

Opinnäytetyö AMK
Rakennustekniikka
Tuotantojohtaminen
2015

Henri Sumentola

TEHOKKAAN RUNKORAKENTAMISEN EDELLYTYKSIÄ

NCC Rakennus Oy



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka | Tuotantojohtaminen

2015 | 36

Ohjaaja: Jyrki Haapasaari

Henri Sumentola

TEHOKKAAN RUNKORAKENTAMISEN EDELLYTYKSIÄ

Työn tavoitteena on selvittää tehokkaan runkovaiheen mahdollistavat ja rajoittavat tekijät. Työn esimerkkityömaana toimii NCC Rakennus Oy:n kerrostalotyömaa Turussa. Työssä kuvataan runkovaihetta, johon sisältyy paikallavaletut väliseinät ja holvit, elementtiasennus, muottityö sekä tuotannon ohjaus ja osa suunnittelusta.

Työssä käydään läpi esimerkkikohteen runkovaiheen toteutuksen kulku, tehokkuutta rajoittavat tekijät sekä tehokkuuteen positiivisesti vaikuttaneet tekijät. Työ toimii myös avustuksena uudelle työnjohtajalle runkovaiheen toteutuksessa.

ASIASANAT:

betonirakenteet, runkorakenteet, tehokkuus, toteutus, kerrostalot

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Production Management

2015 | 36

Instructor: Jyrki Haapasaari

Henri Sumentola

PREREQUISITES OF EFFICIENT FRAME CONSTRUCTION

The goal of the work was to determine factors which possibly restrict or enable efficient concrete frame construction. The construction site under study is NCC Rakennus Oy's apartment house construction site in Turku. The study covers frame construction phase, which contains in situ poured partition walls and slabs, as well as element installation, mold working, production control and part of planning.

The work discusses the frame constructions implementation at the site, factors which limit efficiency or had positive effect on efficiency. The thesis works also as an aid for a new foreman in the implementation of frame construction.

KEYWORDS:

concrete structure, frame, efficiency, implementation, apartment building

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 KOHDETIETOJA	6
3 RUNKOVAIHEEN TOTEUTUS	11
Päivä 1	12
Päivä 2	13
Päivä 3	14
Päivä 4	15
Päivä 5	16
Päivä 6	17
Päivä 7	18
Päivä 8	19
4 HYÖDYNNETTÄVÄT SUUNNITELMAT	25
5 RUNKOTYÖTÄ RAJOITTAVAT TEKIJÄT	28
6 ESIMERKKIKOHTTEEN TEHOKKUUTEEN VAIKUTTANEET TEKIJÄT	30
7 POHDINTAA	34
LÄHTEET	35

LIITTEET

Liite 1. Perustus- ja runkoaikataulu

1 JOHDANTO

Insinööriyön toimeksiantaja on NCC Rakennus Oy, ja työssä tarkastellaan betonirunkoisen asuinkerrostalon toteutusta. NCC-konsernin tavoitteena on tarjota paras mahdollinen lopputulos asiakkaalle, mikä tarkoittaa kokonaisedullisuutta, tuotteen ja palvelun laatua, elinkaariajattelua sekä lisäarvon tuottamista asiakkaalle. Runkovaiheen tehokas ja virheetön toteuttaminen kuuluu tavoitteeseen. (NCC 2015)

Työn tarkoituksena on tutkia kohteen runkovaiheen tehokkuuteen mahdollistaneita tekijöitä sekä yleisesti kohteen runkovaiheen toteutusta, valvontaa ja laatuvaatimuksia. Työvaiheet ja aiheet, joita kohteen runkovaihe sisältää ja tutkimus kattaa, ovat elementtiasennus, suurmuottityöt, holvimuottityöt, betonointityöt, raudoitus, työturvallisuus, järjestys, työnjohto sekä tilaukset ja logistiikka.

Koska runkovaihe on tahdistava työvaihe, sen sujuvuuden tärkeys korostuu entisestään. Runkovaihe käsittää työt perustusvaiheen ja sisävalmistusvaiheen välissä. Runkovaihetta nopeuttamalla pystytään aloittamaan sisävalmistusvaihe nopeammin, mikä mahdollistaa aikataulun tiivistämistä. Työvaiheiden tehostusta ajatellessa tulee huomioida, että laatu ja työturvallisuus eivät saa missään tapauksessa kärsiä suunnitelluista muutoksista. Liiallinen kiire vaikuttaa herkästi turhien lisätöiden syntymiseen.

Esimerkkikohteessa runkovaiheen toteutus oli tehokasta, ja runkotyöt etenivät yhden asuinkerroksen osalta jopa alle kahdeksassa päivässä. Työssä käydään läpi runkovaiheen eteneminen, käytettävät suunnitelmat sekä etenemiseen vaikuttavat tekijät ja tehokkuuden mahdollistaneet tekijät.

2 KOHDETIETOJA

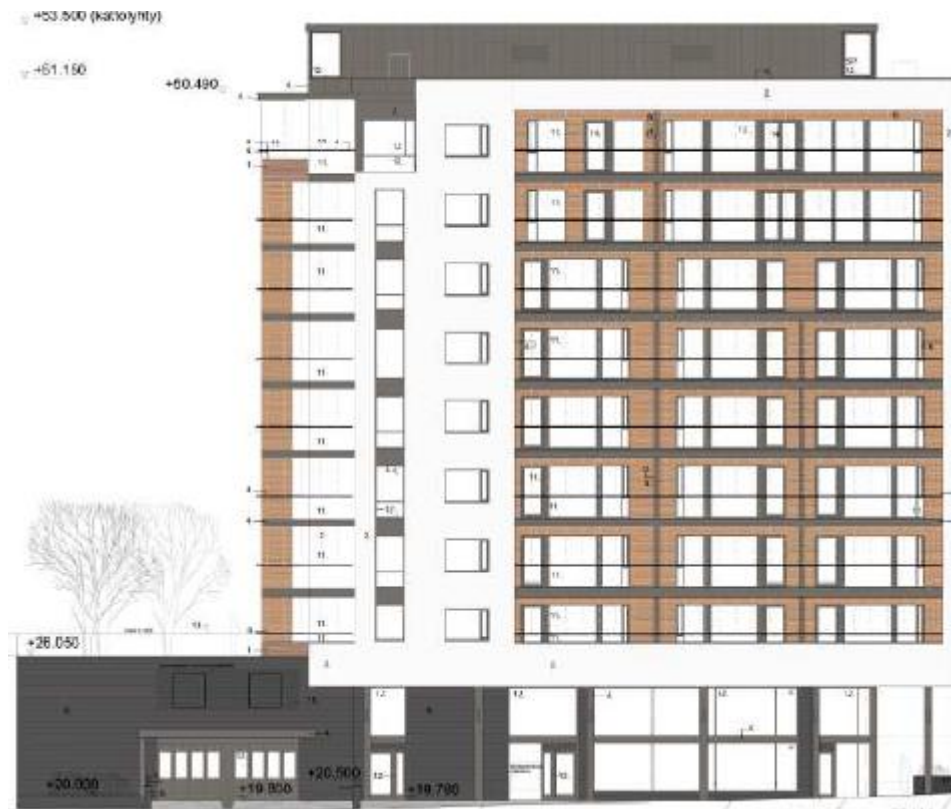
Työssä käsiteltävä kohde on asuinkerrostalo (kuva 1) Turun Kupittaaanpuistossa, joka käsittää kahdeksan asuinkerrosta sekä kaksi kellarikerrosta, joissa on yleiset tilat, väestönsuoja, tekniset tilat sekä varastot. Asuinkerroksissa 1–6 on kussakin 10 asuinhuoneistoa, kerroksessa seitsemän on kahdeksan huoneistoa ja kerroksessa kahdeksan viisi huoneistoa. Kerroskohtaiset bruttoalat ovat pääosin 524br^m per asuinkerros (taulukko 1).

