

# TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennustuotanto

Tutkintotyö

Anssi Korhonen

## Talvibetonointiohje

Työn ohjaaja

DI Harri Miettinen

Työn teettäjä

Visura Oy

Tampere 2006

## TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

### Rakennustekniikan koulutusohjelma

Anssi Korhonen

Talvibetonointiohje

Tutkintotyö

32 sivua + 42 liitesivua

Työn ohjaaja

Harri Miettinen

Työn teettäjä

Visura Oy

Lokakuu 2006

Hakusanat

Talvibetonointiohje, talvibetonointi

## TIIVISTELMÄ

Tutkintotyöni aihe on talvibetonointi. Suomessa tehdään betonointityötä myös talvella, joten on hyvä tietää, miten pystytään vähentämään talvibetonoinnista aiheutuvia kustannuksia ja riskejä sekä kenties kääntämään talviolosuhteissa tapahtuva betonointi yrityksen eduksi, vahvuudeksi ja mahdolliseksi myyntivaltiksi. Työssä tutkittiin, mitä erilaisia menetelmiä ja aineita on käytettävissä talvella tapahtuvassa betonoinnissa. Talvibetonointi on aina kalliimpaa kuin betonointi kesällä.

Työn tarkoituksena oli kasata talvibetonoinnissa tarvittava tieto ”yhteen nippuun” ja helpottaa tarvittavien tietojen löytymistä nopeasti, silloin kun niitä tarvitaan. Työssä on kerrottu betonoinnin suunnittelusta, käytettävistä betonilaaduista, betonin lisäaineista, lämmityksestä, lujuudenkehityksen laskennasta ja toteamisesta, sekä kerrottu virheistä, niiden vaikutuksista ja lisäksi annettu ohjeita itse betonoinnista.

Tutkintotyöhön on kerätty kaikki oleellinen tieto talvibetonointiin liittyen, mutta sen lukeminen ja sisäistäminen eivät välttämättä riitä, vaan tarvitaan myös käytännön kokemusta, jotta päästään hyvään ja varmaan lopputulokseen.

TAMPERE POLYTECHNIC

Department of Construction Technology

Anssi Korhonen

Winter concreting manual

Final Thesis

32 pages, 42 appendices

Supervising Teacher

Mr Harri Miettinen

Commissioner

Visura Oy

October 2006

Key words

Winter concreting manual

## **ABSTRACT**

This final year product is about winter concreting. In Finland we have to do concreting also in winter, so is good to know how you can reduce costs and risks, and maybe turn winter concreting to benefit. This work includes what kind of systems and materials you can use in winter concreting. Winter concreting is always more expensive than normal concreting. Mean of this work was accumulate necessary knowlegde to one bunch and make easier to find data, when you need it. This work includes how you can plan concreting work, concrete qualities, concrete additives, heating, calculating solidity of developement and told what kind of mistake you can do and how it impact and furthermore have gived precept to how to do concreting work. This product includes all essential knowledge at this concerned topic, but reading of this product isn't enough, you need also hand on experience to get good and positive result.

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Visura Oy:n toimitusjohtajaa Pekka Visuria ja varatoimitusjohtajaa Juha Anttilaa, jotka omilla panoksillaan mahdollistivat insinööriyön tekemisen ja työskentelemisen yrityksessä työnjohtotehtävissä ennen insinööriyön valmistumista. Erityisesti haluan kiittää Juha Anttilaa, joka opasti ja toimi työn tarkastajana yrityksen puolelta, sekä työn ohjaajaa Harri Miettistä. Lisäksi haluan kiittää kaikkia, jotka ovat edesauttaneet työn valmistumisessa, sekä yllyttäneet ja motivoineet tekemään päättöyön vihdoinkin valmiiksi. Kiitos kuuluu myös rakkaalle avovaimolleni, joka on kannustanut ja kestänyt tunteenpurkaukset päättötyötä työstäessäni.

Tampereella, lokakuussa 2006

Anssi Korhonen

## SISÄLLYSLUETTELO

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### ALKUSANAT

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>7</b>
<b>2 BETONOINNIN SUUNNITTELU</b> .....	<b>9</b>
<b>3 TALVELLA KÄYTETTÄVIÄ BETONILAATUJA</b> .....	<b>10</b>
<b>4 KUUMABETONI</b> .....	<b>10</b>
<b>4.1 KUUMABETONIN OMINAISUUDET</b> .....	<b>11</b>
<b>4.2 KUUMABETONIN LUJUUSKATO</b> .....	<b>11</b>
<b>4.3 KUUMABETONIN LÄMPÖLAAJENEMINEN</b> .....	<b>12</b>
<b>4.4 KUUMABETONIN JÄÄHTYMINEN KULJETUKSEN AIKANA</b> .....	<b>12</b>
<b>4.5 TOIMENPITEITÄ SUUNNITELTAESSA KUUMABETONINTIA</b> .....	<b>13</b>
<b>4.6 TYÖMAANTOIMENPITEET KUUMABETONOITAESSA</b> .....	<b>13</b>
<b>4.7 ULKO- JA MASSAN LÄMPÖTILAN VAIKUTUS BETONIN KOVETTUMISEEN</b> .....	<b>15</b>
<b>5 PAKKASBETONI</b> .....	<b>16</b>
<b>5.1 TYÖMAANTOIMENPITEET PAKKASBETONIA KÄYTETTÄESSÄ</b> .....	<b>17</b>
<b>6 LISÄAINEET</b> .....	<b>17</b>
<b>7 TALVIBETONOINTIOHJEITA RAKENNEOSITTAIN</b> .....	<b>18</b>
<b>8 BETONIN LÄMMITYSMENETELMÄT</b> .....	<b>20</b>
<b>8.1 SÄTEILYLÄMMITYS</b> .....	<b>20</b>
<b>8.2 KUUMAILMALÄMMITYS</b> .....	<b>21</b>
<b>8.3 LANKALÄMMITYS</b> .....	<b>23</b>
<b>8.4 LÄMMITTÄVÄT MUOTIT</b> .....	<b>23</b>
<b>9 SUOJAAMINEN JA JÄLKIHOITO</b> .....	<b>24</b>
<b>10 BETONIN LUJUUDENKEHITYKSEN LASKENTA JA VARMISTAMINEN</b> .....	<b>27</b>
<b>10.1 BETONIN KYPSYYSIÄN LASKENTA NYKÄSEN MENETELMÄ</b> .....	<b>27</b>
<b>10.2 BETONIN KYPSYYSIÄN LASKENTA SADGROVEN KAAVALLA</b> .....	<b>27</b>
<b>10.3 BETONIN LUJUUDEN TOTEAMINEN COMAMETER-KYPSYYSASTEMITTARILLA</b> .....	<b>28</b>
<b>10.4 BETOPLUS -PALVELU</b> .....	<b>28</b>
<b>11 TALVIBETONOINNINSSA TAPAHTUVAT VIRHEET</b> .....	<b>30</b>

<b>LÄHDELUETTELO .....</b>	<b>32</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>32</b>

## 1 JOHDANTO

Rakentaminen lämpimässä ja kesäaikana on helpompaa ja tehokkaampaa kuin kylmänä aikana. Siksi sääille alttiit rakenteet pyritään tekemään lämpimänä aikana ja jatkamaan kylmänä aikana niitä työvaiheita, jotka voidaan tehdä suojassa. Aina näin ei kuitenkaan voida toimia, joten täytyy olla keinoja, joilla voidaan taata rakenteiden laatu, työturvallisuus ja virheettömyys.

Rakentamisen ajoituksella voidaan vaikuttaa kustannuksiin. Talvibetonoinnista tulee aina enemmän kustannuksia kuin betonoinnista, joka tehdään lämpimän sään aikana. Talvella työ muuttuu hitaammaksi ja saattaa keskeytyä jopa kokonaan. Muita työkustannuksia lisääviä tekijöitä ovat lämmittäminen, suojaaminen ja sulatus. Tarvikekustannuksia muodostuu betonin lisähinnasta, lämmityslaitteista, lämmityslaitteiden polttoaineista, suojausmateriaaleista, lämmöneristysmateriaaleista, lumen ja jään poiston välineistä ja lämpötilan mittausvälineistä. Liite 1 talvityöt - ja kustannukset kertoo lisää pakkasen aiheuttamista kustannuksista.

Betonin lujudenkehitys on riippuvainen lämpötilasta. Betonin kovettumisreaktio nopeutuu lämpötilan noustessa noin kaksinkertaiseksi, kun lämpötila nostetaan +10°C:sta +20°C:een. Betonin tavoitelujuus saavutetaan 28 vrk:ssa + 20°C lämmössä. Betonin sitoutuminen ja kovettuminen hidastuu lämpötilan laskiessa ja pysähtyy käytännössä alle - 5 °C lämpötilassa. Alle +5°C lämpötilassa tehtävä betonointi on talvibetonointia. Viileällä säällä (5-15 °C) betonin kovettumisen nopeuttamiseksi yleensä riittää tavallisen betonin vaihto nopeasti kovettuvaan Rapid -betoniin. Tuuli lisää talviolosuhteissa pakkasen määrää huomattavasti, joten betonointitiloista olisi saatava mahdollisimman vedottomat.

Betonin kovettumista voidaan nopeuttaa useilla eri menetelmillä. Betonin sitoutumisen viivästyminen viivästyttää huomattavasti hiertämisen aloittamista. Yleensä vastaavan työnjohtajan ja rakennesuunnittelijan päätettäväksi jää käytettävä menetelmä. Työmenetelmän olisi syytä olla tuttu, joko vastaavalle työnjohtajalle tai työn suorittajille, jotta välttyttäisiin betonoinnissa tapahtuvista virheistä. Ennen betonointityöhön ryhtymistä on syytä suunnitella ja vertailla eri vaihtoehtoja. Suunnitteluun olisi hyvä osallistua betonityönjohdon, betonitoimittajan ja työryhmän edustajan, jotta kaikki osapuolet tulisi otettua huomioon.

Virheellinen työmenetelmä voi aiheuttaa huomattavan suurien kustannuksia tai jopa vaaratilanteita. Pahimmassa tapauksessa rakennus voi sortua, jos betoni pääsee jäätymään, ennen kuin se on saavuttanut riittävästi lujuuksia. Muotteja betonin ympäriltä ei saa purkaa ennen kuin on varmistettu, että betoni on tarpeeksi lujaa. Tukirakenteet saa purkaa vasta, kun betonin lujuus

on vähintään 60 % nimellislujuudesta, ellei piirustuksissa ole toisin määrätty. Muottien ei-kantavat osat saadaan purkaa, kun betoni on saavuttanut keskimäärin puristuslujuuden  $5 \text{ MN/m}^2$ . Muottien purkutyö on syytä tehdä varovasti, ja jos mahdollista yli  $0^\circ\text{C}$ , koska muotin ja betonin välissä saattaa olla jäätyneitä vettä, joka saattaa vaurioittaa betonia ja muottia, muottia purettaessa. Muottien purkamislujuus kantavien osien osalta riippuu useista eri seikoista, ja yleensä rakennesuunnittelija päättää muottien purkamisajankohdan ja -lujuuden.

Vesi laajenee 9 % jäätyessään, joten betonin täytyy olla riittävän lujaa, jotta se kestää jäätyksen aiheuttamat sisäiset rasitukset. Betoni ei saa päästä jäätymään, ennen kuin se on saavuttanut vähimmäis- eli jäätymislujuuden  $5 \text{ MN/m}^2$ . Jäätymislujuus on kaikilla betonilaaduilla sama  $5 \text{ MN/m}^2$ , betonin nimellislujuudesta riippumatta. Jäätymislujuuden saavutettuaan betoni voi jäätyä yhden kerran vaurioitumatta. Jos betoni pääsee jäätymään heti valamisen jälkeen, jäätyminen aiheuttaa valesujuutta. Jäätyessään betoni vaurioituu ja menettää loppulujuuttaan. Valesujuuden kehittyminen näyttää normaalilta lujuuden kehitykseltä, mutta valesujuus kuitenkin poistuu kun betoni pääsee sulamaan.

Betonoitaessa kylmällä säällä, betoni täytyy saada siirrettyä muottiin mahdollisimman nopeasti ilman välivarastointeja, joten kaluston ja henkilöstömäärän suunnittelu on ensiarvoisen tärkeää. Muita tärkeitä seikkoja ovat betonin nopea suojaus valun jälkeen tai jopa valun aikana, sekä pilari, seinä ja muiden pystymuottien lämmöneristys ja lisälämmitys kylmäsiltojen kohdalta sekä vaakamuottien tuki-, reuna- ja kylmäsilta-alueiden lujuuden kehityksen varmistaminen lisälämmityksellä. Hidastimia ja muita betonin sitoutumista hidastavia lisäaineita tulee välttää käyttämästä talvibetonoinnissa.

Käytettäviä menetelmiä, joilla saadaan nopeutettua lujuuden kehitystä, ovat esimerkiksi betonin lujuusluokan nostaminen, nopeasti kovettuvan betonilaadun käyttö, kuumabetonin ja pakkasbetonin käyttö, lämpöeristettyjen muottien käyttö, lisälämmitys, nostetaan betonin kovettumislämpötilaa eli lämmitetään kovettuvaa betonia, käytetään kiihdyttäviä ja vedentarvetta vähentäviä lisäaineita tai käytetään edellä mainittujen yhdistelmiä.



## 2 BETONOINNIN SUUNNITTELU

Ennen betonointityön aloitusta on hyvä tehdä betonointisuunnitelma, jossa otetaan huomioon ainakin seuraavat asiat. Talvibetonoinnissa täytyy myös ottaa huomioon kylmyyden aiheuttama työn hidastuminen ja pahimmissa tapauksissa työn keskeytyminen.

Betonointisuunnitelman laatii betonitöistä vastaa työnjohtaja, tarvittaessa yhdessä betonitoimittajan ja rakennesuunnittelijan kanssa. Ennen varsinaisen betonointi työn aloitusta on hyvä pitää aloituspalaveri. Tarkistetaan onko muottikalusto ja käytettävä lämmitysjärjestelmä yhteensopiva, otetaan huomioon myös palovaara, tarkistetaan muotti sekä lämmityskaluston kunto ja määrä. Tarkistetaan ovatko muotti, raudoitukset, varaukset, valu ja tiivistysaukot kunnossa. Tarkistetaan onko tarvittava valukalusto olemassa, saadaanko sähköä ja vettä ja riittävä valaistus. Lisäksi pitää tarkistaa tarvitaanko jälkihoitoa ja suojausmateriaalia, onko materiaalia riittävästi ja onko sen kunto hyvä. Samalla suunnitellaan suojausajankohta, materiaali, korokkeet, sitominen ja työryhmä. Sekä päätetään kuinka hoidetaan lujuudenkehityksen ja betonin lämpötilojen seuranta. Tarkkaillaan säätietoja ja tarkistetaan sääolosuhteet esimerkiksi rakentajansääpalvelusta. Jos kovia pakkasia, lumisateita tai kovaa tuulta on luvassa, siirretään valu leudompaan ajankohtaan. Tarkistetaan työsaumojen sijainti ja toiminta, hankitaan tarvittavat työsaumaraudoitteet, yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa. Selvitetään muottikierron tahdistaminen ja vaikutus aikatauluun. Määritetään muotinpurkulujuus ja lujuuden laskenta yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa. Suunnitellaan muotin purkujärjestys ja tarvittava jälkituenta, erityisesti holvit, yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa. Purettaessa muotteja on huomioitava erityisesti työturvallisuus. Määritetään perustiedot betonin ominaisuuksista, valintaan betoni yhteistyössä betonitehtaan ja rakennesuunnittelijan kanssa. Harkitaan, tarvitseeko lujuusluokkaa nostaa. Selvitetään, mikä on betonitehtaan toimituskapasiteetti erikoisbetonilaatujen, määrän ja nopeuden osalta. Päätetään betonointimenetelmä ja tutkitaan kaluston soveltuvuus kyseiseen kohteeseen. Suunnitellaan kuormavälit, aikataulu, betonointinopeus, betonimäärä, valumiesten määrä, laadunvalvonta sekä ennakoimaan mahdolliset häiriötapaukset ja varaudutaan niihin. Perehdytään talvibetonointiin, menetelmiin ja massaan liittyviin erikoistoimenpiteisiin ja kalustoon. /1/, /2/, /3/, /6/

### 3 TALVELLA KÄYTETTÄVIÄ BETONILAATUJA

#### Normaalisti kovettuva rakennebetoni (NO)

Normaalisti kovettuva rakennebetoni on perusbetonilaatu, jonka laadunarvosteluikä on 28 vuorokautta. Soveltuu käytettäväksi jos ei vaadita säänkestävyyttä tai muita erityisvaatimuksia.

#### Nopeasti kovettuva rakennebetoni (RA)

Nopeasti kovettuvalla rakennebetonilla on nopea varhaislujuudenkehitys. Se saavuttaa 7 vuorokaudessa NO- betonilaadun 28 vuorokauden lujuustason.

#### Seosaineeton rakennebetoni (IB, IP)

Seosaineettoman rakennebetonin valmistuksessa käytetään sideaineena pelkästään sementtiä. Se soveltuu hyvin viileän kauden perusbetoniksi, puhasvalupintoihin ja kun varhaislujuudenkehitystä halutaan hieman nopeammin kuin NO:lla. Sen laadunarvosteluikä on 28 vuorokautta.

#### Saumausrapid (SR)

Saumausrapid on elementtien saumauksiin, erilaisiin juotoksiin ja valuharkkoseinien täyttövaluihin tarkoitettu nopeasti kovettuva saumausbetoni. Soveltuu viileisiin olosuhteisiin ja tilanteisiin joissa vaaditaan nopea varhaislujuudenkehitys.

/2/, /6/

### 4 KUUMABETONI

Kuumabetoni on betonitehtaalla haluttuun lämpötilaan lämmitettyä betonia. Lämpö saadaan betonimassaan sekoitusvaiheessa käyttämällä valmistuksessa lämmitettyä runko eli kiviainesta ja kuumaa vettä. Käytettäessä kuumabetonia, lämmitystarve työmaalla vähenee, muttei poistu välttämättä kokonaan. Jotkut rakenteet ovat tarkempia suojauksen ja lämmityksen suhteen, kuten ohuet rakenteet.

Kuumabetonia on saatavana kolme eri lämpöluokkaa, + 30±5°C, + 40±5°C ja

+50±5°C. Lämpöluokan valintaan vaikuttaa vallitsevat ilmanlämpötilat ja tuulisuus, muottikalusto ja muottikaluston suunniteltu kierto sekä työmaan lisälämmitys ja suojaus toimenpiteet. Kuumabetoni on käytetyin menetelmä, kun halutaan taata betonin nopea lujuuden kehitys.

Betoninormien mukaan betoni katsotaan lämpökäsitellyksi (RakMK B4, kohta 4.2.4.7), jos

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

## 4.1 Kuumabetonin ominaisuudet

Kun betonimassan lämpötilaa nostetaan, kiihtyy sementin ja veden välinen hydrataatio. Mitä korkeampi lämpötila sen nopeampi hydrataatio. Kuumabetoni alkaa sitoutua tästä johtuen nopeammin, joka täytyy huomioida työskentelyssä. Kuumabetonin työstettävyysaika on normaali betonia lyhyempi, noin 1-2 tuntia betonimassan lämpötilasta riippuen. Lisäaineilla pystytään säätämään kuumabetonin notkeutta ja työstettävyysaikaa. Kuumabetonin lämpötila on korkeimmillaan silloin kun se on lujuuden kehityksen kannalta tärkeintä, eli silloin kun betoni alkaa sitoutua. Korkean lämpötilan ansiosta hydrataatiolämpöä vapautuu nopeasti ja betonin lämpötila nousee muutaman tunnin kuluessa valusta. Normaali betonilla samat lämpötilat saavutetaan vasta noin 6-7 tunnin kuluttua valusta. Jos muotti on hyvin eristetty ja pinta peitelty jäähtymisen estämiseksi, hydrataatiolämpö pitää betonin lämpöisenä ja ensimmäisen kovettumisvuorokauden aikana noin 60 % syntyvästä kokonaislämpömäärästä on käytettävissä hyödyksi.

## 4.2 Kuumabetonin lujuuskato

Kuumabetoni menettää loppulujuuttaan, sillä kuumabetoni ei kykene saavuttamaan yhtä suurta lujuutta kuin alhaisemmassa lämpötilassa ollut vastaava betoni.

Lujuuskato johtuu kuumabetonin lämpökäsittelystä. Lämpökäsittelyssä myös betonin pakkasenkestävyys pienenee. Lujuuskadon haittoja ja määrää voidaan pienentää, mutta sitä ei kokonaan pystytä poistamaan lämpökäsittelyssä.

Lujuuskadon pienentämiseksi voidaan käyttää seuraavia keinoja:

Valitaan jäykähkö betonimassa, valitaan mahdollisimman pieni vesisementtisuhte, tasoittamalla lämpötilaeroja ja hillitsemällä lämmön nousu nopeutta, välttämällä korkeita lämpötila piikkejä, valitsemalla oikea kuumabetoni laatu, valitsemalla nopeasti kovettuvia sementtejä, betonin lujuusluokkaa nostamalla yhdellä tai kahdella lujuusluokalla

### **4.3 Kuumabetonin lämpölaajeneminen**

Kuumabetonissa lämpölaajenemiset tapahtuvat jo betonin sekoitusvaiheessa, mikä on eduksi verrattuna työmaalla lämmitettyyn betoniin. Kuumabetoni kutistuu kuten normaalilämpöinen betoni. Kuumabetonin suojaaminen ja ensimmäisen vuorokauden jälkihoito on kuitenkin tärkeämpää, kuin normaalilämpöisen betonin, koska kuumabetonista haihtuu voimakkaasti vettä.

Tavallinen lämpökäsitelty betoni on halkeamisherkeämpi, kuin kuumabetoni, joka johtuu siitä, että kuumabetonia ei rasita työmaalla suoritettava betonin lämmön nosto, jossa betonin eri ainesosat lämpiävät eri tavalla eri ajassa.

### **4.4 Kuumabetonin jäähtyminen kuljetuksen aikana**

Kuumabetonin jäähtymiseen matkan aikana vaikuttavat ulkolämpötila, matkan pituus, massan lähtölämpötila, massan turha seisottaminen työmaalla, kylmät muotit sekä rakenteet. Lisäksi vaikuttaa hidas betonointi, turhat ja pitkät välivarastoinnit esim. säilyttäminen nostoastiassa.

Betonimassan lämpötila laskee tehtaasta ja työmaan välillä edellä mainituista seikoista johtuen 2-5°C.

Tärkeää kuumabetonia käytettäessä on hidastaa betonin jäähtymistä ja pitää lämpötila lujuudenkehityksen takia korkealla betonoinnin alku vaiheessa. Työ

täytyy siis suorittaa nopeasti ja tarvittaessa suojata betoni heti valun jälkeen, tai jopa valun aikana. Kuumabetonin lämmöntuotto on suurta, joten se auttaa lämpötilan pysymistä korkeana.

Kun muottikierto on nopeata 1-2 vrk, kuumabetonin käyttö tulee edulliseksi. Kuumabetoni on energiataloudellisesti myös edullinen tapa, kun huolehditaan muotin lämmöneristävydestä ja lämmönhaihtumisesta. Kuumabetonia voidaan tarvittaessa myös lisälämmittää, mikä nopeuttaa betonin sitoutumista ja nopeuttaa muottikiertoa.

#### **4.5 Toimenpiteitä suunniteltaessa kuumabetonointia**

Seuraavat ohessa mainitut asiat on syytä tarkistaa jo suunniteltaessa kuumabetonointia. Soveltuuko muottikalusto kuumabetonille (muottien riittävä eristävyys). Muottikierron suunnittelu sää huomioiden (muottien riittävyys). Mahdollisesti tarvittavien lisä ja varalämmittimien saatavuus. Lämpösuojaus suunnitelman laatiminen ja tarvittavat suoja peitteet. Tarvitaanko lisälämmitystä esim. kylmäsiltojen kohdalle. Onko edellytyksiä nopeaan ja häiriöttömään betonointiin (riittävä kalusto ja miehistö). Onko edellytyksiä nopeaan lämpösuojaukseen (riittävä kalusto ja miehistö). Betonin lämpötilanseurannan menetelmän valinta

#### **4.6 Työmaantoimenpiteet kuumabetonoitaessa**

Ennen betonoinnin aloittamista muoteista täytyy tarkistaa tuenta, raudoitus ja puhtaus. Muottien täytyy olla puhtaat, ei irtoroskia, lunta eikä jäätä. Jos muoteissa on lunta tai jäätä, täytyy se sulattaa pois ennen betonoinnin aloittamista, esimerkiksi höyrösulattajalla. Betonia ei saa käyttää lumen ja jään sulatukseen. Betonointi on suoritettava ennen puhdistettujen pintojen uudelleen jäätymistä. Höyrösulattajista on kerrottu lisää liitteessä 2 Höyrykehittimet korkeapainekattilat. Kuumabetonia käytettäessä on pyrittävä nopeaan valuun, joten työmaalle on syytä varata riittävästi tiivistyskalustoa ja valajia. Kuumabetonin hydrataatio käynnistyy

nopeasti, joten se jäykistyy nopeammin kuin normaalibetoni, jolloin työstettävyyden aika jää pienemmäksi. Työstettävyyden aikaa voidaan säädellä lisäaineilla. Jotta kuumabetonista saadaan hyödynnettyä sen kehittämä lämpö, voidaan jossakin tilanteissa joutua valun peittelemään heti betonoinnin jälkeen, ennen kuin valupintaa on ehditty hiertää, jolloin valun pinnan laatu saattaa kärsiä. Valun suojaus on tehtävä reuna-alueilla huolellisesti, koska siellä lämmönhaihtuminen on vaikeinta hallita.

Laattoja valettaessa on suositeltavaa korottaa käytettävää lujuusluokkaa yhdellä varhaislujuuden kehityksen takia. Muissa rakenteissa riittää, kun käytetään suunniteltua lujuusluokkaa. Kuuma betonia käytettäessä on usein hyväksi käyttää nopeasti kovettuvia betonilaatuja, tällä vähennetään lämpöhäviöitä ennen hydrataation alkamista. Lujuudenkehityksen varmistamiseksi ja lämpötilaerojen tasaamiseksi on syytä käyttää lisälämmitystä, jos betonointi rajoittuu vanhaan betonipintaan, kallioon tai maahan. Laattarakenteissa lisälämmitetään laattaa rajaavat vanhat seinäpinnat ja työsaumat. Seinärakenteita valettaessa on lisälämmityksen tarvetta harkittava seinän alaosaan ja holvin liittymäkohtaan. On suositeltavaa käyttää myös lisälämmitystä vanhan seinän ja uuden seinän liittymäkohdassa. Jos valettuun pintaan kohdistuu kuormitusta heti muottien purun jälkeen, on lisälämmitys tarpeen. Jos rakenne on massiivinen, eikä maa- tai kalliopinta ei ole ehtinyt jäätyä syvältä montun avaamisen jälkeen, ei lisälämmitystarvetta välttämättä ole. Maahan ja kalliopintoihin rajoittuva betonointi vaatii yleensä etukäteislämmitystä. Lisälämmitykseksi soveltuu hyvin esim. lankalämmitys. /1/, /6/



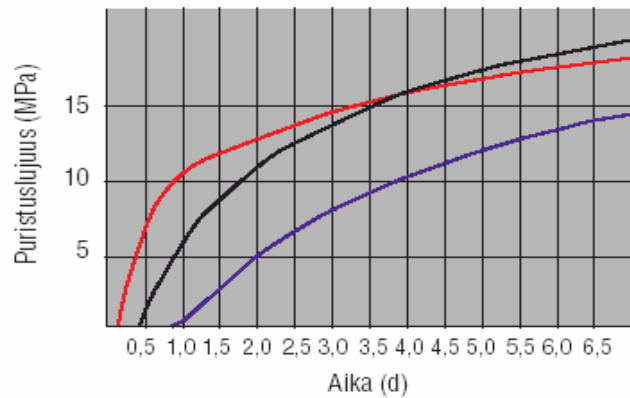
**Kuva 1.** Kuvassa on kuumabetonilla valettu ja suojattu puumuotti

## 4.7 Ulko- ja massan lämpötilan vaikutus betonin kovettumiseen

Taulukossa 1 ja 2 on kuvattu yleis- ja rapidsementin kovettuminen eli lujuudenkehitys eri lämpötiloissa.

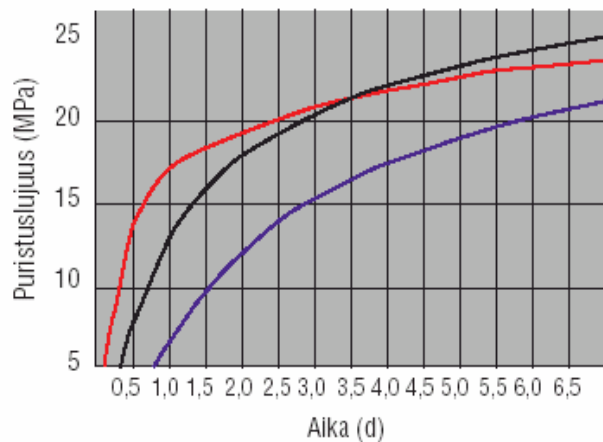
**Taulukko 1.**

### YLEISSEMENTTI



**Taulukko 2**

### RAPIDSEMENTTI



**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

## 5 PAKKASBETONI

Talvibetonointiin on kehitetty oma erikoisbetoni, pakkasbetoni. Pakkasbetoniin on lisätty veden jäätyispistettä alentavaa ainetta, jäätyminenestoainetta. Kun vesi jäätyy, se laajenee huokosrakenteissa, rikkoen huokosrakennetta. Pakkasbetonissa vesi ei pääse jäätymään, joten huokosrakenteet eivät pääse vaurioitumaan.

Pakkasbetoni toimii jopa  $-15^{\circ}\text{C}$  pakkasessa, mutta kovettuminen tapahtuu varsin hitaasti, se pysähtyy käytännössä lähes kokonaan.  $-15^{\circ}\text{C}$ :n pakkasessa pakkasbetonin jäätymlujuuden saavuttamiseen menee 2-7 vrk. Paras käyttöalue on kuitenkin  $+5^{\circ}\text{C}$ ... $-5^{\circ}\text{C}$ .

Normaalibetoniin verrattuna pakkasbetoni sisältää enemmän sementtiä ja vähemmän vettä, joten notkistavaa lisäainetta on käytettävä työstettävyyden parantamiseksi, näin ollen työstöaika on normaalia betonia lyhyempi. Ylimääräisiä lisäaineita ei tule kuitenkaan lisätä pakkasbetonin joukkoon. Pakkasbetoni on noin kaksi kertaa normaalia betonia kalliimpaa.

Pakkasbetonia ei saa sekoittaa pakkasenkestävään betoniin eli säänkestävään betoniin. Pakkasbetonia ei tarvita lämpimällä säällä, mutta pakkasen kestävää betonia tarvitaan ympärivuoden ulos tehtäviin betonivaluihin, joissa on myöhemmin säärasitusta ja betoni pääsee jäätymään ja sulamaan useita kertoja, joten käyttötarkoitus kyseisillä betonilaaduilla on aivan eri. Pakkasen kestävyys on kovettuneen betonin kyky säilyttää ominaisuutensa jatkuvasti tapahtuvaa jäätymistä vastaan ilman, että betoni rakenteen laatu heikkenee.

Tyypillisiä pakkasbetonin käyttökohteita ovat saumaus ja juotos valut, vaikeasti suojattavat ja lämmitettävät valut, sekä muut pienet valut talvikautena.

Pakkasbetonin suositeltava maksimi raekoko on 8mm, joten se ei sovellu massiivisiin valuihin. Pakkasbetonin soveltuvuus juotoksiin on tarkistettava rakennesuunnittelijalta.



## 5.1 Työmaantoimenpiteet pakkasbetonia käytettäessä

Ennen betonoinnin aloittamista muoteista täytyy tarkistaa tuenta, rauditus ja muottien puhtaus. Muottien täytyy olla puhtaat, ei irtoroskia, lunta eikä jäätä. Jos muoteissa on lunta tai jäätä täytyy se sulattaa pois ennen betonoinnin aloittamista, esim. höyrysulattajalla. Betonia ei saa käyttää lumen ja jään sulatukseen. Betonointi on suoritettava ennen puhdistettujen pintojen uudelleen jäätymistä. Pakkasbetonin työstäminen on työläämpää ja työstöaika lyhyempi kuin normaalilla betonilla. Pakkasbetonia käytetään yleensä pieniä määriä, joten se täytyy huomioida kuormavälejä ja kuorma kokoja suunnitellessa, jottei betoni pääse jäykistymään liikaa. Pakkasbetonia voidaan notkistaa tarkoitukseen soveltuvalla notkistimella, muttei vedellä.

Pakkasbetoni tärytetään ja hierretään kuten tavallinen betonikin. Jos betoni kovettuu yli +0°C:ta korkeammassa lämpötilassa, on huomioitava veden haihtuminen betonista suojaamalla betoni huolellisesti esim. muovipeitteellä.

/2/, /6/

## 6 LISÄAINEET

Betonitehtaat käyttävät betonin seassa kiihdyttäviä lisäaineita. Kaikkia lisäaineita ei ole kuitenkaan tavallisen kuluttajan saatavilla. Joitakin tuotteita löytyy rautakaupoista ja joitakin myydään suoraan betonitehtailta. Rautakauppa tuotteet ovat lähinnä pieniin juotos ja saumavaluihin tarkoitettuja lisäaineita, jotka eivät sovellu suuriin betoni valuihin. Betonin joukkoon voidaan lisätä betonin kovettumista nopeuttavia, kiihdyttäviä ja veden jäätymispistettä alentavia lisäaineita. Lisäaineet eivät ole mitään ihmeaineita, joten lisäaineita käytettäessä olosuhteiden ja työmenetelmien täytyy kuitenkin olla samoja kuin normaalisti betonia käytettäessä. Lisäaineita käytettäessä betonimassan lämpötilan tulee olla yli +5°C. Joitakin tuotteita täytyy käyttää notkistimien kanssa, jotta veden määrää saadaan vähennettyä. Kiihdyttäviä käytettäessä on suositeltavaa käyttää nopeasti kovettuvaa betonia. Lisätietoa lisäaineista ja niiden käytöstä löytyy liitteistä 3 ja 4.

