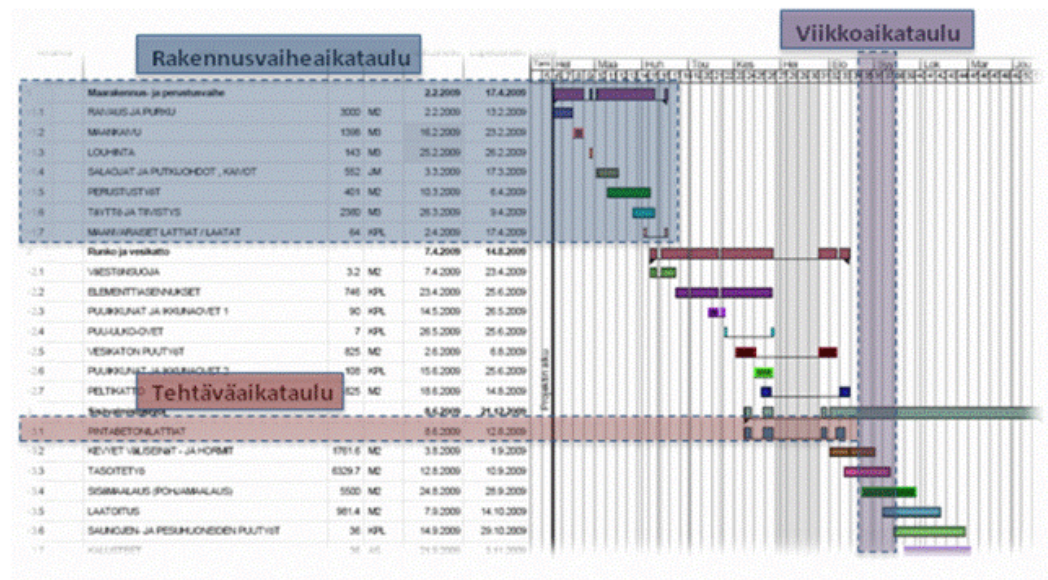
Työsuunnitteluvaiheessa suunnitteluasiat käsitellään joko erillisissä suunnittelukokouksissa tai työmaakokousten yhteydessä erillisenä kohtanaan. Suunnitelmat hyväksytään asiakkaalla dokumentoidusti joko suunnitelmakatselmuksissa, suunnittelukokouksissa tai työmaakokouksissa.

### *Aikataulusuunnittelu*

Projektin aikataulusuunnittelu aloitetaan perusaikataulun laadinnalla (Esim. Control-ohjelmassa ”Kaikki tehtävät” -näkyvä) johon suunnitellaan aikataulutehtävät määriin, menekkeihin ja resurssitietoihin perustuen.

Perusaikataulu pitää sisällään kaikki projektin tehtävät aina LVIS-töitä myöden. Kaikki tehtävät sisältävää aikataulua ei esitetä sellaisenaan, vaan siitä poimitaan projektin edetessä aikataulunäkymiä ja edelleen tarkennetaan niitä. Projektin perusaikataulu laaditaan ennen rakennustöiden aloittamista. Se on työmaan toteutuksen ja ajallisen ohjauksen suunnitelma, joka määrittelee projektin ajalliset tavoitteet.

Ensimmäinen perusaikataulusta poimittava näkymä on yleisaikataulu, jossa esitetään projektin avaintehtävät (tahdistavat tehtävät). Perusaikatauluun suunniteltuja tehtäviä voi yleisaikataulussa esittää karkeammalla tasolla esimerkiksi summatehtävien avulla. Perusaikataulusta poimittu yleisaikataulu toimii informaatiovälineenä hankkeen eri osapuolille. Se on myös hankkeen virallinen sopimuksen osapuolia sitova aikataulu, jonka hankkeen eri osapuolet hyväksyvät ja allekirjoittavat.



Kuva 12. Eri aikataulunäkymien sijainti perusaikataulussa [5.]

Projektin edetessä perusaikataulusta poimitaan ja tarkennetaan aikataulunäkymiä, jotka ovat leikkauksia joko pysty- tai vaakasuunnassa. Perusaikataulusta saadaan näkymien kautta kohteen yleisaikataulu, rakennusvaiheaikataulut, tehtäväaikataulut, viikkoaikataulut ja talotekniikka-aikataulut. Aikataulunäkymien sijaintia Control-ohjelmalla tehdystä jana-aikataulussa on esitetty kuvassa 12.

Projektin aikana aikataulutehtäviä valvotaan toteutuneiden määrien ja työsaavutusten pohjalta. Havaitut tuotannon poikkeamat ohjataan korjaustoimenpiteillä takaisin suunniteltuun.

Aikataulusuunnittelun laajuus ja laadittavat aikataulunäkymät määritellään työmaakohtaisesti työmaan projektisuunnitelmassa. Projektisuunnitelmassa määritetään myös kumpaa NCC:llä käytössä olevaa ajanhallinnan järjestelmää, Controlia tai Planet:ia projektissa käytetään. Valittua järjestelmää on mielekästä käyttää myös aikataulun valvontatyökaluna.

#### *Hankintojen suunnittelu*

Projektin hankintojen toteutustapa kirjataan projektisuunnitelmaan ja yksittäiset hankintakokonaisuudet kootaan yhteen hankintasuunnitelmaan. Näiden perusteella tiedetään kenen vastuulla kunkin hankinnan tekeminen on, miten hankinnat ajoittuvat ja kuinka paljon hankintoihin on varattu rahaa. Hankintasuunnitelman perusteella päästään myös ajoittamaan suunnitelmatarpeet.

Projektisuunnitelmassa kerrotaan työmaan ja toimiston välinen työnjako sekä hankinnan eri vaiheille ja siitä syntyville dokumenteille vastuuhenkilöt. Hankintasuunnitelmaan kirjataan kaikki projektin merkittävät hankinnat, niiden vastuuhenkilöt, ajoitukset ja niihin varattu rahamäärä. Tässä yhteydessä viimeistään otetaan myös kantaa siihen, mitä asioita aiotaan kysyä myös ulkomaisilta toimittajilta.

#### *Kustannusohjaus ja suunnittelu*

Kukin työmaan työkokonaisuus (yhden tai useamman tavoitelitteran mukainen sisältö) suunnitellaan ja ohjataan tavoitearvion määrittämän puitteen mukaisesti. Työmaa suunnittelee, valvoo ja ohjaa työkokonaisuuksia ja hankintoja tavoitearviota hyväksi käyttäen. Kunkin hankinnan tavoitetta verrataan toteutuneisiin tarjouksiin. Mikäli litteratason taloudelliseen tavoitteeseen ei päästä, etsitään aktiivisesti keinoja, joiden avulla ylittyvät kustannukset saadaan pienemmiksi. Näitä keinoja ovat mm. vaihtoehtoisten materiaalien tai työtapojen käyttö ja alihankinnan uudelleenkilpailutus. Lisäksi erityisesti yhteistyöhankkeissa voidaan laatia uusia suunnitteluratkaisuja.

Työmaan talouden keskeinen seurantatapa on säännönmukaiset seurantapalaverit, joissa yksikön johdon toimesta katselmoidaan projektin toiminnallinen ja taloudellinen tilanne.

### *Laadun suunnittelu*

Työmaan laadunvarmistusmatriisin avulla suunnitellaan riittävä työmaan työkokonaisuuksiin / aliurakointiin kohdistuva laadun suunnittelu, ohjaus, valvonta ja todennus. NCC:n laadunvarmistusmatriisin menettely antaa työmaakohtaisen vapauden määritellä nämä laadunohjaustoimenpiteet, mutta se merkitsee myös työmaajohdolle vastuuta näiden laadunohjaustoimien riittävydestä.

Laadunvarmistusmatriisiin tulee merkitä työmaan teknisen laadun, ajan ja talouden kannalta työmaan merkittävimmät työkokonaisuudet / aliurakat. Näihin työkokonaisuuksiin liittyvä laadunohjaus toteutetaan seuraavin menettelyin:

- Tehtäväsuunnitelma (työvaihesuunnitelma)
- Työvaiheen aloituspalaveri
- Mestan vastaanotto
- Malliasennus ja -katselmus
- Tarkastukset, mittaukset ja testit
- Osavastaanotot (urakkasuorituksen tarkastukset) ja vastaanottotarkastus.

Laadunvarmistusmatriisin laadinnan yhteydessä tulee huomioida työmaan aloituskokouksessa sovitut asiat, työmaan tarkastusasiakirjan vaatimukset, tilaajan vaatimukset laadunvalvonnalle ja tilaajan suorittama laadunvalvonta. Laadunvarmistusmatriisin suunnittelussa huomioidaan lisäksi takuu- ja kymmenvuotiskorjausten tietoja, sekä työmaan riskianalyysin tuloksia.

Matriisin toimenpiteiden suorittaminen dokumentoituu pöytäkirjoihin, muistioihin, lomakkeisiin, piirustuksiin, tarkastusasiakirjaan, tai vähintään merkintänä työmaapäiväkirjaan.

### *Turvallisuus, ympäristö ja aluesuunnittelu*

Turvallisuussuunnittelu on vaarojen ennakointia sekä kokonaisuuksien ja aikataulujen hallintaa siten, että turvalliselle työskentelylle luodaan edellytykset. Turvallisuussuunnittelun lähtökohtana on rakennuttajan tekemä turvallisuusasiakirja ja hankkeen vaarojen arviointi, joka tehdään ennen työmaan aloittamista. Siinä tunnistetaan erityistä vaaraa aiheuttavat työt, myrkylliset tai muuten vaaralliset aineet ja materiaalit sekä erityistä

koulutusta tai menettelytapoja vaativat työt. Rakennuttajan turvallisuusasiakirjassa esitetään rakennuttamis-, suunnittelu- ja toteutusvaiheen tiedossa olevat vaaratekijät ja rakentamisen alkaessa päätoteuttajan on huomioitava ne työmaan vaarojen arviointia tehtäessä.

Työmaan vaarojen arvioinnin perusteella laaditaan sovitusta työvaiheista tehtäväkohtainen vaarojen arviointi. Tehtävien aloituspalaverissa ja aina työsuoritusta aloitettaessa on arvioitava ko. työsuorituksen keskeisimmät vaarat ja miten ne ennaltaehkäistään. Työmaan vaarojen arvioinnin ja työmaan turvallisuussuunnittelun apuna voidaan lisäksi käyttää työmaan tehtävänjakolistaa tai Turvallisuuden hallinta rakentamisessa -lomaketta.

Työmaan projektisuunnitelmassa kuvataan työturvallisuuden yleiset periaatteet. Työmaa laatii projektisuunnitelman liitteeksi työmaakohtaisen turvallisuusohjeen, jossa on kuvattuna työmaan työturvallisuuden kannalta keskeisimmät menettelytavat, laadittavat turvallisuussuunnitelmat ja turvallisuusohjeet. Työmaan turvallisuusohje on käsiteltävä perehdytyksen yhteydessä työmaalla työskentelevien kanssa. Hyvän perehdytyksen ja työmaan turvallisuuden varmistamisen kannalta keskeisimpiä turvallisuusmenettelyitä ovat:

- Työmaan vaarojen arviointi
- Työmaan aluesuunnitelma
- Sähköistys- ja valaistussuunnitelma
- Elementtiasennussuunnitelmat
- Putoamissuojaussuunnitelma.

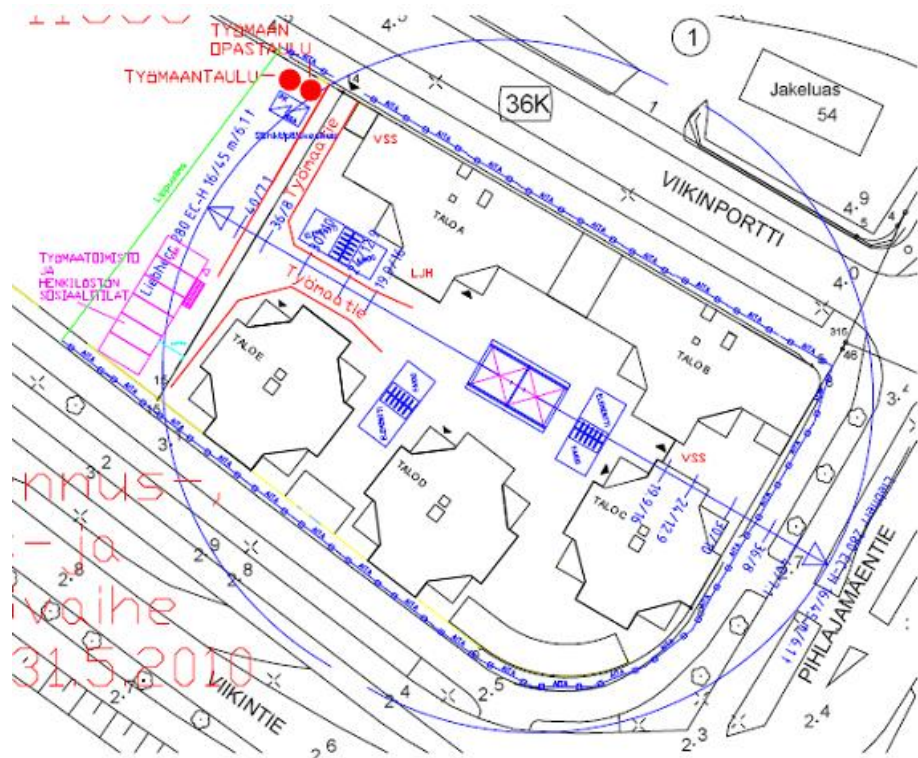
Työmaan turvallisuusohjetta on ylläpidettävä työmaan edetessä ja huomioitava toteutuksen turvallisuuden kannalta tarvittavien menettelyjen riittävyys ennaltaehkäistä tapaturmat, ammattitaudit ja muut onnettomuudet.

Jokaisesta työmaasta on laadittava työmaasuunnitelma (työmaan aluesuunnitelma). Suunnitelman ensisijaisena tarkoituksena on helpottaa järjestyksen, siisteyden ja yleisen turvallisuuden hallintaa. Suunnitelmalla helpotetaan materiaalivirtojen sekä jätteiden käsittelyn ja lajittelun ohjausta.

