

Tero Saikkonen

TALVIBETONOINTI

TALVIBETONOINTI

Tero Saikkonen
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, infrarakennustekniikka

Tekijä: Tero Saikkonen
Opinnäytetyön nimi: Talvibetonointi
Työn ohjaajat: Jarmo Erho, Joonas Hoppa, Keijo Tönkyrä
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2017
Sivumäärä: 30 + 2 liitettä

Tämän opinnäytetyön aiheena on talvibetonointi ja siihen liittyvä talvibetonointi-ohjeistus. Opinnäytetyön tarkoituksena on yhdenmukaistaa Marrak Oy:n talvibetonointi-ohjeistus ja samalla toimia työmaan tarkastuslistana.

Opinnäytetyön tiedon hankinnassa on käytetty alan kirjallisuutta, sekä alalla toimivien yritysten kotisivuja. Käytännön tietoa on tuotu haastattelulla ja omalla kokemuksella.

Talvibetonointiin liittyy usein monta eri tekijää ja nämä kaikki on otettava huomioon. Hyvin merkittävään osaan nousevat sääolosuhteet, laadunvalvonta, sekä jälkihoito ja niiden vaikutus betonointiin ja betoniin. Suojaus, lämmitys ja lämpötilojen seuraaminen ovat myös olennaisia osia talvibetonoinnissa. Vaikka talvibetonointi osataan yleisesti hyvin, joudutaan betonin valinnassa ja suunnittelussa tekemään valintoja, joita ei aina ymmärretä tai tiedetä.

Tämä työ on osoittanut, että talvibetonoinnin onnistuminen on pitkälti laadunvalvonnassa ja betonin jälkihoidossa. Jos jälkihoitoa ei tehdä kunnolla, on vaarana että rakenteet eivät saavuta suunnittelulujuutta tai betoni pääsee jäätymään, jolloin rakenne joudutaan pahimmassa tapauksessa purkamaan.

Asiasanat: betoni, talvibetonointi, laadunvalvonta

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Construction Management, Infrastrukture

Author: Tero Saikkonen
Title of thesis: Winter concreting
Supervisors: Jarmo Erho, Joonas Hoppa, Keijo Tönkyrä
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017
Pages: 30 + 2 appendices

The subject of this thesis is winter concreting and associated winter concreting instructions. The purpose of the thesis is to harmonize the Marrak Oy's winter concreting guidelines and at the same time work as a checklist for the site.

The literature on the subject has been used to acquire the thesis information, as well as the websites of companies operating in the field. Practical information has been brought through an interview and experience.

Winter concreting often involves many different factors, all of which must be taken into account. The most significant parts of the winter concreting are weather conditions, quality control as well as aftercare and their impact on concreting and concrete. Protection, heating and monitoring of temperatures are also essential parts for winter concreting. Although winter concreting is generally well-known, concrete choices and designs have to be made, which are not always understood or known.

This work has shown that the success of winter concreting is largely due to quality control and aftercare of concrete. If the aftercare is not done properly, there is a risk that the structures will not achieve the design strength or that the concrete will freeze and the structure will have to be dismantled in the worst case.

Keywords: concrete, winter concreting, quality management

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 YLEISTÄ TALVIBETONOINNISTA	9
2.1 Talvibetonointi	9
2.2 Säätilan vaikutus betonirakentamiseen	9
2.3 Erikoistoimenpiteet	10
2.4 Betonin lämpösuojaus	10
2.4.1 Suojapeitteet	11
2.4.2 Sääsuoijat	11
2.5 Betonin lämmitysmenetelmät	12
2.5.1 Kuumailmalämmitys	12
2.5.2 Lankalämmitys	12
2.5.3 Lämmitettävät muotit	13
2.5.4 Infrapunasäteily	14
3 BETONOINTIMENETELMÄT	15
3.1 Lämpökäsittely	15
3.2 Kuumabetoni	16
3.3 Pakkasbetoni	16
4 ERI RAKENTEISSA KÄYTETTÄVÄT MENETELMÄT	18
4.1 Anturat	18
4.2 Pilarit	18
4.3 Palkit	18
4.4 Seinät	19
4.5 Laatat	19
5 BETONOINTISUUNNITELMA	21
5.1 Lähtötiedot	21
5.2 Muotit	21
5.3 Suojaus	21

5.4 Lämmitys	22
5.5 Betonilaadun valinta	22
5.6 Betonointi	22
5.7 Lämpötilaseuranta	23
5.8 Työturvallisuus	23
6 TALVIBETONIN LUJUUDENKEHITYS	24
6.1 Lujuskehitys	24
6.1.1 Jäätymislujuus	24
6.1.2 Muotin purkamislujuus	25
6.1.3 Nimellislujuus	25
6.2 Betonin lämpötilan vaikutus lujuskehitykseen	25
7 LAADUNVALVONTA TYÖMAALLA	26
7.1 Vastaanottotarkastukset	26
7.2 Työsuorituksen laadunvalvonta	26
7.3 Jälkihoito	27
7.4 Muottien purku	28
7.5 Työnjälkeinen laadunvarmistus	28
8 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	30
LIITTEET	31

SANASTO

Betoni = Betoni on keinotekoinen kivi, jossa kovettunut sementtiliima eli sementtikivi sitoo runkoaineet yhteen. Pääraaka-aineet ovat sementti, vesi ja runkoaineet.

Dataloggeri = Langallinen tai langaton tiedonkeräin, joka tallentaa lämpötilatietoja.

Hydraatio = Hydraatio on veden ja sementin reaktio, jonka vaikutuksesta sementin ja veden muodostama seos kovettuu kuivuessaan.

Jäätymislujuus = Lujuus, jonka alapuolella betoni jäätyessään pysyvästi vaurioituu. Jäätymislujuus on kaikilla lujuusluokilla 5MN/m^2

Muottien purkamislujuus = Lujuus, jolloin tukirakenteet voidaan poistaa.

Nimellislujuus = Betonin lujuusluokka, jonka mukaan rakenne on suunniteltu.

Runkoaine = Runkoaine on betonin valmistukseen käytettävää kiviainesta, jonka raekoko vaihtelee 0,02 ja 32 mm:n välillä.

1 JOHDANTO

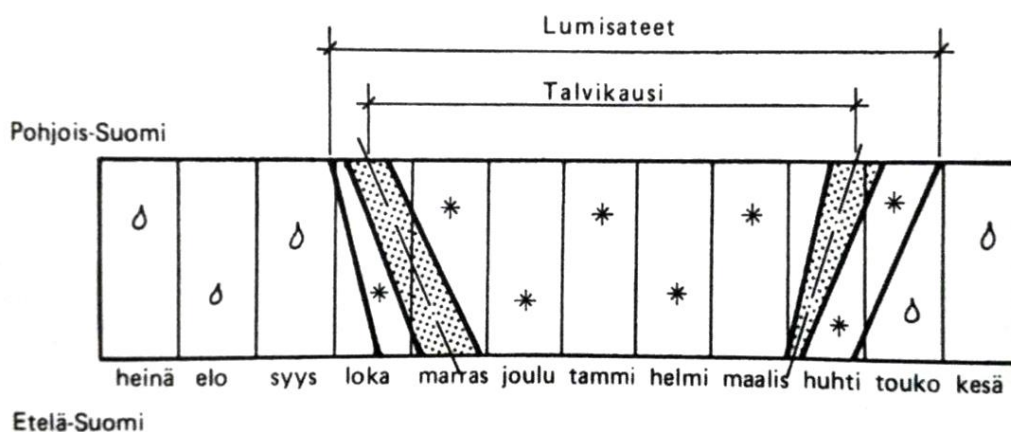
Tässä opinnäytetyössä käsitellään talvibetonointia ja sen tuomia haasteita työmaalla työnjohtajan näkökulmasta. Koska talvibetonointi on hyvin laaja aihealue, olen rajannut aiheen betonointiin ja sen laadunvalvontaan. Betonin valmistukseen en ota tässä opinnäytetyössä kantaa.

Työn tilasi Marrak Oy, joka on perustettu Kempeleessä vuonna 2000. Yrityksen toimisto sijaitsee Oulun Ruskossa ja toimialueena heillä on koko Suomi. Marrak Oy:n ongelmana oli, että heiltä puuttui yhtenäinen talvibetonointi ohjeistus. Ohjeistuksen puuttuminen aiheuttaa sen, että jokaisella työmaalla on hiukan erilaiset työmenetelmät. Ohjeistuksen tavoitteena on tuoda selkeämpi työmenettely ja sujuvampi laadunhallinta.