## 7 TALVIBETONOINTIOHJEITA RAKENNEOSITTAIN

### Perustukset:

Betonointi työn saa tehdä ainoastaan sulatetulle ja lämmitetylle alustalle. Alusta täytyy tarkistaa myös roudan varalta. Betonin oma lämmönkehitys on huomattavaa, varsinkin paksuissa ja massiivisissa valuissa, joten se kannattaa hyödyntää. Suositeltavia betonilaatuja ovat nopeasti kovettuva betoni (rapid) ja kuumabetoni. Muotit kannattaa lämpöeristää, lämmön haihtumisen estämiseksi, esim. mineraalivillalla, polystyreenilla tai uretaanilla. Betonoinnin päätyttyä muotit täytyy pikaisesti suojata esimerkiksi pakkasmatoilla. Lisälämmityksenä voidaan käyttää lankalämmitystä tai kuumailmalämmitystä. Lujuuden kehityksen seuranta on tärkeää.



**Kuva 2.** Kuvassa on lämmöneristettyjä ja suojattuja perustusmuotteja

### Lattiat:

Tila jossa lattia valetaan täytyy tehdä vedottomaksi, sulkemalla ylimääräiset aukot jne. lämmönhaihtumisen estämiseksi. Alustan lämmittäminen täytyy aloittaa riittävän ajoissa, jotta alustan lämpötila on yli +5°C betonoinnin alkaessa. Lisälämmityksenä voidaan käyttää kuumailmalämmitystä. Lämpötila täytyy pitää +15°C:ssa 3-4 vuorokautta, kovettumisen varmistamiseksi. Betonilaadun valinta

täytyy suorittaa huomioiden pinnan käsittely, suojaus, lämmitysmenetelmä ja ulkolämpötila. Lattian jälkihoitoa ei pidä unohtaa myöskään talvella.

**Pilarit:**

Suosittelavia betonilaatuja ovat nopeasti kovettuva betoni (rapid) ja kuumabetoni. Pilarin yläosa täytyy suojata esim. suojapeitteellä välittömästi valun päätyttyä. Jos rakenteen alaosassa on kylmäsillan vaara, täytyy huomioida alaosan lisälämmityksen ja suojauksen tarve.

Lisälämmityksenä voidaan käyttää lankalämmitystä tai huputusta ja kuumailmalämmitystä. Lujuuden kehityksen seuranta on tärkeää.

**Seinät:**

Suosittelavia betonilaatuja ovat nopeasti kovettuva betoni (rapid) ja kuumabetoni. Lämmitettävän muotin käyttö on myös suositeltavaa. Seinän yläosan suojaaminen välittömästi valun päätyttyä esim. suojapeitteellä. Seinän alaosan lisälämmitys lankalämmityksenä, jos kylmäsillan mahdollisuus on olemassa. Lisälämmityksenä voidaan käyttää huputusta ja kuumailmalämmitystä. Lujuuden kehityksen seuranta on tärkeää.



**Kuva 3.** Kuvassa huputettu seinämuotti, hupun alle on sijoitettu kuumailma puhallin.

Holvit:

Betonoinnin saa tehdä vain sulalle muottipinnalle. Lumen ja jään sulatus tehdään esim. höyryttämällä, sillä betonia ei saa käyttää lumen ja jään sulattamiseen. Holvi kannattaa suojata heti raudoituksen valmistuttua, näin päästään vähemmällä lumen ja jään poistolla ja sulatuksella. Muotin alapuolisten aukkojen yms. suojaus on tärkeää, jotta saadaan vedoton tila ja lämpöhäviöt pienenevät. Betonilaadun valinta täytyy suorittaa huomioiden pinnan käsittely, suojaus, lämmitysmenetelmä ja ulkolämpötila. Lisälämmityksenä voidaan käyttää holvinalapuolista säteily- tai kuumailmalämmitystä. Vanhojen ja kylmien reunojen lämmitys voidaan hoitaa lankalämmityksenä. Lisälämmitystä käyttäessä täytyy huomioida mahdollinen palovaara. Lujuuden kehityksen seuranta ja jälkituenta on tärkeää. /3/,/5/

## 8 BETONIN LÄMMITYSMENETELMÄT

Betonia voidaan lämmittää usealla eri tavalla. Betonoitavan rakenteen ympäröivä ilma voidaan lämmittää. Betonoitava muotti voidaan lämmittää sekä betonimassa voidaan lämmittää. Tässä on lueteltuna ympäröivän ilman ja muotin lämmitykseen yleisesti käytettäviä menetelmiä. Lisää rakenteiden lämmityksestä on kerrottu liitteessä 5 Rakenteiden lämmitys ja kuivatus.

### 8.1 Säteilylämmitys

Säteilylämmitys perustuu sähkömagneettiseen aaltoliikkeeseen, jota lämmittimen säteilypinta lähettää. Säteilylämmitys on varsin tehokas lämmitysmuoto, joten sen tehoa täytyy tarkkailla, ettei betonin lämpötila nouse liikaa. Liian suureksi noussut lämpötila aiheuttaa tuoreessa betonissa halkeilua, koska ilma laajenee huokostilassa. Lämmittimestä saadaan irti jopa  $1000 \text{ W/m}^2$ , mitoituslämmitysteho on yleensä kuitenkin 30–40 kW. Säteilylämmityksessä voidaan polttoaineena käyttää joko polttoöljyä tai nestekaasua. Säteilylämmitystä käytettäessä on huomioitava palovaara, joten se ei sovellu kaikille muottityypeille, esim. puumuoteille. Säteilylämmitys soveltuu hyvin esim. holvin alapuoliseen

lämmitykseen, avonaisenrunгон rakenteiden, lattiaavalujen, kuorilaatastojen, eristämättömien tai toiselta puolelta eristettyjen teräsmuottien ja teräsheyksisten vanerimuottien lämmitykseen. säteilylämmitys ei sovellu kokonaan lämmöneristetyin muotin lämmittämiseen. Säteilylämmitystä käytettäessä valun pinta on syytää peittää esim. lämpömatoin, näin aikaan saadaan nopea lämmön nousu betonissa. Jos betonipintaa ei ole peitetty, on vaarana ylä- ja alapinnan välinen liian suuri lämpötila ero ja sen aiheuttama halkeilu. Kun lämpötila on yli +20°C halkeiluriski kasvaa. Tehokkuutta lisää myös, kun tila järjestetään vedottomaksi ja tuulettomaksi, näin saadaan tilan lämmön nousu käytettyä hyödyksi betonin lämmittämiseen. Säteilylämmitystä käytettäessä ei yleensä reuna-alueita tarvitse lisälämmittää. Lämmittimet on helppo suunnata ja lämpö jakautuu tasaisesti. Lämmitysmuoto soveltuu erityisesti teräsmuoteille, niiden hyvän lämmönjohtokyvyn ansiosta, mutta ei toimi yhtä hyvin puumuoteissa. Nestekaasua ja ulkopuolista tankkisäiliötä käytettäessä on huomioitava viranomaismääräykset ja rakennettava erillinen johtoverkosto. Polttoöljyä käytettäessä on huomioitava öljyn aiheuttamat ongelmat, joita ovat palovaara, nokeavuus, likaantuminen, savukaasut ja palamisilman tarve.

## 8.2 Kuumailmalämmitys

Kuumailmalämmityksessä voidaan käyttää nestekaasua, polttoöljyä tai sähköä. Kuumailmalämmitys soveltuu käytettäväksi lisälämmityksenä aiemmin valutuille pinnoille, eristämättömille muoteille sekä lattia ja pystyrakenteille. Se ei sovellu avonaisen rungon lämmittämiseen, eikä tiloihin joita ei saada vedottomiksi. Se on tehokkaimmillaan täysin suljetussa tilassa, jossa on ympärillä massiiviset rakenteet, esim. holvivalut, jolloin se lämmittää myös aiemmin valetun betonin lattiassa. Lämmityksellä saavutetaan helposti kovillakin pakkasilla +40-50° C, jos tila saadaan vedottomaksi ja ympäröivät rakenteet ovat massiivisia. Kuumailmalämmitys on ns. välillinen lämmitys, jonka seurauksena lämmön haihtuminen on suurta, joten se vaatii pitkän 3-4 vrk lämmityksen. Lankalämmitystä voidaan joutua käyttämään lisälämmityksenä reuna-alueilla ja kylmäsiltojen kohdilla. Lankalämmitys on suunniteltava ajoissa, koska jälkikäteen

sen asentaminen on usein mahdotonta. Tämä täytyy huomioida erityisesti huputettujen pystyrakenteiden alapäissä, joissa lämpötilat voivat jäädä alhaisiksi. Betonipinnat täytyy suojata heti valun jälkeen, lämmönhaihtumisen estämiseksi. Lämmittimiä asentaessa on parempivaihtoehto asentaa kaksi pienempää konetta kuin yksi iso kone tilaa kohden, jos toinen kone rikkoutuu tai sammuu, niin toinen jää kuitenkin päälle, eikä lämmittäminen katkea.

Nestekaasua on helppo käsitellä, laitteisto ei tarvitse paljon huoltoa ja se on palovaaraton. Nestekaasu laitteet ovat yleisesti kevyempiä kuin öljy ja sähkökäyttöiset laitteet ja jos käytetään ulkopuolista tankkia, ei tarvita jatkuvaa polttoainetta täydennystä, mutta ulkopuolinen tankki vaatii johtoverkoston rakentamisen. Nestekaasua ei saa varastoida työmaalla tarvittavaa määrää suurempia eriä. Nestekaasua käytettäessä kaluston täytyy olla huollettua ja tarkistettua, ettei aiheuteta kaasuvuotoja ja räjähdysvaaraa.

Polttoöljyä käytettäessä täytyy huomioida palovaara, nokeentuminen, likaantuminen, savukaasuhaitat ja palamisilmansaannin tarve.

Sähköä käytettäessä täytyy huomioida sähkön riittävyys eli sulakkeiden kesto ja pääkeskuksen koko. Sähkö soveltuu myös pystyrakenteiden lämmitykseen. Lisää kuumailmalämmityksestä on kerrottu liitteessä 6 Rakennuskuivaajat, kiertoilmalämmittimet ja ilmankuivaajat.



**Kuva 4.** Kuvassa on pilarin juotosvalua varten tehty suojahuppu. Lämmitys tapahtuu sähkökäyttöisellä kuumailmapuhaltimella.

### 8.3 Lankalämmitys

Lanka lämmitys on pääsääntöisesti lisälämmitys, paitsi pilarien osalta. Lankalämmityksessä käytetään 2mm:n teräslankaa, joka on päällystetty muovilla. Lanka asennetaan 200–250 mm:n välein ja sidotaan kiinni. Sähköjännite muunnetaan sähkölämmitysmuuntajalla suojajännitteeksi välille 9-42 V. Lämmitysteho voi vaihdella 100–300 W/m<sup>2</sup>. Lankalämmityksessä ei saa käyttää liian suurta tehoa, teho on huomioitava varsinkin ohuissa rakenteissa, jotta lämpötila erot eivät tule liian suuriksi. Lankalämmitys soveltuu puurakenteisille ja lämmöneristetyille muoteille sekä anturoiden, palkkien, pilareiden, ulokkeiden, seinien alaosien ja reunojen, elementtisaumojen sekä kylmäsiltojen ja kylmiä pintoja vasten betonoitaessa. Lankalämmitys soveltuu myös hyvin myös vaikeasti suojattaville rakenteille. Lankalämmityksen teho on helppo säätää ja lämmitystä voidaan jatkaa myös muottien purkamisen jälkeen. Lankalämmitys tulee suurilla tehoilla edulliseksi, koska asennuskustannukset pysyvät ennallaan, hyötysuhde on hyvä ja kalustosta ei muodostu vuokratustannuksia. Lankalämmitys ei sovellu jos rakenne on massiivinen, rakenteesta täytyy saada vedenpitävä tai jos rakenne on ohut. Se ei sovellu myöskään yleislämmitykseksi, eikä eristämättömille teräsmuoteille. Lanka on kertakäyttöinen, koska se jää betonin sisälle. Lankaa asentaessa täytyy olla varovainen, jottei riko lankaa, korjaaminen voi olla hankalaa tai jopa mahdotonta. Lisää lankalämmityksestä on kerrottu liitteessä 7 Lankalämmityksen suunnitteluohje.

### 8.4 Lämmittävät muotit

Etenkin seinärakenteita valettaessa voidaan käyttää sähkölämmitteisiä suurmuotteja. Muoteissa kiertää lämmityskaapelit muottipinnan takana. Muottien lämpötilaa säätelee ohjauskeskuksessa oleva muottikohtainen termostaatti. Muotissa tarvitsee käyttää lisälämmitystä ainakin reuna-alueilla, muotin alaosassa sekä mahdollisten kylmäsiltojen kohdilla. Muotin yläpinta täytyy peittää heti valun jälkeen lämmönhaihtumisen estämiseksi. Muotti ei sovellu käyttöön, jos valu määrät ovat pieniä tai valu on monimuotoinen. Suurmuotti ei sovellu myöskään

pienikokoisiin valuihin, koska sen muunneltavuus on huono. Muotti voidaan korottaa kasettimuoteilla haluttuun korkeuteen helposti, mutta leveyssuuntainen muokkaaminen on hankalampaa. Suurmuotin hankinta hinta on melko suuri, joten jos muotin käyttökerrat ovat vähäisiä, kannattaa ostamisen sijasta vuokrata muotti. Lämmitettävä suurmuotti on helppokäyttöinen työntekijöille ja sillä saadaan aikaan nopeamuottikierto ilman betonin lujuuden ja laadun heikkenemistä.

/1/

## 9 SUOJAAMINEN JA JÄLKIHOITO

Vaikeista talviolosuhteista johtuen joudutaan käyttämään erilaisia suojapeitteitä ja rakentamaan erilaisia suojakatoksia. Talvisaikaan kannattaa käyttää mahdollisimman paljon valmiita tehtaissa tehtyjä betonielementtejä, jolloin työmaalle jää vain elementtien asennus, saumaus ja juotosvalut. Paikalla valu holvi kannattaa näin ollen korvata ontelolaatoilla, jolloin koko holvin suojauksen sijaan selvittää saumojen suojauksella. Eräs vaihtoehto on suojakatoksen rakentaminen rakennettavan kohteen ympärille. Ruotsissa rakennetaan jo taloja ”suojatalojen” sisällä, näin kohde ei ole riippuvainen ulkona vallitsevasta säästä. Joskus suojaaminen on varsin hankalaa raudoitusten, tartuntojen, monimutkaisten muotojen yms. takia. Esimerkiksi jo holvista tulevien elementtitukien kiinnitysterästen korvaaminen paikalla valettavassa holvivalussa valun yhteydessä betoniin painettaviin kierreankkureihin helpottaa suojaamista huomattavasti, kun ei tarvitse suojatessa kiertää holvista törröttäviä teräksiä.

Suojaamiseen voidaan käyttää suojapressuja, kevytpeitteitä, pakkasmattoja, uretaani -ja styroksi levyjä, mineraalivilla levyjä, jne. Joskus suojaamiseen tarvitaan myös korokkeita, jotta suojapeite ei tarttuisi kiinni valmiiseen betonipintaan, varsinkin jos betonipinta jää näkyviin. Lauta ja vaneri muotit ovat melko hyviä lämmöneristäjiä, kun vain yläpinta muistetaan peittää riittävän tehokkaasti.

Suojaaminen täytyy aloittaa niin pian kuin mahdollista, jotta saadaan hyödynnettyä kaikki kovettumisesta syntyvä lämpö. Tuuli lisää pakkasen purevuutta huomattavasti ja lisäksi täytyy huomioida suojausmateriaalin paikallaan pysyminen



erilaisilla painoilla ja kiinnityksillä. Esimerkiksi holvi valussa holvin alapuolinen tila täytyy saada vedottomaksi, jotta valettu betoni ei pääse jäähtymään liian nopeasti ja että holvin lämmitys voidaan aloittaa holvin alapuolelta. Holvivalussa reuna-alueet ovat kriittisiä lämmityksen tehokkuuden säilymistä ja betonin jäähtymisen kannalta. Antura, sokkeli ja muita perustus muotteja voidaan valmistaa myös styroksista, (yleinen tuotemerkki on Soklex), jolloin muotin suojaamiseksi riittää, kun peittää muotin yläpinnan. Vedellä kastelu ei sovellu jälkihoidoksi talvisaikaan betonin jäätymisriskin vuoksi. Lisää suojauskalustosta on kerrottu liitteessä 8 Suojauskalusto.

/3/



**Kuva 5.** Kuvassa on styroksista valmistettuja Soklex sokkelimuotteja, joissa rauditus valmiina.



**Kuva 6.** Kuvassa on paikalleen asennettuja, valettuja ja suojattuja soklexmuotteja.



**Kuva 7.** Kuvassa on suojapeitteitä ja pakkasmattoja kuljetustelineissä.

## 10 BETONIN LUJUUDENKEHITYKSEN LASKENTA JA VARMISTAMINEN

Betonin lujuus voidaan laskea ja mitata usealla eri tavalla. Tässä on mainittuna neljä eri menetelmää. Kolme menetelmästä perustuu laskentaan, kaavoihin ja mittaustuloksiin ja yksi menetelmä perustuu pelkkiin mittaustuloksiin.

### 10.1 Betonin kypsyysikä laskenta Nykäsen menetelmä

Betonin kypsyysikä voidaan laskea ns. Nykäsen menetelmällä, joka on karkea ja vanhentunut. Menetelmässä lasketaan kovettuvan betonin lämpöastevuorokausisumma. Tulokset ovat suuntaa antavia ja varsinkin korkeissa lämpötiloissa paikkaansa pitämättömiä. Nykyiset käytössä olevat sementit ovat lujuudenkehityksen alussa nopeampia kuin vanhat sementit, joiden lujuuden kehitys käyrästään menetelmä perustuu.

$$N=k(T+10^{\circ}\text{C})*t$$

Missä  $T$  on betonin lämpötila aikana  $t$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t$  on kovettumisaika [d]

$k = 1$  kun  $+50^{\circ}\text{C} \geq T \geq 0^{\circ}\text{C}$

$k = 0,4$  kun  $0^{\circ} > T \geq -10^{\circ}\text{C}$

$k = 0$  kun  $T < -10^{\circ}$

### 10.2 Betonin kypsyysikä laskenta Sadgroven kaavalla

Betonille voidaan laskea kypsyysikä mitattujen lämpötilojen avulla Sadgroven kaavalla. Kaavalla voidaan vaihtelevissa lämpötiloissa oleva betoni muuttaa vastaamaan kypsyysikää  $+20^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa ( $t_{20}$ ). Sadgroven kaava on tarkempi ja luotettavampi kuin vanhentunut Nykäsen menetelmä.

$$t_{20} = \sum [ ((T_i + 16^{\circ}\text{C}) / 36^{\circ}\text{C})^2 * t_i ]$$

Missä  $T_i$  on lämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ ), jossa betoni on ajan  $t_i$  (d); nämä eri lämpötila-aikajaksot lasketaan yhteen. Jos betonin kovettumislämpötila on kokoajan vakio saadaan tulos suoraan. Jos lämpötiloja on useita, täytyy jokainen lämpötila laskea erikseen kyseisellä ja summata kaavan antamat tulokset lopussa yhteen.

/1/,/3/

### 10.3 Betonin lujuuden toteaminen Comameter-kypsyysastemittarilla

Comameter-kypsyysastemittari asetetaan tuoreeseen betoniin. Mittari näyttää suoraan  $t_{20}$  kypsyysikä. Mittarin toiminta perustuu betonista muodostuvan lämmön vaikutukseen. Betoni muodostaa lämpöä kovettuessaan, muodostunut lämpö haihduttaa mittarin kapillaariputkessa olevaa nestettä. Neste on kapillaariputkessa sidottu asteikkoon, josta sen voi lukea kypsyysastevuorokausina. Mittaria voidaan lukea useaan eri otteeseen betonin kovettuessa. Mittarista luetun kypsyysikä ja betonille laaditun kypsyysikäkäyrän avulla betonille voidaan määrittää sen likimääräinen lujuus.

/3/

### 10.4 Betoplus -palvelu

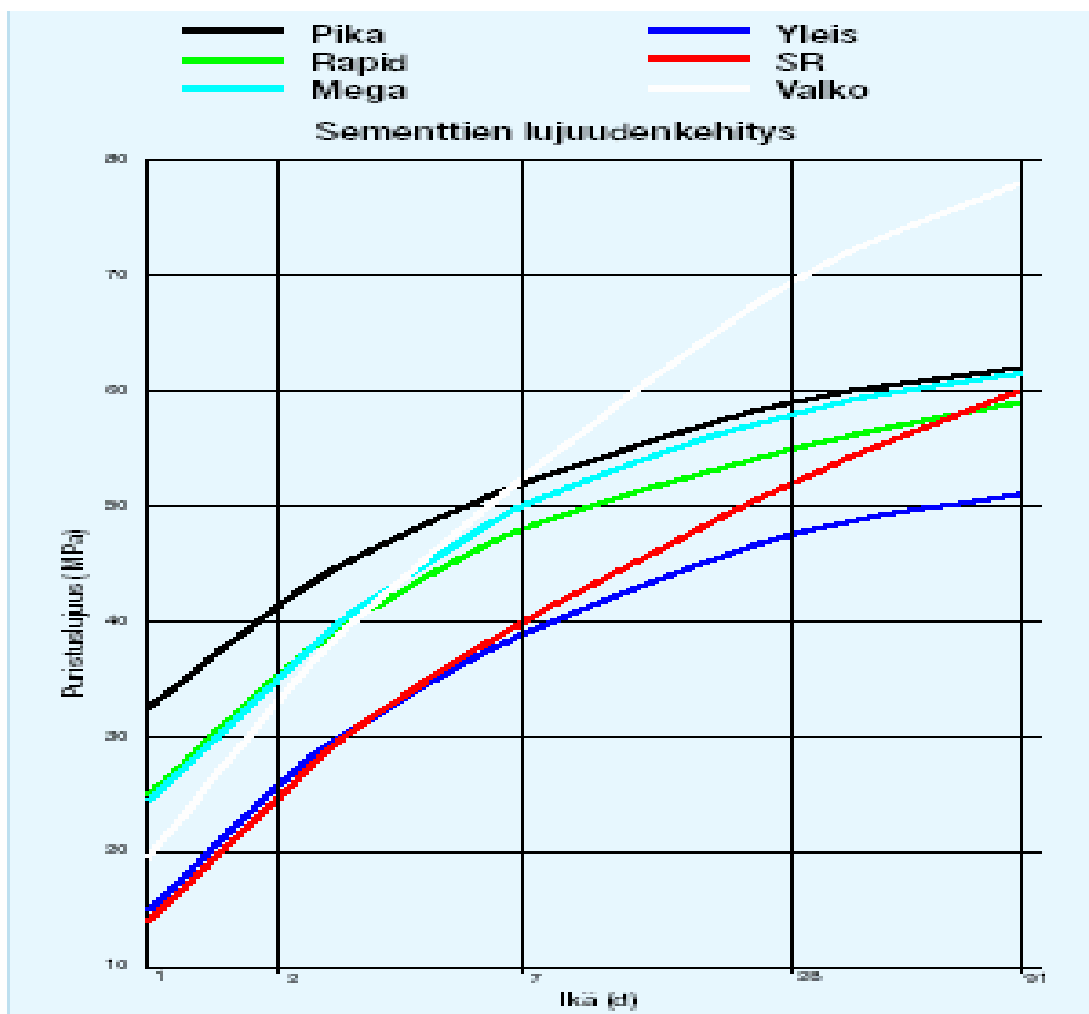
Betoplus ohjelmalla voidaan laskea betonin lämmön ja lujuuden kehitys erilaisissa olosuhteissa. Tarkoituksena on mallintaa betonointi ympäristö todelliseksi huomioimalla rakenne, lämpötila, ilmasto-olosuhteet, muotti, todellinen betonisuhteutus jne. Ohjelmistossa on rakennekirjasto, josta löytyy valmiita rakenteita, joten eri osapuolten vaikutusten toteaminen betonin kovettumiseen on nopeaa. Ohjelma antaa käyrä tai taulukkomuodossa rakenteen lämmön ja lujuuden kehityksen, lämpötila erot rakenteessa rakenteen kypsyyden ja mahdollisen lujuuskadon halutusta kohdasta. Jos työmaalla käytetään automaattisia tallentimia ns. dataloggereita, voidaan rakenteen lujuus laskea mittaushetkellä. Betoplussalla lasketun lujuudenkehityksen avulla voidaan valita oikea betonilaatu, muottijärjestelmä, suojaus, lisälämmitys, muottikierto, havaita kylmäsillat ja niiden

vaikutus. Lisäksi voidaan määrittellä jälkijännitys ajankohta ja suunnitella nousunopeus liukuvalussa. Betoplussalla lasketun lämmönkehityksen avulla voidaan valita oikea muotti -ja eristetyyppi, oikea betonilaatu, massan lämpötila, määrittää lämmitystarve ja suojaustapa.

Betoplussaa käytettäessä tarvitaan seuraavat tiedot, jotta ohjelma pystyy laskemaan vaaditun kehityksen, suunnittelulujuus, betonilaatu, rakenteen mitat ja muoto, ympäröivät rakenteet, muottityyppi ja kierto, eristeet ja suojaus, arvio sääolosuhteista (lämpö ja tuuli), mahdollinen lisälämmitys, haluttu muotinpurkulujuus ja lämpötilarajoitukset. Betoplus palvelua ja asiantuntemusta on mahdollista saada betonin toimittajalta. /2/, /3/, /6/

### Eri sementtilaatujen lujuuden kehitykset

**Taulukko 3.**



## 11 TALVIBETONOINNISSA TAPAHTUVAT VIRHEET

Samoja virheitä saattaa tapahtua myös muussa betonoinnissa, ei ainoastaan talvibetonoinnissa. Talvibetonoinnissa tapahtuvat virheet saattavat olla kohtalokkaita. Betonointi virheen korjaaminen tulee lähes aina kalliimmaksi kuin sen kerralla kuntoon tekeminen. Joskus betonointi virhettä ei pysty korjaamaan ennen kuin vanha rakenne on purettu pois tieltä. Kaikkia riskitekijöitä ei pystytä kokonaan poistamaan, mutta riskiä pystytään vähentämään. Tässä on mainittuna muutamia betonointivirheitä ja niistä aiheutuvia vaikutuksia.

Betonin aineosien puutteellinen lämmitys ja runkoainevarastojen puutteellinen suojaus, kylmän ja jäisen materiaalin käyttö, josta syystä betoniin muodostuu hiekkapesäkkeitä, vesisementtisuhde vaihtelee ja betonin lämpötila jää tavoiteltua alhaisemmaksi. Valmiiden valuun rajoittuvien pintojen puutteellinen lämmitys, josta syystä betoni jäätyy ennen lämmityksen aloitusta. Lumiseen ja jäiseen muottiin valaminen ja raudoituksen puhdistamatta jättäminen, jonka seurauksena betoniin muodostuu onkaloita ja huokosia eikä raudoitus tartu betoniin kiinni. Lisäksi betoni voi jäätyä liian aikaisin, jolloin se menettää lujuuttaan. Hidas betonin jälkihoidon aloitus, suojaaminen, peittäminen ja lämmitys, aiheuttavat betonin liian nopean jäähtymisen ja betonin kovettuminen hidastuu tai jopa pysähtyy. Betonin päällä liikkuminen liian varhain sekä korokkeiden ja kannattimien puuttuminen peitteen alta, jolloin betonin pinta vaurioituu. Lisäksi on paljon muita seuraamuksia, joihin vaikuttavat yksi tai useampi edellä mainituista tekijöistä. Betonin muottia vasten oleva pinta huononee muotissa olevan veden ja roskien takia. Rakenteeseen syntyy halkeamia suuren lämpötila eron vuoksi. Betonin lujuuden kehitys ei vastaa tavoiteltua. Betonin lujuudenkehitys luultua alhaisempi, jolloin muottien purkaminen voi aiheuttaa vaurioita. Alhainen ulkolämpötila lisää seinän vaurioitumis- ja sortumisriskiä muotteja purettaessa. Betonoitaessa pystyrakenteita maan, kallion tai aiemmin valetun betonin päälle alaosan jäätymisriski on suuri. Seinä ja pilari rakenteet ovat lujuudeltaan heikoimpia alaosistaan, koska alhaalla on kylmäsillan ja jäätyminen riski. Seinän ja pilarin kaatumisriski on suuri, kun betonin lujuus on alle 2-3 MPa. Riittämätön lujuus ilmenee betoni pinnan ja kulmien lohkeamisena. Muotin yläosa saattaa myös jäätyä, jos pintaa ei peitetä. Kylmän seinän päälle valettu laatta saattaa jäätyä, jollei

seinää lämmitetään etukäteen. Vaakarakenteissa taipumat johtuvat riittämättömästä lujuudesta aiheuttaen halkeamia. Vaakarakenteissa täytyy jälkituennalle kiinnittää eritoten huomiota. Laatta rakenteen tyypillinen muotinpurkulujuus asuinrakennuksessa on 15–21 MPa, muotin purkulujuuden määrittää kuitenkin rakennesuunnittelija. Betonia, joka on vaarassa jäätyä, ei saa jälkihoitaa koskaan kastelemalla. /1/, /3/

## LÄHDELUETTELO

### Painetut lähteet

- /1/ Betonitekniikan oppikirja. Suomen Betoniyhdistys ry 1998. 556s
- /2/ Lohjarudus. Valmisbetonin hinnasto ja siirtokalusto 2005, Lohja Rudus Oy Ab, 25s
- /3/ Talvibetonointi. Pekka Vuorinen, Suomen Betonitieto Oy, 1999, 28s

### Sähköiset lähteet

- /4/ [www.Finnsementti.fi](http://www.Finnsementti.fi)
- /5/ [www.Forssanbetoni.fi](http://www.Forssanbetoni.fi)
- /6/ [www.Lohjarudus.fi](http://www.Lohjarudus.fi)

## LIITTEET

- 1 Kone-Ratu Talvityöt ja –kustannukset
- 2 Kone-Ratu Höyrykehittimet, korkeapainekattilat
- 3 Pakkas- Parmix betonin lisäaine pakkasbetonin valmistukseen
- 4 SikaCim Pakkassuoja-aine –Kiihdytin
- 5 Kone-Ratu Rakenteiden lämmitys ja kuivatus
- 6 Kone-Ratu Rakennuskuivaajat, kiertoilmalämmittimet, ilmankuivaajat
- 7 Kone-Ratu Lankalämmityksen suunnitteluohje
- 8 Kone-Ratu Suojauskalusto
- 9 Talvibetonointiohje työnjohtajille



## TALVITYÖT JA -KUSTANNUKSET Suunnitteluohje

Vinterarbetar och -kostnader  
Winter works and costs

### KÄYTTÖTARKOITUS

Tämä suunnitteluohje on tarkoitettu apuvälineeksi talven vaikutusten huomioimiseen rakennushankkeen tuotannosuunnittelussa.

### 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

### MÄÄRITELMÄT

Töiden talvityölisät

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

Talvityöt

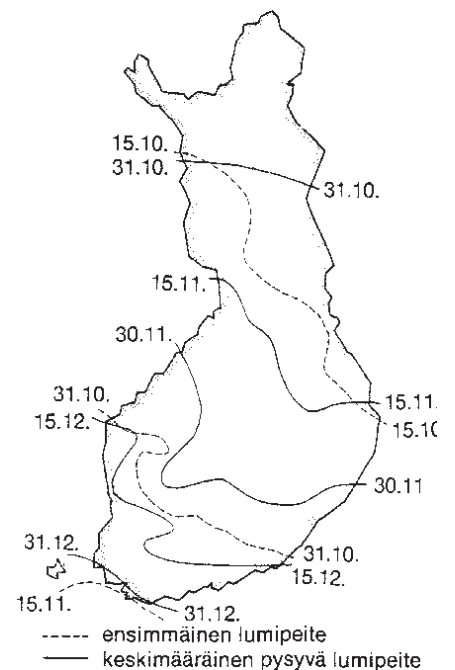
erillisenä työvaiheena tehdyt tai tehtävään määrättyjen työntekijöiden suorittamat lumi- ja jäätyöt, lämpösuojaus sekä rakennusten ja runkorakenteiden lämmitys (Talo90)

### KESKIMÄÄRÄISET TALVIKUSTANNUKSET

Talvikausi on se aika vuodesta, jolloin vuorokautinen keskilämpötila on nollan alapuolella. Etelä-Suomessa talven pituus on keskimäärin 140 vuorokautta. Kun tähän lisätään satunnaiset kylmät jaksot syksyisin ja keväisin sekä huomioidaan työaika 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 suunnittelemalla talvirakentaminen hyvin ja varautumalla häiriöihin.

Tutkimuksissa on saatu hyvinkin erilaisia tuloksia talven vaikutuksista. Tutkimuksille yhteisenä piirteenä on kuitenkin talvilisätöiden 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 aiheuttavia 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 aiheuttavat talven työtä hidastavasta vaikutuksesta eli talvitahmeudesta. Talvella on heikommalla säällä ja valaistusolosuhteilla. Työtä hidastavat alhaisempi lämpötila, lumisade sekä työskentelyalueella oleva lumi ja jää. Talvityöhaitat ilmenevät työsaavutusten pienemisenä ja työn keskeytysten lisääntymisenä.