Suunnitelma on perustana useimmille työmaalla tehtäville suunnitelmille ja siksi se on tilankäytön ja muiden järjestelyjen takia välttämätöntä tehdä aina ennen työmaan aloittamista. Suunnitelmaa on täydennettävä

rakennusvaiheiden edistymisen mukaan. Suunnitelma tulee sijoittaa näkyvälle paikalle esim. henkilöstötiloihin.

Kuvassa 13 on esimerkkikohteen toimivan työmaan runkovaiheen aluesuunnitelma. Runkovaiheessa aluesuunnitelmassa on erityisen tärkeää näyttää työmaatiet, elementtien purkupaikat ja nosturin ulottuma.



Kuva 13. Esimerkkikohteen aluesuunnitelma [10.].

Tärkeimpiä työmaasuunnitelmassa esitettäviä asioita ovat:

1. Työmaa-alueen rajaus (rakennustontti/-alue lisäalueineen), aitaukset, portit, tiedotus- ja opastaulut jne.
2. Toimisto-, henkilöstö- ja varastotilojen määrä ja sijainti.
3. Nostureiden, koneiden ja laitteiden sijoitus (torninosturit, muut nosturit/ nostolaitteet, hissit, telineet, sirkkelit yms.).
4. Kaivuu- ja täyttömassojen sijoitus.
5. Rakennustarvikkeiden ja -aineiden sijoitus.
6. Elementtien lastaus-, purkaus- ja välivarastointipaikkojen sijoitus.
7. Elementtirakentamisessa nostureiden nostopaikkojen perustus ja maapohjan vahvistus, nostureiden nostosäteet ja -kapasiteetit, nosturikuljettajien mahdollisimman esteetön näköyhteys elementtivarastoon ja asennuskohteeseen.



8. Työmaaliikenne sekä sen ja yleisen liikenteen liittymiskohdat.
9. Nousu- ja kulkutiet sekä niiden kunnossapito.
10. Työmaan järjestys ja siisteys sekä pölyn torjuntaan ja hallintaan tarvittavien rakenteiden ja laitteiden sijoitus.
11. Jätteiden sekä turvallisuudelle ja terveydelle vaaraa tai haittaa aiheuttavien materiaalien kerääminen, säilyttäminen, poistaminen ja hävittäminen (roskalavat, kaatokuilut, jäteastiat, ja ongelmajätteille oma paikka).
12. Palontorjunta, alkusammutuskaluston sijainti, palovesipostit, vakituinen tulityöpaikka (jos mahdollista järjestää).
13. Varastoalueiden rajaaminen ja järjestäminen, erityisesti kun käsitellään turvallisuudelle ja terveydelle vaaraa ja haittaa aiheuttavia materiaaleja tai aineita mm. palavien nesteiden varastot (nestekaasu, hitsauspullot, palavat nesteet).
14. Osatyökohteiden sijoituspaikat (puutyö, rauditus, betoni yms.).
15. Sähkökeskuksien sijainti, työmaa-alueella olevat sähkölinjat ja työmaan valaistus.
16. Ensiapupaikat, parien sijainti.
17. Pelastautumistiet, turvaetäisyydet, suojakatokset, suojapaikat ja kokoontumispaikka (vaaratilanteessa).

### 2.2.2 Tehtäväsuunnittelu

Tehtävä- eli työvaihesuunnitelmien tarkoituksena on suunnitella yhden tehtävän/työvaiheen toteutus ajan, laadun ja kustannusten näkökulmasta. Tehtäväsuunnitelma/työvaihesuunnitelma kokoaa tehtävän suorittamiseen tarvittavan olennaisen tiedon. [5.]

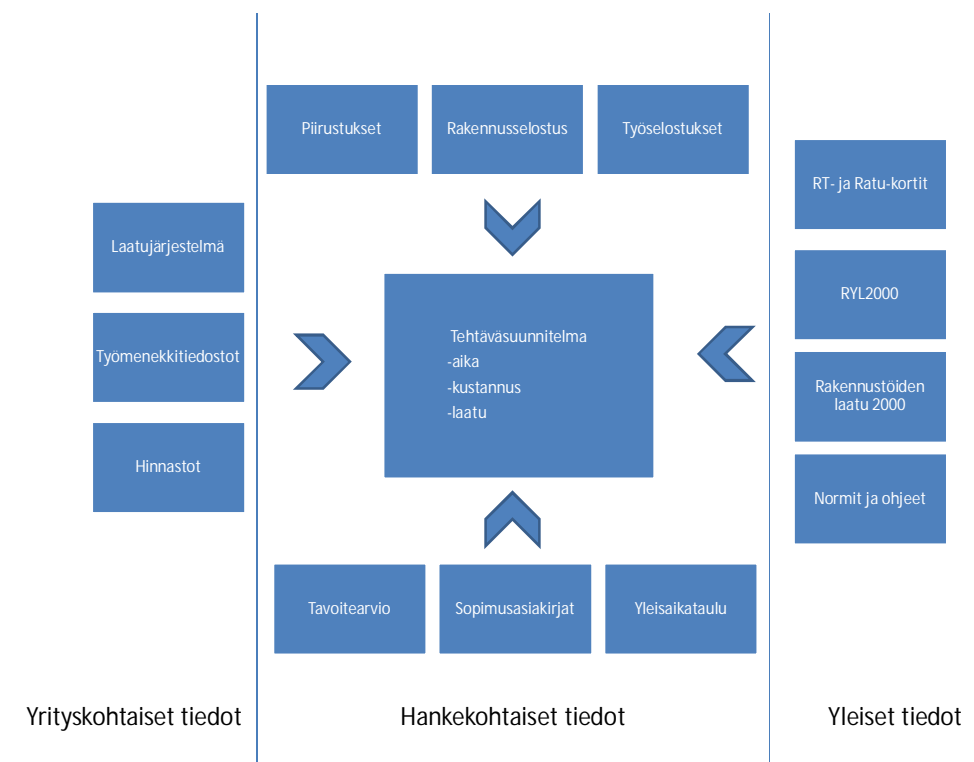
Tehtäväsuunnitelma tehdään työvaiheista, jotka ovat aikataulullisesti tai taloudellisesti merkittäviä, teknisesti vaativia ja virhealttiiksi osoittautuneita työvaiheita. Tehtävän valinnassa käytetään apuna riskianalyysiä ja takuukorjaustiedostoa/takuu- ja 10-vuotisvastuukorjausten palautetta. [5.]

Tehtäväsuunnitelmien laadinnasta vastaa työmaan johto ja siinä esitetään seuraavat asiat:

- Tehtävän/työsuorituksen sisältö
- Käytettävät suunnitteluasiakirjat
- Yksilöidyt tekniset laatuvaatimukset

- Tehtävän riskien analysointi (POA)
- Materiaalit
- Tehtävän laadunohjaustoimenpiteet
- Aikataulu
- Työryhmät
- Yksilöidyt kustannukset
- Käytettävä kalusto
- Työturvallisuustoimenpiteet. [5.]

Tehtävää suunnitellessa kootaan yhteen kaikki kyseistä työtä koskevat asiakirjat, joiden avulla tehtävän laadulliset, ajalliset ja taloudelliset tavoitteet sekä vaatimukset määritellään. Kuvassa 14 on esitetty näiden asiakirjojen keräytyminen tehtäväsuunnitelman lähtötiedoiksi. [6.]



Kuva 14. Tehtäväsuunnitelman lähtötiedot [6.].

Kuvan 14 vasemmassa laidassa on tehtäväsuunnitelmaan vaikuttavia, urakoitsijan omia laadunohjaustoimenpiteitä ja toimintatapoja sekä tietoa niin hinnoista kuin todellisista työmenekeistäkin. Keskimmaisessä lohkossa on esitetty nimenomaiseen työmaahan ja tehtävään kohdistuvat: rakennuttajan suunnitelmat ja rakennusselostus, urakoitsijan laskenta- ja

tuotannonsuunnitteluasiakirjoista kuten kustannusarviosta ja aikataulusta saatava tieto ja näiden väliset sopimukset kyseisestä työstä. Oikealle jäävät alalla yleisenä käytäntönä olevat menettelyt sekä aina voimassaolevat viranomais määräykset kuten työturvallisuuslainsäädäntö. [6.]

Tehtäväsuunnitelmaa hyödynnetään hankintatoiminnassa, urakkaneuvotteluissa ja työvaiheen aloituspalavereissa. Tämän lisäksi siitä on hyötyä kun on tarpeen koordinoita monia eri töitä, jotka liittyvät toisiinsa tai joudutaan suorittamaan lähellä toisiaan. Tällaisia kohtia asuinkerrostalossa on esimerkiksi kylpyhuoneet, joissa ahtaaseen tilaan on pienessä ajassa menossa monia eri työn tekijöitä. Tehtäväsuunnitelman tuloksia voidaan hyödyntää lisäksi: sopimusvaiheessa, tehtäessä hankintoja, suunniteltaessa työmaan logistiikkaa tai kone- ja kalustovaroituksia tehtäessä. [7.]

### *Riskien hallinta*

Tehtäväsuunnitelmaa tehtäessä kartoitetaan mahdolliset tehtävään liittyvät ongelmat: tekniset, toiminnalliset tai hankinnan ongelmat. Näiden ongelmien toteutuminen pyritään ehkäisemään, ja toisaalta etsitään myös mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja kuinka toimitaan, jos ongelmat kuitenkin realisoituvat. Lisäksi selvitetään, missä vaiheessa ongelma tulee havaita, kuinka se havaitaan ja kuka vastaa ongelman ennaltaehkäisystä. Työkaluna tähän riskien arviointiin on käytössä POA eli potentiaalisten ongelmien analyysi. Se on taulukkomuotoinen asiakirja, johon työmaan vastuuhenkilöt arvioivat kohteeseen liittyviä riskejä edellä mainitulla tavalla. [8.]

### *Turvallisuus*

Turvallisuussuunnitteluun kuuluu töiden ja työvaiheiden suunnittelu. Vaarallisista töistä ja työvaiheista laaditaan kirjalliset suunnitelmat, joissa huomioidaan niihin liittyvät riskit ja turvallisuusasiat. Turvallisuussuunnitteluun kuuluu riskienarviointi esimerkiksi POA-menetelmällä sekä turvallisuus- ja työmaasuunnitelman laatiminen ennen rakennustöiden aloittamista. Rakentamisen aikana laadittavat yksityiskohtaiset turvallisuussuunnitelmat, kuten pölyntorjunta-, meluntorjunta- tai putoamissuojaussuunnitelmat ovat osa turvallisuussuunnittelua. Turvallisuusasioiden huomioon ottaminen kalusto-, resurssi tai aikataulusuunnittelussa on sekin turvallisuussuunnittelua. [9.]

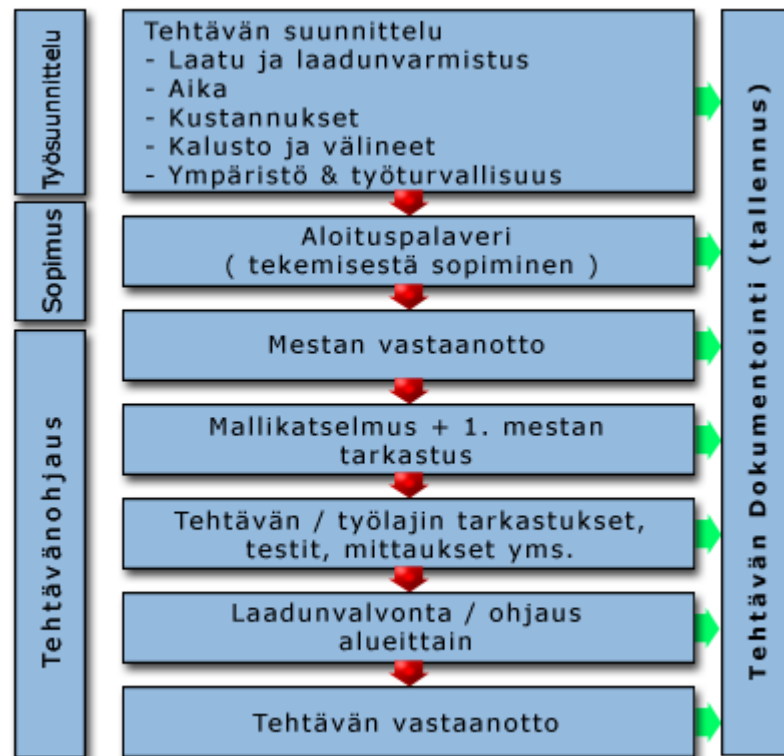
Rakennustyömaan hyvä turvallisuustaso edellyttää toimivaa turvallisuusjohtamista. Turvallisuusjohtamisen tehtävänä on luoda työmaalle edellytykset toimia turvallisesti. Parhaisiin tuloksiin päästään, kun työturvallisuus on osa yrityksen normaalia jokapäiväistä toimintaa, johtamista ja palaverieja. Turvallisuusjohtamisen nykytilaa voidaan arvioida yritystasolla vertailemalla TR-mittausten tuloksia sekä esim. Raksakymppi-menetelmän avulla. Toimintaa pystytään kehittämään tuloksellisesti vasta, kun toiminnan nykytaso on selvillä. [9.]

### 2.2.3 Tehtävän ohjaus

NCC Rakennuksen keskeinen laadunhallinnan väline on toistuva tehtävän suunnittelu ja -ohjaus. Kokonaisuus perustuu laadunhallinnan peruselementtien soveltamiseen rakennustoimialalle, joka sisältää komponentit:

- Suunnittelu - Tehtäväsuunnittelua ja aloituspalaverin valmistelu
- Sopiminen - Aloituspalaveri
- Tarkistus - Mallityö, mittaukset, tarkistukset, testit
- Korjaaminen - Työn osavastaanotot ja vastaanotot. [5.]

