

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma / korjausrakentaminen

Marko Harinen

TALVIBETONOINTI

Opinnäytetyö 2010

# TIIVISTELMÄ

## KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

### Rakennustekniikka

HARINEN, MARKO

Talvibetonointi

Opinnäytetyö

40 sivua + 19 liitesivua

Työn ohjaaja

yliopettaja Tarmo Kontro

lehtori Sirpa Laakso

Toimeksiantaja

Lemminkäinen Talo Oy Kaakkois-Suomi,  
projektipäällikkö Aimo Paavola

Maaliskuu 2010

Avainsanat

talvibetonointi, valmisbetoni, betoni

Opinnäytetyön aihe on talvibetonointi ja siihen liittyvä talvibetonointityöohje. Työohjeen tarkoituksena on toimia työmaan tarkastuslistana talvibetonoinnin suunnittelussa ja toteutuksessa. Opinnäytetyön on tarkoitus olla tiedonsaannin lähde, josta voidaan tarvittaessa hakea sekä tarkentaa epäselviä asioita.

Tämän opinnäytetyön sisältöön on koottu ne asiat, joita huomioimalla päästään hyvään työn lopputulokseen. Tiedon hankinnassa on käytetty alan kirjallisuutta sekä alalla toimivien yritysten kotisivuja. Työn käytännön tieto ja taito tulee tekijän omasta pitkästä työkokemuksesta 1-luokan valmis- ja betonityönjohtajana betonialalla.

Talvella betonoitaessa on otettava useampia tekijöitä huomioon. Merkittävään osaan nousee sääolosuhteiden vaikutus betoniin sekä betonointiin. Betonoinnin jälkeinen suojaus sekä lämmitys ja lämpötilan seuraaminen niin kauan, kunnes rakenne on saavuttanut purkulujuuden, ovat olennainen osa talvibetonointia. Talvibetonointitöiden toteutus osataan melko hyvin. Betonin valinnassa talvella sekä työnaikaisessa seurannassa on vaiheita, joissa joudutaan tekemään valintoja. Betonin laatu ja suunniteltu käyttöikä ovat asioita, joita ei aina ymmärretä tai tiedetä.

Käsitteet pakkasen kestävä betoni ja pakkasbetoni menevät usein sekaisin, mikä on osaltaan vaikuttanut väärän betonilaadun valintaan. Työn tulokset ja hyöty selviävät vasta myöhemmin ja niiden pohjalta tehdään uusia muutoksia työohjeeseen.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU  
University of Applied Sciences

Construction Engineering

|                   |  |
|-------------------|--|
| HARINEN, MARKO    | Concreting in Winter + Schedule of work                              |
| Bachelor's Thesis | 40 pages + 19 pages of appendices                                    |
| Supervisor        | Tarmo Kontro, Principal Lecturer<br>Sirpa Laakso, Lecturer           |
| Commissioned by   | Lemminkäinen Talo Oy Kaakkois-Suomi,<br>project manager Aimo Paavola |
| March 2010        |  |
| Keywords          | concreting in winter, ready-mixed concrete, concrete                 |

The subject of this thesis is winter concreting and work instructions related to it. The purpose of these instructions are to act as a checklist when winter concreting is being considered. The purpose of this thesis is to be a source of information that can be used to clarify details.

If all the content of this thesis is taken into consideration in winter concreting, a good result should be achieved. The sources include company websites and literature related to the subject. The practical knowledge also comes from personal experience in the construction field as a Class-1 concrete supervisor for many years.

The pour during winter time itself is a well-known process. The choice of different concretes and supervision after the pour have stages where decisions have to be made. The quality of the concrete and the planned lifespan are rarely understood or known.

There are two concepts that are often mixed and lead to wrong concrete choices. These are freeze-thaw resistant concrete and concrete that can be poured in freezing temperatures. The results and benefits of this thesis can only be evaluated later in time and changes to work instructions must be made accordingly.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | JOHDANTO   | 6  |
| 1.1  | Työn tarkoitus, tavoitteet ja rajaus                     | 7  |
| 1.2  | Tutkimusmenetelmät                                       | 7  |
| 2    | SÄÄOLOT JA NIIDEN ENNAKOIMINEN                           | 8  |
| 2.1  | Sääolot ja niiden vaikutus                               | 8  |
| 2.2  | Sääolojen ennakoiminen                                   | 9  |
| 2.3  | Rakennussääpalvelu                                       | 10 |
| 2.4  | Rakennussääpalvelun ennusteiden arviointi                | 11 |
| 3    | BETONOINNIN VALMISTELEVAT TYÖT                           | 11 |
| 4    | BETONIN VALINTA  | 12 |
| 5    | TALVIBETONOINNISSA KÄYTETTÄVIÄ SEMENTTEJÄ                | 13 |
| 6    | BETONIN LUJUUDENKEHITYS ERI LÄMPÖTILOISSA                | 13 |
| 7    | TALVELLA KÄYTETTÄVIÄ BETONILAATUJA                       | 14 |
| 8    | SÄÄNKESTÄVÄ BETONI                                       | 16 |
| 9    | PAKKASBETONI   | 17 |
| 9.1  | Pakkasbetonin käyttö muiden lisäaineiden kanssa          | 17 |
| 9.2  | Käyttökohteet  | 17 |
| 10   | P-LUKUBETONI   | 18 |
| 10.1 | ILMAN MUKANA JÄÄNSULATUSAINEILLA RASITETTAVIA RAKENTEITA | 18 |
| 10.2 | SUORAAN JÄÄNSULATUSAINEILLE ALTTIITA RAKENTEITA          | 18 |
| 10.3 | P-LUVUN MÄÄRITTÄMINEN                                    | 18 |
| 11   | KUUMABETONI  | 19 |

|   |    |
|---|----|
| 11.1 Betonointi kuumabetonilla                                    | 20 |
| 11.2 Kuumabetonin huonoja puolia ja rajoituksia                   | 20 |
| 11.3 Lujuudenkehitys  | 21 |
| 12 BETONIN LÄMPÖKÄSITTELY   | 21 |
| 13 BETONIN LÄMMITYSMENETELMIÄ                                     | 22 |
| 13.1 Kuumailmalämmitys  | 22 |
| 13.2 Lankalämmitys  | 23 |
| 13.3 Muottilämmitys   | 24 |
| 13.4 Infrapunalämmitys  | 24 |
| 14 TUOREEN BETONIN SUOJAAMINEN                                    | 25 |
| 14.1 Jälkihoito   | 26 |
| 15 BETONIN LUJUUDENKEHITYKSEN HALLINTA                            | 27 |
| 15.1 Lämpötilamittaus työmaalla                                   | 27 |
| 15.2 Palkin lämpötilan mittaaminen                                | 28 |
| 15.3 Betonin kypsyysian määrittäminen                             | 29 |
| 15.4 Lujuuden toteaminen comameter-kypsyysastemittarilla          | 31 |
| 15.5 Lujuuden laskenta betoplus-ohjelmalla                        | 31 |
| 15.6 Betoplus-ohjelman hyödyntäminen ennakkosuunnittelussa        | 32 |
| 15.7 Muita lujuudenkehityksen seurantamenetelmiä                  | 32 |
| 16 TALVIBETONOINTIVIRHEITÄ  | 33 |
| 17 TALVIBETONOINNIN TYÖTURVALLISUUS                               | 36 |
| 18 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ TALVIBETONOINNISTA                              | 38 |
| LÄHTEET   | 40 |
| LIITTEET  |    |
| Liite 1 Työmaaohje  |    |
| Liite 2 Betonointipöytäkirja                                      |    |
| Liite 3 Työmaan aloituskokouksen valmisbetoni toimitussuunnitelma |    |
| Liite 4 Pakkasensisäaine Jääkarhu                                 |    |
| Liite 5 Tuoreen betonin turvallinen käyttö                        |    |
| Liite 6 Talvityöt ja -kustannukset Kone-Ratu 07–3034              |    |

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda apuväline Lemminkäinen Talo Kaakkois-Suomen työmaiden käyttöön talvibetonitöiden tekemiseen. Talvibetonointi katsotaan alkavaksi, kun ulkolämpötila laskee alle + 5 °C:n. Betonin sitoutuminen ja kovettuminen pysähtyy käytännössä alle – 5 °C:n lämpötilassa. Talviaikainen betonointi on haasteellista suunnittelulle sekä työnaikaiselle toteutukselle ja valvonnalle. Ongelmia talvibetonointitöiden toteutukselle tulee betonin valinnasta sekä ennalta arvaamattomista häiriöistä. Talviaikaisten töiden suorittamista vaikeuttaa myös ulkoilman lämpötila, lumi, jää, tuuli sekä lähes koko vuorokauden kestävä pimeys.

Ennen betonitöiden aloitusta työt on suunniteltava etukäteen huolellisesti ja pyrittävä ennalta miettimään mahdollisia häiriöitä. On valittava töiden tekemiseen ammattitaitoiset henkilöt sekä työnjohto rakenneluokan mukaan (BY 50, 10).

Betonin valinta on pyrittävä tekemään betonoitava kohde (laatta, pilari, seinä, juotos) ja paikka (sisällä, ulkona) huomioiden. Betonin lujuutta ei ilman suunnittelijan lupaa saa vaihtaa ainakaan alentavasti, mutta joskus on hyväksi ja järkevää nostaa lujuusluokkaa ja näin nopeuttaa varhaislujuuden kehitystä. Väärän betonilaadun käyttö saattaa myöhemmin aiheuttaa betonirakenteissa suunnitellun käyttöiän aleneman. Betoni ei saa päästä jäätymään, ennen kuin se on saavuttanut vähimmäis- eli jäätymislujuuden 5 MN/m<sup>2</sup>. Jäätymislujuus 5MN/m<sup>2</sup> koskee kaikkia lujuusluokkia (BY 50, 126).

Betonointi on kylmään vuodenaikaan suoritettava mahdollisimman nopeasti. Kaikki betonin turhat kuljetukset ja siirrot on pyrittävä minimoimaan, mieluiten betoni siirretään suoraan valettavaan kohteeseen, jos se suinkin on mahdollista. Näin betonin lämpötilaan ei tulisi suuria vaihteluja ja turhia lämpötilan putoamisia. Betonin lämpötilaan voidaan vaikuttaa ennen valua tilaamalla lämmitettyä betonia.

Betonoinnin jälkeen on jälkihoito aloitettava heti, mieluiten jo betonoinnin aikana. Kylmällä jälkihoito on lähinnä betonin lujuuden ja rakenteiden suojausta vaurioilta. Alttiimpia kohtia vaurioille ovat reunakohdat, rakenteiden alaosat ja kohdat, joihin pääsee muodostumaan vetoa. Mahdollisessa lämpötilan seurannassa tuleekin kiinnittää huomiota mainittuihin kohtiin (Vuorinen 1999, 22).

Haasteita talvibetonoinnille rakennustyömailla aiheuttaa muottikierron nopeus, joka pahimmillaan on 1 vrk. Jotta päästään tämän kaltaisiin muottikiertoihin, on betonin kovettumislämpötilan pysyttävä 40–50 °C välillä 10–12 tuntia. Tämän kaltaisen lämpötilan saavuttaminen ja pitäminen vaatii betonia toimitettaessa jo korkeaa lämpötilaa ja vastaavasti työmaalla mahdollisesti useampia lämpöjä ylläpitäviä toimenpiteitä.

Kantavissa rakenteissa on muistettava, että tukirakenteita ei saa poistaa, ennen kuin rakenne on saavuttanut 60 % nimellislujudesta. Lujouden määrittämiseen voidaan käyttää BetoPlus-ohjelmaa. Olosuhde-normikappaleet ovat myös hyvä apu lujouden määrittämisessä, mutta aina on tarpeen todeta myös laskemalla lujouden kehittyminen olemassa olevilla tiedoilla.

### 1.1 Työn tarkoitus, tavoitteet ja rajaus

Työn tarkoitus on tehdä työohje työmaille, joka otetaan käyttöön 2010 keväällä. Saadun palautteen pohjalta tehdään muutoksia tai lisäyksiä työohjeeseen. Työn tavoite on selkeyttää betonin valintaa ja käyttö rajoituksia, joissa on selvästi parannettavaa. Työ on rajattu työmaalähtöiseksi, eli työtä on tarkasteltu työmaan näkökulmasta. Betonin koostumus (notkeus, rakeisuus) vaikuttaa myös osaltaan työstettävyyteen ja lujouden kehitykseen, mutta tämä on rajattu pois työstä.

### 1.2 Tutkimusmenetelmät

Työni teoriaosuudessa käydään talvibetonoinnin työvaiheet järjestelmällisesti läpi ja tuodaan esille ne asiat, jotka työmaan on hyvä tietää ja hallita. Teoriaosuuden tiedonlähteenä olen käyttänyt alan kirjallisuutta sekä tunnettujen yritysten julkaisuja.

Teorian lisäksi olen hyödyntänyt omaa 16 vuoden kokemusta betonialalta ja lähinnä valmisbetonin myynnistä sekä 1-luokan betonirakenteiden valvonnasta. Valmisbetonin myynnissä kesällä sekä talvella tuli monesti esille tietämättömyys siitä, mikä on oikea betoni kyseiseen valuun. Ikävimpiä asioita oli, kun valu oli epäonnistunut lähes täysin väärän betonilaadun vuoksi.

Reklamaatioiden hoito valmisbetonituotannossa oli osa työtäni (kuva1), jonka johdosta olen käsitellyt hyvin erilaisia betonointiin ja betoniin liittyviä asioita. Näitä asioita

on myös hyödynnetty liittyen juuri työmaan toimintaan betonia tilattaessa ja betonoinnin jälkeen tehtävissä toimenpiteissä laadukkaan tuloksen saavuttamiseksi.



Kuva 1. Maston perustuksen säänkestävyyttä (pakkasenkestävyys) epäillään. Rakenteokoekappale on irrotettu rakenteesta lisätutkimuksiin.

## 2 SÄÄOLOT JA NIIDEN ENNAKOIMINEN

### 2.1 Sääolot ja niiden vaikutus

Talvibetonointivirheiden ja yllättävien tilanteiden syntymisen välttäminen edellyttää sääolosuhteiden ennakoimista ja huomioonottamista betonointitoimenpiteitä suunniteltaessa.

Suomessa talvibetonointikausi alkaa yleensä lokakuun loppupuoliskolla ja päättyy keskimäärin huhtikuun lopussa. Pohjois-Suomessa talvibetonointitoimenpiteitä joudutaan käyttämään jo syyskuun puolella ja talvibetonointikausi päättyy toukokuun puolivälin tienoilla. Alhainen lämpötila vaikeuttaa eri betonointitoimenpiteitä. Usein, mi-



käli aikataulu sallii, betonoinnin valuhetkeä siirretään lämpötilan laskiessa  $-10\text{ °C}$  alapuolelle.

Juuri ennen betonointia tai betonoinnin aikana sattunut lumisade voi sekoittaa tehdyt suunnitelmat tai pysäyttää valun kokonaan. Lumentulo aiheuttaa aina lisätöitä, koska lumi on poistettava muoteista ja työtasoilta.

Kylmyys, lumi, jää ja pimeys vaikeuttavat talvibetonoinnin suoritusta. Ihmisten ja koneiden työteho alenee sekä lämmitys, suojaus ja lumen ja jään poistamisesta aiheutuvat kustannukset kasvavat. Pimeys ja liukkaus kasvattavat vahinko- ja tapaturmariskiä. Lämpötilan alittaessa nk. pakkasrajan (paikkakunnasta riippuen  $-15 - 25\text{ °C}$ ), keskeytetään rakennustyöt. Keskeytyksillä on luonnollisesti haitallinen vaikutus aikatauluun.

## 2.2 Sääolojen ennakoiminen

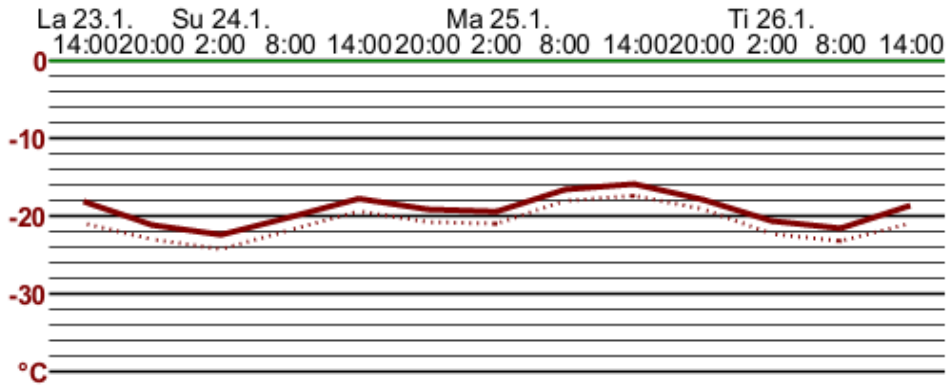
Betonoinnin häiriöttömän kulun ja ikävien yllätysten välttämisen kannalta sääolojen mahdollisimman luotettava ennakoiminen on tärkeää jo betonoinnin yleissuunnitteluvaiheessa, mutta erityisesti rakennekohtaisen suunnitelmanteon yhteydessä ja päätettäessä lopullisesti betonointiajankohta.

Valuajankohdan sääolojen ennakoinnissa on yleissuunnitteluvaiheessa turvaututtava pitkän ajan säätilastoihin. Niistä selviää suunnitellun ajankohdan keskimääräiset sekä alimmat että korkeimmat lämpötilat.

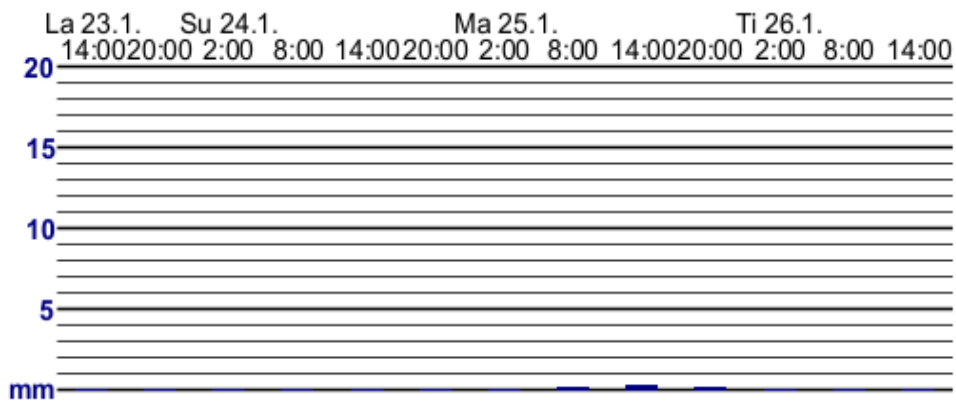
Rakentajille on olemassa myös rakennussääpalvelu, joka antaa alueellisen rakennussää tiedotteen kaksi kertaa vuorokaudessa. Sen ennusteiden luotettavuus, erityisesti yhden vuorokauden mittaisen, on jo varsin hyvä. Koska betonin lujudenkehityksen kannalta ensimmäinen vuorokausi on ratkaiseva, antaa jo vuorokauden mittainen luotettava lämpötilaennuste merkittävästi varmuutta betonointiin ja vähentää epäonnistumisen riskiä.

### 2.3 Rakennussääpalvelu

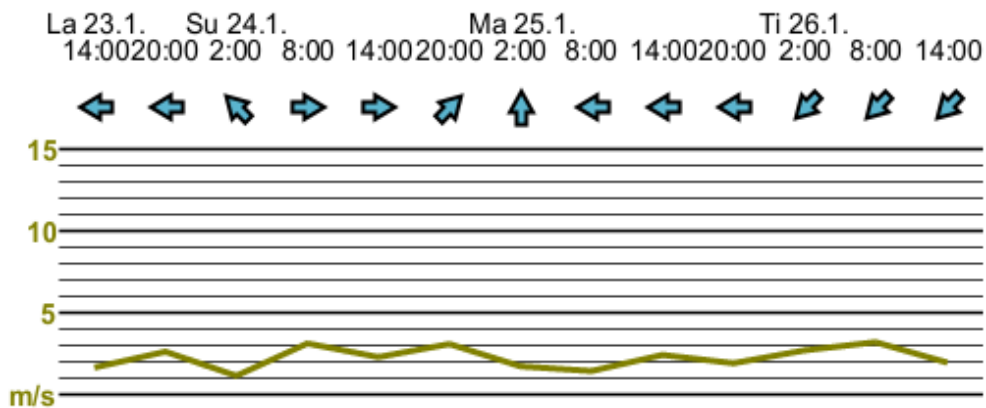
Rakennussääpalvelusta voi tarkastaa paikkakunnan lämpötilan (kuva 2), sademäärän (kuva 3), tuulen vaikutuksen betonointiin (kuva 4) sekä suhteellisen kosteuden (kuva 5) ja veden haihtumisen betonin pinnalta (kuva 6).