Kohteen urakkaan kuului myös kaksikerroksisen parkkihallin osa, joka sijoittuu kellarikerrosten kanssa samaan korkoon. Alueelle rakennetaan yhteensä kymmenen asuinkerrostaloa ja yhteinen pysäköimistila palvelemaan kaikkia taloja. Alueen rakennusvaihe on aloitettu vuoden 2010 elokuussa, ja työssä käsiteltävän kohteen jälkeen rakennetaan alueelle vielä viimeiset kaksi kerrostaloa.

Kohteen runko toteutetaan ulkoseinien osalta betonielementein, kantavat väliseinät ovat pääosin paikalla valettavia, loput betonielementtejä (taulukko 2). Laatta ja holvit tehdään pääosin paikallavaluna (kuva 2). Holvien ja alapohjan raudoitteet sidotaan paikalla ja seinissä hyödynnetään valmiiksi sidottuja häkkeitä.

Runkotyössä noudatettavia laatuvaatimuksia ovat: RunkoRYL 2000: 21 Muottityö, 22 Rauditus, 23 Betonointi, 31 Teräsrunkotyö, 61 Lämmöneristys, 62 Ääneneristys, 632 Rakennuksen sisäpuolinen vedeneristys, 65 Palosuojaustyö, F22 Kuilut, F24 Kantavat väliseinät sekä By 50, Betoninormit 2004.

Rakennuksen julkisivu koostuu tiilimuurauksesta ja rappauksesta.



Kuva 1. Kohteen julkisivu (rakennusselostus).

Taulukko 1. Kohdetietoja.

Kohdetietoja

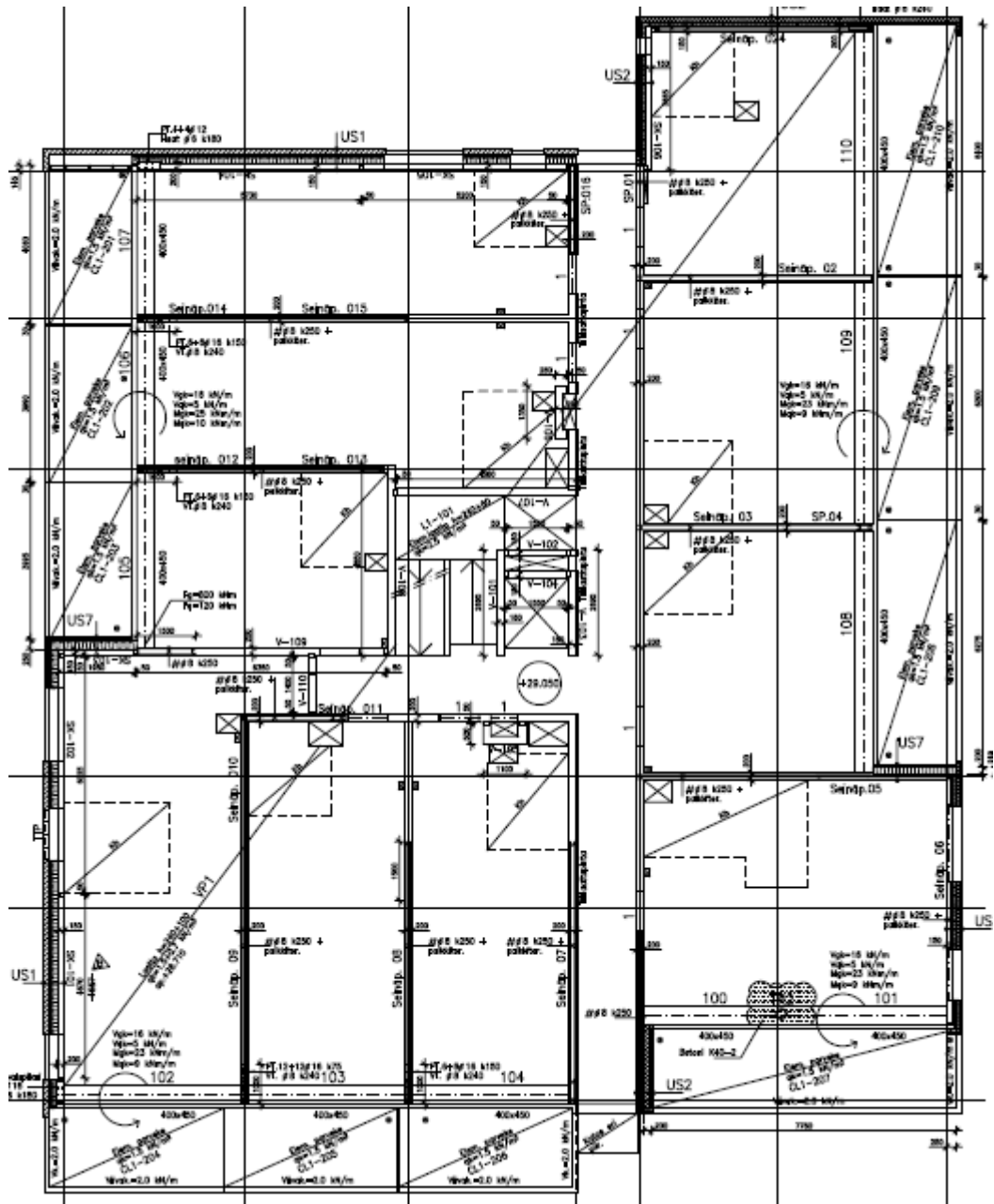
Urakka-alue	n. 1200 m ²	m ²
Rakennuksen tilavuus	15478 m ³	m ³

Rakennuksen rak.oikeudelliset kerrosalat	
1. kellarikerros	0,0 kem ²
2. kellarikerros	0,0 kem ²
1. kerros	524,0 kem ²
2. kerros	524,0 kem ²
3. kerros	524,0 kem ²
4. kerros	524,0 kem ²
5. kerros	524,0 kem ²
6. kerros	524,0 kem ²
7. kerros	524,0 kem ²
8. kerros	477,5 kem ²
yhhteensä	4145,5 kem²

Huoneistoala	
1. kerros	389,0 htm ²
2. kerros	389,0 htm ²
3. kerros	389,0 htm ²
4. kerros	389,0 htm ²
5. kerros	389,0 htm ²
6. kerros	389,0 htm ²
7. kerros	391,0 htm ²
8. kerros	358,0 htm ²
yhhteensä	3083,0 htm²

Bruttoalat	
1. kellarikerros	387,0 brm ²
2. kellarikerros	387,0 brm ²
1. kerros	524,0 brm ²
2. kerros	524,0 brm ²
3. kerros	524,0 brm ²
4. kerros	524,0 brm ²
5. kerros	524,0 brm ²
6. kerros	524,0 brm ²
7. kerros	524,0 brm ²
8. kerros	477,5 brm ²
yhhteensä	4919,5 brm²
1. kellarikerros, paikoitustila	360,0 brm ²
2. kellarikerros, paikoitustila	360,0 brm ²
yhhteensä	720,0 brm²

Asuntoja	73 kpl
Autopaikkoja	47 kpl
Paloluokka	P1



Kuva 2. Ensimmäisen asuinkerroksen laudoituskuva.

Taulukko 2. Asuinkerroksen esimerkkimääriä.

