

Niko Malila

Välipohjien betonointi itsetiivistyvällä lattiabetonilla

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Rakennusmestari (AMK)
Rakennusalan työnjohto
Mestarityö
15.11.2011

Tekijä(t) Otsikko	Niko Malila Välipohjien betonointi itsetiivistyvällä lattiabetonilla
Sivumäärä Aika	48 sivua + 3 liitettä 15.11.2011
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakennustekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Juha Virtanen Laatu- ja kehityspäällikkö Timo Hilpinen Työpäällikkö Jouni Heiskanen
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen yksikölle. Työn tavoitteena oli koota kuvalliseen työohjeeseen välipohjan paikallavalun työmenetelmät itsetiivistyvällä lattiabetonilla valettaessa. Työn osana oli myös tarkoitus seurata toteutuneita betonointi kustannuksia ja verrata niitä perinteisiin valumenetelmiin. Lisäksi työvaiheen toteuttamisen avuksi haluttiin tarkastuslista.</p> <p>IT- betoni ja sen sovellukset, kuten helposti leviävät lattiabetonit ovat betoniteknologian uutuuksia. Itsetiivistyvän lattiabetonin hyvien ominaisuuksien vuoksi paikallavaluholvit voidaan valaa kerralla valmiiksi kaatolattioineen.</p> <p>Työn tutkimuskohteena käytettiin yrityksen asuntorakentamisen kohdetta Helsingin Vuosaaressa. Työn tuloksena koottu kuvallinen työohje perustuu työmaalta saatuihin kokemuksiin ja tutkimuksen aikana tehtyihin haastatteluihin. Tutkimuskohteen betonointikustannuksia seurattiin valulohkoittain. Toteutuneita kustannuksia vertailtiin perinteisten valumenetelmien kustannusarvioihin. Kustannusvertailun tarkoituksena oli vertailla toteutuneita kustannuksia yleisimpiin valumenetelmiin. Osana työn tuloksia koottiin tarkastuslista, johon on koottuna työvaiheen laadunvarmistamisen tärkeimmät kohdat.</p> <p>Itsetiivistyvän lattiabetonin käyttö todettiin toimivaksi ja kustannustehokkaaksi vaihtoehdoksi perinteisille valumenetelmille. Lattiamassalla voidaan saavuttaa parkettivalmista pohjaa, mutta pinta vaatii paljon hiontaa. Työn tuloksien, kuvallisen työohjeen ja tarkastuslistan, on tarkoitus esitellä työmenetelmän kulku ja pääkohdat sekä auttaa työn suunnittelussa ja laadunhallinnassa.</p>	
Avainsanat	Itsetiivistyvä betoni, välipohja, paikallarakentaminen

Author(s) Title	Niko Malila Self compacting concrete in cast in situ concrete floors
Number of Pages Date	48 pages + 3 appendices 15 November 2011
Degree	Bachelor of construction management
Degree Programme	Construction site management
Specialisation option	Building construction
Instructor(s)	Juha Virtanen, Lecturer Timo Hilpinen, Quality and Development Manager Jouni Heiskanen, Project Manager
<p>The aim of the thesis was to develop a visual work instruction for concreting cast in situ concrete floors with self compacting concrete (SCC). The aim was also to compare concreting costs between self compacting concrete and the common used methods. As a part of the study was to develop a check list to help controlling quality at construction sites. This thesis was commissioned by NCC Rakennus Oy.</p> <p>Using SCC in cast in situ concreting is a new method to build floors to multi-storey residential buildings. SCC compacts automatically by its own weight and has high self-levelling ability. These features enable concreting smooth horizontal floor surfaces and bathroom floors at same time.</p> <p>The observations on this thesis are mainly based on an example construction site in Helsinki, Vuosaari. The theoretical context consisted of interviews done with construction professionals and literature of construction technology. The knowledge and the work stages of using SCC at construction site are described in the visual work instruction. Costs, incurred from concreting, were collected and compared with the estimated costs from common used concreting methods. The comparing was done to determine the most effective and economical alternative to cast in situ floors. A check list for concreting is developed as a result of field studies.</p> <p>The result shows that SCC has potential to improve production and economical efficiency. The new concreting method, SCC, enables concreting horizontal floors, nevertheless it requires grinding. The visual work instruction and the check list are for planning work and controlling quality at construction sites.</p>	
Keywords	Self compacting concrete, floor, cast in situ concrete

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Paikallavalettavat välipohjat	3
2.1	Välipohjalaatat	3
2.2	Onnistuneen paikallavalun edellytykset	4
2.3	Itsetiivistyvä betoni	7
2.4	Itsetiivistyvä lattiabetoni	8
3	Välipohjan tuotantotekniikka	9
3.1	Paikallavalun työvaiheet	9
3.1.1	Muottityö	9
3.1.2	Raudoitus	10
3.1.3	LVIS-työt	13
3.1.4	Betonointi	15
3.1.5	Muotin purku	21
3.1.6	Jälkityöt	22
3.2	Kalustotarve	23
3.3	Tuotantoaikataulu	23
3.4	Rakentaminen talviaikana	25
3.5	Kuivumisajat ja päällystettävyyys	28
3.6	Työturvallisuus	32
4	Betonointi kustannukset	35
4.1	Tutkimuskohde	35
4.2	Toteutuneet betonointikustannukset	35
4.3	Kustannusten vertailu perinteisiin valutapoihin	37
5	Laadunvarmistus	40
5.1	Potentiaaliset ongelmat ja niihin varautuminen	40
5.2	Kuvallinen työohje	42
5.3	Tarkastulista	43
6	Yhteenveto	46

Liitteet

Liite 1. Holvibetonoinnin kustannusvertailu

Liite 2. Tarkastuslista

Liite 3. Kuvallinen työohje

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehtiin NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen yksikölle.

NCC on ruotsalainen rakennusalan yritys päämarkkina-alueinaan Pohjoismaat. Liiketoiminta-alueita ovat rakentaminen, asuminen, kiinteistöjen kehittäminen sekä tie- ja maanrakentaminen. Optiplan on konserniin kuuluva suunnittelutoimisto. NCC Rakennus Oy:n toimialoja ovat asunto- ja talonrakentaminen. Asuntorakentamisen yksikkö tekee sekä vapaarahoitteisia NCC Tähtikoteja että urakoi asuintaloja muun muassa yleishyödyllisille rakennuttajille. [1.]

Itsetiivistyvä betoni on yhteisnimitys erilaisille betonityypeille, joilla on kyky täyttää muotit ja ympäröidä rauditus ilman tärytystä tai muuta tiivistystä. Itsetiivistyvä lattiabetoni on yksi IT-betonin käyttösovelluksista. Itsetiivistyvän betonin hyvien ominaisuuksien, notkeuden ja koossapysyvyyden vuoksi, paikallavalettavat holvit voidaan valaa kerralla valmiiksi kaatolattioineen. Itsetiivistyvän lattiabetonin käyttö paikallavalettavissa holveissa on vielä suhteellisen harvinaista yrityksen työmailla. Työn tutkimuskohde As Oy Helsingin Sateenkaari oli yrityksen ensimmäinen kohde pääkaupunkiseudulla, jossa välipohjat toteutettiin kyseisellä valutekniikalla. Vähäisten käyttökokemusten vuoksi syntyi tarve löytää toimivat ja kustannustehokkaat ratkaisut paikallavalettavien välipohjien toteuttamiseksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda kuvallinen työohje paikallavaluholvien betonointiin itsetiivistyvällä lattiabetonilla. Työn tuloksena on tarkoitus laatia myös tarkastuslista työmaiden käyttöön sekä selvittää betonointityön kustannuksia. Uudentyyppisen betonointimenetelmän kustannuksia haluttiin vertailla niin sanottuihin perinteisiin valumenetelmiin. Työmaalla toteutuneiden betonointikustannuksien vertailemiseksi betonointityöstä on tehty kustannusarviot myös niin sanotuille perinteisille valumenetelmille. Tutkimuksen aikana kerättiin kokemuksia työnjohtajilta ja työntekijöiltä sekä haastateltiin valmisbetonitoimittajan edustajaa. Tutkimuksen pohjalta laadittuun työohjeeseen on koottuna työvaiheiden tärkeimmät kohdat ja kuvamateriaalia työvaiheista. Työn liitteistä löytyvät työohjeen lisäksi betonointimenetelmien vertailevat kustannuslaskelmat ja työmaiden käyttöön tehty tarkastuslista.

Näkökulma tutkimuksessa on rakentajan tuotantotekniikassa. Työssä ei käsitellä betonointimenetelmän vaikutuksia rakennesuunnitteluun. Työn tuloksien on tarkoitus auttaa työvaiheen työmaatoteutuksessa ja laadunvarmistamisessa. Työn painopisteenä on betonointityövaihe ja itsestään tiivistyvän lattiabetonin hyödyntäminen. Holvityöhön liittyvät muotti-, raudoitus- ja LVS-työt käydään läpi osana paikallavaluvälipohjan tuotantotekniikkaa.

2 Paikallavalettavat välipohjat

2.1 Välipohjalaatat

Paikallavalettavalla välipohjalla tarkoitetaan työmaalla valettua teräsbetonista välipohjalaattaa. Massiivisten välipohjalaattojen tyypilliset paksuudet vaihtelevat 260–300 mm:n välillä. Riittävän paksu rakenne mahdollistaa talotekniikan, kuten huoneistokohtaisten viemärikaatojen sekä lämpö- ja sähkölinjojen, sijoittamisen välipohjan sisään. Paikallavalettavat välipohjat soveltuvat hyvin asuntorakentamiseen, jossa ei vaadita toimitilarakentamiselle tyypillistä pitkien jänneväliden luomaa tilojen muunneltavuutta. Massiivinen betonilaatta on äänieristävyyden kannalta hyvä ja luotettava valinta. Saumaton, tiivis ja vähän jälkivaluja vaativa laatta saadaan työmaaolosuhteissa riskittömästi täyttämään vaaditut äänieristävyyssominaisuudet. Tiivis välipohja helpottaa myös oleellisesti työmaa-aikaista kosteudenhallintaa. Vesitiivis rakennuksen vaippa nopeuttaa lämmityksen aloittamista ja edistää rakenteiden kuivumista. Paikallavalurakentamisen etuna voidaan pitää myös elementtirakentamista joustavamman rakenteen luomaa arkkitehtonista vapautta. Ulokkeet, sisäänvedot ja kaarevat muodot voidaan toteuttaa helpommin paikallavalurungossa. [2]

Suomen kaupungistuessa rakennusteollisuus keskittyi voimakkaasti elementtirakentamiseen, joka mahdollisti nopean ja taloudellisen rakentamisen. 1960- ja 70-luvun vaihteessa kehitetyt ontelolaatat korvasivat nopeasti hitaan ja työvoimavaltaisen paikallavalutekniikan välipohjissa, mikä johti paikallarakentamisen osaamisen vähenemiseen aina 1990-luvun lopulle saakka. Ontelolaatat ovat edelleen 2000-luvulla suosittu rakenneratkaisu, mutta paikallavaletut välipohjat ovat kasvattaneet suosiotaan viime aikoina. Rakentamisen tuotantotekniikan kehittyminen on tehnyt paikallavalurakentamisesta kilpailukykyisen vaihtoehdon suosituille elementtivälipohjille. Muottitekniikat ovat kehittyneitä ja erilaisille laattatyypeille löytyy vaihtoehtoisia toteutustapoja. Kehittyneet betonilaadut ja työtekniikat mahdollistavat kustannustehokkaan rakentamisen myös talviaikana. Betonin kuivuminen ja pinnan laatu hallitaan paksuissakin välipohjissa nopeammin päällystettävien betonien ja uuden tyyppisten itsetiivistyvien betonien avulla.

2.2 Onnistuneen paikallavalun edellytykset

Onnistunut paikallavalaminen vaatii tietoa ja taitoa. Rakennustuotannon kannalta tämä tarkoittaa huolellista työsuunnittelua, ohjausta ja laadunvarmistusta. Paikallavalurakenne on tehtävä, joka koostuu useammasta työlajista eli muottityöstä, raudoituksesta, talotekniikasta ja betonoinnista. Näistä jokaiseen löytyy tekniikaltaan ja toteutukseltaan erilaisia ratkaisumahdollisuuksia. Paikallavalurakenne on kuitenkin aina työkokonaisuus, joka on suunniteltava yhtenä tuotannollisena tehtävänä, mitoitettava resursseiltaan ja kestoiltaan sekä valvottava ja ohjattava. Tuotannon ohjaus perustuu tuotantosuunnitelmiin ja niiden kautta johtamiseen. Tuotannosuunnittelun tarkoituksena on miettiä ne keinot, joilla tuotantoa johdetaan, valvotaan ja ohjataan työvaiheen aikana niin että tiedetään, mitä tehdään, miten tehdään, miten työt etenevät, mitä saadaan tulokseksi? Työmaalla betonointityön keskeisiä ohjaustoimia ovat

- tehtäväsuunnittelu
- betonointisuunnitelma
- aloituspalaveri
- mallityö
- tarkastustoiminta. [3.]

Tehtäväsuunnittelu

Tehtäväsuunnittelu on prosessi, johon kuuluu tehtäväsuunnitelman laadinta ja sen avulla tehty tehtävän ohjaus asetettujen tavoitteiden ja vaatimusten mukaisesti. Tehtäväsuunnitelma on työmaatuotannon johtamisen väline, jolla varmistetaan ennen työn aloitusta, että osapuolilla on yhteinen käsitys työn tavoitteista ja vaatimuksista sekä keinoista, joilla tavoitteisiin päästään. Tämän varmistamiseksi tehtäväsuunnitelma käydään läpi yhdessä osapuolten kesken, esimerkiksi tehtävän aloituspalaverissa, ja samalla suunnitelmaa tarkennetaan tarpeen mukaan. [3.]

Tehtäväsuunnittelun lähtötietoina käytetään hankeasiakirjoja sekä yleisiä normeja ja yrityskohtaisia tiedostoja. Tehtävää suunniteltaessa kootaan yhteen kaikki tehtävää koskevat lähtötiedot. Lähtötietojen perusteella muodostetaan tehtävän ajalliset ja taloudelliset tavoitteet sekä selvitetään valmista rakennetta ja sen toteuttamista

koskevat laatuvaatimukset. Tarvittavat lähtötiedot ja niiden pohjalta muodostetut tavoitteet ja vaatimukset muokataan sellaiseen muotoon, että ne voidaan periyttää työntekijöille ja että ne palvelevat työn toteuttamista ja ohjausta. Viittauksina esitetyt laatuvaatimukset kirjoitetaan auki. [4.]

Tehtävää koskevat laatuvaatimukset ovat muun muassa materiaaleihin, työn tekemiseen, valmiin rakenteen mittatarkkuuteen ja valmiiden pintojen ulkonäköön liittyviä vaatimuksia. Lisäksi suunnitellaan laadunvarmistustoimenpiteet, joiden avulla työnjohtaja tai työntekijä voi itse varmistaa ja todeta työhön liittyvien vaatimusten toteutumisen. Näitä välineitä ovat muun muassa erilaiset muisti- ja tarkastuslistat sekä aikataulun ja kustannusten seurantakaaviot. Sen varalle, että tuotannossa ilmenee poikkeamia suunnitellusta, varaudutaan ongelmiin etukäteen. Mietitään, mitkä ovat todennäköisimpiä ongelmia tehtävässä työssä, kuinka niiden syntyminen ennalta ehkäistään ja kuinka toimitaan siinä tapauksessa, jos ongelma ilmaantuu. [4.]

Betonointisuunnitelma

Sujuvan betonoinnin ja laadukkaan lopputuloksen takaamiseksi tulee työvaiheesta tehdä betonointisuunnitelma. Työmaan betonityönjohtaja laatii betonityösuunnitelman, jossa on huomioitu itsetiivistyvän lattiabetonin erityisominaisuudet, kuten herkkyys, hitaampi valmistus, ja työmaamittaukset. Suunnitelmassa esitetään muun muassa tarvittava kalusto ja työvoimaresurssit, betonointinopeudet, betonilaadut ja määrät, työturvallisuus sekä jälkihoitotoimenpiteet. Talviaikana on lisäksi suunniteltava lämmitystarve ja lujuuden kehityksen seuranta. Erityisesti tulee muistaa itsetiivistyvän betonin hitaampi valmistus ja laadunvalvontamittauksien viemä aika. Betonointisuunnitelmassa tulee kiinnittää huomiota myös ulkoihin olosuhteisiin. Helteisellä säällä itsetiivistyvä betoni voi jäykistyä nopeasti, jolloin onnistunut valu edellyttää erityisen sujuvaa toimintaa työmaalla. Toisaalta viileissä olosuhteissa työstettävyyss aika voi olla hyvin pitkä ja massan sitoutuminen voi hidastua merkittävästi. Myös erilaisiin häiriötilanteisiin tulee varautua. [5.]

Aloituspalaveri

Ennen välipohjien rakentamista järjestetään aloituspalaveri, jossa sovitaan kohteen toteutustavasta. Aloituspalaverin tarkoituksena on varmistua betonoinnin aloitusedellytyksistä ja käydä läpi tehtävän oleelliset kohdat, kuten valettava rakenne, rakenteen vaatimukset, aikataulu, riittävä kalusto ja työvoima resurssit, suunnitelmat, betonointijärjestys, laatuvaatimukset ja työturvallisuus. Aloituskokouksessa tulisi olla mukana vastaavamestari, betonityönjohtaja, työryhmä ja tarvittaessa myös valmisbetonitoimittajan edustaja. Riittävän aikaisin pidetty palaveri mahdollistaa esille tulleiden epäselvyyksien tai puutteiden korjaamisen. [4.]