Tarkoituksena on johtaa kaikki merkittävät työkokonaisuudet tehtävän suunnittelu- ja ohjausprosessin mukaisesti. NCC:n toimintamalli on myös hyväksytty rakennustoimialan yleiseksi toimintamalliksi. Tehtäväsuunnittelun ja ohjauksen kohdistaminen ja kattavuus määritellään projektisuunnitelman osiossa laadunvarmistusmatriisi. Kuvassa 15 on esitetty graafisesti tehtävänohjauksen eteneminen NCC:ssä. Kuvan jälkeen on esitelty tarkemmin eri ohjauskeinot. [5.]



Kuva 15. Tehtävän ohjaus NCC Rakennus Oy:ssä [5.].

#### Aloituspalaveri

Työvaiheen aloituspalaverissa on tarkoitus sopia tekijöiden kanssa laatuun, aikatauluun, työjärjestykseen ja työturvallisuuteen liittyvistä tavoitteista sekä toimenpiteistä. Mikäli tehtävä-/työvaihesuunnitelma on tehty, toimii se samalla aloituspalaverissa käsiteltävien asioiden pohjana. Työvaiheen aloituspalaverissa käsitellään ainakin:

- Sopimustilanne (aliurakka)
- Suunnitelmatilanne
- Urakkarajat
- Tekniset laatuvaatimukset
- Laadunohjauksen toimenpiteet
- Aikatavoitteet
- Työturvallisuustoimenpiteet
- Työvaiheeseen kohdistettuja takuukorjaus-/virhetietoja. [5.]

Aloituspalaverissa tarkistetaan vielä mahdollisen aliurakoitsijan työnantaja- ja yritysvelvoitteiden suorittaminen. Työvaiheen aloituspalaverista

dokumentoidaan ainakin tehdyt päätökset ja tekniset laatuvaatimukset, sekä sovitut laadunohjaustoimenpiteet. [5.]

#### *Mestan vastaanotto*

Mestan vastaanoton tarkoituksena on varmistaa töiden aloitusedellytykset edellisten työvaiheiden, työskentelyolosuhteiden ja muiden työmaajärjestelyjen osalta. Vastaanotossa tarkastellaan alkavan työvaiheen kannalta edeltävien töiden valmius, mittatarkkuus ja muut aiempien työvaiheiden alkavaan työhön suoranaisesti vaikuttavat tekijät. [5.]

Mestan vastaanottomenettelyssä noudatetaan sisäisen asiakkuuden periaatetta, jossa alkava työvaihe on seuraavan työvaiheen asiakas. Mestan vastaanottotapahtumassa sovitaan aina havaittujen puutteiden korjauksista, sekä alkavan työvaiheen aloitusajankohdasta ja sijainnista. Mestan vastaanottotarkastuksessa havaitut puutteet voidaan merkitä suoraan työkohteeseen, ja todeta puutteet työvaiheen aloituspalaverissa, tai tehdä mestan vastaanotto -muistio. [5.]

#### *Mallityö*

Malliasennusten ja -katselmusten avulla on tarkoitus varmistaa kyseessä olevan työkokonaisuuden suunnitelmien toteutuskelpoisuus, arvioida työryhmän kykyä toteuttaa asetetut laatuvaatimukset, arvioida tehdyn teknisen ratkaisun kelpoisuutta käyttötarkoitukseen, arvioida ratkaisun visuaalisia tekijöitä ja toimia vertailutasona työvaiheen tekemisen aikana. [5.]

Yleisesti malliasennustoiminnalla pyritään luomaan yhteinen näkemys oikeasta sovitusta laadusta osapuolten välille. Työmaan malliasennukset suunnitellaan työkokonaisuuden laadunvarmistusmatriisiin, ja joissain tapauksissa laaditaan erillinen malliasennussuunnitelma. [5.]

Malliasennustoiminta sisältää seuraavat vaiheet:

- Määritellään tehtävän mallin sijainti, laajuus, valmistumisajankohta ja hyväksymiskriteerit (tekniset laatuvaatimukset)
- Malliasennustyön tekeminen
- Malliasennuskatselmuksen suorittaminen
- Malliin kohdistuvien virheiden kirjaaminen/mallin hyväksyminen. [5.]

Mikäli malleja ei voida hyväksyä, sovitaan korjaavista ratkaisuista ja uusintakatselmuksen suorittamisesta. [5.]

#### *Laadun valvonta*

Töiden laadunvalvonta suoritetaan erilaisten mittausten tarkistusten avulla. Näistä tarkemittaus on yksi keskeisimmistä. Tarkemittausten avulla on tarkoitus osoittaa rakenteiden tai rakennusosien mittatarkkuusvaatimusten, sijaintivaatimusten ja asennustoleranssien täyttyminen. Tarkemittaukset kohdistuvat useimmiten rakennuksen perustuksiin, runkoon, tai sen osiin ja lattiarakenteisiin. Tarkemittauksia voidaan vaatia suoritettavaksi myös muista erityisistä mittatarkkuutta vaativista rakenteista tai rakennusosista. Tarkemittauksia suoritetaan usein myös korjausrakentamisen yhteydessä, jolloin tarkemittataan vanhoja rakenteita uusien rakenteiden mitoitusten lähtötiedoiksi. [5.]

Rakentamiseen kuuluu lisäksi runsaasti erilaisia työlaajikohtaisia tarkastus-, testaus- ja mittausvaatimuksia. Näitä vaatimuksia asetetaan urakkasopimusasiakirjoissa, sekä viranomaisten vaatimuksina rakentamisen normeissa ja määräyksissä. Vaadittuja testejä ja mittauksia ovat mm. äänieristys- ja lämmöneristysmittaukset, vesitiiveyskokeet, sekä erilaisten pinnoitteiden kalvopaksuusmittaukset. [5.]

Alihankkijan toimitiloissa tapahtuva tarkastus, testaus ja sen dokumentaatio tulee määritellä alihankintasopimusasiakirjoissa. Tämän toiminnan merkitys on erittäin suuri korkean esivalmistusasteen omaaville rakennusosille (mm. elementit, teräsrakenteet ja ovet sekä ikkunat). [5.]

Mittausten, tarkastusten sekä testien suorittaminen on määriteltävä viimeistään työvaiheen aloituspalaverin yhteydessä. Suoritettavat testaukset ja koestukset voi suorittaa ko. työtä tekevä aliurakoitsija, NCC tai joku ulkopuolinen tarvittavan osaamisen omaava asiantuntija/testaustaho. [5.]

#### *Työn vastaanotto*

Osakohteen tarkastusmenettelyllä varmistetaan työsuorituksen jatkuva sopimuksenmukaisuus ja laatuvaatimusten täyttyminen. Osakohteentarkastuksessa vertaillaan työsuoritusta asetettuihin laatuvaatimuksiin ja malliasennustyöhön. Osakohteentarkastuksen

yhteydessä arvioidaan myös vastaanotettavaan alueeseen tehtyjen tarkemittausten tai muiden tarkastusten ja testien tulokset. Hyväksytyn osakohteen tarkastuksen pohjalta urakoitsija voi laatia urakan mittauspöytäkirjan tai laskun. [5.]

Työvaiheen lopullisessa vastaanotossa todetaan osavastaanottokatselmukset tehdyiksi, ja niissä todetut virheet korjatuiksi. Lisäksi suoritetaan koko työsuoritukseen kohdistettu yleisluonteinen tarkastuskierros mahdollisten uusien virheiden tai puutteiden havaitsemiseksi, ja näiden korjauksesta sopimiseksi. Tämän jälkeen työvaihe on teknisesti vastaanotettu, jolloin voidaan jäljellä olevat maksuerät ja aliurakan taloudellinen loppuselvitys suorittaa. Vastaanottokatselmus ei kuitenkaan vapauta alaurakoitsijaa tuotteeseen liittyvistä takuuvastuista. [5.]

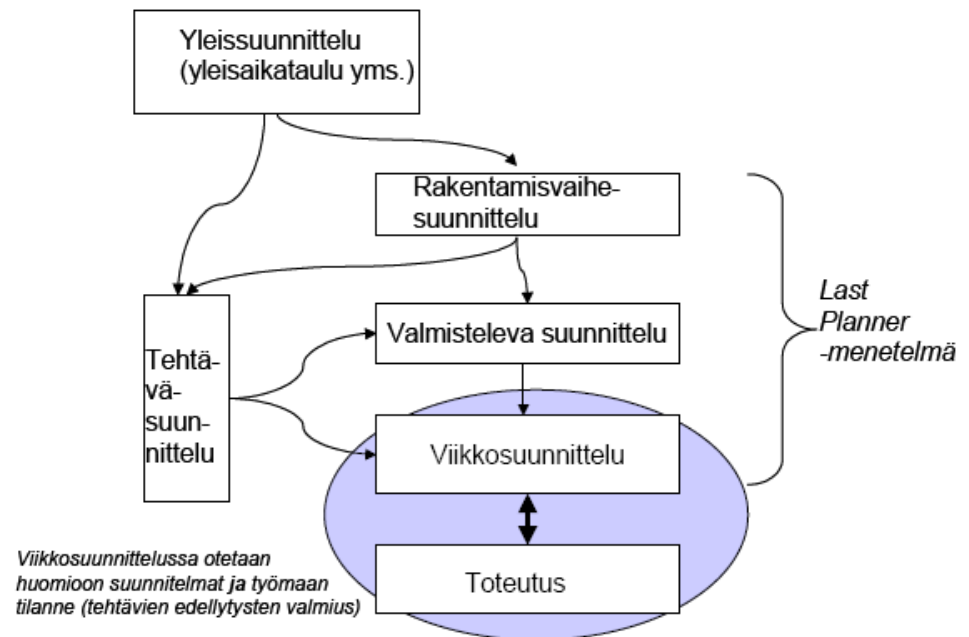
#### 2.2.4 Last Planner

Työnsuunnittelun ja ohjauksen parantamiseen työmailla voitaisiin ottaa mallia Last Planner -menetelmästä. Last Planner on 1990-luvulla Yhdysvalloissa kehitetty menetelmä rakentamisen tuotannonohjaukseen. Menetelmässä pyritään siihen, että viikkosuunnitelmassa olevan tehtävän kaikki aloitusedellytykset täyttyvät ja työt voidaan suorittaa tehokkaasti ja suunnitelmien mukaisesti. Nimensä mukaisesti Last Planner keskittyy lyhyen aikavälin suunnitteluun työmaalla, vaiheeseen jolloin viimeisen kerran tehtävän kulkuun tai sen aloitusedellytyksiin voidaan vaikuttaa. Menetelmän keskeisimpänä osana voidaan pitää viikkosuunnittelun tekoa ja sen seuranta. Viikkosuunnitelmaan valitaan vain sellaisia tehtäviä, joiden kaikki aloitusedellytykset täyttyvät ja lisäksi jokaiselle työlle nimetään vastuuhenkilö, joka on sitoutunut suorittamaan tehtävän suunnitellusti. Last Planner -menetelmässä korostuu tuotantovaiheen pää- ja aliurakoitsijan työjohtajien välinen vuorovaikutteisuus. Yhdessä töitä suunniteltaessa on tehtävän aloitusmahdollisuuksia mahdollista arvioida ja tuotannon ongelmakohtia ennakoida. Kuten yleisestikin käytetyssä viikkosuunnittelumallissa myös Last Planner -menetelmässä suoritetaan tulevien viikkojen karkeampaa suunnittelua. Lisäksi menetelmässä arvioidaan aloitusmahdollisuuksia tuleville tehtäville ja näin pidetään aina riittävä määrä aloituskelpoisia töitä varalla. [11; 12.]

Menetelmään kuuluu myös suunniteltujen tehtävien toteutumisasteen seuraaminen ja toteutumatta jääneiden syiden selvittäminen. Toteutuneiden



tehtävien suhdetta kaikkiin suunniteltuihin tehtäviin vertaamalla saadaan PPC-luku jota seuraamalla työmaan viikkosuunnittelun onnistumista voidaan seurata. Nyrkkisääntönä voidaan pitää töiden suunnittelua onnistuneena jos PPC on yli 80 %, ja toisaalta alle 60 %:n tulokset kertovat suunnittelun huonosta onnistumisesta. [11.]



Kuva 16. Last Planner -menetelmän sijoittuminen tuotannonohjauksen kokonaisuuteen [11.].

Kuvassa 16 On esitetty Last Planner osana tuotannonohjauksen kokonaisuutta. Menetelmän ideana on yhdistää eri suunnitelmien vaatimukset samaan dokumenttiin, josta niitä on helppoa seurata. Uutena ominaisuutena perinteiseen viikkosuunnitteluun voidaan pitää Last Plannerin viikkosuunnitelman sisältämää dataa, muun muassa tehtävien aloitusedellytysten täyttymisestä. Suunnitelma ole vain aiempien suunnitelmien kuten yleisaikataulun siirtämistä viikkotasolle, vaan siinä otetaan oikeasti huomioon myös työmaan sen hetkinen tilanne. [11.]

Last Planner on tehokkaimmillaan varmasti silloin kun työmaalla on käynnissä paljon yhtäaikaista työvaiheita, kuten sisätyövaiheessa. Menetelmästä on kuitenkin hyötyä myös runkovaiheessa, vaikkei silloin olekaan niin monia eri työvaiheita käynnissä. [11.]

Last Planner -menetelmän käyttöönotto vaatii koko työmaan organisaation toimintatavan yhtäaikaista muutosta. Tästä johtuen menetelmän käyttöönotto olisi parasta suorittaa vaiheittain, jolloin esimerkiksi viikkosuunnittelun saattaminen tarvittavalle tasolle voisi olla ensimmäinen vaihe. Jatkossa voitaisiin lisätä esimerkiksi suunnitelmien toteutuman seuranta ja tehtävien aloitusedellytysten tarkistusta mukaan suunnitteluun. [11.]

#### 2.2.5 Menetelmäsuunnittelu

Menetelmäsuunnittelu on keino, jolla kehitetään parempia ja turvallisempia työmenetelmiä. Sen avulla voidaan etsiä ratkaisuja tuotannon pullonkauloihin työmaalla. Menetelmäsuunnittelu on yleisesti tunnettu menetelmä muun teollisuuden parissa mutta rakentamiseen se on vasta tulossa. Varsinkin tehdasteollisuudessa on menetelmäsuunnitteluun panostettu, ja useissa yrityksissä onkin varattu omat vakanssit pelkästään menetelmäsuunnitteluun keskittyvälle henkilölle. [13; 14.]