SK-elementit	kpl	6
väliseinäelementit	kpl	10
parveke-elementit	kpl	10
kerros/lepotaso-elem.	kpl	1
porraselementit	kpl	2
hormit	kpl	10
Hissilava	kpl	1
Kylpyhuoneenmittaus	kpl	10
Holvilaudoitus	m ²	470
Suurmuottiseinä	m ²	227
Topparit/työsauma	m	18,8
Seinälaudoitus kappaletavarasta	m ²	56,2
Betonipilarit/teräspilarit	kpl	1
Holvinlaud. laattavahvennokse osalta (+ 4,7 l/jm)	jm	104
Väliseinäbetonit	m ³	55
Holvibetonit	m ³	120

Seinälaudoitus kappaletavarasta jäi kokonaan pois ensimmäisen asuinkerroksen jälkeen ja seinämuottityössä käytettiin vain suurmuotteja.

3 RUNKOVAIHEEN TOTEUTUS

Kuten muutkin työvaiheet, myös runkovaihe alkaa toteutuksen suunnittelulla. Tärkeimmät runkovaihetta koskevat suunnitelmat piirustusten lisäksi ovat tehtäväsuunnitelma, elementtiasennussuunnitelma, muottisuunnitelma, putoamis- suojaussuunnitelma, hankintasuunnitelma ja betonityösuunnitelma. Ensimmäisen kerran runkovaihe otetaan huomioon jo yleisaikataulua tehtäessä. Runko-työ on suunniteltu alkavaksi toukokuun alussa ja valmiiksi syyskuun puoliväliin mennessä. Kellarikerroksille on varattu pidempi aika aikatauluun, asuinkerroksille aikaa on suunniteltu käytettäväksi kahdeksan päivää per kerros. Yleisesti aikataulut laaditaan työmaalla työmaainsinöörin toimesta, tai monesti hän laatii sen jo urakkalaskennassa, mikäli hän on mukana laskentavaiheessa. Hän päivittää myös aikatauluseurantaa ja pääasiassa kaiken muunkin seurannan, pois lukien työmaapäiväkirjan, josta huolehtii vastaava työnjohtaja. Piirustukset tulevat työmaalle suunnittelijalta, ja niiden sekä rakennusselostuksen pohjalta työmaan toimihenkilöt (vastaava työnjohtaja, työnjohtaja, työmaainsinööri) laativat aikaisemmin mainitut runkovaihetta koskevat suunnitelmat. Kohteessa varsinaiseen runkoryhmään kuului viisi rakennusammattimiestä, joista neljä olivat kirvesmiehiä, yksi nosturinkuljettaja ja kaksi rakennusmiestä, joista toinen oli koukkumies ja toinen holvimuotin purkaja. (Liite 1. Perustus- ja runkoaikataulu.)

Koska betonirunkoa tehtäessä on useita eri työtapavaihtoehtoja ja -ratkaisuja, perehdytään työssä vain esimerkkikohteessa käytettyihin menetelmiin.

Suorittava työvaihe alkaa alapohjan laatan muottitöillä, talotekniikan asennuksella ja raudoituksella. Kun alapohja on valettu ja laatta on saavuttanut riittävän lujuuden, alkaa seinien mitoitus ja väestönsuojan laudoitus. Väestönsuojan työt ovat yleensä aikaavieviä ja on tapana merkitä yleisaikatauluun erikseen kohta väestönsuojalle. Neljän hengen työryhmä jaetaan kahdeksi, jolloin toinen työpari laudoittaa väestönsuojaa ja toinen työpari tekee suurmuottityötä tai elementtiasennusta. Tähän mennessä on pitänyt jo päättää käytettävä muottijärjestelmä

sekä tilata työmaalle tarvittavat tavarat, kuten kiinnitystarvikkeet, väestönsuojan valuosat, muottikalusto, puutavaraa, tuentatarvikkeet ja saumalaasti.

Varsinaiset työtavat eivät juuri poikenneet kellarikerrosten osalta asuinkerrosten työtavoista, lukuun ottamatta ulkoseiniä, jotka tehtiin kellarissa paikallavaluna ja asuinkerroksissa betonielementtinä. Toisen kellarikerroksen ulkoseinät aiheuttivat lisätyötä verrattuna alempaan kerrokseen sillä muotit vaativat ulkopuolisen tuennan, tarkoittaen esimerkkikohteessa PERI:n seinään ankkuroitavaa työlavaa jonka päälle muotin jalat saatiin tuettua. Työlavoihin kuuluu betonivaluun asennettavat konsolit, joilla saadaan riittävä tartunta ja taataan lavan turvallinen käyttö. Kellarikerrosten kanssa samaan aikaan tehtiin urakkaan kuuluva osa pysäköintilaitoksesta.

Asuinkerrosten osalta päiväkohtainen työaikataulu työryhmineen oli seuraavanlainen ensimmäisen asuinkerroksen osalta. Ylemmissä kerroksissa aikataulua tehostettiin entisestään runkoryhmän osalta. Päiväkohtaisten selostusten jälkeiset kuvat ovat asuinkerroksesta numero viisi.

Päivä 1

Holvin valua seuraava päivä alkaa seinälinjojen paikalleenmittauksella (2 RAM 1 h). Työtä nopeuttaa kahden eri suuntiin kulkevan mittalinjan käyttö. Linjat kulkevat joka kerroksessa samassa kohtaa porrashuoneen käytävien keskeltä, jolloin linjan siirto seuraavaan kerrokseen onnistuu kätevästi ja tarkasti luotia käyttämällä. Varsinaiset seinälinjat mitataan näistä mittalinjoista käyttämällä mitoituspiirustukseen valmiiksi kirjattuja mittoja. Samaan aikaan nostetaan holville työkalukontti sekä kiinnitetään muottien väliskeitää betoniin (2RAM 1 h).

Muottien työpuolet nostetaan mitoitetulle linjalleen ja kiinnitetään kaatumisen estävät tuuliketjut, minkä jälkeen asennetaan päätytopparit, mahdolliset varaukset, talotekniikka sekä raudoitteet (4 RAM 5 h + Talotekniikka sivu-urakkana ja raudoitus aliurakkana). Varaukset tehdään materiaalista, joka kestää useamman käyttökerran, minkä lisäksi esimerkiksi oviaukkojen kulmiin laitetaan vielä palat joustavaa materiaalia, kuten pakkasmattoa. Näin varmistetaan, että va-

rausmuotit säilyvät ehjänä purettaessa. Suurmuottiin mitoitetaan myös valupinnan korkomerkit, ja muottivälikkeet kiinnitetään alustavasti paikoilleen väliketangoilla. Kun muotissa on kaikki tarvittavat asennukset, työnjohto tarkastaa raudoituksen ja antaa luvan asentaa suurmuotin toisiopuoli, jonka jälkeen ylös päätyihin asennetaan kaiteet ja muotit säädetään suoriksi (kuva 2). Kun muotit ovat suorassa, aloitetaan valu. Valu suoritetaan betonijassikalla ja torninosturilla. Muottien suoruttua tarkkaillaan valun aikana runkoryhmän toimesta työnjohtajan valvonnassa (4 RAM 2 h).



Kuva 2. Ensimmäisten seinävalujen jälkeen.

Päivä 2

Päivä alkaa muottien avaamisella, puhdistuksella ja siirrolla. Työpuolet siirretään seuraaviin paikkoihinsa ja muottien pinnat öljytään. Toisiopuolet siirretään odottamaan tuplausta. Päivä etenee kuten ensimmäinen päivä tuuliketjujen kiinnityksestä jatkuen (kuva 3). Seinävalut oli jaettu kolmelle päivälle, joista jo-

kaisen laajuus oli noin 18 m³. Valujen jälkeen työnjohtaja tarkastaa, ettei pinnoissa ole huonosta tiivistyksestä aiheutuneita ”rotankoloja”, eikä betonia ole päässyt varauksiin tai muualle, mihin sen ei ole tarkoitus päästä.