Aloituspalaveri toimii samalla myös työntekijöiden opastuksena. Itsetiivistyvää betonia käytettäessä on tärkeää perehdyttää työntekijät. Työntekijöille selvitetään työkohde ja sen olosuhteet, sekä työssä käytettävät menetelmät ja kalusto. IT-betonin levitys ja työstäminen eroaa perinteisistä lattiavalumenetelmistä. Myös laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimenpiteet tulee avata työntekijöille. Samalla sovitaan, kuinka työntekijät varmistavat työnsä laadun työn aikana, mitä tarkastuksia ja palavereja pidetään sekä kuinka eri osapuolten yhteistyö ja töiden limittyminen hoidetaan. Aloituspalaverilla varmistetaan, että tehtävä voidaan aloittaa suunnitellusti ja että kaikilla osapuolilla on riittävät tiedot työnsä toteuttamiseksi ja yhtenäinen käsitys tehtäväkokonaisuudesta ja lopputulokselle asetetuista tavoitteista ja vaatimuksista. [4.]

Mallikatselmus

Ensimmäisestä valmistuneesta työkohteesta tehdään mallikatselmus. Tarkastamalla ensimmäinen työkohde työntekijöiden kanssa varmistutaan tekijöiden osaamisesta ja estetään systemaattisten virheiden syntyminen. Mallikatselmuksen pohjana käytetään kyseistä työtä varten luotua tarkastuslistaa. Laatuvaatimukset käydään läpi ja kirjataan dokumenttiin. Työryhmän kanssa analysoidaan työssä onnistuminen ja mahdolliset opit ja muutokset jatkossa.

Tarkastustoiminta

Tärkeä betonointiin liittyvä osatehtävä on työmaalla suoritettava laadunvalvonta, joka kohdistuu niin työnsuoritukseen kuin valmiiseen lopputuotteeseen. Paikallavalurakentamisen päätyöt muottityö, raudoitus, talotekniikan asennus ja betonointi vaativat kaikki yleistä laadunvalvontaa. Tarkastettavia asioita ovat käytetyt materiaalit etenkin betoni ja valmiit asennukset. Työvaiheet tarkastetaan niiden valmistuttua. Tarkastuksiin käytetään kyseisiä työvaiheita varten luotuja tarkastuslistoja. Tarkastuslistojen sisältö muokataan aina kohdekohtaisesti. 1–2. luokan betonitoista pidetään työmaalla myös betonointipöytäkirjaa.

2.3 Itsetiivistyvä betoni

Itsetiivistyvä betoni, eli IT-betoni on notkea erikoisbetoni, joka tiivistyy erottumatta oman painonsa avulla ilman täryttämistä. Kovettunut betoni on tiivistä ja homogeenistä ja se voidaan suhteuttaa ja valmistaa täyttämään kaikki normien vaatimukset tiiviiden, lujuuden ja säilyvyyden suhteen. Tiivistyvyys perustuu uudentyyppisten tehonotkistimien käyttöön sekä betoni- ja kiviainesseosaineiden entistä tarkempaan hallintaan. Vähän tärytystä tai tiivistämistä vaativaa betonia on käytetty Euroopassa 1970-luvun alusta alkaen, mutta itsetiivistyvä betoni kehitettiin vasta 1980-luvun lopulla Japanissa. Lisäaineteknologian kehittyminen ja halu vähentää suurten betonointien työvaltaisuutta johti uudentyyppisen erittäin notkean betonin kehittämiseen. IT-betoni ja sen sovellukset ovat betoniteollisuuden uutuuksia, joiden markkinaosuudet kasvavat jatkuvasti maailmalla. IT-betonin käyttö on yleistynyt myös Suomessa muun muassa elementtiteollisuudessa ja korjausrakentamisessa sen hyvien ominaisuuksiensa vuoksi. [5.]

Itsetiivistyvän betonin etuja ovat betonointityön nopeutuminen ja helpottuminen sekä melun väheneminen. Itsetiivistyvä betoni soveltuu hyvin erilaisiin vaativiin valukohteisiin, kuten rakenteiden korjauksiin ja tiheästi raudoitettuihin rakenteisiin. Nestemäisyytensä ja erottumattomuutensa ansiosta itsetiivistyvä betoni on hyvin homogeenistä, siinä esiintyy vähän harvavaluja ja sillä on tasainen lujuus. Tämän ansiosta itsetiivistyvällä betonilla on mahdollista valmistaa korkealaatuisia betonipintoja ja hyvin säilyviä betonirakenteita. Itsetiivistyvän betonin käyttö asettaa uuden tason

vaatimuksia betonimassan tehdas- ja työmaakohtaiselle laadunvalvonnalle. Betonin valmistukseen ja osa-aineiden annosteluun sisältyvät virhemarginaalit ovat selvästi normaalibetonia pienemmät. [5.]

2.4 Itsetiivistyvä lattiabetoni

Itsetiivistyvä lattiabetoni on yksi IT-betonin käyttösovelluksista. Helposti levittyvän nestemäisen muotonsa vuoksi sillä voidaan lattiavaluissa saavuttaa valmista parkettipohjaa ilman ylitasoituksia. Suomessa itsetiivistyvän betonin käytön välipohjien betonoinnissa aloittivat yhteistyössä Rudus ja Skanska 2000-luvun alussa. Paikallavalettavien välipohjien työtapoja haluttiin kehittää ja tehostaa. Uuden tyyppinen betoni mahdollisti työvaiheiden yhdistämisen ja vähensi betonointityön työvaltaisuutta. Yhdellä valukerralla voitiin valaa märkätilojen kaatolattiat ja välipohjalaatta valmiille pinnalle. [6] Helposti tasoittuvien lattiabetonien käyttö on yleistynyt viime vuosina myös muiden yritysten ja betonitoimittajien keskuudessa. Itsetiivistyvään betoniin pohjautuvien lattiabetonien tuotenimiä voivat olla esimerkiksi Ruduksen LI-betoni tai Luja betonin HT-betoni.

3 Välipohjan tuotantotekniikka

3.1 Paikallavalun työvaiheet

3.1.1 Muottityö

Tuotantotekniikan kannalta nopeimpia muottijärjestelmiä holvien rakentamiseen ovat pöytä ja kasettimuottijärjestelmät. Koneellisesti siirrettävä kiinteämittainen pöytämuotti ja määrämittaisista kaseteista koottava kasettimuotti mahdollistavat nopean muottikierron, mutta edellyttävät muotitettavilta pinnoilta toistuvuutta. Asuntorakentamiseen nämä järjestelmät eivät kuitenkaan yleensä sovi, sillä holvit ovat pieniä ja mitoiltaan vaihtelevia. Asuntorakentamisen edellyttämä muunneltavuus saavutetaan vakiopalkit ja muottilevyt -järjestelmällä, joka on helppo työstää haluttuihin mittoihin. Kuvassa 1 on käynnissä holvin muottityö.



Kuva 1 Holvimuotti kootaan tilakohtaisesti

Holvimuottikaluston tärkeimmät osat ovat ristikkäinen puupalkisto ja sitä kannattelevat terästuet. Kannatinpalkit voivat olla ristikkopuupalkkeja, vaneriumaisia puupalkkeja tai alumiinipalkkeja. Pystytuentana toimivat tukijalat (kolmijalat) ja haarukkapäät, joilla niskapalkisto tuetaan terästukiin. Muottipintana toimiva muottivaneri tulee valita kohteen valukertojen mukaan, niin että kohde voidaan valaa samoilla vanerilevyillä. Yleisin käytössä oleva muottipinta on määrämittaiset ja valmiiksi pinnoitetut muottivanerit. [7.]

Muottityö voidaan aloittaa sitä mukaa, kun huoneistoa rajaavat pystyelementit on asennettu. Muottijärjestelmän pystytys aloitetaan mittaamalla valettavan laatan korkeus ja merkitsemällä korot seinille ja holvituille. Pystytuet sijoitetaan muottisuunnitelmien mukaisesti vakaalle alustalle ja säädetään tukien lukitustapit oikeaan korkeuteen. Niskapalkkien päissä ja limityskohdissa käytetään tukien päissä pudotushaarukoita. Haarukat ovat 4-suuntaisia, johon voidaan laskea joko yksi tai kaksi palkkia rinnakkain. Tukijalalliset terästuet voidaan asentaa jalkoja säätämällä myös kulmiin ja seinien vierustoille. Puupalkkien asennus- ja purkutyössä voidaan käyttää apuna asennussauvaa. Koolauspalkit asennetaan niskapalkkien varaan. Oikea palkkijako määräytyy käytettävän muottilevyn ja laattapaksuuden mukaan. Palkit joudutaan usein limittämään tilan mukaan, jolloin tulee varmistaa, että limityspituus ulottuu vähintään 50 cm haarukan ylitse. [7.]

Muottilevyt asennetaan koolauspalkkien päälle. Levyt kiilataan tiiviiksi muottipinnaksi ja reunimmaisat levyt naulataan kiinni. Levysaumoihin asennetaan tarvittaessa lisäpalkit. Kiilaavissa tai muuten poikkeavissa muottikentissä joudutaan työstämään usein vanerista yksittäisiä tilkepaloja. Valmiiseen muottipintaan jäävät pienet raot ja saumat voidaan tiivistää esimerkiksi uretaanivaahdolla. Varaukset ja muut mahdolliset rajoittimet mitataan ja asennetaan paikoilleen muottipinnan teon jälkeen.

Ennen raudoitustöitä muottipinta tulee öljytä. Muotiniirrotusaineiden tehtävä on estää betonin tarttuminen muottiin ja helpottaa muottien puhdistusta. Muotiniirrotusainetta on käytettävä jokaisella valukerralla. Irrotusaine saadaan levittymään tasaisesti sumuttamalla se valmiille muottipinnalle painekannulla. Ainekerroksen tulee olla mahdollisimman ohut, mutta tasainen. Liian runsas muottiöljy jättää valumajälkiä ja pintavirheitä betonipintaan. Liika muottiöljy on pyyhittävä pois. [8.]

3.1.2 Raudoitus

Muottityön edettyä voidaan aloittaa raudoitustyöt. Välipohjien raudoituksen koon, määrän ja sijainnin määrää rakennesuunnittelija, jonka laatimien raudoituspaiirustusten mukaan raudoitteet asennetaan paikoilleen. Piirustukset perustuvat mitoituskalkelmiin ja niihin voi sisältyä lisäselvityksiä muun muassa materiaalivalinnoista, liitoksista, saumoista ja työn suoritustavoista. Raudoitteiden tarkoituksena on yhdessä betonin

kanssa kestävä rakenteelle tulevat rasitukset. Betonilaattojen valmistuksessa yleisimmin käytettyjä raudoitteita ovat yksittäiset harjateräkset, valmiiksi hitsatut teräsverkot, sekä rullattavat valmisraudoitteet. [8.]

Raudoitetuotteiden valintaan vaikuttaa ensisijaisesti kohteen muoto ja koko. Yksinkertaiset ja laajat raudoitekentät, kuten pohjalaatat, mahdollistavat raudoitusmattojen käytön. Rullattavat raudoitusverkot suunnitellaan kohdekohtaisesti, jolloin työmaalle toimitetaan valmis raudoitetuote, joka mukaillee vaadittuja varauksia ja muotoja. Yksittäinen rulla voi sisältää eripituisia ja halkaisijaltaan erikokoisia teräslankoja. Asennuksessa verkot nostetaan raudoitettavan kentän reunalle asennustukien tai välikkeiden varaan, avataan pakkaussiteet, kohdistetaan ja suunnataan matto, sekä rullataan matto auki. [9.] Rullien levittämisessä tulee huomioida kentästä mahdollisesti nousevat elementtitapit ja muut varaukset, joiden yli rulla tulee nostaa. Levittämisen aikana tulee myös tarkkailla verkon paikallaan pysymistä, jotta vältetään valmiin kentän ylimääräisiltä ja aikaa vieviltä korjauksilta. Asuntorakentamiseen raudoiteverkot eivät yleensä sovellu. Väliseinäelementtien päältä nousevat tartuntateräkset vaikeuttavat verkon auki levittämistä. Verkot ovat raskaita nostaa, mikä sitoo työvoimaa sekä nostokapasiteettia.

Perinteinen raudoitustapa on käyttää irtoteräksiä tai valmiita teräsverkkoja, jotka soveltuvat paremmin muodoltaan moniulotteisiin tai kerroksiltaan vaihteleviin raudoituksiin. Irtoteräksiä voidaan tilata pitkänä tavarana tai teollisesti valmistettuina valmisraudoitteita. Raudoitetehtaalla esivalmistetut harjateräkset valmistetaan piirustusten mukaan valmiiksi katkaistuina ja taivutettuina, mikä minimoi kalustotarpeen ja hukan työmaalla. Teollisten raudoitteiden käyttö vähentää myös työvaiheita työmaalla, jonne jää vain valmiiden osien asentaminen. [8.]

Raudoitteet tilataan piirustusten pohjalta laadittujen raudoiteluetteloiden mukaan. Valmisraudoitteet suunnitellaan siten, että erilaisten raudoitetyyppien määrä on mahdollisimman pieni. Raudoitetyyppien pieni määrä ja selkeä raudoitussuunnitelma helpottavat ja nopeuttavat raudoitustyötä. Toimituserät tulee suunnitella työmaan varastointimahdollisuuksien ja viikkomenekkien mukaan. Taakat toimitetaan tehtaalta nostolenkein varustettuna, mutta nippujen siteitä ei ole tarkoitettu työmaan nostoihin. Raudoitenipuista löytyy tunnuslaput, joiden mukaan raudoitteet asennetaan

suunnitelmien mukaisesti. Ennen asentamista tulee raudotteet puhdistaa irtonaisesta ruosteesta, liasta, jäästä ja muista tartuntaa huonontavista aineista. [8.]

Raudotteet tuetaan muotteihin välikkeiden tai asennustankojen avulla. Tuennan tulee olla riittävän tiheä ja sidonnan luja, etteivät teräkset betonoitaessa tai muiden työvaiheiden aikana siirry pois paikoiltaan tai saa haitallisia muodonmuutoksia. Yleisimmin välikkeinä käytetään muovisia määrämittäisiä kappaleita, jotka naulataan muottiin. Tuennan oikealla mitoituksella saadaan aikaan oikeamittainen betonipeite ja oikeat tankovälit. Raudotteiden sitomiseen toisiinsa käytetään tavallisesti sidontakoukkuja ja kuparisia sidontalankoja. Sidontatyön nopeuttamiseksi on saatavilla myös sidontakoneita, jotka nopeuttavat huomattavasti sidontatyötä. Mikäli raudotteita joudutaan jatkamaan, tulee limijatkoksien olla riittävän pitkät. Ankkurointikapasiteetin täyttävät jatkospituudet määrää rakennesuunnittelija. Teräksiä voidaan myös jatkaa hitsaamalla tai erikoisliitoksilla, kuten muhveilla. [8.]

Pohjaraudoituksen ja pintarautojen väliin asennetaan holvin sisälle suunnitellut LVS-asennukset. Rauditus tulee kylpyhuoneiden kohdalla sovittaa muun talotekniikan mukaan. Tangot eivät saa nostaa tai painaa putkia kaatojen varmistamiseksi. Märkätilojen lattialämmityskaapeliin kiinnitys vaatii riittävän tiheän ja jatkuvan raudituksen, jotta ne eivät painu betonoinnin aikana liian syväälle. Laatan reunoille asennetaan hakaraudoituskorit, joiden varaan tuetaan laatan yläpinnan raudotteena käytettävät verkko- ja kaistaraudotteet tai irtotangot. Laatan keskialueella yläpinnan raudotteet tuetaan työpukkeihin. Kuvassa 2 on raudoitteentä valmiina.

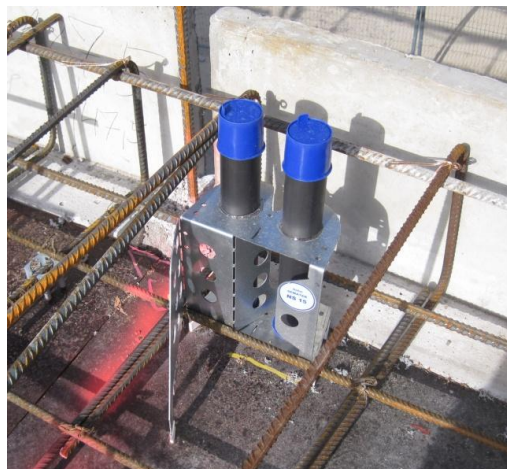


Kuva 2 Pohja ja pintarauditus valmiina ennen valua

3.1.3 LVIS-työt

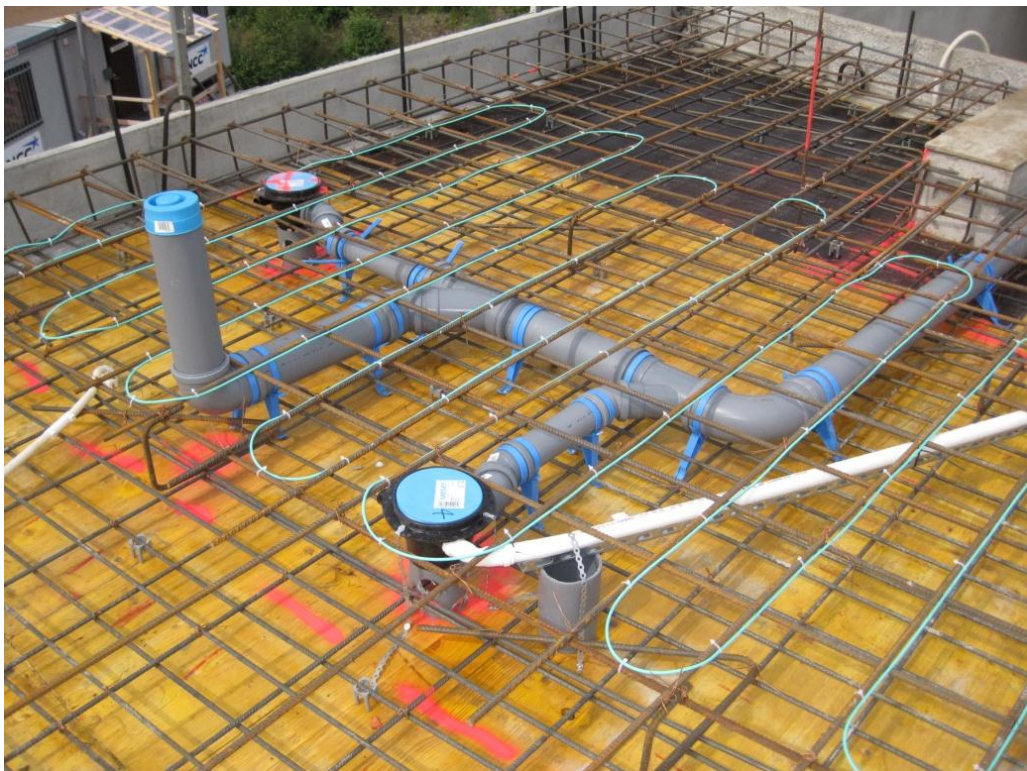
Paikallavaletun välipohjalaatan talotekniikka työt käsittävät huoneistokohtaiset vesi-, viemäri- ja sähköasennukset. Paikallavaluvälipohjien minimivahvuudeksi muotoutunut 260–300 mm mahdollistaa kaikkien holvissa vietävien putkitusten ja viemäriinjojen toteuttamisen. Kerralla valmiiksi valettaessa LVS-asennukset suoritetaan raudoitustöiden kanssa rinnan. Sähköputkituksia ja viemäreitä päästään asentamaan pohjarauδοituksen valmistuttua. Pintarauδοitteet taas odottavat kylpyhuoneiden vesi- ja viemäriasennusten valmistumista. Suunnitellussa aikataulussa pysyminen edellyttää työryhmien sitoutumista ja työvaiheeseen perehdyttämistä. Holvin sisään tulevien asennusten korjaaminen on myöhemmin vaikeaa tai mahdotonta. Siksi valukentän asennusten tulee olla asennettu oikeaan korkoon ja tuennan tulee olla riittävä. Asennusten kiinnityksessä on kuitenkin vältettävä ruuvien käyttöä, koska ne rikkovat helposti käytettävät muottilevyt ja hidastavat muottien purkutyötä.