Töiden talvityölisillä tarkoitetaan Talo90 –nimikkeistön mukaan talvella työn tekemiseen sisältyviä töitä. Näitä ovat esimerkiksi talvibetonointiin saman työryhmän tekemänä sisältyvät suojaus- sekä lumi- ja jäätyöt. Tuotantokatkot ja -keskeytykset lisääntyvät talvella mm. työkonien käyttövaikeuksista ja pakkasen rikkomien koneiden aiheuttamista odotuksista

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

### Materiaalihukat ja muuttuneet materiaalit

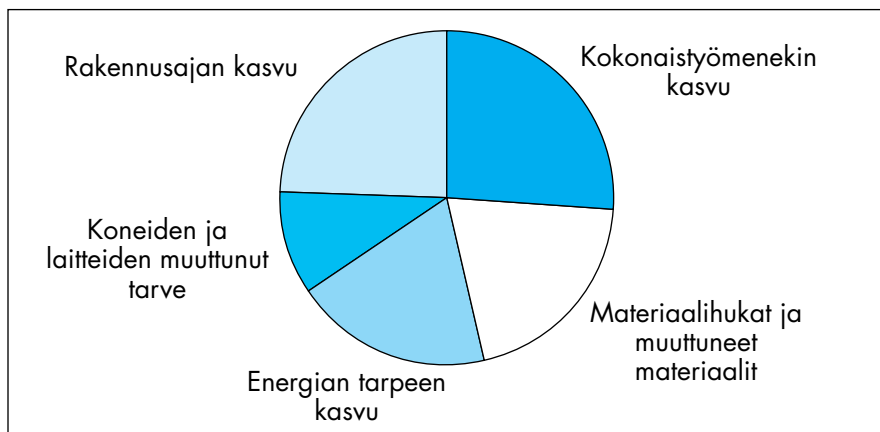
Materiaalikustannukset muodostuvat määrä-, laatu- ja hintakomponentista. Kustannusten suuruuteen talviolosuhteissa vaikuttavat

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

Materiaalihukka lisääntyy työmaalisän (ML4) ja osittain myös työnvaihelisän (ML3) osalta. Työnvaihelisää esiintyy esimerkiksi muottien purussa, jolloin rakenteeseen kiinni jäänyt muottitavara rikkoon tuu helposti. Työmaalisää aiheuttaa materiaalin pilaantumisesta ja katoamisesta. Talviolosuhteet lisäävät suoranaista materiaalihukkaa. Tarpeettoman paljon myös kalusto- ja käyttötarvikkeita kuten sähköjohtoja, peitteitä, työkaluja ja muottilukkoja hautautuu 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)

Taulukko2. Talvilisätyöt ja niiden työsisältö

Talvilisätyöt (Talo90)	Sisältö
C81 Lumi- ja jäätyöt	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 kuivatus kuten lämmityslaitteiden hoito ja huolto sekä lämmitysasemien pystytys ja purku

Taulukko 3. Lisääntyneen energian kulutuksen syyt eri rakennusvaiheissa

Rakennusvaihe	Lisäenergiatarve
maarakennusvaihe	maapohjan sulattaminen ja sulanapito
perustus- ja runkovaihe	materiaalien, rakenteiden ja rakennusosien lämmitys- ja kuivatustoimet valualustojen ja muottipintojen sulatus ja lämmitys
sisävalmistusvaihe	rakennuksen lämmitys ja kuivatus
koko rakennusaika	sosiaali- ja työmaatilojen 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 talvilisätöihin. 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

- talvilisätöiden 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 sään vuoksi taata kunnollisia työskentelyolosuhteita tai työn laatu ei ole vaatimusten mukainen, on työnantajan velvollisuus keskeyttää työskentely. Keskeytykseen johtavia säättekijöitä ovat talvella

- pakkanen
- 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 materiaalimenekkitiedot
- 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
- talvikuukausien keskilämpötilat
- kuukausikeskilämpötilat ilman pakkaspäiviä
- termisen talven aloitus- ja päättymisaika-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 työajain ja tehtävän osalta on Ratu-tuotantotiedosto. Työmenekin muutokset talviolosuhteissa otetaan laskelmissa ja suunnitelmassa huomioon erillisarvioina. Arvioinnin pohjana voidaan käyttää esimerkiksi talvityöhaitta- ja lisäprosenttitiedostoa. Tiedostossa on otettu huomioon

- T2 työsaavutuksen aleneminen
- talven aiheuttamat TL2- ja TL3-lisä-aikojen lisääntyminen ja
- talveen liittyvät työt.

Talvikustannusten suuruuden määrittämistä varten tarvittavat talvitöiden työmenekkitiedot ovat

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

Paikkakunta	Lämpötila °C	Työpäivät						
		loka	marras	joulu	tammi	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/brm <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 työmenekki, mittausperusteena rakennuksen laajuus ja talvikuukausien määrä. (S & K s.45)

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

Taulukko 9. Töiden talvityöhaitta ja -lisäprosentitiedosto

Talo90 Nro	Työlaji 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	Muottityö					
	lautamuottityö	3	5	8	15	Ratu
	levymuottityö	7	10	15	20	Ratu
	kasettimuottityö	7	10	15	20	Ratu
	suurmuottityö	3	5	10	20	Ratu
	pöytämuottityö	3	5	10	15	Ratu
	kulmamuottityö	3	5	10	15	Ratu
	erikoismuottityö	7	10	15	20	mallityö
	muottien purku ja puhdistus	7	10	15	20	mallityö
22	Betonipintojen etuoikaisu	7	10	15	20	mallityö
22	Raudoitus	7	15	25	35	mallityö
23	Betonointi					
	nostoastiabetonointi					
	– 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	Betonielementtityö					
	laattaelementti	10	20	30	40	Ratu
	ulkoseinäelementti					
	– nauhaelementti	7	15	25	35	Ratu
	– ruutuelementti	10	20	30	40	mallityö
	kappale-elementti	7	15	25	35	mallityö
	elementtien jälkityöt	–	5	25	35	mallityö
	kevytbetonielementti	7	15	25	35	mallityö
3	Metallirakennetyöt					ei tietoa <sup>1)</sup>
41	Tiilimuuraus	10	25	35	45	Leppikorpi
42	Harkkomuuraus	10	25	35	45	Leppikorpi
51	Puurunkotyö	3	5	8	15	Leppikorpi
52	Levytyö	3	5	8	15	mallityö
53	Puuelementtityö	3	5	8	15	mallityö
61	Lämmöneristys	3	5	8	15	mallityö
63	Vedeneristys					ei tietoa <sup>1)</sup>
64	Saumaus					ei tietoa <sup>1)</sup>
70	Pintatyöt					ei tietoa <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Huomioitava materiaalien asettamat vaatimukset.

<sup>2)</sup> Yleensä sisätoita, 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.

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

Talvilisätyöt (Talo90)	Kalusto- ja materiaaliveitohdot
C81 Lumi- ja jäätyöt	höyrykehitin, höyrykattila, höyryletku, 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

### Kalusto- ja materiaaliveitohdot

Talvilisätoissa tarvitaan yleisesti taulukon 9 mukaista kalustoa. Vaikka talvella joillakin materiaaleilla on eri hinta kuin kesällä, ei materiaaliveitohdoissa

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

Betonilla on selkeä talvibetonilisä, joka muodostuu

- kuumabetonin lisähinnasta ja
- betonitoimitusten talvilisästä.

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

Ulkolämpötila (° C)	Perustusvaiheen valujen lämmitys (kWh/rala)	Runkovaiheen valujen ja elementti-saumauksen lämmitys (kWh/rm <sup>3</sup> *kk)				Työmaarakennusten lämmitys (kWh/m <sup>2</sup> *kk) (työmaarak m <sup>2</sup> )	Sisävalmistusvaiheen lämmitys ja kuivatus (kWh/rm <sup>3</sup> *kk)
		alle 10 000 rm <sup>3</sup>		yli 10 000 rm <sup>3</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	0,2	19,2	
2,5 – -2,5	4,0	1,2	0,8	1,0	0,5	29,4	
-2,5 – -7,7	7,0	2,2	1,4	1,2	0,8	40,2	
-7,7 – -12,5	10,0	3,1	2,1	1,7	1,1	51,4	
-12,5 – -17,5	14,0	4,0	2,6	2,3	1,5	62,2	
-17,5 – -22,5	20,0	4,8	3,2	2,8	1,8	72,6	
-22,5 – -27,5	26,0	5,8	3,8	3,4	2,2	83,4	

Ulkolämpötila (° C)	Rakenteiden työnoikainen lämmitys ja kuivatus (kWh/rm <sup>3</sup> *kk)	Lumen ja jään sulatus (kWh/rm <sup>3</sup> *kk)	Koneiden käyttö ja valaistus (kWh/rm <sup>3</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

Muottimateriaalina 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 esitettyinä taulukossa 11. Arvot vastaavat keskimääräistä talvea Etelä-Suomessa.

### Hötyosuhteet

- 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 osaelementtitekniikka  
 TE täyselementtitekniikka

### 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 hankeissa on ajoituksella suuri merkitys. Laajuuden kasvaessa ajoituksen vaikutus kokonaiskustannuksiin pienenee. Ajoituksen vaikutukset voidaan ottaa huomioon esimerkiksi Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratoriossa kehitetyn laskentamallin avulla. Talvikustannusten laskentamalli on muotoa

$$\Delta K = \sum R_{jk} \cdot q_{jk} \Delta c_{ijk} \cdot h_i$$

Laskentamallissa vaikuttavat tekijät

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

$R_{jk}$  eri rakennusvaiheiden (j) tekemisen ajankohta kuukauden (k) tarkkuudella

$q_{jk} \Delta c_{ijk}$  vuodenajasta aiheutuva resurssitarpeen muutos, joka ottaa huomioon alue-erot, tuotantotekniikan, suunnitelmat ja rakennusvaiheen resurssihinta

$h_i$  Laskentamallin resurssitarpeen muutos muodostuu

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

## Hankkeen laajuus

Rakennushankkeen laajuus vaikuttaa rakennusosien määriin ja edelleen työmenekkiin ja siten hankkeen normaalikeston. 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 muutoin saman rakennussuunnitelman talvilisäkustannusten erot johtuvat runkovaiheen suoritteista, työmenekistä ja työmenekkiä vastaavasta normaalikestosta.

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

Esivalmistusasteen ollessa suuri ovat tehtävien talvityöhaitta- 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

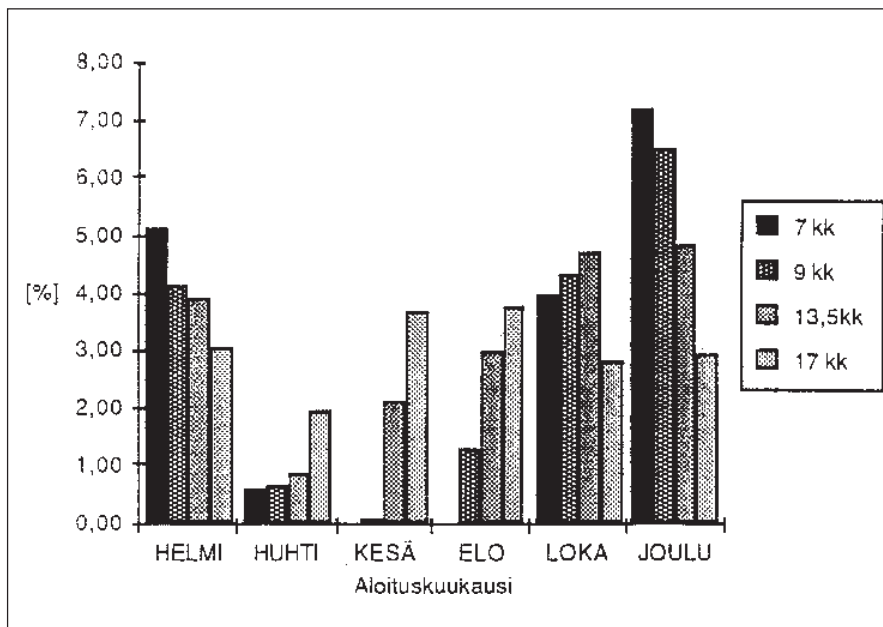
Keston vaikutus talvilisäkustannuksiin on vähäinen. Vaikutus ilmenee niissä tapauksissa, jolloin tarkasteltava tehtävä ajoittuu talven ja kesän rajakohtaan. Vaikutus ilmenee selvemmin kestoaltaan lyhyissä hankkeissa.

## Sisäinen ajoitus

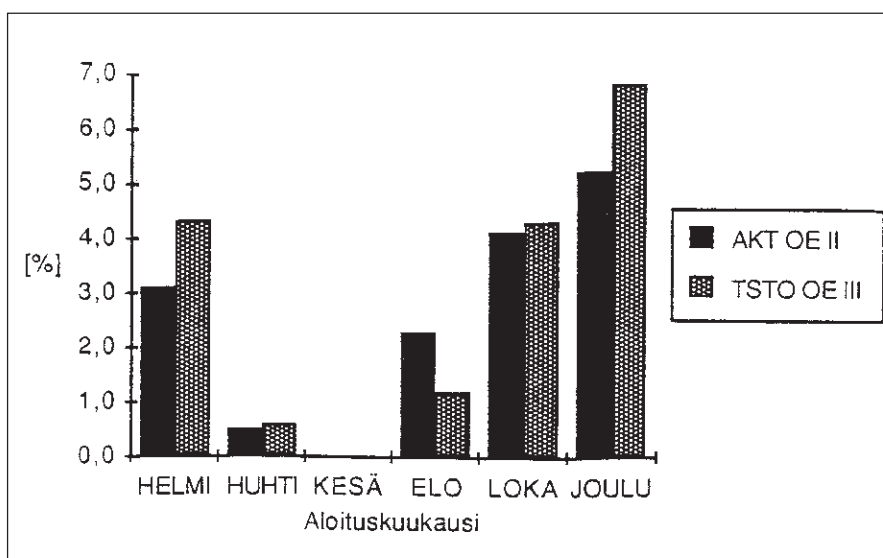
Sisäisen ajoituksen vaikutus riippuu hankkeen laajuudesta ja tehtävien välisistä riippuvuuksista. Sisäisellä ajoituksella pystytään pienentämään talven vaikutukset ajoittamalla talvelle alttiit työvaiheet kesään, mikäli töiden välinen riippuvuus ei muuta määrää. Sisäistä ajoitusta pystytään parhaiten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

## HÄIRIÖIHIN VARAUTUMINEN SUUNNITELUSSA

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	täysselementtitekniikka	0...6,4
	osaelementtitekniikka	0...5,3
	rationaalinen paikallarakentaminen	0...3,9
toimistorakennus	täysselementtitekniikka	0...6,4
	osaelementtitekniikka	0...5,3
	rationaalinen paikallarakentaminen	0...3,9

nuttajan käsitys kohtuullisesta urakka-ajasta sekä rakennuksen suunniteltu käyttöajankohta, rahoitus tilanne ja myyntimahdollisuudet sekä viranomaisten toiminta ja suunnitelmien valmistuminen. Yritysten tuotannon kokonaissuunnittelun

vuoksi yksittäisten hankkeiden aikataulujen kireys vaihtelee ja aloitusajankohdat eivät ole parhaita mahdollisia. Hankkeen koko rakennusaika ei ole käytettävissä tuotantoon. Työmaalla syntyy useita 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 aika ns. vapaa pelivara. Suurhäiriöiden määrä vaihtelee ja on erilainen eri töissä. Määrään voidaan vaikuttaa tuotannon ohjaus- 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.

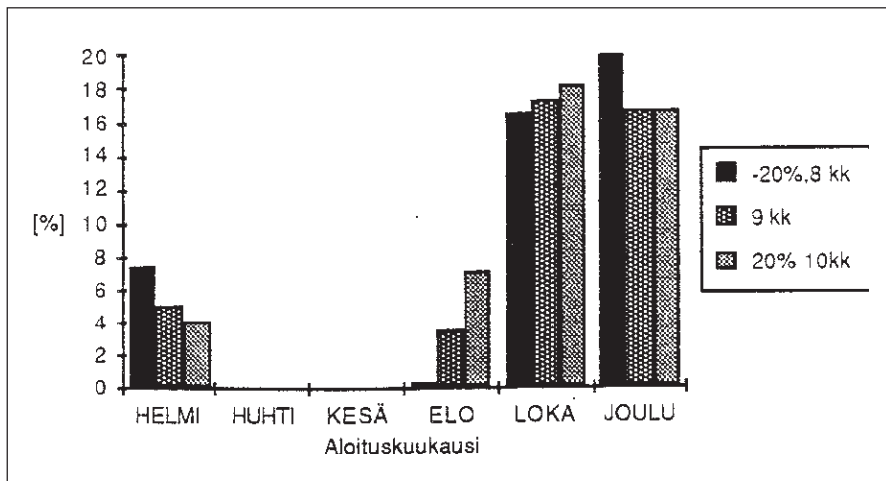
Säähäiriöt kuten pakkasen, tuulen ja asteen aiheuttamiin keskeytyksiin varaudutaan ja ne merkitään aikatauluun erillisiksi puskurijajoiksi eri rakennusvaiheiden loppuun tai ne sijoitetaan aikatauluun 2-3 kuukauden välein.

Tuulen ja sateen keskeytysten määrä arvioidaan kohdekohtaisesti. Pakkaspäiviä varten aikatauluun varataan 16 työvuorota siten, että joului- ja maaliskuussa on 2 pakkaspäivää kuukautta kohti sekä tammi- ja helmikuussa 6 päivää. Pakkaspäivien määrät perustuvat alueellisesti soveltuihin 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.

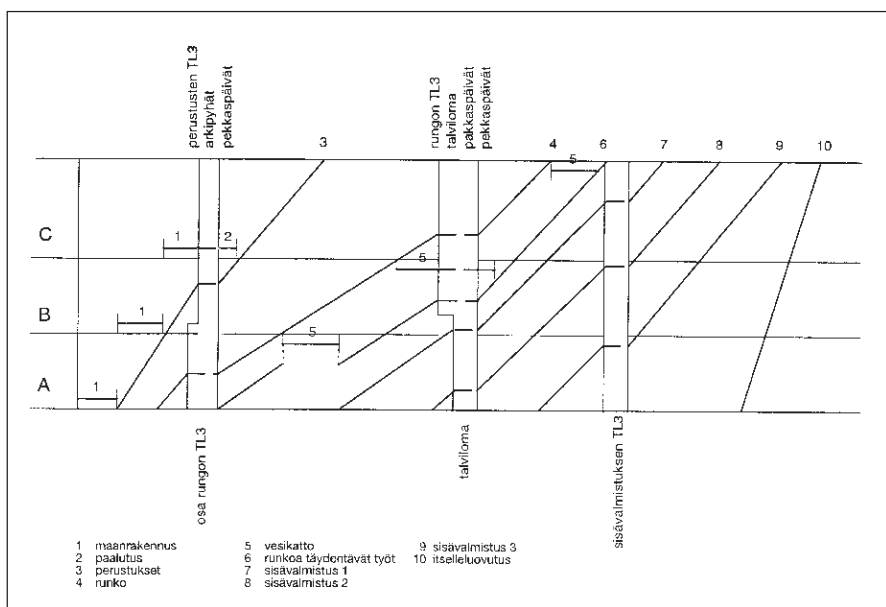
## Lähteet

- 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.



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)

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

- Talo90 Yleisseloste. 1993. Rakennustieto Oy, Helsinki.
- Tynkkynen S. 1978. Talvilisäkustannukset asuinrakennustuotannossa. TTK Rakentamistalous, Espoo.

## HÖYRYNKEHITTIMET KORKEAPAINEKATTILAT

### SISÄLTÖ

Höyrykehittimien ja korkeapainekattiloiden käytön menetelmä- ja kapasiteettitieto.

### KÄYTTÖTARKOITUS

Käytetään tuotannosuunnittelussa höyrykehittintyyppin valintaan ja käytön suunnitteluun. Kortin sisältö on ohjeluontoinen.

### LAADINTAPERUSTEET

Perustuu kone- ja laiteomittajilta saatuun informaatioon, aikaisempiin tutkimuksiin, muuhun lähdemateriaaliin, asiantuntija-arviointoihin, työmailla tehtyihin havaintoihin ja haastatteluihin.

### KONEEN TOIMINTAPERIAATE

#### Höyrykehittimet

Öljy-, nestekaasu- tai bensiinikäyttöisiä.

Toimivat läpivirtausperiaatteella.

- pumpun avulla johdetaan vesi liekillä kuumennetun putkikierukan läpi, erillistä vesitilaa ei ole.

Höyryä varten joissakin laitteissa on kokoojakammio tai separaattorityyppinen vedenerotin. Yleensä laitteeseen ei voida varastoida höyryä. Laite toimii samanaikaisesti kulutuksen kanssa.

Yleinen toimintaperiaate:

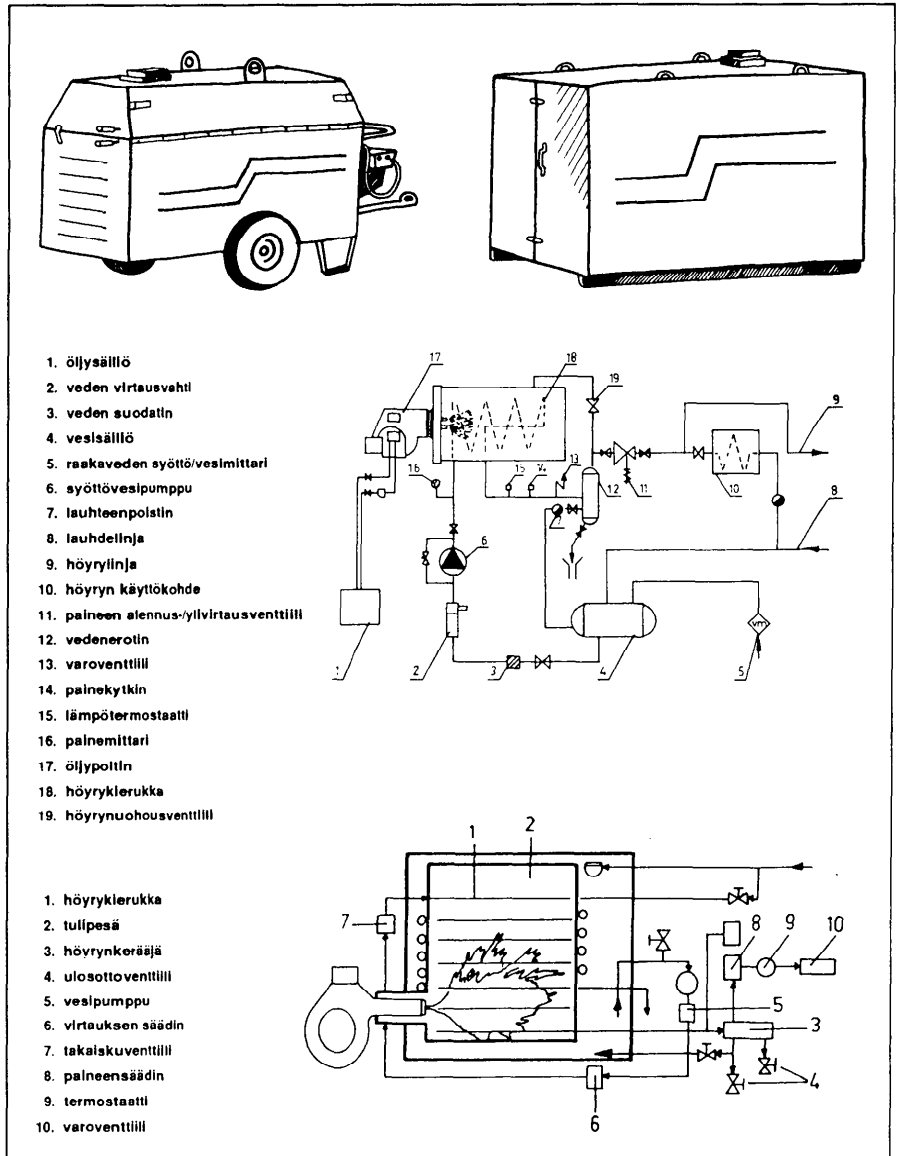
- vesipumppu pumppaa veden virtauskytkimen ja yksisuuntaventtiilin läpi höyrykierukkaan
- jos virtausta ei ole, pysäyttää kytkin polttimen
- kierukassa vesi kuumenee ja höyrystyy osittain. Jos paine kasvaa yli sallitun, pysäyttää painekytkin polttimen. Samoin termostaatti valvoo höyryn yläämpötilaa.

Öljypolttimessa normaali öljypoltinautomatiikka.

Laitteessa voi olla myös erillinen kierukka lämpimän veden tuottamista varten. Eräissä malleissa öljy- ja vesisäiliö, lämmitysvasutukset sekä erillinen laiteila samassa lämpöeristetyssä yksikössä/kontissa.

Toiminta yleensä keskitettyä höyryntuottoa.

Höyrykehittimen kehittämää höyryä voidaan käyttää myös lämmitykseen johtamalla se (sähköisellä) puhaltimella varustettuun lämmönvaihtimeen.



#### Korkeapainekattilat

Öljykäyttöisiä, suurivesitilavuuksisia ns. tulitorvi- tai tuliputkikattiloita.

Tuli- ja pakokaasut virtaavat torven ja putkien sisällä veden ollessa ulkopuolella: Tulitorvi ja -putket ovat veden ympäröimät. Kattilan tulipinta on liekin ja palamiskaasujen koskettava puoli em. pinnoista.

Höyrytila on vesitilan yläpuolella.

Öljypoltin on sijoitettu tulitorven toiseen päähän, savukaasut kulkevat kattilan

päästä päähän.

Kattila on eristetty ulkopinnaltaan (50...100 mm min.villa) ja suojattu tavallisesti alumiinilevyillä.

Käytössä myös ns. kolmivetokattiloita, joissa savukaasut kulkevat kolme kertaa kattilan läpi.

Matalapainekattiloissa vallitsee alle 1 kp/cm<sup>2</sup> paine.

Eräät korkeapainekattilat voivat olla varustettu matalapainelaitteilla.



**KONEEN KÄYTÖN KUVAUS****Höyrykehittimet****Käyttöönotto**

Asennetaan laitteisto

- kattilaosa
- polttoaineliitännät (talvilaatuinen polttoaine ja jäänesto)
- vesiliitännät
- sähköliitännät
- laitteiston lämpö- ja kosteusuojaus
- käyttöletkun asennus (höyryletkut).

Tarkistetaan kytkennät.

Käynnistetään laitteistot.

Ota huomioon myös ko. laitteen käyttö- ja huolto-ohjeet.

**Käyttö**

Höyryntuotto jatkuvaa, ei reserviä.

Höyryntuoton/käytön valvonta. Ei vaadi jatkuvaa valvontaa käyttökatkojen aikana.

Ota huomioon kuormitettavuuden vaikutus hyötysuhteeseen:

- kuormitettavuus 20-100 %, jolloin hyötysuhde 80-90 %

Jäätymisvaara, ellei noudateta käyttöohjeita; esim. tyhjennetä höyrykierukkaa käyttökatkojen ajaksi.

Höyryä saatavissa jopa noin 5 min. kuluttua käynnistyksestä.

**Huolto**

Polttoainesäiliön täyttö.

Tulipinnan puhdistus noesta tms. palojätteestä.

Putkiston kattilakiven poisto.

Ota huomioon vedenkäsittelylaitteiden käyttömahdollisuus.

Öljypolttimen huolto.

**Korkeapaineekattilat****Käyttöönotto**

Asennetaan laitteisto

- kattilaosa
- polttoaineliitännät
- vesiliitännät
- sähköliitännät

Tarkistetaan kytkennät.

Suoritetaan laitteistojen käyttöönottotarkastus/katsastus. Edellyttää yleensä tarkastajan käyntiä työmaalla.

Käynnistetään laitteistot.

**Käyttö**

Kattilan toiminnan seuranta yleensä jatkuvaa.

Höyryntuoton valvonta.

Veden pehmennyslaitteiden valvonta.

Laitteen käyttö yleensä jatkuvaa.

Huomioi kuormitettavuuden vaikutus hyötysuhteeseen:

- hyötysuhde laskee jyrkästi alle 40 %:n kuormitettavuuksilla.

Jäätymisvaara.

Ota huomioon veden lämpiämisen vaatima aika.

**Huolto**

Polttoainesäiliön täyttö.

Tulipinnan puhdistus noesta tms. palojätteestä.

Kattilakiven poisto tarvittaessa päivittäin.

Laitteiston höyryn päästö määräajoin (ns. puhallukset).

Laitteiston vuosittaiset katsastukset.

**SOVELTUVUUDET****Höyrykehittimet**

Voidaan käyttää esim. lumen/jään, hiekan tms. sulatukseen.

Höyryntarpeen ollessa lyhytaikaista tai väliaikaista. Höyryä riittää 1-2 ulosottoon laitteen mukaan.

Siirreltävyys työkohteeseen, eräissä malleissa öljy- ja vesisäiliö samassa kokonaisuudessa/kontissa.

**Korkeapaineekattilat**

Voidaan käyttää höyrykehitykseen erilaisiin tarpeisiin (kts. höyrykehittimet) sulatukseen ohella mm. rakennustyökohteen/työmaarakennusten lämmitykseen.

Käyttö kohteissa, joissa voidaan hyödyntää kattilan lämpöreservit:

- Jatkuva höyryntarve/suuri höyryntarve.
- Voidaan käyttää keskitettyä höyryntuottoa ja höyryä useaan eri tarkoitukseen sekä keskitettyä säätöä/valvontaa.
- talvirakentamisessa, kun on paljon sulatettavaa, työmaalla oma betoniasema.

Roudan sulatukseen.

## TYÖVOIMAN TARVE

Paineenalaisia laitteita käsittelemään vaaditaan ammattitaitoinen yli 18 vuotias henkilö, joka hoitaa henkilökohtaisesti ko. laitteita sekä hänelle varamies. Otettava huomioon KTM:n ja ao. keskusvirastojen päätösten vaatimukset: korkeapainekattiloiden hoitajan pätevyysvaatimukset.

Öljypoltinhuolto luvanvaraista.

## MITOITUSPERIAATTEET

Tarkasteltavia asioita:

Höyryn käyttökohde: sulatus, lämmitys, tms.

Höyryn käyttömäärä ja jatkuvuus: käyttöpisteet/laite: päivittäistä, harvemmin.

## Työsaavutustiedot

Ominaisuus/laite	Höyrynkehittimet		Korkeapainekattilat	
	kokoluokka 1	kokoluokka 2		
Lämpöteho	kW	70...250	...2000	60...950
Höyryntuotto	kg/h	100...600	...3000	80...1600
Höyrynpaine	kPa	100...800	...1600	100...1300
Tulipinta	m <sup>2</sup>	-	-	2...45
Polttoaineen kulutus	kg/h	5...15	...220	5...40

## Tekniset ominaisuudet

Ominaisuus/laite	Höyrynkehittimet		Korkeapainekattilat	
	kokoluokka 1	kokoluokka 2		
Polttoaine		polttoöljy 1	polttoöljy 1	polttoöljy 1/2
Teho	kW	0,1...2,0	...14,0	1,5...2,8
Jännite	V	220/380	380	380
Paino	kg	200...1000	...4500	600...5400
Mitat				
pituus	mm	1200...3500	...4100	2700...5500
leveys	mm	750...1800	...1700	1200...2100
korkeus	mm	900...1700	...2700	1600...3600

## VAATIMUKSET JA KÄYTTÖRAJOITUKSET

Ovat paineestioita; paineestioidenkäyttöä koskevat vaatimukset ja varoitimet otettava huomioon

- sijoituspaikka
- kytkennät.

Öljyn säilytyksen vaatimat toimenpiteet.

Talvilatuksen polttoöljyn ja polttoaineen jäanestön käyttö.

Höyrynpaine putoaa siirtomatkan pituuden mukaan.

Höyryputkien ja letkustojen sekä liitosten ym. venttiileiden kunnon tarkkailu.

Jäätymisvaara, ellei noudateta ko. laitteen käyttöohjeita.

Savukaasujen poisto.

## TYÖTURVALLISUUSASIAT

Tulistettu höyry vaaraksi käyttäjälle. Käytä suojakäsineitä, höyrylle tarkoitettuja letkuja ja liittimiä sekä suuttimia.

Huomioi paineestioihin ja öljyn työmaasäilytykseen liittyvät viranomaismääräykset ja ohjeet.

Paineestiolla tulee olla hyväksytyt valvoja ja käyttäjä.

Paineestioiden valvonta on järjestettävä myös varsinaisen työajan ulkopuolella.

## LISÄLAITTEET

Sulatussuuttimet eri tarkoituksiin: esim. ns. hiekkakeihäät hiekan sulatukseen.

Kaukosäädin- ja -ohjainlaitteet.

Höyrypatterit/-lämmönvaihtimet ja lämpöpuhaltimet.

## TARKASTUKSET, MÄÄRÄYKSET, LUVAT

Paineestioiden asennukseen ja käyttöön liittyy useita eri lakeja ja asetuksia sekä määräyksiä kuten esim.:

- paineestiasetus ja KTM:n päätös ko. asetuksen soveltamisesta
- paineestialaki
- asetus kattilalaitosten käytön valvojen pätevyyskirjoista.
- laki sähkölaitoksista.

Paineastian tulee olla Teknisen Tarkastuskeskuksen (TTK) tarkastama ja sillä tulee olla TTK:n myöntämä käyttö lupa.

Öljypoltinmääräykset.

Öljyn säilytykseen työmaalla liittyvät määräykset:

- säilytettävä määrä
- säilytystapa
- sammutusjärjestelyt ym.

Paineastian määräaikaistarkastukset:

- täystarkastus 8 vuoden välein
- sisäpuolinen tarkastus 4 vuoden välein
- käyttötarkastus 2 vuoden välein
- käyttöönottotarkastus käyttöönotettaessa: laitetta ei saa ottaa käyttöön ennen kuin käyttöönottotarkastus on suoritettu.

