

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Talonrakentaminen

Jukka Hyytiä

Muottikiertosuunnitelma

Opinnäytetyö 2013

Tiivistelmä

Jukka Hyytiä

Muottikiertosuunnitelma, 26 sivua, 3 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennusalan työhöndon koulutusohjelma

Talonrakentaminen

Opinnäytetyö 2013

Ohjaajat: lehtori Vesa Inkilä, Saimaan ammattikorkeakoulu, työmaapäällikkö

Erkki Myllylä, SRV Development LLC

Työ tehtiin SRV Development LLC:lle, joka toimii Venäjän Federaatiossa. Työn tarkoituksena oli muodostaa muottikiertosuunnitelma ja –aikataulu kauppakeskushankkeelle Pietarin lounaisosassa.

Hankkeen runkotyyppinä on paikalla valettu jälkijännitetty betonirunko. Työssä laskettiin rakennesuunnitelmista tarvittavat määrät, joiden perusteella muodostettiin suomalaisten työsaavutusten ja ohjeiden avulla muottikiertosuunnitelma.

Työn tulos näyttää, minkälaisessa aikataulussa kyseinen runkotyö olisi voitu viedä läpi optimaalisissa olosuhteissa ja mistä syistä toteutuneet viivästyksset johtuivat.

Asiasanat: muottikierto, jännitetty rakenne, runkorakentaminen, paikallavalurakentaminen

Abstract

Jukka Hyytiä

Form circulation plan, 26 pages, 3 appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree programme of Construction Management

Building construction

Bachelor's Thesis 2013

Instructors: Mr Vesa Inkilä, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Erkki Myllylä, Site Manager, SRV Development LLC

The study was commissioned by SRV Development LLC who operates in Russian Federation. The purpose of the study was to create a form circulation plan and the schedule for a multifunctional shopping centre project southwest of St Petersburg, Russia.

The frame type of the building is a post-tensioned cast on site concrete frame. Data for this study is based on the author's own calculations for construction plans as well as Finnish construction norms, instructions and experiences.

As a result of the study there is a schedule for such a framework in ideal circumstances. Causes for delays at the originally planned framework erection were also dealt with.

Key words: form circulation, post-tensioned structures, frame work, cast on site construction.

Sisältö

1 Johdanto	5
2 Runkorakentamisen taustaa	6
2.1 Runkotyyppi.....	6
2.2 Jälkijännitetyt betonirakenteet.....	7
2.3 Muottityypit.....	9
2.4 Suunnittelussa huomioitavia asioita.....	12
2.5 Erityispiirteitä	13
3 Muottikiertosuunnitelma	13
3.1 Yleistä.....	13
3.2 Lohkojako	14
3.3 Suoritusjärjestys	16
3.4 Muottimäärät.....	16
3.5 Aika- ja työmenekit	17
3.6 Aikataulun muodostaminen.....	18
3.7 Aikataulun toteutumisen vaatimuksia.....	18
4 Muottikiertosuunnitelma eli runkotyön eteneminen	19
5 Pohdintoja	21
6 Yhteenveto.....	21
Kuvat.....	24
Taulukot	25
Lähteet.....	26

Liitteet

- Liite 1. Valulohkojako
- Liite 2. Muottikiertosuunnitelma paikka-aikakaaviona
- Liite 3. Muottikiertosuunnitelma janakaaviona

1 Johdanto

Opinnäytetyön tilaajana on SRV Development LLC ja työn kohteena on Pearl Plaza -kauppakeskushanke Pietarin lounaisosassa, Venäjällä. Hankkeen rakentaminen on aloitettu huhtikuussa 2011 ja valmistuminen on 28.6.2013. Rakennuksen tilavuus on 616 000 m³, kokonaisala on 96 173 m² ja rakennusala 20 340 m². Hankkeen rakennuttajana toimii Pearl Plaza kauppakeskus ja SRV toimii hankkeessa projektinjohtourakoitsijana. SRV-Yhtiöt on myös osakkaana hankkeen tilaavassa yhtiössä.

Opinnäytetyötä aloitettaessa rakennushankkeen runkovaiheesta oli siirrytty jo seuraaviin työvaiheisiin ja oli selvää, että runkovaihe myöhästyi ratkaisevasti suunnitellusta aikataulusta. Työn tilaaja haluaa tämän opinnäytetyön näyttävän realistisesti, minkälaisessa aikataulussa runkotyö olisi voitu viedä läpi, jotta tehdyistä virheistä voitaisiin oppia jotta ne voitaisiin välttää seuraavissa kohteissa.

Useimmissa rakennushankkeissa suurin yksittäinen työvaihe on runkovaihe. Sen onnistuminen tai epäonnistuminen vaikuttaa suoraan hyvin vahvasti koko hankkeen onnistumiseen. Runkovaiheessa menetettyä aikaa on erittäin vaikea, jollei jopa mahdoton saada kiinni myöhemmin hankkeen aikana. Tästä syystä runkovaiheen suunnitteluun on syytä käyttää aikaa ja voimavaroja. Usein myös suurimmat kustannukset syntyvät runkovaiheessa.

Opinnäytetyön tavoitteena on laskea ja tehdä muottikiertosuunnitelma sekä aikataulu. Samasta suunnitelmasta käyvät ilmi myös suunnitelman toteuttamiseen tarvittavat betonimuottimäärät. Muottikiertosuunnitelma on paikallavalurakentamisen oleellisimpia osia runkovaiheen työsuunnittelussa.