Nopeassa runkorakentamisessa vaakarakenteiden toteutus ja siihen liittyvien LVS-töiden tulee sujua kitkattomasti. Talotekniikan ratkaisujen tulee soveltua nopeisiin työvaiheisiin. Talotekniikkatöitä voidaan tehostaa erilaisilla valmisosilla ja hormielementeilla. Valmisosien käytöllä vältytään varauksilta ja saadaan holvista kerralla vesitiivis. Yleisimmin käytössä olevia valmisosia ovat elpohormit, lämpönousujen valmiit läpivientiosat ja viemäriputkien tehdasvalmisteiset tuennat. Lämpönousujen läpivientiosia asennettaessa tulee varmistua mittatarkkuudesta. Lämpönousut lävistävät rakennuksen kerrokset yhtenä linjana, jolloin pienikin heitto läpivientiosan sijoittamisessa johtaa nousujen vinouteen tai estää asennuksen kokonaan.



Kuva 3 Lämpönousun läpivientiosa

Holvin vesi ja viemäriasennukset sijoittuvat pääosin huoneistojen märkätiloihin. Kaivojen ja viemäreiden sijoittamisessa onnistuminen vaatii tilan tarkkaa rajaamista. Mittamies voi tarvittaessa merkitä muottiin tulevien seinien sijainnit, joiden mukaan tila rajataan joko kulmatapeilla tai muotteihin tuetuilla valukiskoilla. Liian lähelle seinää sijoitetut viemäriinousut voivat vaikeuttaa vesikalusteiden asennusta myöhemmin. Holviin tulevien kaivojen korot tarkastetaan esimerkiksi tasolaserilla. Korkoja mitoitettaessa tulee huomioida vaaditut kaadot. Kaivot tulee asentaa tukevasti muottiin, etteivät ne pääse nousemaan tai siirtymään paikaltaan valun aikana. Myös kaivoilta lähtevien viemäreiden kaadot ja riittävä tuenta tulee varmistaa. Kuvassa 4 viemäriputket on tuettu valmisosilla, jotka helpottavat kaatojen säätöä. Putken ympärille kiristettävällä pannalla voidaan portaattomasti säätää tuen korkeutta. Tukien paikallaan pysyminen varmistetaan kiinnittämällä ne muottiin naulaamalla tai tiuhakierteisillä ruuveilla. Pienemmät esimerkiksi pesukoneen poistoputket voidaan tukea alapuolelta U-kiskoilla. Ennen valua kaivojen ja viemäreiden vapaat päät suojataan kansilla tai peitetään muulla tavoin.



Kuva 4 Märkätilan valmiit LVS-asennukset

Paikallavalettu välipohja tuo etuja sähköasennuksiin. Yhtenä selvänä piirteenä on työvaiheiden aikaistuminen. Suurin osa huoneistojen sähköputkituksista toteutetaan valuholveissa, jolloin putkitukset siirtyvät pääosin kevyistä väliseinistä holviin. Huoneistojen sisäjohtotuksiin päästään tällöin jo runkovaiheessa. Kerralla valmiiksi valettaessa myös kosteiden tilojen lattialämmityskaapelit voidaan asentaa jo holvivalussa. Holvin sähköasennukset koostuvat pääosin huoneistojen sähköputkituksista. Putkituksia asennettaessa tulee kiinnittää huomiota putkien paikallaan pysymiseen ja liitosten varmuuteen. Putket voidaan sitoa pohjaverkkoon joko sidontalangoilla tai nippusiteillä. Rasioiden lähdöt tulee kiinnittää huolella rasioiden juuresta, etteivät ne pääse irtoamaan valun aikana. Hankalilta korjauksilta vältytään myös välttämällä ylimääräistä kulkua valukentällä. Putkitukset eivät kestä päälle astumista vaan ne halkeavat tai painuvat kasaan. [10.]

3.1.4 Betonointi

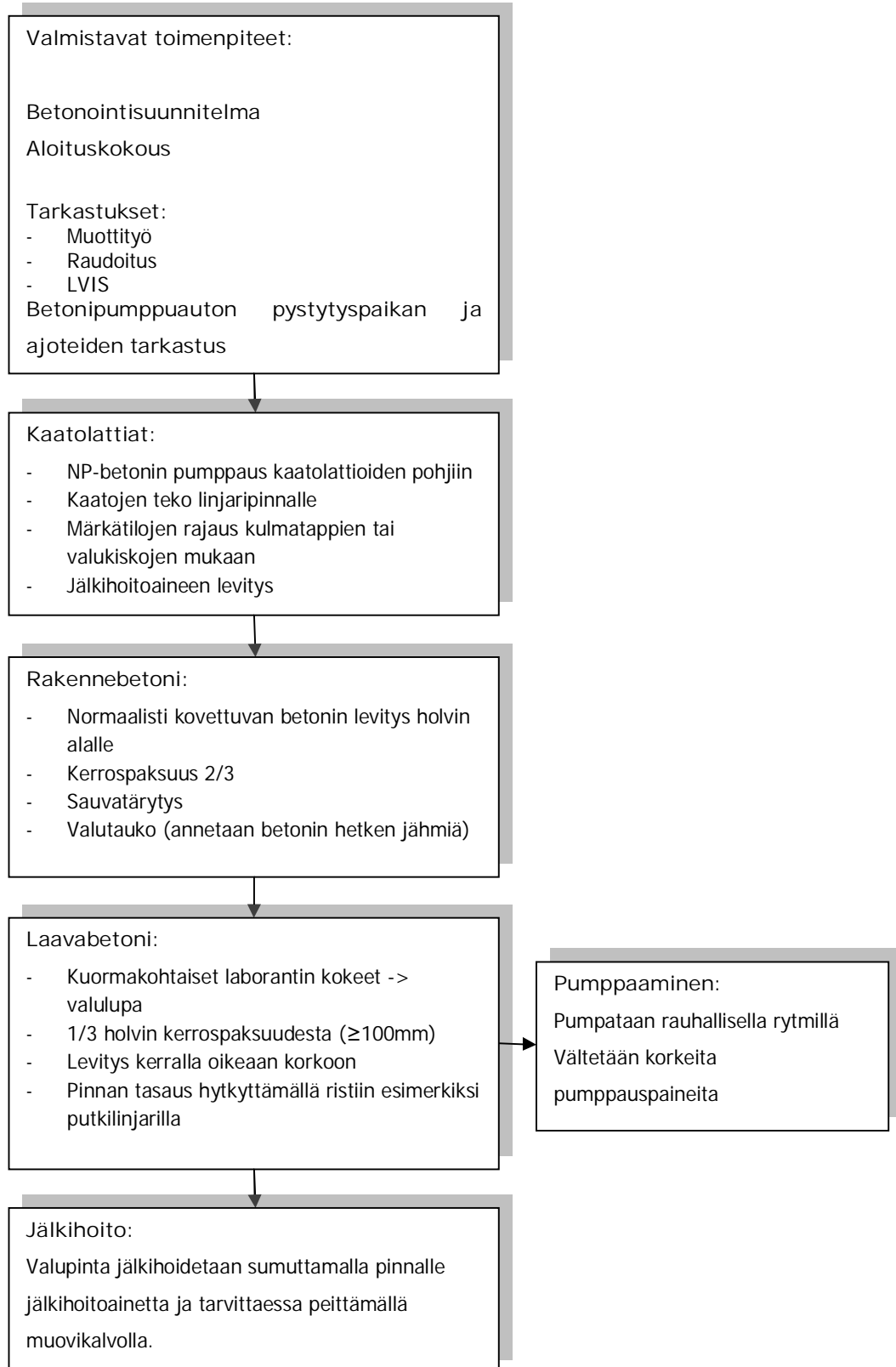
Betonirakenteet ja betonityöt on jaoteltu kolmeen rakenneluokkaan rakenteen ja työtekniikan vaikeustason mukaan. Luokituksen perusteella tiedetään minkälaisia vaatimuksia rakenteen suunnittelulle, betonille, betonoinnille ja laadunvalvonnalle asetetaan. 1. luokan betonirakenteita ovat erityisen vaativat muun muassa jännitetyt rakenteet, jotka edellyttävät erityistä pätevyyttä. 1-luokan betonityönjohtajalla on oltava sisäasiainministeriön toteama pätevyys, joka vaatii pitkää työkokemusta. Valtaosa talojen tavanomaisista betonirakenteista kuuluu 2-luokkaan. 3-luokkaan kuuluvat pienet kohteet ja niiden rakenteet, joille ei aseteta erityisiä vaatimuksia. [8.]

Rakennesuunnittelija ilmoittaa rakenteeseen käytettävän betonin lujuusluokan ja rakenneluokan, esimerkiksi k30-2. Sekä rakenteiden suunnittelijalla että betonityönjohtajalla tulee olla käytettävän rakenneluokan mukainen pätevyys. Yleisimmin työmaille toimitettujen valmisbetonien lujuusluokat ovat välillä K30-K50. Lujuusluokitus tehdään 150 mm:n koekuution puristuslujuuden perusteella. Työmaalla voidaan tarvittaessa käyttää suunniteltua lujempaa betonia. Lujuusluokan nostaminen nopeuttaa betonin lujuudenkehitystä ja muotipurkulujuuden saavuttamista. Lujuusluokan nostamisesta voi olla hyötyä esimerkiksi talvibetonoinnissa sekä pyrittäessä nopeaan muottikiertoon. [8.]

Betonoinnin valmisteleviin töihin kuuluu valulohkon kunnostaminen valutyötä varten sekä työn aloittamista edeltävät tarkastukset. Ennen betonoinnin aloittamista on edeltävien työvaiheiden muottityön, varausten, raudoituksen ja LVS-töiden oltava asennettu ja puhdistettu irtonaisesta liasta, lumesta ja jäästä. Muottien tulee olla mitoiltaan oikeat, tiiviit ja hyvin tuetut ja varauksien suunnitelmien mukaiset. Peittyvät rakenteet tarkastetaan ja listataan hyväksytyksi tarkastuslistaan. Mahdolliset virheet ja puutteet korjataan ja tarkastetaan vielä ennen töiden aloittamista. Nosto ja siirtokaluston sekä muiden koneiden kunto tulee tarkastaa. Valmisteleviin töihin kuuluu myös betonityöntekijöiden perehdyttäminen. Työntekijöiden on tunnettava työsisältö: valettava määrä, aikataulu, käytettävä kalusto ja työn erityispiirteet. [11.]

Itsetiivistyvä betoni voidaan siirtää kaikilla normaaleilla siirtotavoilla. Pumppubetoniauto on kätevin tapa siirtää betoni holville. Pumppubetoniauton pystytyspaikka tulee suunnitella siten, että betonin siirto on tehokasta ja turvallista. Pumppauspaikan ja ajoteiden tulee olla kantavat ja riittävän laajat, jotta pumppuauton tukijalat saadaan riittävän ulos ja työmaaliikenteen turvallisuus betonoinnin aikana varmistuu. Työskentely- ja ohjauspaikan välillä tulee olla näkö- tai radiopuhelinyhteys. [11.]

Itsetiivistyvällä lattiabetonilla valettaessa holvibetonointi jakaantuu kolmeen työvaiheeseen. Betonointi aloitetaan märkätilojen kaatolattioista. Kaatojen ja rajausten valmistuttua valetaan rakennebetonilla holvin muu osa 2/3 kerrospaksuudelta ja loppu pintaan jäävä 1/3 notkealla IT-betonilla. Kuvassa 5 on kuvattuna betonoinnin kulku ja työvaiheiden pääkohdat.



Kuva 5 Välipohjan betonoinnin vaiheet

Kaatolattioiden valaminen

Betonointi aloitetaan märkätilojen valulla. Kaatolattioiden teko on hitain työvaihe ja märkätilan ympäri syntyvät valureunat toimivat lopulta pinnalle levitettävän laavabetonin rajaajana. Kaatolattioiden valamiseen käytetään nopeammin päällystettävää lattiabetonia. NP-betoni kuivuu huomattavasti normaaleja betonilaatuja nopeammin. Nopealla kuivumisella edesautetaan pinnoitteiden vaatimien kosteuden raja-arvojen saavuttamista. Betonimassa pumpataan kylpyhuoneiden kohdille tasolaserilla korkoa seuraten. Massan pinta tasataan linjalaudalla ja samalla työstetään vaaditut kaadot lattiakaivoille. Tilat rajataan rauditusvaiheessa kiinnitettyjen kulmatappien tai valukiskojen mukaan. Valetulle pinnalle levitetään heti jälkihoitoaine. Kuvassa 6 valmis kylpyhuoneen kaatovalu ja pinnalle levitetty jälkihoitoaine.



Kuva 6 Kaatolattiat voidaan rajata käsin kulmatappien mukaan

Rakennebetonikerroksen täyttö

Rakennebetonin pumppaus aloitetaan pumpusta nähden kauimmasta kohdasta, jotta putkistoa ei tarvitse tukea tuoreen betonin päälle, puhdistus helpottuu ja putkistoon ei tarvitse lisätä voitelemattomia putkia. Holviin mahdollisesti liittyvät palkit voidaan valaa yhdessä laatan kanssa, jolloin betonointi aloitetaan palkkimuottien valamisella. Massa tiivistetään sauvatäryttimellä, jotta ylimääräinen ilma poistuu massasta ja massa täyttää muotin tasaisesti sekä ympäröi teräkset. Tärysauvan koko tulee mitoittaa massan notkeuden mukaan ja täryttäminen tulee tehdä riittävän tiheästi.

Sauvatäryttimen tiivistysvaikutus ulottuu 30–100 cm:n syvyyteen ja 20–60 cm:n leveydelle, massan notkeudesta ja täryttimen tehosta riippuen [8]. Tärysauvaa ei saa käyttää betonimassan liikuttamiseen muotissa, jotta betonimassa ei erottuisi, vaan säilyttäisi koostumuksensa. Erotumisvaaran takia on myös massan vapaa pudotuskorkeus pidettävä mahdollisimman pienenä. Rakennebetonin tarkoituksena on täyttää 2/3 holvin kerrospaksuudesta, kuitenkin niin että laavabetonin kerrospaksuus täyttää vähintään 100 mm. Riittävän paksulla pintabetonikerroksella varmistetaan laavabetonin ominainen itsensälevittyminen ja vältytään betonikerrosten tahattomalta sekoittumiselta. Rakennebetonin sekoittumista laavabetoniin voidaan ehkäistä myös pitämällä valutaukoa, jotta alempi betonikerros ehtii hetken jäähmiä. Kuvassa 6 käynnissä rakennebetonikerroksen pumppaus- ja tiivistystyö.



Kuva 7 Rakennebetonia käytetään holvin täyttöön

Itsetiivistyvän lattiabetonin levitys ja tasaus

IT-betonoinnin aloitus edellyttää betonilaborantin luvan. Jokaisesta työmaalle saapuvasta valmisbetonikuormasta tehdään tarvittavat kokeet, joiden pohjalta annetaan betonointilupa tai massaa säädetään haluttuun suuntaan. Laavabetonin levittämisen pääperiaatteena on saada massa leviämään kerralla oikeaan korkoonsa. Pumppaus tulee aloittaa kohteen kauimmaisesta nurkasta josta edetään taaksepäin

samalla pinnan korkoa mitaten. Itsetiivistyvän lattiabetonin levitys edellyttää valuryhmän saumatonta yhteistyötä. Betonikerrosta ei tärytetä vaan notkean massan annetaan levitä itsestään oikeaan korkoonsa. Pitämällä pumppauslinjan suun matalalla ja betonointinopeuden rauhallisena vältetään betonikerrosten sekoittumiselta ja massan erottumiselta. Betonin levittämisen edetessä voidaan aloittaa pinnan tasaus. IT-betonilla valettujen pintojen viimeistely poikkeaa normaalibetonista. Pinnan tasaukseen eivät massan sitkeyden takia tavanomaiset työkalut välttämättä ole parhaita. Valupinnan tasaamiseen soveltuu esimerkiksi varrellinen linjaputki kuten kuvassa 7. Pinnan tasoittamiseksi se hytkytellään kevyesti ristiin. Hytkyttäminen saa pinnan "heräämään", jolloin pinta tasaa itsensä.



