

Miro Mäkinen

TYÖMENETELMIEN JA JÄLKIHOIDON VAIKUTUS  
PAIKALLA VALETTUJEN BETONIRAKENTEIDEN  
LOPPUTULOKSEEN

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2020

## TYÖMENETELMIEN JA JÄLKIHOIDON VAIKUTUS PAIKALLA VALETTUJEN BETONIRAKENTEIDEN LOPPUTULOKSEEN

Mäkinen Miro  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Joulukuu 2019  
Sivumäärä: 24

Asiasanat: betoni, betonirakennukset, työohje

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä työohje, joka keskittyy paikallavalurakenteiden toteutukseen niin, että valmiin betonipinnan laadussa päästään luokkaan A. Paikallavalurakentaminen on perinteinen ja paljon käytetty rakennustapa, mutta silti se tuottaa päivittäin ongelmia työmailla. Opinnäytetyö on suunnattu betonikerrostalon rakentamisen vaiheisiin, mutta sitä voi soveltaa kaikkeen betonirakentamiseen.

Opinnäytetyö on ensisijaisesti tehty työnjohtajien käyttöön ja pyritty pitämään sopivan lyhyenä, jotta se on helppolukuinen ja selvä muistilista kokemattomille sekä kokeneillekin työnjohtajille.

Opinnäytetyössä todettiin, että työmenetelmien ja jälkihoidon vaikutus betonoinnin lopputulokseen on suuri ja mikäli jotain osa-aluetta laiminlyödään, on pahimmassa tapauksessa seurauksena massiivinen työvirhe.

## THE IMPACT OF DIFFERENT WORKING METHODS AND AFTERCARE TO THE END RESULT OF ON-SITE CASTED STRUCTURES

Mäkinen Miro

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in construction and municipal engineering

December 2019

Number of pages: 24

Keywords: concrete, concrete buildings, working instructions

---

The purpose of this thesis was to create working instructions for on-site concrete casting. This thesis focuses on the correct working methods and aftercare so that it would be possible to cast A class concrete surfaces, which is the best possible result.

On-site casting is a common way to build, yet it causes problems on construction sites on the daily basis. This thesis is meant to be used as a guide in the different stages of casting an apartment building, though it applies to all types of concrete construction.

This thesis is primarily addressed to supervisors, yet inexperienced supervisors can also use this as a checklist. This thesis is intended to be concise and easy to read.

As a result, it was found that the impact of different working methods and aftercare to the end result of on-site casted structures is massive. If any parts of the casting process are neglected, it can result to a fatal error in the structure.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	BETONIPINNAN LAATU.....	6
3	SUUNNITTELUITYÖT.....	8
3.1	Rakennesuunnittelu.....	8
3.2	Työmaatoiminnan suunnittelu .....	8
3.3	Sääolosuhteet .....	11
3.4	Betonointipöytäkirja .....	11
4	MUOTTITEKNIIKAT .....	14
4.1	Anturamuotit levy- ja lautamuottitekniikalla.....	14
4.2	Seinämuotit .....	14
4.3	Holvimuotit.....	15
5	TYÖN SUORITUS .....	16
5.1	Betonointi.....	16
5.2	Tiivistys.....	16
5.3	Anturamuotit.....	17
5.4	Seinämuotit .....	18
5.5	Jälkihoito.....	21
5.5.1	Lämpötila .....	22
5.5.2	Kosteusolosuhteet.....	23
5.5.3	Tuuli .....	24
6	POHDINTA.....	25
	LÄHTEET .....	27

## 1 JOHDANTO

Paikallavaletuissa betonirakenteissa lopputulokseen vaikuttavat työmenetelmät, betonoitava kohde, betonin ominaisuudet, jälkihoito sekä olosuhteet työn aikana ja sen jälkeen. Paikallavaletut betonirakenteet ovat edelleen hyvin yleisiä rakenteita kaikenlaisilla työmailla ja ne aiheuttavatkin suuria haasteita rakentajille monien erilaisten työvaiheiden muodossa. Viime vuosina on käsitelty myös julkisuudessa näkyvästi erilaisia betonirakennusvirheitä, joista lähes kaikki ovat liittyneet paikallavalettuihin betonirakenteisiin ja näiden työnaikaisiin virheisiin.

Oleellisena osana betonirakentamisessa on huolellinen laadunvalvonta. Se käsittää betonointisuunnittelun jo paljon ennen itse betonointityötä. Suunnittelussa betonirakenteille määritellään oikeat rasitusluokat ja betonin laatu. Ennen betonointityötä varmistetaan muotin sekä raudoituksen laatu ja oikeellisuus. Betonoinnin aikana laadunvalvonta keskittyy varmistamaan, että työ suoritetaan suunnitelmien mukaan ja määritellyä betonointinopeutta noudatetaan. Betonoinnin jälkeen taas on tärkeää huolehtia oikeaoppisesta jälkihoidosta.

Betonin lujuudenkehitys riippuu todella monesta asiasta ja tässä työssä pyritään perehtymään maksimaalisen lujuuden saavuttamiseen ja nostamaan esille mahdollisia virheitä, jotka heikentävät betonin lujuuden kehitystä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda pätevä ohjemateriaali työnjohtajille paikallavalubetonirakentamisen kohteisiin. Työssä keskitytään erityisesti haastaviin rakenteisiin, jotta työvirheitä välttyttäisiin ja tuotettaisiin aina parasta mahdollista laatua.

Työssä käsitellään betonointityötä pääasiassa paikallavalettujen betonikerrostalojen rakentamisen näkökulmasta. Viittauksissa käsitellään myös huokoistettuja betonirakenteita ulkotiloissa sekä massiivisen betoniparkkihallin rakentamisen työvaiheita.

## 2 BETONIPINNAN LAATU

Betoni aineena on maailman yleisin käytetty rakennusaine ja yksinkertaisimmillaan se sisältää vain sementtiä, vettä ja kiviainesta. Nykyään betoniin lisätään kuitenkin erilaisia lisäaineita, jotta siihen saadaan lisättyä haluttuja ominaisuuksia tai helpotettua massan työstettävyyttä valuvaiheessa. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi notkistin, masuunikuona, lentotuhka sekä erilaiset huokostimet. Betonin vesi-sementtisuhdetta muuttamalla saadaan muutettua betonin lujuutta. Karkeasti siis, mitä enemmän vettä betoniin lisätään, sitä helpompaa massa on työstää, mutta sitä heikompi lujuus betoniin tulee. Betonin ainemäärien laskemista kutsutaan suhteittamiseksi. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 1979, 10, 61-62; Valmisbetonin www-sivut 2018)

Betonipinnan laatu jaetaan luokkiin:

- luokka AA (vanha luokka 1)
- luokka A (vanha luokka 2)
- luokka B (vanha luokka 3)
- luokka C (vanha luokka 3b)

Luokka AA käsittää arkkitehtoniset pinnat, joissa jälkityötä ei saa olla käytännössä lainkaan. Luokka A, eli puhtasvalupinta on se, johon tässä betonointioppaassa aina pyritään. A luokan betonipinnat ovat niin hyviä, ettei niissä tarvita useampaa tasoituskertaa ja täten saadaan kustannusäästöjä muissa työvaiheissa. A luokkaan on kohtalaisen helppo päästä, kunhan huomioidaan muutamat tärkeät työvaiheet.