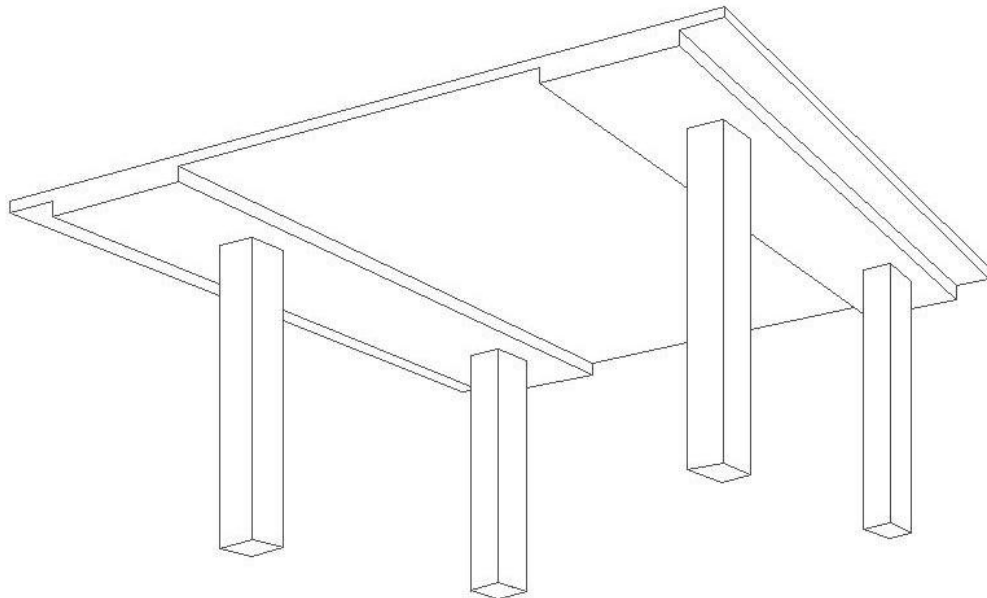
Kohteen laajuuden sekä olosuhteiden vuoksi opinnäytetyön aihe rajattiin koskemaan rakennuksen päärunkoa, kolmikerroksista osuutta, jolloin työn ulkopuolelle jätettiin parkkihallin yksikerroksinen osuus. Alkuperäinen runkotyö myöhästyi suurilta osin vaativien pohjarakennustöiden takia, joten todellisen runkovaiheen aikataulun esille saamiseksi tässä työssä oletetaan, että pohjarakennustyöt sekä pohjalaatan rakennustyöt eivät nouse hidastavaksi tekijäksi missään vaiheessa. Toisin sanoen muottikiertosuunnitelma kattaa betonirakenteisen

rungon muuttuot ja aikataulun pohjalaatan pinnasta kolmannen kerroksen laatan pintaan saakka.

2 Runkorakentamisen taustaa

2.1 Runkotyyppi

Rakennuksen runkotyyppinä on paikalla valettu, ristiin jälkijännitetty pilari-laattarunko palkkivahvennoksilla. Rakenteen esimerkkityyppi on esitetty kuvassa 1. Paikallavalurakentaminen on parhaimmillaan teollinen rakentamisprosessi, varsinkin näin laajassa hankkeessa. Luonnollisesti tämä edellyttää hyvää, ajoissa tehtyä rakennus- ja rakennesuunnittelua sekä tehokasta tuotannon suunnittelua (1).



Kuva 1. Pilarilaattarungon havainnemalli.

Pilarilaatta-rakenne sopii hyvin kaikkeen asuin-, liike- ja toimistotilarakentamiseen sekä esimerkiksi pysäköintihalleihin. Jälkijännitetyillä runkorakenteilla säävutetaan pitkät jännevälit sekä hoikat rakenteet. Tällä tavoin rakentamisen kus-

tannustehokkuutta saadaan parannettua ja saavutetaan helposti muunneltavat ja avarat sisätilat (2).

Ristiin jälkijännitetyn rungon yksi etu on pidemmät jännevälit. Tässä kohteessa suunnittelija on määrittänyt palkkiväliksi (itä-länsisuunnassa) 8100 mm ja pilari-väli palkkien alla on joko 8100 mm tai 16200 mm (pohjois-eteläsuunnassa). Pilarilaattarungon suunnittelun eteneminen on esitetty taulukossa 1.

LÄHTÖTIEDOT	SUUNNITTELUN VAIHE	TULOSTUS
Arkkitehdin 1:200 pohjapiirustukset (tilajärjestelyt), LVIST-nousukuululuonnos Perustamisolosuhteet	Rungon alustava suunnittelu	Ehdotus pilariruuduksi Ehdotus kantavista ja osastoivista seinistä Liikuntasaumat
Arkkitehdin alustavat leikkaukset	Rakennevaihtoehtojen suunnittelu	Alustavia rakenneyksityiskoh- ta- piirustuksia
Yleiset työmaatekniikan vaatimukset	Rungon päägeometrian määrittely	Rakenneluonnos 1:100 Rakennetyypit
Urakkamuoto Urakkarajat	Rakentamisen valmistelu	Urakka-asiakirjat
Työmaatekniikan vaatimukset, määräykset, ohjeet	Toteutussuunnittelu	Rakennustekniset työpiirustukset

Taulukko 1. Pilarilaattarungon suunnittelun eteneminen.

2.2 Jälkijännitetyt betonirakenteet

Kustannussäästö jälkijännitetyllä rakenteella on monien asioiden summa. Jälkijännitys itsessään mielletään varsinkin Venäjällä usein vaikeaksi ja kalliiksi rakenteeksi, vaikka asia on usein päinvastoin. Rakenteen etuina ovat mm. aikaisemmin mainitut pidemmät jännevälit ja rakenteiden hoikkuus. Vaakarakenteiden hoikkuuden vuoksi betonin määrä rakenteissa on pienempi. Tästä taas johdetaan pystyrakenteille pienempiä kuormia, joten pystyrakenteetkin voidaan tehdä hoikemmiksi ja säästää materiaalia. Edelleen rungossa säästetyn materiaalin takia perustuksiin kohdistuu pienemmät kuormat kuin ns. kylmässä eli jännittämättömässä runkorakenteessa, joten perustuksetkin voidaan mitoittaa pienemmiksi. Kokonaissäästö materiaalissa voi muodostua varsinkin suuressa koh-

teessa erittäin merkittäväksi. Lisäksi jännitetyn rakenteen taipumat ovat pienet ja rakenne on vesitiivis sekä halkeilematon (1).