Kuva 3. Toisen valupäivän jälkeen. Osa elementeistä jo asennettuna.

Päivä 3

Etenee kuten edeltävä päivä, mutta aletaan myös nostaa holvimuottikalustoa valmiiksi holville ja jakaa kalustoa paikoilleen. Muottisuunnitelmasta on ennakkoon katsottu huoneistokohtaisesti tarvittava muottikalusto, jotta huoneistoon nostetaan juuri oikea määrä kolmijalkoja, holvitukia ja palkkeja. Kohteessa käytettiin PERI:n holvimuottikalustoa. Tutun ja työhön tarkoitetun järjestelmän käyttö on helppoa ja nopeaa. Ylemmissä kerroksissa kolmantena päivänä asennettiin osa elementeistä ja aloitettiin jo holvimuotin rakentamista ensimmäisten asuntojen osalle (kuva 4).



Kuva 4. Kolmannen valupäivän jälkeen. Osa holvista laudoitettuna.

Päivä 4

Aamu alkaa suurmuottien avauksella ja purulla, jonka jälkeen muottien siirto pois holvilta (2 RAM 2 h). Elementtien asennus (2 RAM 6 h). Samaan aikaan holvimuottien niskapalkkien ja palkkien asennus (2 RAM 8 h). Ylemmissä kerroksissa neljäntenä päivän porraskäytävän kadun puoleisten asuntojen osalta holvimuotti oli jo laudoitettu (kuva 5).



Kuva 5. Neljännen päivän jälkeen.

Päivä 5

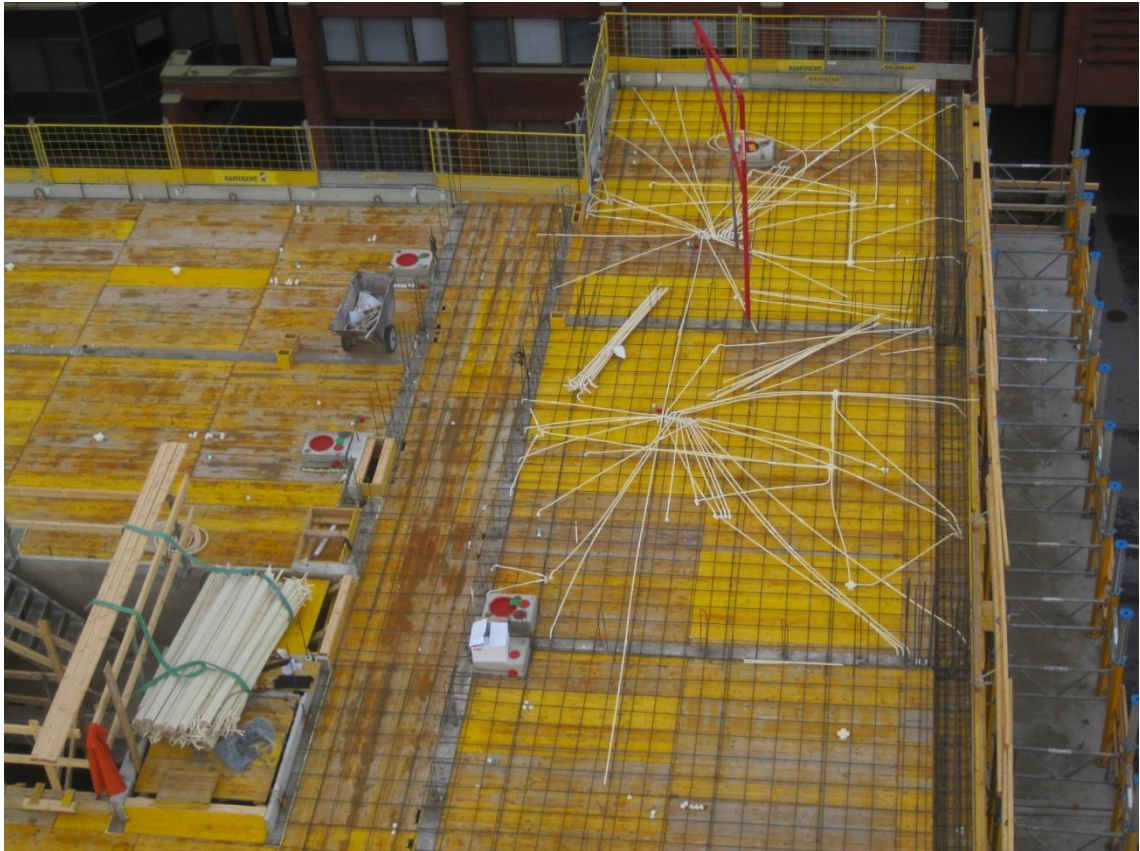
Elementtien asennus (2 RAM 8 h). Holvimuottikaluston asennus (2 RAM 8 h) (kuva 6). Yllä olevassa kuvassa 5 näkyvä rakennussirkkeli on viidennen kerroksen osalta pääasiassa vain varastoituna koska käytetään valmiiksi sahattuja levyjä, mutta normaalitilanteessa sirkkeliä pidetään mahdollisimman lähellä laudoitettavaa aluetta, jotta saadaan turhat siirrot minimoitua. Sirkkeli liikkuu kätevästi maajassikassa, joka toimii myös hukkapaloille jäteastianä.



Kuva 6. Viidennen päivän jälkeen holvi on laudoitettu.

Päivä 6

Elementtien asennus (2 RAM 4 h). Holvimuottilevyn asennus (2 RAM 4 h). Holvimuottikaluston asennus (2 RAM 8 h). (Kuva 7).



Kuva 7. Kuudes päivä. Osa parveke-elementtien tukitorneista valmiit.

Päivä 7

Valutoppareiden asennus holville (2 RAM 4 h). Parvekkeiden tukitornien asennus (2 RAM 4 h). Parvekelaattojen asennus (2 RAM 4 h). Parvekelaatoissa käytettiin Schöck Isokorb -järjestelmää, joka mahdollistaa ulokeparvekelaatan käytön ja sisältää lämpöeristeen. Käytännössä järjestelmä eroaa niin sanotusta normaalista parvekkeesta pitkien tartuntaraidoiteiden ansiosta. Laatta ei tukeudu seinä- tai piellelementteihin, vaan koko kannatus hoidetaan laatasta jatkuvilla pitkillä raudoiteilla, jotka sidotaan ja hitsataan holvin raudoitteisiin. Tämän vuoksi laatat on asennettava tukitornien päälle. Tavanomaiseen asennukseen nähden on myös otettava huomioon, että ulokeparvekkeiden ulompi reuna tulee asentaa aina vähän korkeammalle, sillä tukitornit poistettaessa parvekelaatta hiipuu etureunastaan. Asennus on myös hyvä suorittaa ennen holvi-

raudoituksen yläpinnan tekoa, sillä pitkiä, elementissä kiinni olevia raudoitteita on haastava pujottaa paikoilleen, jos yläpinta on jo raudoitettu. (Kuva 8).



Kuva 8. Seitsemäntenä päivänä suurin osa talotekniikasta asennettuna.