(Pahkala & Vuorinen, 517)

Betonipinnan luokkaa määriteltäessä tarkastellaan seuraavia laatutekijöitä:

- Nystermä
- Syvennys
- Hammastus
- Valupurse tai valuhaava
- Huokokset
- Valuvika
- Pinnan käyryys tai aaltoilu
- Väri vaihtelu

Laatutekijät voidaan jaotella ennen betonointia aiheutuneisiin laatutekijöihin, betonoinnin aikaisiin laatuvirheisiin sekä jälkihoidon aikaisiin laatuvirheisiin. Näistä laatutekijöistä nystermä, syvennys, hammastus sekä valupurseet ovat yleensä muottitekniikan aiheuttamia laatuvirheitä eli ennen betonointia tapahtuneita virheitä muottipinnassa. Huokokset ovat betonoinnin aikainen laatuvirhe. Valuvika ja pinnan käyryys voivat aiheutua joko betonoinnin tai jälkihoidon aikana. (Pahkala & Vuorinen, 517-520)

Taulukko 1. Luokitustaulukko muottia (MUO) ja kuvioitua muottia (MUK) vasten valetuille betonipinnoille /2/.

Laatutekijät		Vaatimukset		
		Luokka AA	Luokka A	Luokka B
Nystermä				
suurin korkeus	mm	2	3	6
suurin leveys	mm	3	9	20
suurin määrä	kpl/m <sup>2</sup>	10	20	40
Syvennys				
suurin syvyys	mm	2	4	7
suurin leveys	mm	4	9	15
suurin määrä	kpl/m <sup>2</sup>	10	20	40
Hammastus	mm	1	2	5
Valupurse tai valuhaava muotti-sauman kohdalla				
suurin korkeus tai syvyys	mm	1	2	4
suurin leveys	mm	3	3	6
suurin määrä (koskee myös korjatun sauman pituutta)	% muotti-saumojen pituudesta	10	20	30
Vaakasuurassa valettujen pintojen huokokset, $\varnothing \geq 5$ mm				
suurin läpimitta ja syvyys	mm	7	8	10
suurin kokonaismäärä	kpl/m <sup>2</sup>	40	40	80 <sup>3)</sup>
Pystysuurassa valettujen pintojen huokokset, $\varnothing \geq 5$ mm				
suurin läpimitta ja syvyys	mm	8	10	12
suurin kokonaismäärä	kpl/m <sup>2</sup>	40	60	100 <sup>3)</sup>
Vaakasuurassa valettujen pintojen valuvika (aina korjattava)				
suurin koko	m <sup>2</sup>	ei sallita	0,1	0,3 <sup>3)</sup>
suurin määrä	kpl/100m <sup>2</sup>	ei sallita	1	2 <sup>3)</sup>
Pystysuurassa valettujen pintojen valuvika (aina korjattava)				
suurin koko	m <sup>2</sup>	ei sallita	0,2	0,3 <sup>3)</sup>
suurin määrä	kpl/100m <sup>2</sup>	ei sallita	3	2 <sup>3)</sup>
Pinnan käyryys ja aaltoilu				
suurin mittapoikkeama	mm/1,5m	3	5	8
Väri vaihtelu <sup>2)</sup>				
harmaat pinnat	valittavat luokat	2 tai 3	2 tai 3	–
valkobetonipinnat	ks. by 40 Betoni-rakenteiden	1 tai 2	2 tai 3	–
muut väribetonipinnat	2 tai 3	2 tai 3	2 tai 3	–
	pinnat 2003 (luku 10)			

2) Tarvittaessa, vaatimus merkitään V-tunnuksella ja luokan kirjaintunnuksella. Ei käytetä luokan B pinnoissa.

3) Näkyvästi jätettyinä jääville pinnoille (esim. perustukset ja alaslasketujen kattojen betonipinnat) sallitaan kaksinkertaiset arvot. Luokan tunnus on silloin C.

Kuva 1. Betonipintojen luokitustaulukko (Pahkala & Vuorinen, 519)

## 3 SUUNNITTELU TYÖT

### 3.1 Rakennesuunnittelu

Työt paikallavalurakennuskohteessa alkavat jo paljon ennen kun työmaalla tapahtuu mitään näkyvää. Rakennesuunnittelija määrittelee arkkitehdin tekemien piirrosten perusteella, miten rakenteet toteutetaan, eli onko rakenteet ylipäänsä mahdollista toteuttaa paikallavalumenetelmällä. Tämän jälkeen rakennesuunnittelija suunnittelee rakenteet niin, että kuvista selviää eri rakenteissa käytettävät betonin laadut, rasitusluokat, käyttöikä sekä tietysti rakenteisiin asennettävien raudoitusten tyypit. Tyypillisesti paikallavalukohteissa suunnittelu etenee työmaan mukana eli käytännössä suunnittelija ei ole montaa viikkoa työmaatoteutusta edellä suunnitellessaan kohdetta. Jo suunnitteluvaiheessa täytyy käydä vuoropuhelua työmaan ja suunnittelijan välillä, jotta työmaa voi vaikuttaa siihen, mitä rakenteita toteutetaan paikallavaluna ja mitä elementteinä. Suunnitelmien ja laatuvaatimusten toteuttamisen avulla rakenteet saadaan toteutettua niin, että ne varmasti täyttävät niille asetetut lujuusvaatimukset sekä kohteelle määritellyn käyttöiän. (Valmisbetonin www-sivut 2018)

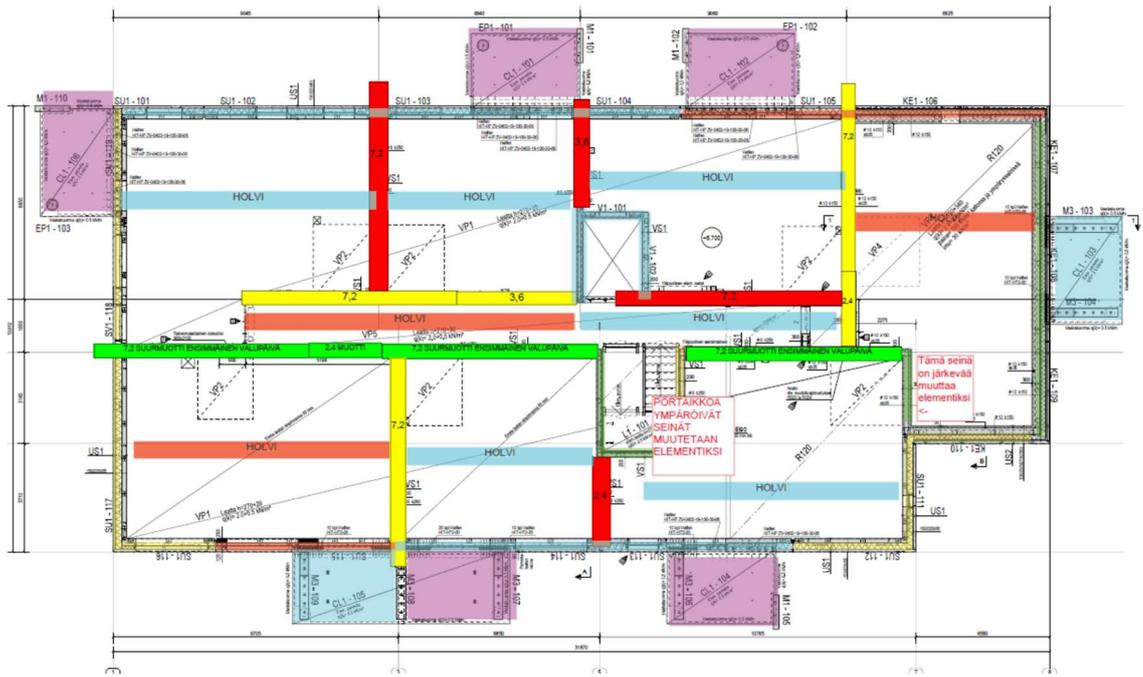
Suunnitteluvaiheessa betonityön toteutuksella määritellään myös betonirakenteiden toteutukselle työnjohtajan pätevyysvaatimukset. Pätevyys perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin, sekä ympäristöministeriön täydentävään ohjeeseen. Pätevyysluokat ovat; tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. (Fise www-sivut 2020)