Menetelmäsuunnitteluun yleisesti liittyy erilaisten apulaitteiden suunnittelua tuotteiden kokoonpanopaikoille, tuotantohenkilöstön koulutuksen suunnittelua ja toteuttamista, uusien valmistusmenetelmien ja tuotteiden kehittämistä, työpisteiden välisen kuljetusketjun suunnittelua sekä monenlaista tuotteiden testausta. [13; 14.]

Rakennusalalla tällaisesta jatkuvasta kehityksen ja parempien menetelmien etsimisestä voisi olla paljon hyötyä. Tuotannossa toimivien henkilöiden ei pitäisi tyytyä nykyiseen tuotantotasoon, vaan pyrkiä kehittämään toimintaansa jatkuvasti. Jokainen rakennusprojekti on kuitenkin ainutkertainen ja sisältää yksilölliset vaatimuksensa, jolloin vanhoja menetelmiä on hyvä päivittää ja virittää sen hetkisen kohteen mukaisiksi. Rakennustyömaan resurssit ovat usein niin tiukat, ettei omaan menetelmäsuunnittelijaan ole varaa. Yritystasolla tosin heitä voisi olla kehittämässä koko organisaatiota koskevaa toimintaa. Työmaan jokapäiväiseen arkeen paras menetelmäsuunnittelija on jokainen siellä työskentelevä henkilö. Jokaisen olisi sopivin väliajoin hyvä miettiä miten voisi omaa toimintaansa kehittää, pieni parannus kerrallaan.

### 2.2.6 Nykyiset ongelmat tuotannonsuunnittelussa ja johtamisessa

Nykyiset ongelmat tuotannonsuunnittelussa ja johtamisessa kartoitettiin haastattelemalla NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen tuotantopäällikkö Ilkka Leskelää, työmaapäällikkö Markku Hokkasta ja vastaavaa mestaria Juha Silvennoista. Lisäksi oman näkemyksensä pääsi kertomaan liiketoiminnan tuki ja kehitys -osaston laatu- ja ympäristöpäällikkö Jari Valo. Keskeisimmiksi ongelmiksi nousivat:

- Perussuunnitelmat tehdään liian pintapuolisesti ja ilman ajatusta
- Suunnitelmien teko koetaan järjestelmälähtöiseksi pakoksi
- Työn suorittajien näkemyksiä voitaisiin kuulla useammin
- Työntekijöiden erilaisuus pitää huomioida paremmin johtamistyyliä
- Tekijän vaihtuessa ei työhön perehdytystä aina suoriteta alusta alkaen
- Eri työmailla kehitettyjä ratkaisuja ei saada tehokkaasti yleiseen tietoon
- Tietotekniikan hallinta koetaan vaikeaksi ja järjestelmiä ei tunneta
- Toimintajärjestelmää ei noudateta niin kuin on tarkoitettu
- Asenteessa tuotantosuunnitelmien tekemiseen on parantamisen varaa.

Onnistuneen tuotannon lähtökohtana voidaan pitää sen huolellista suunnittelua alusta alkaen. Perussuunnitelmat tulee tehdä huolellisesti, sillä niiden pohjalta tehdään seuraavan vaiheen työsuunnitelmat ja tehtävänohjaustoimenpiteet. Lopulta hankkeen onnistuminen varmistetaan viimeistelyvaiheessa, jossa tuotanto kääntyy tehtäväkohtaisesta tilakohtaiseen malliin. [15.]

Nykyisessä tuotannossa ongelmana voidaan pitää jo perussuunnitteluvaiheessa ilmenevää liian köykäistä ja ilman ajatusta tehtävää suunnittelua. Kun työmaan aikataulu-, hankinta-, organisaatio-, kustannus- tai esimerkiksi laadunsuunnittelu tehdään liian ylimalkaisesti, on näistä vaikeaa viedä tarkkoja vaatimuksia tai tavoitteita varsinaiseen työmaalla tapahtuvaan tuotannonsuunnitteluun. Tällöin jää tehtäväsuunnitelmaa tehtäessä tai aloituspalaveria pidettäessä selkeästi ilmaisematta tehtävään kuuluvat osiot. Kun tähän vielä lisätään ajatusmalli, jossa toimintajärjestelmässä ja laadunvarmistusmatriisissa määritellyt toimenpiteet ovat vain ylimääräistä paperityötä, ja ne tehdään vain koska niin määrätään, ei ole ihme että esimerkiksi laadunvarmistusseulan läpi pääsee niin paljon virheitä. Nämä virheet huomataankin usein vasta

viimeistelyvaiheessa jolloin ne tuottavat paljon ylimääräistä harmia työmaalle. [12; 15.]

Tehtävää suunniteltaessa ongelmaksi nousee usein jo tuotannon perussuunnitelmien teosta alkanut liian kevyt suunnittelun taso. Toisaalta tehtäväsuunnitelmaa tehtäessä usein myös oiotaan mutkissa ja lähinnä kopioidaan edellisen työmaan suunnitelmat, sen enempää miettimättä onko tässä kohteessa joitain erikseen huomioitavia asioita. Tehtäväsuunnitelmaa läpikäytäessä työntekijöiden kanssa on hyvä ottaa myös tekijöiden mielipiteet esille. Aloituspäätöksissä voisi entistä enemmän haastaa työntekijöitä miettimään, esimerkiksi mitä työturvallisuuteen liittyviä riskejä työhön liittyy. [12; 16.]

Tärkeä asia tehtävän johtamisessa ja sen onnistumisen kannalta on työntekijän ominaisuudet. Työntekijöiden erilaisuus tulee esille heidän taidoissaan, mutta erityisesti siinä kuinka heitä tarvitsee johtaa. Onkin tärkeää, että työnjohtaja tuntee alaisensa ja osaa toimia tämän kanssa. Joillekin kokeneemmille tekijöille ei tarvitse kuin hieman vihjata tulevasta työstä, kun taas toiselle voi joutua kädestä pitäen kertomaan työmenetelmän suorituksesta ja tavoitellun laatutason saavuttamisesta. Tämä saattaa kuitenkin joskus unohtua työmailla kaiken kiireen keskellä. Alun opastuksen jälkeen on edelleen tarkkailtava, että alussa sovittu laatutaso säilyy koko työvaiheen ajan. Usein työnjohtajan aika tai motivaatio ei kuitenkaan riitä kuin ensimmäisen osakohteen tarkastukseen ja muut jäävät oman onnensa nojaan. Varsinkin aliurakoitsijan työntekijöiden kohdalla saattaa kaikista sopimuksessa sovituista ehdoista huolimatta työntekijä vaihtua kesken työn. Tällöin on tärkeää muistaa kierrättää uusi työntekijä työmaatoimiston kautta työmaalle ja opastus tehtävään työhön aloitettava alusta. Muutoin uuden työntekijän työn laatu saattaa olla jotain aivan muuta kuin mitä kohteessa on tavoiteltu. [15.]

Työmailla tehtyjen haastatteluiden kautta nousi esille myös tarve jonkinlaiselle tietopankille, jossa tietoa käytetyistä menetelmistä voitaisiin jakaa muillekin työmaille. Tällä hetkellä eri työmailla on kehitetty paljon hyviä työmenetelmiä ja käytännön keksintöjä, jotka helpottavat päivittäistä tekemistä. Nämä keksinnöt ovat kuitenkin vain tietyn, yhdessä pysyvän työryhmän tiedossa, ja se vie tietoa mukanaan aina seuraavalle työmaalle. Kaikkia helpottaisi, jos näistä ideoista pääsisivät nauttimaan muutkin

yrittäjien organisaatiot. Jo käytössä olevilla monilla verkkojärjestelmillä voitaisiin toteuttaa tämän kaltainen tietopankki. Esimerkiksi kuvauksella työvaiheen suorituksesta ja kuvasarjalla työnsuorituksesta voitaisiin helposti valaista keskeisimmät kohdat työvaiheesta sitä suunnittelevalle ensikertalaiselle. NCC Rakennus Oy:ssä on jo aloitettu tämän kaltaisia projekteja, muun muassa työturvallisuuteen liittyvien keksintöjen osalta. [16.]

Monia erilaisia työkaluja ja tietojärjestelmiä on varsinkin viimeaikaisen tietotekniikan kehityksen ansiosta tullut monia. Näistä monet ovat todella hyödyllisiä ja helpottaneet monia ennen työläisiä vaiheita työnjohtajan arkipäivässä. Ongelmaksi saatetaan kuitenkin kokea näiden eri järjestelmien ja tietokoneiden yleensä käyttäminen. Työmailla toimivista työnjohtajista monet ovat tottuneet työskentelemään jo vuosikymmeniä kehittyneillä menetelmillä joihin tietokoneet eivät liity mitenkään. Tällöin monet uudet sähköisessä muodossa olevat järjestelmät voivat tuntua hankalilta. Kun tietokoneiden kanssa toimiminen koetaan vaikeaksi, ei niiden tarjoamiin mahdollisuuksiinkaan viitsitä tutustua. Siksi järjestelmien tarjoamat työkalut ovatkin usein kateissa, jos niitä joskus sattuisi tarvitsemaan. Työkalut ovat siis olemassa, mutta niitä ei osata käyttää, tai sitten ei tiedetä mistä mikin löytyy. [17.]

Yleisesti ottaen suurin osa nykyisistä ongelmista tuotannonsuunnittelussa ja johtamisessa liittyvät siihen ettei olemassa olevaa toimintajärjestelmää noudateta niin kuin on tarkoitettu. Helposti syytetään järjestelmän pettämistä tai purnataan liiasta paperityöstä, vaikka todellisuudessa oma toiminta ei ole ollut toimintajärjestelmän mukaista tai asenne työn tekemiseen on ollut väärä. Jos kuitenkin on toimittu sovitulla tavalla ja silti tehtävän tavoitteita esimerkiksi laadun suhteen ei saavuteta, niin silloin on toimintajärjestelmää syytä kehittää. [15; 17.]

Tämän työn ratkaisumalli tuotannonsuunnitteluun ja sen johtamiseen koettaa ratkaista esille tulleita ongelmia ja sitä kautta kehittää nykyistä tuotantoa. Suunnitelmien tekoon kohdistuvaan asenteeseen on vaikeaa vaikuttaa, mutta vähitellen siinäkin voidaan saada tuloksia aikaan. Alalla tapahtuva sukupolvenvaihdos etenee ja uusia työnjohtajia tulee työmaille, ja kun heillä on alusta asti ollut tapana suunnitella työt tarkasti saadaan toivottua asennemuutosta vähitellen aikaiseksi. Tällöin ei suunnitelmien tekoa koeta enää niin järjestelmälähtöiseksi ja pakoksi vaan suunnitelmia ymmärretään

tehdä töiden onnistumisen takia. Tuotannonsuunnittelua päiväkohtaisella mallilla tehtäessä ja yhdistettäessä se työntekijöiden kanssa läpikäytyyn informaatiotauluun voidaan ongelmaan työn suorittajien mielipiteen kuulemisesta ja huonosta työhön perehdyttämisestä saada ratkaisu. Kun päiväkohtainen malli on tehty huolella ja viety lopuksi yrityksen sisäiseen tietojärjestelmään voi siitä olla hyötyä muillekin työmaille. Näin voitaisiin saada apua ongelmaan, jossa työryhmien kehittämät ratkaisut ja menetelmät eivät ole muiden työmaiden tiedossa. Kun suunnitelmaa vielä täydentää vaikkapa työtä kuvaavilla valokuvilla, ja tällainen paketti talletetaan kaikkien tiedossa olevaan paikkaan tietojärjestelmässä, voitaisiin tähän ongelmaan saada helpotusta.

### **3 ASUINKERROSTALON TUOTANNONSUUNNITTELUMALLI**

Seuraavissa luvuissa esitellään työssä tutkittuja ratkaisuja kehittää tuotannonsuunnittelua ja sen johtamista. Päiväkohtainen työsuunnitelma pyrkii ratkomaan ongelmia tehtäväsuunnittelussa sekä viikkosuunnittelussa ja informaatiotaulun avulla tuotannonsuunnittelusta saatua tietoa viedään työn varsinaisille suorittajille ja johtamiseen apuvälineeksi. Informaatiotaulu on myös hyvä muistilista työnjohtajalle ja pikainen perehdytys tuleviin tapahtumiin tämän mahdollisille tuuraajille.

#### **3.1 Päiväkohtainen työsuunnitelma**

Päiväkohtaisen työsuunnitelman lähtökohtana on luoda työmaalle tärkeästä tehtävästä päiväkohtainen työsuunnitelma-malli joka kuvaa työn onnistuneeseen toteutukseen tarvittavia osatekijöitä, jokaiselle päivälle erikseen mietittynä. Mallin avulla on tarkoitus selkeyttää niin työnjohtajalle kuin työntekijällekin tulevan päivän tehtäviä. Malli toimii tarkennettuna tehtäväsuunnitelmana työnjohtajalle, ja toimii näin yksityiskohtaisempana työsuunnittelun työkaluna kuin perinteinen tehtäväsuunnitelma. Työnjohtaja myös perehtyy itse tulevaan työhön paremmin tehdessään siitä päiväkohtaista mallia, joka vaatii enemmän asiaan tutustumista kuin vanha tehtäväsuunnitelma.

Päiväkohtaiselle tasolle viedyn työsuunnitelman kannattavuus tulee parhaimmin esille juuri asuinkerrostalon tärkeimpiä tehtäviä suunnitellessa. Perustustöistä, rungosta, vesikatosta ja sisätyövaiheesta jokaisesta tehtävä

työsuunnitelma muodostuu varmasti omannäköisekseen, sillä jokaisessa työvaiheessa vaikuttavat omat erityispiirteensä. Monia osioita on kuitenkin tässä työssä pidetty vakiona, jotta mallia ei tarvitsisi rakentaa alusta asti jokaisella kerralla. Kuvassa 17 on esimerkki runkovaiheeseen tehdystä päiväkohtaisesta työsuunnitelmasta. Tässä mallissa yksi runkovaiheen päivä on esitetty yhdellä Powerpoint-ohjelmalla tehdyllä sivulla. Samaa pohjaa käytettiin myös perustustyövaiheessa olleella työmaalla, tosin pienin muokkauksin. Seuraavissa kappaleissa on esitelty kuvassa 17 käytetyn mallin eri osiot, jotka toistuvat mallin päiväkohtaisilla sivuilla.