Jälkijännittäminen on aina 1-luokan betonirakenne, joka asettaa omat vaatimuksensa. Suunnittelijalla, työnjohtajalla sekä betonin valmistajalla on oltava vaadittava 1-luokan betonityön pätevyys. (3.) Kuten edellä on todettu, jälkijännitetyt rakenteet rakennuksissa ovat Venäjällä vielä varsin tuntematon rakennetyyppi ja paikallisilta markkinoiltakin on vaikea löytää jännitystyötaitavaa urakoitsijaa. Usein jännitettävien rakenteisiin tarvittava asiantuntemus on tullut Suomesta tai muualta ulkomailta, niin suunnittelu- kuin toteutuspuolellekin.

Tässä kohteessa on käytetty jännepunoksina palkeissa ankkurijänneitä ja edellisten kanssa poikittaiseen suuntaan kulkevana laatassa tartunnattomia jännepunoksia. Ennen betonointia ankkurijännebetonissa jännepunoksille varataan kanavat suojaputkilla. Valun jälkeen punokset jännitetään ja injektoidaan. Injektoinnin jälkeen tartunta betoniin tapahtuu koko jänneen matkalta. Injektointi on suurta huolellisuutta vaativa työvaihe, jotta suojaputkesta saadaan kaikki ilma pois. Tartunnaton jänne, eli ns. rasvapunos, on ankkurijänneen eräs sovellus, jossa suojaputken ja jännepunosten välinen tila on täytetty suojarasvalla. Suojarasva suojaa jännettä korroosiolta. Jännevoima välitetään rakenteeseen pääty-ankkureiden kautta (4). Kuvasta 2 on nähtävissä kahteen suuntaan kulkevat jännepunokset.



Kuva 2. Laatan ja palkin jännepunoksia.

Rungon jäykistävinä rakenteina on syytä käyttää mahdollisuuksien mukaan hissi- ja porraskuiluja sekä ulkoseiniä. Talotekniikkaa varten suunnitellaan omat kuilunsa, jotka voivat olla suuriakin, koska erityisesti kauppakeskuksissa ilmanvaihtojärjestelmä vaatii suuria kanavakokoja. Talotekniikkakuilujen suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota, jotta ne liittyvät luontevasti suunniteltuihin palkkiväleihin sekä muihin rakenteisiin.

2.3 Muottityypit

Muottikiertosuunnitelma perustuu vaakarakenteiden osalta DOKA-pöytämuottijärjestelmään. Valmistajan markkinoinnin mukaan järjestelmän muotit ovat nopeita asentaa, nopeita siirtää siirtokärryillä ja nosturilla nostohaarukan avulla sekä ne soveltuvat hyvin monimuotoisiinkin pohjapiirroksiin. Samalla muottijärjestelmällä saadaan myös luotua helposti rakenteen vaatimat palkkivahvennokset. Pystyrakenteiden muotteina käytetään saman valmistajan koottavia suurmuotteja seinissä sekä pilarimuotteja tuentatarvikkeineen. Saman toimittajan käyttäminen ehkäisee materiaalin sekoittumisen mahdollisuutta, ja

ehkä suuremmat volyymit antaisivat taustatukea myös tarjousneuvotteluihin. Kuvassa 3 on nähtävissä pöytämuotin osia, joita siirretään ja liitetään yhteen kuhunkin työvaiheeseen sopiviksi paloiksi. Kuvassa 4 on nähtävissä lohkon ensimmäinen pystytetty pöytämuotin osa, ja kuvassa 5 valmiin pöytämuotin tuentaa alapäin.



Kuva 3. Pöytämuotin osia.

Projektissa käytettiin pystyrakenteissa, eli pilareissa, seinissä ja kuiluissa Dokan Framax Xlife-sarjan muotteja kaikkine niihin liittyvine osineen. Pöytämuottina käytettiin Dokaflex-sarjan tuotteita.



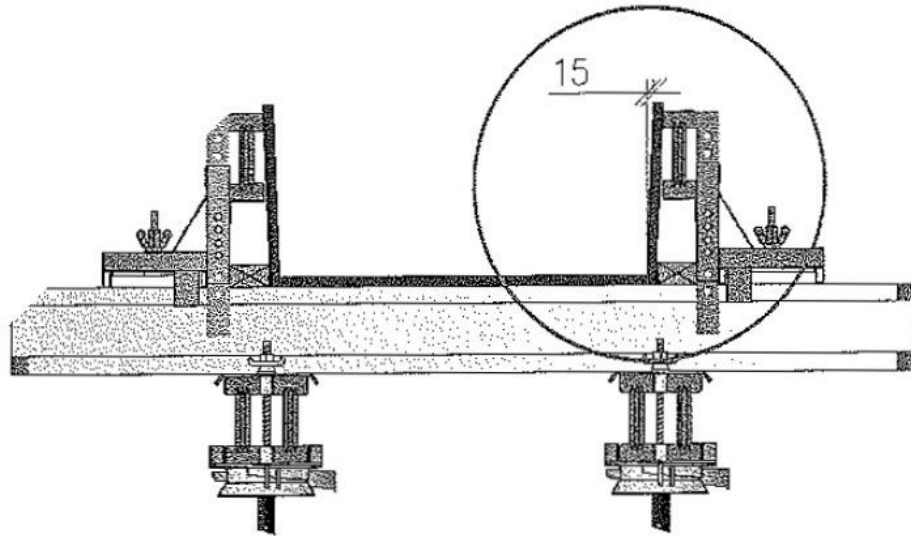
Kuva 4. Pöytämuotin osa.



Kuva 5. Pöytämuotin tukeminen.