2 YLEISTÄ TALVIBETONOINNISTA

2.1 Talvibetonointi

Talvibetonoinniksi lasketaan kaikki betonointityöt, jotka tapahtuvat alle +5 °C:n lämpötilassa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että Etelä-Suomessa talvibetonointikausi kestää noin 7 kuukautta ja Pohjois-Suomessa talvibetonointikausi voi kestää jopa 9 kuukautta (kuva 1). Talvibetonointiin liittyy joitakin työnsuoritusta hidastavia, hankalinakin pidettyjä työvaiheita ja toimenpiteitä, mutta ne on kuitenkin mahdollista toteuttaa tehokkaasti ja laadukkaasti, kun ennakkosuunnitelmat ovat kunnossa. (1, s. 1.)



KUVA 1. Talven keskimääräinen kesto Etelä-Suomessa (2, s. 341)

2.2 Säätilan vaikutus betonirakentamiseen

Suomen talvibetonointiolosuhteet sisältävät myrskyjä, pakkasta sekä vesi- ja lumisadetta. Kaikki edellä mainitut hidastavat rakennustyötä ja usein aiheuttavat jopa keskeytyksiä. Nämä ovat kuitenkin ehkäistävissä hyvällä ennakkosuunnittelulla. (3, s. 28–29.)

Pitkän ajan säätilastoja tarkastellaan yleissuunnitteluvaiheessa, mutta varsinaisen valupäivän lämpötilat ja pakkasmäärät poikkeavat yleensä merkittävän paljon tilastotiedoista, sillä Suomen säätila vaihtelee vuosittain paljon. Työmaan

sijainnilla on myös suuri merkitys, koska eri maakuntien ilmastoon vaikuttavat muun muassa vesistöalueet ja maanpinnan korkeussuhteet. (3, s. 28–29.)

2.3 Erikoistoimenpiteet

Talvibetonointi asettaa omat erikoisvaatimuksensa jokaisessa betonityön vaiheessa. Betonin valmistuksessa runkoaine ja vesi on lämmitettävä niin, että betonoinnin päättyessä massan lämpötila on vähintään +5 °C. Betonointipinnat ja betonimuotti lämmitetään tarvittaessa. Lumi ja jää poistetaan tai sulatetaan muoteista ja raudoituksesta. Jälkihoidossa huolehditaan, että vastavaletut rakenteet suojataan ja lämpöeristetään. Tarvittaessa rakenteita lämmitetään. Tällä estetään betonin jäätyminen ja taataan riittävä lämpötila betonin kovettumisreaktiolle. Lujuuskehitystä seurataan lämpötilamittauksilla, olosuhdekappaleilla ja dataloggereilla. (2, s. 344.)

2.4 Betonin lämpösuojaus

Talvibetonointi vaatii aina rakenteiden suojaamista, riippumatta siitä, mikä lämmitystapa tai muottitekniikka on käytössä. Suojauksella varmistetaan riittävä lujuudenkehitys muiden talvibetonointitoimenpiteiden kanssa. Sillä estetään myös lumen ja jään kertyminen valun päälle sekä vähennetään lumen puhdistus- ja sulatustöitä. Lämpösuojaus tulee ottaa talvibetonoinnissa erityisesti huomioon. (3, s. 36.)

Hankesuunnittelussa tulee päättää, suojataanko rakennus kokonaisuudessaan vai otetaanko hallittuja riskejä ja suojataan vain rakennuksen osia ja materiaaleja. Suunnittelussa tulee huomioida, että eri rakennusosat vaativat omanlaisensa sääsuojausmenetelmän. Kustannuksista ja kestosta tehdään vertailulaskelmat suojauskalustolla ja ilman suojauskalustoa, sekä lasketaan suojauksen lämmitystarve ja lämmitettävyyys. Suojauksen kannattavuutta arvioitaessa on otettava huomioon vuodenaika, sääolosuhteet, työkohde ja työsuorite, kalustokustannukset ja laatuvaatimukset. Lämpösuojauksen tärkeimpiä tehtäviä on estää rakenteen jäätyminen, tasata lämpötilaeroja ja vähentää lämmityksen tarvetta sekä estää kosteuden haihtumista. Lämpösuojaus suunnitellaan ja valmistel-

laan ennakkoon. Jos ajallisesti on mahdollista, niin muotit lämpösuojataan kiinteästi ennen betonointia. (3, s. 36–39.)

Yleisimpiä suojaustapoja ovat muottien lämpöeristys ja suojapeitteet. Jos ulkolämpötila on yli 0 °C, riittää suojaukseksi normaalisti suojapeite, mutta alle 0 °C:ssa tulee käyttää muita lämmöneristysmateriaaleja, joiden yli vedetään suojapeite. Valu tulee suojata mahdollisimman nopeasti, mieluiten samaan aikaan valun etenemisen kanssa. Asennettaessa lämmöneristystä betonivaluun betonipintaa ei saa jäädä näkyviin. (3, s. 40.)

2.4.1 Suojapeitteet

Erilaisia suojapeitteitä ovat rakennus-, julkisivu- ja erikoispeitteet. Tyypillisesti talvibetonoinnissa käytetään lämpöä eristäviä peitteitä. Suojapeitteet ovat edullisia ja monikäyttöisiä ja niiden liikutettavuus sekä vedenpitävyys ovat hyviä oikein käytettynä. (3, s. 39.)

Käytettäessä kevyitä suojapeitteitä on huomioitava niiden hyvä paikoilleen kiinnittäminen. Peitteiden kiinnitys ja kiinnitysköysien kunto tulee tarkistaa säännöllisesti työmaalla. Repeytyneet peitteet on korjattava tai vaihdettava uusiin ja peitteen päälle kerrostunut lumi ja muut peitteitä rasittavat tekijät tulee poistaa peitteen päältä. Lumisia peitteitä taivuttaessa on otettava huomioon, että peitteen pinnalle sulanut jäinen kerros voi rikkoa peitteen helposti. (3, s. 39.)

2.4.2 Sääsuoijat

Sääsuoijat ovat sovitettavissa jokaiselle työmaalle oikean kokoiseksi. Sääsuoijan tarkoitus on suojata työntekijät, työkohde ja rakennusmateriaalit sateelta, lumelta, pakkaselta, tuulelta tai liialta auringonvalolta. Suojan alle on mahdollista järjestää kunnollinen ja riittävä valaistus, joka edistää myös työturvallisuutta. (3, s. 37.)

Tyypillinen käyttökohde sääsuojahallille on kerrostalojen ja muiden suurempien rakennuksien saneerausten yhteydessä sekä perustusvaiheessa olevilla uudiskohteilla. Hyvällä ennakkosuunnittelulla voidaan sääsuojahalleja hyödyntää myös runkovaiheessa. (3, s. 37.)

Sääsuojaukselta on mahdollista käyttää myös pienemmissä työkohteissa, esimerkiksi pihakansissa tai vesikatoilla. Sääsuojauksen käyttäminen on yleensä kustannuskysymys, mutta myös laatuksymys. (3, s. 37.)

2.5 Betonin lämmitysmenetelmät

Lämmitysmenetelmiä miettiessä on otettava huomioon, mihin vuodenaikaan betonointi ajoittuu, mikä on riittävä lämmitystarve sekä tullaanko lämmitysmenetelmää ja käytettävää energiamuotoa hyödyntämään myös rakennusrungon kuivatuksessa. Myös rakennuksen koko, muoto, betonoitavat rakenteet, betonointikalusto, lämmitettävä tila ja työskentelyaika vaikuttavat menetelmän valintaan. (3, s. 42.)

2.5.1 Kuumailmalämmitys

Kuumailmalämmityksessä ilmaa lämmitetään joko öljy-, sähkö- tai kuuma-vesikäyttöisellä kuumailmapuhaltimella, jonka tarkoituksena on lämmittää ilmaa, joka vuorostaan lämmittää muottia ja betonia. Lämmönkehitys näissä lämmittimissä perustuu lähes poikkeuksetta palamiseen. Palamisessa syntyviä palamiskaasuja ja palamishiukkasia pyritään poistamaan järjestämällä tilaan riittävä tuuletus. (3, s. 43.)