Paineastian sijoituksesta on laadittava sijoitussuunnitelma, jonka Työsuojeluhallituksen piiritoimisto hyväksyy.

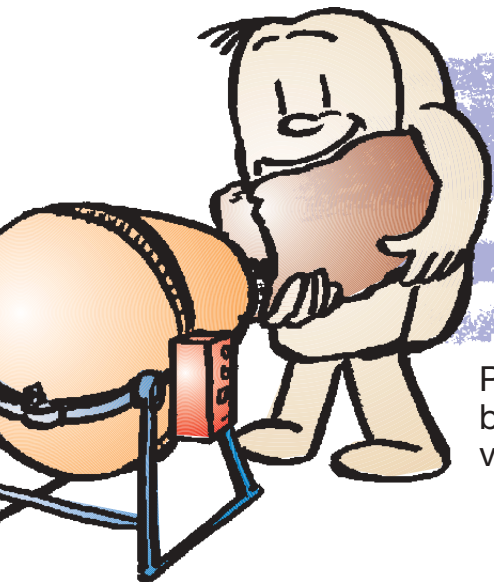
Paineestioihin liittyvät viranomaismääräykset on oltava valvojan ja käyttäjän saatavilla.

Sijoitusta, varustelua ja käyttöä koskevat SFS standardit.

Teknillisen Tarkastuskeskuksen luettelo paineestioista, joihin ei sovelleta paineestiasäädöstä.

## VIITTEET MUIHIN TIEDOSTOIHIN

RKT 07 Höyrykattilat sekä höyrykehittimet (ja roudansulatitimet).



# PAKKAS-PARMIX® - BETONIN LISÄAINE PAKKASBETONIN VALMISTUKSEEN

BETONIN LISÄAINEET

11-61

TAMMIKUU 2005

Korvaa esitteen 11-61  
Joulukuun 2002

PAKKAS-PARMIX on kotimainen Finnsementin kehittämä betonin lisäaine, jolla on Suomen Betoniyhdistys ry:n varmentama käyttöseloste.

## OMINAISUUDET

PAKKAS-PARMIX on pakkasbetonin valmistukseen tarkoitettu lisäaine. Se alentaa tuoreessa betonissa olevan veden jäätympistettä.

PAKKAS-PARMIXia pitää käyttää yhdessä notkistavan lisäaineen kanssa, jotta jäätyvän veden määrä olisi pakkasbetonissa mahdollisimman pieni.

## KÄYTTÖKOHEET

PAKKAS-PARMIX sopii käytettäväksi juotos- ja saumamassoissa. Talvivaluissa betonin ja valukohteen lämmittäminen on aina suositeltavampaa kuin pakkasbetonin käyttäminen. Lämmittäminen ei ole talvella kuitenkaan aina mahdollista, esimerkiksi ontelolaattojen saumauksessa. Pakkas-Parmixia ei suositella käytettäväksi rakenbetonissa.

## ANNOSTUS

PAKKAS-PARMIX on käyttövalmis neste ja sen suositeltava annostus on 6 % sementin painosta.

PAKKAS-PARMIX annostellaan betonisekoittimeen veden mukana tai heti sen jälkeen.

## TEKNISET TIEDOT

Väkevyys	50 %
Tiheys	1340 kg/m <sup>3</sup>
Perusaine	Orgaanisen hapon suola
Käyttölämpötila	yli +10 °C
Varastointilämpötila	yli +5 °C
Säilyvyysaika	Avaamattomassa astiassa vähintään vuosi

## 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 jäätymlujuudeksi ja se on  $5 \text{ MN/m}^2$ . Jos nuori betoni ei ole saavuttanut tätä lujuutta kun se jäätyy, vaurioituu se pysyvästi.

Pakkas-Parmix alentaa betonissa olevan veden jäätympistettä. Siksi pakkasbetonissa oleva vesi ei jäädy eikä betoniin tule vaurioita. Pakkasbetonikin jäätyy, kun sen lämpötila laskee riittävän alas. Tällöin Pakkas-Parmix vähentää jäätyksen aiheuttamaa betonin vaurioitumista ja lujuuden alentumista

Pakkas-Parmix ei paranna kovettuneen betonin kestävyyttä toistuvaa jäätymistä ja sulamista vastaan. Sillä ei siis voi tehdä säänkestävää betonia. Säänkestävää betonia valmistetaan huokostimien, esimerkiksi Ilma-Parmixin ja Parmix L:n avulla.

Pakkasbetonissa suositellaan käytettäväksi nopeasti kovettuvaa sementtiä, esimerkiksi Rapid-sementtiä. Suositeltava sementtimäärä pakkasbetonissa on  $370 - 400 \text{ kg/m}^3$ .

## KÄYTTÖ MUIDEN LISÄAINEIDEN KANSSA

Pakkasbetonissa tulee käyttää notkistavaa lisäainetta, esimerkiksi VB-Parmixia tai Vario-Parmixia. Notkistimien avulla betonissa olevan jäätyvän veden määrää voi pienentää ja pakkaslisäaineen pitoisuus vedessä on suurempi. Pakkasbetonissa voi käyttää myös huokostavaa lisäainetta, jos tuoreen betonimassan työstettävyyttä tai koossapysyvyyttä halutaan parantaa.

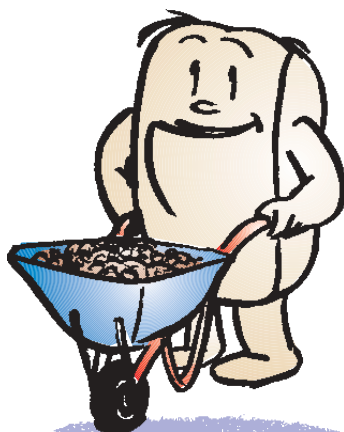
Pakkas-Parmixia ei voi sekoittaa muiden lisäaineiden kanssa valmiiksi ennen sekoittimeen annostelua.

## YMPÄRISTÖ JA TYÖTURVALLISUUS

Pakkas-Parmix ei ole haitallinen kemikaali. Se saattaa kuitenkin aiheuttaa ärsytystä pitkäaikaisessa altistuksessa silmissä tai iholla. Siksi suosittelemme toistuvassa käsittelyssä suojalaseja ja -käsineitä.

Vanhentunut tai pilaantunut Pakkas-Parmix ei ole ongelmajäte ja se hävitetään paikallisten viranomaisten ohjeiden mukaisesti.

Lue myös Pakkas-Parmixin käyttöturvallisuuksiedote.



LISÄTIETOJA TEKNISESTÄ NEUVONNASTAMME

MYÖS KOTISIVUILTAMME [www.finnsementti.fi](http://www.finnsementti.fi)  
LÖYDÄT PALJON TIETOA SEMENTEISTÄMME,  
LISÄAINEISTAMME JA KIVIROUHEISTAMME.

# FINNSEMENTTI

Finnsementti Oy, 21600 Parainen. Puhelin 0201 206 200. Telefax 0201 206 311.  
Sähköposti: [info@finnsementti.fi](mailto:info@finnsementti.fi), [etunimi.sukunimi@finnsementti.fi](mailto:etunimi.sukunimi@finnsementti.fi)

## RAKENTEIDEN LÄMMITYS JA KUIVATUS

Uppvärmning och torkning av byggnadsdelar  
Heating and drying of structures

Tämä ohje sisältää rakennustyön aikaisen rakenteiden ja tilojen lämmityksen periaatteet. Ohje on tarkoitettu tuotannosuunnitteluun lämmityssuunnitelman laadintaan ja työnaikaisen lämmityksen suunnitteluun. Ohje perustuu Teknillisen korkeakoulun tekemään tutkimukseen työnaikaisen lämmityksen tehokkuudesta (Rakennustyön aikaisen lämmityksen suunnitteluperusteet, Viljanen & Lehtinen, 1994) sekä alan kirjallisuudesta saatuihin tietoihin. Ohje ei käsittele maarakennus-, perustus- ja runkotyövaiheen sulatukseen sekä maan ja betonin lämmittämiseen liittyviä lämmitysmenetelmiä ja -toimia.

### SISÄLTÖ

**Rakennusaikainen lämmitys ja kuivatus**  
Lämmityksen ja kuivatuksen tavoite  
Lämmitys ja kuivatus tuotannon osana

**Lämmityksen ja kuivatuksen suunnittelu**  
Suunnitteluperiaatteet

Lähtötiedot ja energiatarve  
Rakenteiden ja tilojen lämmitys- ja kuivatusmenetelmät  
Lämmön ja kosteuden mittaus

**Tehokas lämmitys ja kuivatus**  
Lämmityksen ja kuivatuksen toteutus  
Lämmityksen tehokkuuteen vaikuttavat tekijät

**Kirjallisuus**

Taulukko 1 Lämmitystarve eri rakennusvaiheissa

rakennusvaihe	lämmitystarve
maarakennusvaihe	– perusmaan sulattaminen ja sulana pitäminen – lumen ja jään sulattaminen
perustusvaihe	– perustusten sulana pitäminen – betonin lämmittäminen
runkovaihe	– betonin lämmittäminen – työkohtelämmitys – alemmissa kerroksissa käynnistetään lämmitys ja kuivatus
täydentävien rakenteiden vaihe	– runko valmis ja julkisivu pääosin paikoillaan – rakennuksessa suuria aukkoja – ikkunat osin asentamatta ja tiivistämättä – talon oma lämmitysjärjestelmä osin käytössä
sisävalmistusvaihe	– aukot pääosin suljettu – sisätilat ja porrashuoneet avonaiset – kuivaus- ja lämmitystarve sisävalmistustöissä

### RAKENNUSAIKAINEN LÄMMITYS JA KUIVATUS

#### Lämmityksen ja kuivatuksen tavoite

Rakennusaikaisella lämmityksellä pyritään saavuttamaan työskentelyn, tilojen ja rakenteiden kannalta suunnitelma-asiakirjojen mukaiset vaaditut olosuhteet. Rakennusvaiheet ja niiden lämmitystarpeet voidaan jakaa taulukon 1 mukaisesti. Lämmittämiseen liittyy oleellisena rakennuksen kuivataminen, jonka tavoitteena on kosteuden tehokas poistaminen runko- ja pintarakenteista sekä tilasta ja edesauttaa näin rakennusprosessin etenemistä. Rakentamisen kehitys prosessimaiseksi toiminnaksi on korostanut märkien työvaiheiden, rakenteiden kuivumisen ja rakennettujen tilojen kuivattamisen merkitystä. Lämmityksen ja kuivatuksen tavoitteena on sisävalmistusvaiheen aloituksen aikaistaminen.

Tässä ohjeessa keskitytään runkovaiheen jälkeiseen rakenteiden ja tilojen lämmitys- ja kuivatustoimintaan.

Rakenteiden ja tilojen lämmityksellä ja kuivatuksella pyritään

rakenteiden lämmittämiseen sekä pintarakenteiden ja päällysteiden kuivattamiseen varmistamalla oikeat  
– ympäristöolosuhteet (lämpötila, suhteellinen kosteus) ja  
– alustaolosuhteet (maksimi kosteus, minimilämpötila)

hyvien työskentelyolosuhteiden luomiseen  
– tavoitelämpötilana 10...20 °C sekä  
– estämällä tarpeeton tuuletus ja energiahäviöt

ohjeiden mukaiseen materiaalien ja tarvikkeiden varastointiin  
– estämällä kosteuden (lumi, jää, vesi) aiheuttamat haitat  
– huomioimalla erityisesti puu- ja eristämateriaalit sekä pinnoitemateriaalit

jäätymisvaaran poistamiseen  
– materiaalien (liimat, maalit) osalta sekä  
– ennaltaehkäisemään vesivauriot.

## Lämmitys ja kuivatus tuotannon osana

Rakennustyömaan lämmitystoimintojen suunnittelu on osa työmaan ajallista ja taloudellista suunnittelua. Lämmitys ja kuivatus on osa menetelmäsuunnittelua. Työmaa-lämmitystä suunniteltaessa tehdään ennakovalmistelut kunkin lämmitettävän kohteen osalta erikseen. Lämmitys- ja kuivatustoimet huomioidaan aikataulusuunnittelussa ja työmenetelmäsuunnittelussa lasketaan eri vaihtoehtojen kustannukset huomioiden sää- ja sisäolosuhteet. Pyrkimyksenä tulee olla lopullisen lämmitysjärjestelmän saattaminen toimintakuntoon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta tilat saadaan lämmitettyä tasaisesti.

Lämmityksen ja sen suunnittelun merkitys korostuu ympärivuotisessa rakennustoiminnassa. Lämmityksen ja kuivatuksen tarve on erilainen rakentamisen eri vaiheissa. Tässä ohjeessa keskitytään runkovaiheesta eteenpäin tapahtuvaan rakenteiden lämmittämiseen ja kuivattamiseen.

Lämmityksen ja kuivattamisen tavoitteena on saattaa rakenteet ja sisäolosuhteet sellaiseen tilaan, että sisävalmistustyöt voidaan tehdä suunnitelma-asiakirjojen vaatimusten mukaisesti vaadituissa olosuhteissa. Maalaus-, tasoite-, laatoitus-, tapetointi- ja lattianpäällystystyöt asettavat alusrakenteelle kosteusvaatimuksia. Betoni- ja kevytbetonirakenteiden sekä muurattujen rakenteiden valmistuksessa käytetään runsaasti vettä, mikä on poistettava. Rakennustyönaikaiset lämpötilavaihtelut, sateet, vesivuodot ja sisäpuoliset pesutyöt lisäävät rakenteiden kosteutta ja lämmitys- sekä kuivatustarvetta. Sisälämpö- ja -kosteustilan suhteen asettavat eri työvaiheet ja rakennusmateriaalit hyvin erilaisia vaatimuksia.

## LÄMMITYKSEN JA KUIVATUKSEN SUUNNITTELU

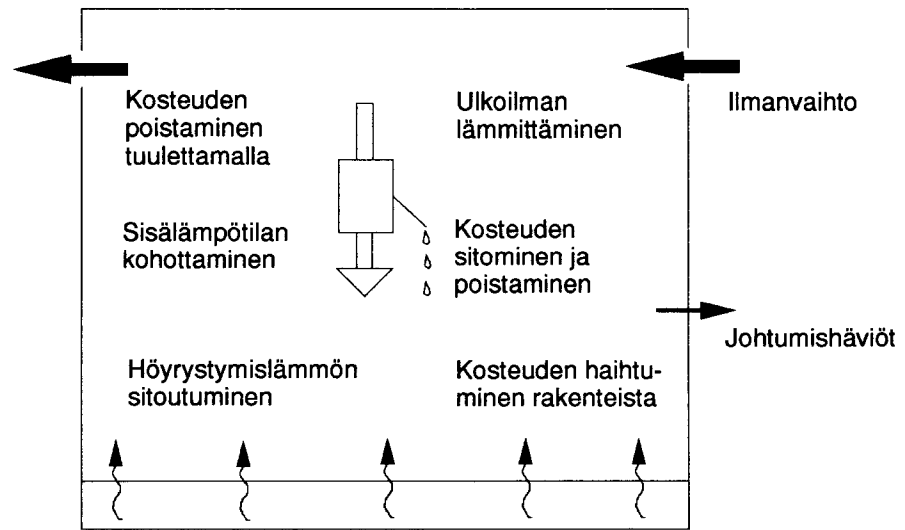
### Suunnitteluperiaatteet

Rakenteiden lämmityksen ja kuivatuksen alkuvaiheessa sisäilmasto on kostea, lämpötila alhainen ja epätasaisesti jakautunut ja paikoitellen kylmien rakenteiden pintaan on tiivistynyt kosteutta. Rakennustyön edistytessä on sisätiloissa edelleen usein suuret lämpötilaerot ja lämpö on epätasaisesti jakautunut.

Pintarakennetyöt voidaan aloittaa, jos alusrakenne on riittävän kuiva ja rakenteissa oleva ylimääräinen vesi on poistettu. Rakenteiden kuivattamistarpeen ja kuivatamisaajan määrittäminen on laskennallisesti vaikeaa. Rakenteiden alkukosteustilat ovat erisuuret ja sisäolosuhteet vaihtelevat rakennustyön aikana ja eri vuodenaikoina. Kuivattamistarve tulee määrittellä ja kuivatuksen tehoa mitata tapauskohtaisesti.

Kun rakennusta kuivataan lämmittämällä ja tuulettamalla, on ilmanvaihdon mitoitus tärkeää. Suuri ilmanvaihto aiheuttaa tarpeentonta energian kulutusta, minkä seurauksena sisätilojen lämpötilat pysyvät alhaisina. Ilmanvaihdon peruseriaatteena on mahdollisimman suuren kosteusmäärän poistaminen mahdollisimman pienellä lisäenergialla.

Rakennuksen lämmityksen ja kuivatuksen aloittamisessa ja toteuttamisessa noudatetaan seuraavia periaatteita:



Kuva 1 Sisäolosuhteisiin vaikuttavat tekijät

- materiaalien ja tarvikkeiden huolellinen suojaaminen minimoi vesi- ja lumisateen haitalliset kosteusvaikutukset
- veden käyttö minimoidaan kaikissa työvaiheissa (betoni, pesuvedet, yms.)
- rakennuksen sisätilojen lämmittäminen erillisillä lämmittimillä tai lopullisella lämmitysjärjestelmällä aloitetaan vasta, kun lämpötilan kohoaminen ja pysyminen rakennuksessa on mahdollista
- erillisten lämmittimien ja ilmankuivaajien käyttö ja lopullisen lämmitysjärjestelmän kytkentä toimintaan suunnitellaan välitavoitteineen
- rakennuksen lopullinen lämmitysjärjestelmä on saatava mahdollisimman aikaisessa vaiheessa toimintakuntoon, jotta tilat saadaan lämmitettyä tasaisesti
- ennen lämmityksen ja kuivatuksen aloitamista luodaan mahdollinen lumi pois ja imuroidaan lätäköt, sillä irtovesi ja märät pinnat hidastavat kuivumista tarpeettomasti
- ikkunat, parvekkeen ovet, porrashuoneen ulko-ovet ja mahdolliset muut aukot kuten läpiviennit suljetaan ja tiivistetään aina huolella
- ulkopuolisten aukkojen tarve rakennustarvikkeiden sisäännotossa suunnitellaan ja ilman jäähtyminen niiden kautta estetään suunnittelemalla niihin tilapäiset tuulikaapit
- sisätiloja osastoimalla vähennetään ilmavirtauksia rakennuksen sisällä ja estetään lämpimän kostean ilman kulkeutuminen ja tiivistyminen rakennuksen kylmiin osiin
- sisäolosuhteita valvotaan ja mitataan lämmityksen aikana ja kosteus poistetaan tuulettamalla ilmankuivaajilla, jolloin kuivumisolosuhteet ovat edulliset
- ulkoiset olosuhteet ja niiden muutokset otetaan huomioon lämmitystä ja kuivatusta suunniteltaessa.

Rakennustyönaikaisia sisäolosuhteita ja ennen kaikkea tuulettumista on käytännössä vaikea hallita, minkä seurauksena on usein hidas kuivuminen ja suuri energiankulutus. Onkin erittäin tärkeää, että eri tekijöiden vaikutukset sisäolosuhteisiin tunnetaan, lämpötiloja ja kosteuksia mitataan ja

työn ajaksi mahdollistetaan edulliset kuivumisolosuhteet.

### Lähtötiedot ja energiatarve

Rakennustyönaikaisten lämmitys- ja kuivatustajärjestelmien suunnittelu ja mitoitus perustuu ilmasto-olosuhteiden tilastotietoihin ja rakennuksen sisäolosuhteiden muutoksiin eri vuodenaikoina.

Rakennustyönaikaisen lämmittämisen tarve on erilainen erilaisilla ulkoilman lämpötiloilla. Lämmitysjärjestelmä mitoitetaan tavallisesti vuorokauden tai muutaman vuorokauden pituisen ajanjakson minimilämpötilan mukaan. Lämpötilojen vaihtelut ovat varsinkin talvisin suuret eri vuosina ja kuukausina. Lähtöaineistoa suunnitteluperusteiksi on koottuna pitkäaikaisina tilastotietoina. Näitä ovat mm.

- kuukausilämpötilat ja niiden vaihtelut paikkakunnittain
- lämpöolosuhdekartat

Lumisateet vaikuttavat lämmittimien valinnan ja käytön kannalta lähinnä sulatustoihinmenpiteisiin. Lumisade ja erityisesti vesisade sisä rakenteisiin päästyään lisää myös kuivatustarvetta.

Säätöolosuhteet vaikuttavat myös sisäolosuhteisiin, ja ne on otettava huomioon rakennusmateriaaleja varastoitaessa ja erityisesti rakennusta kuivattaessa sisävalmistusvaiheessa. Sisäilman kosteuteen ja kosteuden hallintaan vaikuttavat ulkoilman lämpötila ja kosteus, sisäilman lämpötila, kosteuden tuotto rakennuksessa ja ilmanvaihdon suuruus.

Rakennusaikaisia kosteuslähteitä ovat

- vesi- ja lumisade
- betonin valmistukseen ja jälkihoitoon käytetty vesi
- maaperän kosteus
- muuraus, yms. töissä käytetty vesi
- pesuvesi
- vesivuodot ja -vahingot
- rakennusaineiden sisältämä kosteus
- ilman sisältämä kosteus (ilmanvaihto, vuotoilma)

Kuivatustarpeen selvittämiseksi on tarkasteltava alkutilannetta, määrättävä tavoitteet

ja selvittävä käytettävä kuivatusaika. Kuivatettavasta rakenteesta poistuva kosteus on verrannollinen rakenteen pinta-alaan, joten rakennetta on pyrittävä kuivaamaan useammalta kuin yhdeltä pinnalta.

Erityisesti talvella lämmin ja kuiva sisäilma sitoo huomattavan määrän kosteutta, joka voidaan poistaa tuulettamalla tai ilmaa kuivaamalla. Kesällä sisätilan kosteus ja lämpötila ovat verrattaen lähellä vastaavia ulkoilman arvoja, eikä luonnollinen ilmanvaihto tapahdu yhtä nopeasti kuin talvella. Sisätilan suhteellinen kosteus pysyy korkeana ja rakenteiden kuivuminen hidastuu erityisesti sateisina aikoina.

Rakennuksen lämmittämisen ja kuivattamisen energiatarve lasketaan perinteisesti johtumishäviöiden, ilmanvaihdon kautta tapahtuvien lämpöhäviöiden ja kosteuden höyrystymisessä sitoutuvan lämpöenergian summana yhtälöllä

$$Q_{KOK} = Q_{JOH} + Q_{ILV} + Q_{HÖY}$$

### Rakenteiden ja tilojen lämmitys- ja kuivatusmenetelmät

Rakennustyömaan energiamuodon, lämmityslaitteiden ja -menetelmien valinta perustuu laskelmiin, vertailuihin ja aikaisemmilta työmailta saatuihin kokemuksiin.

Lämmitysjärjestelmän valintakriteereitä ovat

- tehokkuus ja luotettavuus vaihtuvissa olosuhteissa
- edullisuus energia-, pääoma- ja huolto, ym. kustannusten osalta
- tarkoituksenmukaisuus työmaalle ja aiemat kokemukset
- käyttö- ja huoltojärjestelyt.

Rakennuksen lopullinen lämmitysjärjestelmä kannattaa yleensä ottaa käyttöön mahdollisimman pian, jolloin rakennus saadaan lämpiämään tasaisesti eivätkä ylimääräiset leikut, johdot, yms. häiritse työskentelyä.

Rakennustyömaille yleisesti käytettyjä lämmitysjärjestelmiä ovat mm.

- kaukolämpö
- öljylämmitys
- sähkölämmitys
- kaasulämmitys.

Lämmitysjärjestelmästä riippumatta lämmönjakolaitteet valitaan laskettua lämmöntarvetta suuremmiksi. Rakennustyömaalla käytetään yleensä yli 5 kW:n lämmittimiä. Laitteiden on oltava helposti käsiteltäviä ja käyttökuntoon saatettavia. Lämmitinvaihtoehtoja ovat

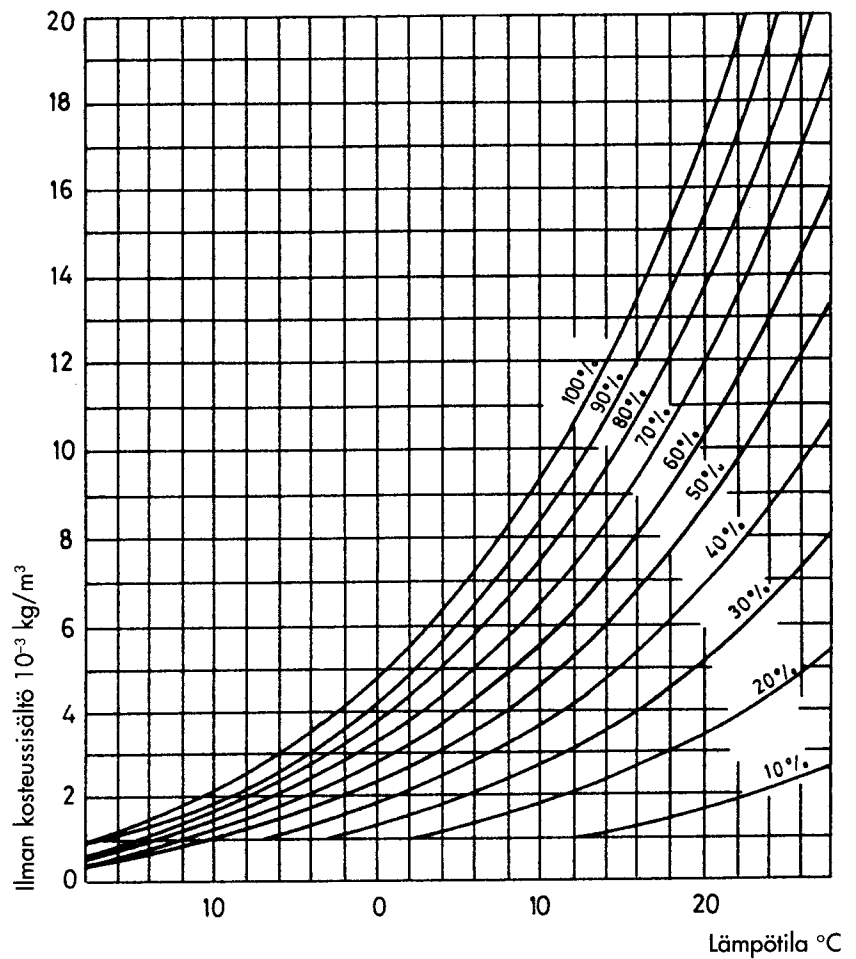
- kuuma-ilmalämmittimet
- infrapunalämmittimet
- sähkövastuslämmittimet
- ilmankuivaajat
- höyrykattilat ja -kehittimet.

Taulukossa 2 on lämmönjakolaitteiden soveltuvuus lämmitystehtäviin rakennusprosessin eri vaiheissa.

Rakennusaikana tilakohtaiseen lämmitykseen käytetään pääosin siirrettäviä ilma- ja säteilylämmittimiä. Rakennustyön edetessä otetaan käyttöön myös rakennuksen lopullinen lämmitysjärjestelmä.

### Ilmalämmitys

Ilmalämmitystä käytetään yleisesti tilojen lämmitykseen sekä osin ilmanvaihtoon.



Kuva 2 Ilman kosteussisältö lämpötilan funktiona suhteellisen kosteuden eri arvoilla

Taulukko 2 Lämmönjakolaitteiden soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin

Vaihe	Kuuma	Infra	Sähköv	Ilmank	Höyry
Maarakennus	+	+	+		+
Perustustyö	+	+	+		+
Runkotyö	+	+	+		
Kuivaus	+	+		+	
Viimeistely	+	+		+	

Menetelmää voidaan käyttää yhden huoneen tilan ta laajempien alueiden lämmittämiseen käyttämällä hyväksi hormistoja.

Kierrätysilmalämmityksessä ilmaa kierrätetään tilassa. Menetelmällä ei poisteta kosteutta. Ilman lämpötilan nousu kuitenkin pienentää vallitsevaa suhteellista kosteutta edesauttaen rakenteiden kuivumista. Ilmalämmityksellä, jossa ilma imetään ulkoa, lämmitetään ja puhalletaan tilaan, voidaan poistaa kosteutta. Epäkohtana on lämmitystehon suuri riippuvuus ulkolämpötilasta. Ulkoa otettava ilmavirta on voitava säätää tarpeen mukaan.

Lämmön lähteenä ilmalämmityksessä käytetään pääasiassa sähköä, öljyä tai nestekaasua.

### Säteilylämmitys

Säteilylämmitys soveltuu kappaleisiin tai tilaan kohdistuvaan suoraan lämmitykseen esim. betonivaluissa. Lämpösäteily etenee suoraviivaisesti ja kohdatessaan kiinteän kappaleen osa säteilystä heijastuu kohteesta ja osa läpäisee sen. Ainoastaan heijastuva osa nostaa lämpötilaa.



## Kuivatus

Rakennuksen kuivattamisessa poistetaan kosteutta mahdollisimman paljon mahdollisimman vähäisellä lisäilman lämmityksellä. Tavoitteena on poistaa kosteus rakenteista ja tilasta siten, että sisävalmistustyöt voidaan tehdä suunnitelma-asiakirjojen mukaisissa olosuhteissa. Käytettäessä lämmittämiä tilojen kuivaamiseen on lämmitykseen yhdistettävä tehokas ilmanvaihto. Märän pinnan kuivumista voidaan nopeuttaa

- alentamalla ilman suhteellista kosteutta
- kohottamalla rakenteen lämpötilaa
- lisäämällä ilman nopeutta rakenteen pinnassa.

Kuivausta voidaan tarkastella myös ilmanvaihdon kannalta, jolloin kyseeseen tulevat avoin ja suljettu systeemi (kuva 3). Avointa järjestelmää käytetään, kun tilassa tarvitaan ilmanvaihtoa. Tällaisia kohteita ovat mm.

- pölyävät tilat
- tilat, joissa ilma sisältää haitallisia kaasumaisia tai kiinteitä epäpuhtauksia
- tilat, joissa kierrätysilman käyttö on hankalaa.

Suljettua järjestelmää käytetään, kun tila voidaan rajata ja tiivistää ilmanvaihdon minimoimiseksi.

Ilmaa lämmitettäessä suhteellinen kosteus pienenee, mutta absoluuttinen kosteus ei muutu. Tilan kuivaamiseksi on lämmitykseen yhdistettävä tilan ilmanvaihto, jolloin rakenteista ym. lähtevä kosteus saadaan poistettua tilasta. Menetelmän epäkohtana on lämpimän ilman ulospuhalluksesta aiheutuvat energiakustannukset.

Tarvittavan kuivauslaitteiston tehon arviointi on osa suunnittelua. Jos kuivatus tapahtuu ilmaa lämmitämällä, saadaan teho karkealla, nomogrammiin perustuvalla menetelmällä. (Tarkempia laskentamenetelmiä Björkholtz: Rakennuksen kuivattaminen).

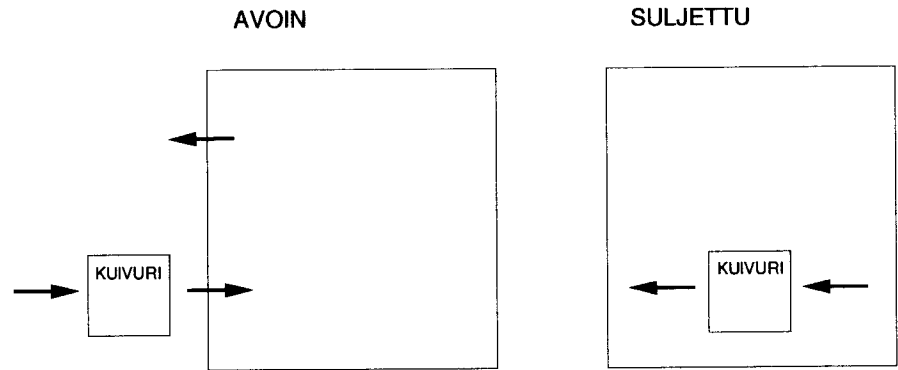
Ilmankuivaajia on kahta tyyppiä: kondenssi-kuivaajia ja sorptiokuivaajia. Kondenssi-kuivaajassa kuivattava ilma imeetään jäähdytyspatterin läpi, jolloin osa ilmassa olevasta kosteudesta tiivistyy sen pinnalle. Kuivattu ilma puhalletaan lämmityspatterin läpi takaisin tilaan. Kondenssi-kuivaajat soveltuvat parhaiten lämpimiin (min. +25 C) ja kosteisiin tiloihin.

Sorptiokuivaajat poistavat kosteutta ilmaa kosteutta imevän aineen avulla. Tällaisena toimii yleensä kalsium- tai litiumkloridiliuoksella kyllästetty materiaali. Sorptiokuivaaja voi olla esimerkiksi roottori, jossa on suuri määrä ohutseinäisiä kanavia, joiden läpi ilmavirta kulkee kosteuden sitoutuessa roottoriin.

Ilmankuivaajien tekniset tiedot ovat Kone-Ratu kortissa 07-3003.

Koska ilmankuivaajat toimivat parhaiten lämpimässä ilmassa, käytetään niitä etupäässä syksyllä ja kesällä, jolloin lämpötilat ovat muutenkin suhteellisen korkeita. Lisälämmön tarve on näin ollen verraten pieni.

Ennen kuin ilmankuivaaja otetaan käyttöön, tulee kuivatettava tila tiivistää mahdollisimman huolellisesti. Ilmaa ei saa tulla sisään mistään, jottei kuivateta ulkoilmaa. Ilmankuivaajan käytön taloudellisuus putoaa jyrkästi, jos kuivatettava tila on hatara.