2.4 Suunnittelussa huomioitavia asioita

Jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa tulee huomioida palkkipöydän purkamisessa tarvittava noin 10 - 15 mm:n päästö (2). Päästö on esitetty kuvassa 6. Myös rakenteiden rauditus tulisi suunnitella siten, ettei niitä tarvitse kiinnittää muottiin naulaamalla tai muullakaan kiinteällä liitoksella. Jos näitä ei huomioida, muotin purkaminen vaikeutuu ja hidastuu oleellisesti sekä muotin pintamateriaali (yleensä vaneri) vahingoittuu ja muuttuu ennen aikaisesti käyttökelvottomaksi. Lisäksi rakentamisen nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi palkkivahvennokset tulisi suunnitella samankokoisiksi läpi koko runkovaiheen. Palkkivahvennoksen korkeus laatan alta palkin alle tulisi olla suurimmillaan 700 mm tai alle. Mikäli palkin posken eli palkin sivun korkeus laatan alapuolella on yli 700 mm, niin palkkien sivujen muotit on vahvistettava läpipulttauksella, joka on aikaa vievää. Tässä kohteessa palkin posken korkeus on 400 - 600 mm.



Kuva 6. Palkkimuotin päästö. (2)

Pystyrakenteiden kohdalla jo suunnittelussa huomioitu toistuvuus on yhtä tärkeää kuin vaakarakenteissakin. Muottikierron nopeuden varmistamiseksi seinien tulisi olla samankorkuisia ja pilareiden ulkomittojen tulisi toistua alhaalta ylös asti. Tässä kohteessa pilarit hoikkenevät kerros kerrokselta ylöspäin mentäessä, mikä ei kuitenkaan aiheuta suuria viivästyksiä muotin innovatiivisen raken-

teen ansiosta. Seinien paksuudella ei taas juurikaan ole suurta vaikutusta, muottivälikkeet kun kuitenkin ovat kertakäyttöisiä.

Rungon rakennesuunnitteluvaiheessa tulee välttää jäykistävien seinien sijoittamista palkkivahvennoksien alle. Palkin alla olevat seinät hidastavat muottityötä huomattavasti. Rakennesuunnittelijan tulee myös määrittää jälkituentatarve muotin purkamisen jälkeen. (2)

2.5 Erityispiirteitä

Rakennuksen kerroskorkeus aiheuttaa haasteita muottityölle, koska vaakamuotien tuentaan tarvittavat holvituet ovat pitkiä ja painavia. Joissain kohdissa voi olla tarkoituksenmukaista käyttää tukitorneja muotin työnaikaisen pystyssä pysymisen varmistamiseksi. Pystyrakenteiden muottityössä korkeus hidastaa myös työtä, ovathan korkeat suurmuotit luonnollisesti painavampia ja vaikeampia käsitellä kuin matalat muotit. Korkeiden seinien ja pilareiden betonointiin kuluu myös enemmän aikaa.

3 Muottikiertosuunnitelma

3.1 Yleistä

Muottikierto tarkoittaa muottien käyttöä rakenteen valmistamiseksi muotin pystytyksestä purkuun ja uudelleen pystytykseen. Muottikierto sisältää paikalleen mittauksen ja pystytyksen, raudoituksen ja jännepunosten asennuksen, mahdolliset LVIS-asennukset, betonoinnin sekä muotin purun ja puhdistuksen. Muottikiertoa suunniteltaessa on huomioitava, että yleisesti runkoajasta 2/3-osaa menee vaakarakenteiden valmistamiseen, jonka vuoksi tasomuotti on huomattavasti tärkeämpi kuin pystymuotit (3). Opinnäytetyön kohteena olevassa hankkeessa viimeiseksi mainittu korostuu entisestään, koska pystyrakenteita on suhteellisen vähän, varsinkin ylemmissä kerroksissa.

Työn toteutusta tilaajan kanssa suunniteltaessa asetettiin koko muottikiertosuunnitelman perusajatuksiksi runkotyön suorittaminen kahden eri aliurakoitsijan voimin. Edelleen sovittiin työn suorittamisesta kahdessa vuorossa kuutena päivänä viikossa koko runkovaiheen ajan.

Ulkomailla, kuten esimerkiksi Venäjällä, urakoitsijan tai työryhmän työsaavutus saattaa poiketa huomattavastikin siitä, mihin Suomessa on totuttu. Koska kyseinen rakennushanke toteutetaan projektinjohtourakkamuodolla, päädyimme tulokseen, että muottikiertosuunnitelmaa laadittaessa käytetään RaTu-menekkejä ja työsaavutuksia. Näin vastuu työsaavutuksesta ja siihen tarvittavasta henkilö- tai työryhmämäärästä jää aliurakoitsijan vastuulle. Tämä tulee luonnollisesti ottaa esille myös urakkaneuvotteluissa, ettei aikataulu yllätä mitään osapuolta myöhemmässä vaiheessa.

Urakkaneuvotteluissa sekä urakkasopimusta tehtäessä tulee huolehtia työn ohjauksesta myös sopimusteknisin keinoin kaikissa runkotyön työvaiheissa. Sakollisia välitavoitteita tulee olla paljon. Esimerkiksi muottirakoitsijan sopimukseen tulee kirjata muottien käyttämättömänä seisomisesta johtuva sanktio, vuokra-kustannukset kun kuitenkin juoksevat koko ajan, olivat miehet töissä tai eivät. Jännitystyön suorittavan urakoitsijan sopimukseen tulee määrittää aika, jona jännitystyö on saatettava valmiiksi valulohkoittain, koska ennen jännityksen valmistumista ei yläpuolisten rakenteiden valmistusta voida aloittaa. Suomen ulkopuolella tehtävissä suurissa rakennustöissä edellä mainitut asiat korostuvat entisestään.