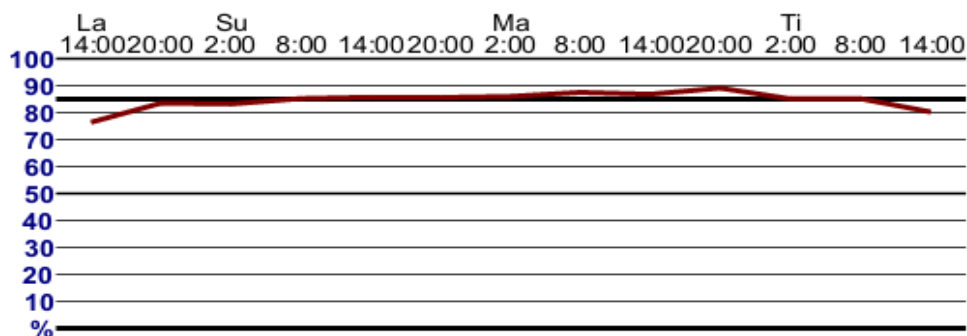
Kuva 2. Kouvola 3 vrk:n lämpötilaennuste (Sää 2010)



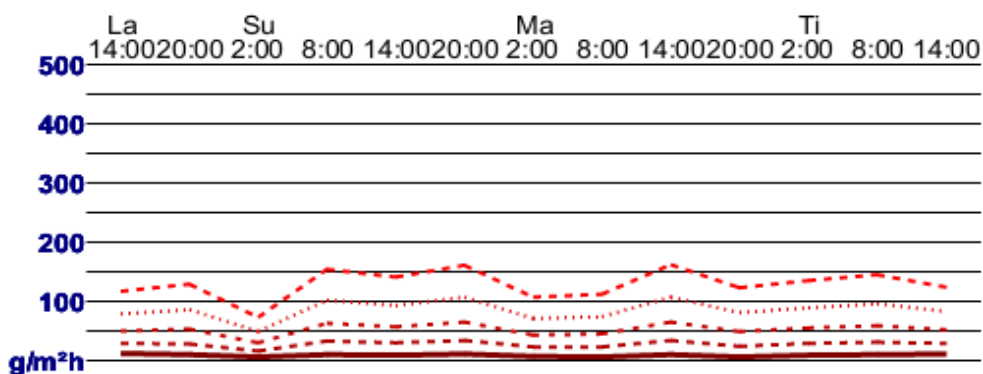
Kuva 3. Kouvola 3 vrk:n sade-ennuste (Sää 2010)



Kuva 4. Kouvola 3 vrk:n tuuliennuste (Sää 2010)



Kuva 5. Kouvola 3 vrk:n suhteellinen kosteusennuste (Sää 2010)



Kuva 6. Kouvola 3 vrk:n veden haihtumisen määrä betonin pinnalta – ennuste (Sää 2010)

## 2.4 Rakennussääpalvelun ennusteiden arviointi

Pakkanen pysyy 3 vrk:n aikana erittäin korkealla, mikä yksin aiheuttaa huomattavia lisälämmityksiä ennen ja jälkeen betonoinnin. Tuore betoni jäätyy muutamassa tunnissa ilman suojausta ja lämmitystä. Jos mahdollista, on betonointi viisainta siirtää ja näin varmistaa onnistunut betonointi myöhemmin. Lisälämmitystä ja suojausta ei kuitenkaan voida jättää pois muuta kuin erikoistapauksissa (Pakkasbetoni).

## 3 BETONOININ VALMISTELEVAT TYÖT

Kun betonointia aletaan työmaalla valmistella, on tarpeen aina tehdä betonointisuunnitelma. Betonointisuunnitelman laatimisesta vastaa betonityönjohtaja, joka vastaa betonoinnista. Asiat, joita betonointisuunnitelmassa on otettava huomioon: 1. Tarkistetaan muottikaluston ja käytettävien lämmitysjärjestelmien yhteensopivuus. 2. Selvitetään muottikierron tahdistaminen työaikatauluun. 3. Määritetään mahdolliset työsaumat. 4. Määritetään betonin muotinpurkulujuus tarvittaessa rakenneosittain. 5. Tehdään alustava betonilaatujen valinta muottikiertovaatimusten perusteella (muotinpurkulujuuden saavuttaminen eri valuolosuhteissa lämmitys ja suojaus huomioiden).

6. Kartoitetaan tarvittava miehistömäärä ja mahdollinen koulutuksentarve töiden suoritukseen (Vuorinen 1999, 8). Kuten rakentamisessa on tapana pitää aloituspalaveri, niin sama koskee myös betonointia. Aloituspalaveriin on kutsuttava valmisbetonin toimittaja, betonityönjohtaja ja tarpeen mukaan rakennesuunnittelija. Palaverissa on tarkennettava käytettävä betoni (lujuus, käytettävä sementti ja mahdolliset lisäaineet). Muottikierron suunnittelu, työsaumojen sijoitus, muottien tuenta betonoinnin aikana ja mahdolliset varatuennat betonoinnin jälkeen. Betonin vaadittava muotinpurkulujuus ja betonin muotinpurkulujuuden toteamiseen (Vuorinen 1999,8). Valmisbetonitoimittajan kanssa on syytä käydä läpi valmisbetonin toimitusnopeus, valukalusto (ränni, pumppu) tai mahdollinen valusuppilon käyttö. Tärkeä asia on myös varmistaa valmisbetonitoimittajan varautuminen häiriötekijöihin, kuten jos betoniasema rikkoutuu, miten lähellä on vara-asema ja kuinka työmaan on varauduttava tämän kaltaiseen häiriöön.

Jos betonin toimituslämpötila on korkea, niin on järkevää toimittaa pienempiä betoni määriä kerralla ja näin varmistaa valun onnistuminen. Jos tarpeen, niin betonista on hyvä tehdä ennakkokoe. Sovitaan valunaikainen laadunvalvonta, noudatetaanko betoninormeja By 50 ja kuinka koekappaleita otetaan tehdas työmaa-aikana.

Työmaan sisäisessä aloituspalaverissa, joka on ehdottomasti pidettävä, käydään läpi seuraavat asiat. Betonointia aloitettaessa on tehtävä valmistelevat työt, kuten mahdolliset muottien suojaukset ja lämmitykset ennen valua. Käydään läpi tarvittava valukalusto ja niiden määrä. Varmistetaan työntekijöiden tehtävät ja varahenkilöt valun alkessa. Huomioidaan lämmityskalusto valun jälkeen ja niiden käyttöön tarvittavat asiat, kuten sähkön, kaasun, kaapeleiden, sulakkeiden ym. tarve. Mietitään mahdollinen jälkihoito ja siihen käytettävät menetelmät. Sovitaan betonoinnin jälkeinen seuranta (lämpö, laitteiden toimivuus, sää), kuka vastaa mistäkin, vastuualueiden on oltava selkeät. Edellä mainituille asioille on aina selkeästi nimettävä vastuuhenkilöt, koska tällä asialla pystytään jo suuresti vaikuttamaan lopputuloksen onnistumiseen. Yksi tärkeimmistä asioista on kuitenkin työturvallisuus, joka on tarpeen käydä tarkasti läpi. Kylmyys, pimeys, jää ja käytettävät lämmityslaitteet lisäävät työturvallisuusriskejä, joita on talvibetonoinnissa muutenkin jo riittävästi.

#### 4 BETONIN VALINTA

Betonin valinnassa on olennaista, että se perustuu kokonaiskustannusten tarkasteluun. Tällöin otetaan huomioon betonikustannuksien lisäksi kaikki muut betonointiin liitty-

vät kustannukset. Betonin valinta tehdään yleensä rakennekohtaisen suunnitelman teon yhteydessä ja sitä tarkennetaan juuri ennen valua. Käytettävän betonilaadun lopulliseen valintaan vaikuttavista tekijöistä korostuu talviolosuhteissa haluttu tuotantorytmi, joka on pystyttävä säilyttämään mahdollisimman pienillä lisäkustannuksilla (Vuorinen 1999, 9.)

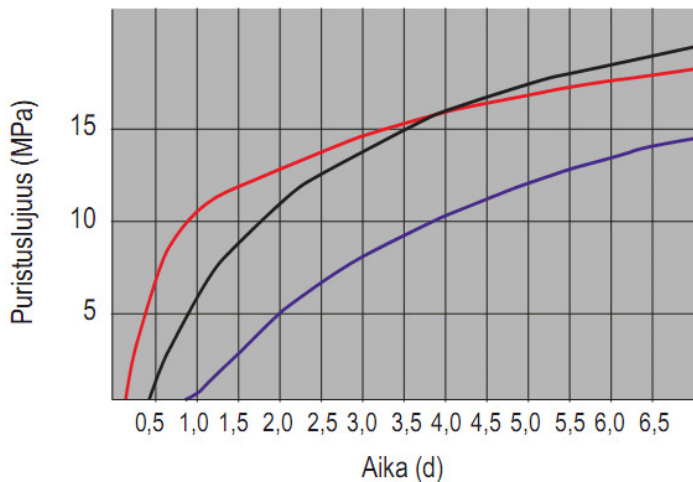
## 5 TALVIBETONOINNISSA KÄYTETTÄVIÄ SEMENTTEJÄ

Talvibetonoinnissa käytetään yleisesti joko yleissementtiä tai rapidsementtiä. Yleissementtiä on perusteltua käyttää sisällä tapahtuviin valuihin ja mieluiten ulkona vain hyvissä olosuhteissa, lämpötila plussan puolella. Rapidsementtiä on järkevää käyttää mieluiten heti, kun lämpötila alkaa päivän ja yön aikana vaihtelevaan plussan ja pakasen puolella. Näin varmistetaan riittävän nopea jäätymslujuuden saavutus. Myös pikasementin käyttö on perusteltua pienissä lisävaluissa esimerkiksi juotoksissa. SR-sementtiä on syytä käyttää, jos rakenteille asetetaan sulfaatinkestävyys ominaisuuksia, esimerkiksi huoltoasemat, sillat.

## 6 BETONIN LUJUUDENKEHITYS ERI LÄMPÖTILOISSA

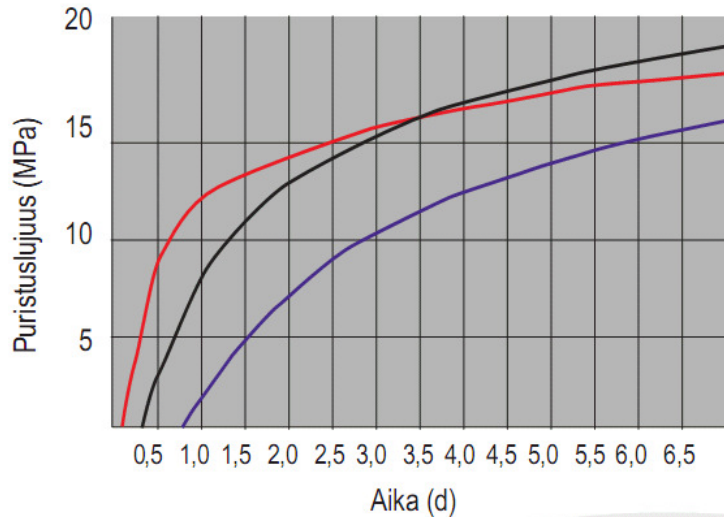
Sementtireaktiot hidastuvat lämpötilan laskiessa ja vastaavasti nopeutuvat lämpötilan noustessa. Alla olevissa kaavioissa on esitetty kahdella eri sementtilaadulla tehdyn betonin lujuuskehitys lämpötilan muuttuessa (Sementti-opas 2010).

### Yleissementti



Kuva 7. Yleissementin lujuuskehitys lämpötilan muuttuessa (Sementti-opas 2010)

## Rapidsementti



Kuva 8. Rapidsementin lujuuskehitys lämpötilan muuttuessa  
(Sementti-opas 2010)

Sementtimäärä:

300 kg/m<sup>3</sup>, vettä 200 l/m<sup>3</sup>

- **punainen** käyrä +40°C:inen massa ja 16 h +40°C → +20°C
- **musta** käyrä +20°C:inen massa +20°C:ssa
- **sininen** käyrä +5°C:inen massa +5°C:ssa

Talvibetonoinnin yhteydessä on perusteltua käyttää nopeammin kovettuvaa sementtiä hitaamman sementin asemasta, koska rakenteen lämpötila ja lujuus kehittyvät silloin suotuisammin nimenomaan ensimmäisten, ratkaisevien vuorokausien aikana.

## 7 TALVELLA KÄYTETTÄVIÄ BETONILAATUJA

Seosaineeton rakennebetoni (IB, IP)

Seosaineettoman rakennebetonin valmistuksessa käytetään sideaineena pelkästään sementtiä, minkä johdosta mm. värisävy on NO-laatua vaaleampi.

### Käytettävä sementti

Sideaineena käytetään vain sementtiä. K40-lujuusluokasta ylöspäin betonit sisältävät myös notkistinta.

### Normaalisti kovettuva rakennebetoni (NO)

Normaalisti kovettuva rakennebetoni on edullinen perusbetonilaatu ilman erikoisbetonien erikoisominaisuuksia.

### Käytettävä sementti

Sideaineena käytetään joko nopeasti tai normaalisti kovettuvaa sementtiä ja alueyksiköittäin tapauskohtaisesti seosaineita kuten lentotuhkaa ja masuunikuonaa. Lujuusluokasta K40 ylöspäin betonit sisältävät usein myös notkistinta.

### Nopeasti kovettuva rakennebetoni (RA)

Nopeasti kovettuvalla rakennebetonilla on nopea varhaislujuudenkehitys. Se saavuttaa jo 7 vrk:ssa

NO-betonilaadun 28 vrk:n lujuustason.

### Käytettävä sementti

Sideaineena käytetään pelkästään nopeasti kovettuvaa sementtiä. K40 lujuusluokasta ylöspäin betonit sisältävät myös notkistinta.

### Sulfaatinkestävä rakennebetoni (SR)

Sulfaatinkestävä rakennebetoni on sulfaattirasituksia ja kemiallisia rasituksia kestävä rakennebetoni. Sulfaatinkestävä betoni voidaan valmistaa myös hitaasti kovettuvana ja säänkestävänä.

### Käytettävä sementti

Sideaineena käytetään yleensä sulfaatinkestävää sementtiä. Myös muita sementtejä voidaan käyttää, jos sideaine sisältää yli 70 % masuunikuonaa. Sulfaatinkestävä betoni voidaan valmistaa myös hitaasti kovettuvana. Notkistimen käyttö vaihtelee tapauskoh-

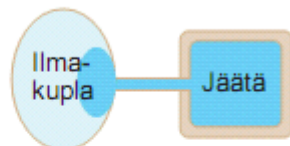
taisesti. Säänkestävissä erikoislaaduissa on myös huokostinta (Valmisbetonihinnasto 2009.)

## 8 SÄÄNKESTÄVÄ BETONI

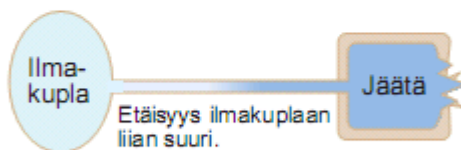
Säänkestävällä betonilla (pakkaskestävyydellä) tarkoitetaan **kovettuneen betonin** ominaisuutta. Tätä kyseistä ominaisuutta ei saa sotkea **pakkasbetoniin**. Betonin sisältämä vesi laajenee jäätyessään 9 %, mikä aiheuttaa rakenteeseen mekaanisen rasituksen. Rakenteissa, joissa vaaditaan säänkestävyyttä (rasitusluokat) on betoniin saatava **riittävästi** suojahuokosia, joihin jäänyt vesi voi laajeta, rikkomatta betonin rakennetta (kuva 7). Huokostin on lisäaine, joka lisätään betoniin aina kun rakenne sen vaatii. Huokostettu betoni kestää kovettuneena toistuvaa jäätymistä ja sulamista kymmeniä jopa satoja vuosia.

### Eri vaihtoehdot betonin huokosveden jäätyessä

Riittävästi ilmahuokosia



Liian vähän ilmahuokosia



Ei lainkaan ilmahuokosia



Kuva 9. Riittävästi ilmahuokosia (Sementti-opas 2010)



Säänkestävää betonia on aina **tarvittaessa** lisälämmitettävä, jotta pystytään varmistamaan lujuudenkehitykselle riittävä tarvittava lämpötila.

## 9 PAKKASBETONI

**Tuore betoni** sisältää aina vettä ja vesi laajenee jäätyessään. Betonilla pitää olla riittävästi lujuutta, jotta se kestäisi laajenevan veden aiheuttaman rasituksen. Tätä lujuutta sanotaan betonin jäätymislujudeksi ja se on 5 MN/m<sup>2</sup>. Jos nuori betoni ei ole saavuttanut tätä lujuutta kun se jäätyy, vaurioituu se pysyvästi.

Jääkarhu alentaa betoniveden jäätymispistettä. Kovettuminen jatkuu aina -15 °C saakka. Käytettäessä Jääkarhu-lisäainetta betonin lujuus kehittyy vielä -15 °C:n pakkasessa ilman lisälämmitystä saavuttaen CEM II A 42,5 R-sementillä jäätymislajuuden noin 2 d:n aikana (Jääkarhu 21.2.2010)

Pakkasbetonia ei tule käyttää suolarasituksen, pakkasuolarasituksen tai kemiallisen rasituksen alaisissa rakenteissa. Pakkasbetonia ei myöskään tule käyttää kohteissa, joissa rakenteelta vaaditaan pakkasenkestävyyttä.

Pakkasbetonin sementtimäärä on normaalibetonia selvästi korkeampi ja vesimäärä alhaisempi.

### 9.1 Pakkasbetonin käyttö muiden lisäaineiden kanssa

Pakkasbetonissa käytetään notkistavaa lisäainetta työstettävyyden parantamiseksi, jolloin myös työstettävyytsaika on normaalibetonia lyhyempi. Pakkasbetoniin ei tule kuitenkaan sekoittaa mitään ylimääräisiä lisäaineita ilman betonintoimittajan ohjeita tai ennakkokokeita

### 9.2 Käyttökohteet

Pakkasbetonin voidaan käyttää rasitusluokissa XO, XC1, XC2 ja XC3

Pakkasbetonin tyypillisiä käyttökohteita ovat

- elementtien asennus- ja saumausvalut
  - erityyppiset kiinnitys- ja korjausvalut
  - esimerkiksi valuharkkoseiniä täyttövalut
- (Valmisbetonihinnasto 2009.)

## 10 P-LUKUBETONI

Jos betoniin kohdistuu merkittäviä jäätymis-/sulamisrasituksia kosteuden lisäksi, on tarpeen käyttää P-lukubetonia. P-lukubetoni on lähinnä käytössä sillanrakennuksessa ja rakenteissa, joihin vaaditaan pakkasenkestävää P-lukubetonia. Betonin pakkasenkestävyysvaatimus esitetään suunnitelmassa pakkasenkestävyyslukuna P, Siltarakenteet jaotellaan pakkasenkestävyysluokkiin P20, P30, P50 ja P70. Betonin pakkasenkestävyys on sitä parempi, mitä suurempi pakkasenkestävyysluku on (Siltabetonien P-lukumenettely 2008, 9). Rakenteelle voi kulkeutua suolarasitusta ilman mukana (**pys-tyrakenteet**) tai suoraan pinnalle laskettuna (**vaakarakenteet**).

### 10.1 ILMAN MUKANA JÄÄNSULATUSAINEILLA RASITETTAVIA RAKENTEITA

Rakenteita joihin voi kulkeutua suolarasitusta ilman mukana, ovat meluseinät ja sokkelit tien vieressä, sekä suolattavien teiden siltojen osat kuten päällysterakenteen palkit ja kansilaatat, maa- ja välituet (BY 50, 88).