Päivä 8

Parvekelaattojen asennus (2 RAM 4 h). Tukkolaudoitusta (2 RAM 4 h). Holvivalu alkoi noin klo. 15:00 (kuva 9). Valua ennen työnjohto tarkastaa aloitusedellytykset. Tarkastettavia kohteita ovat raudoite, holvimuotin tuenta, muotin tiiviys, varausten paikat ja holvin puhtaus, eli valun joukkoon ei saa jäädä ylimääräisiä esineitä. Lisäksi LVIS-kaluston tarkastaa LVIS-valvoja. Betonityönjohtaja tarkastaa pumppuauton yhdessä kuljettajan kanssa ennen kuin purkaus aloitetaan. Mahdollisuuksien mukaan valvotaan myös valun aikana, etteivät esimerkiksi sähköputket irtoa korpuistaan ja että tiivistys toteutetaan oikeaoppisesti. Varsinaisen valutapahtuman jälkeen työnjohto valvoo, että valuryhmä suorittaa jälkihoidon suunnitelmassa edellytetyllä tavalla.



Kuva 9. Holvin valu käynnissä.

Betonointi alkaa elementtien pystysaumojen valulla, jota varten ensimmäisen betoniauton kuorman kiviaines on pienempää kuin varsinaisessa holvibetonissa käytetty. Kun pystysaumat on kierretty, aloitetaan betonointi järjestelmällisesti yhdeltä sivulta alkaen, pieni alue kerrallaan betonoiden, tiivistäen ja tasoittaen. Holvivalun joukkoon, ennalta mietittyihin paikkoihin jätetään ”loggerit” tallentamaan holvin lämpötilan muutoksia myöhempää lujuudenkehityksen laskemista varten. (Kuva 10).



Kuva 10. Valun jälkeisenä päivänä.

Lisäksi ilman erillistä mainintaa runkoryhmän urakkaan kuului putoamissuojauksesta huolehtiminen (1 RAM 8 h). Käytännössä yhden kerroksen osalta putoamissuojaus käsitti holvin reunakaiteiden, taivaskoukkujen holkkien, taivaskoukkujen, porraskäytävän kaiteiden sekä aukkojen suojien asennuksen. Mikäli työturvallisuusasiat eivät ole kunnossa, työnjohtaja keskeyttää työn, ja aloituslupa annetaan vasta, kun työturvallisuus on kunnossa.

Holvin raudoituksen suoritti aliurakoitsija (3 RAM n. 24 h). Raudoitus aloitettiin kuudentena päivän holvimuotin kattaessa noin kolmasosan kerrosalasta. Holvimuottikaluston purku-urakka suoritettiin heti, kun holvin lujuus sen salli (kuva 11). (1 RM noin 32 h kaluston niputuksen kanssa). Purku aloitettiin huoneistosta, josta seuraavan kerroksen muottityö aloitetaan. Näin varmistettiin muottikaluston saatavuus tarvittaessa.



Kuva 11. Holvimuottikalustoa

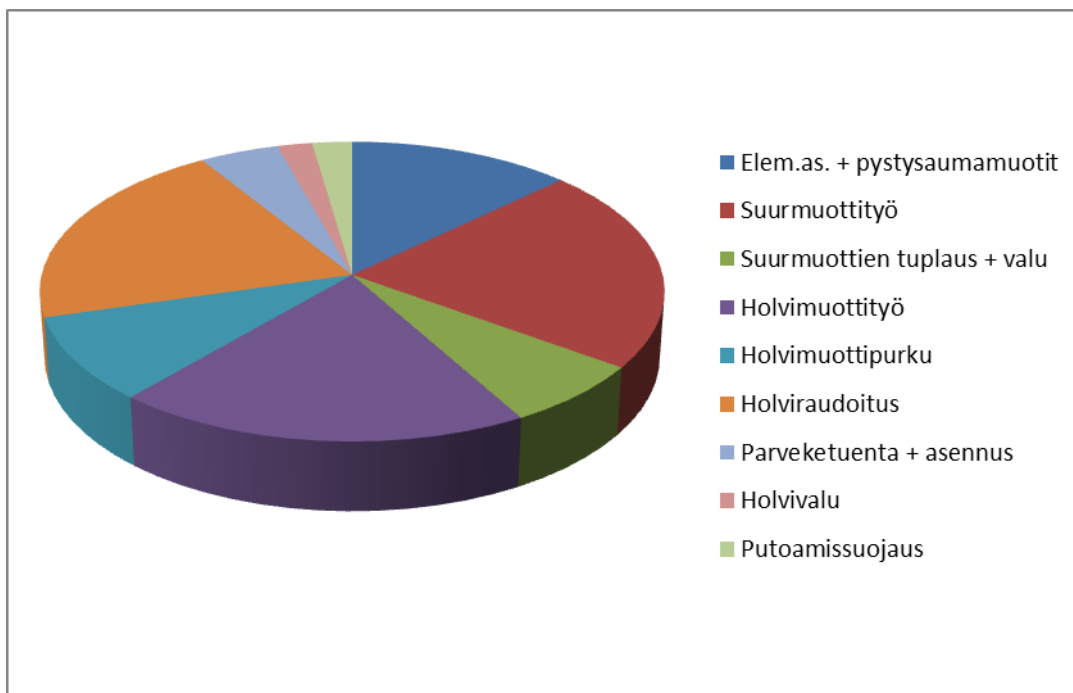
Talotekniikan suoritti sivu-urakoitsija. Talotekniikan asennus suoritettiin heti, kun se oli mahdollista (kuva 12).

Lisäksi työmaalla oli kokopäiväisesti torninosturin kuljettaja ja rakennusmies kiinnittämässä nostettavat tavarat koukkuihin ja ohjastamassa nosturin kuljettajaa. Työmaan siisteydestä huolehti rakennussiivoaja sekä nosturinkuljettajaa ohjaava rakennusmies. Jäteastioina kerroksissa toimivat suolikärkyt, joita tyhjennettiin jätelavalle torninosturin avustuksella. Työn sujuvan etenemisen kannalta tulee nosturinkuljettajan sekä koukkumiehen olla kokeneita ja hyviä työssään, sillä heistä riippuu koko runkoryhmän työtahti.



Kuva 12. Holvi lähes valmiina valua varten.

Suurmuottityössä ennen muottien tuplaamista työnjohtaja tarkastaa raudoitteen, varaukset sekä korkomaailmaan vastaavuuden suunnitelmiin. Holvimuottityössä tarkastettiin vielä lisäksi LVIS-kalusto sekä muotin tuenta. Elementtiasennustyössä tarkastettavia asioita olivat elementtikuorman vastaavuus kuormakirjaan, elementtien tuenta, asemointi ja saumaraudoite.



Kuva 13. Työntekijätuntien jakautuminen ilman talotekniikkaa.

Edellä olevasta kuvaajasta selviää työntekijätuntien jakautuminen runkovaiheen osa-alueiden välille (pois lukien talotekniikka). Yli puolet esimerkkikohteen työntekijätuntimenekestä kohdistuu muottityöhön kohteen ollessa pääasiassa paikallavalettava (kuva 13).

Työnjohdon suorittaman valvonnan lisäksi työmaan kiersi vähintään kerran viikossa tilaajan palkkaama valvoja, ja ennen holvivaluja kaupungin rakennustarkastaja kävi tarkastamassa raudoitteen. Työnjohdon käyttämiä valvonnan keinoja olivat muun muassa aikatauluseuranta ja vertailu, aikaisemmin mainitut tarkastukset ennen valuja ja valujen jälkeen sekä työturvallisuusasiat. Tärkeää on, ettei mitään peitetä ennen kuin työnjohtaja on kuitannut työn kunnolliseksi. Esimerkiksi betonoinnin jälkeiset muutokset ovat työläitä, eikä virhettä välttämättä heti näe. Työnjohtajan on myös oltava ajan tasalla aikataulusta ja suoritettavista töistä. Hyväksi todettu tapa on heti aamulla, kaikkien ollessa samassa paikassa, kertoa päivän työvaiheet, tekijät ja tavoitteet.