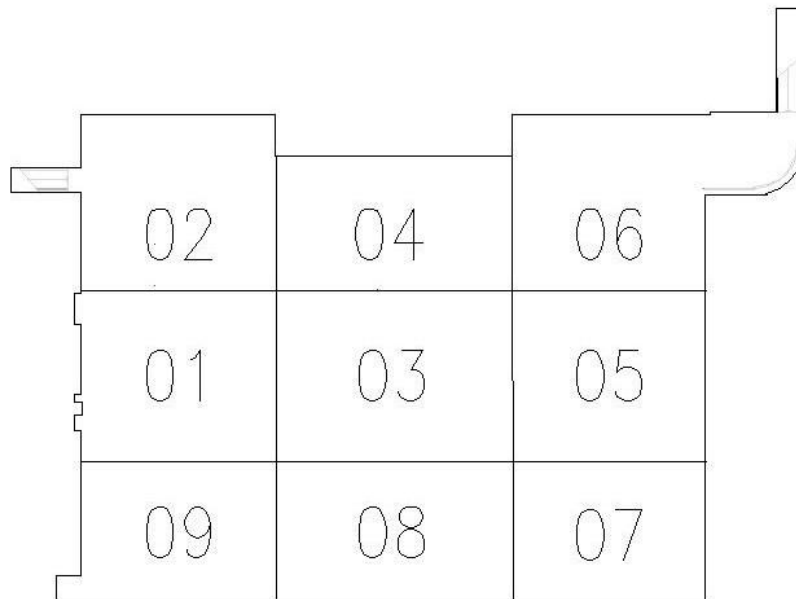
Muottikiertosuunnitelmaa laadittaessa käytettiin suuntaviivana seuraavaa ohjeistusta kohteeseen soveltuvien osien: lohkojako, etenemisjärjestys riippuvuuksiin, muottityön ja kaluston määrä, aika- ja työmenekit, työryhmäsuunnittelu, muottityön aikataulu, tehdään tarkistukset ja valinnat, täydennetään muottisuunnitelma.(3)

3.2 Lohkojako

Lohkojaon tulisi muodostua jo hyvin aikaisessa suunnitteluvaiheessa joko arkkitehdin, tai viimeistään rakennesuunnittelijan toimesta. Suurissa rakennuksissa tulee kuitenkin työn suorittamisen mahdollistamiseksi olla työ- ja liikuntasauvoja, joiden suunnitteleminen on tärkeää rakenteen toimivuuden kannalta koko elinkaaren ajan. Rakennesuunnitelmissa tulee esittää työ- ja liikuntasauvojen sijainti sekä saumojen oikeaoppisen toteuttamisen varmistamiseksi tarvittavat detaljit.

Työn kohteena olevassa rakennushankkeessa rakennus on jaettu yhdeksään (9) lohkokon joista muottikiertosuunnitelman kohteena ovat lohkot 1–6. Lohkot 7–9 liittyvät pihakannen alla olevaan parkkihalliin. Lohkojako on esitetty kuvassa 7. Lohkojako muodostuu luonnollisesti liikuntasaumojen mukaan. Kukin lohko on jaettu työsaumalla kahteen tai kolmeen osaan. Muottikiertosuunnitelman alaisessa rakennuksen osassa on kolme kerrosta. Yhteensä näistä muodostuu siis 39 valulohkoa. Muottikiertoaikataulussa merkityt pilarit ja seinät on laskettu aina lohkon mukaan.

СИТУАЦИОННЫЙ ПЛАН/SITE PLAN



Kuva 7. Työmaan lohkojako.

Vaakalohkojen pinta-alat vaihtelevat 653 m² ja 2146 m² välillä siten, että yleisesti lohkojen 2,4 ja 6 pinta-alat ovat pienempiä kuin lohkoissa 1,3 ja 5.

Lohkojen merkintänä käytetään laskentataulukoissa sekä muottikierron aikataulussa kolminumeroista merkintää, joista ensimmäinen kertoo kerroksen, toinen lohkon ja kolmas lohkon osan, esimerkiksi 232. Lohkon sisällä oikeanpuoleinen lohko on suoritusjärjestyksestä johtuen numero 1 ja vasemmanpuoleinen numero 2. Runkotyön 39 valulohkon numerointi on esitetty liitteessä 1.

3.3 Suoritusjärjestys

Rakennesuunnittelijan sekä jännitystyön suunnittelijan suunnittelema jännitystapa määrittää runkotyön etenemisjärjestyksen. Tässä kohteessa rakennuksen muoto ja pohjarakennuksen asettamat vaatimukset johtivat valulohkojen etenemiseen seuraavassa järjestyksessä: 1. palkkilinjan eteläosa 2. palkkilinjan pohjoisosa. Tällä muodolla edetään idästä, eli lohkoista 5 länteen päin, eli kohti lohkoa 1.

Kahden runkotyön aliurakoitsijan johdosta muottityötä lähdetään tekemään siten, että molemmat luonnollisesti aloittavat ensimmäisestä kerroksesta, mutta kun ensimmäisestä kerroksesta on suurlohkot 5 ja 6 valettu, urakoitsija A jatkaa 1.kerrosta eteenpäin ja urakoitsija B aloittaa 2.kerroksen työt. Kun 1.kerros on saatu valmiiksi, urakoitsija A siirtyy 3.kerroksen töihin, joihin urakoitsija B liittyy 2.kerroksen valmistuttua.

Suunnitelmassa pyritään urakoitsijoiden tasa-arvoiseen kohteluun, molemmille tarjotaan saman verran suoritettavaa. Tämä saattaa johtaa terveeseen kilpailuun urakoitsijoiden kesken. Projektin laadunhallinnan on pidettävä huolta siitä, ettei kilpailu tapahdu laadun kustannuksella. Jos jommalla kummalla urakoitsijalla ilmenee vaikeuksia suoriutua töistään, voidaan projektinjohdon harkinnan mukaan töitä jakaa uudelleen.

3.4 Muottimäärät

Muottimäärien laskeminen pohjaa siihen perusajatukseen, että kaikilla työryhmillä olisi mestaa koko ajan. Kun muottimiehet saavat muotin valmiiksi, he siirtyvät seuraavalle lohkolle ja raudoittajat etenevät samalla ajatuksella.

Tehdystä muottikiertoaikataulusta käy ilmi, että samaan aikaan molemmilla urakoitsijoilla on neljän valulohkon vaakamuotit käytössä samaan aikaan, joten vaakamuotti materiaalia tarvitaan yhteensä noin 15 000 m², eli 7500 m² molemmille urakoitsijoille. Pystyrakenteiden muottien kierto on nopeampaa, joten niitä ei tarvita niin monelle lohkolle samanaikaisesti. Jos pääurakoitsija toimittaa muottikaluston molemmille aliurakoitsijoille, on ehkä syytä harkita muottikalus-

ton merkitsemistä eri tavoin. Tällöin urakoitsijan oikeusturvankin takia on helpompaa kohdistaa mahdolliset kalustohävikit ja vauriot niiden aiheuttajalle.