### 3.2 Työmaatoiminnan suunnittelu

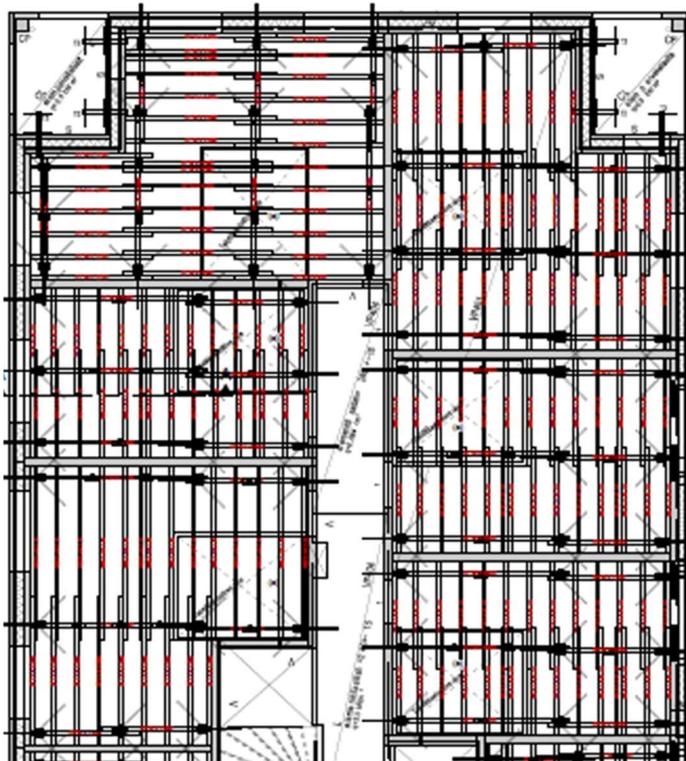
Työmaalla paikallavalukohteen suunnittelu alkaa luonnollisesti kohteen tietoihin tutustumalla. Rakennesuunnitelmista selvitetään kaikki mahdolliset asiat, jotka koskevat muotti- ja betonointityötä. Tämän jälkeen täytyy päättää, minkälaisia muottityyppejä halutaan käyttää. Kerrostalokohteissa useimmiten anturamuotit tehdään edelleen laudoittamalla, seinämuotteina käytetään suurmuotteja ja holvimuotteina on vakioidut holvimuottikalustot. Valittujen muottityyppien pohjalta tehdään nosto-, sekä putoamissuojassuunnitelmat.

Muottikaluston valinnan jälkeen täytyy seuraavaksi alkaa hahmottelemaan muottikiertosuunnitelmaa. Muottikiertosuunnitelma voi käsitellä kaikki käytetyt muotit aina anturamuoteista holvimuotteihin, mutta tyypillisesti tärkein käsiteltävä muottityyppi on seinämuotit. Muottikiertosuunnitelmaa tehtäessä saa hyvän kuvan siitä, miten eri mittaiset pystymuotit soveltuvat käytettäväksi seiniä betonoitaessa ja samalla pystyy myös laskemaan, kuinka monta betonointipäivää kussakin kerroksessa tarvitaan.

Yksinkertaisimmillaan muottikiertosuunnitelma on kohteen pohjakuva, johon on eri väreillä sijoitettu eri mittaiset muotit (Kuva 2). Muottikiertosuunnitelmassa on eri päivinä tehtävät asiat merkitty eri väreillä; ensimmäinen työpäivä on vihreä, toinen päivä keltainen ja niin edelleen. Tällöin työnjohtajan on helppo käydä muottisuunnitelma läpi myös kirvesmiesten kanssa ja voidaan varmistua, että kaikki seinät on huomioitu suunnitelmassa. Holvimuottisuunnitelmat saadaan yleensä aina holvimuottien vuokrakaluston toimittajalta, joiden suunnittelijat laskevat kaluston siten, että kohteen holvien muotitus on turvallista toteuttaa. Holvimuottikaluston osalta täytyy myös miettiä aikataulun pohjalta, kuinka monen kerroksen muottikalusto täytyy varata käyttöön. Tulee siis tarkastella, onko aikaa odotella edellisen kerroksen holvimuottikaluston purkua vai täytyykö tilata kahden kerroksen muottikalusto, jolloin yksi kalusto nousee aina kahden kerroksen välein ylemmäs. (Ratu 0401, 1-14)



Kuva 2. Muottikiertosuunnitelma. (Mäkinen 2019a)



Kuva 3. Holvimuottisuunnitelma (PERI 2019)

Muottisuunnittelun jälkeen täytyy suunnitella, mitä kaikkea muuta materiaalia työssä tarvitaan; valujassikka, betonitärytin, läpivientitarvikkeet, tikkaat, telineet yms. Kerrostalon runkotöissä valujassikka on yleensä kustannustehokkain tapa betonoida paikallavaluseiniä, joten sellainen kannattaa hankkia työmaalle vuokraamosta. Betonitäryttimiä tarvitaan vähintään yksi, mutta yleensä on hyvä olla toinenkin varalaitte, jolloin varmistetaan, ettei valua tarvitse keskeyttää, mikäli toinen tärytin hajoaa. Läpivientitarvikkeet täytyy olla asennettu muotteihin luonnollisesti ennen betonointia, joten sopivat läpivientimateriaalit täytyy tilata reikäsuunnitelman pohjalta ja suunnitella, halutaanko käytettävän valmiita läpivientejä vai tehdäänkö läpiviennit laudoittamalla. (Ratu 0401, 10)

### 3.3 Sääolosuhteet

Jo suunnitteluvaiheessa on huomioitava sääolosuhteiden vaikutus betonointityöhön. Lämpötila vaikuttaa olosuhteisiin eniten eli täytyy miettiä, mikä on toteutuksen ajankohta. Talvibetonointi on kaikkein haastavin vaihtoehto, mutta muinakin vuodenaikoina sääolosuhteet on huomioitava suunnittelussa. Mikäli kohde joudutaan toteuttamaan talvibetonointina, on suunniteltava hyvissä ajoin lämmitystavat ja valittava käytetyt muotit lämmitystarpeen perusteella. Talvella tarvitaan myös erillistä lämmityskalustoa esimerkiksi holvivaluihin. Kesällä täytyy suunnitella, miten massaa jäähdytetään, mikäli lämpö nousee liian korkeaksi. Myös vesi- ja lumisateet täytyy ottaa huomioon; tuore betonipinta menee pilalle sadekuuron osuessa kohdalle. Tuuli vaikeuttaa myös betonin työstettävyyttä kuivattaen pintaa nopeammin kuin muu massa kuivuu. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 1979, 252)

### 3.4 Betonointipöytäkirja

Kohteen töiden alkaessa aloitetaan betonointipöytäkirjan täyttö (Kuva 4). Betonointipöytäkirjoja on erilaisia, mutta pääperiaatteiltaan niistä kaikista löytyy samat asiat. Ennen kun päästään itse työn suoritukseen, täytetään pöytäkirjaan kohteen tiedot, suunniteltu valumäärä, käytetty muottityyppi, raudoituksen tiedot sekä

suunnitelmien mukaiset betonin lujuus- ja rasitusluokat. On tärkeää muistaa, ettei betonointipöytäkirjaa voi milloinkaan täyttää liian täyteen. Vaikka jollekin tiedolle ei olisi valmista riviä pöytäkirjassa, on pöytäkirjaan hyvä merkitä pienimmätkin huomiot. Erityisen tärkeää on täyttää raudoitustarkastuksen tiedot sekä muottitarkastuksen tiedot. Raudoittaja ja muottikirvesmies tarkistavat ensin omat työnsä, jonka jälkeen työnjohtaja käy suorittamassa muotti ja raudoitustarkastuksen. Mikäli betonoitava kohde on haastava, rakennesuunnittelija tai kaupungin tarkastusinsinööri käy vielä tekemässä raudoitustarkastuksen. Usein työnjohtaja tarkistaa seinät yms., joissa ei ole paljoa raudoitetta. Rakennesuunnittelija tai tarkastusinsinööri käy yleensä tarkistamassa pohjalaatat ja holvit, sekä muut vaativat rakenteet.