Kuumailmalämmityksen yleisimmät käyttökohteet ovat vaakarakenteiden lämmittäminen ja toimiminen tilapäisinä lämmittiminä erityiskohteissa muottien purkamisen jälkeen. Riippuen betonointikohteen vaatimasta lämmitystehosta ja lämmitystilasta lämmitysmenetelmäksi valitaan yleensä kaasu- ja sähkökäyttöisiä lämmittimiä. (3, s. 43.)

2.5.2 Lankalämmitys

Lankalämmitys toimii betonivalun sisään asennettavalla lämmityslangalla tai lämmityskaapelilla jolloin lämpö kohdistuu rakenteeseen sisältäpäin, suoraan betoniin. Tästä syystä lankalämmityksessä tapahtuva lämmitys voidaan kohdentaa tarkasti haluttuihin rakenteisiin, ilman että lämmitetään turhaan muita rakenteita tai tiloja. Lämmitystä voidaan tarpeen mukaan jatkaa vielä muottien purun jälkeenkin. (3, s. 45.)

Lankalämmitys ei yksinään riitä, vaan valu tulee myös suojata huolellisesti ja tarvittaessa voidaan käyttää lisäeristystä. Jos valua ei suojata, voivat laajapinta-
taisissa rakenteissa tapahtuvat lämpötilaerot aiheuttaa halkeilua, etenkin ohuis-
sa rakenteissa. Halkeamariski voidaan hallita betonipintaan levitettävällä eris-
tysmatolla. (3, s. 46.)

Suurin riski lankalämmitystä käytettäessä on valun aikana tapahtuva langoituk-
sen katkeaminen. Tästä syystä lämmitys on suunniteltava niin, että lämmityste-
hot eivät jäisi liian pieniksi eikä betonin lämpötila nousisi yli 60 °C:n. Erityistä
huomiota lankojen ja kaapeleiden sijoituksessa tulee kiinnittää rakenteiden kyl-
mimpiin kohtiin, kuten ulkonurkkiin, heikoimmin eristettyihin pintoihin ja kylmiä
pintoja vasten oleviin rakenteisiin. (3, s. 47.)

Lankalämmityksen yleisimpiä käyttökohteita ovat anturat, pilarit, palkit, seinien
alaosat, ulokkeet, elementtien saumat ja kylmät reunat, kalliota tai maata vasten
valettavat rakenteet tai lattiavalualueiden reuna-alueet. Lankalämmitys voi myös
toimia täydentävänä lämmitysjärjestelmänä. (3, s. 47.)

Lämmityskaapelit ovat helppoja kuljettaa ja varastoida. Asennus tapahtuu
yleensä raudoitusta hyväksikäyttäen betonivalun sisään. Kaapelien asennuksen
työmäärä ja kesto ovat suoraan verrannollisia lämmitettävän rakenteen geomet-
riaan. (3, s. 48.)

2.5.3 Lämmitettävät muotit

Puhuttaessa lämmitettävistä muoteista tarkoitetaan lämpöeristettyjä suurmuot-
teja, kuten pöytä- ja seinämuotteja. Lämpö siirtyy muottipinnan ja lämmöneris-
teen väliin sijoitettujen vastuslankojen tai lämpövastuksien kautta muottipintaan
ja sitä kautta betoniin. Muotin pintalämpötilaa voidaan ohjata termostaatilla. (3,
s. 49.)

Ennen valutapahtumaa voidaan muottilämmitys kytkeä osateholle, jolla varmis-
tetaan, että muotti on sula. Lämpötila ei kuitenkaan saa kohota niin paljoa, että
siitä aiheutuisi betonin liian nopea kovettuminen ja pinnan hilseilyä muotin pur-
kuvaiheessa. Yleensä pöytä- ja suurmuottilämmityksessä käytetään apuna
myös lankalämmitystä. (3, s. 49.)

Tämän lämmitystavan etuna on helppokäyttöisyys, mutta haittapuolena, etteivät pöytä- ja suurmuottilämmitys toimi lämmitysmuotona kohteissa, joissa käyttökertoja on vähän. Muottilämmitys soveltuukin parhaiten selkeisiin rakenteisiin, kun käyttökertoja on paljon, esimerkiksi seinien ja laattojen lämmitykseen kerrostalotyömaalla. (3, s. 49.)

2.5.4 Infrapunasäteily

Infrapunasäteily perustuu säteilylämmön siirtämiseen muottiin ja betonipintaan. Menetelmä soveltuu laajojen ja suhteellisten suurien rakenteiden lämmitykseen, mutta menetelmä on herkkä ilmavirtauksille. Tästä syystä rakenteiden tulee olla hyvin suojattu ja lämpöeristetty. (3, s. 44.)

Infrapunasäteilijät toimivat kaasulla, öljyllä tai sähköllä. Työmaakäytössä olevista laitteista suurin osa on nestekaasulämmitteisiä. Infrapunasäteilijöitä käytettäessä on aina huomioitava niiden tuottama kuumuus ja polttoaineiden mahdollinen palovaara. Viranomais määräyksiä tulee noudattaa erityisesti nestekaasua käytettäessä. (3, s. 44.)

3 BETONOINTIMENETELMÄT

Alhaisempi lämpötila hidastaa betonin lujuudenkehitystä, mutta lujuudenkehityksen nopeuttamiseen on olemassa useita vaihtoehtoja. Lujuudenkehityksen nopeuteen vaikuttavat betonin lämpötila, koostumus ja käytettävät lisäaineet. Yleisimmät menetelmät lujuudenkehityksen nopeuttamiseen ovat sideainemäärän lisäys, erilaisten lisäaineiden käyttö, nopeasti kovettuvan betonin käyttö, lämpökäsittely ja kuumen betonin käyttö.

3.1 Lämpökäsittely

Lämpökäsittely on tehokkain ja käytetyin tapa lujuudenkehityksen nopeuttamisessa ja sen tarkoitus on nopeuttaa muottikiertoa. Lämpökäsittely on erikoismenetelmä, joka on edelleen yleisesti käytössä betoniteollisuudessa ja on myös yleistynyt paikallavaluissa. (2, s. 372.)

Betoni on lämpökäsiteltyä, kun betonimassan lämpötila on yli 40 °C, lämpötila on kovettumisvaiheen aikana yli 50 °C tai lämpötilan nousu kovettumisvaiheen aikana on yli 25 °C. (2. s.356)

Lämpökäsittely parantaa huomattavasti betonin varhaislujuutta, sillä lämpö- ja lujuusreaktioiden kehitys on sitä nopeampaa mitä korkeammassa lämpötilassa reaktiot tapahtuvat. Lämpökäsittelyllä on myös negatiivisia ominaisuuksia, sillä betonin loppulujuus voi alentua 0–30 %. Myös taivutus- ja vetolujuus, sekä kimmomoduuli muuttavat samaan suuntaan kuin puristuslujuus, mutta eivät yhtä voimakkaasti. Kuivumiskutistuma ja viruma pienenevät 10–40 % ja betonilla on alhaisempi pakkasenkestävyys. (2, s. 357.)

Lämpökäsittelyn aiheuttamaa lujuuskadon suuruutta ja muita haittoja pyritään vähentämään jäykentämällä betonin notkeutta ja mahdollisimman alhaisella vesi-sementtisuhteella. Myös normaalin sementin korvaamista nopeammin kovettuvalla sementillä käytetään usein. Työmaalla tapahtuvia lämpötilaeroja ja lämmön nousunopeuksia pyritään tasoittamaan ja pitämään alhaisena. (2, s. 358.)

Lämpökäsittelyn vaikutusta pyritään selvittämään etukäteen tehtävillä kokeilla. Kokeissa seurataan lujuuskehitystä, lujuuskatoa ja tarvittaessa muitakin ominaisuuksia, esimerkiksi pakkasenkestävyyttä. Tehtyjen kokeiden perusteella muodostetaan lämpökäsittelysuunnitelma, joka vastaa ennakkokokeita ja jonka noudattamista on valvottava koko työsuorituksen ajan. (2, s. 358.)

Koska lämpökäsitellyn betonin loppulujuuden aleneminen on todennäköistä, valitaan betonin nimellislujuudeksi yleensä yksi ja joskus jopa kaksi lujuusluokkaa korkeammaksi kuin rakenteiden suunnittelu edellyttää (2, s. 358).