Kuva 8 Valupinta tasataan esimerkiksi varrellisella putkilinjarilla.

Jälkihoito

Valettu betoni on jälkihoidettava, eli pidettävä kosteana ja suojattuna. Betonin kovettuminen vaatii kosteutta ja liian nopea kuivuminen kasvattaa halkeiluriskiä. Holvi laajana vaakapintana vaatii huolellisen jälkihoidon. Hankalimpia olosuhteita ovat tuulinen sekä kuuma tai kylmä ilma. Tuulisuuden lisäksi herkkyyttä plastiselle halkeilulle edistää pintavalussa käytetyn IT-betonin suuri hienoainesmäärä ja pieni vesimäärä. Plastisella halkeilulla tarkoitetaan betonipinnan veden liian nopeasta kuivumisesta aiheutuvaa halkeilua. Lyhin jälkihoitoaika on yleensä kolme vuorokautta. Kuitenkin mitä pitempään laattarakennetta jälkihoidetaan, sitä paremmat edellytykset sillä on kestää

kutistuman aiheuttamat jännitykset. Jälkihoidolla turvataan siten etenkin betonin vetolujuuden kehittyminen. Jälkihoitoaineen käyttö on ensisijainen vaihtoehto, sillä muovilla peittäminen on hankalaa ilman, että pintaan jää jälkiä. Jälkihoitoaine muodostaa betonipinnalle tiiviin kerroksen, joka estää betonin sisältämää vettä haihtumasta. Käytännössä jälkihoitoainetta tulee sumuttaa tasaisesti betonipinnalle sitä mukaan, kun valmista pintaa valmistuu ja tarvittaessa uusia käsittely. [8]

3.1.5 Muotin purku

Muotit voidaan purkaa betonin saavutettua purkamislujuuden. Purkamislujuudeksi kutsutaan lujuutta, jolloin rakenne kestää siihen kohdistuvat kuormat eikä siihen synny sallimattomia muodonmuutoksia. Muottien purkamisajankohdan määrittää työmaan vastaava työnjohtaja tai betonitöiden työnjohtaja. Kantavan välipohjan muotit voidaan poistaa, kun betonin lujuus on vähintään 60 % nimellislujuudesta, ellei toisin ole mainittu. Muottien purkujärjestystä suunniteltaessa tulee varmistua, että rakenteeseen ei synny missään vaiheessa ylimääräisiä rasituksia. Työturvallisuussyistä laattamuottien purkuun tulisi käyttää vähintään kahta työntekijää. [8.]

Muottien purkaminen aloitetaan poistamalla niskapalkkien välituet. Niskapalkkien päissä olevat pudotuspäät pudotetaan avaamalla kiilat, jolloin pää putoaa 6 cm. Koolauspalkit käännetään kyljelleen asennussauvalla. Levyt poistetaan ja kootaan nippuihin. Muottia purettaessa tulee välttää levyjen kolhimista ja betonipinnan rikkomista. Levyjen jälkeen poistetaan koolauspalkit ja viimeiseksi niskapalkit. Terästuet ja tukijalat kootaan nippuihin ja nostoastioihin odottamaan siirtoa. Purkutyön yhteydessä muottimateriaali puhdistetaan ja viallinen kalusto poistetaan. Vanerien reunat ja pinnat petkelöidään puhtaaksi betonista ja mahdollisista tilkkeistä. Vioittuneet levyt ja tuet poistetaan käytöstä. Muottikalusto kootaan taakoiksi huoneistojen ikkuna-aukoille tai parvekkeille odottamaan nostoa seuraavaan asennuspaikkaan. [7.]

Muottien purkamisen yhteydessä tulee huolehtia jälkituennasta. Varatuenta tehdään haitallisten taipumien välttämiseksi. Käytännössä tuenta hoidetaan purettavassa tilassa jo valmiiksi olevilla pystytuilla, jotka kiristetään holvien väliin. Vaaditun tukien määrän ja etäisyydet määrittelee rakennesuunnittelija. Tuenta voidaan poistaa, kun ylemmät kerrokset ovat jäykistäneet rungon.

3.1.6 Jälkityöt

Paikallavalurakentamisen jälkitöitä ovat mm. siivous, betonin jälkihoito ja tarvittaessa valmiin betonirakenteen piikkaus, paikkaus, hionta, oikaisu ja lämmitys. Muottien purkamisen jälkeen holvin alapuolinen tila vapautuu tarkemmalle siivoukselle, pintojen tarkistuksille ja mahdollisille korjauksille. Pintojen virheitä voi esiintyä holvin valupinnoissa tai märkätilojen ja huoneistojen rajauksissa. Huolellisella ja laadukkaalla betonointityöllä valun aikana säästytään myöhemmiltä työläiltä pintojen piikkauksilta ja oikaisuilta.

Betonipintojen jälkitöinä poistetaan valupintojen mahdolliset valupurseet ja holvista esiin työntyvät kiinnikkeet. LVS-asennuksissa ja muottien kiinnityksessä käytetyt naulat ja ruuvit voivat jäädä kiinni betoniin, jolloin ne poistetaan myöhemmin esimerkiksi petkeleellä. Muita betonipintojen jälkitöitä ovat kaatolattioiden rajausten piikkaukset. Betonilaatujen rajapinnat jäävät helposti valun aikana epätasaisiksi, jolloin tulevien väliseinien pohjat tulee piikata tasaisemmiksi. Huoneistoissa voidaan joutua tekemään myös muita etuputsitöitä, mikäli pinnoille on jäänyt elementtiasennuksen jälkeen betoniroiskeita tai betonijäämiä.

Itsetiivistyvällä lattiabetonilla valettaessa pyritään valamaan valmista parkettipohjaa. Laadukaskin valupinta joudutaan kuitenkin hiomaan ennen päällystystöitä. Kovettuneessa betonipinnassa on aina pientä röpöä ja muita epätasaisuuksia, jotka saadaan tasoitettua hionnalla. Myös NP-betonilla valetut märkätilojen kaatolattiat vaativat hiontaa ja tarvittaessa oikaisua ennen vesieritystöiden aloittamista. Hiontatyöhön löytyy erikokoisia lattiahiomakoneita. Pienissä tiloissa ja seinien vierustoilla joudutaan käyttämään käsikäyttöisiä hiontalaikkoja. Syntyvä pöly saadaan hallittua koneisiin kytketyillä imurin letkuilla ja hionnan jälkeisellä tilojen imuroinnilla. Pölynhallinnasta huolimatta tulisi lattioiden hionta suorittaa ennen maalaus- ja tasoitetöiden aloitusta, jotta vältetään pilaamasta valmiita pintoja mahdollisella hiontapölyllä.

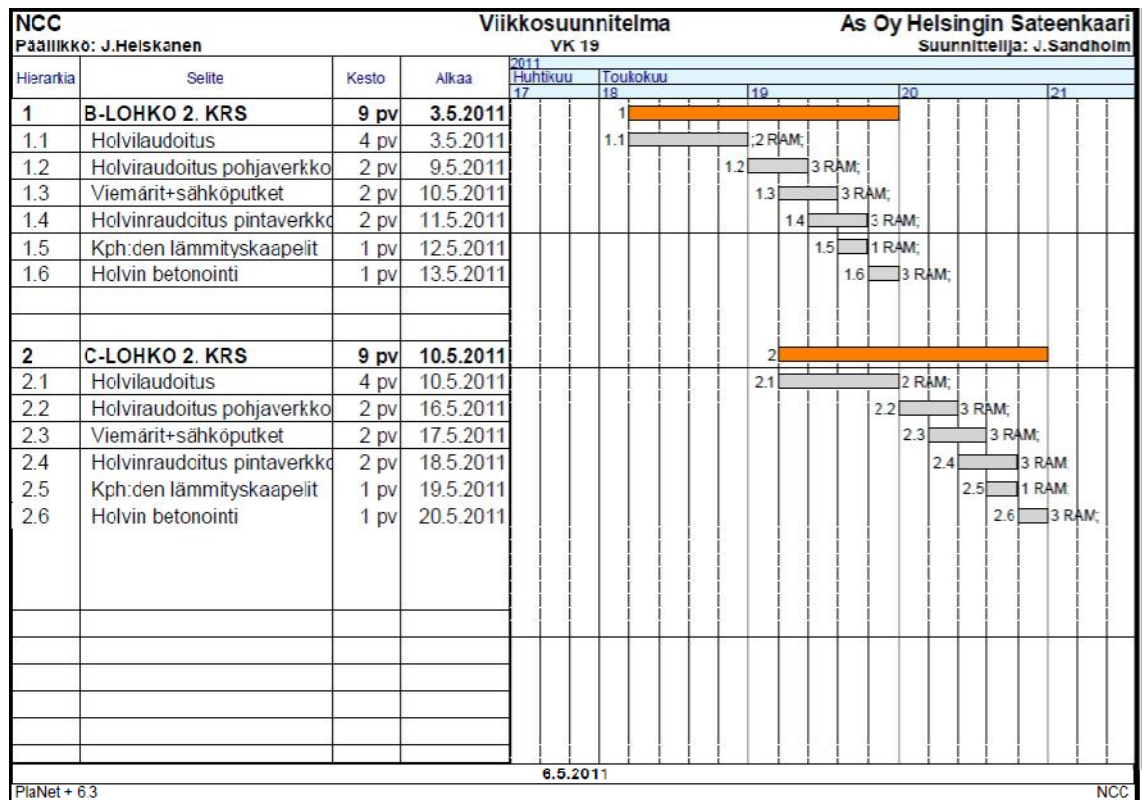
3.2 Kalustotarve

Työmaan kalustotarve määritellään kalustosuunnitelmassa. Kalustosuunnitelma on aikaan sidottu suunnitelma rakennustyön aikana tarvittavista koneista ja laitteista. Suunnitelma sisältää tarvittavalla tarkkuudella yksilöidyt tiedot, kuten tyypit, tehot ja kustannukset, sekä tarpeen ajoittumisen. Kalustosuunnitelma laaditaan yleensä osana kohteen yleisaikataulua. Välipohjien betonointiin vaaditaan muottikalustoa, nostokalustoa ja työssä käytettäviä koneita, välineitä ja telineitä. Uudisrakennuskohteissa voidaan olettaa olevan koko rakennusajan käytössä nostokalustoa. Yleisimpiä nostimia ovat torninosturit ja pyörä- tai tela-alustaiset ajoneuvonosturit. Mikäli betonointia ei tehdä pumpaamalla, tarvitaan työmaalle vähintään yksi valuastia. Tehokkaan valun vuoksi nostoastian tulee olla yli 1000-litrainen. Betonointityöhön liittyy myös paljon muita varusteita kuten sauvatärytin, linjalaudat sekä suojaus- ja lämmityskalusto.

Paikallavaluvälipohjan rakentaminen vaatii muottikalustoa. Yleisin muottikaluston hankintatapa on rakennuskonevuokraamot, joilta löytyy muottijärjestelmiä erilaisiin vaaka- ja pystyrakenteisiin. Useimmissa kerrostalokohteissa muottikalustoa tarvitaan käytännössä vähintään kahteen holviin, koska betonin muotinpurkulujuutta ei saavuteta ennen seuraavan valulohkon muottityön alkua. Viimeisimmän valulohkon kuivuessa voidaan purkaa edellisen valun muotit seuraavaan lohkoon. Muottikalustoa mitoitettaessa tulee huomioida myös jälkituennan tarve.

3.3 Tuotantoaikataulu

Nopeassa rakentamisessa keskeistä on vaakarakenteiden kitkaton toteutus. Pääosa runkokustannuksista ja samalla suurin työmäärä on juuri holvityössä. Välipohja sisältää työvaiheena useita työtehtäviä, joiden yhteensovittaminen vaatii suunnittelua. Töille tulee varata riittävästi aikaa ja resursseja, jotta työt voidaan suorittaa laadukkaasti ja ajallaan. Työtehtävien päällekkäisyydet vaikuttavat heti työmenekkeihin ja voivat venyttää aikataulua. Aikataulussa pysyminen edellyttää kaikkien osapuolten sitoutumista. Työvaiheet ovat kaikki riippuvaisia toisistaan. Aikataulua laadittaessa tulee muistaa häiriövarat. Liian tiukka aikataulu ei kestä äkillisiä ongelmatilanteita, kuten talven huonoja sääolosuhteita. Kuvassa 8 on esimerkki välipohjan viikkoaikataulusta.



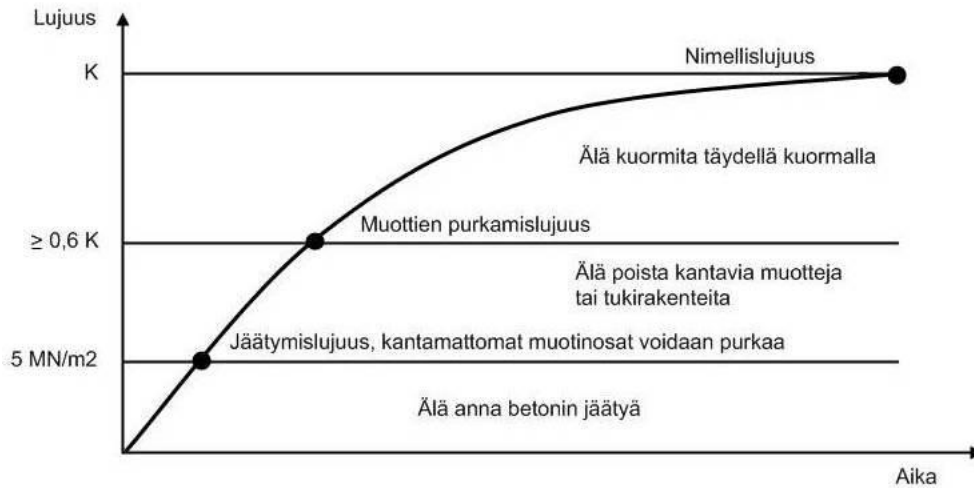
Kuva 9 Esimerkki tutkimuskohteen viikkoaikataulusta

Väliohjan tuotanto voidaan suunnitella etenevän lohko per viikko. Tällöin työvaiheen tehtävät ajoittuvat viikoittain samoille päiville ja valupäiväksi saadaan perjantai. Perjantaina valettaessa betoni saavuttaa purkamislujuuden viikonlopun aikana ja muottikierto saadaan tällöin tehokkaaksi. Muottityö tulee aloittaa heti pystyrungon sen salliessa. Holvilaudoituksen alkaminen jo valua edeltävänä viikkona varmistaa muiden työvaiheiden aloituksen ajallaan. Pohjarauditus voidaan aloittaa, kun muottipintaa valmistuu. Ennen rauditustöiden aloitusta tulee kuitenkin varmistua, että muottipinta on tilkitty ja mahdolliset varaukset asennettu sekä muottipinta öljytty. Rauditustöille tulee varata 4 työvuoroa: kaksi pohjarauditukselle ja kaksi pintarauditukselle. Pohjaraudituksen valmistuttua aloitetaan sähkö- ja putkiasennukset. LVS-töille tulee varata aikaa ja rauhoittaa työkohte muilta työvaiheilta. Esimerkkiaikataulussa sähköputkille ja viemäreille on suunniteltu 2 työvuoroa ja viimeistelylle sekä lämmityskaapeleille 1 työvuoro. Raudituspuikot ja reunahakakorit voidaan asentaa osittain LVS-töiden kanssa rinnan, mutta pintarautoja ei tule asentaa ennen muiden töiden valmistumista. Kylpyhuoneiden lämmityskaapelit sidotaan pintaraudituksen päälle valua edeltävänä päivänä. Tässä vaiheessa suoritetaan viimeistään tarkastukset.

3.4 Rakentaminen talviaikana

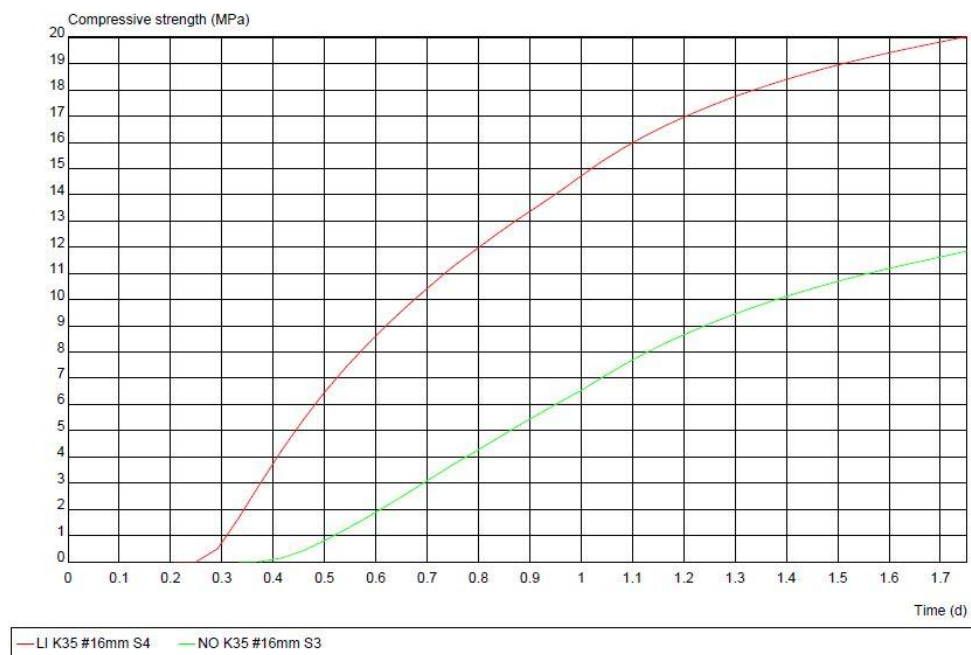
Betonointityöt talviolosuhteissa vaativat erikoistoimia, jotta betoni saisi riittävästi lämpöä kovettuakseen moitteettomasti. Suomen ilmastoalassa huomattava osa rakentamisesta tapahtuu olosuhteissa, jotka edellyttävät varautumista matalamman lämpötilan aiheuttamiin ongelmiin. Betoniteknologian kannalta kylmänä kautena pidetään ajanjaksoa, jolloin vuorokauden keskilämpötila saattaa laskea alle +5 °C. Kylmyys ja lumentulo asettavat omia erikoisvaatimuksiaan niin työnsuunnittelulle kuin itse töiden suorittamiselle. Työn kulku hidastuu ja aikataulumuutoksiin voi syntyä. Aikataulusuunnitelmissa tulee löytyä joustavuutta ankarimpien pakkasjaksojen aiheuttamien työseisausten varalle. Talvirakentaminen sisältää lisäksi laitteisto ja tarvikehankintoja, joiden kanssa tulee olla aikaisin liikkeellä. Vaakarakenteiden talvivaluissa keskeisimmät tekijät ovat muotipurkulujuuden saavuttaminen aiottuna ajanhetkenä, alapuolisen tilan tiivis suojaaminen ja riittävä lämmitysteho sekä yläpinnan suojausajankohta tai suojaamatta jättäminen. [8.]