BETONINTISUUNNITELMA/-PÖYTÄKIRJA Nro:		BETONINTIPÖYTÄKIRJA Rakennekohtainen, noudattaa Betoninormit 2004/By 50	
Rakennuskohde:		Työmaa no:	Rak.luvan no:
Osoite:	Puhelin nro:	Valulohkon suunniteltu käyttöikä: <input checked="" type="checkbox"/> 50 v. <input type="checkbox"/> 100 v. <input type="checkbox"/> 200 v. Muu:	
Betonityönjohtaja Miro Mäkinen		Suunniteltu valumäärä (bet-m3) 65	Toteutunut valumäärä (bet-m3) 62
<b>MUOTTI</b>		<b>RAUDOITUS/RAUDOITUSTARKASTUKSET</b>	
Muottipinta ja muottijärjestelmä: Vaneri		<input checked="" type="checkbox"/> Taivutukset <input type="checkbox"/> Metalliosat <input type="checkbox"/> Jatkos, tartunta- ja ankkurointipituudet <input type="checkbox"/> Rauditus on hitsattu työmaalla	
Suunnitelmien mukainen betonipinnan luokka, (by40): C25/30		Välilyyppi ja malli: 30 mm välike	Tuenta (by50:4.2.3.3):
Muottien tarkastus: <input checked="" type="checkbox"/> Tiiviyys <input checked="" type="checkbox"/> Varaukset <input checked="" type="checkbox"/> Työsaumat <input checked="" type="checkbox"/> Saumat <input type="checkbox"/> Telineet		Betonipeite: Nimellinen 25/35 Tarkastettu (minimi)	
Tarkastan allekirjoitus:		Raudituksen vastaanottotarkastus, kuitatut kuormakirjat ovat liitteenä ja allekirjoitus	
<b>VALULOHKO/RAKENNEOSA (LISÄKSI PIIRUSTUS NRO)</b>			
<b>65. B talo 5krs. holvi</b>			
<b>BETONI</b>			
Rasitusluokka piirustuksista (by50:3.2)	Lujuus- ja rakenneluokka C30/37	Ilmamäärä nimellinen	P-lukuvavatimus (by50:4.1.1.5)
<input type="checkbox"/> X0	F-lukuvavatimus (by50:4.1.1.5)	Suurin raekoko mm # 16	Notkeus (by50:taulukko 4.5)
<input checked="" type="checkbox"/> XC 1 <input type="checkbox"/> XC 2 <input type="checkbox"/> XC 3 <input type="checkbox"/> XC 4	Vesitiiveys	Kulutuksenkestävyyssluokka (by45)	<input type="checkbox"/> S1 <input type="checkbox"/> C0 <input type="checkbox"/> F1
<input type="checkbox"/> XS 1 <input type="checkbox"/> XS 2 <input type="checkbox"/> XS 3	Seosaineet (by50:7)	Erikoisominaisuus Varlo - Parmix 12,5% Lämmitetty betoni	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> C1 <input type="checkbox"/> F2
<input type="checkbox"/> XD 1 <input type="checkbox"/> XD 2 <input type="checkbox"/> XD 3	Betonin toimittaja Rudus Oy	Yhteyshenkilö	<input checked="" type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> C2 <input type="checkbox"/> F3
<input type="checkbox"/> XF 1 <input type="checkbox"/> XF 2 <input type="checkbox"/> XF 3 <input type="checkbox"/> XF 4	Käyttöikäilmoitus tehty <input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> S4 <input type="checkbox"/> C3 <input type="checkbox"/> F4
<input type="checkbox"/> XA 1 <input type="checkbox"/> XA 2 <input type="checkbox"/> XA 3			<input type="checkbox"/> S5 <input type="checkbox"/> F5
			<input type="checkbox"/> F6
<b>BETONITYÖT</b>			
Betonoinnin alkaminen ja päättymisen	Alkoi pvm. klo 6.3.2019 06.30	Päätyi pvm. klo 6.3.2019 10.00	Suurin sallittu valutauko min
Betonointinopeus	m3/h	Nousunopeus m/h	Nousuetenämä m2/h
Betonointikalusto	<input type="checkbox"/> Pumppu <input checked="" type="checkbox"/> Nostoastia <input type="checkbox"/> Kouruauto <input type="checkbox"/> Pumi / Valuri <input type="checkbox"/> Kottikärryt Muu:		
Tiivistämiskalusto	<input checked="" type="checkbox"/> Sauva <input type="checkbox"/> Tärypalkki <input type="checkbox"/> Muottitäritys <input type="checkbox"/> Itsetiivistävä Muu:		
Jälkitäritys	Jälkitärityskohdat <input type="checkbox"/> Merkitty piirustukseen		
Lämpötilaseuranta Erillinen tarkka seuranta liitteenä <input type="checkbox"/>	Ilman lämpötila		Betonin lämpötila
	Alussa °C -5	Lopussa °C -4	Betonin toimitettaessa +26
Sääolosuhteet	<input checked="" type="checkbox"/> Pilvistä <input type="checkbox"/> Tihkusadetta <input type="checkbox"/> Sadetta <input checked="" type="checkbox"/> Auringonpaiste <input type="checkbox"/> Tuulista Muu		
Valupaikka	<input type="checkbox"/> Suojattu tuulelta <input type="checkbox"/> Suojattu sateelta Muut havainnot		
Työmaakoekappaleet tunnukset, näytteenotto- paikat			
<b>JÄLKITYÖT</b>			
Pinnan hierto suoritetaan <input checked="" type="checkbox"/>	Hierron aloitus klo. 14:00		Hiertotyön kesto (h, min) 1 h
Jälkihoito	<input type="checkbox"/> Kastelu <input checked="" type="checkbox"/> Lämpösuojaus	<input checked="" type="checkbox"/> Jälkihoitoaine/levitystapa	
	<input checked="" type="checkbox"/> Peittäminen	Jälkihoitoaika (by50:4.2.4.5)	
Muottien purku (lujuus, ikä)	Purkulujuus 23 Mpa	Purkulujuus saavutettu pvm. 8.3.2019	<input type="checkbox"/> Laskelma liitteenä
Jäätymislujuus saavutettu	Pvm. 7.3.2019	<input type="checkbox"/> Erytymenetelmät, lämpökäsittely jne. (tarvittaessa erillinen suunnitelmalite)	
Erilliset suojaus ja lämmitysjärjestelyt yms.	Muotti lämmitetty alapuolelta, peitetty yläpuolelta pakkasmatoilla Purkulujuus varmistettu kimmovasarakokeella		
Päiväys 13.3.19	Betonityönjohtajan allekirjoitus		<input type="checkbox"/> Lisäselvityksiä ks liitteet
<input type="checkbox"/>	Miro Mäkinen		<input type="checkbox"/> Σ bet-m <sup>3</sup>

Lomake täytetään tarpeellisista osin

Kuva 4. Betonintisuunnitelma kerrostalokohteessa (Mäkinen 2019b)

## 4 MUOTTITEKNIIKAT

### 4.1 Anturamuotit levy- ja lautamuottitekniikalla

Anturamuotit kerrostalokohteissa tehdään usein perinteisesti puutavarasta laudoittamalla. Tämä on hyvä ja kustannustehokas tapa, mikäli anturoita ei ole kovin montaa ja muotteja pystytään käyttämään useaan kertaan. Mikäli anturoita on useita eri mallisia tai niitä on paljon, on kannattavaa miettiä valmiiden vakioimuottikalustojen käyttöä. Anturat kannattaa yleensä tehdä useammassa erässä, jolloin muottikalustoa pystytään kierrättämään useaan valukertaan. (Ratu 7016 2002, 2-8)