3.2 Kuumabetoni

Kuumabetoni on betonia, joka lämmitetään valmisbetoniasemalla huomattavasti normaalisti toimitettavaa betonia kuumemmaksi. Tällä toimenpiteellä pyritään nopeuttamaan lujuudenkehitystä ja pienentämään työmaalla tapahtuvaa lämmitystarvetta. Kuumabetoni itsessään korvaa osan työmaalla tarvittavasta lämmitystarpeesta, mutta kylmiin rakenteisiin rajoittuvissa kohdissa tarvitaan edelleenkin lisälämmitystä. (2, s. 372.)

Työmailla kuumabetonin käyttö on huomattavasti vähentynyt. Nykyään työmaille tilataan lähes aina lämpökäsiteltyä betonia tai pakkasbetonia ja kuumabetoni on enää murto-osa tilattavasta betonista. Yleisin työmaille haluttu betonin lämpötila on +25 °C, koska se on kustannustehokkain lämpötila. (5.)

3.3 Pakkasbetoni

Pakkasbetoni on pakkasessa kovettuvaa betonia jota on saatavana kuivasekoitteena ja valmisbetonina. Pakkasbetonin käyttö on mahdollista kun ilman lämpötila on 0 – -15 °C. Tätä alhaisemmissa lämpötiloissa ei pakkasbetonissa tapahdu enää lujuuskehitystä. Pakkasbetonin käyttö on koko ajan lisääntynyt ja yleisimpiä käyttökohteita ovat betonielementtien saumaukset ja muut pienemmät valut, joiden lämmittäminen olisi erittäin kallista tai vaikeaa. (2, s. 390.)

Pakkasbetonin toiminta perustuu lisäaineisiin jotka alentavat veden jäätympistettä. Lisäaineiden teho perustuu yleensä vähintään kahteen tekijään. Ne muuttavat jään rakennetta liuskemaiseksi, joka estää jäätyvän veden vaurioittamasta

betonia. Lisäaineiden tarkoitus on pitää ainakin osa vedestä sulana myös pak-
kasella. Tällöin sementin hydraatio on mahdollinen myös betonin lämpötilan
laskiessa alle nollan. (2, s. 390.)

4 ERI RAKENTEISSA KÄYTETTÄVÄT MENETELMÄT

4.1 Anturat

Kylmissä olosuhteissa anturat valetaan viivytyksettä, joten kaikki ennakkovalmistelut on tehtävä mahdollisimman huolellisesti. Käytettävään betonointimenetelmään vaikuttaa anturan massiivisuus. Massiiviset anturat on suojattava mahdollisimman nopeasti, jolloin sen oma lämpö riittää jäätymislujuuden saavuttamiseen. Yleisesti kuumabetonilla ja oikealla suojauksella saadaan riittävä lujuudenkehitys. Tarvittaessa lujuuskehitystä voidaan nopeuttaa lankalämmityksellä tai säteilylämmityksellä. (2, s. 391.)

4.2 Pilarit

Pilaria betonoitaessa on otettava huomioon muottikierto ja sen nopeus. Jos muottikierto on yli kaksi vuorokautta, on käytettävä normaalisti kovettuvaa betonia. Nopeammalla muottikierrolla on käytettävä nopeasti kovettuvaa betonia, joka voidaan osittain korvata lujuusluokkaa nostamalla. Valetun betonin lämpötila tulisi olla vähintään 10 °C, joten tilattavan betonin lämpötila tulisi määritellä käsittelyajan ja kuljetusmatkan perusteella. (2, s. 391.)

Betonoinnin alkaessa on terästen pintalämpötila, muotin ja muiden rajapintojen lämpötila oltava yli 0 °C. Paras tapa pintojen lämmittämiseen on höyrytys juuri ennen betonivalua. Kuumabetonia käytettäessä on muotti suojattava ja puhdistettava hyvin. Pilarin lämmitykseen soveltuu parhaiten lankalämmitys ja juuren lämmittämiseen ja lämpimänä pitämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. (2, s. 391.)

4.3 Palkit

Talvisin palkkia betonoitaessa ja muottikierron ollessa yli kolme vuorokautta, käytetään normaalisti kovettuvaa betonia ja sitä nopeammalla muottikierrolla nopeasti kovettuvaa betonia. Notkeusluokka on yleensä 2–3 sVB ja massan lämpötila tulisi olla vähintään +10 °C. On huomioitava, että lujuusluokkaa on nostettava jos palkki lämpökäsitellään. (2, s. 391.)

Jos käytössä on puumuotti, tulee palkki lämpösuojata yli -5 °C lämpötilassa suojapeitteillä ja alle -5 °C lämpötilassa se ympäröidään suojapeitteellä ja yläpinta tulee suojata vähintään 3 cm paksuisella mineraalivillamatolla. Peruspalkkeja valettaessa on erittäin tärkeää huolehtia siitä, ettei maapohja ole routaantunut. Jos maapohja on routaantunut, on vaarana että betonin lämpö sulattaa roudan. Tämä aiheuttaa maapohjan ja valetun betonin painumista, mistä aiheutuu palkille monia vaurioita. Maapohjan sulamista voidaan estää esimerkiksi eristämällä palkin alapuoli. (2, s. 392.)

4.4 Seinät

Normaalisti kovettuvaa betonia käytetään seiniä betonoitaessa, jos muottikierto on yli kaksi vuorokautta. Alle kahden vuorokauden muottikierrolla nostetaan lujuusluokka tai käytetään nopeasti kovettuvaa betonia. Betonin lämpötila tulisi olla betonoinnin jälkeen $+10\text{ °C}$, joka tulee huomioida tilattavan massan lämpötilassa. (2, s. 392.)

Jos seinämuotteina käytetään puumuotteja, tulee ne eristää 3cm mineraalivillamatolla ja teräsmuotit 5cm paksuisella mineraalivillamatolla. Lämpötilan ollessa yli -5 °C , voidaan puumuotti lämpöeristää suojapeitteellä. Jos käytössä on infrapunasäteilylämmitys, ei muotteja saa lämpöeristää lämmitettävältä puolelta, vaan ne tulee eristää toiselta puolelta. Lankalämmitystä käytettäessä tulee lämpöeristys asentaa kiinteästi muottiin. (2, s. 392–393.)

Lämmitettävien suurmuottien käyttö on usein edullisin vaihtoehto. Jos käytössä on muotit joiden lämmitysteho on 175 W/m^2 , saavuttaa K30-betoni 16 tunnin iässä $+40\text{ °C}$ lämpötilan. Silloin betonin lujuus on noin 20 % nimellislujuudesta eli jäätymislujuus ja pystyrakenteisten muottien purkulujuus on saavutettu. Tässä kohtaa on hyvä huomioida, että seinät tulee tukea jos muotit puretaan tässä vaiheessa. Myös seinän alaosa on lisälämmitettävä jos liittyvä betoni on kylmää. (2, s. 393.)

4.5 Laatat

Laatoissa betonimassan lämpötila tulisi olla noin $+20\text{ °C}$ kun betonointi on suoritettu. Tästä syystä toimitusmatka ja ilman lämpötila on syytä ottaa huomioon

kun betonia tilataan työmaalle. Muottikierron ollessa yli kolme vuorokautta, voidaan käyttää normaalisti kovettuvaa betonia. Jos muottikierto on alle kolme vuorokautta, tulee käyttää nopeasti kuivuvaa betonia. (2, s. 394.)

Laattojen suojaaminen poikkeaa hiukan muiden rakenteiden suojaamisesta. Lämpösuojausmateriaaleina voidaan käyttää suojapeitteitä, mineraalivillaa, vaahtomuovimattoja, solumuovimattoja ja lämpölaatikoita. Valu tulee suojata mahdollisimman nopeasti betonoinnin jälkeen. Jos laatta pintabetonoidaan, voidaan laatalle asentaa lämmöneristys välittömästi. Jos taas laatan päälle tulee tasoite, tulee betonoinnissa ja lämmöneristyksen asentamisessa olla erityisen huolellinen. (2, s. 394.)

Laatan lämmittäminen voidaan toteuttaa lankalämmityksellä, infrapunasäteilylämmityksellä, lämmitettävillä pöytämuoteilla, kuumailmalämmityksellä tai käyttämällä kuumabetonia (2, s. 395).