7 PV

8 PV

Etusivulle

SISÄLTÖ

- 3. krs. A-porras ulkoseinäelem. Mittaus ja asennus

-2. krs. B-porras onteloiden ja parvekelaattojen saumavalu

MITOITUS:

	Tyo	kpl	tth/kpl	tth	tv	h
R1						8,4
	3 krs. A:n seinäel mittaus + asennus	18	1,4	25,2	1,1	8,4
R2						3,9
	2 krs. B:n onteloiden saumavalu	39	0,2	7,8	0,5	3,9
Alamies						

TYÖTURVALLISUUS

Henk.koht. suojaimet:

Muut:

Kypä

Turvajalkineet

Suojalasit

Turvavaljaat

Kuulosuojaimet

Muut:

Työmaalletoimiston kautta

NCC:n tuotantopalaverit

Turvallisuushavaintokäytäntö

Yhtäaikaiset työvaiheet

LAATU

-MOSS LINKKI

MATERIAALIT, TARVIKKEET

- tsekkilista (LINKI)

SUUNNITELMAT

-piirustukset (LINKKI)

-asennus detaljit

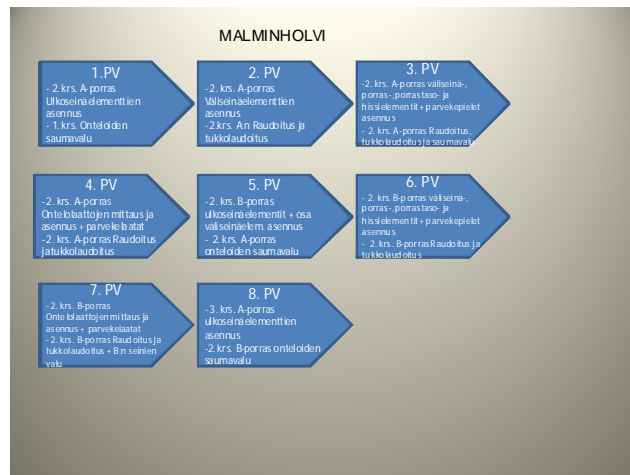
ASENNUSJÄRJESTYS

	Klo.	Elementti
1.	7:00	Ulkoseinä 1
2.	7:28	Ulkoseinä 2
3.	7:56	Ulkoseinä 3
4.	8:24	Ulkoseinä 4
5.	8:52	Ulkoseinä 5
6.	9:20	Ulkoseinä 6
7.	9:48	Ulkoseinä 7
8.	10:16	Ulkoseinä 8
9.	10:44	Ulkoseinä 9
10.	11:45	Ulkoseinä 10
11.	12:13	Ulkoseinä 11
12.	12:41	Ulkoseinä 12
13.	13:09	Ulkoseinä 13
14.	13:37	Ulkoseinä 14
15.	14:05	Ulkoseinä 15
16.	14:33	Ulkoseinä 16
17.	15:01	Ulkoseinä 17
18.	15:29	Ulkoseinä 18

Kuva 17. Esimerkki päiväkohtaisesta työsuunnitelmasta

### Aloitussivu

Työsuunnitelman aluksi tehdään koko prosessia tai siinä toistuvaa kiertoa kuvaava näkymä, jossa kunkin päivän tärkein sisältö on esitetty lyhyesti (kuva 18). Tältä alkusivulta on linkki kukin päivä omaan tarkempia tietoja antavalle sivulle (kuva 17).



Kuva 18. Työsuunnitelman ensimmäinen sivu

### Sisältö

Mallin yläosassa on sisältö laatikossa esitetty kaikki kyseisenä päivänä tehtävät työt. Tilaa on enemmän kuin mitoitusaulukossa, joten laatikkoon mahtuu tarkemmat kuvaukset tehtävistä. Tähän voidaan merkitä myös muuta päivälle osuvaa sisältöä.

### Suunnitelmat

Suunnitelmat-kohtaan on tuotu asennuksen kannalta tärkeimpien suunnitelmien ja asennusdetaljien sähköisessä muodossa olevien kopioiden linkit. NCC Rakennus Oy:ssä nämä suunnitelmat löytyvät usein yrityksen sisäisestä projektipankista Projektiasta, johon kaikilla yrityksen Internetiin yhteydessä olevilla tietokoneilla on pääsy. Työmaaolosuhteissa parhaiten toimivat yleensä piirustusten paperiversiot, joten suunnitelmat-kohdan parasta antia on todennäköisesti hyvä apu, jonka se antaa piirustusten numeroiden muistamiseksi.

### Mitoitus

Mitoitus-osioon on lisätty taulukko kunkin työryhmän töiden arvioituista menekeistä ja kestoista. Menekit on saatu joko

1. Tavoitearvion menekkitiedoista
2. Työmaalta ryhmän aikaisempiin työsaavutuksiin perustuen
3. Tai Ratu-kirjasta Rakennustöiden menekit 2010.



Saatujen menekkitietojen perusteella on optimoitu kunkin työvaiheen kesto, siten, että yksi selkeä asennuskokonaisuus saataisiin päätökseen saman työvuoron aikana. Tällöin vältetään aikaa vievältä töiden aloitusprosessilta seuraavana päivänä, ja uusi aamu voidaan aloittaa uuden vaiheen töillä. Esimerkiksi muutamien jäljelle jääneiden seinäelementtien asennusta voidaan jatkaa hieman normaalin työajan ulkopuolelle, jotta seuraavana aamuna ryhmä voi aloittaa suoraan seuraavan työn. Taulukkomallista on hyötyä myös jos halutaan ennustaa tulevia työ kustannuksia. Sarakkeita lisäämällä voidaan taulukkoon lisätä mukaan työntekijöiden tuntiansiot, ja yksinkertaisella laskutoimituksella saadaan arvio tulevista palkkakustannuksista.

### *Asennusjärjestys*

Kunkin päivän tavoitteet määritellään mitoitus-kohdassa. Ne esitetään tarkemmin asennusjärjestyksenä, jossa on mukana menekkitietojen kautta lasketut ohjeelliset asennusajat kullekin elementille erikseen. Näin saadaan helposti luettava muistilista järjestyksestä jossa elementit asennetaan. Vaikka asennusajat on ilmoitettu minuutin tarkkuudella, ei niiden tarkka noudattaminen ole työmaaoiloissa kovinkaan todennäköistä tai välttämättä edes tarpeellista. Suurin hyöty asennusaikojen näin tarkassa suunnittelussa on lähinnä se, että nyt asennustyöhön ryhtyvillä on mielikuva kunkin elementin asennukseen varatusta ajasta, minkä sisällä pysymällä päivän tavoitteeseen päästään.

### *Työturvallisuus*

Työturvallisuus-laatikkoon on valittu muistilista rakennusalalla yleisesti tarvittavista suojavälineistä. Suurin osa näistä on jo laissa määrätty käytettäväksi, mutta varmuuden vuoksi ja muistin virkistykseksi ne on otettu tässä vielä esiin. Lisäksi laatikosta löytyy muutamia tärkeimpiä kohtia työntekijän perehdytystä varten muistettavaksi. Nekin ovat mukana lähinnä muistuttamassa työturvallisuusasioiden tärkeydestä.

### *Laatu*

Laatu-kohtaan on linkitetty asiakirja NCC Rakennus Oy:n asiakirjapankista, josta löytyvät yleisimpien työtehtävien yleiset laatuvaatimukset ja tarkastuslistat sisältävät asiakirjat sähköisessä muodossa. Linkistä

työnjohtaja voi siis tulostaa itselleen helposti ilman etsiskelyä tarkastuslistan koskien käynnissä olevaa työvaihetta.

#### *Materiaalit, tarvikkeet*

Samasta järjestelmästä kuin laadulliset tarkastuslistat löytyvät myös yleisempien työvaiheiden aloitusedellytyksiin liittyvät listat. Tekstitiedostoon on listattu materiaalit ja tarvikkeet, jotka tulee olla varmistettuna ennen tehtävän aloitusta. Näitä listoja on hyvä käyttää apuna suunniteltaessa tulevaa tehtävää, ja lisäksi nämäkin listat ovat nyt helposti löydettävissä ja tulostettavissa.

#### *Yhteenveto*

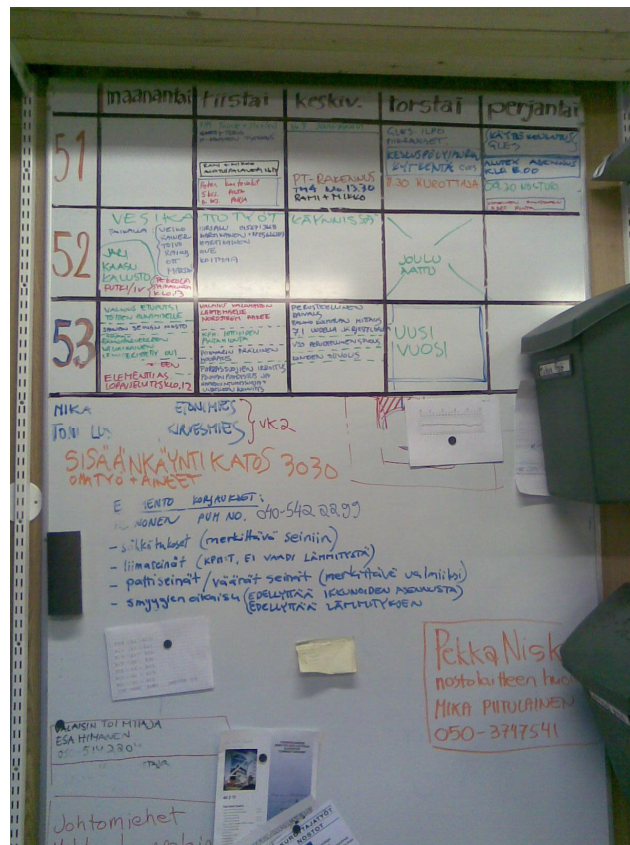
Tarkalla ja päiväkohtaisella tuotannonsuunnittelulla on mahdollista parantaa tehtäviin valmistautumista ja niissä onnistumista. Tuotannon perussuunnitelmien on silloinkin oltava kunnossa, jotta niitä voidaan käyttää suunnittelun lähtötietoina. Päiväkohtainen malli tuotannosta on melko työläs jos sen joutuu aloittamaan niin sanotusti puhtaalta pöydältä. Sen tekemiseen voi olla välillä vaikea löytää aikaa kaiken muun tekemisen lomassa. Opinnäytetyötä tehtäessä mallin teko oli melko helppoa. Kun tekemiseen pystyy keskittymään rauhassa, eikä muuhun työmaalla tapahtuvaan tarvitse puuttua lainkaan, mallin saa laadittua nopeastikin. Tarkkaan päiväkohtaiseen suunnitteluun voidaankin siirtyä vähitellen menetelmän tullessa työnjohtajille tutummaksi, ja uusien tekijöiden sitä edelleen kehittäessä. Tällöin sen laatiminen on jo muodostunut vähitellen rutiiniksi ja malliin sopivat osat löytyvät helposti. Kun tekijä tuntee menetelmän, jota käyttää, voi hän keskittyä paremmin mallin sisältöön, ja näin suunnitelman hyödyt saadaan paremmin esiin. Eli työvaiheen kulku voidaan miettiä sujuvammaksi, siinä mahdollisesti piileviä häiriöitä voidaan poistaa ennalta, kokematon työnjohtaja perehtyy työhön ja työn tavoitteiden läpi käyminen työntekijöiden kanssa on helpompaa.

### **3.2 Työmaan informaatiotaulu**

Informaatiotaulu tai sen toteuttamiseen tarvittava tussitaulu on otettu jo monilla työmailla käyttöön, mutta sen hyödyntäminen on vaihtelevalla tasolla. Usein työmaan tussitaulu on yhden työnjohtajan satunnaisena muistilistana ja suttupaperina toimiva alusta. Ottamalla taulut paremmin ja

suunnitellummin käyttöön voidaan niistä saada enemmän hyötyjä irti. Tässä työssä tutustuttiin kahdella eri työmaalla informaatiotaulun mahdollisuuksiin ja saataviin hyötyihin, ja kehitettiin kummallekin työmaalle niiden sen hetkistä tarvetta palvelevat ratkaisut.

Tyypillinen lähes jokaiselta työmaalta jo valmiiksi löytyvä tussitaulu (kuva 19.) on kuvattu työmaatoimistossa NCC Rakennus Oy:n kerrostalotyömaalta. Tosin usein taulu on pienempi kuin kuvan lähes lattiasta kattoon yltävä malli. Samoja asioita niillä molemmilla kuitenkin voidaan esittää, isompi pinta-ala antaa vain hieman enemmän mahdollisuuksia monipuolisempaan käyttöön. Tällaisen taulun hyödyntäminen paremmin työmaan yleisenä informaation jakajana onnistuu monella työmaalla melko helposti.



Kuva 19. Työmaan ilmoitustaulu

Suurin vaikutus informaatiotaulun tehokkaaseen käyttöön on sen ottaminen osaksi päivittäistä toimintaa työnsijoittajan arjessa. Kenenkään etua ei aja jos taululla esitetyt asiat ovat vanhentunutta tietoa. Taulun käyttö ei kuitenkaan vaadi kovinkaan suurta päivittäistä työmäärää, kunhan alkuun on sovittu

mitä siihen merkitään ja miten. Kun toiminta on selkeää ja syntyy tuttu rytmi taulun muokkaamiseen on se lopulta todella vaivatonta.

Helppo pohja informaatiotaulun luontiin on esittää siinä viikkonäkymät kuluvasta viikosta sekä kahdesta tai useammasta tulevasta. Näihin ruutuihin kun merkitään työmaan tärkeimpien tapahtumien avainsanoja kuten kuvan 19 yläosassa, saadaan jo hyvä ja kaikkien näkyvillä oleva muistilista työnjohtajan viikkosuunnitelmasta. Jos sama taulu toimii koko työmaan yhteisenä informaatiotauluna, voidaan sekaannusten välttämiseksi eri työnjohtajia tai työvaiheita koskevat merkinnät tehdä esimerkiksi jokainen omalla värillään.