Perinteiset levy- ja lautamuotit rakentuvat hyvin pitkälti samalla tapaa. Muotti koostetaan puutavarasta, joka koolataan ristiin valupintojen taakse (Kuva 6). Muotissa voidaan käyttää myös metallisia valusiteitä yhdistämään muottipuoliskot ja helpottamaan betonointipainetta muottipuoliskoilta. Levymuottityössä valupintana toimii vakioitu muottivaneri, kun taas lautamuottityössä valupintana on lautapinta. Molemmat tavat sopivat haastavien muotojen valmistamiseen, mutta erityisesti anturatöissä molempia tapoja käytetään siksi, että muotit ovat helppoja valmistaa. (Ratu 0398, 1-10)

### 4.2 Seinämuotit

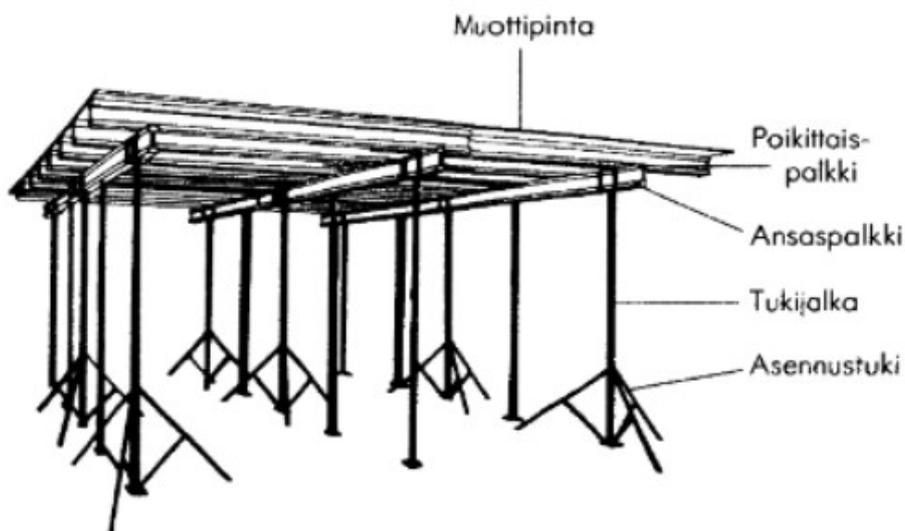
Seinämuotteja valittaessa täytyy tarkastella kohteen kaikki valettavat seinät ja miettiä, millaiset muotit niihin soveltuvat käytettäväksi. Seinät voidaan toteuttaa kohteesta riippuen joko suurmuoteilla, kasettimuoteilla, levymuottitekniikalla, laudoittamalla tai yhdistelemällä näitä kaikkia. Seinämuotteina yleisimmin käytetään suurmuotteja, jotka tekevät seinämuottityöstä nopeaa ja helppoa (Kuva 7).

Suurmuoteilla on mahdollista valaa isoja määriä seiniä nopeasti. Suurmuotti koostuu kahdesta metallista valmistetusta puoliskosta, mitkä ovat kolmen metrin korkuisia. Valupintana toimii vaihdettava vaneripinta. Suurmuotteja löytyy useilta eri valmistajilta ja monet ovat myös eristettyjä ja niiden sisällä on lämmitysvastukset talvibetonointia varten. Muotin yläosassa on valmiiksi kiinnitetty betonointitaso, jolle

pääsee tikapuita pitkin. Suurmuotti voidaan toimittaa työmaalle pysty- tai vaakatasossa. Riippuen toimitustavasta ja muotin mallista, joudutaan työmaalla tekemään muotille joitain varustelu ja kasaustöitä, esimerkiksi kaiteiden asennus tai jalkojen kiinnitys. Muotti on kuitenkin nopeasti ja pienellä varustelulla valmis käyttöön. (Ratu 0401, 2-9)

### 4.3 Holvimuotit

Holvimuotteina voidaan käyttää vakiopalkkimuotteja (Kuva 5), kasettimuotteja tai erilaisia pöytämuotteja. Eri valmistajilla on erilaisia muottityyppejä, mutta peruseriaate on kaikissa sama. Muotti koostuu teräksisistä tai alumiinisista säädettävistä pystytuista, vaakaniskoista sekä vaakakoolauksista, joiden päälle asennetaan muottivanerilevy tai kasetti. Pöytämuotin tapauksessa kaikki osat ovat kiinteästi kiinni toisissaan, mutta peruseriaate siinäkin on samanlainen. (Ratu 0400, 1-10)



Kuva 5. Vakiopalkkimuotin periaate (Ratu 0400)

## 5 TYÖN SUORITUS

### 5.1 Betonointi

Betonointityö työmaalla alkaa betonin tilaamisella. Suunnitelmista on täytetty jo betonointipöytäkirjaan vaadittu betonin rakenneluokka ja ominaisuudet. Tässä kohtaa pohditaan, onko tarvetta lisätä betoniin joitain haluttuja ominaisuuksia. Esimerkiksi talvella on syytä käyttää lämmitettyä ja nopeasti kovettuvaa betonia. Mikäli kohteessa on tiukka aikataulu, voidaan myös valita käytettäväksi nopeasti pinnoitettava massa, mikä nimensä mukaisesti on nopeammin valmis pinnoitettavaksi kuin tavallinen betoni. Talvibetonoinnissa hyvä konsti on myös tilata yhtä tai kahta lujuusluokkaa lujempaa betonia, kuin suunniteltu. Tällöin betonin lujuudenkehitys saadaan nopeammaksi ja massa myös kehittää itse lämpöä enemmän kuin matalamman lujuuden betoni. Lujuusluokan muutoksiin täytyy kuitenkin saada aina rakennesuunnittelijan hyväksyntä. Tavoiteltaessa puhdasvalupintoja täytyy myös miettiä, onko mahdollisuutta käyttää IT-betonia eli itsetiivistyvää massaa. Itsetiivistyvän massan käyttö aiheuttaa kuitenkin käytetylle muottityypille huomattavasti suuremmat vaatimukset niin tiiviyden, kuin tuennakin osalta, kuin tavallisella massalla betonoitaessa. Betonia tilattaessa on syytä laskea betonimenekki hyvin tarkasti. Lisäkuorman tilaaminen sekä ylijäämäbetonin hävittäminen ovat täysin ylimääräisiä kuluja.

Betonoinnin alkaessa muotti ja rauditus on tarkastettu ja tarkastukset on kirjattu betonointipöytäkirjaan. Muottipinnan tarkistus on erityisen tärkeää tavoiteltaessa puhdasvalupintoja ja tavallisissa tasoitettavissakin pinnoissa puhdas muottipinta takaa paremman valutuloksen ja näinollen paremman alustan tasoitukselle ja maalaukselle. (Ratu 0403, 1-13)

### 5.2 Tiivistys

Betonia tiivistäessä siitä pyritään poistamaan ilmataskut sekä huokokset. Molempien esiintymiseen vaikuttaa massan notkeus. Mitä notkeampaa massa on, sitä parempi mahdollisuus on pienetää ilman määrää betonissa. Ilmatasku on yleensä isokokoinen

ja täryttäessä niiden poistumisen huomaa massan pinnalta erikokoisina kuplina. Mikäli muottia täytetään liian suurina kerroksina, ilmataskujen tyhjentäminen täryttämällä vaikeutuu huomattavasti. (Pahkala & Vuorinen 535)

Huokokset taas ovat pienempiä ja niiden muodostumiseen vaikuttaa paljon käytetty muotin pintamateriaali. Tiivis muottimateriaali estää ilman poistumisen muotin pinnan läpi, kun taas esimerkiksi sahatavaraa muottimateriaalina käytettäessä huokosten ilmaa pääsee poistumaan huokoisen materiaalin läpi. Pystyrakenteita täryttäessä on tärkeää, että tärytin ulottuu vähintään 150mm edelliseen valukerrokseen, jolloin valukerrostien väliset ilmataskut saadaan tyhjennettyä. (Lampinen & Honkavuori, 310)