5 BETONOINTISUUNNITELMA

5.1 Lähtötiedot

Betonointisuunnitelmassa tulee selvittää kohteen koko, rakenteiden vahvuudet, rakenteelle ja betonille asetetut vaatimukset, käytössä oleva muottikalusto, työsaumat sekä tehtävistä vastaavat henkilöt ja heidän yhteystiedot. Oleellisinta on se, että työ on mahdollisimman hyvin suunniteltu alusta loppuun ja se on selvä sekä tekijöille ja valvojille. (4, s. 66.)

Betonointipäivänä tulee tarkistaa sääennuste, jolla varmistetaan että valu pystytään suorittamaan kyseisenä päivänä. Sääennusteiden perusteella suunnitellaan suojaus ja lämmitys ennen valua, valun aikana ja valun jälkeen. Samoin mietitään mihin aikatauluun ja toteutustapaan pyritään, sekä arvioidaan liittyvien rakenteiden aiheuttamat kylmäsiilat. Valittu betonilaatu ja toimitustapa vaikuttavat tavoitteisiin. (3, s. 79.)

5.2 Muotit

Muoteissa on mietittävä valukokonaisuuden kannalta sopivat muotit. Talvibetonointiin kannattaa valita muottijärjestelmä tai -materiaali, joka on eristävä tai jota voidaan lämmittää sähköisesti. Toisenlaisissa muottimateriaaleissa muottia pitää mahdollisesti lisäeristää tai lämmittää. Myös muottien riittävä tuenta ja painumattomuus on varmistettava. (3, s. 79.)

Muotit ja rauditus tulee suojata lumisateen varalta. Suojaus helpottaa huomattavasti ennen valua tehtävää roskasta, lumesta ja jäästä puhdistusta. Ennen valutapahtumaa on valettavaa aluetta vasten olevat kylmät rakenteet sulatettava lumesta ja jäästä, sekä muotit on esilämmitettävä. (3, s. 79.)

5.3 Suojaus

Suojauksen on sovellettava aina työkohteeseen. Betonipinnat tulee suojata jäätymistä vastaan niin, että betonin lujuuskehitys olisi mahdollisimman hyvä. Suojauksella pyritään saavuttamaan betonin jäätymislujuus ennen kuin betonin lämpötila laskee alle 0 °C. Muotipurkulujuus ja jälkijännityslujuus saavutetaan

myös nopeampaa, kun suojausta jatketaan valun jälkeen. Suojauksen kiinnitykseen ja sen paikalla pysymiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. (3, s. 79.)

5.4 Lämmitys

Aivan kuten suojauksen, tulee lämmitysmenetelmän myös soveltua aina työkohteeseen. Lämmityskaluston ja muottikaluston yhteensopivuus tulee varmistaa aina ennen valua. Lämpötilan seurannassa käytettävä kalusto ja antureiden sijainti tulee suunnitella huolella, sekä sääolosuhteiden muutokset ja kaluston rikkoontuminen on otettava huomioon suunnitelmissa.

Ennen betonointia on tarkistettava, että työmaalta löytyy suunniteltu määrä lämmittimiä ja oikea suojauskalusto, sekä testattava laitteiston toimivuus. Rakenteessa mahdollisesti olevat kylmäsillat tulee lämmittää ja lämpöanturit tulee asentaa niille suunniteltuihin paikkoihin. (3, s. 79.)

5.5 Betonilaadun valinta

Betoninormien mukaan betonimassalla tulee olla sellaiset ominaisuudet, että se sopii kohteeseen ja täyttää asetetut vaatimukset. Betonivaihtoehdot käydään läpi betonitoimittajan kanssa ja vaihtoehtoja vertaillaan aikataulun ja kustannusten puitteissa. Laadunvalvonnassa tulee ottaa huomioon kohteesta kirjatut rakenneominaisuudet, tavoitteet toteutukselle, olosuhteet, betonin lujuuskehitys, suojaus ja lämmitys. Tarpeen mukaan voidaan tarkastella myös eri vaihtoehtoja eri olosuhdelämpötiloissa ja betonilaaduilla. (3, s. 79.)

5.6 Betonointi

Betonoinnissa varmistetaan että tuoreella betonilla olisi mahdollisimman hyvät kovettumisolosuhteet. Ennen valua on syytä vielä miettiä, voiko olosuhteisiin vaikuttaa positiivisesti. Betonointi suoritetaan mahdollisimman ripeästi, jotta hierto päästään aloittamaan hyvissä ajoin. Suojaus aloitetaan heti kun mahdollista, mieluiten heti valun yhteydessä. Suojien kiinnitys tulee varmistaa ja samoin lämmityskaluston toiminta. Jokaisesta valusta tulee tehdä oma betonointipöytäkirja, jonka yhteyteen liitetään betonin kuormakirjat. (3, s. 79.)

5.7 Lämpötilaseuranta

Lämpötilaseuranta tapahtuu mittaamalla tasaisin väliajoin rakenteiden lämpötilat. Mittaus tapahtuu yleensä automaattisesti dataloggereilla, joilla voidaan tallentaa lämpötilatietoja esimerkiksi tunnin välein. Dataloggerista saaduilla lämpötilatiedoilla voidaan piirtää ennustuskäyrä, jolla varmistetaan että suunniteltu lujuudenkehitys saavutetaan. Suojausta ja lämmitystä on hyvä jatkaa muotinpurun jälkeenkin, näin annetaan betonille optimaalinen lujuuskehitys. (3, s. 79.)

5.8 Työturvallisuus

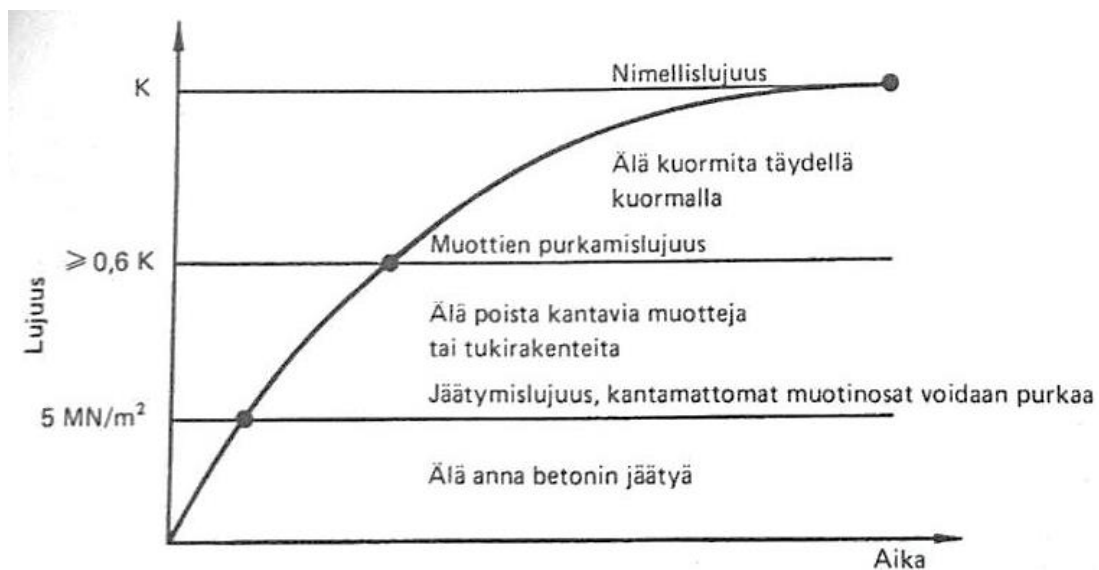
Suojavarustus on oltava aina tarkoituksenmukainen ja työmaan sääntöjä on noudatettava. Vähimmäisvaatimuksena ovat turvakengät, kypärä, suojalasit, kuulosuojaimet ja työvaatteet huomioväreillä. Joissain tapauksissa voidaan vaatia hengityssuojainta tai moottorimaskia. Valaistukseen on myös syytä kiinnittää huomiota, koska talvibetonointi tapahtuu yleisesti pimeällä ajanjaksolla. Talviaikaan myös liukkaudentorjunta on keskeisessä roolissa, samoin kylmyys. Jos siirtokalustona on pumppu, on huomioitava mahdollinen puomin murtuminen -15 °C:ssa ja sitä kylmemmissä lämpötiloissa. (3, s. 34–35.)