Informaatiotaulun sijoittaminen työmaalle voi osoittautua hankalaksi. Taulun tulisi sijaita mahdollisimman lähellä sitä täyttävän työnjohtajan työpistettä, jolloin sen käyttäminen onnistuu luontevasti ja nopeasti. Toisaalta taulun olisi hyvä olla paikalla, josta sen seuraaminen muille työmaalla toimiville olisi helppoa. Kolmas asia, joka olisi hyvä ottaa huomioon taulun sijoittamisessa, on sen näkyvyys myös työntekijöiden suuntaan. Informaatiotaulun hyödyt tulevat varmasti esille, jos sitä pystytään käyttämään hyödyksi käydessä tulevaa työtehtävää läpi tekijöiden kanssa. Graafisesti esitettynä viikkosuunnitelman seuranta ja ymmärtäminen on usein helpompaa, ja jos informaatiotaulu onnistutaan sijoittamaan siten, että työntekijät voisivat nähdä sen muulloinkin kuin työmaatoimistossa käydessään, voisi tehdyn työn merkitys suuremmassa mittakaavassa aueta paremmin ja oman tekemisen suunnittelu olla helpompaa työntekijöille.

Last Planner -suunnittelusta ammentavan työvaiheen aloitusedellytysten ja toteutuneen tuotannon seurannan järjestäminen on helppoa informaatiotaulun avulla. Last Planner -menetelmästä hieman yksinkertaistetumman mallin tuotannon seurantaan syntyminen tapahtui työmailla miltei itsestään. Työnjohtajan kirjatessa tulevia työvaiheita ja esimerkiksi tavaratoimituksia taululle, on hyvin loogista merkitä työvaiheen kohdalle myös, onko sen aloittamisen mahdollisuus tarkastettu, tai esimerkiksi tavaratoimituksen toimitusaikataulu varmistettu.

Tehokkaampaan tuotantoon tähdättäessä informaatiotaulun anti on varmasti myös työntekijöiden motivoinnissa ja selkeiden tavoitteiden saavuttamisessa. Kun tulevaa työtä käydään työntekijöiden kanssa läpi,

voidaan päiväkohtaisesta tuotantosuunnitelmasta tuoda kullekin päivälle sen tavoitteet myös taululle nähtäväksi. Työpäivän tai kuluvan viikon päätyttyä voidaan tekijöiden kanssa käydä läpi, kuinka asetetuissa tavoitteissa on onnistuttu ja jos ei, niin miten toimintaa pitää kehittää.

## **4 PÄIVÄKOHTAISEN TYÖSUUNNITELMAMALLIN TESTAUS**

Työssä kehitettyjä ratkaisumalleja päästiin testaamaan kahdella NCC Rakennus Oy:n asuinkerrostalotyömaalla. Hankkeet olivat eri rakennusvaiheessa ja niihin koetettiin soveltaa mallia työmaan tilanteeseen parhaiten soveltuvien osien. Molemmissa päästiin ensin suunnittelemaan tarkat päiväkohtaiset suunnitelmat yhdestä senhetkisestä työvaiheesta sekä soveltamaan informaatiotaulua kohteen tarpeisiin soveltuvaksi.

### **4.1 Case 1 - As Oy Helsingin Malminkulmi**

Ensimmäisenä kohteena opinnäytetyössä päästiin Helsingin Malmilla sijaitsevalle asuinkerrostalotyömaalle. Betonielementtirakenteinen kerrostalo koostuu kahdesta portaasta, joissa molemmissa on hissi. Kerroksia talossa on kuusi. Kohteeseen valmistuu 43 vuokra-asunnon lisäksi yhteisiä tiloja kellarin- sekä ensimmäiseen kerrokseen kuten väestönsuoja, irtaimistovarastot, tekniset tilat, kuivaushuone ja ulkoiluväline-/lastenvaunuvarastot. Lisäksi talosaunaosasto ja kerhohuone sijoitetaan ylimpään kerrokseen. Yhtiöön kuuluu myös pysäköintihalli, jonka päällä on autokatos sekä ensimmäisen kerroksen autotallipaikat. [18.]

Rakennus perustetaan teräsbetonipaalujen varaan ja perustukset tehdään teräsbetonista. Rakentaminen junaradan välittömään läheisyyteen aiheuttaa kohteessa normaalia poikkeavia toimia. Koko rakennus joudutaan eristämään ympäröivästä maasta liikennetärinän ja runkoäänien vaimentamiseksi. Eristystyö tehdään polyuretaanista valmistetuilla elastisilla sylomer-matoilla, joilla pinnoitetaan kaikki maan kanssa kosketuksiin joutuvat pinnat ja sitä laitetaan myös paaluanturan ja varsinaisen anturan väliin. Kuvassa 20 on esitetty tärinän vaimennusmaton asennusta ja jo asennettua eristettä. [18.]



*Kuva 20. Sylomer-matto asennettiin vaimentamaan tärinöitä*

Kuvassa 20 ylhäällä vasemmalla näkyy anturan ympärille asennettu polystyreenimuovi, jonka tehtävänä on pitää anturan ja polystyreenimuovin väliin jäävä sylomer-matto paikoillaan. Polyuretaanisen eristysmaton asennus piti suorittaa siten, että eristävästä kerroksesta tulee mahdollisimman ehjä, jolloin maton kiinnittäminen esimerkiksi sylomerin läpi lyötävillä lyöntiankkureilla ei tullut kysymykseen. Kuvassa 20 oikealla näkyy elastisen maton asennustyötä rakennuksen perusmuurin kylkeen. Työ suoritettiin tukemalla ja teippaamalla sylomer-matto betonipintaan polystyreenimuovilevyjä vahvikkeena käyttäen. Kuvan 20 alavasemmalla näkyy anturan katkaiseva eristekerros. Ylempi anturan osa voidaan valaa suoraan sylomer-maton päälle.

Kantavina rakenteina toimivat maata vasten valettu kantava betonilaatta ja ontelolaatta alapohjarakenteina. Väli- ja yläpohja ovat ontelolaattarakenteisia. Ulkoseinät ovat betonisia, lämpöeristettyjä sandwich- ja sisäkuorielementtejä. Julkisivupintana on puhtaaksimuurattu tiili, valkobetoni ja maalattu betoni. Vesikatto on puuristikkorakenteinen taitettu katto jonka katteena on konesaumattu pelti. Taloon tulee myös betonielementtirakenteiset parvekelaatat, joita kannatteleva betoniset pilarit ja piellelementit. [18.]



*Kuva 21. Torninosturit vierekkäisillä työmailla*

Oman haasteensa rakennettavalle tontille loivat kolme muutakin kerrostalokohdetta, joita rakennettiin aivan Malminholvin läheisyyteen. Samaa sisäänkäyntiä alueelle ja työmaatietä käyttivät siis myös kaksi muuta NCC:n ja yksi YIT:n kerrostalokohde. Kuvassa 21 näkyy näistä työmaista kolmen torninosturit.

Kolme lähekkäin pyörivää torninosturia, joiden nostosäteet leikkaavat toistensa kanssa, aiheuttivat tarvetta normaalia tarkemmalle työturvallisuuden ja logistiikan suunnittelulle, sekä puheyhteyden järjestämisestä tornien välille.

#### *Tehty tuotannonsuunnittelu*

Opinnäytetyön alussa työmaalle saavuttaessa olivat kerrostalon perustustyöt juuri loppumassa ja elementtiasennus alkamassa. Kohteeseen tehtävän paikallavaletun väestönsuojan työt olivat käynnissä ja tärinäeristeiden asennus jatkui läpi perustusvaiheen ja rungon sokkelielementtien asennuksen. Tarkennettua työsuunnitelmaa päätettiin soveltaa ns. peruskerroksen elementtiasennukseen suunnitteluun. Kohteen ensimmäisen kerroksen rakenteet koostuivat niin elementeistä kuin paikallavaletuistakin osista, mitkä lisäksi sijaitsivat eri tasoilla. Kun hankalaan ensimmäiseen

kerrokseen vielä lisätään hidas sylomer-maton asennus, oli sen ajallinen arvioiminen todella vaikeaa. Niinpä päiväkohtainen työsuunnitelma-malli suunniteltiin aloitettavaksi toisen kerroksen elementtien asennustyöstä.

Ylemmissä kerroksissa toistuvan pohjaratkaisun ansiosta mallia voitiin kierrättää ja se tehtiinkin kuvaamaan yhden peruskerroksen elementtiasennuksen kulkua. Elementtikaaviokuvista laskettujen elementtien määrien, työnjohdon kanssa yhdessä arvioitujen menekkien ja asennusjärjestyksien avulla päiväkohtaisen työsuunnitelman vaatimat tiedot saatiin kasattua. Opinnäytetyön ensimmäisenä esimerkkikohteena Malminholvin elementtiasennuksen työsuunnitelmasta tuli hyvin samankaltainen kuin luvussa 3.1 esitelty päiväkohtaisen työsuunnitelman perusmalli. Yhteen kerrokseen kuluvat työpäivät kuvattiin siis jokainen omana Powerpoint-ohjelman sivunaan, jolla esitettiin:

- Päivän sisältö
- Tarvittavat suunnitelmat
- Mitoitus esitettynä taulukkomuodossa
- Asennusjärjestys elementtikohtaisella asennusajankohdalla
- Työturvallisuudesta muistuttava osio
- Vaadittavan laadun tarkastamiseksi tehty lista
- Tarvittavien materiaalien ja tarvikkeiden listaus.

Informaatiotaulun osalta työmaan selkeänä tavoitteena oli saada foorumi, jossa yhteisissä toimistotiloissa toimivat kolmen eri työmaan toimihenkilöt voisivat ilmoittaa tärkeistä tapahtumista.

#### *Saavutetut tulokset*

Kohteeseen tehdystä tuotannonsuunnittelusta voitiin ottaa monella tapaa opiksi. Ensimmäistä kertaa päiväkohtaista mallia kokeiltaessa nousi monia kehitysehdotuksia tulevaa suunnittelua varten. Seuraavat asiat kohteessa todettiin olevan vaikeita mallin teon kannalta, tai niihin ei vielä löydetty ratkaisuja:

- Ensimmäisen kerroksen rakenteet olivat liian vaikeat malliin kuvattavaksi
- Päiväkohtaisen mallin teko on työlästä ja melko hidasta
- Sopivan paikan löytäminen informaatiotaululle.



Ensimmäistä kertaa työmaalle saapumisen aikaan oli ensimmäisen kerroksen rakentaminen määrä aloittaa seuraavien viikkojen aikana. Noin viikon ajan ensimmäisen kerroksen rakenteisiin ja työmaahan tutustumisen aikana päätettiin päiväkohtaista työnsuunnittelumallia kokeilla ensimmäisen kerroksen kuvaamiseen. Tämä osoittautui kuitenkin vaikeaksi. Useiden erilaisten työvaiheiden yhteen liittäminen, moneen tasoon tulevat rakenteet, vaikeasti arvioitava sylomer-asennus ja usein muuttuva asennusjärjestys tekivät mallin tekemisen liian vaikeaksi. Päiväkohtainen malli toimii parhaiten jos työn alla on jokin suurempi ja selkeämpi kokonaisuus. Nyt pienissä erissä tehtävät paikallavalut ja elementtiasennukset vuorottelivat työvaiheina samalla kun tärinäeristemattoa asennettiin kaiken lomassa. Sylomer-maton asennus osoittautui paljon suunniteltua hitaammaksi ja kaikille uutena työnä, aiheutti se muutenkin ongelmia työnsuunnittelulle. Lisäksi mallin tekemiseen käytetty aika ei ollut riittävä, jotta näin haastava kokonaisuus olisi saatu suunniteltua ja esitettyä järkevästi päiväkohtaisena tarkkana suunnitelmana.

Jokaisella työmaalla erikseen mietittävä asia on informaatiotaulun sijoittaminen. Parhaalla paikalla taulu olisi kaikkien nähtävissä ja toisaalta helposti työnjohtajan käytössä. Tällaisen paikan löytäminen on helpommin sanottu kuin tehty. Malminholvin työmaalla päädyttiin sijoittamaan taulu kolmen työmaan yhteiseen neuvottelu-/taukotilaan, jossa se on toimihenkilöiden nähtävissä ja muokattavissa muttei osu kovinkaan helposti työntekijöiden silmiin. Työmaalla tuli ongelmaksi myös vapaan seinätilan puute, joka ratkaistiin kolmella kapeammalla taululla, mitkä mahtuivat ikkunoiden välisiin tyhjiin tiloihin.

Malminholvin työmaalla tuotannonsuunnittelumallin kehityksessä onnistuttiin ainakin seuraavissa asioissa:

- Saatiin hyviä kokemuksia mallista ja sen tekeminen tuli helpommaksi
- Peruskerrosten osalta päiväkohtainen malli toimi hyvin
- Saatiin ”todistettua” yleisaikataulun toteuttamisen mahdollisuus
- Informaatiotaulusta saatiin työmaiden toivoma yhteinen ilmoitustaulu

Päiväkohtaisen työsuunnitelman tekeminen sujuu sitä paremmin mitä enemmän suunnittelua sillä on tehnyt. Ensimmäisessä kohteessa mallin käytöstä saatu oppi mahdollistaa sen jatkokehityksen ja käytön tulevilla kohteilla.

Päiväkohtaisella työsuunnitelmalla kuvattu yhden kerroksen elementtiasennuksen kierto saatiin mallissa menemään kahdeksan työpäivän aikana ympäri. Kahdeksan päivää oli myös kohteen vastaavan mestarin alustavaan yleisaikatauluun suunnittelema yhden peruskerroksen kesto. Tämä aikaisessa vaiheessa tehty aikataulu oli perustunut lähinnä kokemukseen pohjautuvaan arvioon, ja sitä oli myöhemmin arvioitu liian optimistiseksi. Kun tehdyllä työsuunnitelmalla päästiin samaan kiertoon kerrosten välillä, antoi se mahdollisuuden noudattaa alkuperäistä aikataulua eikä runkoaikataulua tarvinnut venyttää.