3.5 Aika- ja työmenekit

Aika- ja työmenekissä käytettiin ennalta mainitun mukaisesti RaTu-työsaavutuksia, tarkemmin Aikataulukirja 2008:aa(5) sekä kortteja 0401 (7) ja 0400 (6). Työsaavutuslähteenä käytettiin myös teoksesta Paikallavalettu jälkijännitetty pysäköintirakennus löytyviä tietoja (2). Vaakamuotin pystyttämisen työmenekki sisältää myös edellisen muotin purun ja siirron. Luvussa 4.1 mainitusta työmenekin suuresta vaihtelusta johtuen aikataulun ja muottikiertosuunnitelman laatimisessa ei käytetty tth/yks vain yks/tv. Työsaavutus on laskettu kahdessa vuorossa tapahtuvan tuotannon johdosta kaksinkertaisena RaTu-saavutuksiin verrattaessa.

Piirustuksista laskettujen pinta-alojen perusteella muodostettiin työmenekit kullekin lohkolle. Edelleen piirustuksista määritettyjen tilavuuksien, sekä työmaalta saatujen raudoitteiden kg/m³ -tietojen pohjalta muodostettiin työmenekit raudoitus- ja betonointityölle. Työsaavutukset on esitetty taulukossa 2.

Työsaavutus	Määrä	Yksikkö
Pilarin muottityö	58	m ² / tv
Pilarin raudoitus	3400	kg / tv
Pilarin betonointi	118	m ³ / tv
Seinän muottityö	458	m ² / tv
Seinän raudoitus	4400	kg / tv
Seinän betonointi	208	m ³ / tv
Laatan muottityö	254	m ² / tv
Laatan raudoitus	8000	kg / tv
Laatan betonointi	224	m ³ / tv

Taulukko 2. Aikataulun laadinnassa käytetyt työsaavutukset

Jälkijännittäminen voi tapahtua, kun betoni on saavuttanut 70 % lopullisesta lujudestaan. Tässä työssä on käytetty oletuksena, että jännitystyö voidaan suorittaa kolmen vuorokauden kuluttua valusta. Tämän toteutuminen edellyttää betonin normaalin lujouden kehityksen, jota on tarvittaessa seurattava asian

mukaisin lämpötilaloggerein. Toinen vaihtoehto lujuuden kehityksen seurantaan on koekuutioiden käyttö. Kuutioita voidaan puristaa esimerkiksi 12 tunnin välein valun päättymisestä, kunnes tarvittava lujuus on saavutettu. Ennen kuin rakenne on jännitetty, sen päälle ei voida alkaa rakentamaan seuraavan kerroksen rakenteita, kuten pilareita ja seiniä.

3.6 Aikataulun muodostaminen

Aikataulun alkamisajankohta on 17.10.2011, joka perustuu toteuneeseen runkotyön ensimmäisen laatan valuun. Luvussa 4.4 ja 4.5 esitettyjen määrien perusteella muodostetaan muottikiertoaikataulu, joka on esitetty liitteessä 1 jana-aikatauluna ja liitteessä 2 paikka-aikakaaviona. Jana-aikataulussa urakoitsija A on merkitty keltaisella ja urakoitsija B vihreällä värillä. Paikka-aikakaaviossa urakoitsija A on esitetty punaisella ja urakoitsija B vihreällä värillä.

3.7 Aikataulun toteutumisen vaatimuksia

Suuri osa runkotyöstä ajoittuu talvikuukausille, jolloin varsinkin betonin lujuuden kehitykseen tulee erityisesti kiinnittää huomiota. Pilarilaattarungon heikkoutena on ilman vapaa kiertäminen holvin alla, joten holvin sivut tulee suojata esimerkiksi pressuilla tai muilla vastaavilla peitteillä jotta lämpö ei pääse karkaamaan laatan alta. Lujuuden kehityksen varmistamiseksi laatan alustilaa on myös lämmitettävä polttoöljy-, kaukolämpö- tai kaasulämmittimillä. Varsinaisen laatan ollessa vain 200 mm paksu, betonin hydrataatiolämmön lämmittävään vaikutukseenkaan ei voi luottaa. Toisaalta palkkien ollessa 800 mm paksuja, on varoitava myös betonin lämpötilan nousemista liian suureksi, ettei palkki ns. pala korpuksi.

Talvella tapahtuvien betonitöiden huolellisen toteutuksen suunnittelun tulee alkaa hyvissä ajoin. Mahdolliselta lumisateelta suojautumiseen tulee varautua ja lämmitystapa ja –järjestelmä tulee suunnitella valmiiksi.(8)

Hankkeen rakennuspaikka sijaitsee myös lähellä Suomenlahden rantaa, joten koviin merituuliin ja niistä aiheutuviin vaaratekijöihin tulee varautua.

Koska kohteen laattojen kertavalut ovat erittäin suuria kuutiomääriltään, tulee betonin toimitus- ja pumppauskaluston saatavuuteen kiinnittää huomiota. Ku-