### 5.3 Anturamuotit

Anturamuottityö alkaa muottien esivalmistuksella, jossa tehdään valmiita muotteja tai muotin osia niin paljon, että kaikki rakennuksen anturat saadaan jaettua järkevästi useampaan valupäivään. Esivalmistuksen jälkeen ensimmäisen valupäivän muotit mitataan paikalleen, kasataan, öljytään ja raudoitetaan. Mikäli muottiin tulee tartuntoja, mitataan vielä uudelleen halutut seinälinjat paikoilleen, minkä mukaan tartunnat saadaan sijoitettua muottiin. Betonoinnin jälkeen muotti puretaan, puhdistetaan ja siirretään käytettäväksi uudessa paikassa. Betonointia suoritettaessa erityistä huomiota täytyy kiinnittää valunopeuteen sekä tärytykseen. Pienessä anturamuotissa täytyy myös huomioida valunopeus, eikä muottia saa ottaa liian nopeasti täyteen ilman välitärytystä, jotta ilma saadaan mahdollisimman tehokkaasti poistettua betonista. (Ratu 0398, 1-10)



Kuva 6. Kerrostalotyömaan anturoiden betonointia (Mäkinen 2019c)

#### 5.4 Seinämuotit

Suurmuottityö aloitetaan aloituspalaverilla, jossa kerrataan turvallisuussuunnitelmat, nostosuunnitelma ja muottikiertosuunnitelmat. Suurmuottityö on haastava työ, joten mukana olisi syytä olla kokeneita timpureita, jotta työ saadaan toteutettua turvallisesti. Nosturikuljettajalla on myös suuri rooli suurmuottityössä, sillä nostot täytyy olla turvallisia ja hallittuja.

Aloituspalaverin jälkeen työt kohteessa alkavat mittauksella. Haluttujen seinien paikat mitataan ja merkitään alustaan. Alustasta puhdistetaan kaikki epäpuhtaudet ja erityisesti huomioidaan, ettei alustassa ole lunta tai jäätä. Ensimmäiseksi nostetaan muotin työpuoli paikoilleen ja molemmat muotit öljytään huolellisesti. Työpuoleen kiinnitetään raudoitukset, mahdolliset läpiviennit ynnä muut. varaukset, minkä jälkeen

toinen muotti voidaan nostaa paikoilleen, eli "tuplata". Tämän jälkeen muotit kiristetään toisiinsa kiinni ja tarkistetaan vielä muottien suoruus.

Betonoinnin alkaessa täytyy kiinnittää huomiota täryttämiseen. Sopiva tahti betonointiin on noin yksi metri kerrallaan ylöspäin, minkä jälkeen huolellinen tärytys. Betonointi täytyy myös tapahtua valusukan tai pitkän letkun kanssa, mikä saadaan muotin sisälle. Tällä estetään kiviainesten erottuminen, mikä on riskinä, jos massa tiputetaan muottiin liian korkealta. Kun muotti on saatu täyteen, tarkistetaan muotin suoruus vielä kerran. Tämän jälkeen aloitetaan jälkihoito. (Ratu 0401, 1-9)



Kuva 7. Suurmuotti valmiina tuplattavaksi (Mäkinen 2019d)

## 5.5 Jälkihoito

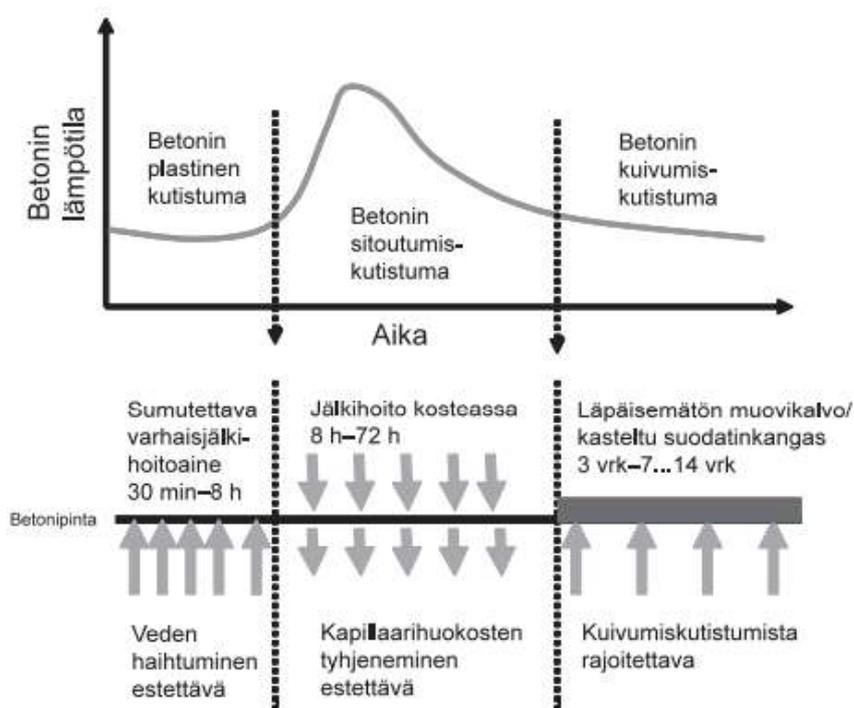
Tavoiteltaessa A luokan betonipintoja jälkihoito on todella tärkeässä osassa betonointityössä ja valitettavan usein jälkihoitoon ei kiinnitetä läheskään tarpeeksi huomiota. Jälkihoidolla turvataan betonille edulliset kovettumisolosuhteet. Jälkihoito voidaan aloittaa joissain tapauksissa jo samaan aikaan kun betonivalukin. Tätä kutsutaan esijälkihoidoksi tai varhaisjälkihoidoksi. Varsinainen jälkihoito kuitenkin alkaa, kun betoni on saatu kokonaan muottiin. Jälkihoidon ensisijainen tarkoitus on optimoida betonin kuivumislämpötila ja -aika. Usein ajatellaan, että jälkihoitoa on vain jälkihoitoaineen levitys, mutta jälkihoitoon luetaan kaikki ne työt, mitkä tehdään auttamaan betonin oikea-aikaista kovettumista. Jälkihoitoon kuuluu betonin suojaaminen tuulelta, veden haihtumisen estäminen ja betonin kastelu sekä oikean kovettumislämpötilan ylläpitäminen. (Lampinen & Honkavuori 1991, 331; Ratu 0403, 11-12)

Betonin kutistuminen voidaan jakaa kolmeen eri kutistumatyypin; plastiseen kutistumaan, sitoutumiskutistumaan ja kuivumiskutistumaan. Jälkihoidolla pyritään minimoimaan jokainen näistä kutistumisvaiheista. Plastista kutistumaa alkaa esiintymään jo tuoreessa betonissa, mikäli vesi betonin pinnasta pääsee haihtumaan nopeammin kun betonin sisältä erottuu siihen uutta vettä. Tällöin pintaan muodostuu vetojännityksiä, jotka aiheuttavat kutistumishalkeamia pintaan. (Komonen 2010, 431)

Sitoutumiskutistumat aiheutuvat yleensä suurista lämpötilaeroista, joita betonissa esiintyy ns. kuivumisvaiheessa. Betonin pinnan ja keskiosan lämpötilaero kasvaa, jolloin rakenne, joka ei ole vielä saavuttanut täyttä lujuttaan, ei kestä lämpötilaerosta aiheutuvaa vetojännitystä ja halkeaa. Sitoutumiskutistumia esiintyy myös silloin, kun uusi rakenne valetaan kiinni aiemmin valettuun kylmään betonirakenteeseen. Tällöin uuden rakenteen ja vanhan kylmän rakenteen välinen lämpötilaero aiheuttaa sitoutumiskutistumia, jotka olisi estettävissä lämmittämällä vanha rakenne. (Komonen 2010, 432)