Työmaiden yhteisenä ilmoitustauluna sinne hankitut taulut toimivat työnjohtajien kannalta hyvin niiden keskeisen sijaintinsa ansiosta. Tauluihin onnistuttiin lisäämään myös ajatusta työnsuunnittelun apuvälineestä, kun ne toimivat Malminholvin työmaamestareiden viikkosuunnittelun apuvälineinä.

#### **4.2 Case 2 - As Oy Helsingin Viikinportti**

Toisena kohteena opinnäytetyössä tutustuttiin Helsingin Viikissä sijaitsevaan asuinkerrostalotyömaahan. As Oy Viikinportti käsittää 3 kpl yksiportaista ja 4-kerroksista sekä 2 kpl yksiportaista ja 5-kerroksista taloa. Asuinhuoneistoja on 88 kpl, joiden keskipinta-ala 54,5 m<sup>2</sup>. [19.]

Pääasiassa betonielementtirakenteisten asuinrakennusten ensimmäisissä kerroksissa sijaitsevat väestönsuoja/irtaimistovarastot, lastenvaunuvarastot, pesula, kuivaushuoneet, kerhohuone, tekniset tilat sekä monikäyttö- ja liiketilat. Talosaunat pesu- ja pukuhuoneineen sijaitsee C-portaan ylimmässä kerroksessa. Lisäksi erillisiin kylmiin rakennuksiin sijoittuu ulkoiluvälinevarastoja sekä jätetilat. [19.]

### *Tehty tuotannonsuunnittelu*

Viikinportin työmaalla tuotannonsuunnittelu päätettiin kohdistaa meneillään



olleisiin anturoiden valutöihin. Anturat toteutettiin formex-valulevyillä (kuva 22.). Formex-valulevyt ovat helposti muokattavia ja uudelleen käytettäviä teräslankaverkosta sekä polyeteenikalvosta tehtyjä valulevyjä. Keveytensä ansiosta niiden siirtely ja kasaaminen on nopeaa, ja uudelleen käytettynä levyjen kustannukset saadaan pienemmäksi verrattuna perinteisiin vanerimuotteihin. [20.]

*Kuva 22. Formex-anturamuotit asennettuna*

Viikinportin työmaalla suunnittelumallia lähdettiin kehittämään enemmän työhön perehdyttämistarkoitukseen. Kohteen vastaava mestari ei ollut ennen tehnyt anturoita formex-valulevyjä käyttäen ja jonkinlaisesta tehtäväkuvauksesta olisi voinut olla hyötyä. Tällöin kaikkea ei olisi tarvinnut etsiä ja ottaa selville itse, vaan edellisten työmaiden mahdollisesti tekemät kehitysideat olisivat olleet heti työmaan hyödynnettävissä.

Etusivulle																																																																					
<b>SISÄLTÖ</b> - Anturoiden pumppubetonointi - jälkityöt ja suojaus				<b>SUUNNITELMAT</b> -piirustukset -betonointisuunnitelma																																																																	
<b>MITOITUS:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Työ</th><th>m3</th><th>tth/m3</th><th>tth</th><th>tv</th><th>h</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>(3 ram)</td><td>Betonointi (/talo C,D ja E)</td><td>50</td><td>0,25</td><td>12,5</td><td>0,5</td><td>4,2</td></tr> <tr> <td></td><td>Valunopeus 24m<sup>3</sup>/h -&gt; auto/15min</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>Jälkityöt</td><td>50</td><td>0,05</td><td>2,5</td><td>0,1</td><td>0,8</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					Työ	m3	tth/m3	tth	tv	h	R1							(3 ram)	Betonointi (/talo C,D ja E)	50	0,25	12,5	0,5	4,2		Valunopeus 24m <sup>3</sup> /h -> auto/15min							Jälkityöt	50	0,05	2,5	0,1	0,8																													<b>TYÖJÄRJESTYS</b>  •Muottien puhdistus liasta ja lumesta •Betonointi •Vibraus •Jälkihoito: hieto/liippaus •Suojaus: pakkasmatto+pressu  •Tartuntojen asennus  •Jälkiseuranta		
	Työ	m3	tth/m3	tth	tv	h																																																															
R1																																																																					
(3 ram)	Betonointi (/talo C,D ja E)	50	0,25	12,5	0,5	4,2																																																															
	Valunopeus 24m <sup>3</sup> /h -> auto/15min																																																																				
	Jälkityöt	50	0,05	2,5	0,1	0,8																																																															
<b>TYÖTURVALLISUUS</b> <b>Henk.koht.suojaimet:</b> <b>Muut:</b> Kypärä Työmaalle toimiston kautta Turvajalkineet NCC:n tuotantopalaverit Suojalasit Turvallisuushavaintokäytäntö Turvaaljaat Yhtäaikaiset työvaiheet Kuulosuojaimet Muut:				<a href="#">Betonointipöytäkirja</a> Finnsementti  Huomioitavia asioita: •Etäisyys pumppuautolta, riittävän pitkä puomi+letku •Massan valinta •Huolellinen vibraus ilman että rauditus pääsee liikkumaan •Talviolosuhteissa muottien suojaus, lämmitys / lämpötilan seuraaminen •Lankalämmitys mahdollisia jatkovaluja varten																																																																	

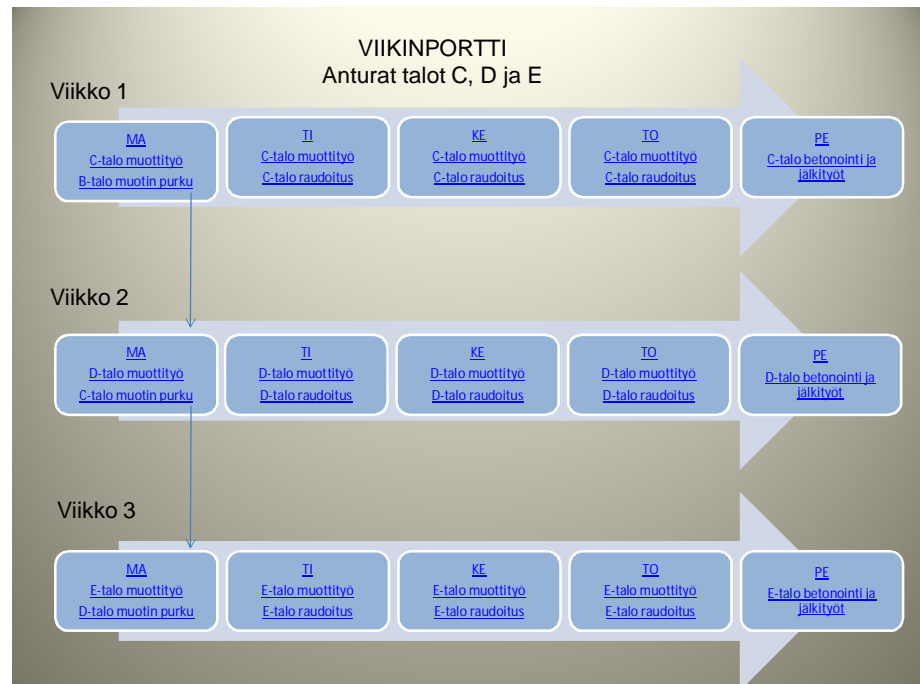
Kuva 23. Viikinportin työmaalle tehdyn päiväkohtaisen työsuunnitelman sivu

Kuvassa 23 on näytetty tuotantosuunnitelman anturoiden valupäivän töitä esittävä sivu. Ensimmäisen esimerkkikohteen jälkeen malliin tulleiden kehitysehdotusten jälkeen suunnitelmaa muokattiin ja Viikinportin anturatöistä tehdyssä mallissa onkin seuraavat osiot:

- Sisältö kertoo päivän aikana tehtävänä olevat työt
- Suunnitelmat ovat linkitettyinä tärkeimpiin piirustuksiin ja suunnitelmiin
- Mitoitus on toteutettuna taulukkomuotoon
- Anturatöiden työjärjestys
- Työturvallisuudessa huomioon otettavat asiat
- Keskellä sivua linkit betonointipöytäkirjaan ja betonin lujuudenkehityksen laskentataulukkoon
- Töissä erityisesti huomioon otettavat asiat.

Malliin tehdyt mitoitusmäärät laskettiin piirustuksista ja töiden menekit saatiin pääasiassa työmaan arvioimina jo tehtyjen anturoiden perusteella. Anturoita oli ehditty tehdä kahteen ensimmäiseen taloon ja tuotantosuunnitelma on tehty kolmea seuraavaa kerrostaloa varten, näiden pohjaratkaisuiden samankaltaisuus mahdollisti mitoituksen ja formex-valulevyjen helpon kierrätyksen useampaan kertaan. Työmaan aloitteesta valupäivää kuvaavalle sivulle otettiin mukaan linkki betonin lujuudenkehityksen laskentaan tehdystä taulukosta. Finnsementin taulukoista omaan käyttöön

muokatun laskentakaaavan ja siihen syötettyjen lämpötilatietojen avulla talvella valettujen anturoiden lujoudenkehitystä voidaan luotettavasti seurata.



Kuva 24. Kokonaiskuvaus Viikinportin kolmen viimeisimmän talon anturatöistä

Kuvassa 24 on Viikinportin työmaalle tehdyn päiväkohtaisen tuotantosunnitelman ensimmäinen sivu, joka tehtiin selkeyttämään kokonaisuutta. Siitä näkee helposti kolmen viimeisimmän talon anturatöiden etenemisen viikkotasolla. Tässä yksittäistä viikonpäivää kuvaava laatikko on linkitetty kyseistä päivää tarkemmin kuvaavalle sivulle.

Informaatiotaulun osalta työmaalla olivat hyvät lähtökohdat taulun tehokkaaseen käyttöön. Työmaatoimistossa oli valmiiksi asennettuna suurehko tussitaulu (kuva 25) ja sen käyttö oli jo muodostunut tavaksi työmaan toimihenkilöille. Taulussa oli esitettyä kuluva ja kolmen seuraavan viikon osalta työmaalla tapahtuvat tärkeimmät työvaiheet ja tapahtumat.

VKO	MA	TI	KE	TO	PE
8	VSS-1 Putsaus Hanki putsarit	VSS-2 Sisämuuri KATELOIT A-TALO ALAKOIVA 3 RUOKA			
5	A-TALO VSS KORTTELIN VALU M2 - PUMPI KLO 14:00 VALU JÄRJESTYKSEEN	A-TALO VSS KORTTELIN KORTTELIN PUOLAN ERISTYS KATTE	John & Jani Joukkopöytä	A-TALO VSS KORTTELIN VALU 200 - KORTTELIN PUOLAN ERISTYS KLO 13:00	
6	ANTUROVALUT - KORTTELIN - VSS-B KORTTELIN B-TALO KORTTELIN 500 PUMPI KLO 15:15	ANTUROVALU VIERAPÄÄLLIJÄ KLO 14:00 27.2 PUMPU 32m	Aluksi Joukkopöytä	VSS KORTTELIN VALU B-TALO 100 PUMPU 300 KLO 14:30	
7	ELEKTRITÄ ASENAMIN ALAKO C JA B-TALOIN SÄHKÖKIRJOT	KATELOIT B-TALOIN VSS KORTTELIN C JA B-TALOIN KORTTELIN TALON KORTTELIN VSS	KATELOIT KORTTELIN VALU C-TALOIN 500 PUMPU VSS VALU A-TALO 800 PUMPU KLO 8:00	KATELOIT KORTTELIN VALU 1000 VALU B-TALO VSS KORTTELIN VALU B-TALO A-TALO KORTTELIN VALU 1500 PUMPU KLO 15:15, PUMPU 50	LAUONTA! VSS-1 Purkin 7 Perjantai KLO 10:00 15:30

Kuva 25. Viikinportin informaatiotaulu

Informaatiotaulun käytöstä työmaalle esiteltiin erilaisia vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia kuinka sen käyttöä voitaisiin tehostaa. Anturoita tehtäessä hyväksi osoittautui tapa varmistaa taululla työvaiheiden aloitusedellytykset tai tilaukset. Punainen ok -merkintä varmistettavan asian vieressä kertoo muillekin mitä on jo sovittu ja mitä vielä varmistamatta.

### Saavutetut tulokset

Viikinportin työmaalla tehdyn tuotannonsuunnittelun ja johtamistapojen kehittämisen jälkeen vielä jatkokehitystä kaipaavia tai ratkaisematta jääneitä asioita oli seuraavat:

- Päiväkohtaisen työsuunnitelman tarkkuuden taso pitää selvittää
- Informaatiotaulun sijoittaminen.

Tehtäessä päiväkohtaista työsuunnitelmaa työvaiheesta enemmän sen antaman perehdytyksen vuoksi on tärkeämpää keskittyä tehtävän sisältämien töiden ja vaatimusten selvittämiseen, kun taas tietylle työmaalle tiettyinä hetkenä tehtävän työn tarkassa suunnittelussa keskitytään enemmän määrä- ja resurssitietoihin. Siksi onkin tärkeää, että alusta asti on selvää, miksi tuotannonsuunnittelua ollaan tekemässä. Jos mallista yritetään väkisin tehdä sekä tarkkaa tuotannon kuvausta että hyvää yleispätevää perehdytyslomaketta työvaiheeseen, tullaan kohtaamaan ongelmia malliin sijoitettavien osien valinnassa. Tarkan tuotannonkuvauksen käyttötarkoitus

ei ollut tätä työtä tehdessä heti kirkkaana mielessä, ja siksi jouduttiin tekemään paljon hidasta kehitys- ja muutostyötä kesken mallin teon.

Myös Viikinportin työmaalla taulun sijoittaminen aiheutti ongelmia. Työmaatoimistot sijoitetaan usein tilan säästämiseksi kahteen tasoon, jolloin toimisto ja miehistön sosiaali-tilat ovat usein eri tasoissa. Kun tahdotaan saada taulu koko työmaan käyttöön, yhteisesti kaikille näkyvän paikan löytäminen on hankalaa. Usein päädytään samaan ratkaisuun kuin Viikissäkin, ja taulu tulee työmaatoimiston seinälle. Rakennettavan tontin suuruudesta ja koppien asettelusta riippuen taulu voidaan sijoittaa myös ulos omaan pieneen katokseensa. Tällöin informaatiotaulu olisi hyvin näkyvillä, mutta samalla on muistettava, ettei sen täyttämisen kynnyks saa nousta liian korkeaksi.