Kuva 3 Avoin ja suljettu järjestelmä

## Lämmön ja kosteuden mittaus

Mittausten tavoitteena on varmistaa, että tiloissa lämmityksen ja kuivatuksen avulla saavutetaan työskentelyn kannalta haluttu lämpötila ja suhteellinen kosteus. Mittaukset tehdään kyseisen tilan keskialueelta ja kriittisistä paikoista. Mittauksiin nimetään henkilö, joka vastaa mittaustoiminnasta, -kalustosta ja tuloksista. Mittarit on kalibroitava säännöllisesti valmistajan ohjeiden mukaan.

Lämpötila- ja kosteusmittausten luotettavuus edellyttää etukäteissuunnittelua

- miksi ja mitä mitataan
- kuka mittaa
- mistä ja millä mitataan
- miten ja miten usein mitataan
- mitkä ovat mittausten tavoite-, raja-, hälytys- ym. arvot
- miten mittaustulokset käsitellään ja tulos-tetaan.

Kuivatuksen ja lämmityksen aikana seurataan kuivatettavan tilan lämpötilaa ja suhteellisen kosteuden (RH) arvoja. Lämpötilan tulee pysytellä suunnitellulla alueella. Jos lämpötila nousee yli suunnitellun, voidaan tehoa pienentää. Jos haluttua lämpötilaa ei saavuteta, tulee tehoa lisätä tai ilmanvaihtoa supistaa. Suhteellisen kosteuden tulee pysytellä alle 50 % (ks. kuva 2. s. 3). Pintojen kuivuminen hidastuu, kun arvo kasvaa yli 50 %. Jos arvo putoaa 20–30 % :iin, rakenteiden kuivuminen ei nopeudu. Tällöin ilmanvaihtoa voidaan supistaa, ettei lämpöä mene hukkaan.

Mittauksissa on aina tietty epätarkkuus, mikä johtuu mitattavasta suureesta, mitta-laitteista, mittausten menetelmästä, mittaajasta ym. syistä. Halutun mittaustarkkuuden mukaan on mittauksia tehtävä eri puolilla ko. tilaa. Mittauspisteitä on tilaa kohti oltava ainakin kaksi.

Mittaustuloksia arvioitaessa on otettava huomioon mittaustulosten keskiarvo ja hajonta, mittaustulosten lukumäärä ja edustavuus. Mittaustuloksia on tarkasteltava kriittisesti.

## TEHOKAS LÄMMITYS JA KUIVATUS

### Lämmityksen ja kuivatuksen toteutus

Tehokas rakenteiden ja tilojen lämmitys ja kuivatus edellyttää tarkkaa lämmitettävän kohteen ennakkovalmistelua sekä toimintajan tarkkailua ja jälkihoitotöitä. Lämmityksen ja kuivatuksen toteutuksen vaiheet ovat ennakkovalmistelut, lämmitystoiminta ja lopetus.

Ennakkovalmistelu on lämmityksen suunnittelua, jonka vaiheet on esitetty kuvassa 5.

### Ennakkovalmistelut

- lämmön- ja kuivatustarpeen määrittely
- menetelmien ja -laitteiden valinta
- mitoituslaskelmat
- käyttösuunnitelma
- käyttö- ja käyntiaikojen määrittely
- laitesijoittelu ja reititvalinnat (putki-, yms.)
- rakenteiden tiivistäminen ja eristäminen.

### Lämmitys- ja kuivatustoiminta

- laitteiden asennus ja kohdistus
- toiminta-arvojen asetus (anturit ja kellokytkimet)
- toiminnan tarkkailu (käyntiajat, suojaukset, lämmitystarve).

### Lopetus

- lämmitys- ja kuivatustarpeen lopetuksen varmistus (mittaukset)
- laitteiden purku
- jälkihoito.

## Lämmityksen tehokkuuteen vaikuttavat tekijät

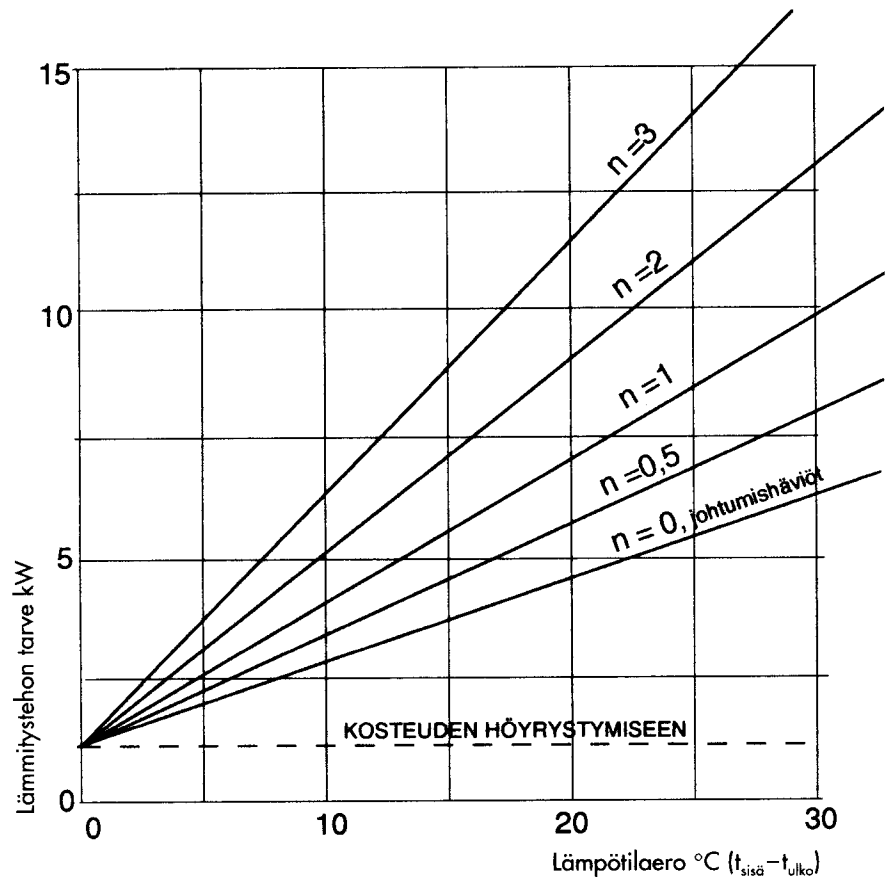
Teknillisen korkeakoulun talonrakennustekniikan laboratoriossa tehdyissä tutkimuksissa on tehty seuraavia rakennusaikaisen lämmityksen toteutukseen vaikuttavia havaintoja:

- rakennusaikaisen lämmityksen vaikeutena on tasaisten lämpötilakenttien saavuttaminen
- ulko-ovien ja ikkunoiden saumojen sekä muiden ulkovaipassa olevien aukkojen tiivistäminen on ensiarvoisen tärkeää
- lämmöneristämättömät yksittäiset ulkovaipan rakennesosat lisäävät pintojen välisiä lämpötilaeroja sekä kasvattavat hukkaenergian määrää
- kylmät sisäpinnat johtavat vesihöyryn kondenssiin, mikä heikentää rakennuksen kuivumista
- kerrosten välisiä lämpötilaeroja tasaa lämmittimen sijoittaminen siten, että nouseva lämmitysilmavirtaus kohdistuu esim. porrasaukkoon
- lämmittimen taakse jää aina kylmempi alue ja mikäli ulkovaippa ei ole hyvin tiivistetty, kyseisen alueen lämpötila laskee lähelle ulkolämpötilaa
- lämmityksen tasaisuutta voidaan parantaa sekoittamalla kerrosten ja tilojen välistä ilmaa apupuhaltimella sijoittamalla puhallin siten, että ilman imu tapahtuu toisesta tilasta ja puhallus toiseen tilaan
- epätasaiset kuivumisolosuhteet vältetään parhaiten käyttämällä ylipaineista lämmitysratkaisua, jossa lämmitettyä ulkoilmaa puhalletaan sisälle ja aiheutetaan ylipaine, joka puretaan hallitusti poistopisteiden kautta ulos
- rakennuslämmittimien käytössä merkittäväksi muodostuu tehon ja ilmavirran lisäksi heittoisuus ja ilmasuihkun suuntautuminen ylöspäin termisistä voimista johtuen
- rakennusaikaisessa lämmityksessä vaikeutena on lämmön tasainen jako eri huonetiloihin vaaka- ja pystysuunnassa.

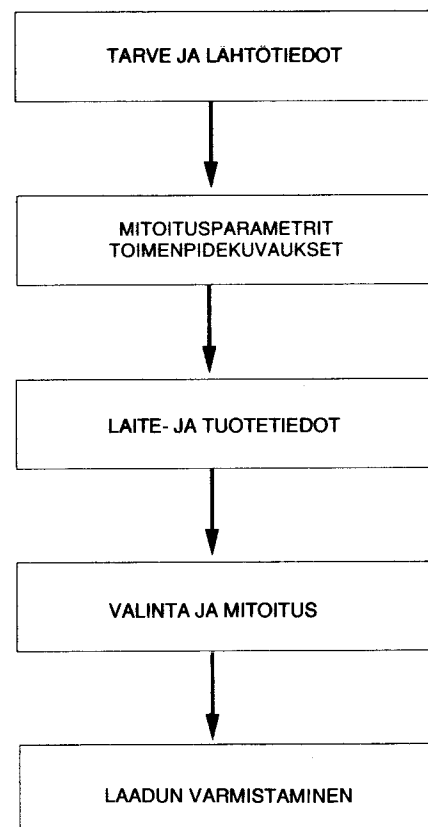
Kuvissa 6–12 on esitetty miten eri tekijät vaikuttavat tilan lämmityksen tehokkuuteen. Vaikuttavina tekijöinä on esitetty

- lämmittimien kohdistus
- lämmittimien teho
- lämmittimien sijainti
- rakennuksen tiiviyys
- apupuhaltimien käyttö.

Kuvat ovat Teknillisen korkeakoulun tutkimuksesta Rakennustyön aikaisen lämmityksen suunnitteluperusteet, Viljanen & Lehtinen, 1994.



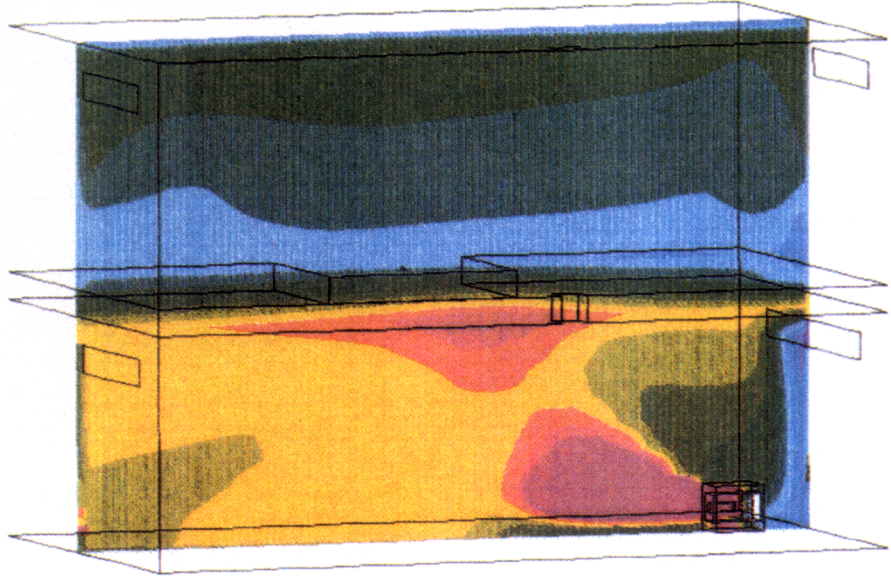
Kuva 4 Lämmitystehon tarpeen arviointi. Tilan tilavuus 300 m<sup>3</sup>, n = ilmanvaihdon arvioitu suuruus/kuivatettavan tilan tilavuus.



Kuva 5 Lämmityksen ja kuivatuksen suunnittelun vaiheet

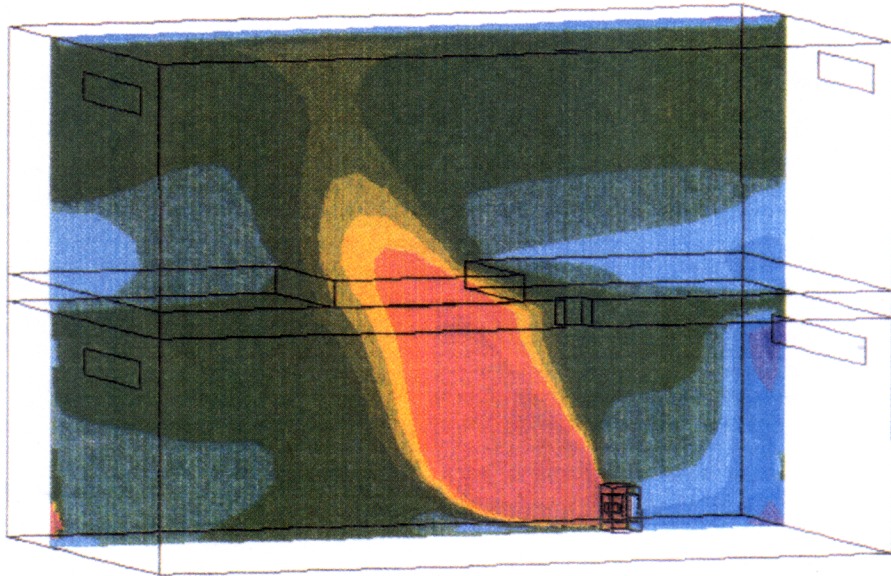
**Lämmityksen kohdistuksen vaikutus**

- lämmittimen teho 8 kW
- lämmittimen sijainti nurkassa
- ilmavirtaukset porraskäytävästä toiseen ovat vähäisiä



Kuva 6 Lämmityksen kohdistuksen vaikutus

- lämmittimen teho 8 kW
- lämmittimen sijainti keskellä
- puhallusilmavirta suunnattuna porraskäytävään

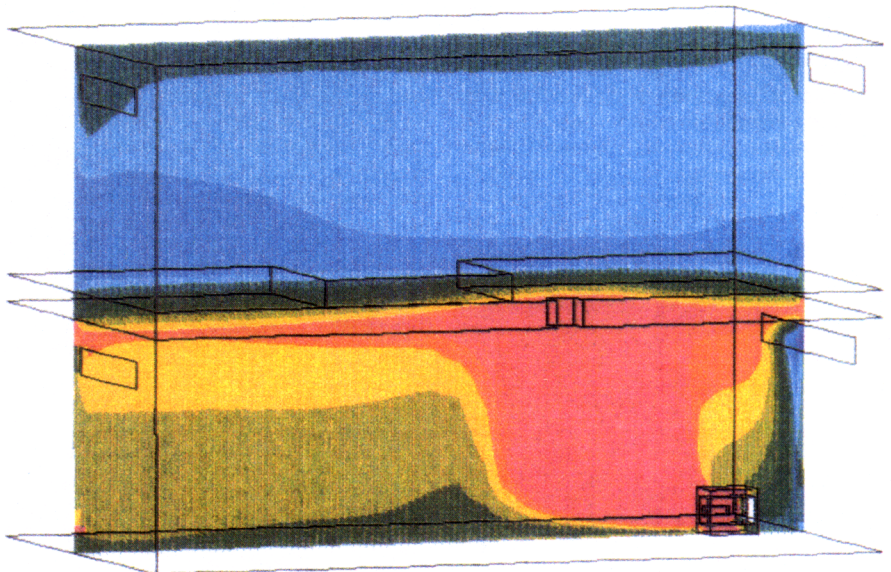


Kuva 7 Lämmitin tilan keskellä

**Muista oikea suuntaus !**

**Koneen tehon vaikutus**

- lämmittimen teho 15 kW
- ikkunoiden ja rungon väliset saumat tiivistämättä
- ulkoilman jäähdyttävä vaikutus näkyy lämmityslaitteen takana
- vertaa kuvaan 6, jossa lämmittimen teho on 8 kW ja olosuhteet muuten samat

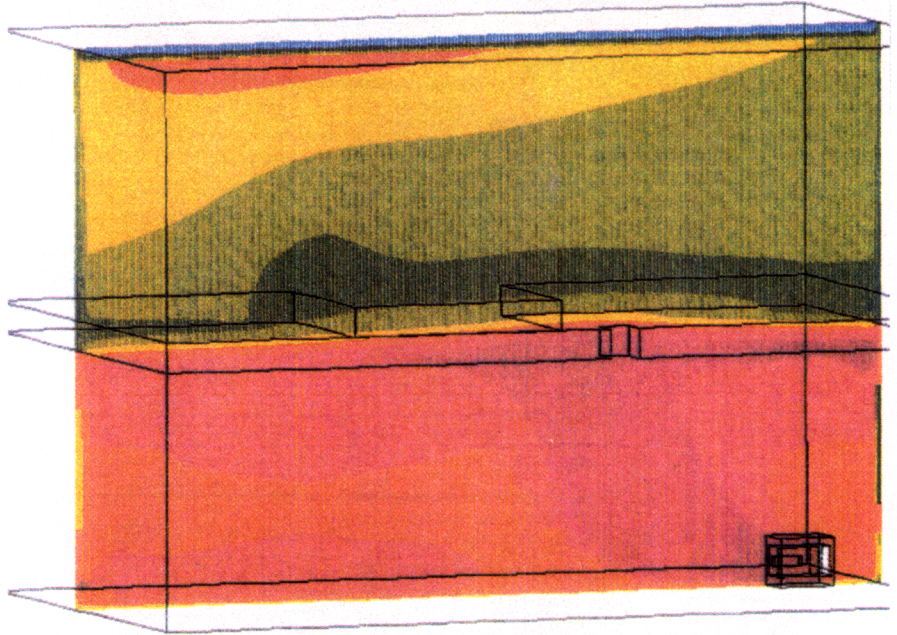


**Pienempikin teho riittää !**

Kuva 8 Koneen tehon vaikutus

### Rakennuksen tiiviyyden vaikutus

- lämmittimen teho 8 kW
- ikkunoiden ja rungon väliset saumat tiivistetty
- ilmanvaihtuvuus käytännössä 0
- lämpötilat nousevat lähes 50 °C
- lämmittimen sijoituksesta johtuen ilmavirtaukset ovat pieniä ja yläkerta jää kylmäksi alakertaan verrattuna
- vertaa kuvaan 6, jossa ikkunoiden ja rungon väliset saumat tiivistämättä ja ulkoilmavuotojen suuruus verrattuna lämmittimen tehoon aiheuttavat, ettei lämpötila nouse kuin paikallisesti yli 10 °C

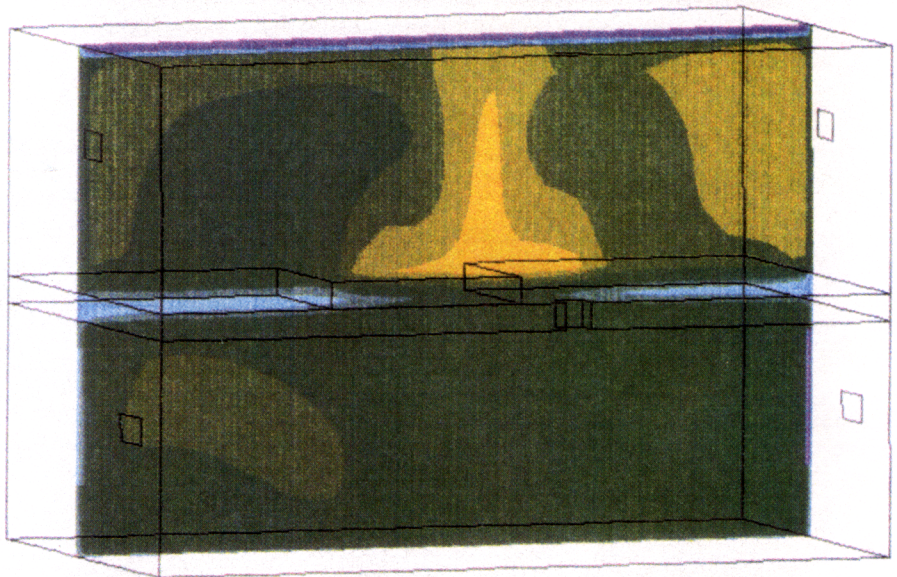


**Kaikki raot tulee olla tiivistettyjä ja ilmanvaihdon hallittua !**

Kuva 9 Rakennuksen tiiviyyden vaikutus

### Lämmittimen sijainnin vaikutus

- lämmittimen teho 8 kW
- ikkunoiden ja rungon väliset saumat tiivistetty 90%
- lämmitysilmä puhalletaan yläpohjasta alaspäin
- lämpötilat noin 10 °C, tasaiset

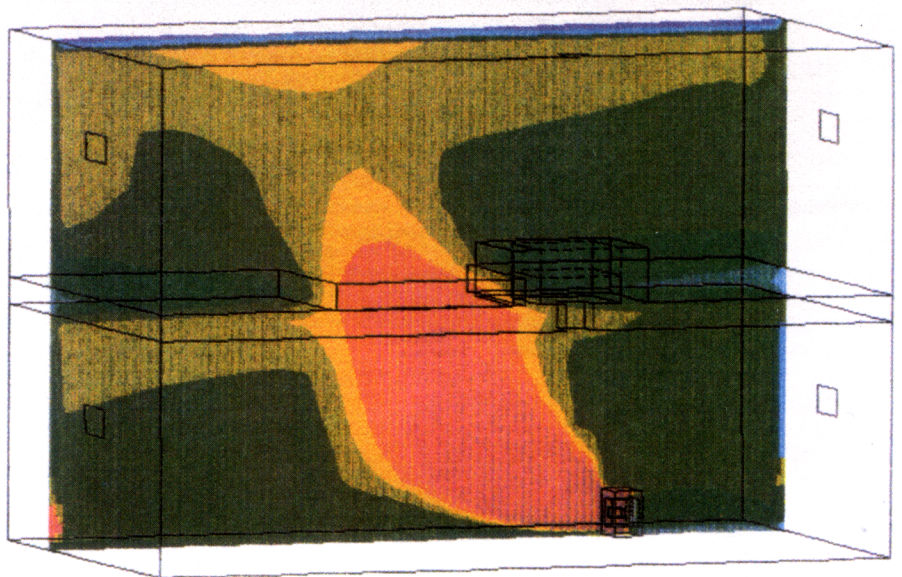


**Muista oikea sijainti ja puhalluksen suuntaus !**

Kuva 10 Lämmittimen sijainnin vaikutus

### Apupuhaltimen käytön vaikutus

- lämmittimen teho 8 kW
- ikkunoiden ja rungon väliset saumat tiivistetty
- ilmanvaihtuvuus n 3 l/h
- ilman sekoittamista varten apupuhallin 0,08 m<sup>3</sup>/s on sijoitettuna välipohjan iv-varaukseen
- lämpötilat nousevat lähes 50 °C
- lämmittimen sijoituksesta johtuen virtaukset kulkeutuvat yläkertaan porrasaukon kautta, mikä yhdessä apupuhaltimen käytön kanssa tasaa lämpötilaeroja
- lämmittimen taakse muodostuu kylmempi vyöhyke, muuten tasojen pintalämpötilat ovat tasaisia
- vertaa kuvaan 7, jossa ei ole apupuhallinta käytössä

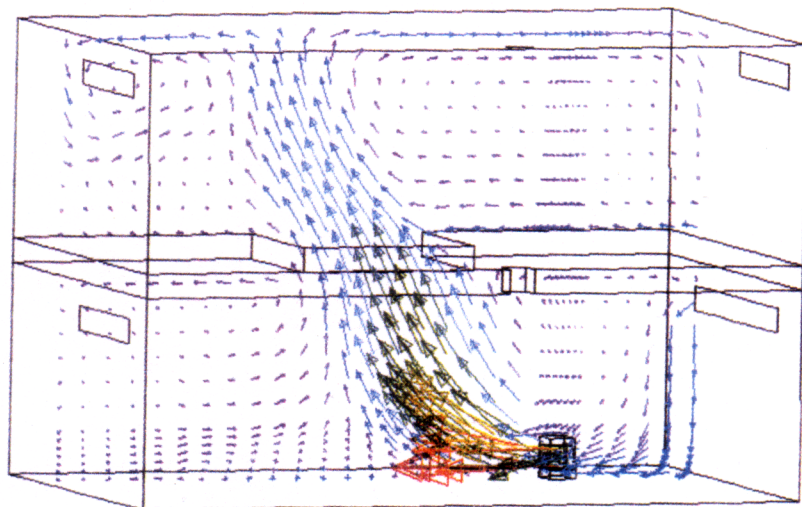
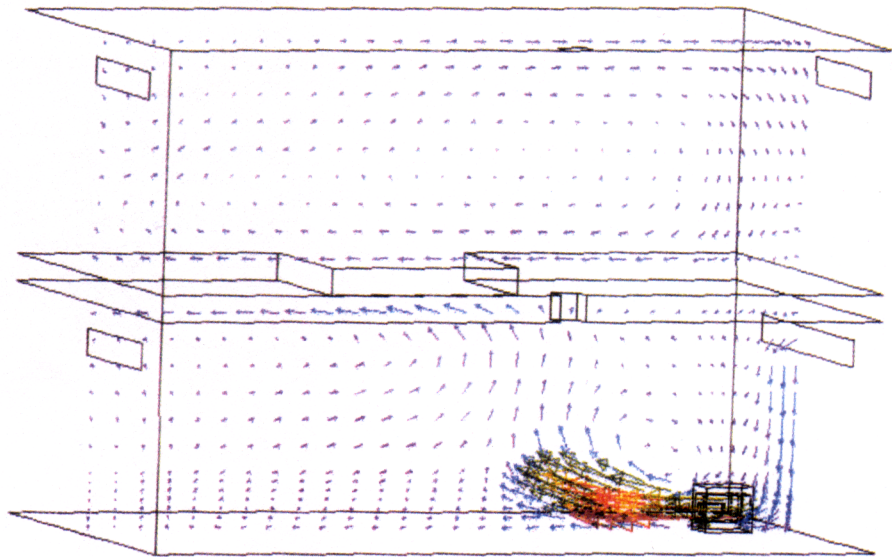


**Ilmankierto tehokkuuden perusta !**

Kuva 11 Apupuhaltimen käytön vaikutus

### Suuntauksen ja sijainnin vaikutus

Vain oikein suunnattuna ja sijoitettuna lämmittimestä saadaan suunniteltu hyöty.



**Muista sijainti, suuntaus, tiiviys ja ilmankierto !**

Kuva 12 Suuntauksen ja sijainnin vaikutus

### Muista!

Lämmitys- ja kuivatustarve mitoitetaan. Tehontarvetta ei ylimitoiteta ja tehdään tarvittavat menetelmävertailut.

Lämmitettävä ja kuivattava tila suljetaan ja tiivistetään huolellisesti, kuitenkin siten, että kosteus pääsee poistumaan.

Ilmanvaihtoventtiilit suljetaan, jotta ilmanvaihtokanaviin ei pääse pölyä tai muuta likaa.

Ilman lämpötilaa ja kosteutta seurataan jatkuvasti. Ilmanvaihtoa muutetaan tarvittaessa.

Sijoitetaan lämmittimet niin, että katvealueilta vältytään. Käyttämällä useampia pieniä lämmittämiä saadaan tasaisempi vaikutus kuin yhdellä suuritehoisella.

Lämmityksen tehoa parannetaan apupuhaltimien käytöllä.

Lämmitettävässä tilassa varastoidun materiaalin ja kaluston määrä minimoidaan, jottei vaikeuteta lämmön tasaista leviämistä. Lämmityksen tasaisuutta parannetaan siirtämällä puhallusilmavirtauksen suuntausta ja muuttamalla lämmittimien sijoittelua.

### Kirjallisuuslähteet

Rakennustyönaikaisten lämmittimien valinta ja käyttö (Kokki & Mäkelä)  
 Rakennustyönaikaisen lämmityksen suunnitteluperusteet (Viljanen & Lehtinen)  
 Rakennustyönaikainen tilojen ja rakenteiden lämmön ja kosteuden hallinta (PI Oy)  
 Vuodenajan kustannusvaikutukset rakennustuotannossa (Saarikivi & Kankainen)  
 Rakennuksen kuivattaminen (Björkholtz)  
 Lämpö ja kosteus (Björkholtz)  
 Talvirakentaminen (RTK)

Kone-Ratu 07-1-01 Höyrykehittimet  
 Kone-Ratu 07-1-02 Korkeapainekattilat  
 Kone-Ratu 07-2-01 Rakennuskuivaajat  
 Kone-Ratu 07-2-02 Kiertoilmalämmittimet  
 Kone-Ratu 07-2-05 Ilmankuivaajat  
 Kone-Ratu 07-2-06 Suojauskalusto  
 Kone-Ratu 07-3031 Lankalämmityksen suunnitteluohje

## RAKENNUSKUIVAAJAT KIERTOILMALÄMMITTIMET ILMANKUIVAAJAT

### SISÄLTÖ

Rakennuskuivaajien, kiertoilmalämmittimien ja ilmankuivaajien (kosteuden erottajien) käytön menetelmä- ja kapasiteettitieto.

### KÄYTTÖTARKOITUS

Käytetään tuotannosuunnittelussa lämmintyyppin valintaan ja käytön suunnitteluun. Kortin sisältö on ohjeluontoinen.

### LAADINTAPERUSTEET

Perustuu kone- ja laitetuottajilta saatuaan informaatioon, aikaisempiin tutkimuksiin, muuhun lähdemateriaaliin, asiantuntija-arviointeihin, työmailla tehtyihin havaintoihin ja haastatteluihin.

### KONEEN TOIMINTAPERIAATE

#### Rakennuskuivaajat

Öljy-, nestekaasu- tai sähkökäyttöisiä siirrettäviä laitteita.

Öljy- ja nestekaasukäyttöisten laitteiden kokoonpano:

- poltin, puhallin (sähkö), polttoaineliityntä/-säiliö, varo-, tarkkailu- ja säädinlaitteet, runko, ilman ja palokaasujen ohjainputket/-laitteet.

Sähkökäyttöisten laitteiden kokoonpano:

- vastuslangat/vastukset (yleensä terästä), puhallin, varo-, tarkkailu- ja säädinlaitteet, runko ja ilmanohjainputket/-laitteet.

Polttimen kuumentama voippa tai sähkövastus lämmittää puhaltimen siirtämän ilman, joka johdetaan lämmitettävään tilaan.

Tilan ilma lämpiää ja kostea ilma johdetaan pois tilasta.

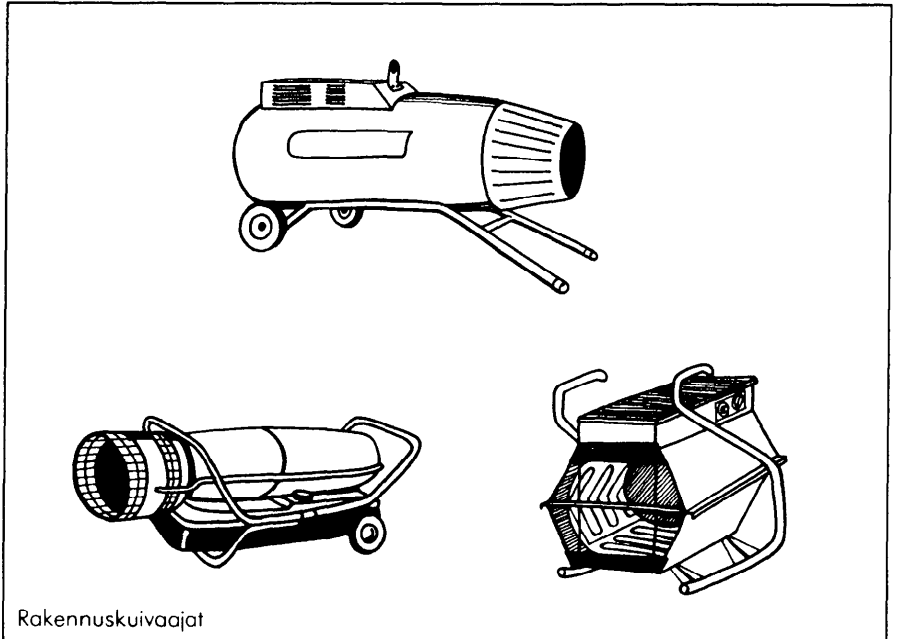
#### Kiertoilmalämmittimet

Öljy-, nestekaasu- tai sähkökäyttöisiä, yleensä raskaita, isompien tilojen lämmitykseen tarkoitettuja laitteita (hallilämm.).

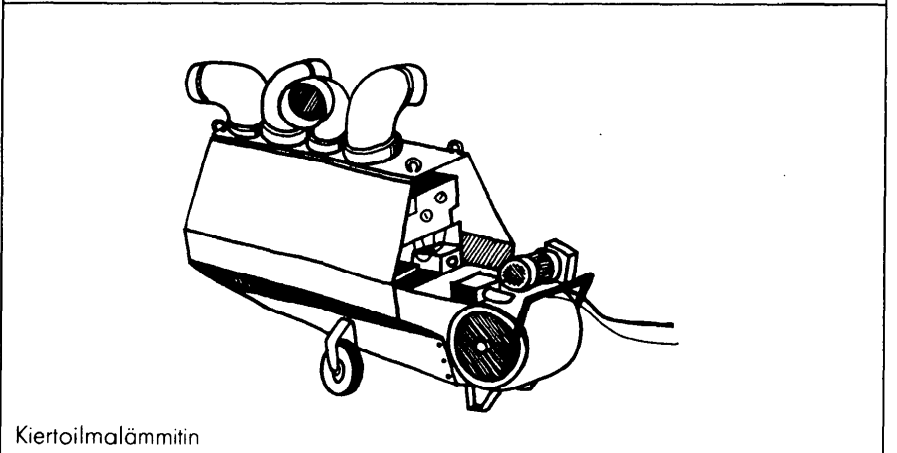
Rakenne- ja toimintaperiaate hyvin samanlainen kuin puhallintyyppisillä rakennuskuivaajillakin.