Kovettuvan betonin lujuuskehitys riippuu ratkaisevasti lämpötilasta. Betoni saavuttaa tavoitelujuutensa 28 vuorokaudessa +20 °C lämpötilassa, kun koostumus ja työsuoritus ovat virheettömät. Matalammassa lämpötilassa kovettuminen hidastuu. Erityisen vaarallista lujuuskehitykselle on betonin jäätyminen kovettumisen alkuvaiheessa. Betonin sisäinen rakenne rikkoontuu, mikäli betonin sisältämä vesi pääsee jäätymään ja laajenemaan. Loppulujuus jää tällöin vajaaksi ja muutkin ominaisuudet kärsivät. Kaikilla betonin lujuusluokilla tämä vähimmäislujuuden eli jäätymislujuuden raja-arvo on 5MN/m². Jäätymislujuuden saavuttanut betoni kestää yhden jäätyksen vaurioitumatta. Kylmissä olosuhteissa betonoitaessa muita tarkistushetkiä ovat muottien purkamislujuus ja nimellislujuuden saavuttaminen. Kuvassa 9 on esitettyä betonin lujuuden kolme tärkeintä tarkistushetkeä. [8.]



Kuva 10 Betonin kovettumisen vaiheet kylmissä olosuhteissa [8]

Betonoinnin lujuus todetaan ensisijaisesti betonista mitattujen lämpötilojen avulla. Lämpötilat voidaan mitata elektronisilla mittareilla betoniin asennettujen antureiden avulla. Mittauspisteet valitaan siten, että saadaan luotettava kuva betonin lämpötiloista kylmissäkin osissa rakennetta. Lujuuden kehitystä voidaan arvioida myös erilaisilla tietokoneohjelmilla. Ohjelma määrittelee betonin lujuuden betonin valulämpötilan, betonoitavan kohteen mittojen ja olosuhteiden perusteella. Kuvassa 10 esitettyä tutkimuskohteesta saatuja lujuuden kehityksen arvoja.



Kuva 11 Betonilaatan lujuuden kehittyminen. Itsetiivistävä lattiabetoni merkitty punaisella ja normaalisti kovettuva rakennebetoni vihreällä.

Itsetiivistyvän lattiabetonin ja tavallisen rakennebetonin varhaislujuuden kehityksessä on huomattava ero. IT-betoni saavuttaa jäätymislujuuden jo puolessa vuorokaudessa, kun taas normaalisti kovettuva betoni vaatii samassa lämpötilassa lähes vuorokauden. Huomattava ero selittyy IT-betonin suurella sideainemäärällä. Nopeasta lujuuden kehityksestä voidaan hyötyä talviaikana, jolloin lämmityskulut saadaan alenemaan. Nopea lujuuden kehitys sallii myös aikaisemman kuormittamisen ja muottikierron nopeuttamisen. Vaihtoehtoja valmisbetonin lujuudenkehityksen nopeuttamiseksi on

- sideainemäärän lisäys eli lujuusluokan nosto
- nopeasti kovettuvan betonin käyttö
- lämpökäsittely
- kuumabetonin käyttö.

Laattarakenteissa nopeamman varhaislujuuden kehityksen takia on edullista korottaa lujuusluokkaa yhdellä. Tehokkaan muottikierron mahdollistamiseksi tulee harkita myös nopeasti kovettuvan betonin käyttöä. Nopeammin kovettuvilla betoneilla on nopea varhaislujuuden kehitys. Ne saavuttavat arvostelulujuuden 7 vuorokaudessa normaalisti kovettuvien betonien 28 vuorokauden sijaan.

Holvilaattoja valettaessa tulisi betonimassan lämpötilan olla betonoinnin jälkeen noin +20 °C. Riittävän korkean lämpötilan varmistamiseksi ja työmaalla tapahtuvan lämmittämisen pienentämiseksi voidaan valita käytettäväksi kuumabetonia. Kuumabetoni lämmitetään valmisbetoniasemalla huomattavasti normaalisti toimitettavaa betonia kuumemmaksi. Toimitetun betonin lämpötila on käyttökohteesta riippuen 30–50 °C. Kuumabetoni korvaa pääosin työmaan lämmitystarpeen, mutta kovilla pakkasilla joudutaan turvautumaan myös muihin lisälämmitystoimenpiteisiin. Kuumabetonia käytettäessä tulee huomioida betonin nopea sitoutuminen, joka tekee massasta helposti vaikeammin työstettävän. [8.]

Betonoidun laatan lämmönkehityksen kannalta nopea suojaus on ensiarvoisen tärkeää. Tällöin betoni saadaan kovettumaan mahdollisimman nopeasti ja haitalliset lämpötilaerot tasaantuvat rakenteessa. Lämpösuojausmateriaaleina käytetään lämpö- ja suojapeitteitä sekä solumuovimattoja. Eristepeitteet eristävät betonipinnan kylmästä ulkoilmasta ja auttavat säilyttämään riittävän lämpötilan betonin lujuudenkehitystä

varten talvibetonoinnissa. Tämän lisäksi eristepeitteet toimivat suojapeitteiden ja muovikalvojen tapaan estäen kosteuden haihtumisen betonirakenteen pinnasta. Eristepeitteet tulee levittää betonipinnalle heti, kun pinta ulkonäkö- ja tasaisuusvaatimusten mukaan kestää levityksen. Ulkolämpötilan laskiessa alle 0 °C tulee käyttää suojapeitteen lisäksi muita lämmöneristysmateriaaleja. Lämmöneristys on asennettava huolella, niin ettei betonipinta jää näkyviin. Laatan reuna-alueille, jotka ovat riskialteimpia jäätymiselle, on hyvä asentaa kaksinkertainen eristys. [8.]

Laatan lämmitystapoja ovat kuuma betoni ja lankalämmitys sekä holvin alapuoliseen suljetun tilan lämmitykseen perustuva kuumailmalämmitys. Lankalämmitys on yleensä helpoin tapa lämmittää laatan vaikeasti lämmitettävät kohdat, kuten reunat ja rajapinnat. Lankalämmitys ei kuitenkaan suuren työmäärän ja materiaalihukan takia sovellu koko laatan lämmitykseen. Laatan alapuoliseen lämmitykseen perustuva kuumailmalämmitys tapahtuu kaasu-, öljy-, sähkö-, kuumavesi- tai höyrykäyttöisillä kuumailmapuhaltimilla. Kuumailmapuhaltimien energiamuodoksi valitaan työmaalla yleisesti käytettävä. Ilman liikkeen vuoksi vain osa lämmöstä siirtyy betoniin ja todellinen hyötysuhde on 30 %:n luokkaa. Kuumailmalämmityksen energian tarve on riippuvainen lämmitettävän tilan ja betonin suojauksen tiiveydestä ja lämmöneristyksestä. Alapuolisen tilan tehokas lämmitys vaatii tiiviin ja vedottoman tilan. Elementeissä olevat varaukset ja aukot tulee suojata peittein. [8.]

3.5 Kuivumisajat ja päällystettävyyden

Rakentamisen aikana on oleellista varmistaa rakenteiden riittävän nopea kuivuminen. Rakenteet ja koko rakentamisprosessi tulee suunnitella siten, että mahdollinen rakennusaikainen kosteus pääsee riittävässä määrin ja riittävän nopeasti poistumaan. Betoni kestää hyvin kosteutta. Betoni ei lahoa eikä menetä lujuuttaan kosteuden vaikutuksesta, mutta sen sisältämä kosteus voi kuitenkin aiheuttaa vaurioita betonin kanssa kosketuksissa oleviin muihin materiaaleihin. Kosteaa betonilattia aiheuttaa lattiapäällystevaurioita, kuten päällysteiden irtoamista, värjäytymistä ja kemiallisten hajoamisreaktio-tuotteiden haihtumista sisäilmaan. [12.]

Betonin kosteus on peräisin betonin valmistamiseen käytetystä vedestä sekä betonin kastumisesta rakennusaikana. Tuoreen betonin suhteellinen kosteus (RH) on noin 100 %. Kovettuneen betonin RH on välillä 90–98 % betonilaadusta riippuen. Betoniin jää vielä kovettumisen jälkeen ylimääräistä kosteutta, joka haihtuu ajan kanssa betonin saavuttaessa tasapainokosteuden ympäristön kanssa (esim. 50–60 % RH). [12.]

Rakennusaikana betonirakenteen ei tarvitse kuivua tasapainokosteuteen ympäröivän ilman kanssa, vaan tavoitekosteuden asettavat päällystemateriaalit. Yleisimmät päällystemateriaalit edellyttävät, että betonialustan RH on enintään 80–90 %. Betonirakenteen kuivumiseen vaikuttavat muun muassa käytetty betonilaatu, rakenteen paksuus ja erityisesti kuivumisolosuhteet. Taulukossa x on esitetty kosteusraja-arvot yleisimmille lattiapäällystemateriaaleille. Ensisijaisesti tulee kuitenkin noudattaa päällystemateriaalin valmistajan antamia raja-arvoja. [12.]

Taulukko 1 Lattiapäällysteiden päällystettävyyden kosteuden raja-arvoja [12]

Betonin suhteellisen kosteuden (RH) enimmäisarvo, %	Päällyste	Huomautuksia
80 Betonin pinnan (2-3 cm) oltava alle 75 %	-Mosaiikkiparketti	Kosteusliikkeet Puulajikohtainen (esim. pyökki 80 %, tammi 85 %)
85	-Lautaparketti -Huopa- tai solumuovipohjaiset muovimatot -Kumimatot -Korkkilaatat -Tekstiilimatot, joissa alusrakenne (PVC, kumi...)	Betonin pintaosat alle 75 % RH Bakteeritoiminta, sienikasvu Vesiliukoisten liimojen kosteudenkestävyys
90	-Muovilaatat -Linoleum -Alustaan kiinnittämättömät puulattiat -Märkätilojen vedeneristykset	Kosteus voi aiheuttaa päällysteen muutoksia. Liiman on kestettävä kyseinen kosteus. Vesiliukoisten liimojen kosteusraja 85%

Kosteusmittaukset

Rakenteiden riittävä kuivuminen todetaan kohteesta tehtävien kosteusmittausten avulla. Betonin päällystettävyyden mittaamiseen luotettavia menetelmiä ovat näytepalamittaus ja yleisemmin käytetty porareikämittaus. Rakentamisvaiheessa kerroksista tehdään seurantamittauksia ennen varsinaisia päällystettävyyden määrittelyyn tähtäviä mittauksia. Kuivumisaikojen seurannan avulla voidaan todeta rakenteiden kuivuminen ja ryhtyä tarvittaessa tehostettuihin kuivatustoimenpiteisiin.

Varsinaisissa päällystettävyydsmittauksissa betonin ja sisäilman lämpötilan tulisi pysyä mittauksen ajan tasaisena. Jos lämpötila on alle +15 °C tai yli +25 °C, porareikämittauksella ei saada vertailukelpoista tulosta. Betonilattioiden mittaukset tehdään kerroksittain vähintään kahdesta huoneistosta ja erikseen kahdesta märkätilasta. Mittausten laajuutta määriteltäessä on otettava huomioon erilaisten päällystemateriaalien lukumäärä kohteessa ja päällystemateriaalien asettamat erilaiset vaatimukset alustan kosteuspitoisuudelle. Mikäli rungon eri osissa tiedetään olevan huomattavia olosuhde-eroja tai jotkut rakenteet ovat huomattavasti kastuneet, tehdään näillä alueilla tarkistusmittauksia mahdollisten poikkeamien toteamiseksi. [12.]

Laatan työnaikainen kastuminen

Betonin kuivumisen kannalta on oleellista, missä vaiheessa betonirakenne pääsee kastumaan. Paikallavaletun välipohjarakenteen kastumisella ensimmäisen viikon aikana ei ole merkittävää vaikutusta rakenteen kuivumiselle, mutta jos kastuminen pääsee tapahtumaan rakenteen kuivumisen jo edettyä, vaikutus on huomattavasti suurempi. Holvin kastumisen minimoinnin kannalta oleellista on saada seuraava kerros mahdollisimman nopeasti mahdollisimman tiiviiksi. Paikallavalurakenteessa läpiviennit saadaan tiiviiksi hormielementtien ja esivalmistettujen LVIS-osien käytöllä. Mikäli irtovettä kuitenkin pääsee alempiin kerroksiin, joissa kuivuminen on jo alkanut, tulee vesi poistaa mahdollisimman nopeasti. Vesi voidaan ohjata lastan avulla viemärijärjestelmään tai se voidaan poistaa vesi-imurilla. [12.]

Työmaan olosuhdehallinnan kannalta on oleellista saada myös rakennuksen vaippa mahdollisimman pian umpeen, niin ettei viistosade pääse kastelemaan runkorakenteita ja rakennuksen lämmitys voidaan aloittaa. Vaipan lämmöneristävyyden kannalta edullisinta on asentaa lopulliset ikkunat mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Ikkunat on hyvä kuitenkin suojata muovilla, jotteivat yläpuoliselta holvilta valuvat vedet aiheuta lasihin värivikoja eivätkä karmit pääsee elämään kosteudesta. Mikäli ikkunoita ja parvekeovia ei voida asentaa, aukot tulee suojata esimerkiksi muovilla. [12.]

Laatan kuivuminen

Betonilaadulla on merkittävä vaikutus betonirakenteen kuivumiseen ja kosteustekniseen toimivuuteen. Nopeammin kuivuvien betonien kuivumisnopeus perustuu normaalibetoneja suurempaan sementtimäärään ja alhaisempaan vesimäärään, mikä aikaansaadaan notkistimia ja huokostimia käyttämällä. Vesimäärään vaikuttaa myös runkoaineen maksimiraekoko. Suuria maksimiraekokoja käytettäessä vedentarve riittävän notkeuden saavuttamiseksi pienenee. NP-betonien eli nopeammin päällystettävien betonien etuna on niiden nopeamman kuivumisen lisäksi tavanomaista betonia parempi tiiviys, minkä seurauksena veden imeytyminen ja siten myös kastumisen vaikutus niiden kuivumisnopeuteen on vähäisempi. NP-betoni soveltuu ominaisuuksiensa vuoksi hyvin paksuihin paikallavaluholveihin. [12.]

Kosteuden poistumiseen rakenteista vaikuttavat lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus. Betonirakenteen kuivumisen kannalta ilman suhteellisen kosteuden tavoitteena pidetään 50 % ja lämpötilan vähintään +20 °C. Rakenteiden kuivattamisen kannalta hyvä keino on saada lopullinen lämmitysjärjestelmä mahdollisimman pian käyttöön. Mikäli tämä ei ole mahdollista, käytetään lämminilmapuhaltimia. Sisäilman suhteellista kosteutta voidaan puolestaan laskea käyttämällä koneellisia kuivaimia, kuten ilmankuivaajia, kosteudenkerääjiä ja kosteudenerottimia. Ilmankuivaajien käyttö edellyttää, että kuivatettava tila on suljettu tiiviisti, jotta toiminta kohdistuu tehokkaasti rakenteista haihtuvan kosteuden poistamiseen. [12.]



Kuvat 12 ja 13 Rungon lämmittämiseen voidaan käyttää lopullista lämmitysjärjestelmää tai erilaisia lämminilmapuhaltimia.

Itsetiivistyvän lattiabetonin kuivumisesta ei ole tehty laajoja tutkimuksia. Valmisbetonitoimittajan omien tutkimusten mukaan itsetiivistyvä lattiabetoni on kuivumisominaisuuksiltaan nopeammin päällystettävien lattiabetonien luokkaa tai hieman alle. [6.] Tutkimuskohteessa tehtiin mittauksia asuntojen olohuoneiden ja märkätilojen lattioista. Kohteen märkätilat valettiin koko laatan paksuudelta NP-betonilla ja asuntojen muut tilat olivat noin 100 millimetrin kerrospaksuudelta itsetiivistyvää lattiabetonia. Asuntokohtaiset kuivumisolosuhteet pysyivät vertailun kannalta riittävän tasaisina, jotta tuloksia voitiin vertailla keskenään. Kosteusmittausten tuloksista voitiin päätellä, että pintabetonikerros kuivui vähintään samaa tahtia kaatolattioiden nopeammin päällystettävän betonin kanssa.