6 TALVIBETONIN LUJUUDENKEHITYS

6.1 Lujuuskehitys

Betonoinnissa yleisesti lujuuden kehitykseen voimakkaimmin vaikuttava tekijä on sementtimäärän lisäksi betonin lämpötila. Kun betonin lämpötila alittaa $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, niin lujuudenkehitys hidastuu voimakkaasti ja betonin lämpötilan laskiessa $-10\text{--}-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ se lopulta pysähtyy. Niin talvella kuin kesälläkin on huolehdittava että betoni saavuttaa suunnitellun lujuustason ennen kuin muotteja puretaan. Tällä estetään rakenteen vaurioitumista. (2, s. 347.)

Kuten kuvassa 2 on esitetty, kylmissä olosuhteissa betonointiin liittyy kolme kriittistä lujuuden tarkistushetkeä: jäätymislujuus, muottien purkamislujuus ja nimellislujuus (2, s. 347).



KUVA 2. Betonin kovettumisen vaiheet kylmässä (2. s. 347)

6.1.1 Jäätymislujuus

Kun jäätymislujuus 5 MN/m^2 on saavutettu, odotetaan, että betoni saavuttaa muottien purkamislujuuden. Betonin saavutettua jäätymislujuuden se kestää yhden jäätyksen vaurioitumatta. Tässä vaiheessa voidaan poistaa muottien kantamattomat osat. (2, s. 347.)

6.1.2 Muotin purkamislujuus

Purkamislujuudeksi kutsutaan betonin lujuutta, joka on kovettunut niin paljon että rakenteet kestävät niille tulevat rasitukset ja rakenteiden muodonmuutokset pysyvät sallituissa rajoissa. Viranomaisohjeiden mukaan on muottien purkamislujuuden oltava aina vähintään 60 % nimellislujuudesta. (2, s. 348–349.)

6.1.3 Nimellislujuus

Nimellislujuudesta puhuttaessa tarkoitetaan betonin lujuusluokkaa, jonka mukaan rakenne on suunniteltu. Tiettyihin työvaiheisiin ja muottien purkamiseen liittyy usein lämmityksen keskeytys joka vaikuttaa aina nimellislujuuden saavuttamiseen. Jokaisella rakenteella on oltava nimellislujuus saavutettu ennen käyttöönoton aiheuttavaa täyttä kuormitusta. (2, s. 348.)

6.2 Betonin lämpötilan vaikutus lujuuskehitykseen

Betonin lämpötila vaikuttaa voimakkaasti sitoutumisaikaan ja hydraatioreaktioiden nopeuteen. Kun lämpötila nousee, silloin sitoutumisaika lyhenee ja hydraatioreaktion nopeus kasvaa. Jo 10 °C:n lämpötilan nousu kiihdyttää kovettumisreaktiota noin kaksinkertaiseksi. Lämpötilaa ei kuitenkaan voida nostaa rajattomasti siinä toivossa, että hydraatioreaktio kasvaisi. Käytännön suosituksena voidaan pitää, että yli 50 °C lämpötiloja ei tulisi käyttää. (2, s. 350.)

Betonin lujuus voidaan todeta betonirakenteesta mitattujen lämpötilojen avulla. Mittaus voidaan toteuttaa perinteisillä lämpömittareilla, elektronisilla mittareilla tai tietokonelaskelmalla. Muita käytettäviä menetelmiä ovat betonin kypsyysmittarit, ainetta rikkomattomat menetelmät, olosuhdekappaleet ja rakennekoekappaleet. (2, s. 350–351.)

7 LAADUNVALVONTA TYÖMAALLA

7.1 Vastaanottotarkastukset

Kaikki työmaalle saapuva rakennusmateriaali ja rakennustuotteiden toimituserät, sekä niitä yksilöivät dokumentaatiot tulee tarkistaa vastaanoton yhteydessä. Kuormakirjoista tarkistetaan, että tuotteiden merkinnät vastaavat suunnitteluasiakirjoissa vaadittuja tunnisteita tai merkintöjä. Kuorma tulee myös tarkastaa silmämääräisesti, että jokainen tuote on selkeästi merkitty ja tunnistettavissa. Tuotteiden kelpoisuutta tarkistetaan jatkotarkistuksissa jos sen kelpoisuutta tai suunnitelmienmukaisuutta on syytä epäillä. Jos tuotteen kelpoisuutta ei ole todettu, sitä ei saa käyttää. Kaikki tuotteen kelpoisuudenosoitusmenettelyssä vaadittujen dokumenttien tulee löytyä työmaalta. (7, s. 139.)

Valmisbetonin kuormakirja on myös sen tuoteseloste joka liitetään työmaan laatudokumentteihin. Betonitehtaalle tulee ilmoittaa mahdollisista virheistä ja puutteista välittömästi. Tilaaja tai tilaajan valtuuttama henkilö kuittaa toimituksen vastaanotetuksi. Betonimassan ominaisuuksien säilymistä seurataan massan siirron ja käsittelyn aikana. Tarkoituksena olisi, että betonimassa pysyisi tasalaatuisena aina muottiin asti. (3, s. 58.)

7.2 Työsuorituksen laadunvalvonta

Työn aikana tulee varoa vaurioittamasta raudoituksia tai varauksia betonoinnin ja tiivistämisen aikana. Muottien liikkeitä ja muodonmuutoksia tulee seurata betonoinnin aikana. (3, s. 59.)

Betonimassan laatua valvotaan työmaalla ja betoniasemalla. Tarvittaessa ja vaadittaessa, myös betonimassan notkeutta, ilmapitoisuutta sekä muita ominaisuuksia valvotaan sopivaa mittaustapaa käyttäen. Koekappaleita tehtäessä tulee mitata betonimassan notkeus, lämpötila ja tarvittaessa betonin ilmamäärä. (4, s. 103.)

Betonointi pyritään aina tekemään ilman turhia taukoja nopeasti ja huolellisesti. Betonoinnin aikana tulee varoa vaurioittamasta lämmityslankoja tai lämmitys-

kaapeleita sekä muuta lämmityskalustoa tai suojauskalustoa. Talviaikaan on tärkeää saada suojaus päälle mahdollisimman nopeasti, mieluiten samaan aikaan valun etenemisen kanssa. (3, s. 59.)

Työmaalla suoritettava laadunvalvonta on betonityönjohtajan vastuulla. Betonityönjohtaja myös valvoo rakenteiden valmistuksen aikana, että muoteista ja niiden tukirakenteista, raudoitustöistä, betonitöistä, betonielementtien asennuksista ja saumauksista, jännitystöistä ja mittatarkkuuksista annettuja ohjeita noudatetaan. Myös tarkastuksista on laadittava oikeat tallenteet joko sähköisenä tai paperisena. (4, s. 102.)

7.3 Jälkihoito

Jälkihoidon tarkoituksena on turvata lujuudenkehitys ja estää liiallinen kosteuden haihtuminen. Talvisin jälkihoito suoritetaan riittävän tarkalla suojaamisella, jolla estetään veden ennenaikainen haihtuminen. Vettä ei tule käyttää jälkihoitossa, jos vaarana on veden jäätyminen. (3, s. 60.)

Liian alhainen lämpötila voi vaarantaa betonin lujuuskehitystä. Tästä syystä lämpötilan seurantaan sekä lämmitykseen ja suojaukseen tulee kiinnittää erityisen paljon huomioita. Alttiimpia vaurioille ovat reunakohdat, rakenteiden alaosat ja kohdat, joihin pääsee muodostumaan vetoa. Taulukossa 1 on esitetty kuinka pitkään jälkihoitoa tulisi eri rasitusluokissa jatkaa. (3, s. 60.)

TAULUKKO 1. Eri rasitusluokkien vaatima jälkihoitoaika (3, s. 60.)

Rasitusluokka	Osuus nimellislujuudesta
X0 ja XC1	60 %
XF2 ja XF4 sekä erityistä kulutuskestävyyttä vaativissa rakenteissa	80 %
Muut luokat	70 %

7.4 Muottien purku

Betonin riittävä lujuus tulee varmistaa ennen muottien ja telineiden purkamista. Kun lujuus on varmistunut, muotit puretaan ja rakenne jälkituetaan suunnitelman mukaisesti. Jälkituenta on tarpeellista, koska betonin lujuus ei ole vielä muottien purkuaikaan riittävä kestämiään rakennusaikaisia rasituksia. Tuet pidetään paikoillaan, kunnes betoni on saavuttanut lujuuden millä se kestää rakenteen oman painon sekä rakenteelle tulevien kuormien aiheuttamat rasitukset. (3, s. 60.)