4 HYÖDYNNETTÄVÄT SUUNNITELMAT

Runkovaiheen toteutuksessa ja valvonnassa käytetään useita erilaisia suunnitelmia ja piirustuksia, ja niiden yhteensovittaminen ja ristiriidattomuus on tärkeä osa työn toteutusta ja valvontaa. Laadukkailla suunnitelmilla vältetään tiedottomuudesta aiheutuneet lisätyöt, aikataulun muutokset ja laatupoikkeamat sekä varmistetaan mahdollisimman tehokas suoritus. Seuraavaksi on eritelty runkovaihetta koskevia suunnitelmia ja niiden sisältämiä asioita.

Rakennusselostus

Rakennusselostuksessa määritellään käytettävät rakennustekniset laatuvaatimukset, rakenteiden materiaalit ja väestönsuojan vaatimukset. Se on arkkitehdin laatima, jonka perusteella tehdään muut suunnitelmat. Tarkoituksena on esittää rakennuksen ominaisuudet, joita ei piirustuksellisin keinoin voida täsmällisesti määrittää. (RT 15-11176 2015.)

Tehtäväsuunnitelma

Tehtäväsuunnitelma on rungon toteutuksesta työmaalla laadittava suunnitelma, jonka pohjalta saadaan tehtyä myös urakkasopimus. Tehtäväsuunnitelmaan kerätään kaikki rungon toteutukseen vaadittavat tiedot, kuten laatuvaatimukset ja toleranssit, aikataulu, työmenetelmät, työturvallisuusvaatimukset, työvaiheen sisältö, mahdolliset ongelmat ja niiden ehkäisy, työnaikainen laadunvarmistus, aloitusedellytykset, käytettävät suunnitelmat, piirustukset ja kalusto sekä varastointipaikat. Tehtäväsuunnitelmaa käytetään työvaiheen rinnalla vertauspohjana laadulle ja aikataulussa pysymiselle. (Ratu 1202-S 2002.)

Työmaan aluesuunnitelma

Aluesuunnitelma on esimerkiksi asemapiirustus johon on merkitty käytössä oleva varastointitila, roska-astioiden ja -lavojen paikat, alkusammutuskaluston sijainti, ensiapukaapin sijainti, nostopiste ja kulkureitit. Suunnitelmaa päivitetään tarpeen mukaan työmaan edetessä. Sen tarkoituksena on toimia tiedotusvälineenä kaikille hankkeen osapuolille. (Ratu C2-0299 2007.)

Muottisuunnitelma

Muottisuunnitelma tehdään ennen runkovaiheen alkua tarvittavista muoteista, valujärjestyksestä ja turvallisesta toteutuksesta. Suunnitelma sisältää muottien kiertosuunnitelman, turvallisuustoimenpiteet käsittelyyn, varastointiin, nostotyöhön, tuentaan, vakavuuteen sekä putoamissuojaukseen. Suunnitellessa käydään myös läpi muottien tyyppi, kiertoaika ja tarvittava määrä, jotta tavoitteesseen päästään tehokkaasti. Muottisuunnitelma voi olla osana rungon tehtäväsuunnitelmaa. (Suomen Betonitieto Oy 6. 2009)(Ratu 06-3023 1992.)

Elementtiasennussuunnitelma

Elementtiasennussuunnitelmasta tulee selvittää toteutuksen kannalta oleelliset tiedot, kuten kohdetiedot, elementtien määrä, mitat, asennusjärjestys ja -vaiheet, asennustoleranssit, varastointi, nostot, tuenta, lopulliset kiinnitykset, työaikainen laadunvarmistus, aikataulu, seurantamittaukset sekä työturvallisuus. (Ratu 0392 2012.)

Putoamissuojaussuunnitelma

Suunnitelmasta selviää kerroskohtaisesti käytettävät putoamissuojaustavat, kuten kaiteet tai taivaskoukut ja niiden merkki, malli ja sijainti. Tehdään usein laudoituspiirustuksen pohjalle. (Ratu S-1223 2009.)

Betonityösuunnitelma

Suunnitelmassa määritetään betonin laatu ja ominaisuudet, teoreettiset menetkit, betonointitapa, muotit, raudoite, betonin siirrot, tiivistäminen, aikataulut,

työnjohto ja työryhmä, mahdolliset häiriötekijät, jälkihoito, lujuuden kehityksen seuraus sekä muottien purku (By 50. 123).

Hankintasuunnitelma

Hankintasuunnitelma laaditaan heti työmaan alussa. Sisältää vastuunjaon, hankinta-aikataulun, -luettelon sekä hankinnan tavoitteet. Yleensä työmaainsinööri laatii suunnitelman sekä pitää sen ajan tasalla ja sopii toimituksista. (Ratu S-1227 2010.)

Työturvallisuusohje

Työturvallisuusohje on yrityskohtainen ohje, joka määrittää käytettävät suojaimet, putoamissuojauksen sekä sallitut työtavat tai -välineet.

Yleisimmät ongelmat suunnitelmien kanssa ovat ajan puute tai huolimattomuus, joiden takia suunnitelmat saattavat olla epätäydellisiä tai ristiriidassa keskenään. Työmaalla työ jääkin pääsääntöisesti työnjohtajien harteille perehtyä ajoissa suunnitelmiin ja piirustuksiin ja ennakoida mahdolliset puutteet tai ristiriidat. Mikäli ristiriitoja on piirustuksissa, vaatii niiden muutos aina suunnittelijan hyväksynnän tai kokonaan uuden piirustuksen. Piirustusten osalta vastuu ristiriidattomuudesta on aina pääsuunnittelijalla, mutta käytännössä ristiriidoista suuri osa tulee silti ilmi vasta työmaalla. Tärkeimmät keinot virheitä vastaan ovat huolellisuus ja ennakointi.

5 RUNKOTYÖTÄ RAJOITTAVAT TEKIJÄT

Betonisen kerrostalon runkovaiheessa rajoittaviksi tekijöiksi muodostuvat välttämättä joko valujen laajuus tai lujuudenkehitys ja kuivumisaika. On selvää, että kalustoa laajentamalla pystytään valamaan todella suuria määriä päivässä, mutta se ei ole kustannustehokasta eikä järkevää esimerkkikohteen laajuisessa kohteessa. Toinen merkittävä rajoite on nostokalusto. Vaikka asennusryhmässä olisi 10 kirvesmiestä, ei yhdellä nosturilla saa kuin yhden elementin kerrallaan asennettavaksi, eikä toista nosturia ole kustannustehokkuuden huonouden vuoksi järkevää ottaa käyttöön. Osa tehokkaan rungon suunnittelua perustuu näiden rajoitteiden hyväksymiseen ja niiden mukaan suunnitteluun. Kesäaikaan voidaan oletusarvoisesti laskea vaadittavaan 60 %:n muotinpurkulujuuden saavutukseen vähemmän tunteja kuin kylmempään aikaan, ja näin ollen kerroskohtainen kiertoaikataulu lyhenee. 60 % betonin nimellislajuudesta on oletusarvo, ellei suunnitelmissa ole muuta mainintaa. (Betoninormit 2012 by 50, 118.)