### 10.2 SUORAAN JÄÄNSULATUSAINEILLE ALTTIITA RAKENTEITA

Rakenteet joiden pinnalle joudutaan kunnossapidon yhteydessä laskemaan suoraan jäänsulatusaineita, kuuluvat korkeaan jäätymis- ja sulamisrasitus luokkaan. Tällaisia rakenteita ovat teiden siltojen kannet. Pysäköintitasot, päällysteet, autotallit. Suolattavien teiden siltojen reunapalkit, siirtymälaatat, betonikaiteet, rengaskehät, peruslaatat. Välituet, kun sillan alittavaa tietä suolataan. Meressä olevan sillan suojaamattomat rakenteet tasolta NW-1 ylöspäin (BY 50, 88).

### 10.3 P-LUVUN MÄÄRITTÄMINEN

P-luvun määrittäminen on lähinnä valmisbetoniaseman tehtävä, kuten pakkasenkestävän betonin mahdolliset ennakkokokeet. Työmaan osaksi jää jälkihoidon oikeaoppi-

nen ja riittävä tekeminen. Betoni tulee jälkihoitaa siten, että jälkihoitomenetelmällä saavutetaan vähintään 7 vuorokauden kostejälkihoitoa vastaava taso (Siltabetonien P-lukumenettely 2008, 12).

P-luvun määrittäminen suhteutustietojen ja mitatun ilmamäärän perusteella (BY 50, 106).

P-Luku lasketaan kaavasta:

$$P = \frac{46 \cdot k_{jh} \cdot k_{sid}}{\frac{10 \cdot (WAS)^{1,2}}{\sqrt{a}} - 1} \quad \text{missä}$$

$k_{jh}$  on jälkihoitotekijä

$k_{sid}$  on sideainetekijä

**WAS** on redusoitu vesi-ilma-sideainesuhde

**a** on ilmamäärä [%]

$$k_{jh} = 0,85 + 0,17 \log_{10} (t_{jh})$$

missä  $t_{jh}$  on jälkihoitoaika [d]

## 11 KUUMABETONI

Kuumabetonilla tarkoitetaan betonia, jonka lämpötila betonoitaessa on yli + 40 °C. Kun kuumaa betonia käytetään betonin lämmitysmenetelmänä, on tärkein toimenpide hidastaa betonin jäähtymistä, kunnes vaadittava lujuus on saavutettu. Tämä edellyttää betonoinnin hyvää suunnittelua, ripeää työskentelyä ja tiivistetyn betonin nopeaa ja tehokasta lämpösuojasta.

Betonimassan korkea lämpötila kiihdyttää hydrataatioreaktiota ja lisää veden haihtumista. Tämän vuoksi betonimassa jäykistyy nopeasti. Jotta betonoinnille jäisi riittävästi aikaa, on kuumassa betonissa yleensä käytettävä hidastinta ja notkeusluokaksi on valittava joko vetelä (S 3) tai notkea (S 2). Lisäksi lujuusluokka ei saa olla korkeampi kuin K 30.

Kuumabetonia käytettäessä saadaan betonille suotuisa alkulujuuden kehitys ja voidaan käyttää noin 1-2 vrk:n muottikiertoaika. Mutta koska massan lämpötila on yli + 40 °C, on kysymyksessä **betonin lämpökäsittely**, joka voi vaikuttaa myöhempään lujouden kehitykseen haitallisesti.

Haluttu massan lämpötila saadaan aikaan lämmittämällä osa-aineet - vesi ja runkoaine - ennen sekoitusta. Lisäksi voidaan massan sekaan syöttää kuumaa höyryä. Höyryä käytettäessä pitää ottaa huomioon sen mukanaan tuoma vesi massan koostumusta määrättäessä. (Ihanamäki, Rajala & Uusitalo 1990, 112.)

### 11.1 Betonointi kuumabetonilla

Kuumabetonin valu käy rationaalisesti betonipumpulla, jolloin vältetään lämpöhäviöitä aiheuttavat välivarastoinnit (suppilot, astia). Suuri valunopeus edellyttää tiivistyskaluston mitoittamista normaalia suuremmaksi. Jos on tarpeen, niin kuormakokoja on syytä pienentää, ettei betoni pääse jäähtymään liiallisesti.

Tärkeä betonointiin liittyvä toimenpide on muottien, raudoituksen ja betonikaluston sulatus jäästä ja puhdistus lumesta. Kuumabetonia ei saa käyttää tähän tarkoitukseen.

### 11.2 Kuumabetonin huonoja puolia ja rajoituksia

Korkeasta lämpötilasta johtuen betonimassa jäykistyy nopeasti, jolloin työskentelyaika jää normaalilämpöistä betonia lyhyemmäksi. Tätä voidaan helpottaa lisäainetekniikkaa hyväksikäyttäen. Kuitenkin valu kuumabetonilla on normaalibetonia hitaampaa.

- Kuuman betonin lämpöenergian täysi hyödyntäminen vaatii häiriöttömän betonoinnin ja välittömän suojauksen, jolloin esimerkiksi laattarakenteiden valuissa pinnan hiertäminen saattaa jäädä vajavaiseksi.
- Lämpösuojaus on tärkeä ulottaa myös reuna-alueille, joissa lämmönhaihtuminen on tyypillisesti vaikeinta hallita.
- Ei sovellu massiivisten rakenteiden valuun, koska lämpötilan nousu voi olla erittäin voimakasta (lämpökäsittely).

### 11.3 Lujuudenkehitys

Kuumabetonilla on selvä etu työmaalämmitteiseen betoniin verrattuna, sillä lämpötila on korkeimmillaan juuri siinä vaiheessa, kun sitä lujuudenkehittämisen nopeuttamisen kannalta tarvitaan. Hyvin suojaamalla kuumabetonista saadaan ensimmäisen kovettumisvuorokauden aikana irti jopa yli puolet sen tuottamasta kokonaislämpömäärästä (Vuorinen 1999, 17.)

## 12 BETONIN LÄMPÖKÄSITTELY

Betonin lämpökäsittelyllä tarkoitetaan lämmitysmenettelyä, jolla nopeutetaan betonin lujuudenkehitystä. Betoni katsotaan lämpökäsitellyksi, jos

- betonimassan lämpötila betonoitaessa on korkeampi kuin + 40 °C tai
- lämpötilan nousu kovettumisvaiheen aikana on suurempi kuin 25 °C tai
- lämpötila kovettumisvaiheen aikana nousee korkeammaksi kuin + 50 °C.

Lämpökäsittelyn vaikutus betonin ominaisuuksiin selvitetään etukäteen kokeiden avulla. Kokeilla selvitetään lujuudenkehitystä ja lujuuskatoa sekä vaadittaessa betonin muitakin ominaisuuksia, kuten pakkasenkestävyyttä. Ennakkokokeiden sijasta voidaan käyttää hyväksi muuta laajempaa selvitystä, joka soveltuu käytettävään lämpökäsittelymenetelmään. Selvityksen perusteella tehdään lämpökäsittelysuunnitelma. Lämpökäsittelyn tulee vastata ennakkokokeita ja selvityksiä. Tarvittaessa kiinnitetään erityistä huomiota veden poistumisen estämiseen lämpökäsittelyn aikana ja sen jälkeen. Lämpökäsittelyn suunnitelmanmukaisuutta seurataan työnaikaisella valvonnalla.

Lämpökäsittely, joka on aloitettu betonin kovettumisen liian varhaisessa vaiheessa ja liian korkeassa lämpötilassa, voi häiritä sementin normaalia hydrataatiota. Tämän takia ei suositella yli 60 °C lämpötiloja. Talvirakentamisessa betonia useimmiten lämmitetään, jolloin lämmityksen lopetuksen ja muottien ja mahdollisen lämmöneristeen purkamisen jälkeen betoni jäähtyy. Liian nopea jäähtyminen voi aiheuttaa betonin pinnan halkeilua. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että enintään 300 mm paksu rakenne, jolle on asetettu säilyvyysvaatimus, saa ensimmäisten 24 tunnin aikana jäähtyä enintään 30 °C. Puolen metrin paksuisessa rakenteessa vastaava arvo on n. 20 °C ja kaksi metriä paksussa n. 10 °C.

Myös eri aikoina valettavien rakenneosien välille voi syntyä hydrotaatiolämmön ja mahdollisen lämmityksen takia lämpötilaeroja, jotka voivat johtaa halkeiluun. Tyypillinen esimerkki tästä on laatta, johon myöhemmin valetaan kiinni seinämäinen rakenne. Sitoutumisen ja kovettumisen alkuvaiheessa seinä laajenee lämpötilan noustessa, mutta betoni viruu voimakkaasti. Kun seinä jäähtyy, se pyrkii kutistumaan, jolloin siihen syntyy vetojäännityksiä. Halkeiluriskiinkin vaikuttavat kovin monet vaikeasti arvioitavat tekijät. Hyvin karkeana sallittuna lämpötilaerona seinän ja laatan välillä voidaan pitää arvoa 30 °C (BY 50, 125.)

## 13 BETONIN LÄMMITYSMENETELMIÄ

### 13.1 Kuumailmalämmitys

Kuumailmalämmityksen käyttö betonin lämmittämisessä perustuu siihen, että lämmitetty ilma lämmittää muottia ja betonia. Menetelmän käyttö edellyttää suljettua tilaa, jossa ilman vaihtuvuus on mahdollisimman pieni, mutta käytettyyn lämmitystapaan nähden kuitenkin riittävä. Kaikissa lämmittimissä, joissa lämmönkehitys perustuu palamiseen, syntyy palamiskaasuja, jotka saattavat olla myrkyllisiä. Niiden poistumiseksi on lämmitettävään tilaan järjestettävä tuuletusmahdollisuus. Yleisimmin on käytössä lämmitystehosta ja -tilasta riippuen kaas- ja sähkökäyttöisiä kuivaajia. (RIL 149–1983, 92).



Kuva 10. Huputettu väestönsuoja, lämmitys sisäpuolelta kuumailmalämmittimillä.

## 13.2 Lankalämmitys

Lankalämmitys on menetelmä, jossa muuntajan avulla suojajännitteiseksi ( $U < 42\text{V}$ ) muunnettu virta johdetaan runko- ja kytkentäkaapelien kautta betonirakenteen sisällä oleviin vastuslankasilmukoihin. Vastuslangat lämpiävät virran vaikutuksesta ja lämmittävät ympärillään olevaa betonia.

Lankalämmityskalusto koostuu seuraavista osista:

- Muuntajan tehtävänä on alentaa verkkojännite turvalliseen arvoon (alle 42 V) ja toimia tehonsäätö- ja ohjauslaitteena. Muuntajaan kuuluvia ohjauslaitteita ovat tehonsäätökytkin, kytkinkello ja termostaatti.
- Runkokaapeleiden avulla virta johdetaan lämmitettävään kohteeseen.
- Kytkentäkaapeleilla yhdistetään varsinaiset lämmityslangat runkokaapeleihin.
- Lämmityslangat ovat 2 mm:n muovipäällysteistä teräslankaa.

Langat asennetaan ennen betonointia langoitus suunnitelman mukaan noin 20–30 cm:n välein silmukoiksi ja kytketään kytkentäkaapelien avulla runkokaapeleihin. Jokainen rakenne on varustettava vähintään kahdella lankasilmukalla ja kylmissä kohdissa käytetään lisälankaa. Langat sidotaan teräksiin joko teipillä tai lämmityslangan pätkillä. Ne eivät saa tulla ulos betonista eivätkä kosketa puumuotteja, etteivät ne sula poikki tai aiheuta palovaaraa. Ennen betonointia tarkistetaan silmukoiden toiminta pihtiampeerimittarilla. Lankalämmitys soveltuu erityisesti mm. anturoiden, pilareiden, palkkien, elementtisaumojen ja kylmien rajakohtien lämmittämiseen. Sitä voidaan käyttää myös muiden lämmitysmenetelmien yhteydessä lisälämmityksenä hankalissa paikoissa, kuten muottien reunoissa ja pystyrakenteiden alaosissa. (Uusitalo ym. 1990, 109.)

Lankalämmitykseen on olemassa ns. joka miehen vaihtoehto. Lankalämmitys asennetaan haluttuihin kohtiin ja heti valun jälkeen pistoke voidaan kytkeä rasiaan ja lämmitys kytkeytyy päälle. Lankalämmitys on helppo asentaa ja niitä on saatavilla eripituisia.



Kuva 11. Lankalämmitys asennettuna raudoitukseen.

### 13.3 Muottilämmitys

Muottilämmityksessä käytetään lämpöeristettyjä suurmuotteja, kuten pöytä- ja seinämuotteja. Muottipinnan ja lämmöneristeen väliin on asennettu vastuslankasilmukoita tai lämpövastuksia, joista lämpö siirtyy muottipinnan läpi betoniin. Lämmitysjärjestelmä voi toimia joko verkkojännitteellä, tai 380 V:n jännite on muunnettu alle 42 V:n suojajännitteeksi. Lämpötilan säätöä varten muoteissa on termostaatti- ja kello-ohjaus. Muottilämmityksessä voidaan lämmitys kytkeä osateholle jo ennen betonointia ja varmistaa täten muottien sulaminen ja lämpiäminen. Muottipinnan lämpötila ei kuitenkaan saa olla niin korkea, että betonin nopea kovettuminen pinnan lähellä aiheuttaa hilseilyä muottien purkuvaiheessa. Muottilämmitys soveltuu seinien ja laattojen lämmitykseen. (Uusitalo ym. 1990, 110.)

### 13.4 Infrapunalämmitys

Infrapunalämmityksessä lämpö siirretään säteiden avulla lämmitettävään kohteeseen. Säteet etenevät suoraviivaisesti ilmassa ja muuttuvat lämmöksi kohdatessaan kiinteän



esteen. Säteilijät lämpiävät joko kaasulla, öljyllä tai sähköllä. Infrapunalämmitys sopii erityisesti laajapintaisten ja massiivisten rakenteiden lämmittämiseen. Lämmitys voi tapahtua joko suorana tai epäsuorana säteilyinä.

Epäsuorassa lämmityksessä säteily kohdistetaan muottiin, joka siirtää lämmön betoniin. Säteilijät asennetaan halutun lämpötilan edellyttämälle etäisyydelle. Muottimateriaalin pitää johtaa hyvin lämpöä, ja tukimateriaalit eivät saa estää säteilyä. Useimmiten muotit ovat täysin teräsrakenteisia, mutta myös muottivaneria voi käyttää muottipintana. Puu eristää liian hyvin lämpöä ja aiheuttaa tulipalovaaran, joten se ei sovellu muottimateriaaliksi infrapunasäteilyä käytettäessä.

Suorassa säteilylämmityksessä säteily suunnataan suoraan betonipintaan, joka suojataan muovikalvolla, jotta estettäisiin kosteuden liiallinen haihtuminen.

Säteilyn suuntauksessa on otettava huomioon rakenteen raja- ja reuna-alueiden suurempi tehon tarve. Säteilylämmitys on herkkä tuulen ja sateen vaikutuksille, sillä nämä jäädyttävät tehokkaasti säteilyn lämmittämää rakennetta. Tämän vuoksi säteilytila on eristettävä ilmavirtauksilta ja lämmitettävä rakenne on lämpösuojattava hyvin. (Uusitalo ym. 1990, 111.)

## 14 TUOREEN BETONIN SUOJAAMINEN

Talvibetonoinnin yhteydessä betonivalun suojaaminen on tehtävä aina. Suojauksen päätarkoituksena on varmistaa riittävä lujuudenkehitys muiden talvibetonointitoimenpiteiden kanssa. Suojauksella on myös muita tarkoituksia, kuten lumen ja jään kertymisen estäminen valun päälle. Jos ajallisesti sekä rakenteellisesti on mahdollista, niin on muottien lämpösuojaaminen kiinteästi ennen betonointia järkevää. Etukäteen tehtävällä suojauksella ja pienellä apulämmöllä pystytään valupinnat ja materiaalit pitämään riittävän lämpimänä ennen valun suoritusta.

Mikäli muotit joudutaan eristämään joka betonointikerralla erikseen, aiheuttuu lisäkustannuksia. Tällaisissa tapauksissa voidaan lämmöneristystä joskus yksinkertaistaa käyttämällä eristysmattoja, jotka sidotaan rakenteen ympärille, kuten esimerkiksi pila-reissa. Työmaalla käytettävistä muoteista on useimmiten lämmöneristetty vain suur-

muotit. Toisaalta käytettäessä muotin kautta tapahtuvaa lämmitystä, kuten infrapunalämmitystä, ei muottipintoja voida lämpösuojata. Tällöin käytetään aina suoja-  
peitteitä muottien sisäpuolisen tilan suojaamiseksi. Suojapeitteitä voidaan käyttää  
myös tapauksissa, joissa muottien eristäminen on hankalaa ja aikaa vaativaa. Tällaisia  
kohteita ovat mm. lautamuotit perustusrakenteissa. Suojapeite-eristyksen teho ei kui-  
tenkaan vastaa kunnollista lämmöneristystä, mutta hyvin asennettuna sillä voidaan vä-  
hentää mm. tuulen jäädyttävää vaikutusta. (RIL 149–1983, 89.)

Eristysmattoja ja -levyjä käytettäessä on varmistettava niiden pysyminen paikallaan  
tuulisella säällä sopivien painojen avulla. Erityistä huomiota on kiinnitettävä kylmien  
reuna-alueiden ja työsauman kunnolliseen lämpösuojaukseen. Tartuntaraudoituskohti-  
en ja valun reuna-alueiden eristämiseen on käytettävä joustavia eristysmattoja, joilla  
hankalien kohtien eristäminen on helpompaa. (RIL 149-1983, 89).

Rakennuksen tai rakenteen ympärille voidaan myös pystyttää suojahalli. Suojahallilla  
saa erinomaisen suojan työvaiheille sekä työntekijöille. Hallissa voidaan pitää jatku-  
vaa lämmitystä eikä betonointi ole niin alttiina sään vaihteluille. Suojahallin rakenta-  
mista ei kuitenkaan ole viisasta tehdä hetkelliseen/ lyhytkestoiseen kohteeseen, koska  
sen rakentaminen on työlästä ja kallista. Silloin on viisaampaa käyttää perinteisiä suo-  
jausmenetelmiä (peitteet yms.).

#### 14.1 Jälkihoito

Talvibetonoinnin jälkeisellä jälkihoidolla on sama tarkoitus kuin kesällä tehtävällä  
jälkihoidolla. Jälkihoidolla pyritään suojaamaan rakenteen sisällä oleva vesi.  
Kesällä valun jälkeen aloitetaan mahdollisimman nopeasti kastelu tai sumutetaan jäl-  
kihoitoaine betonin pinnalle ja suojataan rakenne esim. muovilla. Näin jatketaan jälki-  
hoitoa vähintään 7 vrk:ta valun jälkeen. Näillä toimenpiteillä pyritään välttämään hal-  
keamien syntyminen rakenteen pintaan ja lujuudenkehityksen onnistuminen. Talvella  
ulkona tapahtuvan betonoinnin jälkeisellä jälkihoidolla suojataan rakenteen sisällä  
oleva vesi, ettei se pääsisi jäähtymään liian nopeasti ja pahimmillaan jäähtymään, josta  
seurauksena voi olla suurikin lujuuden alenema.

Muotin poiston jälkeen rakenteen liian nopea jäähtyminen on estettävä. Jos betonoita-  
va rakenneosaa ei pääse lämmön nousun ja laskun aikana vapaasti liikkumaan, on

läpimenevien halkeamien muodostumisriski huomattava muotinpoiston jälkeen pitkissä rakenneosissa, mikäli rakenteen ja ulkoilman lämpötilojen ero on suuri. Massiivisessa rakenneosassa halkeamariski koskee pintahalkeamien muodostumista.

Lämpöeristämällä tai suojaamalla tarvittaessa lämmittämällä pinnat välittömästi muotinpoiston jälkeen, voidaan rakenteen jäähtymistä hidastaa ja estää liian suurten sisäisten lämpötilaerojen muodostuminen. Hyvinkin vaatimattomalla suojauksella voidaan vaikuttaa rakenteiden jäähtymiseen ja tasata lämpötilaeroja merkittävästi. Tarvittaessa on rakennetta lämmitettävä jäähtymisen hidastamiseksi.

Jälkihoito on vain yksiosa onnistuneen betonoinnin työvaiheita. Jälkihoidolla varmistetaan että betoni saavuttaa ns. vähimmäis- eli jäätymislujuuden  $5 \text{ MN/m}^2$ .