3.6 Työturvallisuus

Runkotyöt ovat rakennushankkeen työturvallisuuden kannalta riskialtteimpia työvaiheita. Työympäristö muuttuu jatkuvasti, rungolle nostetaan raskaita taakkoja, työskennellään korkealla ja ollaan sääolosuhteiden vaikutuksen alaisena. Muuttuvassa työympäristössä ei ole varaa tinkiä työturvallisuudesta. Työturvallisuus tulee ottaa huomioon jo tuotannosuunnittelussa. Putoamissuojauksen suunnittelu rakennesuunnittelun rinnalla mahdollistaa työmaatoteutusta helpottavien ratkaisujen huomioimisen. Esimerkiksi elementteihin jo tehtaalla asennetut kaiteiden kiinnitysholkit ja väliseinäelementteihin asennetut taivaskoukkujen varaukset olisi työlästä asentaa vasta työmaalla. Työsuunnittelun yhteydessä on selvitettävä työmaalla tapahtuvien siirtojen toteutus. Holvirakentamisen suurimmat riskit liittyvät putoamissuojaukseen ja työympäristön olosuhteisiin.

Putoamissuojaus

Laki vaatii putoamissuojauksen, kun ollaan korkeammalla kuin 2 m tai putoaminen tapahtuu vaaralliseen paikkaan. Putoamisvaaran torjunnassa käytetään aina ensisijaisesti suojakaiteita ja -kansia tai muita vastaavia rakenteellisia ratkaisuja. Holvin putoamisvaarallisilla osilla käytetään suojakaidetta. Suojakaiteessa on aina ylä- ja välilyönti sekä jalkalista. Kaiteen tulee olla vähintään metrin korkuinen ja sen tulee kestää 100kg pistekuorma. Myös porraskotot ja -syöksyt on varustettava putoamissuojauksella.

Holvissa olevat jalkaterää tai sitä suuremmat aukot ja kuilut on suojattava aukkosuojilla. Suojaus tehdään kannella, joka kestää vähintään 150 kg painon tai suojakaiteella ja jalkalistalla, jos aukon pienempi sivu tai halkaisija on yli 1 m. Suojakannen paikaltaan siirtyminen on estettävä aluspuilla tai kiinnityksellä. Aukkosuojat merkitään näkyvästi punaisella rastilla. Jos kuitenkin tilapäisesti joudutaan työskentelemään putoamisvaarallisissa olosuhteissa, on käytettävä turvavaljaita ja -köysiä. Kyseinen tilanne syntyy muun muassa holvimuottia asennettaessa. Ennen muottikentän valmistumista ja reunoille asennettuja kaiteita on putoamissuojaus hoidettava taivaskoukkuun asennetuilla turvavaljailla. Kuvassa x on esimerkki taivaskoukkuun sijoittamisesta holvimuottityön aikana.



Kuva 14 Taivaskoukku kiinnitetään väliseinäelementin valmiiseen varaukseen.

Työtelineet

Muottien purkaminen vaatii usein työtelineitä. Telineiden ja työpukkien tulee olla lujuudeltaan ja vakavuudeltaan riittäviä. Työmaalla yleisesti käytettävien tehdasvalmisteisten ja kokoontaitettavien työpukkien työtason leveys pitää olla yli 1 metrin korkuisissa pukeissa 40 cm. Siirreltävät työtelineet on asennettava valmistajan ohjeiden mukaisesti ja pyörien tulee olla lukittuna telineellä työskenneltäessä. Telineen työtason ollessa yli 2 metrissä tarvitaan lisäksi suojakaiteet ja jalkalistat. Lisäksi teline tulee varustaa ulkopuolisella nousutiellä. A-tikasta voidaan käyttää vain tilapäisesti lyhytaikaisissa keveissä asennustöissä. Käytettävien A-tikkaiden tulee olla vakaat esimerkiksi alatuilla varustetut. Nojatikkaita ei saa käyttää työalustana siihen liittyvän suuren tapaturman vaaran vuoksi. Nojatikkaita voi käyttää tilapäiseen kulkuun tasolta toiselle tai esim. nostoraksien irrottamiseen elementistä. Tikkaiden käytön turvallisuutta voidaan parantaa erilaisilla lisälaitteilla tai valitsemalla koukkupäätikkaat. Tärkeintä on, että tikkaat ovat oikeassa asennossa ja ne eivät pääse siirtymään tai luistamaan. Holvityövaiheessa kulku joudutaan usein ennen porraselementtien asennusta järjestämään porrastikkailla.

Koneet ja välineet

Työmaalla on huolehdittava siitä, että työssä käytettävät koneet ja laitteet ovat käyttötarkoitukseen sopivia ja niitä koskevien turvallisuusvaatimusten mukaisia. Rikkinäiset koneet ja välineet huolletaan tai poistetaan työmaalta. Koneiden suojia tai turvalaitteita ei saa tehdä toimimattomiksi tai poistaa. Työmaan nostoissa ja siirroissa tulee käyttää vain käyttötarkoitukseen sopivia riittävän lujarakenteisia työvälineitä. Esimerkiksi tehtaalta toimitetut raudoitenippujen sidontalenkit eivät ole tarkoitettu työmaanostoihin, vaan ne on korvattava teräspunotuilla nostolenkeillä. Nostolaitteita ja nostoapuvälineitä ei saa ylikuormittaa. Taakkojen sidonta tulee tehdä huolellisesti käyttäen hyväksytyjä nostoapuvälineitä. Nostoja työntekijöiden yläpuolella tulee välttää. Nosturin kuljettajalla ja merkinantajalla tulee olla toisiinsa näköyhteys. Näkyvyyden rajoittuessa on merkinannoissa käytettävä esim. radiopuhelinta. Kovalla yli 15 m/s puhaltavalla tuulella ei nostoja pitäisi tehdä lainkaan.

4 Betonointi kustannukset

4.1 Tutkimuskohde

Tämä työn tutkimuskohteena käytettiin yrityksen asuntorakentamisen kohdetta Helsingin Aurinkolahdessa. Kohteen välipohjien betonointi suoritettiin itsetiivistyvää lattiabetonia hyödyntäen. Tutkimuskohde As Oy Helsingin Sateenkaari on kuusikerroksinen kolmeportainen yhteensä 60 asuinhuoneistoa käsittävä asuinkerrostalo autokellareineen. Kohteen ominaispiirre on sen kaareva muoto, joka antaa kerroksille ja huoneistoille kiilaavia pinta-aloja sekä suorakulmasta poikkeavia kulmia. Runkoratkaisultaan kohde on toteutettu sekarunkona, jossa kantavina pystyrakenteina toimivat väliseinät sekä ulkokuoren sandwich-elementit. Rungon sisäkaaren puoleiset parvekkeiden taustaseinät ja osa ulkoseinistä on toteutettu paikalla puurunkoisina. Välipohjien lisäksi kohteessa paikallavalettiin myös kellarin autohallin sokkelimuurit.

Tutkimuskohteen runkotyövaihe kesti 19 viikkoa maaliskuusta elokuuhun. Kohteen välipohjien muottikalustona käytettiin vakiopalkit ja muottilevyt -järjestelmää. Työmaalla oli koko runkotyövaiheen ajan käytössä torninosturi. Raudoitus tehtiin tehdasraudoitteilla, mikä poisti terästen työstämiseen käytetyn ajan työmaalla. Rungon rakennustyöt osuivat keväälle ja kesälle, minkä ansioista runkovaiheen aikana välttyttiin pakkaspäiviltä. Laavabetonin käyttö on herkkä koviille helteille ja rankkasateille, mutta myös näiltä ongelmilta säästyttiin. Suotuisten säiden ja kirityn aikataulun vuoksi runko valmistui vesikattovaiheeseen kaksi viikkoa etuajassa.

4.2 Toteutuneet betonointikustannukset

Tutkimuskohteen betonointitöistä syntyneet kustannukset on koottuna taulukkoon x. Taulukossa on eriteltyä betonilaadut ja betonointityö. Betonilaadut on esitetty omina kustannuserinään, koska betonilaatujen hinnat poikkeavat toisistaan. Työn osuus käsittää betonilaatan valamisen, betonin pumppauksen ja työmaapalvelut. Valutyön hinta koostuu neliöhintaisista urakoista. Betonin pumppaus sisältää kaikki pumppaustyöstä syntyneet kustannukset, eli pumpun siirron, pumpputunnit, pumpatut kuutiot ja mahdolliset jätebetoniveloitukset. Työmaapalvelut liittyvät IT-betonin laadunvalvontaan. Betonilaborantin laskutus koostuu kokeiden viemään aikaan ja kilometrikorvauksiin.

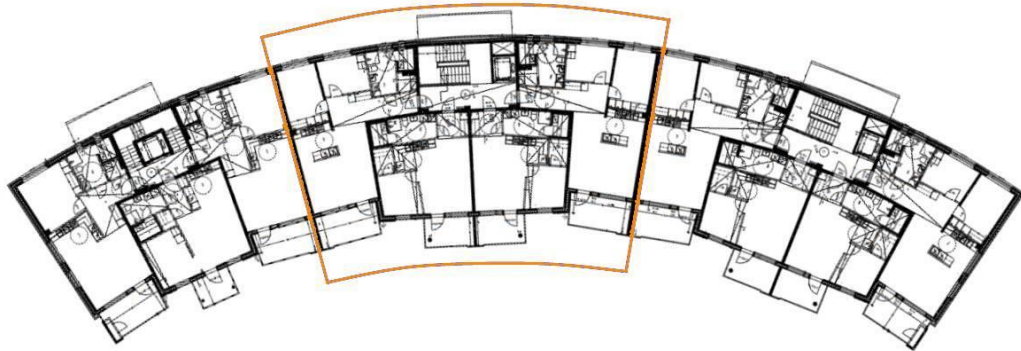
Taulukko 1 Tutkimuskohteen toteutuneet betonointikustannukset. Materiaali ja työkustannukset ilmoitettu euroina.

Valulohko	Lohkon koko (m ²)	NP-betoni	Rakennebetoni	IT-betoni	Betonin pumppaus	Betonointityö	Työmaapalvelut	Yhteensä (€)	€/m ²
A2	210	1462	2199	2047	1169	1323	150	8350	39,76
A3	210	1418	2186	2002	1134	1323	115	8178	38,94
A4	210	1622	1947	2567	1323	1323	150	8932	42,53
A5	210	1649	2477	1467	1083	1323	115	8114	38,64
A6	151	869	1880	1840	1228	939	115	6871	45,50
B2	268	2468	2805	1670	1278	1689	150	10060	37,54
B3	268	2616	2290	2441	1346	1689	199	10581	39,48
B4	268	2460	2170	2725	1414	1689	150	10608	39,58
B5	268	1609	3407	2195	1531	1689	115	10546	39,35
B6	208	1255	2317	2458	1091	1310	115	8546	41,09
C2	268	2002	2805	2595	1228	1689	150	10469	39,06
C3	268	2052	2518	2607	1330	1689	115	10311	38,47
C4	268	2440	2276	2816	1495	1689	150	10866	40,54
C5	268	1618	3688	2195	1442	1689	115	10747	40,10
C6	208	1279	2395	2522	1205	1310	115	8826	42,43
kaikkien kerrosten KA									40,2
1-3 kerroksen KA									39,55

Tutkimuskohteen välipohjista valettiin itsetiivistävällä lattiabetonilla kerrokset 2-6. Autohallin yläpuolisen ensimmäisen kerroksen lattiana toimii kelluva pintalaatta, jonka kustannuksia ei ole taulukoituna. Kohteen kerrokset jaettiin portaittain kolmeen lohkokoon joihin valettiin aikataululla viikko per lohko. Lohko A oli lohkoja B ja C pienempi, mikä näkyy pienempinä materiaalmäärinä. Lisäksi lohkojen koot ja muodot vaihtelivat ylimmissä kerroksissa. Rakennuksen 5. ja 6. kerros olivat muuta runkoa syvemmällä, jolloin 5. kerroksen kohdalle syntyi terassi. Välipohja 5. kerroksessa sisälsi huoneistojen pohjien lisäksi massiivisen palkin ja pihakannen valun. Rakennuksen sisäänvedon vuoksi kuudes kerros oli muita kerroksia pienempi, mikä näkyy betonointikustannusten neliöhinnan suuruudessa. Kaikkien kohteen valulohkojen neliöhintojen keskiarvoksi saatiin 40,2 €. Välipohjien kokojen ja tyyppien vaihtelun vuoksi totuudenmukaisempi kustannusten keskiarvo saatiin 1-3 kerroksen holvien kustannuksista. Samansuuruisien holvien kustannusten keskiarvoksi saatiin 39,55 €.

4.3 Kustannusten vertailu perinteisiin valutapoihin

Työn kustannuseurannan osana oli tarkoitus verrata itsetiivistyvällä lattiabetonilla valettua välipohjaa perinteisiin betonointimenetelmiin. Betonointikustannuksien vertailemiseksi laskettiin saman holvin betonointikustannukset niin sanotuille perinteisille valutavoille. Vertailu holviksi valittiin tutkimuskohteen B-portaan 2. kerroksen välipohja. 2. kerroksen pohjakuva on esitettyä kuvassa 12. Lohko B on rajattu kuvaan oranssilla.



Kuva 15 Tutkimuskohteen 2. kerroksen pohjakuva

Lohko B:n kokonaisala on noin 270 m². Lohko sisältää valmiina neljä huoneistoa, joissa jokaisessa on noin 10 m² suuruiset saunan ja kylpyhuoneen sisältävät märkätilat. Porrashuone sijoittuu lohkon ulkokaarelle. Porrashuoneen kerrostasona toimii elementtiala. Kustannusvertailussa on mukana vain lohkon betonointityöstä syntyvien kustannusten arviot eikä vertailevissa laskemissa ole huomioitu muotti-, rauditus-, eikä LVS-töiden osuutta. Alla vertailussa laskettujen valutapojen kuvaukset sekä lasketut kustannukset. Taulukon 2 tarkemmat laskelmat löytyvät liitteestä 1.

Valutapa 1: Holvin betonointi itsetiivistyvällä lattiabetonilla.

Holvin betonointi suoritetaan kerralla valmiiksi -periaatteella. Läpivienneissä käytetään valmisosia, eikä holviin jätetä varauksia pintavaluille eikä ylitasoituksille. Valussa käytetään perinteisiin valuihin poiketen kolmea eri betonilaatua. Kylpyhuoneiden pohjat ja kaadot tehdään valmiiksi asti nopeammin päällystettävällä lattiabetonilla. Välipohjan muu ala valetaan normaalisti kovettuvalla betonilla sekä pintaan levitettävällä itsetiivistyvällä lattiabetonilla.

Valutapa 2: Holvin betonointi perinteisellä betonointitavalla.

Betonointi on jaettu kolmeen valukertaan. Aluksi valetaan rungon holvi kauttaaltaan linjaaripinnalle, johon jätetään kuitenkin noin 100 mm syvä varaus tulevien kaatolattioiden kohdalle. Holvin valupinta betonoidaan noin 20 mm lopullisen valupinnan alle, minkä päälle pumpataan myöhemmin lattiatasoite. Kaatolattiat valetaan kylpyhuoneiden raudoituksen ja LVS asennusten jälkeen.

Valutapa 3: Holvin betonointi perinteisellä valutavalla kaatolattioiden kanssa.

Betonointijärjestys sama kuin valutapa 2:ssa, mutta kaatolattiat valetaan holvivalun yhteydessä. Kaatolattiat pyritään valamaan kaatoineen valmiiksi, mutta holvin valupintaan jätetään muilta osin varaus (n. 20 mm) lattiatasoitteelle.

Taulukko 2 Toteutuneiden betonointikustannusten vertailu perinteisiin valutapoihin.

	Valutapa 1		Valutapa 2		Valutapa 3	
	€	%	€	%	€	%
Materiaali	6370	56	9250	68	9250	70
Työ	3070	27	3350	26	3156	24
Muut kulut	1183	10	867	6	867	6
Jälkityöt	875	7				
Yhteensä	11498	100	13467	100	13273	100
€/m ²	42,6		49,9		49,2	

Taulukon 2 kustannukset on jaoteltu materiaaleihin, työhön ja muihin työstä syntyviin kuluihin. Valutavoille on laskettu syntyvä neliöhinta sekä kustannusten prosentuaalinen jakautuminen kokonaishinnasta. Kustannukset pohjautuvat valutapa 1:ssä tutkimuskohteen toteutuneisiin kustannuksiin ja valutavoissa 2 ja 3 arvioituihin kustannuksiin, jos sama holvin osa olisi valettu niin sanotuilla perinteisillä menetelmillä. Materiaalikulut sisältävät käytetyt betonilaadut ja määrät ja työn osuus betonointityöstä ja betonin pumppauksesta syntyvät kulut. Muihin kuluihin on laskettu kuljetukset, pumpun siirrot, palveluajat, jälkityöt ja betonilaborantista aiheutuvat kustannukset. Kustannuserien hinnat pohjautuvat betonin ja lattiatasoitteen osalta toimittajien hintatietoihin ja työn osuus yrityksen kausisopimusten mukaisiin neliöhintoihin.

Valutapa 1, eli laavabetonin käyttö holvissa, on vertailun mukaan selvästi perinteisiä valutapoja edullisempi. Perinteisten valutapojen kustannukset ovat lähes samat neliöhintojen ollessa noin 7 euroa kalliimpia. Suurin kustannusero syntyy materiaalikustannuksista. Perinteisillä valumenetelmillä betoni maksaa n. 30% enemmän, koska joudutaan käyttämään kalliita betonilaatuja. Betonilaatua valitessa määrääväksi tekijäksi nousee kuivumisajat. Laavabetonin kuivuminen on lähes NP-betonin luokkaa. Riittävän nopean kuivumisen saavuttamiseksi joudutaan perinteisesti toteutettavissa holvivalussa käyttämään kauttaaltaan nopeammin päällystettävää betonia, joka on huomattavasti normaalisti kovettuvaa betonia kalliimpaa. Lisäksi valetut holvit joudutaan myöhemmin ylitasoittamaan, jolloin kustannuksia syntyy valmistelevista töistä, lattiatasoitteesta ja sen pumppaamisesta sekä levittämisestä.