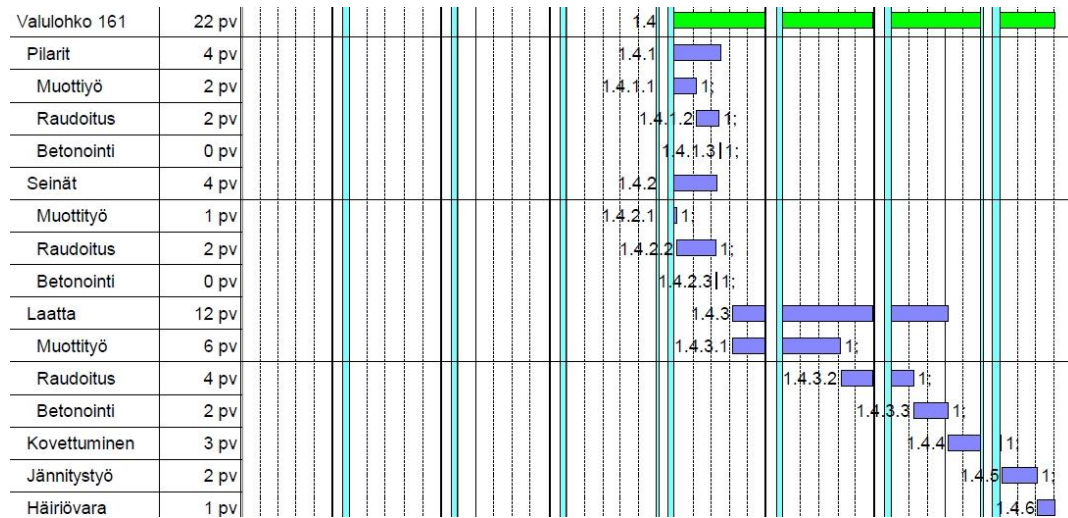
vasta 8 käy erinomaisesti ilmi kerralla valettavan laatan suuri koko. 1-luokan betonirakenteen valamisessa tulee varalla olla vähintään yksi ylimääräinen betonipumppu. Myös betonin toimittavan aseman kapasiteetti tulee varmistaa.



Kuva 8. Laatan valu käynnissä kahdella betonipumpulla.

4 Muottikiertosuunnitelma eli runkotyön eteneminen

Paikka-aikakaavion rajallisen tilan vuoksi sekä aikataulun luettavuuden varmistamiseksi, kaaviossa on esitetty summatehtävät lohkoittain. Kuvassa 9 näkyy kaikki yhden summatehtävän sisältämät tehtävät. Jokainen summatehtävä pitää sisällään lohkon liittyvien pystyrakenteiden muotit, raudoitus- ja betonointityön sekä muotin purun, kuten myös vaakarakenteiden muotti-, raudoitus- ja betonointityön muotin purkuineen, mutta myös palkkien ja laattojen jännitystyöt. Lisäksi jokaiseen summatehtävään on lisätty yksi työvuoro häiriövaraa.



Kuva 9. Summatehtävän sisältämät tehtävät.

Johtoajatuksena muottikiertosuunnitelmassa on ollut päästä betonirunkotyövaiheen jälkeisiin töihin mahdollisimman nopeasti käsiksi. Tästä seuraa se, että molemmat runkoaliurakoitsijat aloittavat 1. kerroksesta, sen jälkeen toinen tekee 1.kerroksen loppuun ja toinen siirtyy tekemään 2.kerrosta. 1.kerroksen valmistuttua sen loppuun toteuttanut urakoitsija siirtyy 3.kerroksen runkotöihin, johon toinen urakoitsija liittyy 2.kerroksen valmistuttua. Kuvasta 10 on nähtävissä runkotyön eteneminen useassa lohkokossa samaan aikaan.



Kuva 10. Runkotyön eteneminen valulohkoittain.

5 Pohdintoja

Vastaavissa kohteissa tulisi tulevaisuudessa selvittää elementtirakentamisen tarjoamia mahdollisuuksia. Ns. sekarunkomallissa pystyrakenteet, kuten seinät, pilarit ja kuilut, toimitettaisiin elementteinä työmaalle asennettaviksi. Tämä pienentäisi pystyrakenteiden valmistukseen kuluvaan aikaan huomattavasti. Tänä päivänä on mahdollista saada suuriakin kuormia siirtäviä ja kestäviä elementtiosia.

Elementtirakentamisen ongelmaksi muodostuu usein vastaavissa kohteissa elementtien paino, joka voi helposti ylittää 10 tonnia. Työn kohteena olevan laajapinta-alaisen rakennuksen ollessa kyseessä yli 10 tonnin paino aiheuttaa suuria haasteita nostokalustolle. Rakennuksen keskelle tulisi rakentaa kulkuväylä mobiilinosturille, tai rakennuksen keskelle tulisi pystyttää suuri torninosturi.

Vaakasuunnassa elementtiteollisuus tarjoaa esimerkiksi TT-laattoja, joilla päästään pitkiin jänneväleihin. Jos vaakarakenteen alapinta jää näkyväksi pinnaksi, yksi vaihtoehto on kuorilaatta, ja siihen päälle paikan päällä tehtävä massiivibetonivalu. Tällöin muottityö jää lähes kokonaan pois, olkoonkin että kuorilaatat tulee tukea valun ajaksi. Edellä mainittujen laattojen tukemiseen voidaan käyttää esijännitettyä teräsbetonipalkkia tai sitten teräksistä Deltapalkkia, jolloin kyseessä on taas liittorakenne.

Elementtien käyttömahdollisuudet ja tarpeet tulee aina arvioida kohdekohtaisesti. Tässä kohteessa varapoistumisteiden portaat toimitettiin elementteinä.

Betoniteräsradoitteiden esivalmistuksen laajentamisen mahdollisuuksia voisi aina tutkia. Tässä kohteessa pilariradoitteet olivat valmiiksi hitsattuja ns. hakeja, jotka nostettiin paikalleen ja muotti laitettiin kiinni. Valmisradoitteita käytettiin myös seinissä holveissa ja palkeissa.

6 Yhteenveto

Kohteessa oli erittäin haastavat pohjarakennusolosuhteet, joista alkuperäinen viivästys runkotyössä osittain johtui, mutta viivästysten välttämiseen voidaan

vaikuttaa useilla asioilla. Vaativissa rakennushankkeissa suunnittelun merkitys korostuu entisestään niin rakenne-, hankinta- kuin tuotannosuunnittelussakin.