Polttimen kuumentama voippa tai sähkövastus lämmittää puhaltimen siirtämän ilman, joka johdetaan lämmitettävään tilaan.

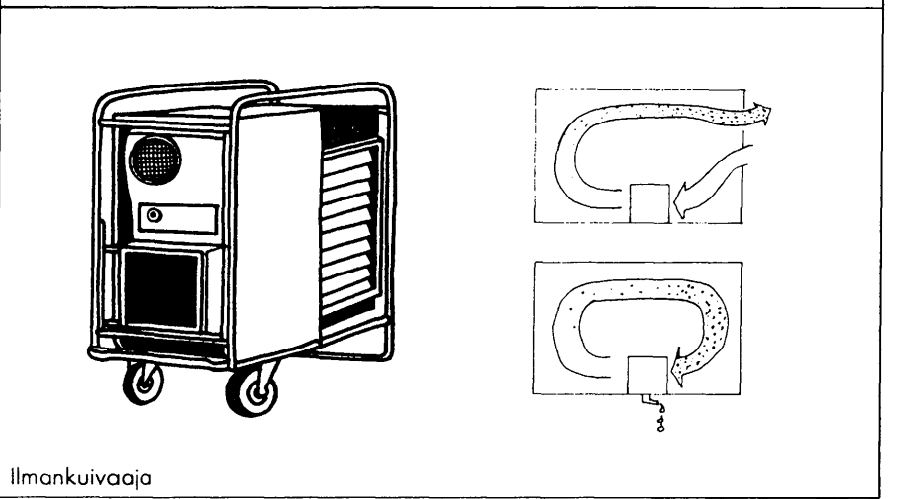
Lämmityksikkö voi olla sijoitettuna lämmitettävään tilaan tai se voidaan sijoittaa keskitetyksi ja johtaa lämmin ilma putkistoja pitkin lämmitettäviin tiloihin.



Rakennuskuivaajat



Kiertoilmalämmitin



Ilmankuivaaja

**Ilmankuivaajat (kosteudenerottajat)**

Toiminta perustuu kuivattavien rakenteiden, materiaalien ja ilman kuivaamiseen erottamalla kosteutta kiertoilmasta joko kondensatio- tai sorptiomenetelmällä.

**Sähkökäyttöisiä**

Olemassa kahta päätyyppiä:

- kondensikuivaaja, joka koostuu mm.: puhallin ilman kierrätykseen, kondensatiolevy, kosteudenpoisto ja mahd. sulatuslaitteisto sekä runko
- sorptikuivaaja, joka koostuu mm.: puhallin ilman kierrätykseen, sorptiomotori (ohutseinäisiä kanavia sisältävä, kosteutta absorboivasta materiaalista CaCl tai LiCl), kondensatiolaitte ja palautusilman lämmitin/puhallin.
- Ei ilman poistoa kohteesta - erotettu vesi poistetaan.

**KONEEN KÄYTÖN KUVAUS****Rakennuskuivaajat**

Käyttöönotto	Käyttö	Huolto
<p>Sijoitetaan laite palamattomalle alustalle ja riittävän etäälle myös tilan katosta/muista syttyivistä aineista.</p> <p>Varmistetaan lämmitetyn ilman puhallussuunnan avoimuus.</p> <p>Suoritetaan mahdolliset öljy-, kaasu- ja sähköliitännät.</p> <p>Asennetaan öljykäyttöisten laitteiden savukaasujen poistoputket (pintakäsittelytön putki alkuosaan).</p> <p>Asennetaan mahdolliset ilmanohjainputket.</p> <p>Varmistetaan kuivattavan/lämmitettävän tilan tiiveys ja ilmanpoisto hallitusti.</p>	<p>Polttoainehuolto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- polttoöljy tms. (talvilaatu, jäänesto)</li> <li>- nestekaasu.</li> </ul> <p>Öljy- ja kaasukäyttöisten laitteiden toiminnan jatkuva valvonta.</p> <p>Ilman liikkeen aiheuttama pölyn siirtyminen estetään, jos siitä haittaa työn aikana.</p> <p>Termostaattiohjaus tai käsisäätö lämpö-/puhallusteholle.</p> <p>Varo ylikämmittämästä tiloja.</p> <p>Laitteita ei saa peittää.</p> <p>Huomioi ko. laitteen käyttöohjekirja.</p>	<p>Öljypolttimen huolto.</p> <p>Lämmönvaihdinpinnan puhdistus noesta tms. palojätteestä.</p> <p>Huomioi käyttö- ja huolto-ohjekirjan edellyttämät toimenpiteet.</p>

**Kiertoilmalämmittimet**

Käyttöönotto	Käyttö	Huolto
<p>Asennetaan lämmitinlaite ja lämmityskanavistot sekä savukaasujen poistoputket tarvittaessa (öljyk.).</p> <p>Varmistetaan alustan palamattomuus ja ilman puhalluksen suunta.</p> <p>Suoritetaan öljy-, kaasu- ja sähköliitännät.</p> <p>Varmistetaan lämmitettävän tilan tiiveys.</p>	<p>Polttoainehuolto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- polttoöljy tms. (talvilaatu, jäänesto)</li> <li>- nestekaasu.</li> </ul> <p>Öljy- ja kaasukäyttöisten laitteiden toiminnan jatkuva valvonta.</p> <p>Ilman liikkeen aiheuttama pölyn siirtyminen estetään, jos siitä haittaa työn aikana.</p> <p>Termostaattiohjaus tai käsisäätö lämpö-/puhallusteholle.</p> <p>Varo ylikämmittämästä tiloja.</p> <p>Laitteita ei saa peittää.</p> <p>Huomioi ko. laitteen käyttöohjekirja.</p>	<p>Öljypolttimen huolto.</p> <p>Lämmönvaihdinpinnan puhdistus noesta tms. palojätteestä.</p> <p>Huomioi käyttö- ja huolto-ohjekirjan edellyttämät toimenpiteet.</p>

**Ilmankuivaajat**

Käyttöönotto	Käyttö	Huolto
<p>Asennetaan laitteisto.</p> <p>Sähköliitännät.</p> <p>Järjestetään kondensatioveden poisto.</p> <p>Varmistetaan kuivattavan tilan lämpötila ja samanaikainen lämmitys (&gt; +25 °C) sekä tiiveys.</p>	<p>Huolehditaan kondensatioveden poistosta, tilan riittävästä lämmityksestä (&gt; +25 °C) ja varsinaisten lämmityslaitteiden toiminnasta.</p> <p>Estetään kondensatioveden jäätyminen poistamalla se riittävän usein keräysastias-ta.</p> <p>Eräät laitteet varustettu automaattiohjauksella.</p> <p>Laitteita ei saa peittää.</p> <p>Huomioi ko. laitteen käyttöohjekirja.</p>	<p>Jäätyneen kondensatioveden poisto/sulatus.</p> <p>Muiden samanaikaisten lämmitykseen käytettävien laitteiden vaatimat huoltotoimenpiteet (kts. edellä).</p> <p>Mahdollisesti suodattimien puhdistus.</p> <p>Huomioi käyttö- ja huolto-ohjekirjan edellyttämät toimenpiteet.</p>

## SOVELTUVUUDET

### Rakennuskuivaajat

Runsasta siirtelyä vaativiin kohteisiin. Rakennustilan lämmitykseen ja kuivatukseen erityisesti runkovaiheen aikana.

### Kiertoilmalämmittimet

Pysyvämpiin asennuksiin. Pääasiassa rakennustilan lämmitykseen.

### Ilmankuivaajat

Yleensä vain rakennustilan kuivatukseen muun lämmityksen ohessa. Käyttö vain lämpimissä tiloissa.

## TYÖVOIMAN TARVE

Pienimmät pyöriillä varustetut laitteet ovat yhden henkilön siirrettävissä vaakatasossa. Raskaammat vaativat nosturia. Öljy- ja kaasulaitteiden toiminnan valvonta ja huolto sekä sähkölaitteiden huolto sitovat ammattityövoimaa. Öljysäiliöiden/-tynnyrien siirto vaatii työvoimaa.

## MITOITUSPERIAATTEET

Huomioitavat seikat:

- Lämmitettävän tilan/kohteen laatu ja valmiusaste: Öljykäyttöinen laite muuttien lämmitykseen; sähkö-, kaasu- tai kaukolämpökäyttöinen runko- ja sisävalmistusvaiheen lämmitykseen.
- Lämmitettävän tilan/kohteen koko ja määrä.
- Lämmittimien sijoituspaikat rakentamisen eri vaiheissa.
- Kaukolämmön/rakennuksen lopullisen lämmitysjärjestelmän käyttömahdollisuus.
- Eri energiamuotojen saatavuus ja hintasuhteet.
- Laitteiden lämmitysteho/ulosottojen määrä.

## Työsaavutustiedot

Ominaisuus/laite	Rakennuskuivaajat			Kiertoilmalämmittimet			Ilmankuivaajat	
	öljy	nestekaasu	sähkö	öljy	nestekaasu	sähkö	kondensatio	sorptio
Nim. lämmitysteho, kW	5...140	15...70	3...30	60...380	30...120	10...	1,0...6,0	-
Ilmamäärä, m <sup>3</sup> /h	180...6200	750...2900	400...3200	4000...20200	3000...6000	3000...	450...3200	200...900
Polttoaineenkulutus, l/kg/kWh	0,5...	1,0...5,0	5,0...	6,0...40,0	2,5...10,0	150...	2,0...	4,0...
Kost.poisto, l/vrk							14...120*	30...90
Toiminta-alue								
- kosteus, % RF							30...100	10...100
- lämpötila, °C							0...40	0...35

\* Ilman lämpötila +30°C/suhteellinen kosteus 90 %

## Tekniset ominaisuudet

Ominaisuus/laite	Rakennuskuivaajat			Kiertoilmalämmittimet			Ilmankuivaajat	
	öljy	nestekaasu	sähkö	öljy	nestekaasu	sähkö	kondensatio	sorptio
Jännite, V	220/380	220	220/380	220/380	220	380	220/380	220/380
Virta, A			8,0...46,0					
Puhallinteho, kW	0,5...2,5	0,2...	0,1...1,0	1,0...11,0			0,5...8,0	2,0...6,0
Paino, kg	10...260	15...45	10...37	150...450	38...50	85...	20...110	60...175
Mitat, mm								
pituus	500...2200	1000...1400	400...700	700...1500	1300...	1000...1600	400...1600	
leveys	200...1000	300...600	300...700	700...1600	500...	600...	300...700	500...600
korkeus	500...1500	500...800	400...800	1800...3300	600...	800...	300...1200	1000...1200



## VAATIMUKSET JA KÄYTTÖRAJOITUKSET

Palokaasujen poistaminen työskentely-/lämmitettävästä tilasta.

- Nestekaasulaitteiden palamiskaasut sisältävät runsaasti vettä: kosteuden poisto järjestettävä muutoin.

- Öljyn polton (palamiskaasujen rikki) ja käsittelyn aiheuttama tilojen likaantuminen.

Sähkövirtavaatimus joillakin laitteilla 380 V/46 A.

- Myös kaasukäyttöiset laitteet (220 V): säiliön höyrystin, sytytys, puhallin tms.

Lämmitettävän tilan tiiveys lämmönhukan vähentämiseksi: rakennuksen kuivattamisessa ilmanpoisto hallitusti.

Laitteiden toiminnan valvonta.

Tulipalon ja räjähdysvaara: sammutuskalusto.

Pölyn liikkuminen ilmavirran vaikutuksesta puhallintyyppisillä laitteilla.

Kylmän ilman vaikutus nestekaasun höyrystyvyyteen (kaasukäyttöiset laitteet).

Laitteita ei saa peittää. Lisäksi vapaa tila kuumen ilman puhallussuunnassa.

Roudansulatukseen käytetään yleensä joko lisälaitteita (putkistot/kanavistot) tai kokonaan erillisiä laitteita.

Öljyn ja nestekaasun työmaasäilytykseen liittyvät vaatimukset.

## TYÖTURVALLISUUSASIAT

Palokaasut.

Tulipalonvaara. Nestekaasun räjähdysvaara (kaasuvuodot).

Pölyn leviäminen puhalluksen vaikutuksesta.

Käytettäessä suuria määriä (> 400 l/kg) öljyä ja/tai nestekaasua työmaalla: yhteys paloviranomaisiin.

## LISÄLAITTEET

Kanavistot roudansulatukseen kiertoilmalämmittimille ja lämminilmapuhaltimille.

Erilaiset polttoaineen (öljy, kaasu) siirtoon liittyvät tarvikkeet: letkut, liittimet, jakorasjat/-tukit.

Kaukosäätö-, käynnistys- ja valvontalaitteet.

Ilmanjohtoputkistot.

Palokaasujen poistoputkistot ja -laitteet.

Erilaiset asennustelineet mm. sähkökäyttöisille laitteille.

## TARKASTUKSET, MÄÄRÄYKSET, LUVAT

Sähkökäyttöisten ja sähkökytkentöjä sisältävien laitteiden oltava SETI:n hyväksymät:

- käytettäessä ei tarvita erillistä lupaa.

Polttoöljyn ja nestekaasun käyttöä ja varastointia työmaolosuhteissa koskevat useat viranomaismääräykset mm. seuraaviin seikkoihin liittyen:

- säilytystapa ja -paikka

- säilytettävä määrä

- käsittely- ja jakotapa

Huomioi luvanvaraiset huoltotoimenpiteet:

- öljypoltin

- sähkölaitteet

- nestekaasulaitteet.

## VIITTEET MUIHIN TIEDOSTOIHIN

RKT 15 Lämmitys-, kuivatus- ja suojauskalusto

## LANKALÄMMITYKSEN SUUNNITTELUOHJE

Värmning med injutna trådar  
Heating of framework with electric cables

### SISÄLLYSLUETTELO

- Käyttötarkoitus
- Johdanto
- Määritelmiä
- Laitteet ja tarvikkeet
- Lankalämmityksen suunnittelu
  - Lähtötiedot
  - Suunnittelun vaiheet
  - Suunnitelmien tulosteet
  - Muuntajan suorituskyky
- Asemnustyö
  - Seinät
  - Pilarit
  - Laatat
  - Palkit
  - Perusanturat
  - Elementtien saumat
  - Kytkenät ja suojaus
  - Toimivuuden varmistus
- Lämmityksen valvonta
- Työturvallisuus
- Kirjallisuus
- Liite 1. Lankalämmityksen mitoitusnogrammi

Lankalämmitystä voidaan käyttää betonin kovettumisen nopeuttamiseen ja jäätymisen ehkäisemiseen. Erityisesti menetelmä soveltuu vaikeasti suojattaville rakenteille. Tämä ohje antaa työmaan henkilöstölle ohjeita ja malleja esimerkkeineen toistuvista suunnittelutilanteista. Ohje ohjaa systemaattiseen suunnitteluun erilaisissa rakenteissa ja oikeaan sekä turvalliseen työsuoritukseen.

### KÄYTTÖTARKOITUS

Tämän ohjeen avulla voi työmaahenkilöstö suunnitella ja toteuttaa lankalämmitysmenetelmän käytön erilaisiin rakenteisiin. Menettely opastetaan yksityiskohtaisesti vaiheittain suunnittelusta toteutukseen esimerkkien, kuvien ja mallien avulla.

### JOHDANTO

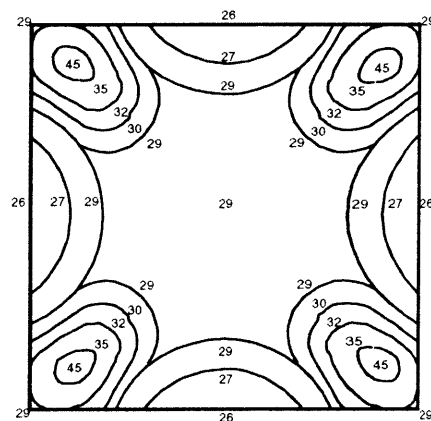
Lankalämmitys perustuu sähköenergian muuttamiseen lämpöenergiaksi langan sähkövirralle aiheuttaman vastuksen takia. Ensisijaisesti työturvallisuussyistä muunnetaan normaali vaihtovirta lankoihin matalaksi ns. suojajännitteeksi. Lämmityslangasta lämpö leviää betoniin säteittäisesti ja etäisyyden langasta kasvaessa lämpötila alenee. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty lämpötilan jakautumistapa pilarin ja laatan poikkileikkauksissa. Langan lämpötila riippuu käytetystä lankatehosta; 50 W/m teholla on langan lämpötila eristeen pinnalla n. + 50 °C ja 100 W/m teholla vastaavasti + 80 °C [1].

### Lankalämmityksen ansiosta

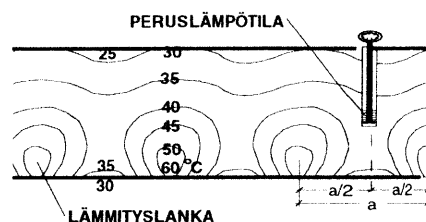
- lämmitys voidaan kohdistaa tarkasti haluttuihin rakenteisiin tai niiden osiin
- lämmityksen hyötysuhde on hyvä - se kohdistuu rakenteeseen sisältäpäin, muita rakenteita tai tiloja ei tarvitse tarpeettomasti lämmitellä
- lämmitystä on helppo säätää
- lämmitys on riippumaton muuttuvista
- lämmitystä voidaan jatkaa vielä muutoksen purun jälkeen
- lämmitystä voidaan käyttää myös jälkeensä pintojen lämmittämiseen tms.
- anturoiden routavaurioiden estämiseen rakentamisen aikana.

Lankalämmitys soveltuu kaikenlaisiin paikallavalettaviin rakenteisiin kuten anturoihin, seiniin, pilareihin, laattoihin ja palkkeihin sekä elementtien saumoihin. Menetelmä on erityisen kilpailukykyinen ulokkeissa, reunapalkeissa ja erillisissä pilareissa tai anturoissa sekä kun valetaan kylmiä pintoja vasten, kuten maata, kalliota tai aikaisemmin valettua betonipintaa vasten ja elementtisauvoissa. Lankamenetelmä sopii myös täydentämään muita menetelmiä kriittisissä kohdissa, kuten reunoissa ja rajapinnoissa.

Lankalämmitystä ei suositella rakenteisiin, joissa vaaditaan hyvää vedenpitävyyttä eikä ohuisiin rakenteisiin. Näissä lankalämmityksen käyttö edellyttää erityistä asiantuntemusta ja huolellisuutta. Myöskään eristämättömiin teräsmuotteihin ei lankalämmitys ole suositeltava kun  $t \leq 0$  °C.



Kuva 1. Laskennallinen lämpötilajakautuma pilarin poikkileikkauksessa, kun lämmityslangat ovat nurkissa [1].



Kuva 2. Laskennallinen lämpötilajakautuma laattassa ja peruslämpötilan mittauspaikka. Langat ovat laatan alapinnassa [6].

## MÄÄRITELMIÄ

Lankalämmitysmenetelmään liittyviä lähinnä sähköalan termejä ovat mm:

**Suojajännite** on tasa- tai vaihtovirta, jonka jännite on 42 V tai alempi. Sitä käytetään lankalämmityksessä työturvallisuuden vuoksi.

**Vaihejohto** on johdin, joka on kytketty vaiheeseen eli siinä on on jännite. Sitä käytetään toisen vaihejohdon tai 0-johdon kanssa muodostamaan virtapiiri, joka lämmittää vastuslankaa. vaihejohtoja on kolme ja niitä toisistaan erottamassa käytetään kirjaintunnuksia R, S ja T.

**0-johto** on johdin, joka on kytketty nollaan, maahan. Sitä käytetään vaihejohdon kanssa muodostamaan virtapiiri, joka lämmittää vastuslankaa.

**Tähtikytkennässä** on lämmityslanka on kytketty vaiheen ja nollan välille. Maksimijännite 24 V. Y-asento(kuva 3).

**Yhdistetty kytkentä** on kytkentä, jossa osa lämmityslangoista on kytketty kahden vaiheen ja osa vaiheen ja nollan välille (kuva 4). Tämä kytkentä sopii esim. kun muuntajaan on samaaikaaisesti kytketty kaksi eri rakennetta.

**Kolmiokytkennässä** lämmityslanka on kytketty kahden vaiheen välille. Maksimijännite 42 V. D-asento (kuva 5). Yhden vaiheen virta on  $\sqrt{3}$  x vaiheiden välinen virta.

**Lämmitysilmukka** on lämmityslangasta tehty määrätynpituinen pätkä, jonka päät on kytketty vaihe- ja 0-johtoihin. Silmukka sijoitetaan betonin sisään ja se lämmitetään, kytkennästä ja säätöasennosta riippuen, yleensä alle 100 °C:een, lämmitää betonin.

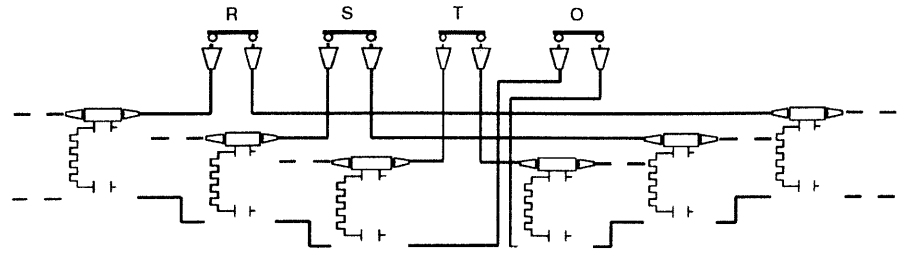
**Lämmitysteho** on tiettyyn rakenteeseen laskennallisesti määriteltä sähköteho, kWh/bet-m<sup>3</sup>.

**Lankateho** on se sähkötehon määrä, joka langan pituusyksikköä lämmittää. Normaalilla sähkölämmityslangalla käytetään maksimilämmitysteheho 100 W/m.

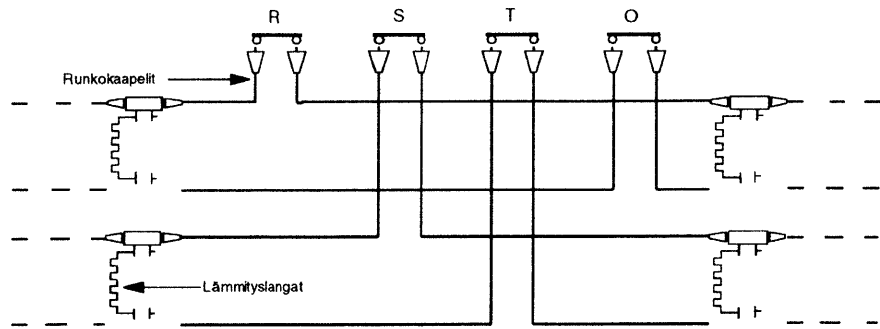
**Lankamäärä** on tiettyyn rakenteeseen tai betonikuutiota kohti laskennallisesti määrätty kokonaislankamäärä eli lankasilmukoiden yhteispituus.

**Lankaväli** on kahden vierekkäisen lämmityslangan väli rakenteessa.

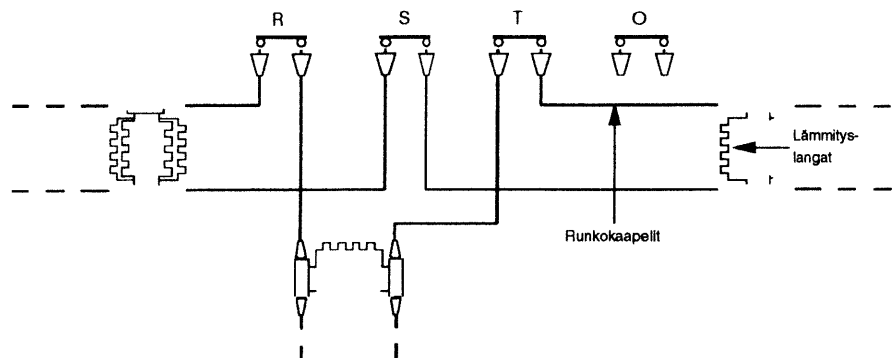
**Peruslämpötila** on kahden vierekkäisen lämmityslangan keskivälillä, vähintään 50 mm:n syvyydestä rakenteen sisästä mitattu lämpötila. Rakenteen paksuuden ollessa 100 mm peruslämpötila mitataan rakenteen keskeltä.



Kuva 3. Lämmityslankalenkit nollan ja vaiheen välisessä kytkennässä.



Kuva 4. Lämmityslankalenkit kahden vaiheen sekä nollan ja vaiheen välisessä kytkennässä.



Kuva 5. Lämmityslankalenkit kahden vaiheen välisessä kytkennässä.

## LAITTEET JA TARVIKKEET

Lankalämmityksessä käytettävät laitteet ja tarvikkeet on esitetty kuvassa 6.

**Muuntaja** alentaa alentaa 380 V:n kolmivaihevirran enintään 42 V:n suojajännitteeksi. Muuntajan tulee olla erityisesti tätä tehtävää varten suunniteltu. Eri mallien tehoalueet ovat 25/40/55 kVA ja vastaavasti kuormitettavuudet 3 x 350 A, 3 x 550 A, 3 x 750 A. Muuntajissa on 4 ... 12 ulosottoa (R,S, T,O), tähti-kolmio-kytkin ja 5-asentoinen tehonsäätökytkin.

**Runkokaapelit** siirtävät sähkötehon muuntajalta, joka voi olla kymmenien metrien päässä lämmitettävästä kohteesta, rakenteen välittömään läheisyyteen kytkentäjohtoihin. Runkokaapelit on kytketty muuntajan ulosottoihin DIX-liittimien avulla. Ne ovat kumipäällysteisiä taipuisia johtoja ja niiden pituudet ovat yleensä 5, 10 ja 20 m. Kaapelin (50 mm<sup>2</sup> Cu) sallittu maksimivirta on 225 A ja vastaavasti kaapelin (70 mm<sup>2</sup> Cu) 295 A.

**KytKentäjohto** on lämmityslankasilmukan ja runkokaapelin toisiinsa kytkävä muovipäällysteinen johdin. Toisesta päästä se kytketään runkokaapelissa olevaan haaroitusliittimeen ruuviliitoksella ja toisesta päästä esim. huppuliitimellä, lämmityssilmukkaan. Samaan haaroitusliittimeen voi kytkä useita kytkentäjohtoja. Lämmityslangan ja kytkentäjohtojen liitoskohdan tulee olla betonin sisässä lämmityslangan poikkialamisen estämiseksi. Yksittäisen kytkentälangan sallittu kuormitettavuus on 50 A (4 mm<sup>2</sup> Cu). Johdolla ei ole määrättyä väriä, mutta sekoittumisen välttämiseksi kannattaa käyttää vaihe- ja 0-kytkentäjohtoissa eri väriä.

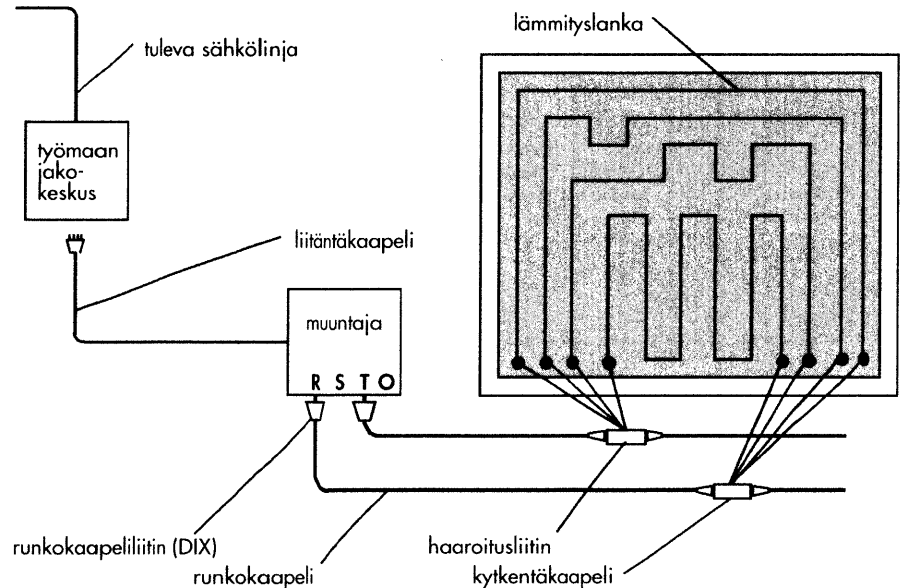
**Lämmityslanka** on lämmitystarkoitukseen tehty, oranssinvärinen, muovipäällysteinen Ø 2 mm:n teräslanka. Sen ohjeellinen vastusarvo +15 °C:n lämpötilassa on 0,0465 Ω/m. Se jää pysyvästi rakenteeseen.

**Pihtiamppeerimittarin** avulla voidaan tarkastaa järjestelmän toimivuus ja virran jakaantumisen epätasapaino, »vinokorma», eri johtimien välillä. Se voidaan tehdä lämmityksen ollessa päällä johtimien pinnalta.

## LANKALÄMMITYKSEN SUUNNITTELU

Lämmityksen suunnittelu ja laskelmat perustuvat ajatukseen että tarvittava lämmitysvirta on se virran määrä, mikä tarvitaan sitoutumislämmön lisäksi korvaamaan pintojen kautta tapahtuvat lämpöhäviöt ja tarvittaessa massan lämpötilan nostamiseen. Laskelmissa tulee olla lisäksi riittävä varmuuskerroin olosuhteiden muutoksille ja työmenetelmän epätarkkuudelle. Niitä varmistetaan mm

- lankamäärän mitoituksessa: ulkoilman lämpötilaksi valitaan talvella työmaan pakkasraja eli se lämpötila, jota kylmemmässä ei ulkoilmaa enää tehdä ja syksyllä ja keväällä 10 °C ajankohdan normaalilämpötilaa alempi lämpötila



Kuva 6. Lankalämmitysjärjestelmän laitteet.

- lankamäärän mitoituksessa: valitaan betonimassan lämpötilaksi 5 °C alempi kuin tilatun betonin lämpötila
- lämpötilajakautuman tasaamiseksi vierekkäisten lankojen enimmäisetäisyys 2 x rakenteen paksuus, yleensä 200...300 mm
- jos laskennallisesti rakenteeseen tarvitaan vain yksi silmukka asennetaan siihen toinen varasilmukaksi
- samassa rakenteessa tai valuerässä on vain yhtä silmukkapituutta
- betonimassan lämpötilan nostonopeus enintään 5 °C tunnissa [2]
- lankateho lämmityslangassa enintään 100 W/m [2]

Jos lämmityksessä ei pyritä lämpökäsittelyyn on lisäksi huomioitava [4], että

- betonimassan lämpötila betonoitaessa ei ole yli +40 °C
- betonimassan lämpötilaa ei nosteta yli +25 °C alkuperäisestä
- kovettumisvaiheen aikana ei betonin lämpötila ylitä +50 °C.

Betonin lämpökäsittelyssä tapahtuva lujuskato on otettava erikseen huomioon.

## Lähtötiedot

Lämmityksen rakennekohtaiseen suunnitteluun vaikuttaa useita tekijöitä, jotka tulee selvittää:

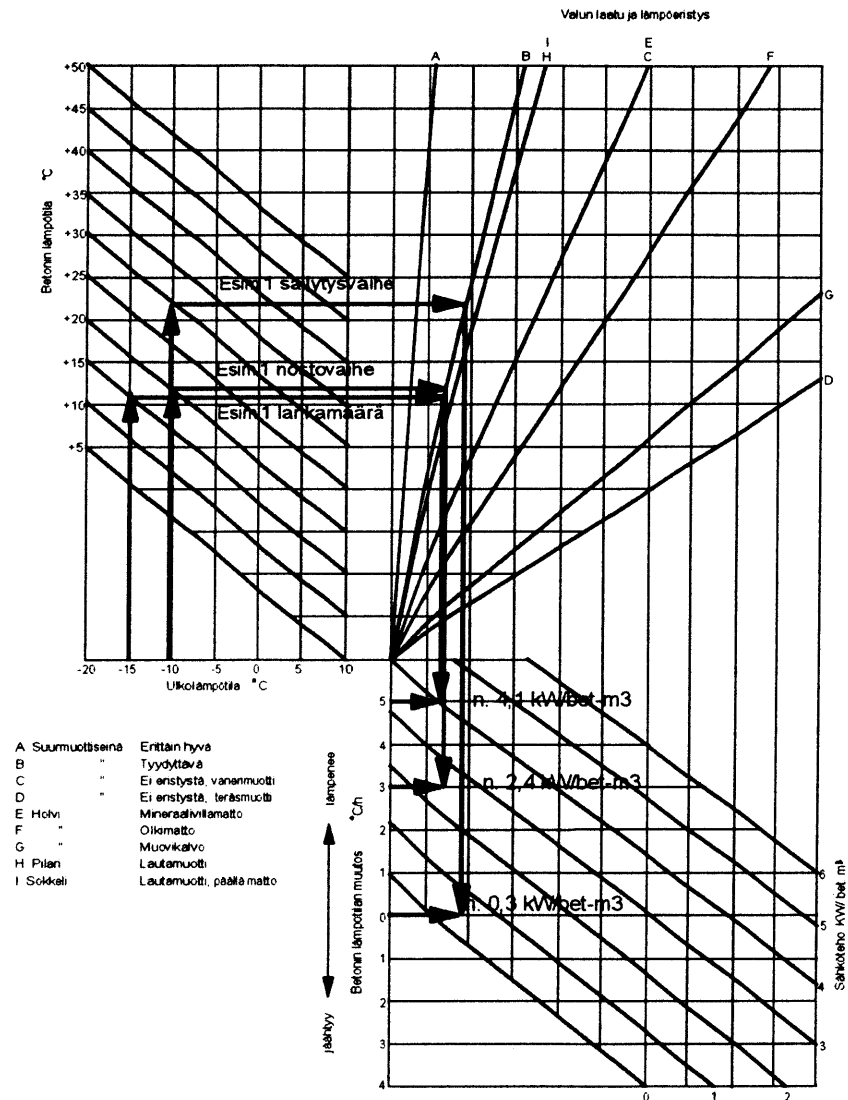
- betonoinnin ajankohdan perusteella tehty arvio ulkolämpötilasta
- lämmityksen tavoite: varattu kovettumisaika sekä haluttu lujuus; jäätymis-/purkulujuus
- käytettävän betonimassan maksimilämpötilat valettaessa ja kovettumisessa
- muottien tyyppi, lämmöneristyskyky sekä muu suojaus
- rakenteiden jakaantuminen valueriin
- lujuudenkehityksen valvonta
- muu tekijät kuten esim. kalustorajoitukset yms.