Kuivumiskutistumat aiheutuvat siitä, että betonissa oleva vapaa vesi pyrkii poistumaan betonin sisältä, mikä aiheuttaa betoniin kutistumispyrkimyksen. Kutistuminen pelkästään ei aiheuta ongelmia, mutta kutistumisen estyessä esimerkiksi raudoituksen

tai muun rakenteen toimesta, betoniin muodostuu jännityksiä. Mikäli syntyvä jännitys on suurempi, kuin betonin vetolujuus, betoni halkeaa. (Komonen 2010, 435)



Kuva 8. Kutistumien syntymävaiheet (Komonen, 433)

### 5.5.1 Lämpötila

Tärkein asia hyvässä jälkihoidossa on betonin oikea lämpötila ja sen ylläpitäminen. Sopiva sisälämpötila betonille on 5-40 asteen välillä. Alle viiden asteen lämpötilassa betonin lujuudenkehitys hidastuu huomattavasti ja tällöin on riskinä, että betonissa oleva vapaa vesi jäätyy. Betonin lämpötilaa ei saa päästää alle viiden asteen ennen, kuin jäätymislujuus on saavutettu. Talvibetonoinnissa se tarkoittaa betonin oman lämpötilan ylläpitämistä peittämällä massa sekä mahdollisesti lämmittämällä massaa lisää ulkoisilla tai sisäisillä lämmittimillä. (Lampinen & Honkavuori 1991, 346-352)

Kesällä tapahtuvassa betonoinnissa sopivan lämpötilan ylläpitäminen tarkoittaa yleensä massan viilentämistä, koska liian korkea kovettumislämpötila aiheuttaa myös lujuuden häiriintymistä ja kasvattaa kutistumahalkeilun riskiä. Käytännössä viilennys toteutetaan kastelemalla betonivalua, jolloin saadaan vähennettyä betonin sitoutuneen

veden haihtumista ja samalla hillittyä reaktiota, mikä nostaa sisäistä lämpöä. (Lampinen & Honkavuori 1991, 346-352)

Betonin lämpötilaa on todella tärkeää seurata, jotta voidaan arvioida betonin lujoudenkehitystä. Yksinkertaisimmillaan lämpötilaseuranta voidaan toteuttaa putkella ja lämpömittarilla. Tällöin esimerkiksi sähköputken pätkiä sijoitetaan betonivalun joukkoon niin, että yläpää jää näkyviin holvin yläpuolelle ja teipattu alapää uppoaa hieman yli puoleen väliin betonointipaksuudessa. Kun valu kestää kävelyn, laitetaan putkeen lämpömittari ja yläpää tiivistetään esimerkiksi villatupolla. Näin saadaan seurattua lämpömittareilla valun lämpötilakehityksiä. Putket on parasta sijoitella oletettavasti kriittisimmille alueille, eli yleensä oletetuille kylmimmille paikoille, jolloin saadaan mitattua lämpöä kaikkein heikoimmin lujuttaan kehittävilta alueilta. Nykyään on myös erilaisia loggerimittareita, jotka mittaavat lämpöjä langattomasti suoraan valmiiseen graafiin.

On olemassa erilaisia valmiita taulukoita, jotka laskevat betonin kypsyysikää lämpötilamittausten perusteella (kuva 8 & 9). Taulukot ja laskusovellukset ovat suuntaa antavia, eli niiden tulokseen yksinään ei voi luottaa. Ne antavat kuitenkin hyvän käsityksen lujoudenkehityksestä.

### 5.5.2 Kosteusolosuhteet

Lämpötilan ohella tärkeää lujoudenkehityksen kannalta on sopivien kosteusolosuhteiden varmistaminen. Mikäli massasta pääsee haihtumaan kosteutta liian nopeasti, on seurauksena suuri plastinen kutistuma, eli enemmän tai vähemmän halkeillut betonipinta. Betonin riittävä kosteus varmistetaan kastelemalla betonia ja estämällä kosteuden haihtumista, joko peittämällä betoni muovikalvolla tai ruiskuttamalla jälkihoitoainetta. Jälkihoitoaineena voidaan käyttää esimerkiksi parafiini- tai hartsiemulsiota, mitkä sulkevat pinnan estäen vapaan veden haihtumista betonin joukosta. (Lampinen & Honkavuori 1991, 332)

### 5.5.3 Tuuli

Tuulen vaikutus betonin kuivumiseen on todella merkittävä. Suuri ilmavirran nopeus tuoreella betonipinnalla aiheuttaa voimakasta plastista kutistumista, mikä on jopa kymmenkertainen betonin kuivumiskutistumaan nähden. Jälkihoitoaineilla saadaan pinta suljettua niin, että plastinen kutistuminen jää pienemmäksi. Kuitenkin tärkeintä olisi saada ilmavirta mahdollisimman pieneksi tuoreen betonin ympärillä esimerkiksi peittämällä. (Suomen betonilattiayhdistys ry 2002, 1-3)

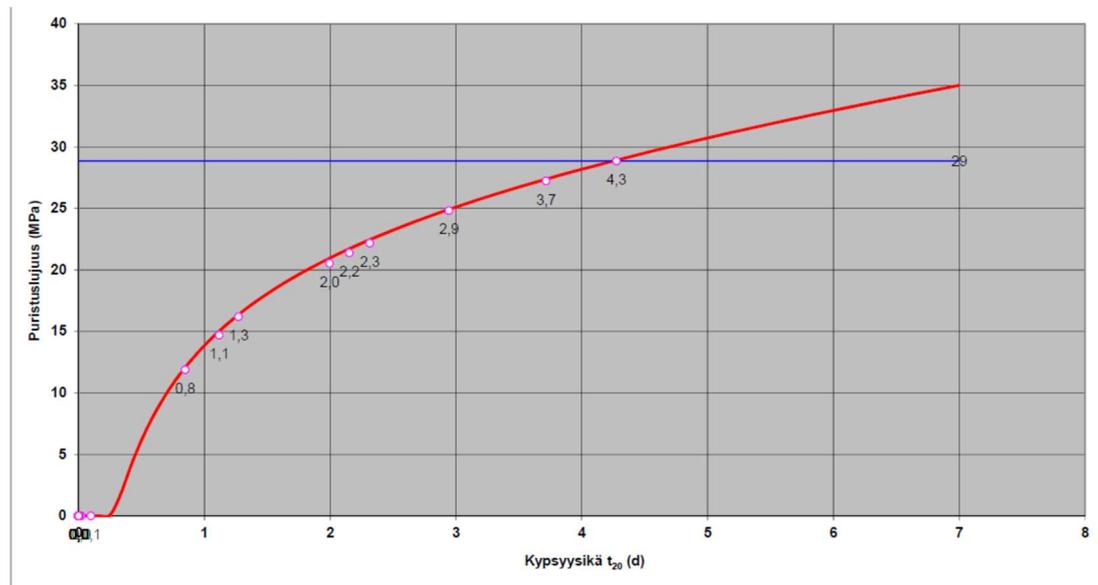
Kohde: \_\_\_\_\_  
 Rakennusosa: Holvi osa 2  
 Betonityönjohtaja: Miro Mäkinen