Jälkihoidon apuna etenkin riskialttiissa rakenteissa on tarpeen käyttää **lämpötilaseurantaa** ja siihen erinomainen apu on esim. Testo-lämpötilaseuranta.

## 15 BETONIN LUJUUDENKEHITYKSEN HALLINTA

Muotinpurkulujuuden saavuttamisen varmistamista ja laskentaa kutsutaan betonin lujuudenkehityksen hallinnaksi. Yksinkertaistettuna se sisältää kaksi toimenpidettä:

- tuoreen ja kovettuvan betonin lämpötilan seurannan
- betonin lujuuden määrittämisen lämmönkehityksen perusteella käytetyn betonin suhteutustiedoilla (Vuorinen 1999, 24).

### 15.1 Lämpötilamittaus työmaalla

Tuoreen ja kovettuvan betonin lämpötilaa seurataan rakenteen ns. kriittisistä pisteistä. Näitä ovat kohdat, joissa lämpötilan voidaan olettaa olevan matalimmillaan sekä joihin kohdistuu suuria rasituksia muotinpurkuhetkellä eli

- seinien ja pilarien alaosat
- tukialueet, joihin muodostuu kylmäsiltoja
- laattarakenteen kentät ja yläpinnat tukialueilla.

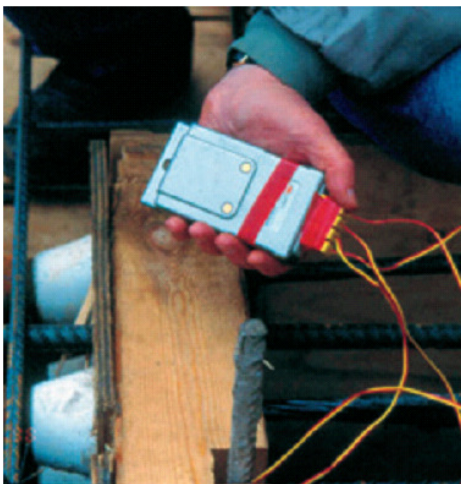
Koska summittainen, silloin tällöin tapahtuva mittaus ei anna riittävää kuvaa betonin lämmönkehityksestä, työmailla ovat yleistymässä lämpötiloja määrääjain taltioivat automaattiset tallentimet eli dataloggerit. Niiden avulla saadaan koko vuorokauden kat-

tava ja tarvittaessa yli viikonlopun ulottuva lämmönkehityskäyrä, josta on luotettavasti laskettavissa saavutettu lujuus.

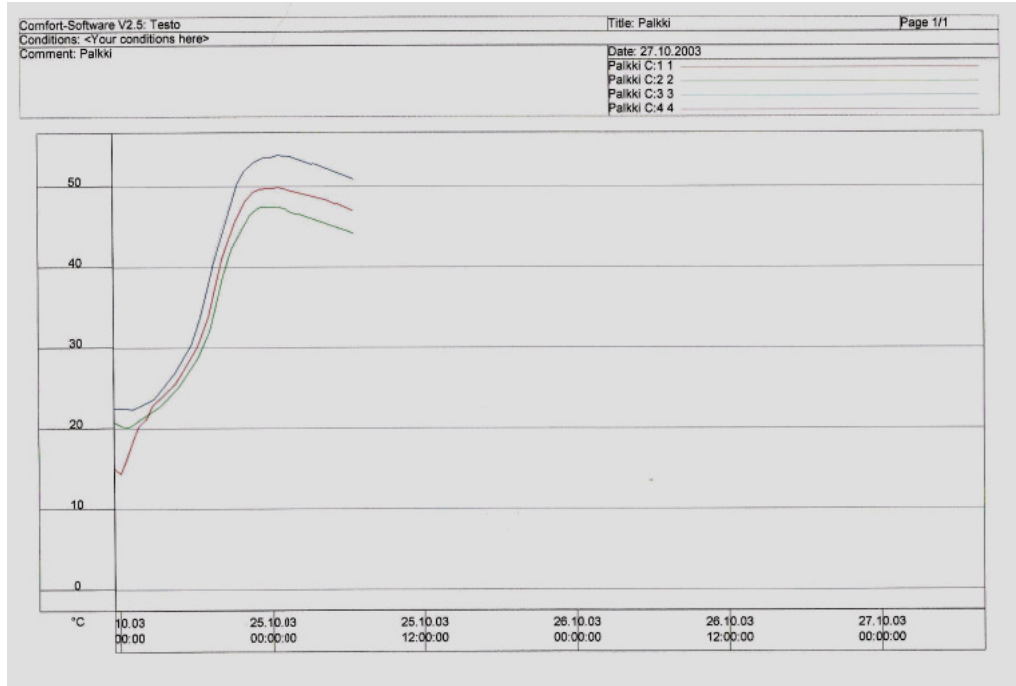
Lämmönmittausanturina käytetään termostaattilankaa, joka kiinnitetään helppoiten raudoitusteräksiin halutulle mittaussyvyydelle. Langan paljastetut päät kierretään toisiinsa kiinni. Niiden tulee olla kosketuksessa betoniin, mutta ei raudoitusteräksiin tai muihin metallisiin osiin. Jos lisälämmityksenä on valittu lankalämmitys, on termostaattilanka asennettava riittävän etäälle vastuslangasta. Tällöin lämpötilan mittaaminen tapahtuu tuoreesta betonista eikä vastuslangasta. Langan päät voidaan suojata ja varmistaa kierrettyjen lankojen yhdessäpysyminen esim. sähköteipillä, joka on mittauksen onnistumisen kannalta tärkeä.

## 15.2 Palkin lämpötilan mittaaminen

Tässä alla on betonipalkin lämpötilanmittauksesta saatuja tuloksia. Lämpötilan seurannassa on käytetty Testo-merkistä (kuva 10) lämpötila tallenninta. Palkki on valettu K 40-betonilla sisätilassa loka- marraskuun vaihteessa 2003. Sisällä valettaessa ei jäämispelkoa ole mutta purkulujuus (siirtolujuus ei 60 %) 1 vrk muottikierros on määräävä. Mittauspisteitä oli kolme. Palkki oli mitoiltaan 800x500x12000. Huomiota kannatta kiinnittää alkulämpötilaan, lämpötilan nousuun sekä lämpötilaeroihin (kuva 11). Aikaisemmin käsittelin kohdassa 12 **betonin lämpökäsittely**, josta voi hyvin todeta että kaksi lämpökäsittelyn kriteeriä täyttyy. Lämpötilan nousu kovettumisvaiheen aikana on suurempi kuin 25 °C tai lämpötila kovettumisvaiheen aikana nousee korkeammaksi kuin +50 °C.



Kuva 12. Testo lämpötila tallennin.



Kuva 13. Betonipalkin mitatut lämpötilat 18 tunnin aikana.

Lämpötilan mittaus alkoi heti valun jälkeen klo 11:34 ja päättyi seuraavana aamuna klo 06:35. Mittauspisteitä oli kolme, syvyydellä 60 cm, 40 cm ja 20 cm betonin pinnasta. Alkulämpötila syvyydellä 20 cm oli 21 °C ja mittauksen päätyttyä 47 °C. Syvyydellä 40 cm alkulämpötila oli 15 °C ja mittauksen päätyttyä 49 °C. Syvyydellä 60 cm alkulämpötila oli 23 °C ja mittauksen päätyessä 54 °C. Palkki oli suojattu pinnalta muovilla ja lämmityksessä käytettiin maakaasulla toimivia infrapunälämmittämiä 3 kpl n. 4 metrin etäisyydellä palkin pinnasta.

### 15.3 Betonin kypsyysian määrittäminen

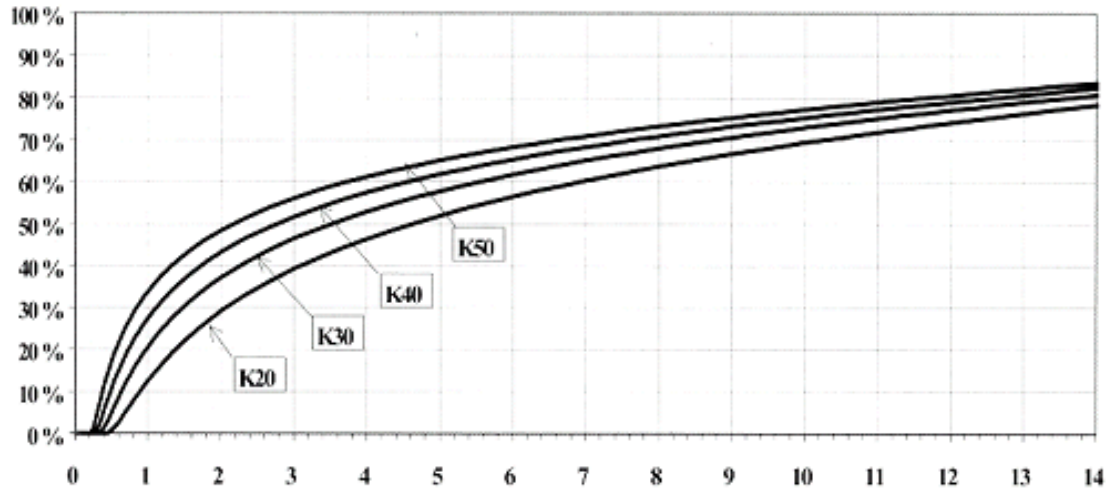
Mitattujen lämpötilojen avulla voidaan lujuudenkehitystä määrittää Sadgroven kaavalla. Kypsyysian  $t_{20}$  kaavalla voidaan betonin todellinen kypsyysikä muuntaa vaihtelevissa kovettumislämpötiloissa vastaamaan ikää +20 °C:n kovettumislämpötilassa.

$$t_{20} = \sum [((T+16\text{ °C})/36\text{ °C})^2 * t]$$

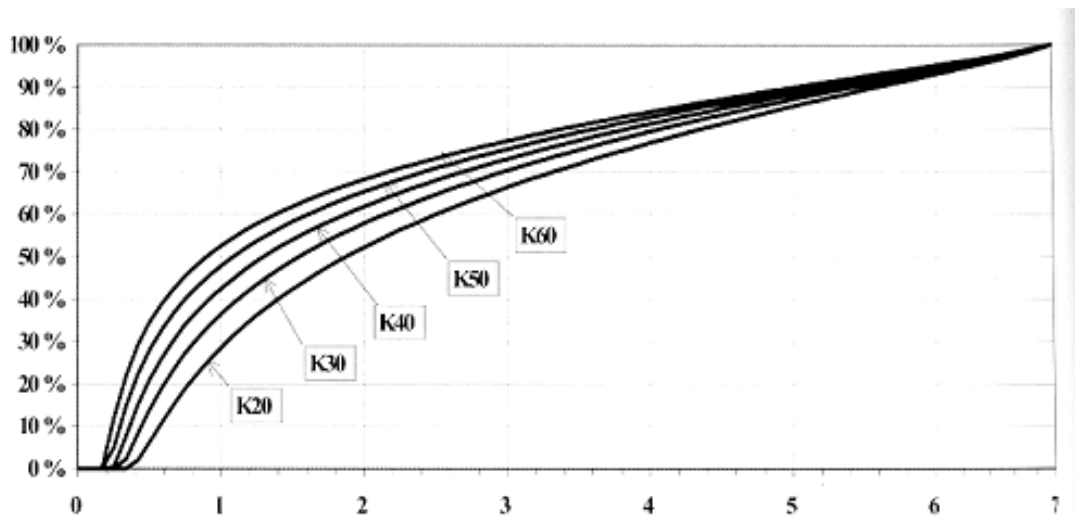
Missä, T on betonin lämpötila aikana t (°C)

t on kovettumisaika (d) (BY 50, 123).

### Normaalisti kovettuva betoni



### Nopeasti kovettuva betoni



Kuva 14. Eri sementeistä valmistettujen betonien lujuudenkehitys kypsyysikänsä funktiona (BY 50, 124).

Jotta palkki saavuttaisi 60 % nimellislujudesta +20 °C:n lämpötilassa, kestäisi normaalilla sementillä 4,5 vrk:ta sen saavuttamiseen. Jos lämpötila nostetaan betonissa +40 °C:n ja pidetään sitä lämmittämällä yllä, niin puolittuu lujuudenkehitykseen tarvittava aika.

$$t_{20} = ((40 \text{ °C} + 16 \text{ °C} / 36 \text{ °C})^2 * t = 4,6d$$

$$t = 4,6d / [((40 + 16) / 36)^2] = 1,9 \text{ d (60 \% nimellislujudesta on saavutettu).}$$

Jos palkin nimellislujuudesta halutaan saavuttaa 60 % vielä nopeammin, niin voidaan sementti vaihtaa rapidiin. Betonin lämpötilaa nostettaessa yli + 40 °C:n on syytä tehdä ennakkokokeita, jotta vältetään rakenteiden vaurioilta (lämpökäsittely).

#### 15.4 Lujuuden toteaminen comameter-kypsyysastemittarilla

Betonin lujuus voidaan työmaaolosuhteissa määrittää likimääräisesti mutta riittävällä varmuustasolla helppokäyttöisellä Comameter-kypsyysastemittarilla. Tuoreeseen betoniin sijoitettuna se näyttää suoraan betonin kypsyysien  $t_{20}$  kovettumisen edistyessä.

Mittarin kapillaariputken nestepatsaasta haihtuu betonissa kehittyvän lämmön vaikutuksesta nestettä. Nestepatsas on sidottu kypsyysikää osoittavaan asteikkoon, josta luetaan betonin kypsyysastevuorokaudet. Lukemia voidaan ottaa useana eri ajankohdana betonin kypsyysien ja lujuuden kehittyessä.

Rakenteessa käytetylle betonille laaditun, +20 °C:ssa tapahtuvan kovettumisen kypsyysikäkäyrän ja mittarista haetun kypsyysien avulla saadaan helposti määritettyä betonin likimääräinen lujuus (Vuorinen 1999, 26.)

#### 15.5 Lujuuden laskenta betoplus-ohjelmalla

BetoPlus-ohjelmassa voidaan hyödyntää työmaalla mitattua, dataloggerin muistiin tallennettua lämmönkehitystietoa ja laskea rakenteen lujuus mittaushetkellä. Koska ohjelmassa käytetään valitun betonilaadun suhteutustietoja, laskennassa pystytään määrittämään rakenteen todellinen lujuus mittauskohdissa parhaalla nykytietämyksen tasolla. BetoPlus-laskenta on siten muita menetelmiä tarkempi ja luotettavampi.

Mitatun lämmönkehityksen sisältävä tiedosto syötetään BetoPlusaan ASCII-muotoisena. Ohjelma kysyy tämän jälkeen halutun laskenta-ajan ja käytetyn betonin suhteutustiedot. Laskennan tuloksena saadaan näytölle lämmönkehityskäyrät ja näitä vastaava todellinen betonin lujuus. Menetelmä on nopea: dataloggerin lämpötilatiedoston tallennuksesta lujuudenlaskentaan kuluu käytännössä vain kymmenisen minuuttia. Jos tiedosto lähetetään sähköisesti esimerkiksi sähköpostin välityksellä lujuuslaskennan suorittavalle henkilölle, tulokset saadaan vajaan tunnin kuluessa. BetoPlus-palvelua tarjoaa Lohja Rudus (Vuorinen 1999, 25.)

## 15.6 BetoPlus-ohjelman hyödyntäminen ennakkosuunnittelussa

BetoPlus-palvelun tavoitteena on löytää kokonaistaloudellinen ratkaisu rakenteen toteuttamiseksi. BetoPlus-ohjelma toimii Lohja Rudus Oy Ab:n betonisuhteituksilla, joten BetoPlus-palvelu laskee vain yhtiön asiakkaiden betonointikohteita. Laskelmien pohjaksi tarvitaan vähintään seuraavat lähtötiedot:

- rakenteen suunnittelulujuus betonisuhteituksen arvoja varten
- rakenteen mitat ja muoto
- ympäröivät rakenteet
- muottityyppi ja – kierto
- eristeet ja suojaus
- arvio sääolosuhteista (lämpötila ja tuuli)
- mahdollinen lisälämmitys
- haluttu muotinpurkulujuus tai lämpötilarajoitukset  
(Valmisbetonihinnasto 2009)

## 15.7 Muita lujuudenkehityksen seurantamenetelmiä

Betonin lujuuden seurannassa voidaan ja on hyväkin tehdä valun yhteydessä olosuhdekappaleita, joita säilytetään valua vastaavissa olosuhteissa. Olosuhdekappaleita voidaan puristaa hyväksytyssä koestuslaitoksessa heti, kun on tarvetta saada jonkinlaista tietoa betonirakenteen lujuudesta. Olosuhdekappaleesta ei kuitenkaan voida tehdä suoria johtopäätöksiä, vaan ne toimivat lähinnä suuntaa antavina tuloksina.

Betonirakenteesta voidaan myös selvittää lujuus kimmovasaran avulla. Kimmovasaran käytössä on syytä olla henkilö, joka on käyttänyt laitetta aikaisemminkin, koska väärin käytettynä laite antaa väärää tietoa lujuudesta.

Rakennekoekappaleella betonirakenteesta saadaan varma lujuus, mutta rakennekoekappaleilla ei normaalisti suoriteta tavanomaista lujuuden seurantaa.

Rakennekoekappale on kuitenkin tarpeen ottaa rakenteesta, jos on syytä olettaa tapahtuneen vaurioita rakenteessa tai on saatava täysi varmuus lujuudesta.





Kuva 15. Kimmovasara

## 16 TALVIBETONOINTIVIRHEITÄ

Talvibetonoinnissa on lukuisia mahdollisuuksia tehdä virheitä. Suuret virheet ja epäonnistumiset aiheuttavat kovettuvaan rakenteeseen vaurioita, jotka tulevat yleensä ilmi muotteja purettaessa tai jonkin ajan kuluttua muotin purusta.

Talvibetonoinnin yhteydessä todettuja vakavia virheitä, jotka ovat vaarallisia myös työturvallisuuden kannalta, ovat seuraavat:

- Laiteviat ja alimitoitettu lämmitys, joita ei ole huomattu puutteellisen lämpötilaseurannan takia. Seurauksena on ollut muotteja purettaessa paikallisia pintaosien lohkeamia ja putoamisia sekä vaakarakenteiden taipumia.
- Epätasainen lämmitys, jolloin osissa rakennetta lämpötilat voivat olla huomattavan korkeita ja joissakin osissa alimmillaan jopa pakkasen puolella. Lämpötilat ovat alhaisia yleensä rakenteen reunaosissa ja kylmäsilloissa, kuten seinien ja pilarien alaosissa. Rakenteen keskellä lämpötilat voivat taas olla huomattavan korkeita.

- Lämpösuojaus on huono tai se ei pysy paikallaan. Seurauksena on alhaiset lämpötilat ja hidas lujuudenkehitys erityisesti pintaosissa. Paikoitellen betoni on päässyt jopa jäätymään.
- Massan lämpötila on suunniteltua selvästi alhaisempi. Virhe on esiintynyt kuuma-betonia käytettäessä lähinnä silloin, kun toimitusmäärät ovat suuria ja toimitusrytmi nopea. Seurauksena on ollut, että betoni ei ole saavuttanut muotipurkujuutta suunnitellussa ajassa. Joskus rakennetta on jouduttu myös lisälämmittämään.
- Betonin lujuudenkehitystä ei ole tunnettu tarpeeksi hyvin. Kysymys on tällöin ollut lisäaineiden yhteiskäytöstä nopean muottikierron yhteydessä. Betoni ei ole saavuttanut tällöin suunniteltua lujuutta suunniteltuun muotipurkuajankohtaan mennessä.
- Perustan valu tapahtuu jäätyneen maan päälle. Betonin lämmön sulattaessa maan perustan alta seurauksena on ollut perustan painumisia ja alaosasta tapahtuvia murtumia.
- Muotteja ei ole puhdistettu lumesta. Virhe esiintyy lähinnä seinä pilarimuottien alaosissa. Virheen seurauksena pilarin ja seinän alapäässä voi olla suuria koloja ja onkaloita. Joskus seinän tai pilarin alapää on ollut vain raudoituksen varassa.
- Muottien tukeminen jäätyneen maan varaan. Lämmitettäessä alapuolelta muottien perusta on sulanut ja alkanut painua. Seurauksena on ollut yleensä rakenteen painumia, jotka ovat olleet joskus huomattavia. Harvemmin rakenne on sortunut. Muottien perustan painumisia on esiintynyt myös keväisin, kun muotit on tehty talvella mutta valu keväällä, jolloin perustan sulamisen on aiheuttanut ulkolämpötilan nousu.