## Suunnittelun vaiheet

Betonin lämmöntarpeen määrittelyyn on kehitetty samoista lähtökohdista useita eri tarkkuustason mitoitusmenettelyjä. Menetelmät perustuvat nomogrammeihin, jotka otavat riippuen suunnittelun tarkkuustasosta huomioon erilaiset määrät vaikuttavia tekijöitä. Tähän ohjeeseen on valittu yksinkertainen ja helpokäyttöinen menetelmä [5].

Suunnittelun vaiheet ovat

- tarvittavan lämmitystehon määrittely
- kokonaislankamäärän laskeminen
- silmukan pituuden ja niiden määrän laskeminen
- elementtisaumojen lämmityksen mitoitus
- lankatehon säätäminen kovettumisen aikana.



Kuva 7. Lankalämmityksen mitoitusnomogrammi.

Tarvittavan lämmitystehon määrittely

Valittujen lähtötietojen avulla määritellään nomogrammin avulla tarvittava lämmitysteho (kuva 7).

Aloitetaan ulkolämpötilasta, joka yhdistetään pystyviivalla haluttuun betonin lämpötilaan, siitä edelleen vaakasuorassa valittuun muottityyppiin, siitä alas pystysuoraan haluttuun betonin lämpötilan muutokseen asti. Vinolta asteikolta voidaan lukea sitten tarvittava lämmitysteho betonikuutiota kohti.

#### Esimerkki 1:

Seinävalu 160 mm, pituus 12 m, korkeus 2,8 m, talviaika, pakkasraja on  $-15^{\circ}\text{C}$ , pyritään nopeaan muottikiertoon, ei lämpökäsittelyä, tilataan  $+20^{\circ}\text{C}$ :n massa, joka lämmitetään nopeudella  $5^{\circ}\text{C}/\text{h}$   $+30^{\circ}\text{C}$ :een, tyydyttäväkuntoiset suurmuotit, lämpötilan mittaus yhdestä kohdasta 3 kertaa/vrk.

Esimerkissä on ensin lämpötilan kohotusvaihe: lähtökohta  $-15^{\circ}\text{C}$ , josta ylös betonin lämpötilaan  $(+20 - 5)^{\circ}\text{C} = 15^{\circ}\text{C}$  edelleen vaakasuoraan tyydyttävän suurmuotitiseinä viivaan, siitä alas lämpötilan nostonopeuteen  $5^{\circ}\text{C}$  (maksiminostonopeus). Vinolta asteikolta on luettavissa lämmitystehon arvo n.  $4,1 \text{ kWh}/\text{bet. m}^3$ .

Kokonaislankamäärän laskeminen

Suunnittelun valuerän tiedoilla lasketaan rakenteen betonimäärä. Betonimäärän ja sähkötehon avulla lasketaan kokonaislankateho. Sen ja maksimilankatehon avulla saadaan sitten kokonaislankamäärä.

Esimerkissä

betonimäärä on  $0,16 \times 12 \times 2,8 \text{ m}^3 = 5,4 \text{ m}^3$   
kokonaislankateho  $4,1 \text{ kWh}/\text{bet. m}^3 \times 5,4 \text{ bet. m}^3 = 22,1 \text{ kWh}$   
kokonaislankamäärä  $22,1 \times 1000 \text{ Wh}/100 \text{ W/m} = 221 \text{ m}$   
lankamäärä betonikuutiota kohti  $4,1 \text{ kWh}/\text{bet. m}^3/100 \text{ W/m} = 41 \text{ m}/\text{bet. m}^3$   
lankamäärä pinta-alaysikköä kohti  $221 \text{ m}/12 \times 2,8 \text{ m}^2 = 6,6 \text{ m}/\text{m}^2$

Silmukan pituuden ja niiden määrän laskeminen

Rakenteen kokonaislankamäärä sijoitetaan rakenteeseen tasaisesti käyttäen samanpituaisia silmukoita. Rakenteen mittojen perusteella suunnitellaan silmukoiden sijoitusta. Pituuteen vaikuttaa rakenteen mitat, kytkentätapa sekä säätövaran saaminen lämpötilan mahdollisesti muuttuessa. Jos silmukan pituus rakenteessa tulee lyhyemmäksi kuin taulukon vaihtoehdot, voi tarvittavan lisäpituuden korvata esim. pidentämällä kytkentälankaa. Taulukossa 1 on esitetty kytkentätavan, säätöasennon, lämmitystavan ja silmukan pituuden keskinäinen yhteys.

Elementtisaumojen lämmityksen mitoitus

Nomogrammia ei käytetä mitoitukseen, vaan keskimääräiseksi lämmitystekoksi otetaan T-saumassa 200 W/saumametri ja päittäissaumassa 100 W/saumametri. Lämmityslangan lankatehona käytetään 50 W/m.

Säätäminen tehontarpeen mukaan kovettumisen aikana

Todelliset lämpötilat betonoinnin ja kovettumisen aikana poikkeavat usein etukäteisoletuksista. Lisäksi lämmityslangan lämpeneminen pienentää sen vastusta eli synnyttää jonkin verran lisälämmitystarvetta eli n. yhden pykälän verran muuntajan tehonsäätöasteikolla. Muutos otetaan huomioon säätämällä lankatehoa muuntajan, yleensä 5-vaiheisen, säätökytkimen sekä valitun silmukanpituuden avulla. Mikäli säätöalue ei riitä on mahdollista muuttaa vielä kytkentöjä nolla - vaihekytkennästä vaihe - vaihe kytkennäksi. Säätöasentojen tarkistukset tehdään tarvittaessa sekä lämpötilan nostovaiheessa että sen säilytysvaiheessa.

Esimerkissä seinän pituus on 12 m, korkeus 2,8 m ja kokonaislankamäärä 221 m. Taulukon 1 perusteella nähdään, että jos on tarve käyttää maksimilankatehoa on silmukan maksimipituus 16 m. Kytkentätöön kannalta on parempi että silmukoiden molemmat päät on samalla puolen rakennetta, siten 16 m:n silmukka voidaan toteuttaa siten, että "jakojännös" on sijoitettu langan vaakaosille. Silmukoiden kokonaismäärä on  $221 \text{ m} / 16 \text{ m} = 14$  kpl. Silmukoiden keskinäinen väli vaakasuunnassa on  $12 / (14 \times 4) = 214 \text{ mm}$ , mikä on  $< 2 \times 160 \text{ mm}$ . 16 m:n silmukkaa voidaan taulukon x mukaan säätää alueella 40–100 W/m (kolmiokytkennän asennot + tähtikytkennästä asento 5). Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös 12 m:n silmukkaa, jossa vaakaosuudet ovat lyhyitä. Silmukkamäärä on tällöin  $221 \text{ m} / 12 \text{ m} = 19$  kpl ja silmukkalankojen väli  $12 / 19 \times 4 = 158 \text{ mm}$ . Lyhyitä silmukoita käytettäessä on kytkentätöön kokonaismäärä suurempi.

Jos esimerkitilanteessa ulkolämpötila on valutilanteessa  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  ja lämpötilaa kohotetaan  $3 \text{ }^\circ\text{C}$  tunnissa muuttuu säätökytkimen asento olosuhteiden mukaiseksi:

Nomogrammista saadaan lämmitystekoksi lämpötilan nostovaiheessa  $2,4 \text{ kW/bet-m}^3$  ja säilytysvaiheessa  $0,3 \text{ kW/bet-m}^3$

Lämpötilan nostovaihe lankateho:  $2,4 \text{ kW/bet-m}^3 / 41 \text{ m/bet-m}^3 = 59 \text{ W/m}$

Käytettäessä 16 m:n silmukkaa riittää kolmio (vaihe-vaihe) kytkennällä muuntajan säätökytkimen asento 1

Lämpötilan säilytysvaihe lankateho  $0,3 \text{ kW/bet-m}^3 / 41 \text{ m/bet-m}^3 = 7 \text{ W/m}$

Käytettäessä 16 m:n silmukkaa voidaan arvioida taulukon 1 perusteella tähtikytkennän säätöasennon 2 olevan riittävä

Taulukko 1. Silmukanpituuden valinta lankatehon ja kytkentätavan avulla [1].

Jännitteen säätö		Jännite	Lankateho (W/m) (virran voimakkuus (A) )						
Muuntajan kytkentä	Tehon säätö- kytki- men asento	V	40 W/m (27 A)	50 W/m (30 A)	60 W/m (32 A)	70 W/m (34 A)	80 W/m (36 A)	90 W/m (37 A)	100 W/m (39 A)
Lankasilmukan pituus m									
Tähtikytkentä:									
vaihe - nolla	1	16	11	10	9	8	7	6,5	6
vaihe - nolla	2	18	12	11	10	9	8	7	7
vaihe - nolla	3	20	14	12	11	10	9	8	8
vaihe - nolla	4	22	15	13	12	11	10	9	8,5
vaihe - nolla	5	24	16	14	13	12	11	10	9
Kolmiokytkentä:									
vaihe - vaihe	1	28	19	17	15	14	13	12	11
vaihe - vaihe	2	31	21	19	17	15	14	13	12
vaihe - vaihe	3	35	24	21	19	17	16	15	13,5
vaihe - vaihe	4	38	26	23	21	19	17	16	15
vaihe - vaihe	5	42	29	25	23	21	19	17	16

**Langoitussuunnitelma** (täytetty esimerkki 1:n tiedoin)

Työmaa

Rakenne	Rakenteessa betonia m <sup>3</sup>	Lämmitys teho kW/m <sup>3</sup>	Langan pituus		Lanka teho W/m	Silmukat		Lanka väli mm	Kyt-kentä	Tehon säätö kytkimen asento	Asennus-kaavio
			m/bet-m <sup>3</sup>	m/rakenne		kpl	Pituus m				
seinä	5,4	4,1	41	221	100	14	16	214	kolmio	5	kuva 10 a

**Suunnitelmien tulosteet**

Suunnittelutyön tulos, langoitussuunnitelma, esitetään taulukkona, joka sisältää sarakkeet:

- suunniteltu rakenne
- rakenteen betonimäärä, m<sup>3</sup>
- lämmitysteho, kW/bet-m<sup>3</sup>
- lankamäärä m/bet-m<sup>3</sup> ja m/rakenne

- lankateho W/m
- silmukat, kpl ja pituus
- lankaväli mm
- silmukoiden kytkentä muuntaajaan
- tehonsäätökytkimen (perus)asento
- kaavio asennustavasta, missä viitataan lankojen sijoittamisen periaatteelliseen ratkaisuun, esim. kuvat 10 ja 11

Lisäksi suunnitelmassa voi olla lisäohjeita varalangoituksesta sekä kylmiin pintoihin rajoittuvien rakenteen osien lisälangoituksesta.

**Esimerkkejä**

Eri rakenteiden suunnitelmat ovat periaatteeltaan hyvin samanlaiset - eroja syntyy enemmänkin toteutuksen yksityiskohdissa.

**Esimerkki 2: Pilari**

Suunnittele pilarin 3200 x 400 x 400 langoitus, kun betonimassan lämpötila on +15 °C ja lämpötilaa nostetaan 2 °C/h +25 °C asti, lautamuotti ja ulkolämpötila kovettumisaikana -10 °C.

**Kokonaislankamäärä**

nomogrammista saadaan lämmitystekoksi 1,7 kW/bet-m<sup>3</sup>  
lankatarve pilarissa 3,2 x 0,4 x 0,4 bet-m<sup>3</sup> x 1,7 kW/bet-m<sup>3</sup>/100 W/m = 8,7 m

**Silmukan pituus**

valitaan rakenteen mittojen ja taulukon 1 perusteella minimipituutta pitempi: kaksi 7 m:n silmukkaa, joka voidaan asentaa kiertämään nurkat, toinen vaihtoehto on 14 m:n silmukka.

**Tehonsäätö lämpötilan nostovaiheessa ja kovettumisaikana**

tähtikytkennällä saadaan silmukkaan säätövaraa: maksimilämmitysteho 0,87 kW/pilari saadaan asennolla 5 (arvo on tarkasti ottaen tähtikytkennän asennon 5 ja kolmiokytkennän asennon 1 välissä).

kovettumisaikana 0,5 kW/bet-m<sup>3</sup> joka on lankatehona 36 W/m eli tähtikytkennän asento 3 riittää taulukon 1 perusteella

**Esimerkki 3: Antura**

Laske 1200 x 1200 x 500 siivumuottianturan lankalämmitys, kun perusmaa on kylmä, betonimassan lämpötila +30 °C, lämpötila nostetaan 4 °C/h +50 °C asti, ulkolämpötila kovettumisaikana -20 °C

**Kokonaislankamäärä**

nomogrammista saadaan lämmitystekoksi 3,8 kW/bet-m<sup>3</sup> (käytetään ulkolämpötilana -20 °C)  
lankatarve perustuksissa 1,2 x 1,2 x 0,5 bet-m<sup>3</sup> x 3,8 kW/bet-m<sup>3</sup>/100 W/m = 27 m/antura

**Silmukan pituus**

valitaan rakenteen mittojen ja taulukon 1 perusteella kaksi 13,5 m:n silmukkaa jotka voidaan asentaa pohjaan esim 150 mm:n jaolle (12 m), sivuille 250 mm:n jaolla (9 m) ja yläpintaan 300 mm:n jaolla (6 m)

**Tehonsäätö lämpötilan nostovaiheessa ja kovettumisvaiheessa**

kolmiokytkennällä saadaan silmukkaan säätövaraa: maksimilämmitysteho 2,9 kW/antura saadaan kolmiokytkennän asennolla 3

kovettumisaikana 1,6 kW/bet-m<sup>3</sup> joka on lankatehona 44 W/m eli tähtikytkennän asento 3 riittää taulukon 1 perusteella

*Huom! Lämpötilan nosto aiheuttaa lujuuskatoa ja lujuusluokan nosto yhdellä tulee harkittavaksi.*

### Muuntajan suorituskyky

Muuntajan suorituskyky voi tulla rajoittavaksi tekijäksi, kun kokonaislankapituus on suuri ja käytetään maksimilankatehoa. Ongelma ratkaistaan lisäämällä muuntajien määrää. Lisämuuntajien tarve on lasketta-  
vissa selvittämällä käytetyn muuntajan suorituskyky.

Muuntajan nimellisteho riippuu pääsulakkeen koosta. Käytetyimpiä jakokeskuksen pääsulakkeita ovat 80 A ja 63 A. Muuntajat on suunniteltu tietyn verkkosulakkeen mukaan.

Taulukosta 2. nähdään että jos 55 kVA:n muuntaja kytketään vain 63 A:n sulakkeen kautta, laskee sen suorituskyky lähes pienemmän teholuokan tasolle. Suunnittelulanteissa ne on myös kohdekohtaisesti laskettavissa, ja silloin voidaan ottaa huomioon käytettävien kaapelien ominaisuudet.

Runkokaapelin maksimikuormitusvirta on 295 A/kpl (70 mm<sup>2</sup> Cu) ja kytkentäjohtojen 50 A (4 mm<sup>2</sup> Cu).

Taulukko 2. Lankalämmitysmuuntajien ominaisuudet.

Nimellisteho kVA	Verkkosulake A	Nimellisvirta A	max lankamäärä m	max betonimäärä m <sup>3</sup>
55	80	3 x 750	550	18...28
55	63	3 x 590	440	12...20
40	63	3 x 550	320	12...20
25	35	3 x 350	250	8...12

Esimerkissä 1 lankamäärä oli 6,6 m/m<sup>2</sup>, silmukan pituus 16 m, kytkentätapa vaihe-vaihe ja lankatehon maksimiarvo 100 w/m. Laske seinien, silmukoiden ja runkokaapelien maksimimäärät muuntajaa kohti.

Taulukon 1 mukaan kuluttaa yksi silmukka em. oletuksilla 39 A. Virta pinta-alayksikköä kohti: 6,6 m/m<sup>2</sup>: 16 m x 39 A = 16,09 A/m<sup>2</sup>.

Muuntajaan voidaan kytkeä 39 A:n silmukoita:  $3 \times 750 \text{ A} / (39 \text{ A/kpl} \times \sqrt{3}) = 33,3 \text{ kpl} \approx 33 \text{ kpl}$ .

Yhteensä 295 A:n runkokaapeliin 39 A:n silmukoita voidaan kytkeä, 50A:n kytkentäjohtojen avulla,  $295 \text{ A} / 39 \text{ A/kpl} = 7,6 \text{ kpl} \approx 7 \text{ kpl}$ .

Muuntajan kerrallaan lämmittämää seinäpinta-alaa rajoittaa ennen muuntajan kapasiteetin loppumista runkojohtojen määrä. Jos muuntajaan voi vaiheiden väliin kytkeä 3 paria runkojohtoja, esim. silloin kun muuntajassa on vähintään 8 toisiulosottoa, on enimmäispinta-ala  $3 \times 7 \times 39 \text{ A} / 16,09 \text{ A/m}^2 = 50,9 \text{ m}^2$ .

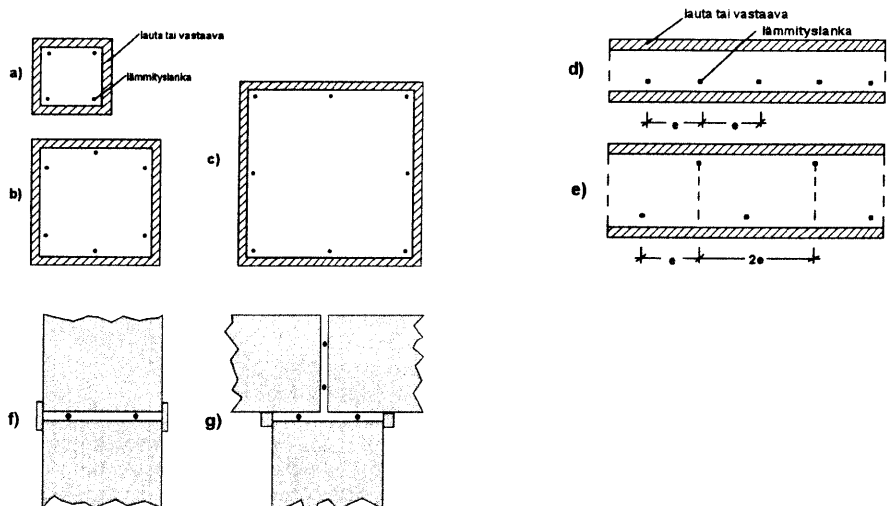
Runkokaapelien tarvittava minimimäärä on  $3 \times 750 \text{ A} / 295 \text{ A/kpl} = 7,6 \text{ kpl} \approx 8 \text{ kpl}$ . Runkokaapelien määrää saattaa rajoittaa käytetyn muuntajan toisioliittimien määrä, mikä vaihtelee muuntajan koosta riippuen neljästä kahteentoista.

Silmukat tulee kytkeä tasaisesti eri vaiheiden välille 57 kpl/8 runkojohtoa = 7, 1 kpl/runkojohto ≈ 7 kpl eli yksi silmukka jää käyttämättä tai jos käytetään 9:ää runkojohtoa 57 kpl/9 runkojohtoa = 6,3 kpl ≈ 6 kpl nyt jää tasakuormitustapauksessa 3 silmukkaa käyttämättä.

Jos kytkentätapa muutetaan noljan ja vaiheen väliseksi, putoaa silmukan virrankulutus taulukon 1 mukaan 27 A:iin, tällöin silmukkamäärä kasvaa:  $3 \times 750 \text{ A} / 27 \text{ A/kpl} = 83,3 \text{ kpl} \approx 83 \text{ kpl}$  ja silmukoiden määrä runkokaapelia kohti:  $295 \text{ A} / 27 \text{ A/kpl} = 10,9 \text{ A/kpl} \approx 11 \text{ kpl}$

### ASENNUSTYÖ

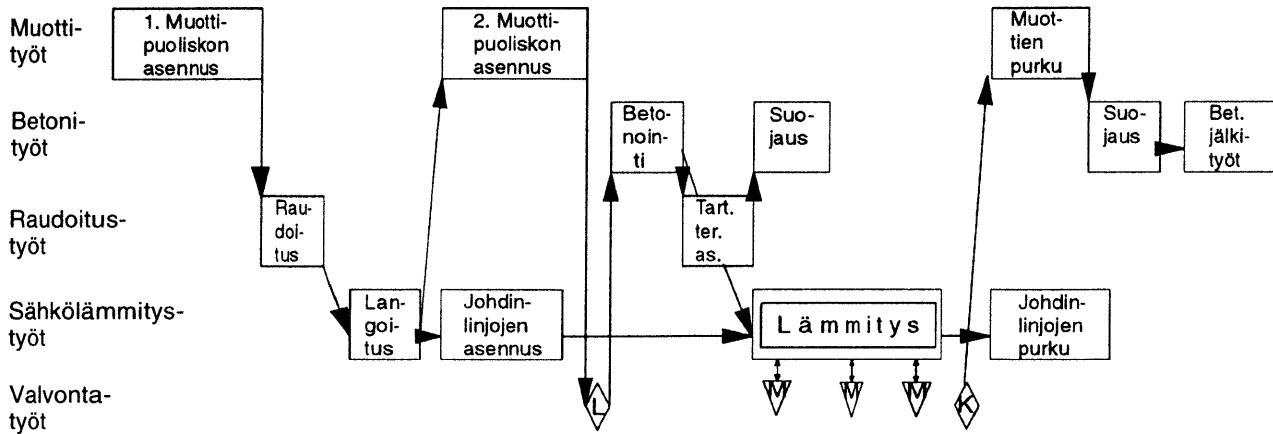
Langoitus tulee tehdä erittäin huolellisesti, koska langoituksen toimivuus voidaan tarkistaa lopullisesti vasta valun jälkeen, jolloin virheiden korjaaminen on mahdotonta. Langat sijoitetaan rakenteeseen yleensä tasavälein valitun asennuskaavion mukaan. Yleisiä lankojen sijoitusohjeita on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Lämmityslankojen sijoituskaavioita eri rakenteisiin: a-c pilarit, d-e ohuet ja paksut seinät ja f-g elementtiliitokset.



## Työnvaihekaavio



Kuva 9. Lankalämmitystyön sijoittuminen suurmuottiseinän teossa. L = langoituksen ja lämpömittareiden tarkistus, M = virtojen ja lämpötilojen mittaaminen ja kirjaaminen, K = muottien purkamislujuus on saavutettu.

Erityisesti tulee lankojen sijoittamisessa ottaa huomioon rakenteen kylmimmät kohdat kuten ulkukulmat, heikommien eristetyt pinnat ja liittymät kylmiin pintoihin. Tarkemman sijoittelun määrittelee asentaja kokemuksensa ja tilanteen mukaan. Yleisiä asennusohjeita:

- lankojen maksimietäisyys toisistaan 2 x rakenteen paksuus, yleensä 200...300 mm – sitä pienempi mitä suurempi ero ulkolämpötilaan
- langan minimietäisyys muotin tai varauksen pinnasta väh. 20 mm, langat eivät saa koskettaa muotin pintaa ja erityisesti solumuovista varasta, jonka yhteydessä lanka palaa helposti poikki, maksimietäisyys n. 200 mm pinnasta
- vierekkäiset langat eri silmukoista – varmistus
- langan oltava eristeen peittävä – myös liittoksissa
- pystylangat parempia – kestävät paremmin betonointia

- lämmityslangan sijoituksessa otetaan huomioon betonin valutyö ja tiivistys – lankojen siirtyminen ja katkeaminen
- samassa rakenteessa vain yhtä kytkentätapaa ja yhtä silmukkapituutta, yrityskohtaisesti on järkevää standardoida silmukkapituuksia esim. kahteen tyyppiin 16...18 m:n perussilmukkaan ja erikoistapauksia varten olevaan lyhyeen 10...12 m:n silmukkaan
- silmukkapituuden ollessa vakio vasta asennustyössä tarkentuu lopullinen sijoituskaavio, ks. esim. kuva 8
- silmukoiden päät riittävästi erillään, jotta niiden kytkennät vaiheisiin virheettömästi, tarvittaessa käytetään merkitsemistä esim. värillistä teippiä
- eri vaiheisiin liitettävät kytkentälangat erivärisiä, ainakin nolajohto ja vaihejohdot kannattaa tehdä erivärisillä johdoilla
- silmukoiden ulostulo rakenteesta siten, että kytkentäjohdot kestävät valunaikaiset rasitukset, yleensä kannattaa johdot

- ottaa ulos muotin alareunasta saumakohtasta
- jos rakenteessa mitoituksen perusteella tarvitaan vain yksi silmukka asennetaan toinen silmukka varasilmukaksi
- langat siten etteivät saa suoraa kosketusta toisiinsa tai toisiin silmukoihin
- lämmityslangan liitos kytkentälankaan huppuliitoksella
- langat kiinnitetään raudoitukseen raudoituksen sidelangalla tai lämmityslangan pätkillä riittävän tiheästi, jotta suojaetäisyydet säilyvät
- kylmiin reunoihin ylimääräisiä silmukoita tarvittaessa
- lämmityslangan ja kytkentälangan liitos väh. 200 mm betonin sisässä
- lämmityslanka ei saa pistää ulos valusta tai olla ilman kanssa tekemisissä, koska vaara palaa poikki
- työvaiheiden järjestys: lämmityslankojen asennus ⇒ kytkentälankojen liittäminen lämmityslankoihin ⇒ kytkentälankojen liittäminen runkokaapeleihin (kuva 9)

## Seinät

Alle 200 mm:n seinissä langoitus sijoitetaan rakenteen toiseen pintaan, yli 200 mm:n seinissä sijoitetaan langoitus tasaisesti molempiin pintoihin.

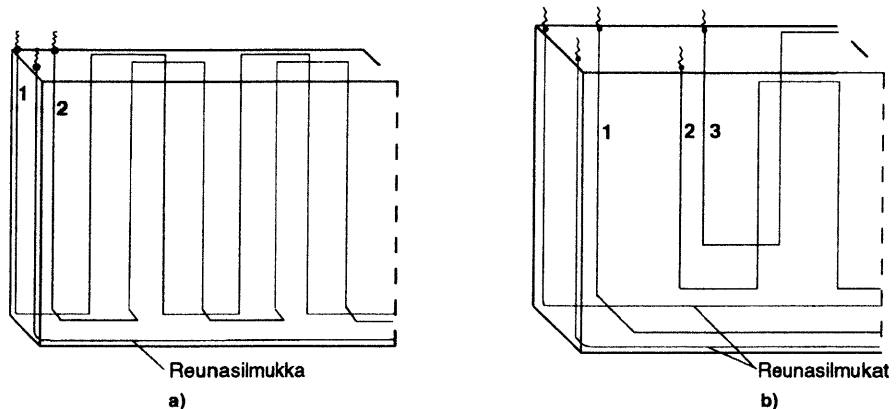
Langat kiinnitetään sisäpinnan raudoitukseen ennen ulkopinnan raudoitusta tai jos ei ehditä ennen raudoitustyön päättymistä niin ulkopinnan raudoitukseen.

Varausten alapuolinen langoitus vähintään 100 mm etäisyydelle mahdollisten valuvirheiden takia.

Seinän liittyessä kylmiin pintoihin tihennetään lankaväli 50...150 mm:iin, ja jos tiheämpi lankaväli ei muuten ole mahdollinen käytetään reunasilmuksia lisälangoituksena, kuva 10.

Etäisyys muotin pinnasta väh. 20 mm ja alapuolisesta kovettuneesta betonista vähintään 50 mm.

Silmukoiden päät sijoitetaan ryhminä eri kohdissa rakennetta, jotteivät kytkettäessä sekoitu toisiinsa.



Kuva 10. Seinän langoitus reunasilmuksineen a)  $\leq 200$  mm:n seinässä ja b)  $>200$  mm:n seinässä.

## Pilarit

Pilareissa on kaksi vaihtoehtoista asennustapaa, kuva 11, suositeltavampi on tapa a, jossa langat kulkevat pitkin kylmiä nurkkia. Kierrelangoitusta käytetään, kun silmukkapituuden sijoittaminen suorana tuottaa vaikeuksia.

Silmukoita on vähintään kaksi.

Kylmässä perustassa langat laitetaan tiheämpään.

## Laatat

Silmukat on kiinnitettävä riittävän tiheään etteivät ne betonoinnin aikana painu kiinni laatan alapintaan.

Yli 200 mm:n laatoissa silmukat sijoitetaan kahteen kerrokseen.

## Palkit

Palkit langoitetaan suoraa langoitusta käyttäen kuten pilarit.

## Perustusanturat

Silmukat sijoitetaan rakenteen pohjalle ja ulkokulmiin sekä tarvittaessa sivuille ja yläpintaan.

Pohjan ollessa kylmä langoitus 100...200 mm:n lankavälillä.

## Elementtien saumat

Langat sijoitetaan juotoslaastiin n. 80...100 mm:n lankaväliä, kuva 9 ja sauma langoitetaan koko pituudeltaan.

Lankojen pysymiseen juotoslaastissa tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska niitä ei ole erikseen kiinnitetty.

## Kytkenät ja suojaus

Lämmityslangat yhdistetään kytkentälankoihin sopivalla liittostavalla, esim. huppuliitoksella.

Liitoskohdan tulee olla betonin sisässä vähintään 200 mm.

Kun lämmityslankojen päät on asennuksessa ryhmitelty kytkentätapojen mukaan, voidaan kytkentälangat yhdistää runkojohtoon samassa liittoksessa, kuva 6.

Kytkenälangat sijoitetaan tasaisesti eri vaiheiden välille, ettei synny epätasaisia kuormitusta ns. vinokuormaa yli 10 %:a, mikä voi aiheuttaa epätasaisen lämmityksen ja lisäksi aiheuttaa turhaa energiankulutusta.

Runkokaapelit kytketään suunnitelmien mukaan muuntajaan, kuvat 3...5.

Ylipitkiä runkokaapeleita ei saa kääriä rullalle kuumenemisvaaran vuoksi.

Muuntaja sijoitetaan tasaiselle ja kuivalle paikalle asennuskohteen läheisyyteen.

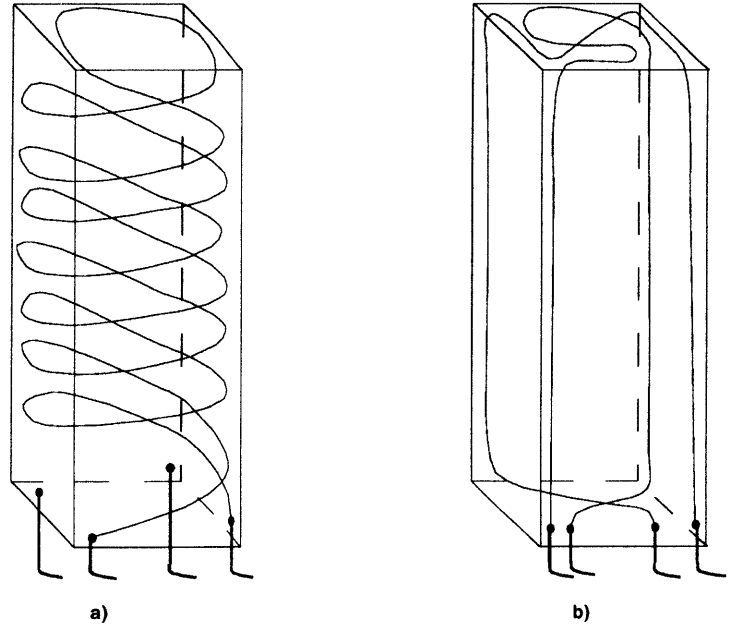
Lämpömittari sijoitetaan oikein, lankojen keskiväliin 50 mm:n syvyyteen, ja rakenteen lämpötilan seurannan kannalta oleelliseen kohtaan.

Kovettuva betoni suojataan vähintään lautumottia vastaavalla suojauksella, esim. peitteillä.

## Toimivuuden varmistus

Toimivuus varmistetaan ennen betonointia pienellä lankateholla, enintään 20 W/m, tai kun betoni on lankojen ympärillä.

Aloitetaan kytkemällä muuntaja 0-asentoon ja sen jälkeen liitetään muuntaja sähköverkkoon.



Kuva 11. Pilarin langoitusvaihtoehdot.