Kerralla valmiiksi valettaessa betonointipäiviä on vain yksi. Perinteisillä valutavoilla betonoinnit jakaantuvat kahteen tai kolmeen eri ajankohtaan riippuen, valetaanko kaatolattiat holvivalun yhteydessä. Jokainen valupäivä vaatii pumpun tilaamista ja osakohteiden valmistelevia töitä. Mikäli kylpyhuoneet valetaan omana kertanaan, asennetaan LVS-osat ja raudoitukset vasta rungon edettyä. Töiden pilkkominen pieniin osiin vaikuttaa aina työmenekkeihin. Kaatolattiavalut suoritetaan pumppuvaluina, jolloin linjasto joudutaan vetämään kerroksiin huoneistokohtaisesti. Jokainen betonointi vaatii valun lisäksi valmistelevia ja lopettavia töitä. Kerralla valmiiksi valettaessa työvaiheet ja toistot vähenevät. Holvin valmistuttua voidaan edetä seuraavaan kohteeseen. Laavabetonin helpon työstön vuoksi myös työvaihe helpottuu, mikä voi vaikuttaa positiivisesti myös urakointi hintoihin. Työryhmä voi olla pienempi ja työn rasittavuus helpottuu.

5 Laadunvarmistus

5.1 Potentiaaliset ongelmat ja niihin varautuminen

Työvaiheen riskien kartoituksella pyritään etukäteen löytämään työvaiheessa syntyvät todennäköiset ja olennaiset ongelmat ja varautumaan niihin. Ongelmia ovat ajalliset, tekniset ja hankintojen ongelmat. Riskien kartoitus tehdään osana rakenteen tehtäväsuunnittelua. Suunnittelun osana luodussa potentiaalisten ongelmien analyysissä (POA) otetaan huomioon työmaan yksilöpiirteet ja niiden mahdollisesti aiheuttamat lisäongelmat. POA:a tehdessä voidaan hyödyntää aikaisemmilta työmailta saatuja kokemuksia. Paikallavaletut holvit ovat toistuva työvaihe, jossa työryhmät harjaantuvat kohteen ominaispiirteisiin. Työvaiheet voivat nopeutua ja mahdollisiin laaturiskeihin osataan varautua. Holvirakentamisen potentiaaliset riskit liittyvät aikataulun pettämiseen, betonipintojen laatuun ja betonointityön ongelmiin.

Aikataululliset riskit

Paikallavaluholvin potentiaalisimpiin riskeihin liittyvät aikataululliset ongelmat. Holvin rakennusvaihe sisältää useita työvaiheita, joita suorittavat eri työryhmät. Työvaiheiden suoritukset ovat riippuvaisia toisistaan, jolloin ketjussa tapahtuvat häiriöt vaikuttavat suoraan tuotantoaikatauluun. Holvivalun siirtyminen aiheuttaa runkoaikataulun uudelleen suunnittelua ja mahdollisia ylitöitä sekä odotusaikoja muille rungon työvaiheille. Esimerkiksi perjantaille suunniteltu valu mahdollistaa muotinpurkulujuuden saavuttamisen viikonloppuna, mutta jos valu siirtyy maanantaille, muotit päästään purkamaan vasta loppuviikosta. Purkamislujuutta odottavat muottiosat voidaan tarvita jo seuraavassa valulohkossa. Aikatauluviiveet ja odotusajat aiheuttavat suoraan taloudellisia lisäkustannuksia. Aikataulullisiin ongelmiin voidaan varautua työvaiheiden valvonnalla ja huolellisella aikataulusuunnittelulla. Toimiva aikataulu on tehokas tuotannon kannalta, mutta siinä on otettu huomioon myös riittävät häiriövarat. Esimerkiksi talvella rakennettaessa työsaavutukset voivat olla riippuvaisia sääolosuhteista. Hyvin suunniteltu aikataulu ei kuitenkaan yksinään riitä, vaan vaaditaan työvaiheiden valvontaa. Mahdollisesti syntyviin häiriöihin aikataulussa tulee puuttua. Ohjaustoimia voivat olla tällöin esimerkiksi työryhmän kasvattaminen tai ylityöt.

Laadulliset riskit

Holvirakentamisen laadullisia ongelmia voivat olla laatan sisään tulevien asennusten virheet tai puutteet tai pinnan laadun taso. Laatan sisään valussa jäävät LVS-asennukset ovat vaikeita ja erittäin työläitä korjata. Huolimattomasti kiinnitetyt liitokset voivat irrota valun aikana. Myös putkilinjojen kaadot voivat muuttua, mikäli tuenta ei ole riittävän tukeva. Putket voivat nousta tai painua valun paineesta. Ennen valua pidetyillä tarkastuksilla vältetään turhilta korjauksilta valmiissa laatussa.

Pinnan laadulliset ongelmat syntyvät valutyön aikana. Virheelliset korot valutoppareissa, valukiskoissa tai kaivoissa aiheuttavat ongelmia niin märkätilojen kaatolattioissa kuin huoneistojen lattiakoroissa. Käytetyt korkomerkit tulee tarkistaa ennen valua esimerkiksi tasolaserilla. Lattiapinta voi jäädä kaltevaksi ja kynnyksen korkeus voi tällöin aiheuttaa ongelmia esteettömyysvaatimusten kanssa. Myös valualueiden rajaukset voivat aiheuttaa paljon jälkitöitä, mikäli korot tai rajaukset jäävät epäsiisteiksi. Valupinnan laatua ja työvaiheen suoritusta valvomalla ehkäistään suurimmat korjaukset ja ylitasoitukset.

Mahdolliset työvaiheen ongelmat

Työnsuorituksen aikana tai sitä ennen mahdollisesti syntyvät ongelmat liittyvät sääolosuhteisiin, betonitoimituksiin tai kaluston kuntoon. Ulkona rakentamiseen vaikuttaa aina jossain määrin sääolosuhteet. Itsetiivistyvä lattiabetoni ei kestä kovaa pakkasta eikä rankkasateita. Epäsuotuisat sääolot voivat siirtää valun aloittamista tai siirtää koko valupäivää. Tihkusade ei kuitenkaan ole este valulle. Kosteaa ilmaa toimii itsessään hyvänä jälkihoito-olosuhteena. Potentiaalinen ongelma työvaiheen aikana on myös hitaat betonitoimitukset. IT-betonin valmistus on normaalibetonia hitaampaa, mikä tulee huomioida betonitilausta tehdessä. Tilauksesta huolimatta voivat betonitoimitukset takkuilla etenkin kiireisinä valupäivinä. Tilausta hitaampi toimitusnopeus venyttää valuaikataulua ja voi aiheuttaa betonipintojen nahoittumisen ennen seuraavaa betonilaadun pumppausta. Betonivalujen tauot tai pumppauksen aloittaminen kuivilla linjoilla voi aiheuttaa betonipumpun tukkeutumisen. Linjan tukkeutuminen voidaan välttää ensimmäisen betonikuorman mukana tilatulla notkealla massalla, joka voitelee linjaston. IT-lattiamassa on erittäin notkeaa, mikä asettaa omat

vaatimuksensa muotin tiiveydelle. Nestemäisen muotonsa vuoksi betoni voi valua muottirakenteiden väleistä ja aiheuttaa painumia valupintaan.

5.2 Kuvallinen työohje

Tämän opinnäytetyön yhtenä tuloksena on luotu kuvallinen työohje. Työohje löytyy liitteestä 3. Ohjeen tarkoituksena on toimia apuna töiden suunnittelussa ja työhön perehdytyksessä. Itsetiivistyvän lattiabetonin käyttö paikallavaluholveissa on yrityksessä vielä uutta, jolloin ohje toimii myös esittelynä työvaiheen toteutuksesta ja mahdollisuuksista. Työohje perustuu tutkimuskohteesta saatuihin kokemuksiin ja käytettyihin työtapoihin. Työvaiheista kerättyä kuvamateriaalia on liitetty osaksi ohjetta. Työohje on koottu NCC Rakennuksen yksikkökohtaiselle PowerPoint-esityspohjalle.

Työohjeeseen on tiivistetty paikallavalun keskeisimmät asiat ja laavabetonoinnin työtekniikka. Ohje etenee järjestyksessä valmiista muottipinnasta valmiin betonipinnan jälkihoitoon. Ohjeen alkuun on koottuna holvibetonoinnin pääperiaatteet ja edellytykset. Betonointi suoritetaan kerralla valmiiksi -periaatteella. Ajallisten, laadullisten ja taloudellisten tavoitteiden saavuttaminen edellyttää tällöin työkuntien sitoutumista. Myös työntekijöiden perehdytys ja etenkin itsetiivistyvän lattiabetonin työ ja ominaisuudet tulee tuntea ennen työhön ryhtymistä.

Kuvallisen työohjeen ei ole tarkoitus toimia yksityiskohtaisena työsuorituksen mallina, vaan nostaa esille työvaiheiden oleelliset kohdat ja liittyminen holvibetonoinnin työkokonaisuuteen. Betonointityötä edeltävistä työvaiheista raudoituksesta ja LVS-töistä on kerrottu työvaiheiden ajoitus ja töiden suoritusjärjestys. Valmiiden talotekniikkaosien käytöstä on ohjeessa oma kalvonsa. Valmisosien käytöllä työvaiheiden suoritus tehostuu ja holvista saadaan vesitiivis.

Ohjeen painopiste on itsetiivistyvän lattiabetonin tuotantotekniikassa. Betonoinnin päävaiheet kaatolattioiden teko, rakennebetonikerroksen pumppaus ja notkean lattiabetonin levitys on esitetty ohjeessa omina kokonaisuuksinaan. Betonointivaiheista on mainittuna valitut betonilaadut ja erityispiirteet. Erityishuomiota on kiinnitetty juuri itsetiivistyvän lattiabetonin levitykseen ja tasaukseen. Ohjeeseen liitettyjen kuvien on

tarkoitus havainnollistaa työvaiheita ja käytettyjä työvälineitä. Etenkin pintabetonin tasaus ja siihen käytetty alumiinitanko poikkeaa normaalista betonin oikaisusta. Ohjeen loppuun on koottuna kuvasarja tutkimuskohteen holvivalusta, josta voi seurata koko työkokonaisuuden kulun vaihe kerrallaan.

5.3 Tarkastulista

Yhtenä työn osana laadittiin työvaiheesta tarkastuslista. Listan on tarkoitus toimia betonityönjohtajan laadunvarmistuksen apuvälineenä. Kaksi sivuiseen listaan on koottuna työvaiheen onnistumisen kannalta oleelliset kohdat. Tekniset vaatimukset on jaoteltu ennen työn aloitusta ja työn aikana tai jälkeen tarkistettaviin kohtiin. Tarkastuslistaan on liitetty taulukko, johon merkitään oikein/väärin –periaatteella, täyttykö tarkistettava tekninen vaatimus. Huomautukset ja korjaukset kirjataan toiselta sivulta löytyvään listaan. Yhteen tarkastuslistaan mahtuu useampi osakohteen tarkastus, jos halutaan esimerkiksi kaikki saman kerroksen tarkastukset yhteen dokumenttiin. Kaikki kohteen valut on tarkoitus tarkastaa kyseistä dokumenttia apuna käyttäen ja liittää osaksi tehtäväkohtaisia laatuasiakirjoja.

Tekniset vaatimukset on kirjattu allekkain työn etenemisen kannalta kronologiseen järjestykseen. Näin tarkastavan henkilön on helppo seurata laatuvaatimuksia työn edetessä. Ennen työn aloitusta tarkistettaviin vaatimuksiin kuuluvat ainakin seuraavat:

1. Muottipinta on puhdas, tilkitty ja reunatopparit asennettu.
2. LVS-asennukset on kiinnitetty korkoonsa ja liitosten pitävyys tarkastettu.
3. Kylpyhuoneiden lattioiden korkeusasema on suunniteltu siten, että kynnysvaatimus (20 mm kaivosta kynnykseen) täyttyy.
4. Sähkökaapeleiden vastusmittaukset ja kiinnitys on tarkastettu.
5. Kylpyhuoneiden seinälinjat on merkitty.
6. Raudoitustarkastus on pidetty.

Muottipinnan tarkastuksella varmistetaan lopputuotteen pinnan laadusta. Muottirakenteiden tarkastus on osa muottien kasauksen laadunvalvontaa, jolloin varmistetaan muotin rakenteellinen kestävyys ja pinnan tasaisuus. Pinta käydään läpi silmämääräisesti. Pinnan tulee olla puhdas kaikesta liasta ja rakennusjätteistä sekä

lumesta ja jäästä. Mahdollinen lumi tai jäte voidaan poistaa valukentästä esimerkiksi puhaltimilla.

Talotekniikan asennukset tulee tarkastaa huolella, jotta vältetään hankalilta ja kalliilta korjaustoimenpiteiltä myöhemmin. Kaikkien LVS-asennusten tulee olla paikoillaan ja oikeassa korossa. Myös kaikkien liitosten ja kiinnikkeiden pitävyys tulee tarkastaa. Tarkastuksessa on hyvä käyttää apuna talotekniikan suunnitelmia, jotta varmistutaan tarvittavien osien määrästä ja sijainneista. Sähköasiat tulee olla kiinnitettynä huolellisesti muottiin esimerkiksi nauloilla ja putkitusten sidottuina pohjarautoihin. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rasioiden liitoksien pitävyyteen, etteivät ne petä valun aikana. Kylpyhuoneiden lattialämmityskaapeleiden tulee olla asennettu tasaisesti ympäri märkätilaa ja sidottuna. Lämmityskaapelit eivät saa kiertää lattiakaivoja tai muita nousuja liian läheltä. Ennen valua sähköasentaja mittaa sähkökaapelien vastukset.

Märkätiloihin asennettavien kaivojen korot tarkistetaan esimerkiksi tasolaserilla. Vaadittu korko määräytyy tilan koon ja haluttujen kaatojen mukaan, kuitenkin niin että lattiakaivo on vähintään 20 mm kynnystä matalammalla. Kaivojen ja putkien tuenta ja paikallaan pysyvyys tarkastetaan silmämääräisesti ja tarvittaessa käsin kokeilemalla. Kaatolattioiden rajaukset merkitään joko raudoitukseen kiinnitetyillä kulmatapeilla tai muottiin tuetuilla valukiskoilla. Rajaukset asennetaan mittamiehen antamien merkkien mukaan. Mahdollisten valukiskojen korot tarkastetaan tasolaserilla. Kaatolattiasta nousevien putkien ja viemäreiden tulee osua niille suunniteltuihin kohtiin. Esimerkiksi liian lähelle seinää asennettu viemäriputki voi estää WC-istuimen asennuksen myöhemmin.

Raudoitustarkastus tehdään usein omaan tarkastuslistaan. Ennen valua on kuitenkin varmistuttava, että tarkastus on pidetty ja mahdolliset virheet korjattu. Raudoituksesta voidaan silmämääräisesti tarkastaa vaaditut teräslaadut ja tankojen pintojen tartuntaa huonontavat aineet, kuten jää, rasva tai lika. Varsinaisen raudoitustarkastuksen avuksi tarvitaan raudoitepiirustukset. Kuvista lukemalla voidaan tarkistaa terästen määrät, läpimitat, lukumäärät ja tankovälit. Myös raudoituksen sijainti tulee tarkastaa. Raudoitteet tulee olla sijoitettuna piirustusten mukaisiin asemiin ja betonipeitteen tulee

olla riittävän paksu. Tuennan ja sidonnan tulee olla riittävän tiheä ja luja. Tiheällä ja kestäväällä tuennalla helpotetaan myös valun aikaista liikkumista.

Työn aikana ja jälkeen tarkastettavia asioita ovat seuraavat:

1. Laavabetonista on suoritettu työmaalla vaaditut kokeet.
2. Laavabetonin rakennepaksuus on ≥ 100 mm.
3. Kylpyhuoneiden kaatojen riittävyys on 1:80 ja kaivojen kohdalla 1:50.
4. Valupinta on annetussa korossa.
5. Lattian suoruus/tasaisuusvaatimus on 2 metrin matkalla, +/- 3 mm.
6. Mesta on siivottu kaikista työstä aiheutuneista jätteistä sekä roiskeet poistettu ympäröivistä pinnoista.

Laavabetonin käyttö edellyttää aina betonilaborantin laadunvalvontaa. Työmaalle tilattu laborantti suorittaa saapuvista betonikuormista leviämäkokeen ja antaa valuluvan. Laavabetonille ominainen itsensäleviäminen vaatii riittävä paksun betonikerroksen. Valmisbetonitoimittajan antamasta vähimmäispaksuudesta varmistutaan rakennebetonikerrosta valettaessa. Valupinta jätetään vähintään 100 mm lopullisen pinnan alle. Kylpyhuoneiden kaatojen riittävyttä valvotaan valun aikana silmämääräisesti. Valmis työ tarkastetaan betonin kovetuttua vatupassia ja mittakiilaa apuna käyttäen. Oikea valupinnan korko nähdään reunatoppareista ja pinnan tasoa valukentän keskellä pystytään seuraamaan työn aikana käytettävällä tasolaserilla. Lattiapinnan laatu voidaan tarkastaa valun jälkeisenä päivänä. Tasaisuusvaatimuksena esitetty +/- 3 mm kahdella metrillä voidaan tarkistaa esimerkiksi pitkällä vatupassilla ja mittakiilalla. Kuten muissakin työvaiheissa työkohte siivotaan ennen kohteen luovuttamista kaikista työstä aiheutuneista jätteistä ja syntyneet roiskeet poistetaan ympäröiviltä pinnoilta.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tuloksina syntyi tutkimuskohteesta saatujen kokemusten pohjalta laadittu kuvallinen työohje ja työmaiden laadunvarmistamiseen tarkoitettu tarkastuslista. Kustannusvertailuosiossa vertailtiin tutkimuskohteen toteutuneita betonointikustannuksia perinteisten valutapojen kustannusarvioihin.

Tutkimuksen pohjana käytettiin yrityksen työmaata Helsingin Vuosaarella. Kohde oli yrityksen ensimmäinen työmaa pääkaupunkiseudulla, jossa itsetiivistyvää lattiabetonia käytettiin. IT-lattiabetoni ja sen työmenetelmät olivat myös runkourakoitsijalle uusi tuttavuus. Työn tuloksena syntynyt kuvallinen työohje perustuu kyseiseltä työmaalta saatuihin kokemuksiin. Ohje antaa yhden mallin kuinka työ voidaan suorittaa.