Pystyrakenteiden kaatuminen tai vaakarakenteiden sortuminen on erittäin harvinaista. Betoni on tällöin päässyt jäätymään varhaisvaiheessa rakenteen kantavuuden kannalta tärkeältä alueelta tai betonin lujuus on ollut tällä alueella lähes olematon. Kysymyksessä on betonoinnin totaalinen epäonnistuminen, johon ovat vaikuttaneet useat tekijät yhdessä. Tällaisia tekijöitä ovat lämmityksen rikkoutuminen ja lämmityksen, suojauksen puuttuminen ja lämpötilan yllättävä ja nopeasti tapahtunut suuri lasku.

Betonin jäätyminen ennen jäätymislujouden saavuttamista aiheuttaa lujuuskatoa, vaikka betoni olisi säilytetty normaaleissa olosuhteissa jäätyksen jälkeen. Lujuuskadon suuruus riippuu paitsi betonin koostumuksesta, myös jäätymisajankohdasta ja -nopeudesta. Tämän takia jäätyneen betonin loppulujuus tulee aina selvittää rakennekoekappaleilla.

Pahassa alilämmitystapauksessa ulkolämpötilan ollessa alhainen, voi betoni jäätyä aikaisessa vaiheessa. Jäässä olevalla betonilla, vaikka sen jäätyshetkellä oleva todellinen lujuus olisi kuinka pieni tahansa, on melkoinen jäätymisestä aiheutuva lisälujuus, joka jään sulaessa katoaa. Tämä jäätymisestä aiheutuva **ns. valelujuus** voi olla jopa 10–30 MPa. Erittäin vaaralliseksi betonin jäätyminen voi koitua silloin, kun betonin jäätymistä ei huomata.

Käytännössä betonin jäätyminen laajoilta alueilta on erittäin harvinaista. Jäätymistä esiintyy yleensä rajoitetuilla reuna-alueilla ja pintaosissa.

Tavallisia talvibetonointivirheitä, jotka heikentävät rakenteen laatua ja huonontavat sen säilyvyysominaisuuksia, ovat seuraavat:

- Paikallinen ylilämmitys, jolloin betonin pintaosat "paistuvat". Seurauksena on pintaosissa hilseily ja verkkohalkeilu sekä betonin säilyvyysominaisuuksien huononeminen. Korkea lämpötila aiheuttaa myös lujuuskatoa.
- Halkeilu, jonka syynä on tavallisimmin liian suuret lämpötilanmuutokset ja lämpötilaerot. Suuret lämpötilamuutokset ovat tavallisia muotipurkuhetkellä rakenteen lämpötilan ollessa korkea. Tällöin ohut rakenne jäähtyy nopeasti ja mikäli rakenne ei pääse vapaasti liikkumaan, muodostuu rakenteeseen sen kutistuessa niin suuria vetojäännityksiä, että halkeamia muodostuu. Tavanomaisia paikkoja joihin halkeamia syntyy muotteja purettaessa, ovat sen anturan tai kallion varaan perustetut seinät. Suuria lämpötilaeroja muodostuu massiivisissa rakenneosissa, jos ne ovat pintaosista huonosti suojattuja. Syntyvät halkeamat ovat pintahalkeamia (Pitkänen 2008, 17–19.)

## 17 TALVIBETONOINNIN TYÖTURVALLISUUS

Talvibetonoinnin työturvallisuuden kannalta riskien tiedostaminen on keskeistä. Kun riskit ovat tiedossa, nämä voidaan ottaa huomioon suunnittelussa ja työn suorituksen eri vaiheissa.

Eryteisesti talvibetonoinnin työturvallisuuteen liittyviä tavanomaisia riskitekijöitä ovat

- putoamissuojauksen laiminlyönti (kaiteet, tarraimet )
  - tikkaiden liukuminen
  - lumen aiheuttama muottipintojen liukkaus
  - kulkuteiden liukkaus
  - riittämätön valaistus
  - laitteiden toimintahäiriöt
- (Pitkänen 2008, 19.)
- raskaiden muottien huolimaton / puutteellinen pystytys (lumen, jään päälle).
  - lumen alle jätetyt tavara ja erityisesti liukkaat tavarat (muovit, vanerit),
  - puutteellinen vaatetus (pukeutuminen talvisesti ei kesävaatetuksella töihin),
  - puutteellinen suojarahustus (kypärä, lasit, hanskat mahdollisesti saappaat)

Betonin lujuudenkehitykseen liittyviä riskitekijöitä ovat

- betonin jäätyminen
  - liian aikainen muottien purkaminen
  - liian alhainen lujuus kylmäsilloissa
  - puutteellinen lämmitys, katkokset lämmityksessä, epätasainen lämmitys
- (Pitkänen 2008, 19.)
- puutteellinen tai kokonaan tekemättä jätetty betonointityösuunnitelma.
  - tilattu tai toimitettu väärä betoni laatu



Kuva 16. Turvallinen työmaa. Lumen alle ei ole jäämässä turhia tavaroita.



Kuva 17. Tapaturma-altis työmaa työskentelyn ja liikkumisen puolesta.

## 18 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ TALVIBETONOINNISTA

Omat kokemukseni talvibetonoinnista on lähinnä elementtitehtaan sisätiloissa tapahtuneista valuista, joissa olen toiminut 1-luokan betonityönjohtajana 11 vuotta sekä 1-luokan valmisbetonityönjohtajana 8 vuotta. Kuten edellä olen todennut, on muottikierto elementtitehtaissa pääsääntöisesti 1 vuorokausi, joka talviaikana vaatii samoja toimenpiteitä kuin ulkona tapahtuva betonointi. Jotta muotinpurkulujuus saavutettaisiin, on betonia lämmitettävä ja jälkihoidettava muovilla valun jälkeiseen seuraavaan aamuun. Tämän lisäksi voidaan lujuudenkehitystä nopeuttaa nostamalla lujuusluokkaa. Kuumabetonin käyttö oli myös usein käytetty vaihtoehto betonoitaessa, näin saatiin betonin lämpötila nopeasti + 40 °C:n tuntumaan. Kohdassa 15.3 betonin kypsyysian määrittäminen, totesin, että lämpötilaa nostamalla 40 °C:een voidaan lujuudenkehitykseen vaikuttaa huomattavasti.

Valmisbetoni tuotannossa ja myynnissä tuli usein esille seuraavia asioita liittyen talvibetonointiin. Valmisbetonin myynnissä usein käsitteet ja betonin vaatimukset tuoreen ja kovettuneen betonin osalta menivät aivan sekaisin tilaajilta. Ammattirakentajat tuntevat kohtalaisen hyvin betonit, joita he ovat tottuneet käyttämään. Itselläni on asiaan myös hieman kriittisempi näkemys. Pakkasbetonin käyttörajoitteita ei tunneta tai niistä ei välitetä niistä, koska oli aivan selkeä piikki kun ilmanlämpötila laski yli -5 °C:n, niin pakkasbetonin kysyntä lisääntyi huomattavasti. Pakkasbetonia voidaan käyttää rasitusluokissa X0, XC1, XC 2 ja XC 3 (ks. RakMK B4/Betoninormit BY 50, 104). Uskoisin, että ilman näitä edellä mainittuja kirjoja ei monikaan tämän kohdan lukeneista osaa sanoa, mihin Pakkasbetoni soveltuu.

Pakkasbetonia ja pakkasenkestävää (säänkestävää) betonia ei tule sekoittaa toisiinsa. RakMK:n osan B4 ja betoninormit BY 50:n mukaan pakkasbetonia ei saa käyttää rakenteissa, joille on määritetty rasitusluokka XS 1/2/3, XD 1/2/3, XF 1/2/3/4 tai XA 2/3. On tiedettävä nämä rasitusluokat, joihin pakkasbetoni ei sovellu. Itse osaan katsoa rasitusluokan, mutta sallitun sementin varmistan aina betoninormeista BY 50. Pakkasbetoni ei sovellu käytettäväksi suolarasituksen (XS), pakkassuolarasituksen (XD) tai kemiallisen rasituksen (XA) alaisissa rakenteissa. Pakkasbetonia ei myöskään tule käyttää kohteissa, joissa rakenteelta vaaditaan pakkasenkestävyyttä (XF) (säänkestävyyttä).

Pakkasbetoni ei ilman lisälämmitystä sovellu nopeaa lujuudenkehitystä vaativiin kohteisiin alle 0 °C:n lämpötiloissa. Pakkasbetonin lujuudenkehitys hidastuu selvästi kovettumislämpötilan laskiessa alle -5 °C:n ja **pysähtyy** käytännössä lämpötilavälillä -10 °C...-15 °C.

Väärin valittu tai käytetty betonilaatu talvi- tai kesäaikaan ei useimmiten anna heti merkkejä myöhemmin ilmenevistä ongelmista. Ongelmat saattavat siirtyä vuosia eteenpäin ja niiden selvittäminen ja korjaaminen on työlästä ja kallista, riippuen ongelmien laajuudesta. Kun paikassa, jossa on vaatimuksena esim. säänkesto (pakkasenkestävyys), on käytetty betonia joka ei ole ollut huokostettua, niin seurauksena voi olla rapautuminen tai pinnoitteiden huono kiinni pysyminen.

Onnistuneeseen betonoinnin lopputulokseen pääseminen edellyttää, että ymmärretään kovettuneen ja tuoreen betonin vaatimukset. Jos esimerkiksi **kovettuneella betonilla** on **pakkasenkestävyys vaatimus**, niin **pakkasbetonia ei voida käyttää**. Myös ilman lämpötila on asia, joka on tarvittaessa huomioitava tilatessa tuoretta betonia. Yleisemmän vaihto rapidsementtiin on perusteltua, koska näin voidaan vaikuttaa varhaislujuuden kehitykseen, joka on talvibetonoinnissa tärkeää (jäätymislujuus 5MN/m<sup>2</sup>). Tämän talvibetonointityön ja työohjeen on tarkoituksena olla yhdessä selkeyttävä apuväline työmaan käyttöön. Opinnäytetyön puutteet tai epäselvyydet selviävät vasta pidemmän käytön jälkeen, jolloin on syytä katsoa, mihin suuntaan työohjetta aletaan kehittää. Mahdollisesti, jos opinnot vielä myöhemmin jatkuvat, on varmaankin syytä tehdä opinnäytetyö juuri saatujen käytännön tulosten pohjalta.

## LÄHTEET

- RIL. 149–1983. Betonityöohjeet, Betonointi, Talvibetonointi, Korjaus ja paikkaus. Tämä julkaisu on uudistettu laitos RIL:n sarjassa aikaisemmin ilmestyneestä ohjeesta RIL 49, 50, 51. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry.
- Ihanamäki, J., Rajala, R., Uusitalo, J. & Valin O. 1990. Betonityöt. BY 205 Suomen Betoniyhdistys ry.
- Jääkarhu. Semtu Oy. Saatavissa: <http://www.semtu.fi/?1;2;6700;6700;501.html> [Viitattu 21.2.2010]
- Pitkänen, P. 2008. Talvibetonointi. 1-luokan betonityönjohtajan pätevyyskoulutus 2. jakso 9.-11.12.2008. Helsinki
- Sementti-opas. Finnsementti Oy. Saatavissa: <http://www.finnsementti.fi/sementti-opas.pdf> [Viitattu 29.1.2010]
- Suomen Betoniyhdistys ry. 2004. Betoninormit BY 50. 240 s. + liitteet 23 s.
- Sää. Suorakanava Oy. Saatavissa: <http://www.rakentaja.fi/index.asp?=/saa/> [Viitattu 20.2.2010]
- Tiehallinto. 2008. Siltabetonien P-lukumenettely. Helsinki.
- Valmisbetonihinnasto 2009. Rudus Oy. Saatavissa: <http://www.rudus.fi/fi/Toimialat/Valmisbetoni/Esitteet%2c+hinnastot+ja+julkaisut/Esitteet+ja+ohjeet/> [Viitattu 2.1.2010]
- Vuorinen, P. 1999. Talvibetonointi. Kestävä Kivitalo-projekti. Suomen Betonitieto Oy.



Marko Harinen

**TALVIBETONOINNIN TYÖOHJE**

2010

## JOHDANTO

Tämän ohjeen tarkoituksena on toimia työmaan tarkastuslistana talvibetonointitöiden valmistelussa sekä töiden toteuttamiseen. Ohjeessa käydään järjestelmällisesti lyhyin kertauksin eri talvibetonointi vaiheet ja niihin liittyvät tärkeät asiat läpi.

## TALVIBETONOINNIN TYÖVAIHEET

### 1. Työn suunnittelu

- Alustava aikataulu suunnitelma betonoinnille sekä mahdolliset varapäivät
- Tarvittava henkilöstömäärä työn toteutukseen
- Betonointityönjohtajan /-johtajien nimeäminen
- Alustava muottikierto / muottien purkunopeus
- Jos oma muottikalusto: tarkista määrä ja kunto
- Tarkista suunnitelmista käytettävä / käytettävät betonilaadut ja sementti
  - Normaalisti kovettuva betoni
  - Nopeasti kovettuva betoni (rapid)
  - Kuumabetoni
  - Pakkasbetoni (tarkista rajoitukset BY 50, 104).
- Työmaan käytössä olisi ehdottomasti oltava BY 50 Betoninormit 2004

### 2. Työn valmistelu

- Betonoinnin aloituskokous
  - Valmisbetonitoimittaja paikalle,
  - Betonityönjohtaja / -johtajat ja
  - Tarvittaessa rakennussuunnittelija
- Laadunvalvonnasta sopiminen BY 50
- Tarkennetaan rakennussuunnittelijalta mahdollisten työsaumojen sijoittaminen
- Yhteyshenkilöiden tiedot ylös (valmisbetoniasema, työnjohtaja rak.suunnittelija)
- Tarvittaessa sovittava vara-asemasta (missä, mikä valmius nopeaan siirtoon)
- Tarkennetaan käytettävä betoni
- Tarkennetaan betonin suojaus + mahdollinen lämmityksen tarve

- Lankalämmitys
- Kuumailmalämmitys
- Infrapunälämmitys
- Muotinlämmitys
- Tarkennetaan mahdollinen valaistuksen tarve
- Nimetään valuryhmä / henkilöt ja varahenkilöitä
- Muottiensuojaus ennen valua + mahdollinen lämmitys
- Suunnitellaan betonoitavan rakenteen lämpötilaseuranta ja sen tarve (purkulujuus)
  - Nimetään vastuuhenkilö / -henkilöt lämmönseurantaan
- Tarvittavat suojavaarusteet henkilöstölle (saappaat, hanskat, silmäsuojat jne)
- Sovi sellainen valutapa, että turhia siirtoja on mahdollisimman vähän eli betoni mahdollisimman suoraan valettavaan paikkaan / muottiin. Syyt:
  - Betonin lämpötila laskee turhilla siirroilla
  - Häiriöt saattavat lisääntyä

### 3. Työnsuoritus

- Varmista ettei muoteissa ole lunta tai jäätä reilusti ennen valun alkua
- Lämmitä muottia ja raudoitusta jo ennen valua jos mahdollista
- Betonityönjohtaja tarkastaa raudoituksen ennen valua
- Muottien tuet / tukirakenteet tarkastettava
- Betonin saapuessa tarkista kuormakirja (mitä on auton kyydissä)
  - Kun betonin laatu on todettu oikeaksi, voi valu alkaa
- Betonoinnin alettua toimitaan johdonmukaisesti ja nopeasti
  - Työtehtävät on sovittu selkeästi ennen työn alkua
  - Tarvittavat välineet on lähellä / saatavilla
- Betonin laadun valvontaa on tehtävä myös betonoinnin aikana. Jos huomautettavaa on, ilmoitettava välittömästi toimittajalle.
- Mittavissa valuissa kylmällä valuhenkilöiden vaihto tarvittaessa (varahenkilöt)
  - Työ nopeutuu
  - Virheet vähenevät
  - Työturvallisuus paranee
- Valetun betonin suojaus + lämmitys heti kun mahdollista= jälkihoito.
  - Lämmittimet testattu ja varalaitteet hankittu

- Suojapeitteet valmiiksi asennettu valun lähelle
- Työturvallisuus lämmityslaitteiden kanssa huomioitava
- Betonointipöytäkirjan ylläpito

#### 4. Betonoinnin jälkeisiä tehtäviä

- Tarkkaillaan lämmityskaluston toimintaa
  - Henkilö lämmitykseen nimetty
  - Häiriöt (laitteiden rikkoutuminen)
- Lämpötilan seuranta, automaattiset tallentimet eli dataloggerit
  - Seurannassa voidaan hyödyntää tietokonetta
- Betonointipöytäkirjan ylläpito (BY 401)
  - Betonointityönjohtaja /-johtajat
  - Lämpötilat rakenteessa
  - Ilman lämpötilan seuranta

#### 5. Muottien purku

- Varmistetaan rakenteenlujuus (purkulujuus) 60 % nimellislujuudesta
  - Lämpötilamittausten pohjalta
  - Koekappaleilla
  - Olosuhde koekappaleet
  - Rakennekoekappale (lähinnä kun laatua epäillään)
  - Kimmovasara

#### 6. Purkulujuuden varmistuttua

- Jos ei tarvetta muotin purkuun / tukirakenteille, älä pura
  - Suojaavat rakennetta
  - Toimii hyvänä jälkihoitona
- Jos tukirakenteet puretaan kun 60 % nimellislujuudesta on saavutettu niin muista
  - Ei rakenteiden liiallista kuormitusta

RAKENNUSTIETÖT

by 401

maaliskuu 2005  
korvaa by 401 v. 1993  
1(4)

BETONOINTIPÖYTÄKIRJA

by

Urakoitsija Betoni Oy Työmaa Palkki  
Pirustusnumero (valulohko) Rak 201 (4) Tilavuus (bet m<sup>3</sup>), laskettu 600  
Betonyönjohtaja Matti Mäki Tilavuus (bet m<sup>3</sup>), toteutunut 620  
Valulohkon suunniteltu käyttöikä  50 v  100 v  200 v  muu, mikä? \_\_\_\_\_

1 MUOTIT

1.1 Betonipinnan luokka (by40) MUK luokka A  
1.2 Muottipinta ja muottijärjestelmä Vaneri / Suurmuotti  
1.3 Muottien tarkastus  tiiviys  telineet  saumat  varaukset  työsaumat  
Allekirjoitus ja nimenselvennys Matti Mäki

2 RAUDOITUS

2.1 Jatkos-, tartunta- ja ankkurointipituudet  2.2 Metalliosat  2.3 Taivutukset   
2.4 Betonipeite 35 mm 38 mm  
nimellinen tarkastettu (min)  
2.5 Väliketyyppi ja malli ABT 37 2.6 Tuenta (by50:4.2.3.3) välikkeillä  
2.7 Raudoitusta on hitsattu työmaalla   
2.8 Raudoituksen vastaanottotarkastus, kuitatut kuormakirjat pöytäkirjan liitteenä   
Allekirjoitus ja nimenselvennys Matti Mäki

3 BETONI

3.1 Lujuus- ja rakenneluokka, suunniteltu C 32/40 valittu C 32/40  
3.2 Rasitusluokka (by50:3.2) piirustuksista  
 XO  XC 2  XC 3  XC 4  
 XC 1  XS 2  XS 3  
 XS 1  XD 2  XD 3  
 XD 1  XF 2  XF 3  XF 4  
 XF 1  XA 2  XA 3  
 XA 1  
3.3 Ilmamäärä, nimellinen 4-6 % 3.4 P-lukuvaatimus<sup>1)</sup> \_\_\_\_\_ 3.5 F-lukuvaatimus<sup>1)</sup> \_\_\_\_\_  
3.6 Käyttöikämitoitus tehty

<sup>1)</sup> by50:4.1.1.5

by 401

Betonointipöytäkirja

2

| Mitattu ilma-<br>määrä % | Betoniannos tai<br>kuormakirjan numero | Mitattu ilma-<br>määrä % | Betoniannos tai<br>kuormakirjan numero |
|--------------------------|--|--------------------------|--|
| 6                        | 1234                                   | 5                        | 1235                                   |
| 5                        | 1236                                   | 5                        | 1237                                   |