Hyviä kokemuksia Viikinportin työmaalta saatiin työn osalta ainakin seuraavissa asioissa:

- Löydettiin uusi käyttömahdollisuus tarkalle tuotannonsuunnittelulle perehdytys-käytännöstä
- Saatiin kokemuksia mallin käytöstä myös perustusvaiheen töistä ja saatiin siihen uusia osia työmaan tarpeisiin kehitettynä
- Kuvattiin kolmen tekemättä olleen kerrostalon anturatöiden eteneminen
- Tuotannon aloitusedellytysten tarkastelu informaatiotaulussa
- Ajatus tehtyjen toteutusratkaisujen saattamisesta yleiseen tietoon.

Päiväkohtainen tarkka tuotantos suunnitelma kehittyi toisessa esimerkkikohteessa uuteen suuntaan. Viikinportin vastaavan työnjohtajan aloitteesta mallista saatiin kehitettyä apuväline uuteen työvaiheeseen perehtymiseen. Kun kokematon työnjohtaja tai entuudestaan tuntemattomaan työhön valmistuva kokenut työnjohtaja miettii työnkulun etukäteen mallin vaatimalla tasolla, voidaan olettaa työhön perehtymisen olevan hyvällä tasolla. Toisaalta mallin läpikäyminen työntekijöiden kanssa esimerkiksi aloituspalaverissa auttaa selvittämään työn etenemistä ja tavoitteita. Työvaiheena anturoiden teko vaatii erilaisen lähestymistavan työnsuunnittelussa verrattuna elementtiasennukseen, ja päivää kuvaavaan sivuun otettiin uusia osioita. Esimerkiksi anturoiden valutoissa on kätevää kun tarvittavat asiakirjat ja suunnitelmat on etukäteen etsitty ja linkitetty päivän sivulle. Tällöin ei niiden etsimiseen kulu aikaa varsinaisen työn

suoritushetkellä ja vaikkapa betonin lujuuden seurannan toteutus tulee mietittyä etukäteen ja tehtyä kunnolla.

Päiväkohtaisena työsuunnitelmana kuvattiin jäljellä olleiden kolmen kerrostalon anturoiden teko. Kolme taloa käsitti yhteensä noin 470 metriä anturaa ja pohjaratkaisultaan samankaltaisina niiden välille voitiin myös suunnitella muottikierto. Suunnitelma tuki työmaan anturoista jo tehtyä työsuunnitelmaa ja osaltaan tarkensi sen sisältöä, vaikka tällä työmaalla mallin perimmäinen tarkoitus olikin perehdytyksessä.

Informaatiotauluun saatiin hyviä kokemuksia, esimerkiksi Last Planner -menetelmästä tutusta tehtävän aloitusedellytysten seurannasta. Yksinkertainen tapa merkata tauluun tehtävän tai esimerkiksi tavarantoimituksen varmistuminen olisi helppoa ottaa käyttöön muillakin työmailla.

Viikinportin työmaan tuotannonsuunnittelun mallia tehdessä nousi esiin ajatus eri toteutusorganisaatioiden parissa kehittyneiden ideoiden ja parannusehdotusten jakamisesta koko yrityksen kesken. Esimerkiksi tehty ja toteutuksen aikana paranneltu tarkka tuotantosuunnitelma tai perehdytys tarkoitukseen soveltuva malli voitaisiin viedä yrityksen sisäiseen järjestelmään. Näin jokaisen työmaan ei välttämättä tarvitsisi suortua työvaiheen yleisimpiin sudenkuoppiin, vaan muiden ryhmien virheistä voitaisiin oppia.

## 5 TUTKIMUKSEN TULOS

Tämän insinööritoimiston tavoitteena oli kehittää NCC Rakennus Oy:lle työsuunnittelumalli, jolla parannettaisiin sen asuntokohteiden tärkeimpien tehtävien suunnittelua ja johtamista. Mallista tehtiin helppokäyttöinen, mutta silti riittävän tarkka, että sen perusteella tehtävä voidaan suorittaa. Tavoitteen saavuttamiseksi kehitettiin päiväkohtainen työsuunnitelma ja luotiin sen pohjalta työmaan käyttöön informaatiotaulu johtamisen apuvälineeksi.

Ensimmäisessä esimerkkikohteessa tehdyn tuotannonsuunnittelun ja informaatiotaulun kehityksen tuloksena saatiin hyvää kokemusta mallin toteuttamisesta käytännössä. Ensimmäisen kerroksen haastavien rakenteiden jälkeen niin sanotun peruskerroksen kuvaamiseen ja



suunnitteluun päiväkohtainen työsuunnitelma sopi hyvin. Tehdyn suunnittelun avulla saatiin työmaalle hyvä tavoitetaso johon pyrkiä, niin ajallisesti kuin laadullisestikin. Informaatiotaululla saatiin kolmen työmaan toivoma yhteinen ilmoitustaulu, joka samalla toimi Malminholvin työnjohdon viikkosuunnittelun apuvälineenä.

Opinnäytetyön toiseen esimerkkikohteeseen päästiin jatkokehittämään tuotannonsuunnittelun ja johtamisen mallia. Ensimmäisen kohteen jälkeen päiväkohtainen työsuunnitelma kehittyi Viikinportin työmaalla enemmän työhön perehdyttämisen suuntaan. Tästä saatiinkin hyvää palautetta ja tarkka työsuunnitelma tehtiin käsittämään kolmen kerrostalon anturätöitä, samalla ottaen uusia osia malliin sivuille parantamaan tehtävään valmistautumista. Informaatiotaulun käytöstä saatiin uusia kokemuksia kun tehtävän aloitusedellytysten varmistaminen esitettiin taululla. Jatkokehitysideana työmaalta saatiin idea eri työmaiden tekemien onnistuneiden parannusehdotusten jakamiseen koko muun yrityksen kesken.

Molempien työssä vierailtujen työmaiden osalta nousi työnsuunnittelun kannalta esiin hyvä asenne sen tekemiseen, mitä ei voida pitää yleisenä. Opinnäytetyössä tehtyyn tarkkaan tuotantosuunnitelmaan suhtauduttiin avoimesti, mutta sen käyttöönottoa osaksi omaa tekemistä vierastettiin. Päiväkohtaisen suunnitelman tekeminen koetaan työlääksi, mitä se aluksi onkin. Mallin tullessa tutuksi sen toteuttaminen paperilla ja käytännössä tulee helpommaksi. Lisäksi suunnittelun tarvitsee vielä kehittyä useampien käyttäjien toimesta, jolloin siihen voi jalostua kaikkein tärkeimmät osiot. Informaatiotaulun osalta molemmissa vierailluissa kohteissa kohdattiin samanlaisia ongelmia ja onnistumisia. Taulun sijoittaminen niin, että se on koko työmaan nähtävillä ja samalla helposti käytettävissä osoittautui hankalaksi. Taulun paikka onkin mietittävä lähes jokaisella työmaalla erikseen, mutta useimmiten se sijoittuu työmaatoimiston seinälle. Tällöin sen helppo muokattavuus työnjohdon kannalta korostuu. Molemmissa esimerkkikohteissa taulun käyttö koettiin hyödylliseksi apuvälineeksi niin työnsuunnitteluun kuin ilmoitustaulukäyttöönkin.

Työn pohjalta mietityt jatkokehitysmahdollisuudet jaoteltiin niiden toteuttamismahdollisuuksien mukaan seuraavasti:

- Jatkokehitys joka on mahdollista tehdä heti
- Lähitulevaisuudessa mahdollinen jatkokehitys
- Pidemmän aikavälin kehitys.

Jatkokehityksenä opinnäytetyön jälkeen jo lyhyellä aikavälillä, voitaisiin esimerkiksi miettiä työntekijöiden mukaan ottamista tuotannonsuunnittelun tekemiseen nykyistä enemmän. Toteutuspuolella itse työn suorittamisesta on varmasti parempi käsitys ja tekijöiltä voitaisiin saada monta hyvää kehitysideaa. Nykyiseen informaatiotaulun käyttöön puolestaan voitaisiin ottaa päivittäiset tai viikoittaiset tavoitteet selkeämmin esille, lisäksi eri tehtävät tai eri työnjohtajan hoidettavat asiat voitaisiin merkitä tauluun kukin eri värillä. Tällöin yhden tehtäväkokonaisuuden seuraaminen viikkonäkymässä helpottuisi.

Lähitulevaisuudessa järjestelmien ja asenteiden muuttuessa voitaisiin jatkokehitykseen ottaa vaikkapa jo Viikinportin työmaalla mietitty ratkaisupankki ja kuvaukset eri työvaiheiden kulusta. Yrityksen verkossa kaikkien saatavilla olevassa järjestelmässä voitaisiin näyttää kehitysideoita vaikkapa käytettyjen päiväkohtaisten työsuunnitelmien muodossa. Tekniikka tämän kaltaiseen käyttöön on jo olemassa, mutta sen toteutuminen käytännössä vaatii vielä panostusta kehitystyöhön. Toinen lähitulevaisuudessa jatkokehityksen kautta tuloksia tuova asia voisi olla Last Planner -menetelmän parempi hyödyntäminen työmailla. Last Planner:ista saadaan varmasti kehityskelpoisia aiheita tuleviin oppilastöihin, kuten myös siitä miten päiväkohtaisen työsuunnitelman osioita saataisiin tehokkaammin esitettyä informaatiotaulujen avulla.

Pidemmän aikavälin kehityskohteina voidaan pitää koko rakennusalaan käsittävää asenteiden muutosta. Asenne tuotannonsuunnittelua kohtaan on parantunut, mutta vain osalla alalla toimivista tekijöistä. Jos tulevaisuudessa tuotannonsuunnitelmat nähdään enemmänkin mahdollisuutena parantaa omaa toimintaa kuin järjestelmälähtöisenä pakkona, ollaan oikealla tiellä. Toinen asenteisiin ja juurtuneisiin käytäntöihin liittyvä kehitysidea on työaikojen noudattaminen. Keino, jolla työntekijät saataisiin tekemään töitä sopimuksessa määrättyyn 15.30 asti, olisi todellista tuotannon kehittämistä

ja kehitystä parhaimmillaan. Jos päivän päätteeksi läpikäytäisiin työnjohtajan ja työntekijöiden kesken sen päivän tavoitteissa onnistumiset ja epäonnistumiset saataisiin kontrolloitua päivän päättymistä, ja lisäksi voitaisiin molemminpuolisen palautteen avulla parantaa koko organisaation toimintaa.

## VIITELUETTELO

- [1] Koski Hannu, *Talonrakentamisen työmaatekniikka*, Tampere: Rakennusteollisuuden Keskusliitto, Työsuojelurahasto, Opetushallitus ja Rakennusliitto. 1992.
- [2] Ratu-ohjekortti, menekit ja menetelmät 21-0269, *Lautamuottityö*, 2005.
- [3] RunkoRYL 2000, *Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 2000. Talonrakennuksen runkotyöt*, 1998, Rakennustietosäätiö
- [4] Ratu-ohjekortti, menekit ja menetelmät 52-0261, *Ovi- ja ikkunatyö*, 2003.
- [5] NCC Rakennus Oy:n sisäinen toimintajärjestelmä [viitattu 14.01.2010].
- [6] Kankainen, Jouko - Junnonen, Juha-Matti, *Tehtäväsuunnittelu ja -valvonta rakentamisessa*, Saarijärvi: Rakennusteollisuuden keskusliitto ry ja Rakennustietosäätiö. 1999. s. 8-9
- [7] Kankainen, Jouko - Sandvik, Tom, *Rakennushankkeen ohjaus*, Tampere: Rakennusteollisuuden keskusliitto ry ja Rakennustietosäätiö. 1999. s. 36–38
- [8] Mäki, Tarja - Koskenvesa, Anssi - Sahlstedt, Satu, *Rakennustöiden laatu 2009*, Tampere: Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RST. 2008. s. 17–25
- [9] Koski, Hannu - Mäkelä, Tarja, *Rakennustöiden turvallisuusohjeet raturva 2*, Tampere: Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RST ja Työturvallisuuskeskus. 2006. s. 7
- [10] NCC Rakennus Oy:n projektipankki Projektia [viitattu 11.02.2010].
- [11] Koskela, Lauri - Koskenvesa, Anssi. *Last Planner -tuotannonohjaus rakennustyömaalla* [LastPlanner production control on construction sites]. Espoo: VTT Tiedotteita. 2003. s.68–72.
- [12] Tuotantopäällikkö Ilkka Leskelän haastattelu. 05.03.2010 NCC Rakennus Oy.
- [13] Insinööritoimisto Mustalammi [Internet-sivut] 2005, [viitattu 26.03.2010] saatavassa: <http://www.mustalammi.fi/Msuun/menetelma-1.html>
- [14] Edu.fi, tarkempi kuvaus tuotannonohjauksesta, [verkkodokumentti] 19.02.2010, [viitattu 26.03.2010] saatavissa: [http://www.edu.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/oph/embeds/120998\\_6187\\_Tuotannonohjaus.pdf](http://www.edu.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/oph/embeds/120998_6187_Tuotannonohjaus.pdf)
- [15] Laatu- ja ympäristöpäällikkö Jari Valon haastattelu. 11.03.2010 NCC Rakennus Oy.
- [16] Vastaava työnjohtaja Juha Silvennoisen haastattelu. 19.02.2010 NCC Rakennus Oy.
- [17] Työmaapäällikkö Markku Hokkasen haastattelu. 12.03.2010 NCC Rakennus Oy

- [18] As Oy Malminholvin projektisuunnitelma, NCC Rakennus Oy:n projektipankki Projektia [viitattu 11.02.2010].
- [19] As Oy Viikinportin projektisuunnitelma, NCC Rakennus Oy:n projektipankki Projektia [viitattu 11.02.2010].
- [20] Formex [Internet-sivut] 2008, [viitattu 19.02.2010] saatavissa: <http://www.formex.fi>