Jos rakenne on jälkijännitetty, ei muottia saa purkaa ennen hyväksytyä jännitystyötä. Jälkijännitetyissä rakenteissa tulee betonin lujuuden olla yleensä 80 % nimellislujuudesta, ennen kuin jännitystyö voidaan tehdä. Kun rakenne on jälkijännitetty, se yleensä kestää mitoituskuorman, eikä jälkituenta välttämättä tarvita. (3, s. 60.)

7.5 Työnjälkeinen laadunvarmistus

Ennen betonirakenteiden peittymistä muiden rakenneosien alle, tulee ne tarkistaa. Tällä varmistetaan, että betonirakenne täyttää sille sopimusasiakirjoissa esitetyt vaatimukset pinnanlaadun, rakenteen lujuuden ja mittatarkkuuden osalta. Tarkastuksesta laaditaan pöytäkirja, joka liitetään laatukansioon. (3, s. 62.)

Kun työmaa luovutetaan, kootaan työmaalla ylläpidettäviin laadunvalvonta-asiakirjoihin kaikki katselmusten tulokset, mittauspöytäkirjat, materiaalien toimitusasiakirjat ja muu kirjallinen materiaali (3, s. 62).

8 YHTEENVETO

Tavoitteena oli tehdä yhtenäinen ohjeistus työnjohdolle, miten toimia talvibetonoinnissa. Suurimmaksi ongelmaksi tämän opinnäytetyön kirjoittamiseksi muodostui lopulta alan kirjallisuus ja käytössä oleva aika. Kirjallisuudessa tietoa on hajautettu moneen eri opukseen hiukan eri muodossa, mikä tuotti ongelmia tiedonhaussa. Osa tiedoista tuntui vanhalta ja osa vain uudelleen muotoillulta. Ohjeistuksen tulisi olla selkeä ja yhtenäinen, jotta laatuvirheitä välttyttäisiin, eikä tietoa voisi tulkita väärin.

Vielä tänäkin päivänä törmään monesti sanontaan ”näin on ennenkin tehty”. Tämä ei ole oikeanlainen toimintatapa nykypäivänä, vaan rakentamisessa on oltava yhtenäiset pelisäännöt. Rakentaminen vaatii aina laskelmia, suunnitelmia ja totuudenmukaisuuksien osoittamista.

Opinnäytetyön liitteenä olevan talvibetonoinnin työ-ohjeistuksen tarkoituksena on toimia tarkastuslistana työmaan talvibetonointitöiden valmistelussa sekä töiden toteuttamisessa. Ohjeessa käydään lyhyesti, mutta järjestelmällisesti talvibetonointi vaiheet läpi ja niihin liittyvät tärkeät asiat. Ohje ei kerro kaikkea yksityiskohtaisesti, vaan antaa aihetta ajattelemiseen.

Liitteenä olevan betonointisuunnitelman teossa on käytetty apuna lähteestä 3 löytyvää betonointisuunnitelmaa. Suunnitelman pohjan tein ja muokkasin Excellissä, jonka jälkeen se on tulostettu pdf tiedostona. Näin pohjaa on mahdollista pitää elinvoimaisena ja muokata sitä palautteiden mukaan jokaiselle työmaalle sopivaksi.

Tämä opinnäytetyö on opettanut tarkastelemaan betonointia kokonaisuutena ja huomioimaan pienemmätkin yksityiskohdat. Talvibetonoinnissa esiin nousee erityisesti jälkihoito ja sen tärkeys.

LÄHTEET

1. Vuorinen, Pekka 2012. Rakentajan kalenteri 2012. Betonointi kylmissä olo-
suhteissa. Saatavissa:
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120603.pdf>. Hakupäivä
1.3.2017
2. Suomen Betoniyhdistys r.y. Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201. Viides
painos. Helsinki: Suomen betonitieto Oy.
3. Koskenkorva, Anssi – Lindberg, Rita – Sahlsted, Satu 2013. Talvibetonointi.
Suomen rakennusmedia Oy. Saatavissa:
www.rudus.fi/Download/23829/Talvibetonointi-kirja%202013.pdf. Hakupäivä
10.3.2017
4. Suomen Betoniyhdistys r.y. Betoninormit 2016 by 65. Helsinki: BY-Koulutus
Oy.
5. Sevander, Markku 2017. Laborantti, Rudus Oy Oulun Betonitehdas. Haas-
tattelu 22.3.2017.
6. Suomen Betoniyhdistys r.y. Betonirakentamisen laatuohjeet 2013 by 47.
Helsinki: BY-Koulutus Oy.
7. Suomen Betoniyhdistys r.y. Betoninormit 2004 by 50. Helsinki: Suomen Be-
tonitieto Oy.

LIITTEET

Liite 1 Betonointisuunnitelma

Liite 2 Talvibetonoinnin työ-ohje

Kohdetiedot

Työkohde _____ pvm _____
 Rakennusosa _____
 Talvibetonointisuunnitelman tekijä _____

Yhteystiedot

Pääurakoitsija _____ Vastaava mestari _____
 Suunnittelija _____ Betonimestari _____
 Betonin toimittaja _____

Kokoukset

Talvibetonointisuunnittelukokous

Paikka _____ pvm _____
 Paikalle _____

Aloituspalaveri

Paikka _____ pvm _____
 Paikalle _____

Liitteet

KYLLÄ

EI

Rakennekuvat
 Lujuskäyrät
 Muita liitteitä _____

Tavoitteet

Muotit

Muottienpurkulujuus _____ Mpa Muottikiertotavoite _____ vrk

Lujuudet

Jäätymislujuus(>5MPa)

saavutettava _____ vrk Lämpötila pidettävä _____ °C
 Nimellislujuus _____ Nimellislujuus _____ Mpa
 saavutettava _____ vrk

Mitattavat lujuudet

Varhaislujuudet

1vrk _____ Mpa 2vrk _____ Mpa
 7vrk _____ Mpa 14vrk _____ Mpa
 Lujuus 28 vrk _____ Mpa

Betonoitava rakenne

Valettava rakenne

Pituus _____ mm Leveys _____ mm Korkeus _____ mm
 Rakennekuva on liitteenä: _____

Liittyvät rakenteet _____

Muotit

Muottimateriaalien valinta	KYLLÄ	EI
Muottijärjestelmä on eristettävä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muottijärjestelmää voidaan lämmittää sähköllä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muottia täytyy lisäeristää	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kohteessa käytetään lisälämmittämiä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valittu muottijärjestelmä		
Muotti 1 _____		Muotti 2 _____
Muotti 3 _____		Muotti 4 _____

Muistilista	KYLLÄ	EI
Muottien tarkastuksista ja toimivuudesta on vastuussa _____		
Muotit on tuettu siten, etteivät maaperän sulaminen ja kuormitus aiheuta painumista	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tarvitaanko lisätuentaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tarvitaanko varatukia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muotit, rauditus ja valualusta on puhdistettu lumesta, jäätstä ja roskista	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Valun olosuhteet

Arvioidut valuolosuhteet	
Ulkolämpötila _____ °C	Tuuli, maksimi _____ m/s
Muut olosuhteet: sateisuus yms. _____	

Muuttuva lämpötila yön ja päivän välillä	
Päivä, maksimi _____ °C	Päivä, minimi _____ °C
Keskiarvolämpötila _____ °C	

Tarkistetut lämpötilat	
Ulkolämpötila _____ °C	Tuuli, maksimi _____ m/s
Päivä, maksimi _____ °C	Päivä, minimi _____ °C
Keskiarvolämpötila _____ °C	
Vastuu mittalaitteista ja mittauksista _____	
Muut olosuhdevaikutukset _____	

Suojaus

Valupinnan päälle levitettävä eristematto	
Tyyppi _____	
Vahvuus _____ mm	
Suojaus aloitetaan _____	Suojaus lopetetaan _____