## 3.7 Suurin raekoko

 12 mm  16 mm  20 mm  32 mm  muu, mikä \_\_\_\_\_

## 3.8 Notkeus (by50:taulukko 4.5), nimellinen \_\_\_\_\_

 S1  S2  S3  S4  S5  
 C0  C1  C2  C3  
 F1  F2  F3  F4  F5  F6

| Mitattu<br>notkeus | Betoniannos tai<br>kuormakirjan numero | Mitattu<br>notkeus | Betoniannos tai<br>kuormakirjan numero |
|--------------------|--|--------------------|--|
| S2                 | 1234                                   | S2                 | 1235                                   |

 painuma  vebe  tiivistyminen  leviämä  muu, mikä \_\_\_\_\_
3.9 Lisäaineet  hidastin  kiihdytin  injektointiaine  huokostin
 notkistin  nesteytin  tehonotkistin  tiivistysaine

 muu, mikä \_\_\_\_\_

 itsetiivistyvä betoni
Käyttöselosteen numero ja aineen nimi BY 1B- \_\_\_\_\_ CE-merkki 3.10 Sementti, lujuus- ja nopeusluokka  32,5  32,5R  42,5  42,5R  52,5  52,5RSementtityyppi (by50:taulukko 4.2)  CEM I  CEM II A  CEM II B  CEM III3.11 Erikoisominaisuus  LH  SR  muu, mikä \_\_\_\_\_3.12 Seosaineet (by50:7)  silika \_\_\_\_\_ %  lentotuhka \_\_\_\_\_ %
 masuunikuona \_\_\_\_\_ %  muu, mikä \_\_\_\_\_ %

## 3.13 Betonin toimittaja Talon Betoni Oy \_\_\_\_\_

Yhteyshenkilö Jussi Niemi \_\_\_\_\_ puhelin 0234 098547

3.14 Erityisvaatimukset: kulutuksenkestävyysluokka (by 45) \_\_\_\_\_  vesitiiviys3.15 Täivutusvetolujuusvaatimus (tarvittaessa) \_\_\_\_\_ Mpa  Muu, mikä \_\_\_\_\_

## 4 BETONOINTI (by50:4.2.4.4)

4.1 Betonointi alkoi (pvm) 1.2.2010 klo 8.00 päättyi (pvm) 1.2.2010 klo 15.30

4.2 Suurin sallittu valutauko (min) 15

Valutaukokohdat 9.00 12.00 13.30  Merkitty piirustukseen4.3 Betonointinopeus m<sup>3</sup>/h n.904.4 Nousunopeus m/h \_\_\_\_\_ tai etenemä m<sup>2</sup>/h \_\_\_\_\_

by 401

Betonointipöytäkirja

3

- 4.5 Betonointikalusto (kpl)  pumppu  nostoastia  dumperi  hihna  
 kottikärryt  muu, mikä \_\_\_\_\_
- 4.6 Tiivistämiskalusto  sauva  tärypalkki  muottitärytys  
 itsetiivistyvä  muu, mikä \_\_\_\_\_

Jälkitärytyskohdat \_\_\_\_\_  Merkitty piirustukseen

- 4.7 Betoniannoksia (kuormia) suunniteltu 100 kpl, toteutunut 103 kpl

Kuormakirjat ovat tämän pöytäkirjan liitteenä.

- 4.8 Ilman lämpötila alussa -2 °C lopussa -1 °C

- 4.9 Betonimassan lämpötila toimitettaessa 30 °C  lämpötila merkitty kuormakirjoihin  
 peitettäessä 15 °C (käytä tarvittaessa taulukkoa alla)

Mittauspisteet merkitty piirustuksiin.

| Mittauspiste | klo 16.00 | klo 19.00 | klo 23.00 | klo 02.00 | klo 05.00 | klo 07.00 |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1            | 15,0      | 22,0      | 31,0      | 35,0      | 34,0      | 28,0      |
| 2            | 20,0      | 24,0      | 34,0      | 38,0      | 38,0      | 32,0      |
| 3            | 18,00     | 27,0      | 37,0      | 43,0      | 36,0      | 32,0      |
| 4            | 22,05     | 26,0      | 38,0      | 45,0      | 39,0      | 32,0      |
| 5            |           |           |           |           |           |           |
| 6            |           |           |           |           |           |           |
| 7            |           |           |           |           |           |           |
| 8            |           |           |           |           |           |           |
| 9            |           |           |           |           |           |           |

- 4.10 Betoni lämpökäsittellään  Menetelmä \_\_\_\_\_

- 4.11 Betonityökunta (yhteensä) 5, massan vastaanottajia 1, valajia 2, täryttäjiä 2  
 hierontajiä 2, jälkityöt 2, apumiehiä 1, muita, mitä \_\_\_\_\_

- 4.12 Työtunnit suunniteltu \_\_\_\_\_ h, toteutunut \_\_\_\_\_ h

4.13 Sääolosuhteet<sup>2)</sup>

|                  | piivistä                            | tiuku                    | sade                     | auringon-<br>paiste      | tuulista                 | lämpötila    |
|------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|
| klo <u>16.00</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <u>-1</u> °C |
| klo <u>19.00</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <u>-3</u> °C |
| klo <u>23.00</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <u>-4</u> °C |
| klo <u>02.00</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <u>-6</u> °C |
| klo <u>05.00</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <u>-6</u> °C |
| klo <u>07.00</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <u>-4</u> °C |

<sup>2)</sup> merkitään tarvittaessa myös valun jälkeen

Valupaikka suojattu tuulelta  kyllä  ei  
 Valupaikka suojattu sateelta  kyllä  ei

by 401

Betonointipöytäkirja

4

## 4.14 Havainnot valun aikana

- Betoni oli ajoittain hiukan liian notkeaa.
- Betonityökunta oli erittäin väsynyt valun lopussa.

## 5 TYÖMAAKOEKAPPALEET

Tunnistustestaus (by50:6.3.2.6)

5.1 Normikoe-kappaleet: Tekijä JH Määrä 12  Vertailulujuuslaskelma liitteenäKoetusikä  3 vrk  7 vrk  28 vrk  91 vrk  muu, mikä \_\_\_\_\_Koe-kappaleiden tunnuksset 1a, 1b, 1c, .....5.2 Muut koe-kappaleet Olosuhde tarkoitus valvojan pyyntö

## 6 JÄLKITYÖT

6.1 Pinnan hierto  Hierron aloitus klo 16.00 Hiertotyön kesto (h, min) 1h6.2 Jälkihoitotapa  kastelu kastelumenetelmä \_\_\_\_\_ Jälkihoitoaine 1 Aineen nimi Suoja-Parmix, levitys alkoi klo 17.00 Jälkihoitoaine 2 Aineen nimi \_\_\_\_\_, levitys alkoi klo \_\_\_\_\_Levitystapa Ruisku, levityskerrat \_\_\_\_\_ Muu, mikä \_\_\_\_\_6.3 Jälkihoitoaika (by50:4.2.4.5) 7vrk  laskelma liitteenä6.4 Jäätymislujuus (5 Mpa) saavutettu pvm 2.2.2010 klo 05.006.5 Muottien purku (by50:4.2.2) purkulujuus 27 MpaPurkulujuus saavutettu pvm 4.2.2010 klo 07.00

Laskelma

 laskelma liitteenä

## 6.6 Jälkituenta

Tuentaväli Ei tarvita  merkitty piirustuksiinPurkulujuus \_\_\_\_\_  laskelma liitteenä

Lomake täytetään tarpeellisilla osin. Lomakkeen tarkoituksena on toimia myös muistilistana ennen betonityöhön ryhtymistä ja edesauttaa rakentajan laadunvarmistusta betonitöiden osalta. Lomake täytetään tavanomaisissa rakenteissa Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa *B4 Betonirakenteet* betonisuunnitelmalle ja betonointipöytäkirjalle asetetut vaatimukset.



## LIITE 3

|               |   |   |
|---------------|---|---|
| <b>betoni</b> | <b>TYÖMAAN ALOITUSKOKOUKSEN<br/>VALMISBETONIN<br/>TOIMITUSSUUNNITELMA</b> | Rakennusteollisuus RT ry,<br>Valmisbetonijaos<br>PL 11 (Unioninkatu 14)<br>00131 HELSINKI<br><a href="http://www.betoni.com">www.betoni.com</a> |
|---------------|---|---|

**RAKENNUSKOHDE**

|               |           |            |
|---------------|-----------|------------|
| Rakennuskohde | Työnumero | Päivämäärä |
|---------------|-----------|------------|

**1. YHTEYSTIEDOT:****1.1 VALMISBETONIN TILAAJA JA  
VALMISBETONITOIMITTAJA****VALMISBETONIN TILAAJA TÄYTTÄÄ:****VALMISBETONIN TOIMITUSOSOITE**

|   |
|---|
| Rakennuskohde   |
| Työmaan katuosoite  |
| Työmaan postinumero ja –toimipaikka                         |
| Betonityönjohtaja / Lattiatyönjohtaja / Valtuutettu tilaaja |
| Betonityönjohtajan puhelin                                  |
| Betonityönjohtajan Sähköpostiosoite                         |

**LASKUTUSOSOITE**

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| Rakennusliike               |               |
| Osoite                      |               |
| Postinumero ja –toimipaikka |               |
| Tilaaajan yhteyshenkilö     |               |
| Asiakasnumero               | Puhelinnumero |
| Sähköpostiosoite            |               |

**MUUTOKSIA VALMISBETONIN SUHTEITUSOMINAISUUKSIIN VOIVAT BETONITYÖNJOHTAJAN LISÄKSI TEHDÄ  
SEURAAVAT TILAAJAN VALTUUTTAMAT HENKILÖT:**

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| Nimi             | Nimi             |
| Puhelin          | Puhelin          |
| Sähköpostiosoite | Sähköpostiosoite |

**VALMISBETONIN TOIMITTAJA TÄYTTÄÄ:****VALMISBETONIN TILAUSKESKUS**

|               |                  |
|---------------|------------------|
| Tilauskeskus  |                  |
| Puhelinnumero | Sähköpostiosoite |

**VALMISBETONIASEMA 1**

|                            |
|----------------------------|
| Valmisbetoniasema          |
| Työnjohtaja                |
| Puhelinnumero              |
| Sähköpostiosoite           |
| Myynti / Tekninen neuvonta |

**VALMISBETONIASEMA 2**

|                            |
|----------------------------|
| Valmisbetoniasema          |
| Työnjohtaja                |
| Puhelinnumero              |
| Sähköpostiosoite           |
| Myynti / Tekninen neuvonta |



## JÄÄKARHU

Pakkasessa kovettuvan betonin lisäaine

### Käyttöalueet

Alentaa betoniveden jäätympistettä. Kovettuminen jatkuu aina -15 °C saakka. Käytettäessä Jääkarhu-lisäainetta betonin lujuus kehittyy vielä -15 °C pakkasessa ilman lämmitystä, saavuttaen CEM II A 42,5 R sementillä jäätymslujuuden noin 2 d:n aikana.

### Käyttöohje

Jääkarhu lisätään valmiiseen betonimassaan. Massan lämpötila +20 °C, ±5 °C. Sekoitusaika n. 3 min. Vesisementtisuhte 0,4 - 0,5. Vähimmäisementsimäärä 400 kg/m<sup>3</sup>. Vedentarvetta vähentävien lisäaineiden käyttöä suositellaan.

**HUOM!** Pakkauksen sisältöä ei saa jakaa, jotta eri aineosien suhteet säilyvät oikeina. Jääkarhu-pakkasbetonia ei saa käyttää rasitusluokissa XD, XS, XF2, XF3 ja XF4. Käyttöä ei suositella ilman erillisselvitystä rasitusluokassa XF1.

### Tekniset tiedot

|                  |                              |
|------------------|------------------------------|
| Raaka-aine       | epäorgaanisten suolojen seos |
| Olomuoto         | valkoinen jauhe              |
| Tiheys           | 2420 kg/m <sup>3</sup>       |
| pH-arvo          | 7,5                          |
| Kloridipitoisuus | ≤0,5 %                       |

### Annostus

4 % sementin painosta, kun ilman lämpötila on +5 °C ... -5 °C  
8 % sementin painosta, kun ilman lämpötila on -5 °C ... -15 °C

### Yhteensopivuus

### Pakkaukset

1 kg ja 16 kg

### Varastointi

Lisäainetta ei saa varastoida palavien nesteiden kanssa. Orgaanisten aineiden kanssa saattaa muodostua palo- ja räjähdysvaara. Katso käyttöturvallisuustiedotetta.

### Käyttöturvallisuus

Lisätiedot käyttöturvallisuustiedotteessa.

### Valmistaja

Semtu Oy

05/2009

## Tuoreen betonin turvallinen käyttö

### VAROITUS!

Tuore betonimassa on erittäin emäksistä PH 12-13 ja voi aiheuttaa ihon ärsytystä ja ihovaurioita.



## Työturvallisuusohjeita:

Ihokosketus tuoreeseen betoniin voi aiheuttaa

- Ihon kulumista, sementti-ihottumaa
- Ihoärsytystä tai allergisen palovamman

- ! Kosketusaajan pidentyessä ihovaurio pahenee.
  - Kemiallinen palovamma voi kehittyä ilman kipua-aihistumista. Ihoon kohdistuva hankaus voi pahentaa tilannetta.
  - ! Jos betonia joutuu saappaalsiin, puhdista saappaat välittömästi ja huuhtele iho huolellisesti puhtaalla vedellä.
  - ! Jos joku ihon alue ja erityisesti silmät joutuvat kosketuksiin betonin kanssa huuhtele kysiset ihoalueet välittömästi puhtaalla vedellä.
  - ! Vaatteet, joihin on imeytynyt kosteutta tuoreesta betonista, tulee vaihtaa ja iho pestä puhtaalla vedellä.
- Myös kovettuneessa betonissa voi olla kovettumisen alkuvaiheessa voimakkaasti emäksistä kosteutta, joka voi aiheuttaa edellä kuvatunlaisia ihovaurioita. Varotoimenpiteet ovat samat kuin edellä on kerrottu.
- Kulumisen ja ilman hiilidioksidin vaikutuksesta kovettunut betoni neutraloituu nopeasti pintaosistaan ja ihoärsytyksen vaara poistuu.
- ! Betonimassa painaa noin 2500 kg/m<sup>3</sup>. Estä rasitusvammat ja käytä sopivia apuvälineitä ja työkoneita jotta voit valaa, tiivistää ja viimeistellä betonivalun rasittamatta itseäsi liikaa ennen kuin betoni ehtii sitoutua (jäykistyä).
  - ! Noudata konevuokraajan antamaa ohjetta koneen ja laitteen käsittelyssä.

## Tunne vaaralausekkeet ja noudata suojautumisohjetta.

Tuoreen betonin käsittelyyn liittyviä vaaratekijöitä:


- R38 Ärsyttää ihoa
- R41 Vakavan silmävaurion vaara
- R43 Ihokosketus voi aiheuttaa herkistymistä

Turvallisuustoimenpiteitä:

- S2 Säilytettävä lasten ulottumattomissa
- S24 Välttävä tuoreen betonin joutumista iholle
- S26 Poiskee silmistä huuhteltava välittömästi runsaalla vedellä (15 min ajan) ja mentävä lääkärin
- S37/39 Käytettävä sopivia suojakäsineitä ja silmien tai kasvojen suojausta



X, Ärsyttävä

 RAKENNUSTEOLLISUUS

Betonikeskus ry  
www.betoni.com



# Ratu

KONE-RATU

07-3034

 Syyskuu 1996  
 1 (7)

## TALVITYÖT JA -KUSTANNUKSET Suunniteluohje

 Vinterarbeter och -kostnader  
 Winter works and costs

### KÄYTTÖTARKOITUS

Tämä suunniteluohje on tarkoitettu apuvälineeksi talven vaikutusten huomioimiseen rakennushankkeen tuotannosuunnittelussa.

### MÄÄRITELMÄT

Töiden talvityölisät

talvella työn tekemiseen sisältyvät työt, joita ovat esimerkiksi talvibetonointiin saman työryhmän tekemänä sisältyvät suojaus- sekä lumi- ja jäätyöt (Talo90)

Talvityöt

erillisenä työvaiheena tehdyt tai tehtävään määrättyjen työntekijöiden suorittamat lumi- ja jäätyöt, lämpösuojaus sekä rakennusten ja runkorakenteiden lämmitys (Talo90)

### SISÄLTÖ

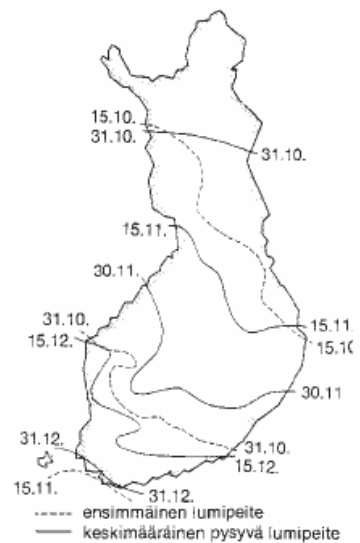
Keskimääräiset talvikustannukset  
 Talvikustannusten muodostuminen  
 Kokonaistyömenekin kasvu  
 Materiaalihukat ja muuttuneet materiaalit  
 Energian tarpeen kasvu  
 Koneiden ja laitteiden muuttunut tarve  
 Rakennusajan kasvu  
 Talvikustannusten määrittäminen  
 Talven kuvaustiedot  
 Työ- ja lisämenekkitiedot  
 Kalusto- ja materiaalimenekkitiedot  
 Energian tarve  
 Talvikustannuksiin vaikuttaminen  
 Hankkeen ajoitus  
 Hankkeen laajuus  
 Tuotantotekniikka  
 Suunnitelmat  
 Hankkeen kesto  
 Sisäinen ajoitus  
 Häiriöihin varautuminen suunnittelussa

### KESKIMÄÄRÄISET TALVIKUSTANNUKSET

Talvikausi on se aika vuodesta, jolloin vuorokautinen keskilämpötila on nollian alapuolella. Etelä-Suomessa talven pituus on keskimäärin 140 vuorokautta. Kun tähän lisätään satunnaiset kylmät jaksot syksyisin ja keväisin sekä huomioidaan työaikaa lyhentävät sopimusperusteiset jaksot, koskevat talvityöjärjestelyt noin puolta vuotuisesta rakennusajasta.

Talvirakentaminen lisää työmenekkiä sekä rakennusmateriaalien kulutusta. Lisäksi tarvitaan enemmän koneita sekä kalustoa ja energiankulutus on suurempi kuin muina vuodenaikoina. Lisätyön vaatima aika voidaan osittain korvata suurentamalla työryhmiä ja lisäämällä yleensäkin resursseja. Useimmiten talvi kuitenkin viivästyttää rakentamista ja aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Kustannuksiin ja lisäresurssien tarpeeseen on syytä varautua suunnitelmalla talvirakentaminen hyvin ja varautumalla häiriöihin.

Tutkimuksissa on saatu hyvinkin erilaisia tuloksia talven vaikutuksista. Tutkimuksille yhteisenä piirteenä on kuitenkin talvilisätyöiden ja -kustannusten riippuvuus rakennustyön aloitusajankohdasta.