Jokaiselle työlle on olemassa omat kalustonsa, jolla työ suoritetaan parhaiten. Runkovaiheessakin on syytä paneutua työvaiheisiin ennen toteutuksen aloittamista ja miettiä, mitkä menetelmät tukevat sekä suorituksen laatua, nopeutta että kustannustehokkuutta. Esimerkkikohteessa käytetyt suur- ja holvimuottikalustot ovat hyvin tyypillisiä vastaaville kohteille juurikin laadun ja nopeuden kannalta. Mikäli kerrosten välillä olisi ollut paljon seinien korkeuden muutoksia, olisi käytetty jotain kasettimuottijärjestelmää. Lisäksi kun käytetään aina samoja tai vastaavia menetelmiä, ovat ne runkoryhmälle ja työnjohdolle seuraavassa kohteessa ennestään tuttuja. Toistot vaikuttavat myös tehokkuuteen, sillä toistettaessa sama työvaihe useaan kertaan samanlaisella kalustolla työtahti kasvaa ja myös virheiden määrä todennäköisesti pienenee. Kohteessa oli osittain sama runkoryhmä, joka oli ollut mukana rakentamassa samalle alueelle aikaisemmin kerrostaloa.

Esimerkkikohteessa päästiin tekemään runkovaihe alkukesän ja syksyn välillä, eivätkä työt lykkääntyneet merkittävästi sääolosuhteiden vuoksi. Varsinkin be-

tonia valaessa on tärkeää, ettei sada rankasti vettä, jotta betonin ominaisuudet eivät muuttuisi. Sääolosuhteet voivat siis osaltaan myös hidastaa runkovaihetta hyvinkin paljon.

Mahdolliset aikataulun poikkeamat tai töiden hidastelut aiheuttavat viivästystä, mikä tarkoittaa työmaan kannalta urakoitsijoiden turhaa ja kallista odottelua ja pahimmassa tapauksessa seuraavan alkavan työvaiheen siirtoa kauemmas ja uutta suunnittelua. Myös hankinta-aikataulu joudutaan muokkaamaan uudelleen töiden viivästyessä. Osa hankinnoista saattaa myös olla sellaisia, mitä ei voida siirtää, ja näin ollen tavaroille on löydyttävä varastointitilaa.

Esimerkkikohteen yhdeksi rajoitteeksi muodostui talotekniikan asennusnopeus. Aikataulua olisi voitu kuroa lyhyemmäksi vielä mahdollisesti vuorokaudella, mutta se olisi tarkoittanut talotekniikan asennukseen tarvittavan lisää asentajia. Parhaimmillaan toteutuneella kokoonpanollakin putkimiehiä oli holvilla kolme kerrallaan, vaikka suurin osa viemäreiden hajotuksista kasattiin valmiiksi ennen holville siirtymistä.

Kohteessa suuremmista ongelmista selvitetty, joskin mahdollinen kompastuskohdista runkovaiheen aikataulussa pysymiselle on myös kesälomakausi, sillä runkoryhmäläisen korvaajalla saattaa kestää oma aikansa päästä työrytmiin mukaan. Kesäisin voi myös olla vaikeampi saada hyviä tekijöitä töihin, mikäli työmaita riittää.

Kohteessa asuntojen parvekelinjoja reunustaa laattaan liittyvä, samaan aikaan valettu reunapalkki, joka mahdollistaa ohuemman laattarakenteen. Kaikki monimuotoisemmat rakenteet tuovat haastetta muottityöhön nopeuden kannalta, vaikka ovatkin välttämättömiä haluttaessa tietyn tyyppistä ratkaisua. Toinen hidastava ratkaisu oli ulokeparvekelaatta, joka vaatii tukitorneja alleen.

6 ESIMERKKIKOHTEN TEHOKKUUTEEN VAIKUTTANEET TEKIJÄT

Kun puhutaan tehokkuudesta runkorakentamisessa, on työvaiheita syytä pystyä porrastamaan. Porrastus näkyy suunnitelmissa esimerkiksi paikkajaossa. Esimerkkitapauksena muottikierto- ja elementtiasennussuunnitelman töiden aloitus voidaan pyrkiä tekemään samasta nurkasta, jolloin myös holvilaudoitus pystytään aloittamaan heti väli- ja ulkoseinien ollessa valmiit. Porrastettaessa myös mahdollisen työn keskeytyksen kohdalla voidaan siirtyä tekemään toista työtä, eikä tule turhaa odottelua. Lähtökohtaisesti tietenkin pyritään siihen, ettei odottelua tule missään tilanteessa.

Suunnittelulähtökohdat rakennesuunnittelusta rakennussuunnitteluun vaikuttavat runkovaiheen nopeuteen ja tehokkuuteen. Suunnittelun kautta päätetään käytettävät menetelmät ja kerrosten yhteneväisyydet keskenään. Esimerkkikohteessa oli mietitty väliseinärakenne tehokkuuden puolesta hyvin, sillä selkeät pitkät linjat olivat suurmuoteilla tehtäviä valuseiniä ja lyhyet, monimuotoiset ja hankalammat väliseinät sekä kaikki ulkoseinät olivat elementtirakenteita. Lisäksi kerrokset 1–6 olivat pohjaratkaisultaan identtisiä, mikä edesauttaa myös tehokasta toteutusta. Ratkaisu on tyypillinen vastaavissa kohteissa ja antaa hyvän edellytyksen tehokkaalle toteutukselle.

Ennen holvin laudoitusta kannattaa ikkunat ja ensiöpuolen kipsilevyt nostaa holville. Ennen nostoa on katsottu paikat valmiiksi, jotta holvimuottikalusto mahtuu ongelmitta paikalleen ja vaakasiirtojen määrä minimoidaan. Vaakasiirtoja minimoidaan myös holvikalustoa siirrettäessä kerrosta ylemmäs. Asuinkerrosten ollessa usein keskenään samanlaisia, myös kerrosten muotit käyvät suoraan seuraaviin kerroksiin. Esimerkkikohteessa holvimuotteja oli kahdelle kerrokselle, jolloin pystyttiin suorittamaan muottityötä ilman keskeytyksiä. Työn onnistumisen edellytyksenä on muottityöryhmän sekä purkuryhmän kommunikointi. Kohteessa siirrot saatiin minimoitua purkuryhmän tehdessä muottikalustosta huoneistokohtaiset niput asennusjärjestyksen mukaan, jolloin ensin asennetta-

vat tavarat kuten, kolmijalat ja tolpat, nostettiin ensin, sen jälkeen palkit, ja levyt vasta holvimuotin päälle. Lisäksi palkit ja levyt oli putsattu ennen niputusta, jotta asennus sujuu viivästyttä.

Muottityön tehokas organisointi vaikuttaa myös hukan määrään, sillä käytettäessä samoja muottivanereita samoissa paikoissa myös holvin läpivientien reiät sekä levyjen lyhennykset tarvitsee tehdä vain kerran kumpaankin settiin. Lisäksi kun rei'istä tehdään aavistuksen liian suuret ja ne tiivistetään esim. uretaanilla, ei levyä tarvitse vahingoittaa purettaessa sitä esimerkiksi vesijohdon ympäriltä, vaan uretaani antaa periksi.

Valujen suunnittelulla on myös suuri vaikutus aikatauluihin, sillä holvivalun aikana ei tekemistä välttämättä riitä koko ryhmälle ja aiheutuu turhaa odottelua, sekä seinävalujen aikana nosturi on työllistettynä, jolloin on myös vaikeaa tehdä muuta kuin holvimuottityötä. Esimerkkikohteessa holvivalut tehtiinkin iltavaluina aliurakkana varsinaisen työpäivän jälkeen.

Nopeaa etenemistä edesauttoi myös ajan tasalla olevien työvaiheisiin räätälöityjen järjestelmien käyttö. Holvimuottikaluston käyttö nopeuttaa muottityötä holvin osalta, ja suurmuottien käyttö seinien osalta verraten perinteiseen laudoitukseen.