Kokemukset uudentyyppisestä lattiabetonista ja holvien kerralla valmiiksi valamisesta olivat pääsääntöisesti positiivisia. Tutkimuskohteen lattiat täyttivät vaaditut tasaisuusvaatimukset eikä pintoja jouduttu ylitasoittamaan ennen lattiapäällysteiden asentamista. Kohteen lattiamateriaaleina käytettiin laminaattia ja märkätiloissa laatoitusta. Jälkitöitä syntyi lattiapintojen hionnasta. Itsetiivistyvällä lattiabetonilla valetut lattiat olivat suoria, mutta pinnan tasauksen aikana syntyneet pienet harjanteet ja epätasaisuudet jouduttiin hiomaan ennen päällystystöitä. Hiontaan käytettiin timattilevyllisiä lattiahiomakoneita. Huoneistojen lattioita tasoitettiin paikallisesti pinnan virheiden vuoksi. Märkätilojen kaatolattioita oikaistiin ennen vesieristystöitä lattiatasoitteella.

Betonointikustannusten suhteen itsetiivistyvän lattiabetonin käyttö oli taloudellisesti kannattavaa. Kustannuksia vertailtaessa perinteisiin valutapoihin kustannussäästöä syntyi halvempien betonilaatujen käytöstä, sekä lattiatasoitustöiden pois jäämisestä. Suoria kustannussäästöjä betonointityöstä syntyi keskimäärin 7 euroa neliölle, mikä vastaa noin 16 % eroa perinteisiin valumenetelmiin. Välillisiä hyötyjä holvin valamisesta kerralla valmiille pinnalle kaatolattioineen on vaikeampi arvioida eikä niitä ole huomioitu kustannusvertailussa. Tiivis holvi ilman varauksia helpottaa rakennuksen kosteudenhallintaa ja lämmittämistä kylminä vuoden aikoina ja näin helpottaa työmaan olosuhdehallintaa. Välipohjan valmis pinta mahdollistaa myös sisätyöväiheidän aikaistamisen ja helpottaa työsuorituksia.

Paljon jälkitöitä teettäneet kylpyhuoneiden kaadot ja tilojen rajaukset vaativat jatkossa panostusta työsuunnitteluun ja työnsuoritukseen. Kylpyhuoneiden rajaaminen pelkästään raudoitukseen kiinnitetyillä kulmatapeilla todettiin riittämättömäksi. Ongelma esiintyi epäsiisteinä ja sijainniltaan viallisina rajauksina sekä kaatojen korjaustöinä. Häilyvät rajaukset LVS-töiden aikana aiheuttivat myös sijainniltaan viallisia viemäriasennuksia. Valujen rajauksiin harkitaan jatkossa käytettäväksi valukiskoja. Kaatolattioiden työstämisen helpottamiseksi käytettäviä valukiskoja on hyödynnetty aikaisemmin yrityksen työmailla. Kiskoja on kiinnitetty betonilaattoihin, mutta niitä ei ole kokeiltu käytettäväksi muottivanerien kanssa. Liian järeät kiinnitykset rikkovat helposti muottipinnan. Yksi ratkaisumahdollisuus on tukea valukisko muottiin kiertämällä kiskoa kannattelevat kierretangot pohjalaipalliseen kiinnitysalustaan. Kiinnitysalustan tulee olla ruostumaton ja kiinnikkeinä tulee käyttää esimerkiksi nauvoja, jotta muotin irrottaminen ehjänä on mahdollista.

Myös kaatolattioiden valuun tilattavan notkean lattiabetonin laskeminen oli hankalaa. Betonimassa levisi helposti laajalle alalle, jolloin tilattava määrä kasvoi huomattavasti. Märkätiloihin käytetty NP-betoni on kolmanneksen holville levitettävää normaalisti kovettuvaa betonia arvokkaampaa, jonka vuoksi betonin leviämisen estäminen on perusteltua. Betonin leviämistä pystyttiin rajoittamaan kiinnittämällä kaatolattioiden ympärille valuverkot.

Tämän opinnäytetyön osana ei tutkittu eri betonilaatujen käyttäytymistä keskenään. Kysymyksiä herätti valettujen betonilaatujen rajapinnat ja niiden tartunnan varmistaminen. Päälle tulevaa IT-lattiamassaa ei tärytetä, jolloin betonikerrokset sekoittuisivat keskenään. Työmenetelmästä on vielä vähän kokemuksia eikä voida sanoa voiko alemman betonikerroksen liian pitkälle edennyt jähmettyminen aiheuttaa betonikerrosten erottumista. Voiko esimerkiksi huonosti tarttunut ohuempi kuin 100 mm pintakerros aiheuttaa lattiaan kopinaa. Myöskään pinnan plastista halkeilua ei tässä työssä käsitelty. Tutkimuskohteen valupinnat olivat herkkiä pinnan halkeilulle. Syytä voivat olla esimerkiksi työmenetelmät, valuolosuhteet tai jälkihoidon puutteellisuus.

Lähteet

- 1 NCC Rakennus Oy: n kotisivut. <<http://www.ncc.fi>>. Luettu 28.10.2011.
- 2 Vuorinen, Pekka. 2003. Laadukasta betonointia paikallavalaen. Me Rakentajat Kesä 2003 s. 16–18.
- 3 Koski, Hannu. 2011. Rakentamisen tuotantotekniikka. Rakennustieto Oy.
- 4 Tehtäväsuunnittelu. Mittaviiva Oy. Verkkodokumentti. <<http://www.mittaviiva.fi/C700tehtavasuunnitelma/index.html>>. Luettu 20.9.2011.
- 5 Opas itsetiivistyvän paikallavalubetonin valmistukseen ja käyttöön. 2004. Verkkodokumentti. <http://www.betoni.com/files/files/TY%C3%96OHJE_kokonaan_v7.pdf>. Luettu 11.7.2011.
- 6 Lumme, Pentti. Kehitysjohtaja, Rudus Oy, Helsinki. Haastattelu 27.5.2011.
- 7 Rami 20 holvimuottijärjestelmä. Ramirent Oyj. Verkkodokumentti. <http://www.ramirent.fi/files/attachments/ramirent_fi/tuote_esitteet/turva-ja_muottitekniikka/rami_20_-holvimuot_jarj_.pdf>. Luettu 30.6.2011.
- 8 Suomen Betoniyhdistys ry. 2007. By 201 Betonitekniikan oppikirja. Jyväskylä: Suomen betonitieto.
- 9 Bamtec esite. Celsa-steelservice. Verkkodokumentti. <http://www.celsa-steelservice.com/reinforcing/finland/fbt_files/eka_files/tuotteet_files/raudoite/Bamtec/Bamtec_Esite.pdf>. Luettu 4.7.2011
- 10 Itsetiivistyvä betoni paikallavalurakentamisessa. 2002. Verkkodokumentti. <http://www.rakennustieto.fi/lehdet/rakennustaito/index/lehti/unnamed_2242.html>. Luettu 3.7.2011.
- 11 RATU kortti: 23-0275 Betonointi
- 12 Työmaan kosteudenhallinta. Sisäilmayhdistys. Verkkodokumentti. <http://www.sisäilmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/korjausten_laadunvarmistus/tyomaan_kosteudenhallinta/> Luettu 19.9.2011.

Holvibetonoinnin kustannusvertailu

HOLVIBETONOINNIN KUSTANNUSVERTAILU														
As Oy Helsingin Sateenkaarit														
pvm 26.09.2011														
Pintaa-ilat: B 2 krs Huoneistot 230 m ² Märkätilat 40 m ² Holvi yhteensä 270m ²														
Materiaalit	yks	Valutapa 1				Valutapa 2				Valutapa 3				
		määrä	€/yks	€	%	määrä	€/yks	€	%	määrä	€/yks	€	%	
Rakennibetoni	m3	47	54,83	2577	22									
NP	m3	14	83,43	1168	10	79	83,43	6591	49	79	83,43	6590,97	50	
T-betoni	m3	25	105	2625	23		0							
Pilaano	m2			0		230	11,56	2659	20	230	11,56	2659	20	
Yhteensä				6370	55			9250	69			9250	70	
Työ														
Betonin pumppaus*	m3	86		1369	12	79		900	7	79		706	5	
Holvin betonointi**	m2	270	6,3	1701	15	230	6,3	1449	11	230	6,3	1449	11	
Kaatolettilaivalu***	m2					40	7,5	300	2	40	7,5	300	2	
Pilaano valmistelut	h					16	28	448	3	16	28	448	3	
Pilaanon levitys	m2					230	1,1	253	2	230	1,1	253	2	
Yhteensä				3070	27			3350	25			3155,8	24	
Muut kulut														
Kuljetukset + pakveluajat	erä	1		983	9	3		867	6	2		867	7	
Betonilaborantti	erä	1		200	2									
Jälkityöt (lattian hiointi)	m2	270	3,24	874,8										
Yhteensä				2057,8	18			867	6			867	7	
KUSTANNUKSET YHTEENSÄ		m ²	270	42,6	11498	100	270	49,9	13467	100	270	49,2	13272,6	100
ALV 0%														

*Pumppauksen hinta pumppausurakan kokonaishinta.

**Betonoinnin hinta valutavassa 1 runkourakoitsijan urakkahintojen mukaan.

***Kaatolettilaivalujen hinta yrityksen kausisopimusurakoitsijoiden urakkahintojen mukaan.

Holvibetonoinnin tarkastuslista


**VÄLIPOHJAN BETONINTI
ITSETIIVISTYVÄLLÄ LATTIABETONILLA**

Työnumero: _____

Työmaa: _____

Työvaihe: Välipohjan betonointi (sis. kaatolattityöt) _____

OSAKOHTEEN TARKASTUS

Pvm:	Urakoitsija:
Työnjohtaja:	

Tekniset vaatimukset**Ennen työn aloitusta:**

1. Muuttipinta on tasainen, tilkitty ja reunatopparit asennettu.
2. LVS-asennukset on kiinnitetty korkoonsa ja liitosten pitävyys tarkastettu.
3. Sähkökaapeleiden vastusmittaukset ja kiinnitys tarkastettu.
4. Kylpyhuoneiden lattioiden korkeusasema suunniteltu siten, että kynnyksivaatimus (20 mm kaivosta kynnykseen) täyttyy.
5. Kylpyhuoneiden seinälinjat merkitty.
6. Raudoitustarkastus pidetty.


Työn aikana/jälkeen:

7. Itsetiivistävästä lattiabetonista on suoritettu työmaalla vaaditut kokeet.
8. Lattiabetonin rakennepaksuus ≥ 100 mm.
9. Jälkihoito aloitettu
10. Kylpyhuoneiden kaatojen riittävyys 1:80 ja kaivojen kohdalla 1:50
11. Valupinta on annetussa korossa
12. Lattian suoruus, tasaisuusvaatimus, mittapituus 2000 mm, ± 3 mm
13. Mesta on siivottu kaikista työstä aiheutuneista jätteistä sekä roiskeet poistettu ympäröivistä pinnoista.

	Työkohde			
Vaatimus				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Työkohde	Virhe	Korjattu Pvm

Kohde hyväksytty _____
Päivämäärä Allekirjoitus




Välipohjien betonointi itsetiivistävällä lattiabetonilla

Kuvallinen työohje

Niko Malila
Työnjohtoharjoittelija

7.11.2011 NCC Rakennus Oy 1



Sisältö

1. Holvibetonoinnin pääperiaatteet ja edellytykset
2. Betonointityön päävaiheet
3. Raudoitus
4. LVS-työt
5. Betonointi
6. Yhteenvedo
7. Holvibetonoinnin työvaiheet kuvasarjana

7.11.2011 NCC Rakennus Oy 2

Holvibetonoinnin pääperiaatteet ja edellytykset

- Holvien betonointi *kerralla valmiiksi* -periaatteella
 - Ei varauksia (läpiviennit yms. valmisosilla) Vesitiivis välipohja mahdollistaa sisätyövaiheiden aloituksen ennen vesikaton valmistumista.
 - Ei pintavaluja (kylpyhuoneiden kaadot valmiiksi asti)
 - Ei ylitasoituksia (tehdään valmista parkettipohjaa)
- Työryhmät sitoutuvat runkoaikataulun noudattamiseen.
- Työryhmien perehdytys (Itsetiivistyvän lattiabetonin ominaispiirteet)

Betonointityön päävaiheet

- Raudoitus
- LVS-asennukset
- Betonointi jakaantuu kolmeen vaiheeseen:
 1. NP-betoni (kylpyhuoneiden kaatolattiat)
 2. Rakennebetoni (2/3 holvin paksuudesta)
 3. Itsetiivistävä lattiabetoni (1/3 holvin paksuudesta)

Raudoitus

- Raudoitteet määrämittäisiä ja valmiiksi taivutettuja
- Alapinnan raudoitus käyntiin heti muottipinnan valmistuttua
- Yläpinnan reunahakakorit ja tukipukit alapinnan raudoituksen jälkeen
→ LVS-asennukset voidaan aloittaa
- Yläpinnan raudoitus käyntiin, kun LVS-asennukset sen mahdollistavat



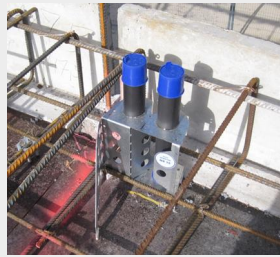
LVS -asennukset

- LVS-asennukset asennetaan pääosin pohjaraudoituksen valmistuttua
- Lattialämmityskaapelit yläpinnan raudoitustyön jälkeen
- Riittävä työaika sähköputkituksille ja viemäriasennuksille
- Lattialämmityskaapelien kiinnitykseen riittävän tiheä raudoitus



LVS valmisosien käyttö

- Lämpönousuille valmiit läpivientosat → ei varauksia
- Sähkörsiat yms → mahdollisimman vähän naulausta muotteihin
- Lattiakaivojen ja viemärien tuenta valmiilla osilla



Betonointi

- Kerralla valmista
 - Ei jälkivaluja, kylpyhuoneiden kaatolattiat holvivalun yhteydessä
 - Ei jätetä ylitasoitusvaroja, tavoitteena valmis parkettipohja
- Betonin lujuuden kehityksen varmistaminen
 - Muottien tehokas kierto
 - Talvella holvin lämmitys
 - Tarvittaessa nostetaan lujuusluokkaa ja vaihdetaan betonilaatua esim. K30 → NP 35
- Betonin kuivuminen
 - Betonilaadun valinta
 - Pinnoitteiden päällystettävyyksivaatimusten saavuttaminen

Betonointi vaiheet

- 1. Kylpyhuoneiden kaatolattiat
- 2. Rakennebetoni
- 3. Itsetiivistyvä lattiabetoni

1. Kylpyhuoneiden kaatolattiat

- NP-betoni
- Kaadot valmiiksi
- Kylpyhuoneiden rajaus
 - käsin rajaaminen/ valukiskot
- Jälkihoitoaineen levitys

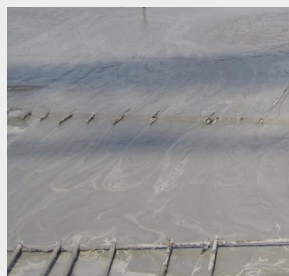


2. Rakennebetoni

- 2/3 holvin paksuudesta
- Täytön tulee hieman ”jähmiä”, jotta ei sekoitu päälle pumpattavaan itsetiivistyvään lattiabetoniin
- Betonin tiivistys tärysauvalla



3. Itsetiivistyvä lattiabetoni



- 1/3 holvin paksuudesta ($\geq 100\text{mm}$)
- Pelkkä oikaisu riittää → ei hierontaa, ei liippausta
- Työasento pystyssä → ergonominen työskentely
- Vaatii toimittajan laadunvalvontaa työmaalla (laborantti)

Itsetiivistyvän lattiabetonin levitys ja tasaus

- Betoni levitetään kerralla oikeaan korkoon → pumppaajan ja korkomittaajan yhteistyö
- Betoni tulee laskea matalalta, jotta betonikerrokset eivät sekoitu.
- Pinta tasoitetaan hytyttämällä pinta alumiiniputkella.



Pintabetonoinnin työvälineet

- Korkomitan pohjaan laakea alusta esim. vaneripala
- Pinnan tasaamiseen alumiiniputkesta valmistettu tasaustyökalu
- Jälkihoitoaine levitetään välittömästi pinnan tasauksen edetessä



Yhteenveto

- Paikallavalutekniikkaan osaavat työnjohtajat, työryhmät ja suunnittelijat
 - Uusien koulutus
- Jokaisen työvaiheen suunnittelu ja ohjaus
- Saavutetut hyödyt:
 - Työvaiheiden yhdistäminen
 - Kustannussäästöt
 - Valutyövoiman tarve vähenee
 - Työ kevenee ja helpottuu
 - Ergonomia
- Tavoitteena helpottaa myös sisätyövaiheiden aloitusta ja itse suoritusta

Holvibetonoinnin työvaiheet kuvasarjana

- Työmaa: As Oy Helsingin Sateenkaari
- 2011

Valmis muottipinta



7.11.2011

NCC Rakennus Oy

17

Pohjaraudoitus



7.11.2011

NCC Rakennus Oy

18

LVS -asennukset ja pintateräkset



7.11.2011

NCC Rakennus Oy

19

Kaatolattioiden valu



7.11.2011

NCC Rakennus Oy

20



Rakennebetonikerroksen pumppaus



7.11.2011

NCC Rakennus Oy

21



Itsetiivistyvän lattiabetonin levitys



7.11.2011

NCC Rakennus Oy

22

Pinnan tasaus ja jälkihoito



7.11.2011

NCC Rakennus Oy

23

Valmis valupinta



7.11.2011

NCC Rakennus Oy

24