Kuva 1. Talven todennäköinen tulo (Talvirakentaminen s. 7)

Taulukko 1. Kerrostalon talvirakentamisen lisäkustannukset prosentteina vastaavista kesäajan rakentamisen kustannuksista. (Talvirakentaminen s. 13)

| Kustannuslajit       | Rakennusvaiheiden lisäkustannukset (%) |               |                    |
|----------------------|--|---------------|--------------------|
|                      | Perustustyövaihe                       | Runkotyövaihe | Sisävalmistusvaihe |
| Työmenekkilisä       | 2,6...2,9                              | 0,6...0,7     | -                  |
| Materiaalilisä       | 1,7...3,7                              | 0,6...1,9     | -                  |
| Energialisä          | 0,9...1,0                              | 1,2...1,4     | 2,8...3,2          |
| Kone- ja kalustolisä | 1,8...2,2                              | 1,2...1,4     | 0,1...0,2          |
| Talvilisätyöt        | 1,6...1,8                              | 0,7...0,9     | 0,2...0,4          |
| Aikakustannuslisä    | 2,0...2,2                              | 1,0...1,2     | -                  |
| Yhteensä             | 13...15                                | 5,5...7,5     | 3,3...3,7          |

### TALVIKUSTANNUSTEN MUODOSTUMINEN

Talvesta rakentamiselle aiheutuvia lisäkustannusten aiheuttajia ovat

- kokonaistyömenekin kasvu
- materiaalihukka ja muuttuneet materiaalit
- energian tarpeen kasvu
- koneiden ja laitteiden muuttunut tarve
- rakennusajan kasvu

#### Kokonaistyömenekin kasvu

Kokonaistyömenekin kasvun talvella aiheuttavat

- töiden talvityöhaitat ja -lisät
- lyhyiden alle tunnin pituisten (TL2) ja pitkien, yli tunnin pituisten (TL3) tuotantokatkosten ja -keskeytysten lisääntyminen
- talvilisätyöt
- työnaikaiset asennukset

Töiden talvityöhaitat aiheutuvat talven työtä hidastavasta vaikutuksesta eli talvitahmeudesta. Talvella on heikommat sää- ja valaistusolosuhteet. Työtä hidastavat alhaisempi lämpötila, lumisade sekä työskentelyalueella oleva lumi ja jää. Talvityöhaitat ilmenevät työsaavutusten pieneneisenä ja työn keskeytysten lisääntymisenä. Töiden talvityötilalla tarkoitetaan Talo90 -nimikkeistön mukaan talvella työn tekemiseen sisältyviä töitä. Näitä ovat esimerkiksi talvibetonointiin saman työryhmän tekemänä sisältyvät suojaus- sekä lumi- ja jäättyöt. Tuotantokatkot ja -keskeytykset lisääntyvät talvella mm. työkoneiden käyttövaikeuksista ja pakkasen rikkomien koneiden aiheuttamista odotuksista.

Talvilisätyöt (Talo90 C8, yleisluoste liite 2:11) sisältävät erillisenä työvaiheena tehty tai tehtävään määrättyjen työntekijöiden suorittamat lumi- ja jäättyöt, lämpösuojauksen sekä rakennusten ja runkorakenteiden lämmityksen.

#### Materiaalihukat ja muuttuneet materiaalit

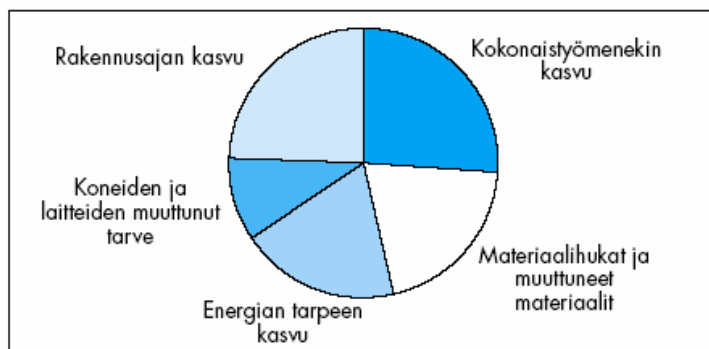
Materiaalikustannukset muodostuvat määrä-, laatu- ja hintakomponentista. Kustannusten suuruuteen talviolosuhteissa vaikuttavat

- materiaalihukan lisääntyminen
- materiaalihintojen kausivaihtelut
- talvella tarvittavat suojamateriaalit
- materiaaleille asetettavat laatuvaatimukset sekä
- muuttuvista materiaaleista aiheutuvat kustannukset.

Materiaalihukka lisääntyy työmaalisän (ML4) ja osittain myös työnvaiheisän (ML3) osalta. Työnvaiheisää esiintyy esimerkiksi muottien purussa, jolloin rakentamiseen kiinni jäänyt muottivara rikkoon tuu helposti. Työmaalisä aiheutuu materiaalin pilaantumisesta ja katoamisesta. Talviolosuhteet lisäävät suoranaista materiaalihukkaa. Tarpeettoman paljon myös kalusto- ja käyttötarvikkeita kuten sähköjohtoja, peitteitä, työkaluja ja muottilukkoja häviää lumen ja jään alle.

#### Energian tarpeen kasvu

Energian talvilisäkustannukset aiheutuvat lisääntyneestä energian kulutuksesta. Energian tarve on erilainen eri rakennusvaiheissa.



Kuva 2. Talvikustannusten muodostumiseen vaikuttavat tekijät (Saarikivi, Kankainen s.15)

Taulukko 2. Talvilisätyöt ja niiden työsisältö

| Talvilisätyöt (Talo90)           | Sisältö   |
|----------------------------------|---|
| C81 Lumi- ja jäättyöt            | lumen luonti, jään poisto ja sulatus erillisenä työnä rakenteilta tai rakennusalueelta sekä lumenajo ja hiekoitus   |
| C82 Roudan rikkominen ja sulatus | erillisenä työnä tehtävä jäätyneen maan rikkominen ja sulatus   |
| C83 lämpösuojaus                 | rakennuksen ja rakenteiden lämpösuojaus erillisenä työvaiheena  |
| C84 lämmitys ja kuivaus          | rakentamisosien lämmitys ja kuivaus kuten lämmityslaitteiden hoito ja huolto sekä lämmitysasemien pystytyt ja purku |

Taulukko 3. Lisääntyneen energian kulutuksen syyt eri rakennusvaiheissa

| Rakennusvaihe          | Lisäenergiatarve   |
|------------------------|--|
| maarakennusvaihe       | maapohjan sulattaminen ja sulanapito                                     |
| perustus- ja runkovaie | materiaalien, rakenteiden ja rakennusosien lämmitys- ja kuivatuslaitteet |
| sisävalmistusvaihe     | valulustojen ja muottipintojen sulatus ja lämmitys                       |
| koko rakennusaika      | rakennuksen lämmitys ja kuivaus  |
|                        | sosiali- ja työmaatiltojen lämmitys ja lisävalaistus                     |

#### Koneiden ja laitteiden muuttunut tarve

Koneiden ja laitteiden talvilisäkustannuksella tarkoitetaan kustannuksia, jotka aiheutuvat talvella tarvittavista erilaisista koneista, lisäkoneista ja -laitteista sekä tehokkaammista koneista.

Koneita ja laitteita tarvitaan lämmitykseen sekä lumen ja roudan sulatukseen eli varsinaisiin talvilisätyöihin. Lisäkoneilla ja -laitteilla tarkoitetaan sellaisia laitteita, joita tarvitaan talvella useampia kuin kesällä. Varsinkin maarakennustöissä tarvitaan tehokkaampia eli isompia koneita roudan vuoksi.

#### Rakennusajan kasvu

Talven rakennusaikaa pidentävä vaikutus syntyy

- talvilisätyöiden aiheuttamista työn keskeytyksistä
- työmaan pakkasrajoista
- rakenteiden teon edellyttämistä suojaustöistä
- muista syistä
- työmenekin kasvusta
- talvilomista ja arkipyhistä.

Työturvallisuuslain mukaan on työnantajan taattava työntekijälle kunnolliset työskentelyolosuhteet. Kun työmaalla ei voida säännöksiä taata kunnollisia työskentelyolosuhteita tai työn laatu ei ole vaatimusten mukainen, on työnantajan velvollisuus keskeyttää työskentely. Keskeytykseen johtavia säätökijöitä ovat talvella

- pakkasen
- tuuli sekä
- lumi- ja räntäsade.

Eräiden materiaalien asennus tai käyttö vaativat tietyn lämpötilan, jotta materiaalille tai pinnalle asetetut laatuvaatimukset täytettäisiin. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi betoni, laasti ja maali. Lisäksi useiden materiaalien käytölle on asetettu lämpötilaraja, eikä niitä voi käyttää tuon lämpötilan alapuolella. Työn keskeytykseen vaikuttavia muita syitä ovat mm. koneiden ja laitteiden käytön estyminen pakkasen vuoksi. Työmenekin kasvun rakennusaikaa pidentävä vaikutus voidaan eliminoida työryhmiä kasvattamalla.

### TALVIKUSTANNUSTEN MÄÄRITTÄMINEN

Talvikustannusten määrittämistä varten tarvitaan tietoja rakennuskohteesta, ajoituksesta, rakennussuunnitelmista ja paikkakunnasta. Lähtötietoja ovat

- talven kuvaustiedot
- työmenekkitiedot
- talvitöiden työmenekkitiedot
- kalusto- ja materiaalienekkitiedot
- energiamenekkitiedot
- työajan keskeytyskustannustiedot

### Talven kuvaustiedot

Talviolosuhteita koskevat tilastotiedot ovat välttämätön apu talvirakentamista suunniteltaessa. Tilastoista saadut tiedot on tarkoitettu lähinnä alustavaan rakennustyön suunnitteluun. Paikalliset lämpötilat ja pakkasmäärät voivat kuitenkin poiketa tilastotiedoista merkittävästi, sillä Suomen säätila vaihtelee erittäin paljon vuosittain. Lisäksi työmaiden sijainnista riippuen saattaa pakkaslukemissa olla suuriakin eroja.

Talven kuvaustietoja ovat

- kuukausikeskilämpötilat
- talviukausien keskilämpötilat
- kuukausikeskilämpötilat ilman pakkaspäiviä
- termisen talven aloitus- ja päättymisajan kohta
- pakkasrajat ja pakkaspäivärajan ylittävien päivien lukumäärän keskiarvo
- lumisadepäivien lukumäärä ja sademäärät sekä
- työajan päivittäisen keinovalaistuksen tarve tunteina.

Talven kuvaustietoja on esitelty laajemmin muun muassa seuraavissa lähteissä RTK: Talvirakentaminen ja Saarikivi M, Kankainen J: Vuodenajan kustannusvaikutukset raskennustuotannossa.

### Työ- ja lisämenekkitiedot

Työmenekkitietojen peruslähteenä kunkin työlajin ja tehtävän osalta on Ratu-tuotantotiedosto. Työmenekin muutokset talviolosuhteissa otetaan laskelmissa ja suunnitelmissa huomioon erillisarvioina. Arvioinnin pohjana voidaan käyttää esimerkiksi talvityöhaitta- ja lisäprosenttitiedostoa. Tiedostossa on otettu huomioon

- T2 työsaavutuksen aleneminen
- talven aiheuttamat TL2- ja TL3-lisäaika-  
jen lisääntyminen ja
- talveen liittyvät työt.

Talvikustannusten suuruuden määrittämistä varten tarvittavat talvitöiden työmenekkitiedot ovat

Taulukko 4. Työpäivien määrä, joina lämpötila on alle tietyn raja-arvon

| Paikkakunta  | Lämpötila °C | Työpäivät |        |       |      |       |        |       |  |
|--------------|--------------|-----------|--------|-------|------|-------|--------|-------|--|
|              |              | loka      | marras | joulu | tamm | helmi | maalis | huhti |  |
| Helsinki     | -15          | 0         | 0      | 3     | 4    | 3     | 3      | 0     |  |
|              | -20          | 0         | 0      | 0     | 2    | 2     | 0      | 0     |  |
| Vantaa       | -15          | 0         | 0      | 3     | 6    | 5     | 3      | 0     |  |
|              | -20          | 0         | 0      | 1     | 3    | 2     | 1      | 0     |  |
| Turku        | -15          | 0         | 1      | 3     | 5    | 5     | 3      | 0     |  |
|              | -20          | 0         | 0      | 1     | 2    | 2     | 0      | 0     |  |
| Lappeenranta | -15          | 0         | 0      | 2     | 5    | 3     | 1      | 0     |  |
|              | -20          | 0         | 0      | 1     | 2    | 1     | 0      | 0     |  |
| Tampere      | -15          | 0         | 0      | 3     | 5    | 4     | 2      | 0     |  |
|              | -20          | 0         | 0      | 1     | 2    | 2     | 1      | 0     |  |
| Vaasa        | -15          | 0         | 1      | 3     | 4    | 4     | 2      | 0     |  |
|              | -20          | 0         | 0      | 1     | 2    | 2     | 0      | 0     |  |
| Joensuu      | -15          | 0         | 1      | 6     | 7    | 6     | 3      | 0     |  |
|              | -20          | 0         | 0      | 2     | 4    | 3     | 1      | 0     |  |
| Oulu         | -15          | 0         | 1      | 5     | 7    | 6     | 3      | 0     |  |
|              | -20          | 0         | 0      | 2     | 3    | 3     | 1      | 0     |  |
| Sodankylä    | -15          | 1         | 4      | 9     | 11   | 10    | 7      | 2     |  |
|              | -20          | 0         | 2      | 6     | 8    | 6     | 4      | 0     |  |

Taulukko 5. Lumi- ja jäätöiden työmenekkitiedosto, mittausperusteena sataneen lumikerroksen paksuus (Saarikivi, Kankainen s. 44)

| Sataneen lumikerroksen paksuus (mm) | Lumen luonti ja jään sulatus |
|-------------------------------------|------------------------------|
| > 10 mm                             | 0,005 tth/m <sup>2</sup>     |
| > 50 mm                             | 0,010 tth/m <sup>2</sup>     |
| > 100 mm                            | 0,020 tth/m <sup>2</sup>     |

Taulukko 6. Lumi- ja jäätöiden työmenekkitiedosto, mittausperusteena talvella rakenteilla oleva perustusvaiheen pohjapinta-ala ja runkovaiheen bruttopinta-ala (Saarikivi, Kankainen s. 44)

| Alue          | Lumen luonti ja jään sulatus        |                                   |
|---------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
|               | perustusvaihe (tth/m <sup>2</sup> ) | runkovaihe (tth/bm <sup>2</sup> ) |
| Etelä-Suomi   | 0,05                                | 0,1                               |
| Pohjois-Suomi | 0,10                                | 0,2                               |

Taulukko 7. Lämpösuojauksen työmenekkitiedosto, mittausperusteena suojattavan alueen laajuus ja hallien lukumäärä (S & K s. 45)

| Tehtävä                 | Työmenekki               |
|-------------------------|--------------------------|
| Suojaustyö              | 0,020 tth/m <sup>2</sup> |
| Sääsuojahallin pystytys | 30...60 tth/kpl          |
| Sääsuojahallin purku    | 25...50 tth/kpl          |

Mittausperusteena on suojattava alue (m<sup>2</sup>)

Taulukko 8. Rakennuksen lämmityksen ja kuivatuksen työmenekkit, mittausperusteena rakennuksen laajuus ja talviukausien määrä. (S & K s.45)

| Talviukausina lämmitettävät rakennukset (bm <sup>2</sup> ) | Lämmityksen ja kuivatuksen työmenekki (tth/talvi-kk) |
|--|--|
| 1500   | 50   |
| 3000   | 70   |
| 5000   | 100  |
| 10000  | 170  |

07-3034

KONE-RATU

4

Taulukko 9. Töiden talvityöhaitta ja lisäprosenttiedosto

| Talo90<br>Nro | Työlaji<br>Nimi             | Töiden talvityöhaitta- ja -lisäprosentit (%) |             |              |           | lähde                   |
|---------------|-----------------------------|--|-------------|--------------|-----------|-------------------------|
|               |                             | Lämpötilaluokat °C                           |             |              |           |                         |
|               |                             | 0...-2,5                                     | -2,5...-7,5 | -7,5...-12,5 | yli -12,5 |                         |
| 1             | Maarakennustyöt             |  |             |              |           | ei tietoa               |
| 21            | Muotittyo                   |  |             |              |           |                         |
|               | lautamuotittyo              | 3  | 5           | 8            | 15        | Ratu                    |
|               | levyvuotittyo               | 7  | 10          | 15           | 20        | Ratu                    |
|               | kasettimuotittyo            | 7  | 10          | 15           | 20        | Ratu                    |
|               | suurmuotittyo               | 3  | 5           | 10           | 20        | Ratu                    |
|               | pöytämuotittyo              | 3  | 5           | 10           | 15        | Ratu                    |
|               | kulmamuotittyo              | 3  | 5           | 10           | 15        | Ratu                    |
|               | erikoismuotittyo            | 7  | 10          | 15           | 20        | mallityo                |
|               | muottien purku ja puhdistus | 7  | 10          | 15           | 20        | mallityo                |
| 22            | Betonipintojen etuokaisu    | 7  | 10          | 15           | 20        | mallityo                |
| 22            | Raudoitus                   | 7  | 15          | 25           | 35        | mallityo                |
| 23            | Betonointi                  |  |             |              |           |                         |
|               | nostoastiatetonointi        |  |             |              |           |                         |
|               | - anturat                   | 15   | 15          | 40           | 50        | Ratu                    |
|               | - seinät ja pilarit         | 15   | 15          | 40           | 50        | Ratu                    |
|               | - laatat ja palkit          | 10   | 10          | 35           | 45        | Ratu                    |
|               | pumppubetonointi            |  |             |              |           |                         |
|               | - anturat                   | 15   | 40          | 50           | 60        | Ratu                    |
|               | - seinät ja pilarit         | 15   | 30          | 40           | 50        | Ratu                    |
|               | - laatat ja palkit          | 15   | 40          | 50           | 60        | Ratu                    |
| 25            | Betonielementtityo          |  |             |              |           |                         |
|               | laattaelementti             | 10   | 20          | 30           | 40        | Ratu                    |
|               | ulkoseinäelementti          |  |             |              |           |                         |
|               | - nauhaelementti            | 7  | 15          | 25           | 35        | Ratu                    |
|               | - ruutulementti             | 10   | 20          | 30           | 40        | mallityo                |
|               | kappale-elementti           | 7  | 15          | 25           | 35        | mallityo                |
|               | elementtien jätkityo        | -  | 5           | 25           | 35        | mallityo                |
|               | kevytbetonielementti        | 7  | 15          | 25           | 35        | mallityo                |
| 3             | Metallirakennetyo           |  |             |              |           | ei tietoa <sup>1)</sup> |
| 41            | Tiilimuuraus                | 10   | 25          | 35           | 45        | Leppikorpi              |
| 42            | Harkkomuuraus               | 10   | 25          | 35           | 45        | Leppikorpi              |
| 51            | Puurunkotyo                 | 3  | 5           | 8            | 15        | leppikorpi              |
| 52            | Levytyo                     | 3  | 5           | 8            | 15        | mallityo                |
| 53            | Puuelementtityo             | 3  | 5           | 8            | 15        | mallityo                |
| 61            | Lämmöneristys               | 3  | 5           | 8            | 15        | mallityo                |
| 63            | Vedeneristys                |  |             |              |           | ei tietoa <sup>1)</sup> |
| 64            | Saumaus                     |  |             |              |           | ei tietoa <sup>1)</sup> |
| 70            | Pintatyo                    |  |             |              |           | ei tietoa <sup>2)</sup> |

<sup>1)</sup> Huomioitava materiaalien asettamat vaatimukset.<sup>2)</sup> Yleensä sisätöitä, joten talviolosuhteet eivät vaikuta.

- lumi- ja jäätöiden työmenekit
- lämpösuojauksen työmenekit
- rakennuksen lämmityksen työmenekit
- runkorakenteiden lämmityksen työmenekit

Lumi- ja jäätöiden työmenekkitiedot on esitetty sekä sataneen lumikerroksen paksuuden mukaan että talvella rakenteilla olevien perustusvaiheen pinta-alan ja runkovaikkeen bruttoalan mukaan. Lumisademäärään perustuvaa työmenekkitiedostoa käytetään jälkikäteen tapahtuvaan arviointiin.

#### Kalusto- ja materiaalimenekkitiedot

Talvilisätyöissä tarvitaan yleisesti taulukon 9 mukaista kalustoa. Vaikka talvella joillakin materiaaleilla on eri hinta kuin kesällä, ei materiaalihinnoin-

Taulukko 10. Talvilisätyöissä tarvittavaa kalustoa (S &amp; K s.45)

| Talvilisätyöt (Talo90)           | Kalusto- ja materiaaliveitohdot   |
|----------------------------------|---|
| C81 Lumi- ja jäättyo             | höyrykehitin, höyrykattila, höyryleiku, höyrytsauto, öljysäiliö, lämpöpuhallin, lumenluontivälineet, sääsuoja |
| C82 Roudan rikkominen ja sulatus | roudanrepijä, roudansulatin, kompressori ja maakiilavasara  |
| C83 Lämpösuojaus                 | lämpölaatikot, eristematot, pressut, suojaustarvikkeet  |
| C84 Lämmitys ja kuivaus          | infrapunasäteilijät, lämpöpuhaltimet, lämmitysmuuntajat, betonin sähkölämmitystarvikkeet                      |

sa ole havaittavissa merkittävää vuodenajan vaikutusta, koska suurin osa rakennusliikkeiden hankinnoista perustuu kohdekohtaisiin hankintatarjouksiin ja vuosisopimuksiin.