Rakennesuunnittelussa tulee pyrkiä mahdollisimman yksinkertaisiin ja toistuviin rakenteisiin, esimerkiksi tulee välttää kaikkia ylimääräisiä työvaiheita aiheuttavia rakenteita, kuten konsoleita ja pilastereita, jotka eivät sisällä määrällisesti paljoa raudoitusta, muottityötä tai betonointiakaan, mutta kuitenkin vaativat pahimmassa tapauksessa useiden päivien lisätyön perusseinän tekemiseen verrattuna. Rakenteiden toistuvuutta tulisi myös hyödyntää mahdollisimman paljon. Rakennesuunnittelun oikea-aikaisuuteen tulee myös kiinnittää huomiota, koska hankinta- ja tuotannosuunnittelu tarvitsee myös aikaa ja ne voidaan aloittaa vasta rakennesuunnittelun ollessa tarpeeksi pitkällä.

Hankinnassa tulee urakkamuodon vuoksi varmistua aliurakoitsijoiden resurssimääristä. Tämä osuus korostuu varsinkin vieraisissa kulttuureissa ja sitä on ohjattava tarkalla sopimusjuridiikalla. Mahdollisen aliurakoitsijan aikaisempiin referensseihin olisi hyvä tutustua, tarkistaa mahdollisen kaluston olemassaolo, kunto ja saatavuus sekä ennen kaikkea tarkistaa henkilöresurssit, ettei esimerkiksi sopimuksessa sovittua kaksivuorotyötä tehdä vain yhdellä ryhmällä ja tekemällä runsaasti ylityötä. Työteho laskee tällaisissa tapauksissa huomattavasti. Resurssipula johtaa paikallavalukohteissa muottien käyttämättömänä seisomiseen, siihen ettei niitä ehditä purkaa annetussa aikataulussa.

Tuotannosuunnittelun avain kohtia ovat muotti-, muottikierto- ja nosturinkäyttösuunnitelmat. Runkovaiheessa kaiken pitää sujua kitkattomasti tiukassa aikataulussa pysymisen varmistamiseksi; tiedetään mihin muotit siirretään seuraavaksi sekä millä nosturilla kyseinen siirto tapahtuu. Runkovaiheessa runkotyötä tekevät ryhmät ovat aina etusijalla nosturin käyttöä suunniteltaessa.

Muottisuunnittelun tekee yleensä muottitoimittaja, mutta siihenkin tulee muottien vuokraajan eli tässä tapauksessa pääurakoitsijan osallistua ainakin ohjaavana osapuolena. Muottimateriaalia tulee olla riittävästi, jotta työ etenee suunnitelmiensa mukaan, mutta vastaavasti muottimäärä ei voi olla kohtuuton eikä tarpeettoman iso, koska siitä aiheutuu vuokratilustannusten nousua sekä, mikäli muottimateriaali rikkoontuu, korjauskustannuksia. Muottimäärän ei tarvitse välttämättä

olla vakio, vaan kiireisimpään runkohetkeen sitä voi olla enemmänkin, mutta heti kun materiaalia alkaa olla vapaana ilman, että tiedossa on seuraava käyttökohte, tulee ylimääräiset materiaalit palauttaa takaisin muottitoimittajalle.

Suurella paikallavalukohteessa työmaalla tai sen välittömässä läheisyydessä oleva betonilaborantti on elintärkeä osapuoli. Laborantti pystyy puristamaan koekuutioita tarpeen mukaan ja osaa laskea lämpötila-arvojen perusteella betonin lujuudenkehityksen, jotta jännittämistyö voidaan aloittaa mahdollisimman aikaisin ja muotti saadaan purettua heti, kun se on mahdollista ja turvallista. Edellä mainitut korostuvat entisestään talvirakentamisessa, vaikkei kyseisessä kohteessa talvesta suunnatonta haittaa ollutkaan.

Yhtenä tuotannonohjauksen keinona on tietysti siirtyä kolmivuorotyöhön, jos aikataulusta tahdotaan jäädä merkittävästi jälkeen, mutta tämä kohta tulisi kirjata jo alkuperäisiin aliurakkasopimuksiin. Tästä myös usein seuraa hyvin nopeasti taas henkilöstöressurssipula.

Kuvat

Kuva 1. Pilarilaattarungon havainnemalli, s.5

Kuva 2. Laatan ja palkin jännepunoksia, s.8 (SRV Development)

Kuva 3. Pöytämuotin osia, s.9 (SRV Development)

Kuva 4. Pöytämuotin osa, s.10 (SRV Development)

Kuva 5. Pöytämuotin tukeminen, s.10 (SRV Development)

Kuva 6. Palkkimuotin päästö, s.11 (2)

Kuva 7. Työmaan lohkojako, s.14

Kuva 8. Laatan valu käynnissä kahdella betonipumpulla, s.18 (SRV Development)

Kuva 9. Summatehtävän sisältämät tehtävät

Kuva 10. Runkotyön eteneminen valulohkoittain, s.19 (SRV Development)

Taulukot

Taulukko 1. Pilarilaattarungon suunnittelun eteneminen, s.6 (1)

Taulukko 2. Aikataulun laadinnassa käytetyt työsaavutukset, s.16

Lähteet

1. Laitinen, E. 1996. Teollinen betonirakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy
2. Aho, T. Vuorinen, P. Vuori, M. Pahkala, M. Vuorinen, H. 2005. Paikallavallettu jälkijännitetty pysäköintirakennus. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
3. Suomen Betoniyhdistys r.y. 2007 Betonitekniikan oppikirja. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
4. Laurila, H. 2011. Jännitettyjen rakenteiden suunnittelu- ja asennusohjeen päivitys. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma
5. Mäki, T. Koskenvesa, A. 2007. Aikataulukirja 2008. Helsinki: Rakennustieto Oy.
6. RaTu-kortti 0400
7. RaTu-kortti 0401
8. Leskinen, M. 2012. Paikallavalurungon työvaiheiden menetelmäkuvaus. Opinnäytetyö. Savonia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma.

Taso +0.000

122	121	143	142	141	162	161
112	111	133	132	131	153	151
					152	

Taso +5.400

222	221	242	241	262	261
212	211	232	231	252	251

Taso +10.700

322	321	342	341	362	361
312	311	332	331	352	351