Betoni: K 35 Laadunarvosteluikä (d) 7

**Kypsyysikä  $t_{20}$  = 4,27 (d)**      **Lujuusarvio = 29 MPa**

Mittaustulokset			Aika valusta		Keskilämpötila		Kypsyyslisä	Kypsyysikä	Lujuus-	Suunnittelu
Päiväys	Kello	Lämpötila (C)	tunteina (h)	vuorokausina (d)	aikavälillä (C)	aikavälillä (d)	$t_{20}$	$t_{20}$ (d)	arvio (MPa)	lujuudesta (%)
3.10.2018	10:00	10,0	0,0	0,00	----	----		0,00	0	0 %
3.10.2018	11:00	8,0	1,0	0,04	9,0	0,02		0,02	0	0 %
3.10.2018	14:00	17,0	4,0	0,17	12,5	0,08		0,10	0	0 %
4.10.2018	7:00	25,0	21,0	0,88	21,0	0,75		0,85	12	34 %
4.10.2018	12:00	25,0	26,0	1,08	25,0	0,27		1,12	15	42 %
4.10.2018	15:00	23,0	29,0	1,21	24,0	0,15		1,27	16	46 %
5.10.2018	7:00	20,0	45,0	1,88	21,5	0,72		1,99	21	59 %
5.10.2018	11:00	18,0	49,0	2,04	19,0	0,16		2,15	21	61 %
5.10.2018	15:30	17,0	53,5	2,23	17,5	0,16		2,31	22	63 %
6.10.2018	10:00	16,0	72,0	3,00	16,5	0,63		2,94	25	71 %
7.10.2018	11:00	14,0	97,0	4,04	15,0	0,77		3,72	27	78 %
8.10.2018	7:00	13,0	117,0	4,88	13,5	0,56		4,27	29	82 %

Kuva 8. Lujuudenkehityksen taulukko parkkihallin kansiholvista (Mäkinen 2018a)



Kuva 9. Lujuudenkehityksen graafi parkkihallin kansiholvista (Mäkinen 2018b)

## 6 POHDINTA

Tärkeintä paikallavaletuissa betonirakenteissa on, että ne saavuttavat niille asetetut rakennevaatimukset. Paikallavalettuja betonirakenteita on tehty vuosikausia, mutta silti ne tuottavat eniten ongelmia työmailla. Tietoa paikallavalurakentamisesta on runsaasti, mutta se ei siirry uusille sukupolville riittävän hyvin. Betonointiin kuuluu todella monia työvaiheita ja kaikki työvaiheet pitää olla suunniteltu hyvin ja toteuttaa oikein, jotta päästään parhaimpaan mahdolliseen lopputulokseen.

Työmenetelmien ja jälkihoidon oikeaoppinen toteutus on todella suuri osa onnistunutta betonivalua. Tärkein asia työssä on, että betonityönjohtaja tietää, mitä tekee. Työtä on valvottava alusta loppuun ja betonoinnin aikana on välttämätöntä olla paikalla koko betonoinnin ajan. Onnistunut suoritus alkaa jo suunnitteluvaiheesta. Suunnitelmat on oltava kunnossa silloin, kun muotteja ja muita tarvikkeita aletaan hankkimaan työmaalle. Lisäksi suunnitelmat täytyy ehtiä käymään läpi työmaan kanssa niin, että kaikki rakenteet on mahdollisimman helppo toteuttaa työmaalla.

Mikäli työmaalla havaitaan muutostarpeita, kannattaa niistä aina keskustella suunnittelijan kanssa.

Toteutuksen aikana onnistuneeseen suoritukseen vaikuttaa erityisesti oikeaoppiset työmenetelmät ja sopiva kalusto. Säätilaan täytyy varautua sopivalla kalustolla niin, että betonivalulle on mahdollista turvata optimaaliset olosuhteet. Optimaalisiin olosuhteisiin ei kuitenkaan aina ole mahdollista päästä, joten on tärkeää tietää vähintään kriittiset rajat, milloin betonointia ei voida suorittaa turvallisesti. Pahimmillaan väärissä olosuhteissa tapahtunut betonointi kostautuu kalliisti, jos rakenne ei täyty sille asetettuja lujuusvaatimuksia.

Oikealla jälkihoidolla saadaan betonin lujuudenkehitysvaihe turvattua niin, että lujuudenkehitys on optimaalista, nopeaa ja pinnan laadusta tulee paras mahdollinen.

Voidaan todeta, että suurimmat ongelmat nykypäivän betonivaluissa aiheutuvat kolmesta seikasta; kokemuksen puutteesta, kiireestä sekä rahasta. Kokemattomat työnjohtajat laitetaan usein johtamaan sellaisia betonivaluja, joista heillä ei ole riittävästi kokemusta eikä tietoa. He eivät välttämättä tiedä riittävästi betonin ominaisuuksista tai lujuudenkehityksen vaiheista, mistä saattaa aiheutua työvirheitä. Betonivaluja yritetään tehdä kiireessä läpi vuoden ymmärtämättä täysin talvibetonoinnin vaiheita tai jälkihoidon merkitystä.

Raha luonnollisesti ohjaa kaikkea toimintaa ja aiheuttaa useimmiten kiirettä. Rahan puute myös usein johtaa siihen, että yritetään toteuttaa betonointia huonolla tai aivan väärällä kalustolla, mikä ei kyseiseen kohteeseen sovellu. Tällöin työvirheen riskit kasvavat.

Työmenetelmien ja jälkihoidon vaikutus betonoinnin lopputulokseen on siis erittäin suuri ja mikäli jotain osa-aluetta laiminlyödään, on pahimmassa tapauksessa seurauksena massiivinen työvirhe.

## LÄHTEET

- Komonen, J. 2010. Betonirakenteiden kutistuminen ja halkeamien ehkäisy. Rakentajain kalenteri.
- Lampinen, L. & Honkavuori, R. 1991. Betonitekniikan oppikirja. Materiaalit, työsuoritus, laatutekniikka. Suomen Betonitieto Oy.
- Mäkinen, M. 2018a. Lujuudenkehityksen taulukko parkkihallin kansiholvista.
- Mäkinen, M. 2018b. Lujuudenkehityksen graafi parkkihallin kansiholvista.
- Mäkinen, M. 2019a. Muottikiertosuunnitelma.
- Mäkinen, M. 2019b. Betonointisuunnitelma kerrostalokohteessa.
- Mäkinen, M. 2019c. Kerrostalotyömaan anturoiden betonointia.
- Mäkinen, M. 2019d. Suurmuotti valmiina tuplattavaksi.
- Pahkala, M. & Vuorinen, P. N.d. Paikallavaletut betonipinnat. Suomen Betonitieto Oy.
- Peri Oy 2019. Holvimuottisuunnitelma.
- Rakennustieto Oy. N.d. Paikallavaletut betonipinnat.
- Ratu 7016. Paikallavaletun perustuksen aliurakan tehtäväsuunnitelma. 2002. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 11.11.2019. [www.rakennustieto.fi/kortistot](http://www.rakennustieto.fi/kortistot).
- Ratu 0401. Suur- ja erikoissuurmuottityö. Menekit ja menetelmät. 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 11.11.2019. [www.rakennustieto.fi/kortistot](http://www.rakennustieto.fi/kortistot).
- Ratu 0398. Levymuottityö. 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 2.12.2019. [www.rakennustieto.fi/kortistot](http://www.rakennustieto.fi/kortistot).
- Ratu 0400. Pöytä- ja kulmamuottityö. Menekit ja menetelmät. 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 2.12.2019. [www.rakennustieto.fi/kortistot](http://www.rakennustieto.fi/kortistot).
- Ratu 0403. Betonointi. Menekit ja menetelmät. 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 27.11.2019. [www.rakennustieto.fi/kortistot](http://www.rakennustieto.fi/kortistot).
- Suomen rakennusinsinöörien liitto 1979. Betonitekniikka. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RY.
- Suomen Betonilattaiyhdistys ry 2002. BLY-3. Betonilattioiden jälkihoito. Viitattu 3.12.2019. <http://www.bly.fi/File/bly-3.pdf?rnd=1290757363>.
- Valmisbetonin www-sivut. Viitattu 18.5.2019. [www.valmisbetoni.fi](http://www.valmisbetoni.fi).

Fisen www-sivut. Betonityönjohtajan pätevyysvaatimukset. Viitattu 28.1.2020.  
<https://fise.fi/patevyyspalvelu/hae-patevyytta/tyonjohtajat/betonirakenteiden-rakentamisesta-vastaava-tyonjohtaja/>.