Betonilla on selkeä talvibetonilisa, joka muodostuu

- kuumabetonin lisähinnasta ja
- betonitoimitusten talvilisästä.



Taulukko 11. Energiatarpeet kuukausittain ulkoilmanlämpötilan mukaan (S &amp; K s. 61)

| Ulkolämpötila<br>(° C) | Perustuvaiheen<br>valujen lämmitys<br>(kWh/r-ala) | Runkovaiheen valujen ja elementti-<br>saumauksen lämmitys (kWh/r <sup>2</sup> *kk) |     |                           |      | Työmaarakennusten<br>lämmitys (kWh/m <sup>2</sup> *kk)<br>(työmaarak m <sup>2</sup> ) | Sisävalmistusvaiheen<br>lämmitys ja kuivatus<br>(kWh/r <sup>2</sup> *kk) |
|------------------------|---|--|-----|---------------------------|------|---|--|
|                        |   | alle 10 000 r <sup>2</sup>   |     | yli 10 000 r <sup>2</sup> |      |   |  |
|                        |   | RPR,OE   | TE  | RPR,OE                    | TE   |   |  |
| yli 14                 | 0,0   | 0,0  | 0,0 | 0,0                       | 0,0  | 0,0   |  |
| 14,0– 12,5             | 0,0   | 0,0  | 0,0 | 0,0                       | 1,6  | 0,6   |  |
| 12,5– 7,5              | 0,0   | 0,0  | 0,0 | 0,0                       | 8,8  | 2,6   |  |
| 7,5– 2,5               | 3,0   | 0,7  | 0,5 | 0,6                       | 19,2 | 5,8   |  |
| 2,5– -2,5              | 4,0   | 1,2  | 0,8 | 1,0                       | 29,4 | 8,9   |  |
| -2,5– -7,7             | 7,0   | 2,2  | 1,4 | 1,2                       | 40,2 | 12,0  |  |
| -7,7– -12,5            | 10,0  | 3,1  | 2,1 | 1,7                       | 51,4 | 15,2  |  |
| -12,5– -17,5           | 14,0  | 4,0  | 2,6 | 2,3                       | 62,2 | 18,4  |  |
| -17,5– -22,5           | 20,0  | 4,8  | 3,2 | 2,8                       | 72,6 | 21,5  |  |
| -22,5– -27,5           | 26,0  | 5,8  | 3,8 | 3,4                       | 83,4 | 24,5  |  |

| Ulkolämpötila (° C) | Rakenteiden työnaikainen<br>lämmitys ja kuivatus<br>(kWh/r <sup>2</sup> *kk) | Lumen ja jään sulatus<br>(kWh/r <sup>2</sup> *kk) | Koneiden käyttö ja valaistus (kWh/r <sup>2</sup> ) |     |     |
|---------------------|--|---|--|-----|-----|
|                     |  |   | TE   | OE  | RPR |
| yli 14              | 0,0  | 3,0   | 3,6  | 4,8 |     |
| 14,0– 12,5          | 0,0  | 0,0   | 3,0  | 3,6 | 4,8 |
| 12,5– 7,5           | 0,0  | 0,0   | 3,0  | 3,6 | 4,8 |
| 7,5– 2,5            | 0,2  | 0,0   | 3,0  | 3,6 | 4,8 |
| 2,5– -2,5           | 0,8  | 0,5   | 3,0  | 3,6 | 4,8 |
| -2,5– -7,7          | 1,6  | 1,3   | 3,0  | 3,6 | 4,8 |
| -7,7– -12,5         | 2,7  | 2,2   | 3,0  | 3,6 | 4,8 |
| -12,5– -17,5        | 3,7  | 3,2   | 3,0  | 3,6 | 4,8 |
| -17,5– -22,5        | 4,7  | 4,2   | 3,0  | 3,6 | 4,8 |
| -22,5– -27,5        | 5,6  | 5,2   | 3,0  | 3,6 | 4,8 |

Muuttomateriaalina käytettävän puutavaran menekki kasvaa talvella johtuen

- suuremmasta hukasta ja
- käyttökertojen vähenemisestä.

#### Energian tarve

Energian tarve rakentamisessa on lämpötilariippuvainen. Talviolosuhteiden aiheuttama energiatarve on merkittävä. Energiatarve kuukausittain on esitettyä taulukossa 11. Arvot vastaavat keskimääräistä talvea Etelä-Suomessa.

#### Hötysuhteet

- perustusten, kellarin ja rungon valujen sähkölämmitys 1,00
- lämmitys ja kuivatus lämpöpuhaltimella 0,85
- lumen ja jään sulatus esimerkiksi höyryllä, öljy 0,80
- kaukolämpö 1,00
- työmaaparakkien sähkölämmitys 1,00

- RPR rationaalinen paikalla rakentaminen
- OE osaelementtiteknikka
- TE täysielementtiteknikka

#### TALVILISÄKUSTANNUKSIIN VAIKUTTAMINEN

Talvilisäkustannuksiin voidaan vaikuttaa hankkeen

- ajoituksella
- laajuudella
- tuotantotekniikalla
- suunnitelmilla
- kestolla ja
- sisäisellä ajoituksella.

Kohteen tuotannollisen laajuuden ylittäessä 8 kk syntyy aina talvilisäkustannuksia ajoituksesta riippumatta. Kohteen laajuuden kasvaessa ajoituksen vaikutus kustannuksiin vähenee, koska jokin osa hanketta ajoittuu aina talveen. Kohteen suunnitelman muuttuessa talvilisäkustannusten muutos riippuu muuttuneiden materiaalien ja tehtävien määrästä. Kun kohteen tuotantotekniikka muuttuu esivalmistusasteeltaan korkeampaan, vähe-

nee talven vaikutus. Kohteen keston muutos vaikuttaa niissä tapauksissa, joissa tarkasteltava työ tai rakennusvaihe ajoittuu joko talveen tai kesään. Sisäisellä ajoituksella voidaan pienentää talvilisäkustannuksia ajoittamalla talvelle alttiit työt kesään, mikäli töiden keskinäinen riippuvuus ei muuta määrää.

#### Hankkeen ajoitus

Rakennushankkeen ajoituksen vaikutus talvilisäkustannuksiin on merkittävä. Laajuudeltaan pienissä hankkeissa on ajoituksella suuri merkitys. Laajuuden kasvaessa ajoituksen vaikutus kokonaiskustannuksiin pienenee. Ajoituksen vaikutukset voidaan ottaa huomioon esimerkiksi Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratoriossa kehitetyllä laskentamallin avulla. Talvikustannusten laskentamalli on muotoa

$$\Delta K = \sum R_k \cdot q_k \Delta c_k \cdot h_i$$

Laskentamallissa vaikuttavat tekijät

$\Delta K$  talvilisäkustannus tai vuodenajan kustannusvaikutus kesäetu tai talvihaitta

$R_k$  eri rakennusvaiheiden (j) tekemisen ajankohta kuukauden (k) tarkkuudella

$q_k \Delta c_k$  vuodenajasta aiheutuva resurssitarpeen muutos, joka ottaa huomioon alue-erot, tuotantotekniikan, suunnitelmat ja rakennusvaiheen resurssihinta

$h_i$  laskentamallin resurssitarpeen muutos muodostuu

- kokonaistyömenekin kasvusta
- talvilisäistä
- materiaalihukista
- lisääntyneestä energiatarpeesta
- rakennusajan pitenemisestä

### Hankkeen laajuus

Rakennushankkeen laajuus vaikuttaa rakennusosien määrin ja edelleen työmenekkiin ja siten hankkeen normaalikesto. Talvikustannusten suhteellinen osuus kokonaiskustannuksista on pienissä hankkeissa suurempi kuin isoissa hankkeissa. Sellaisissa hankkeissa, joiden tuotannollista laajuutta vastaava normaalikesto on yli 8 kk, ajoittuu aina osa hankkeesta talveen, jolloin talvilisäkustannuksia syntyy aina.

### Tuotantotekniikka

Eri tuotantotekniikoilla tehtävän muotoin saman rakennussuunnitelman talvilisäkustannusten erot johtuvat runkovaheen suoritteista, työmenekistä ja työmenekkiä vastaavasta normaalikestosta.

Tuotantotekniikka vaikuttaa talvikustannuksiin pääasiassa paikalla valettavien rakenteiden työmenekistä, talviöistä ja -kalustosta sekä energian tarpeesta johtuen.

Esivalmistusasteen ollessa suuri ovat tehtävien talviyöihäita- ja lisäprosentit suuremmat kuin esivalmistusasteen ollessa alhainen.

Eri tuotantotekniikoiden työmenekkiä vastaavat normaalikestot aiheuttavat eroja talvilisäkustannuksiin, koska tehtävät ajoittuvat eri tavalla talveen.

### Suunnitelmat

Eri suunnitelmaratkaisujen talvilisäkustannusten erot aiheutuvat erilaisista suoritemääristä. Kahden suunnitelman talvilisäkustannusten eron suuruus riippuu siitä, kuinka paljon niissä on talvelle alttiita tehtäviä ja mitä ovat kyseisten tehtävien talvilisäprosentit ja -kustannukset. Merkityksen suuruus riippuu siis ennen kaikkea ajoituksesta.

AKT asuinkerrostalo  
TSTO toimistorakennus  
OE osaelementtitekniikka

### Hankkeen kesto

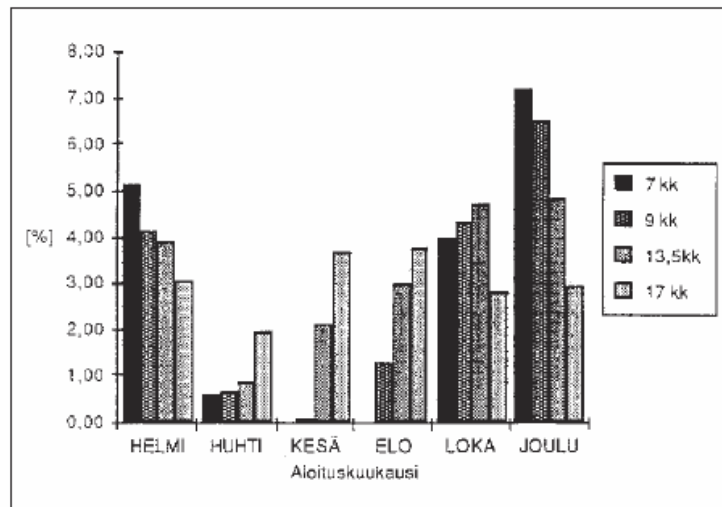
Keston vaikutus talvilisäkustannuksiin on vähäinen. Vaikutus ilmenee niissä tapauksissa, jolloin tarkasteltava tehtävä ajoittuu talven ja kesän rajakohtaan. Vaikutus ilmenee selvimmän kestoltaan lyhyissä hankkeissa.

### Sisäinen ajoitus

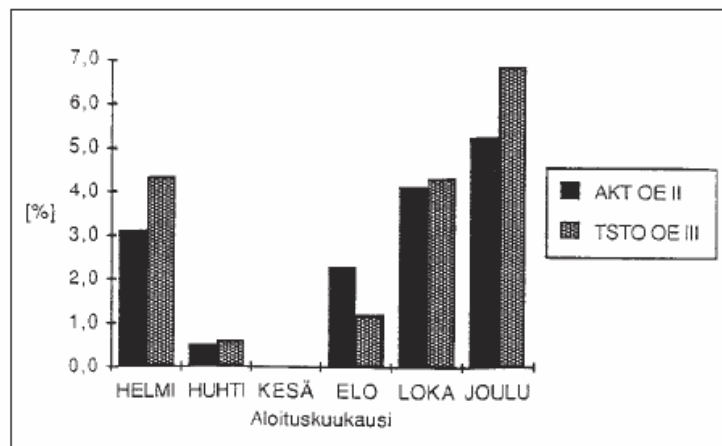
Sisäisen ajoituksen vaikutus riippuu hankkeen laajuudesta ja tehtävien välisistä riippuvuuksista. Sisäisellä ajoituksella pystytään pienentämään talven vaikutukset ajoittamalla talvelle alttiit työvaiheet kesään, mikäli töiden välinen riippuvuus ei muuta määrää. Sisäistä ajoitusta pystytään parhaiten hyödyntämään osakohteisiin jaetussa ja tuotannolliselta laajuudeltaan suurissa kohteissa.

### HÄIRIÖIHIN VARAUTUMINEN SUUNNITTELUSSA

Hankkeen rakennusaika on määrätty urakkasopimuksessa. Urakkasopimuksen mukaiseen urakka-aikaan vaikuttavat raken-



Kuva 3. Laajuudeltaan erilaisten kohteiden työmenekin vaihtelu kesäarvoon nähden prosentteina (S&K s.101)



Kuva 4. Kahden eri suunnitelman työmenekin kasvu kesäarvoon nähden prosentteina (S&K s.105)

Taulukko 12. Tuotantotekniikan vaikutus kokonaistyömenekkiin

| Rakennustyyppi   | Tuotantotekniikka                  | Työmenekin kasvu kesään verrattuna (%) |
|------------------|------------------------------------|--|
| asuinkesto       | täyslementtitekniikka              | 0...6,4                                |
|                  | osaelementtitekniikka              | 0...5,3                                |
|                  | rationaalinen paikallarakentaminen | 0...3,9                                |
| toimistorakennus | täyslementtitekniikka              | 0...6,4                                |
|                  | osaelementtitekniikka              | 0...5,3                                |
|                  | rationaalinen paikallarakentaminen | 0...3,9                                |

nuttajan käsitys kohtuullisesta urakka-ajasta sekä rakennuksen suunniteltu käyttöönottoajankohta, rahoitusilanne ja myyntimahdollisuudet sekä viranomaisien toiminta ja suunnitelmien valmistuminen. Yritysten tuotannon kokonaissuunnitelun

vuoksi yksittäisten hankkeiden aikataulujen kireys vaihtelee ja aloitusajankohdat eivät ole parhaita mahdollisia. Hankkeen koko rakennusaika ei ole käytettävissä tuotantoon. Työmaalla syntyy useista eri syistä tuotannon keskeytyksiä, jotka on otettava

huomioon aikataulun teossa. Keskeytyksiä aiheuttavat lomien ja arkipyhien lisäksi huonot sääolot ja tuotannon häiriöt. Suunnittelemalla työt ilman häiriöitä ja varautumalla keskeytyksiin, varmistetaan aikataulun tavoitteellisuus ja realismus samanaikaisesti. Aikataulun realismus varmistetaan varaamalla suurhäiriöille aikansa vapaa pelivara. Suurhäiriöiden määrä vaihtelee ja on erilainen eri töissä. Määrään voidaan vaikuttaa tuotannon ohjauks- ja työnjärjestelykeinoin (Talo-Ratu 300-L Hukka-aikojen poistaminen rakennustuotannossa). Tavanomaisen talonrakennustuotannon aikataulujen suunnittelussa suurhäiriövarauksena voidaan käyttää tarvittavasta kokonaisajasta laskettuna

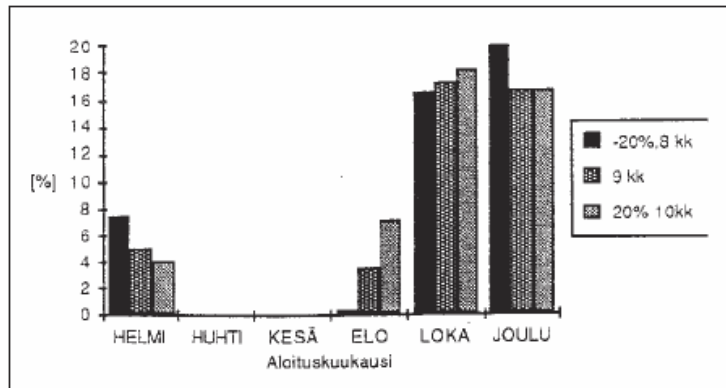
- perustuvaiheen työt 5 %
- runkovaiheen työt 10 %
- sisävalmistusvaiheen työt 2 %

Myrskyt, pakkaset, vesi- ja lumisade hidastuttavat rakennustyötä ja aiheuttavat usein keskeytyksiä. Sään vaikutusta työn kestoon on vaikea arvioida, mutta esimerkiksi syys-, loka- ja marraskuussa sataa yli 1 mm vuorokaudessa noin kymmenenä päivänä. Syysmyrskyt häiritsevät puolestaan nosturilla työskentelyä keskimäärin pari kolme kertaa kuukaudessa.

Säähäiriöt kuten pakkasen, tuulen ja asteen aiheuttamiin keskeytyksiin varaudutaan ja ne merkitään aikatauluun erillisiksi puskurijakoiksi eri rakennusvaiheiden loppuun tai ne sijoitetaan aikatauluun 2-3 kuukauden välein.

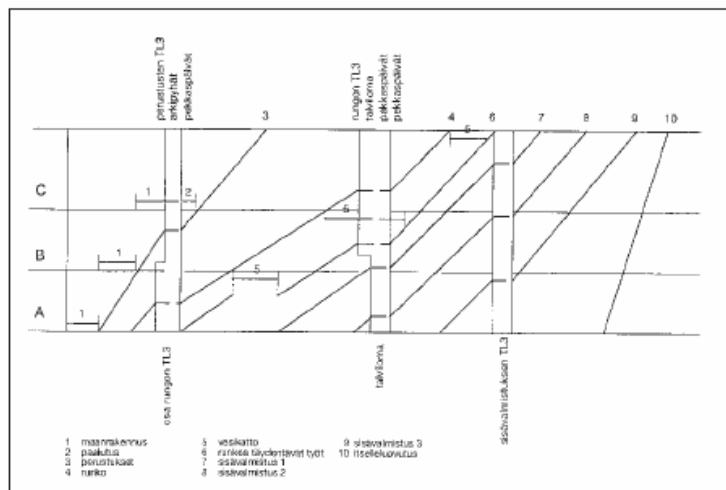
Tuulen ja sateen keskeytysten määrä arvioidaan kohdekohtaisesti. Pakkaspäiviä varten aikatauluun varataan 16 työvoroa siten, että joului- ja maaliskuussa on 2 pakkaspäivää kuukaudta kohti sekä tammii- ja helmikuussa 6 päivää. Pakkaspäivien määrät perustuvat alueellisesti sovituihin pakkasrajoihin ja ilmatieteenlaitoksen pitkän ajan säätilastoihin.

Jotta talvirakentamisen suunnittelusta olisi hyötyä, on tiedettävä, miten rakennustyömaalla toimitaan häiriöiden sattuessa. Häiriöiden ehkäisyyn on paneuduttava erityisen huolellisesti. Säähäiriöiden haitat ovat ehkäistävissä suunnittelemalla vaihtoehtojärjestelyt työn ajoitukselle sekä työmaan suojaukselle, valaistukselle ja lämmitykselle. Nämä asiat tuleekin ottaa huomioon työmaan laatusuunnitelmaa laadittaessa.



Kuva 5. Eri kestoisen suunnitelman materiaalin talvikustannukset kesäarvoon nähden (S&K s. 106)

#### Aikataulusimerkki



Kuva 6. Kriittisten tehtävien paikka-aikakaavio. Tuotannon keskeytykset merkitään niiden todellisiin tai luultaviin kohtiin. (Sandvik, Kankainen s. 32)

#### Lähteet

- Kankainen J, Sandvik T. 1993. Rakennushankkeen ohjaus. RTK & Rakennustieto Oy, Helsinki.
- Koski H. 1995. Rakennushankkeen tuotannon suunnittelu ja ohjaus. Rakennustieto Oy, Helsinki.
- Leppikorpi J. 1983. Rakennushankkeen aloitusajankohdan vaikutus rakennushankkeen talouteen. TTKK Rakentamistekniikka, Tampere.

- Poikonen J, Kiiras J. 1989. Talonrakennuksen ajoituskustannusmalli. Rakentajain Kustannus Oy, Helsinki.
- Rakennusalan työehtosopimus urakkahinnotluineen, TES 1995. Jyväskylä.
- RTK. 1991. Talvirakentaminen. Rakentajain Kustannus Oy.
- Saarikivi M, Kankainen J. 1989. Vuodenajan kustannusvaikutukset rakennustuotannossa. TTK Rakentamistalous, Espoo.

- Talo90 Yleisseloste. 1993. Rakennustieto Oy, Helsinki.
- Tynkynen S. 1978. Talviliikustannukset asuinrakennustuotannossa. TTK Rakentamistalous, Espoo.