Kun runkovaiheen toteutuksen suunnittelu on mallillaan, on syytä miettiä työryhmää ja sen motivointia. Käytännössä aina tehtäessä runkovaihetta tehokkaasti, on runkoryhmä urakkapalkalla töissä. Karkeasti palkka siis määräytyy tehtyjen muottineliöiden ja asennettujen elementtien mukaan, ja niille on laskettu sopivat yksikköhinnat. Tällöin laskettu tuntipalkka saattaa kasvaa lähes kolminkertaiseksi normaaliin tilanteeseen verrattuna, mutta saatu hyöty näkyy työtahdissa ja näin ollen aikataulussa sekä kustannuksissa. Työryhmän osalta tehokkuuteen vaikuttaa yhteistyön ja kommunikoinnin sujuvuus runkoryhmän, nosturinkuljettajan sekä alhaalla toimivan koukkumiehen ja työnjohdon välillä. Lisäksi työryhmän sitoumus aikataulua kohtaan, sekä kokemus vaikuttavat tehokkaaseen suoritukseen.

Tavanomaista on, että nosturi ei ole ollenkaan paikoillaan, vaan nostettavaa riittää koko ajaksi. Tämän vuoksi oli tärkeää, että kuski tai koukkumies tiesi, mitä tavaraa tulee minäkin päivänä ja mihin kellonaikaan. Esimerkiksi elementti-toimitukset oli sovittu tunnin tarkkuudella saapuvaksi kello yhdeksältä, jotta nosturilla saatiin aamulla suurmuottityö suoritettua ennen elementtien saapumista. Kun tavaraa lähetettiin takaisin, oli ne mahdollista kasata valmiiksi samalle alueelle ja nostaa nopeasti auton kyytiin, mikäli nosturinkuljettaja tai koukkumies tiesi, mitä tavaraa lähtee ja milloin.

Työnjohdon tehtävä on koordinoida työmaalla tapahtuvaa toimintaa, joten myös logistiikan huolehtiminen on työnjohdon vastuulla. Käytännössä viikoittaisissa palaverissa käytiin läpi aikataulua ja eri urakoitsijoiden kanssa sovittiin, milloin töitä suoritetaan tai kuinka aikaisin ennen työvaiheen alkua tulee ilmoittaa työvoiman tarve. Lisäksi oman porukan kesken pidettiin viikkopalaveria, joissa käytiin myös läpi tulevat työt, aikataulu, saapuva ja lähtevä tavara sekä yleisesti, mitä parannettavaa tai missä erityisesti on onnistuttu. Kun asiat käydään samalla kertaa kaikkien kesken läpi, ei tarvitse kertoa samoja asioita erikseen kaikille tai olettaa, että joku muu kertoo. Kaikkien ollessa ajan tasalla työt sujuvat ilman tiedottomuudesta johtuvia pysäytyksiä. Muissa tapauksissa kommunikointi urakoitsijoiden välillä tapahtuu työnjohdon kautta.

Aikatauluun sitoutumisen tärkeys korostui elementtien lisäksi myös muiden tavarantoimittajien ja urakoitsijoiden osalta, sillä tavarantoimittajien puuttumisen vuoksi aikataulu ja kustannukset voivat venähtää todella suuriksi. Kommunikoinnin tärkeys ja aikataulut näkyivät myös holvivalua edeltävien työvaiheiden järjestelyissä. Parhaimmillaan holvilla oli neljän eri ammattiryhmän asentaja ja työt olivat osittain päällekkäin toteutettavia. Esimerkiksi holvialueiden ollessa valmis sähkömiehet asensivat sähköputkien kiinnikkeet laudoitukseen, minkä jälkeen raudoittaja asensi alapinnan raudoitteen. Seuraavaksi sähkömiehet asensivat sähköputket ja putkimies viemärit ja vesijohdot ja elementtiasentajat parvekelaatit. Viimeisenä raudoittaja pääsi asentamaan yläpinnan raudat. Mikäli yksikin asentaja olisi puuttunut, olisi se vaikuttanut muihin työvaiheisiin. Esimerkkikohteessa aikataulu oli sovittu tarpeeksi ajoissa ja tavara saapui silloin, kun oli tarkoitettukin, ja

työt suoritettiin ajallaan. Aikataulun päivittämisestä huolehti työmaainsinööri, töiden ja tekijöiden tiedottamisesta työnjohto.

Nopea tahti vaati myös paljon esivalmisteluja. Seuraavan kerroksen varaukset tehtiin valmiiksi holvin valupäivänä ja talotekniikan asentajat kokosivat tavaroita mahdollisimman paljon valmiiksi ennen holville siirtymistä, jotta asennusvaihe sujuisi nopeammin.

7 POHDINTAA

Kohteen onnistumisen kannalta tärkeimmiksi tekijöiksi nousi ammattitaitoinen urakkaryhmä, osapuolten sitoutuminen aikatauluun sekä tarpeeksi kattavat suunnitelmat ja ohjaus. Suunniteltu kerroskohtainen päivämäärä alitettiin jo nykyisellä toiminnalla, mutta mikäli olisi haluttu lyhentää vielä yli vuorokaudella aikataulua, olisi talotekniikan asentajien määrää pitänyt kasvattaa tai suunnitella toteutuksen kannalta ”helpompi” rakenne, eli jättää pois ikkunapalkit sekä ulokeparvekkeet.

Työmailla, joissa on useita eri ali- tai sivu-urakoitsijoita, on tehokkuuden kannalta hyvä käyttää tunnettuja urakoitsijoita, joiden kanssa on yhteistyö toiminut aikaisemminkin. Näin molemmilla on jo selkeä kuva yhteistyön kulusta sekä toimintatavoista ja luotettavuudesta.

Piirustusten laatu ja suunnitelmien ratkaisut eivät poikenneet merkittävästi aikaisemmista työmaista, joten edellytykset tehokkaalle toteutukselle ovat varmasti olemassa myös muissa kohteissa. Hyvät suunnitelmat edesauttavat toteutusta, joskin esimerkiksi luonnon ilmiöille ei voida tehdä mitään, mikäli ei rakenneta sääsuojan alla. Sääsuojan käyttö on kuitenkin kustannuskysymys, mutta se auttaisi omalta osaltaan tehokasta toteuttamista, koska sillä saadaan yksi riskitekijä vähennettyä. Mikäli on sateista, sääsuojan käyttö ehkäisee mahdolliset pysäytykset. Myös työskentely kuivassa on mukavampaa, mikä vaikuttaa työmotivaatioon ja sen kautta tehokkuuteen.

Kerrostalojen betonirungot toteutetaan pääosin samalla periaatteella, joten työssä mainittuja kohtia noudattamalla on mahdollista saada runkovaihe tehokkaasti valmiiksi ilman viivytyksiä.

LÄHTEET

Betonikeskus ry & Suomen Betonitieto Oy. 2009. Muottityön turvallisuus. Forssa: Forssan kirjapaino Oy.

H. Hämäläinen. Henkilökohtainen tiedonanto 7.4.2015.

J. Pääni. Henkilökohtainen tiedonanto 10.4.2015.

NCC 2015. Tietoa NCC:stä. Viitattu 27.2.2015 <http://www.ncc.fi/tietoa-nccsta/strategiset-kehityskohteet/>.

Ratu 0392, 2012 Väli- ja ulkoseinäelementtityö. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu 06-3023, 1992. Muottikaluston valinta ja käyttö. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu 1202-S, 2002. Runkorakenteet, elementtirungot. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu 1223-S, 2009. Rakennustöiden putoamissuojaussuunnitelma. Helsinki: Rakennustieto Oy.

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

Ratu S-1227, 2010. Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 15-11176, 2015. Rakennusselostusohje 2015. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Suomen Betoniyhdistys r.y. 2013. Betoninormit 2012 by 50. Lahti: Esa Print Oy.