Muottien sivujen suojaus	
Tyyppi _____	
Vahvuus _____ mm	
Suojaus aloitetaan _____	Suojaus lopetetaan _____

Liittyvien rakenteiden suojaus	
Tyyppi _____	
Vahvuus _____ mm	

Suojaus aloitetaan _____ Suojaus lopetetaan _____
 Muu suojaustoimenpide _____
Vastuu suojauksesta _____

Lämmitys

	KYLLÄ	EI
Rakenteen tarvittava lämmitysteho on laskettu Rakenteen tarvitsema lämmitysteho on _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rakenteessa käytetään lankalämmitystä Teho/tiheys _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rakenteessa käytetään säteilylämmitystä Teho/sijoitus _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rakenteessa käytetään sähkölämmitteistä suur- ja pöytämuotteja Teho/sijoitus _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu lämmitysmenetelmä _____		
Vastuu lämmityksestä _____		

Betonilaadun valinta

Valittava betonilaatu
 Valittu betonilaatu _____
 Rakenteen käyttöikä _____ Vuotta
 Rasitusluokat _____

Lujuuden arviointi

Muotinpurkulujuus _____ vrk Muotinpurkulujuus _____ % _____ vrk
 Punosten jännitys-
 lujuus 80% _____ vrk Punosten jännityslujuus _____ % _____ vrk

Lujuustiedot tarkistetaan suunnitelman aiemmasta kohdasta!

Lämpötilatiedot

Lämpötilatietojen ennusteet
 Maksimilämpötila valun jälkeen _____ °C Minimilämpötila _____ °C

Rakenteen lämmönkehityksen seuranta

Loggerilla _____ Lämpömittarilla _____

Rakenteen lujuudenkehityksen seurannan toteutus

Kypsyyskäyrät _____ Ohjelmistolla _____

Tarkistus ja vastuut

Muottikierron toimivuus on tarkistettu muottivalinnan, lämmityssysteemin, suojauksen ja betonilaadun valinnoista.
 Betonivalmistajan kanssa on varmistettu betonilaadun toimivuus ja sopivuus kohteeseen.

Vastuu rakenteiden lämpötilojen mittauksesta _____
Vastuu lujuustason saavuttamisesta ennen muottien purkua _____

Elementtien saumat

Talvibetonointisuunnitelman tekijä

Nimi _____ Päiväys _____

Liitteet	KYLLÄ	EI
Lämpökäyrät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lujuuskäyrät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tavoitteet

Nopea lujuudenkehitys	<input type="checkbox"/>	Betonimassan lämpötila valettuna >+10°C
Hidas lujuudenkehitys	<input type="checkbox"/>	Betonimassan lämpötila valettuna +0...10°C
Hyvin hidas lujuudenkehitys	<input type="checkbox"/>	Betonimassan lämpötila saattaa laskea < 0°C
Muotipurkulujuus/jälkihoitoaika 60% nimellislujuudesta saavutettava	_____	vrk

Arvioidut valuolosuhteet

Ulkolämpötila _____ °C Tuuli, maksimi _____ m/s
 Muut olosuhteet: sateisuus yms. _____

Muuttuva lämpötila yön ja päivän välillä

Päivä, maksimi _____ °C Päivä, minimi _____ °C
 Keskiarvolämpötila _____ °C

Rakenne

Ontelosauman leveys _____ mm Ontelosauman paksuus _____ mm
 Ontelosten alapuolisen tilan lämpötila _____ °C Ontelolaattojen lämpötila _____ °C

Lämmitys

Lämmitystapa, jolla saumaa lämmitetään alapuolelta _____
 Lämmitystä ylläpidetään/jatketaan _____ vrk
 Vastuu lämmityksestä _____

Betonilaatu

	KYLLÄ	EI
Saumabetoni _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rapidsaumabetoni _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pakkasbetoni _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kuumabetoni _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Rakenteen lämmönkehityksen seuranta

Loggerilla _____ Lämpömittarilla _____

Rakenteen lujuudenkehityksen seurannan toteutus

Kypsyyskäyrät _____ Ohjelmistolla _____
 Mittauksesta vastaa _____

Tero Saikkonen

Talvibetonointityö-ohje työmaakäyttöön

TALVIBETONOINTITYÖ-OHJE JA SEN TYÖVAIHEET

1. Työn suunnittelussa huomioitavat asiat

- Tarkista alustava suunnitelma-aikataulu betonoinnille, sekä tarvittava henkilöstömäärä työn toteutukseen
- Onko betonointityönjohtaja tai -johtajat nimetty?
- Millainen on alustava muottikierto ja mikä on muottikaluston määrä sekä -kaluston kunto?
- Mitä betonilaatua ja sementtiä suunnitelmassa käytetään?

2. Betonoinnin valmistelu

- Pidetään betonoinnin aloituskokous johon kutsutaan paikalle valmisbetoni toimittaja, betonityönjohtaja / -johtajat ja tarvittaessa rakennussuunnittelija. Laadunvalvonnasta sopiminen
 - Tarkennetaan rakennussuunnittelijalta mahdollisten työsaumojen sijoittaminen
 - Tarkennetaan käytettävä betoni, betonin suojaus ja mahdollinen lämmityksen tarve, sekä valaistuksen tarve
- Otetaan yhteyshenkilöiden tiedot ylös (valmisbetoniasema, työnjohtaja rakennussuunnittelija)
- Nimetään valuryhmään henkilöt ja varahenkilöt, sekä varmistetaan heille tarvittavat suojavarusteet
- Tarkistetaan, onko muottien suojaus ja lämmitys mahdollista ennen valua, sekä suunnitellaan betonoitavan rakenteen lämpötilaseuranta ja sen lämmityksen tarve. Nimetään vastuuhenkilö tai -henkilöt lämmönseurantaan
- Valussa tulee välttää turhia siirtoja eli betoni tulisi saada mahdollisimman suoraan valettavaan paikkaan / muottiin

3. Betonoinnin alkaessa

- Muoteissa ei saa olla lunta tai jäätä ennen valun alkua. Muottia ja raudoitusta tulisi lämmittää jo ennen valua, jos mahdollista (höyrytys)
- Betonityönjohtaja tarkastaa raudoituksen, sekä muottien tuet ja tukirakenteet ennen valua

- Betonin saapuessa työmaalle, tarkistetaan kuormakirja. Kun betonin laatu on todettu oikeaksi, voi valu alkaa
- Kun betonointi alkaa, toimitaan johdonmukaisesti ja nopeasti
 - Katsotaan että tarvittavat välineet ovat lähellä ja varmistetaan että työtehtävät on sovittu selkeästi ennen työn alkua
- Betonin laadunvalvontaa on tehtävä myös betonoinnin aikana. Jos on huomautettavaa, tulee tämä ilmoittaa välittömästi toimittajalle.
- Massiivisissa valuissa on syytä harkita valuhenkilöiden vaihtoa tarvittaessa. Näin työ nopeutuu, virheet vähenevät ja työturvallisuus paranee
- Kun betoni on valettu, se suojataan ja lämmitys aloitetaan heti kun mahdollista
 - Muista testata lämmittimet ja tarkistaa että varalaitteet on hankittu ja suojapeitteet ovat valmiiksi asennettu valun lähelle. Muista myös betonointipöytäkirjan on ylläpito

4. Huomioitavia asioita betonoinnin jälkeen

- Lämmitykseen nimetty henkilö tarkkailee lämmityskaluston toimintaa ja ilmoittaa välittömästi häiriöistä.
 - Lämpötilan seuranta tapahtuu automaattisesti tallentimilla.
- Betonityönjohtaja ylläpitää betonointipöytäkirjaa. Siihen kirjataan rakenteiden lämpötilat ja ilman lämpötila.

5. Muottien purkaminen

- Varmistetaan, että rakenteen lujuus on 60 % nimellislujuudesta. Tämä voidaan todeta lämpötilamittauksien pohjalta, koekappaleilla, olosuhde koekappaleilla, rakennekoekappaleella ja kimmovasaralla

6. Kun purkulujuus on varmistunut

- Mikäli muotin purkuun tai tukirakenteille ei ole tarvetta, älä pura. Ne suojaavat rakennetta ja toimivat hyvänä jälkihoitona.
- Jos kuitenkin tukirakenteet puretaan kun 60 % nimellislujuudesta on saavutettu niin muista: Ei rakenteiden liiallista kuormitusta!