Muuntaja kytketään pienimpään asentoon tehonsäätökytkimellä, jolloin mahdollinen ylikuormitus ei polta lankoja poikki ja pihntiampeerimittarilla mitataan runkokaapelien ja kytkentäkaapelien sekä silmukoiden virrat. Virtojen poiketessa suunnitelluista muutetaan vaiheiden välisiä kytkentöjä tai kytketään varasilmuksia päälle

## LÄMMITYKSEN VALVONTA

Suunnitellun lämmityksen toimivuus on varmistettava kovettumisen aikana lämpötilamittausten ja virtatarkistusten avulla. Lämpötilamittaukset voidaan tehdä rakenteen kylmimpiin alueisiin ennakkoon asennetuista mittauspaikoista, esim. tulpattu sähköputki, johon lämpömittari mahtuu sisälle. Lämpötilamittauksia tulee tehdä 2...6 tunnin välein vähintään yhdestä rakenteen kohdasta. Lisäksi olosuhteet betonoinnin jälkeen saattavat muuttua, esim. lämpötilan tai tuulen suhteen. Tällöin muuntajan jännitettä tulee säätää muuttuneiden olosuhteiden mukaan. Yleensä ennen tehon säätöä tulee muuntajan virrankulku sulkea pääkytkimestä. Lankatehon arvoa voi korottaa tilapäisesti esim. lankakasilmukan katkaisemisen tai odotettua suuremman lämpötilan laskun vuoksi tasolle 130 W/m [2]. Virtamittaukset tehdään samoin aikavälein pihntimittareilla runkojohtoista, kytkentäjohtoista ja silmuksista. Lämmitysmittauksista tulee pitää pöytäkirjaa.

## TYÖTURVALLISUUS

Lankalämmitykseen liittyy sähköturvallisuus- ja paloturvallisuusriskejä. Sähköturvallisuudesta on erityisesti muistettava, että

- lämmityksen suunnittelijan on riittävästi perehdyttävä sähköasennuksiin ja pystyttävä arvioimaan kulloinenkin lämmöntarve
- vain suojajännitettä, max 42 V, saa käyttää

- lankojen ja johtojen on täytettävä niitä koskevat standardit ja niiden sallittuja kuormitusvirtoja ei saa ylittää
- muuntajan on täytettävä lämmitysmuuntajaa koskevat standardit
- muuntajan oltava riittävästi kosteudelta suojassa, ettei kosteus pääse muuntaja sisälle
- runko- ja kytkentäjohtoja eikä niiden liittoksia saa peittää lämmityksen aikana
- runko- ja kytkentäjohtimien liittoksissa käytettävä standardinmukaisia liittimiä.

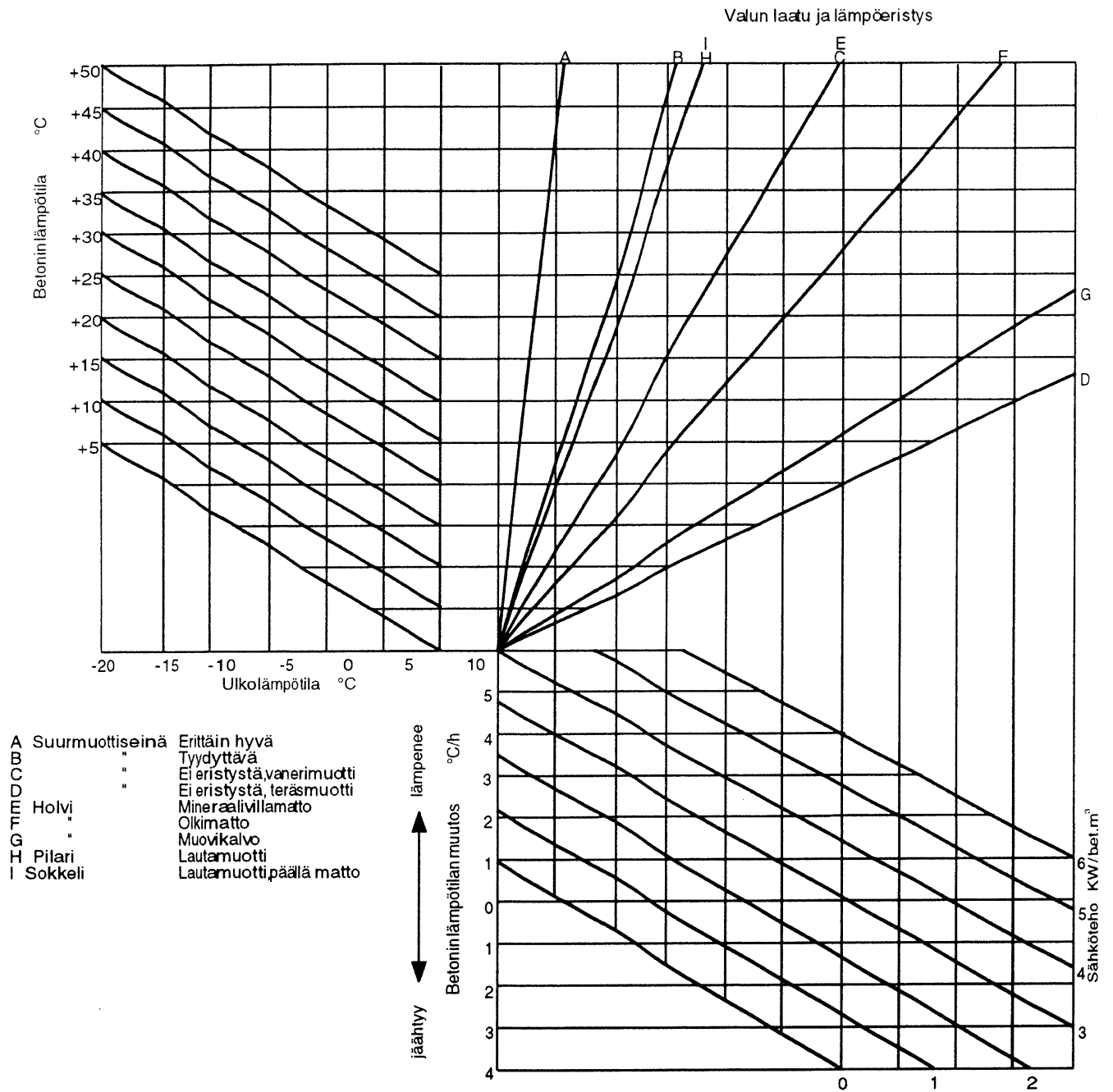
Paloturvallisuuden kannalta on muistettava, että

- lämmityslangan on kokonaisuudessaan oltava betonin sisässä
- lämmityslanka on kiinnitettävä siten, että se pysyy betonoinnissa paikallaan, koska se betonin pinnassa voi aiheuttaa muotin tai peitteen liiallista lämpenemistä tai syttymisen palamaan.

**Kirjallisuus**

1. Nikkanen, P., Betonin sähkölämmitys lankamenetelmällä, Helsinki 1970, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotus, sarja III - Rakennus 151, 62 s.
2. Rakennusmestarien Keskusliitto, Betonin sähkölämmitysohjeet, lankalämmitys, Helsinki 1969, Rakentajain Kustannus Oy, 19 s. + liitt.
3. SRTL ry, Talvirakentaminen, Helsinki 1990, Rakentajain Kustannus Oy ss. 41-47
4. Kemppi Oy, Bekomat betonin lämmitysjärjestelmä, mitoitus, asennus ja käyttöohjeet, Lahti 1970-88
5. Sähköturvallisuusmääräykset A1 93, Sähkötarkastuskeskus, 1993, 297s.
6. Hyvärinen, A., Betonin sähkölämmitys lankamenetelmällä, Rakentajain Kalendareri, Rakentajain Kustannus Oy vv. 1975, 1980 ja 1983
8. YIT-yhtymän Sähkölämmitysohjeet, lankalämmitys, Helsinki 1988, 34 s.
9. Vanhanen, M., O., Betonoinnissa käytettävä lankalämmitys ja sen kustannukset, Helsinki 1971, Rakennushallituksen julkaisu, 134 s.
10. Kokki, P., Mäkelä, H., Rakennustyöaikaisten lämmittimien valinta ja käyttö, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 136, Espoo 1982, 153 s. + liitt. 44s.

Liite Lankalämmityksen mitoitusnomogrammi



## SUOJAUSKALUSTO

### Sääsuojat Suojapeitteet Julkisivusuojat

#### SISÄLTÖ

Sääsuojaukseen, pölyn leviämisen ja esi-  
neiden putoamisen estämiseen sekä  
lämmöneristykseen käytettävän peiteka-  
luston rakenne ja käyttö.

#### KÄYTTÖTARKOITUS

Korttia käytetään tuotannosuunnittelus-  
sa suojauskaluston valintaan ja käytön  
suunnitteluun.

#### LAADINTAPERUSTEET

Kortin laadinta perustuu valmistajilta se-  
kä muilta asiantuntijoilta saatuun tie-  
toon, aikaisempiin tutkimuksiin, työmailla  
tehtyihin havaintoihin ja muuhun lähde-  
materiaaliin.

#### SUOJAUSKALUSTON RAKENNE

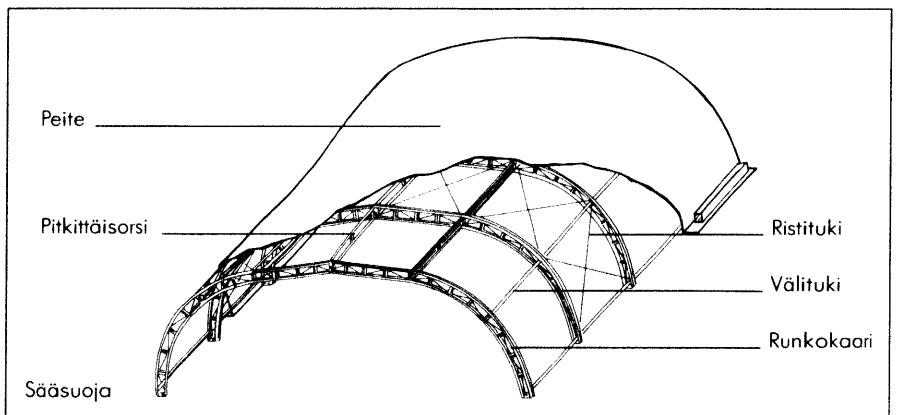
##### Sääsuoja

Sääsuoja on kantavan rungon, pitkittäis-  
orsien ja katemateriaalin muodostama  
suojatila, joka siirretään miesvoimin tai  
nostokalustolla.

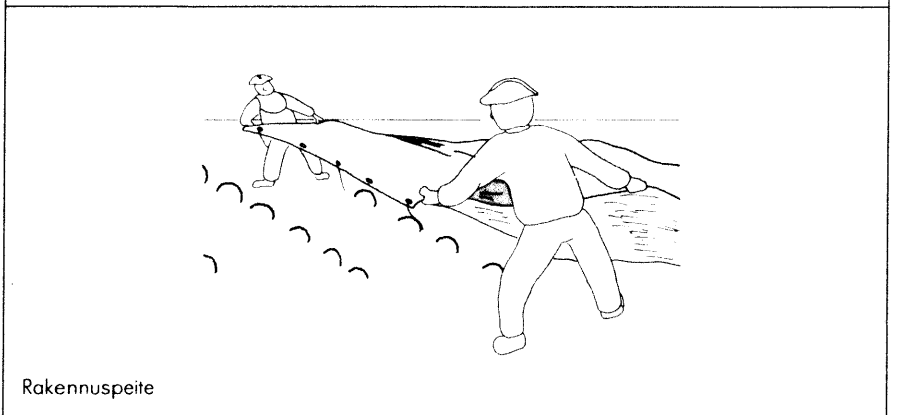
Runkorakenteen muodostavat teräksiset  
tai alumiiniset elementit, jotka liitetään  
toisiinsa sarana- tai pulttikiinnityksellä.  
Runkorakenteen jakoväli on 2...4 m ja  
sen yläpäässä on yleensä nostolenkit.  
Alapään anturan reistä runkorakenne  
voidaan kiinnittää kiila-ankkureilla maa-  
han tai terästappikiinnityksenä perustuk-  
siin. Lisäksi reikiin voidaan asentaa pyö-  
rät.

Pitkittäisorret ja tukitangot ovat teräs-  
tai alumiiniprofiilia ja ne kiinnitetään pultti-  
tai pikakiinnityksellä jäykistämään raken-  
netta. Katemateriaalina käytetään poly-  
esterikangasta, PVC-päällysteistä itse-  
sammuvaa tekokuitukangasta tai kevyt-  
muovia. Katteen reunoissa on kiinnitys-  
köydet ja vahvistetut kiristysliepeet, joista  
katteen voi ankkuroida esim. asentamal-  
la painot liepeiden päälle.

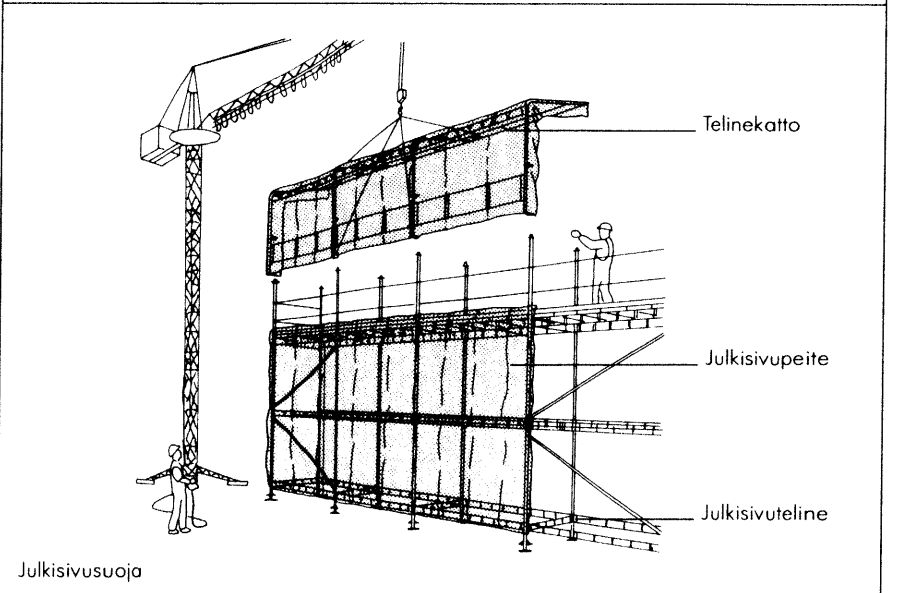
Käsin liikuteltavat sääsuojat kootaan ke-  
vytrakenteisista kaarielementeistä ja tuki-  
tangoista ja niiden paino on alle 300 kg.  
Niihin liitetään usein pyörästöt siirtämi-  
sen helpottamiseksi.



Sääsuoja



Rakennuspeite



Julkisivusuoja

Koneellisesti siirreltävien sääsuojien ristikkorakenteinen tai teräsprofiilinen runko on mitoitettu lumi- ja tuulikuormille. Sääsuojat kootaan ja siirretään moduuleittain, joita voidaan myös liittää yhteen suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Sääsuojan päädyt voidaan sulkea erillisellä ovellisella päätykappaleella.

Sääsuojista, yleensä ristikkorakenteisista, kootaan halleja esim. pitempiäikäiseen varastokäyttöön. Siirrettäessä hallit joudutaan purkamaan.

#### Suojapeitteet

Suojapeitteitä ovat rakennus-, julkisivu- ja erikoispeitteet. Peitteiden materiaalina käytetään polyesteri- ja verkkokangasta, PVC-päälysteistä tekokuitukangasta tai polyeteenimuovia.

Rakennuspeitteet kestävät sään ja vuodenaikojen rasituksia ja läpäisevät huonosti auringon valoa. Peitteen liepeessä on reunavahvistetut renkaat ja kiinnitysnarut käytön helpottamiseksi.

Julkisivupeitteet ovat ohuita ja kevyitä ja ne läpäisevät auringon valoa. Verkkokangaspeitteet läpäisevät myös ilmaa ja pölyä. Peitteen liepeessä on kaksoisrenkasjärjestelmä (ns. purjerenkaat) helpottamassa peitteiden kiinnitystä toisiinsa.

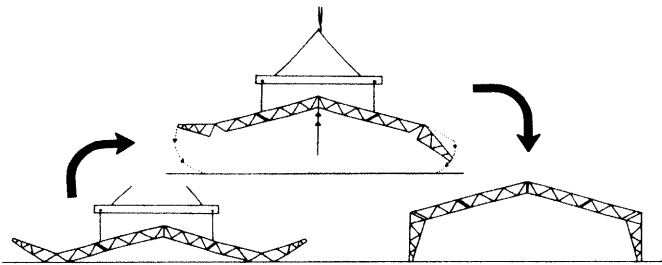
Erikoispeitteitä ovat esim. lämpö-, eriste- ja verkkovahvistetut peitteet, joiden valmistusmateriaalit määräytyvät käyttötarkoituksen ja suojauskohteen mukaan. Esim. eristepeite, jonka kaksinkertaisen päällysteen välissä on lämmöneriste, soveltuu kylmälle tai lämmölle herkkien tavaroiden suojaukseen.

Peitteen tavoin käytettävässä suojalevyssä lämmöneristysmateriaali (polyuretaani tai -styreeni) on päällystetty joko toiselta tai molemmilta puolilta teräsotulevyillä tai alumiini- ja tinapinnoitteilla. Levyssä voi olla kantava runko tai ponttireunat. Levyjä voidaan yhdistää suuremmiksi lohkoiksi kiinnittämällä ne yhdystankoihin tai lautoihin.

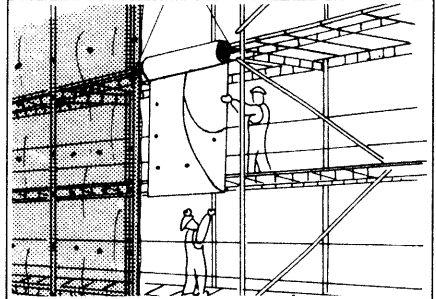
#### Julkisivusuojat

Julkisivusuojia ovat pystysuojat ja telinekatot. Pystysuoja koostuu rakennustelineeseen kiinnitettävistä rakennus- tai julkisivupeitteistä, jotka kiristetään telinerunkoon hihnojen ja narujen tai peitekiinnikkeiden avulla. Peitteiden saumakohdat yhdistetään esim. naruilla.

Telinekatto kootaan rakennustelineen vakio-osista, kantavista katekaarista tai ristikkorakenteista sekä erikoisosista, jotka liitetään toisiinsa pika- tai pulttikiinnityksellä. Ristikkorakenteisista telinekattoista voidaan koota myös rakennuksen koko katon peittävä suoja. Peite kiinnitetään telinekattorunkoon peitekiinnikkeillä tai saumapelleillä. Telinekatto asennetaan kiilaliittimin tai kiertyvillä liittimillä telineeseen. Joistain telinejärjestelmistä voidaan koota sääsuojia.



Sääsuojan runko-osan pystytys



Pystysuojan asennus

## SUOJAUSKALUSTON KÄYTÖN KUVAUS

### Käyttöönotto

Tuenta ja kiinnitys suunnitellaan valmistajan ohjeiden, sääolosuhteiden, vuodenaikojen ja työnaikaisen rasituksen mukaan. Suojauskaluston ankkuroinnissa on otettava huomioon lumi- ja tuulikuormat. Suojattava alue raivataan ja puhdistetaan. Runkorakenteiden alle tuleva maapohja tasataan.

### Sääsuojat

- Mitataan ja merkitään runkorakenteiden anturoiden paikat ja korkeudet.
- Runkoelementtien alla perustuksena voidaan käyttää esim. betonipaaluja tai päällekkäin kahta puusoiroa.
- Liitetään runkoelementit pulttikiinnityksellä toisiinsa tai avataan soranakiinnityksellä oleva runkorakenne.
- Nostetaan runkorakenne pystyyn oikealle paikalleen ja tarkistetaan suoruus.
- Asennetaan pitkittäisorret ja välituet sekä ankkuroidaan runkorakenteen alapää kiila-ankkureilla tai terästappikiinnityksellä. Esim. holvin suojauksessa sääsuoja kiinnitetään ankkuripultilla perustuksiin porattuun reikään.
- Nostetaan tai vedetään rullattu peite kiinnitysköysien avulla yli runkorakenteiden ja kiristetään peite.
- Kiinnitetään peitteen liepeet painoilla ja kiristysköysillä.

### Julkisivusuojat

- Varmistetaan, että valittava tai käytössä oleva telinejärjestelmä soveltuu suojaukseen.
- Otetaan huomioon, että lumi- ja tuulikuormat ovat huomattavasti suuremmat (puristusvoima 2...4 kertainen) kuin peittämättömillä rakennustelineillä.
- Suunnitellaan kulkua ja tavaransiirtoa varten peitteeseen aukkokohdat, joihin asennetaan esim. painikekiinnikkeet.
- Pystysuojan peitteet nostetaan nosturilla tai hissillä asennussuunnitelman mukaisesti ja kiinnitetään runkoon.
- Telinekaton katekaaret tai ristikkorakenteet kootaan maassa haluttuun kaltevuuteen ja yhdistetään toisiinsa välituilla.
- Peite asennetaan ja kiristetään katekaariin tai ristikkorakenteisiin.
- Telinekatot nostetaan kokonaisuina kantavien pystyteline rakenteiden päälle ja lukitaan erikoiskiinnikkeillä.
- Nostojen ajaksi ristikkorakenteiset telinekatot vahvistetaan telineputkilla ja liittimillä tai käytetään nostokehikkoa.
- Telinekattoon liitetään pyörästöt siirtämisen nopeuttamiseksi kohteissa, joihin useasti nostetaan materiaalia ja kalustoa tai kohteen valmistusaika on pitkä.

### Käyttö

#### Sääsuojat

Sääsuojat eivät yleensä kestä lumen rasituksia, joten ne puhdistetaan lumesta ja jäädä säännöllisesti. Runkoelementin ja peitteen väliin asennetut laudat vähentävät lumi- ja jääpussien muodostumista.

Valuista ja LVI-töistä suojan sisäpinnalle syntyvän vesihöyryn ja jään estämiseksi kiinnitetään runkorakenteisiin toinen peite, jolloin kosteus kondensoituu peitteiden väliin.

Ontelolaatta- ja seinäelementtiasennuksen sekä valun yhteydessä voidaan sääsuojaan asentaa pyörästöt, jolloin sääsuojaa liikutetaan kiskoilla työkohteen mukana.

#### Suojapeitteet

Peitteen kiinnitys ja kiinnitysköysien kunto on tarkistettava säännöllisesti. Repeytyneet peitteet on korjattava tai vaihdettava uusiin. Peitteen päälle kerrostunut lumi sekä muut peitettyä rasittavat tekijät on poistettava. Jäätymisten ja lumisten peitteiden taivuttelu rikkoo peitteen.

#### Julkisivusuojat

Kantavat runkorakenteet, välituet ja peitteet sekä niiden kiinnitykset tarkistetaan säännöllisesti. Telineen ankkurointia ja tuenta seurataan päivittäin.

## HUOLTO JA VARASTOINTI

Varastointia varten tukirakenteet puretaan ja pinotaan. Peitteet pestään, kuivataan ja laskostetaan. Rikkiäiset peitteet korjataan tai vaihdetaan uusiin. Bitumi- ja maalitahrat poistetaan kemiallisesti, jonka jälkeen peitteet varastoidaan esimerkiksi kuormalavojen päälle.

## TYÖVOIMAN TARVE

Sääsuojien 6 m modurirungon kokoamiseen, peitekankaan asennukseen ja kiristykseen sekä ankkurointiin tarvitaan 2...4 RAM.

Suojapeitteen asennuksen ja kiinnityksen tekee 1...2 RM.

Julkisivusuojan telinerungon pystytykseen tarvitaan 0...1 RAM + 1...3 RM ja peitteen asennukseen 0...1 RAM + 1...2 RM. Nosturin käyttö helpottaa oleellisesti rungon pystytystä ja katteen asennusta.

## SOVELTUVUUS

Lämmittämällä suojatilaa estetään jäätymisvaurioita ja varmistetaan työn etenevän suunnitellusti. Kesäaikana suojauskalusto estää auringon ja sateen haitta-vaikutuksia sekä parantaa työn laatua (esim. pintabetonivalujen yhteydessä).

Sääsuojaa käytetään

- raudoittajien, maalareiden ja kirvesmiesten kiinteiden työpisteiden (esim. raudoituspöytä, ilmastointilinja, sirkkeli ja laastiasema) suojaamiseen
- perusmuuri- ja maanvaraisten laattavalujen suojana, jolloin varmistetaan betonin riittävä sitoutumislämpötila sekä perusmaan pysyminen sulana
- varastosuojana, jolloin materiaalin laatu pysyy parempana ja hävikki pienenee.

Suojapeitteitä käytetään

- väliaikaisina suojina sekä täydentämässä muita suojausmenetelmiä esim. valu- ja kattokorjauskohteissa.
- telinejärjestelmien kanssa seinien suojauksessa (kevyt julkisivupeite)
- perusmaan ja betonin routasuojauksena sekä väliseinänä, kun halutaan tilapäisesti tai työaikaisesti osastoida työkohteita (lämmöneristyspeite ja suojalevyt)
- maan sulatukseen ja routasuojaukseen (lämpöpeite)
- holvi- ja laattavalujen talviaikaisena lämpösuojauskohteina (suojalevyt).

Julkisivusuojia käytetään ylimmän työtason, seinien tai koko rakennuksen työaikaiseen suojaukseen.

Pystysuojaa käytetään

- uudisrakennuksen julkisivusuojauksen lisäksi korjaus- ja maalaukskohteissa (esim. hiekkapuhallus)

- seinien korjauskohteissa roiske-suojauksena sekä pölyn leviämisen ja esineiden putoamisen estämiseen.

Telinekattoa käytetään

- yksittäisen työkohteen tai telinetason suojaukseen (esim. muuraus)
- katon korjaus- tai uudelleenrakentamiskohteissa, asentamalla kattolohko kantavien ulkoseinien päälle, jolloin ei tarvitse rakentaa pystysuuntaista telinejärjestelmää
- matalan telineen kanssa perustamistöissä ja laattavaluissa, jolloin varmistetaan maan pysyminen sulana ja betonin sitoutumislämpötila.

## SUOJAUSKALUSTON VALINTA

Suojauskaluston käytön kannattavuutta arvioitaessa tehdään vertailulaskelmat työkokonaisuuden kustannuksista ja kestosta käytettäessä suojauskalustoa tai tehtäessä työ ilman suojausta. Suojauksen kannattavuutta arvioitaessa otetaan huomioon vuodenaika, sääolosuhteet, työkohteiden ja -suorite, kalustokustannukset ja laatuvaatimukset. Talviaikana selvitetään suojauskaluston lämmitystarve ja lämmitettävyyden. Suojauskalusto ja sen käyttö on mitoitettava siten, että nostokaluston kapasiteetti riittää. Lisäksi on otettava huomioon kaluston kokoamisen, käytön ja varastoinnin tilantarve.

## SUOJAUSKALUSTON SOVELTUVUUS

Käyttöohje	Sääsuojat	Suojapeitteet	Julkisivusuojat
Perustustyöt (antura, sokkeli, alapohja)	XX	X	○
Elementtityöt (ontelolaatta, seinäelementti)	XX	X	○
Valutyöt (holvi, laatta, kansi)	XX	X	X
Julkisivutyöt (muuraus, rappaus, maalaus)	○	X	XX
Kattotyöt	X	X	XX
Sisäpuolinen suojaus	○	XX	X
Kokonaissuojaus	X	○	XX
Työsuoja ja varasto	XX	X	○

XX soveltuu hyvin

X soveltuu

○ ei sovellu

## TEKNISET OMINAISUUDET

Sääsuojat/moduuli		Käsin liikuteltavat	Konevoimin liikuteltavat	Hallit
Ominaisuus				
Leveys	m	5,0...7,5	5,0...16	6...18
Korkeus	m	2,2...3,35	2,65...5,3	3,5...7,15
Pituus	m	6	2,5...8	6...14
Pinta-ala	m <sup>2</sup>	31...45	30...60	72...252
Kokonaispaino	kg	200...280	400...570	750...6400
Paino/pinta-ala	kg/m <sup>2</sup>	4,5...7,5	9,0...15	10...25
Elementin paino	kg	17...25	15...35	...50
Runkorakenteen paino <sup>1)</sup>	kg	35...50	70...200	110...
Työmenekki	tth	4...8	8...12	
Työryhmä	tt	2...3	2...4	

Suojapeitteet	Materiaali	leveys × pituus (m)	Paino (g/m <sup>2</sup> )	Paino (kg/kpl)	Lämmönkestävyys (°C)
Rakennuspeitteet	PVC-kangas	4×6 / 5×7 / 6×9	600...680	16 / 23 / 36	-35...+70
Julkisivupeitteet					
— kevytpeite	LD-polyeteenimuovi	3...4×4...12	260	4...13	
— rullat	LD-polyeteenimuovi	2...4×25...50	260	20...50	
	vahv. LD-polyeteeni	3×30	360	35	

<sup>1)</sup> Yhden kantavan runko-osan paino esim. runkokaari

VAATIMUKSET JA  
KÄYTTÖRAJOITUKSET

Sää- ja julkisivusuojien mitoituksessa on otettava huomioon lumi- ja tuulikuormat sekä riittävä ankkurointi perustuksiin. Julkisivusuojaan kohdistuva tuulivoima on yleensä suuruusluokaltaan sama kuin rakennukseen kohdistuva tuulivoima. Tiettyissä erityistapauksissa (esim. tuulen puhaltaessa julkisivusuojan sisään) suojaan saattaa kohdistua tätäkin suurempia tuulivoimia. Lisäksi tuulen kääntyessä osa puristusvoimista muuttuu vetovoimiksi.

Sääsuojat nostetaan ja siirretään valmistajien ohjeiden mukaan.

Sääsuojat vaikeuttavat materiaalien ja laitteiden siirtoa työkohteeseen, joten siirrot on suunniteltava kohdekohtaisesti. Valutöiden (holvi ja laatta) suojauksen vuoksi joudutaan usein käyttämään pumppubetonointia, koska sääsuoja tavallisesti estää betonin siirron muulla tavoin.

Käytettäessä öljy- tai nestekaasulämmittintä on huolehdittava palokaasujen riittävää poistamisesta suoja-/työskentelytilasta.

## TYÖTURVALLISUUS

Suojauskaluston pystytyksen ja asennuksen aikana ei telineiden alapuolella saa työskennellä.

Taakkoja siirrettäessä ja nostettaessa alapuolella ei saa olla henkilöitä.

Peitetyn telineen tuulipinnan kasvaminen on otettava ankkuroinnissa huomioon.

Peitteiden käsittelyssä kovalla tuulella on noudatettava erityistä varovaisuutta ja tarvittaessa käytettävä turvavöitä tai -köysiä. Julkisivusuojan saumakohtat on tiivistettävä huolellisesti, jotta tuuli ei pääse rakennuksen ja peitteen väliin ja kaada suojaa.

Riittävästä valaistuksesta ja ilmanvaihdosta sääsuojassa on huolehdittava.

Märkien tai jäätyneiden suojapeitteiden liukkaudesta on varoitettava ja estettävä kulku niiden päällä.

Talviaikana peitteen päältä putoilevasta lumesta ja jäädästä on varoitettava.

TARKASTUKSET, MÄÄRÄYKSET,  
LUVAT

Sääsuojan rakennusaikainen käyttö ei edellytä tarkastuksia tai lupia. Telineelle tehdään käyttöönottotarkastus.

Tarkastuksessa todetut turvallisuutta vaarantavat puutteet ja viat on korjattava välittömästi.

Telineiden pystyttämistä koskevat säännökset ja ohjeet:

Työ- ja suojatelineohjeet (SFS 4651-4665, RIL 142-1987)

Työtelineet (TSH ES 16)

Rakennustyössä noudatettavat järjestysohjeet (VNp 274/69, RT STM-20613)

## VIITTEET MUIHIN TIEDOSTOIHIN

Kone-Ratu

07-1-01 Höyrykehittimet

07-1-02 Korkeapainekattilat

07-2-01 Rakennuskuivaajat

07-2-02 Kiertoilmalämmittimet

07-2-05 Ilmankuivaajat

Talo-Ratu

131-M2/132-R2 Ulkotelineiden pystytys ja purku

RKT 14 Suoja- ja työtelineet





## TALVIBETONOINTIOHJE TYÖNJOHTAJILLE

### TALVIBETONOINTIOHJEITA RAKENNEOSITTAIN

#### Perustukset:

Betonointi työn saa tehdä ainoastaan sulatetulle ja lämmitetylle alustalle. Alusta täytyy tarkistaa myös roudan varalta. Betonin oma lämmönkehitys on huomattavaa, varsinkin paksuissa ja massiivisissa valuissa, joten se kannattaa hyödyntää. Suositeltavia betonilaatuja ovat nopeasti kovettuva betoni (rapid) ja kuumabetoni. Muotit kannattaa lämmöneristää, lämmön haihtumisen estämiseksi, esim. mineraalivillalla, polystyreenilla tai uretaanilla. Betonoinnin päätyttyä muotit täytyy pikaisesti suojata esimerkiksi pakkasmatoilla. Lisälämmityksenä voidaan käyttää lankalämmitystä tai kuumailmalämmitystä. Lujuuden kehityksen seuranta on tärkeää.

#### Lattiat:

Tila jossa lattia valetaan, täytyy tehdä vedottomaksi, sulkemalla ylimääräiset aukot jne. lämmönhaihtumisen estämiseksi. Alustan lämmittäminen täytyy aloittaa riittävän ajoissa, jotta alustan lämpötila on yli +5°C betonoinnin alkaessa. Lisälämmityksenä voidaan käyttää kuumailmalämmitystä. Lämpötila täytyy pitää +15°C:ssa 3-4 vuorokautta, kovettumisen varmistamiseksi. Betonilaadun valinta täytyy suorittaa ottaen huomioon pinnan käsittely, suojaus, lämmitysmenetelmä ja ulkolämpötila. Lattian jälkihoitoa ei pidä unohtaa myöskään talvella.

#### Pilarit:

Suosittelavia betonilaatuja ovat nopeasti kovettuva betoni (rapid) ja kuumabetoni. Pilarin yläosa täytyy suojata esim. suojapeitteellä välittömästi valun päätyttyä. Jos rakenteen alaosassa on kylmäsillan vaara, täytyy ottaa huomioon alaosan lisälämmityksen ja suojausten tarve. Lisälämmityksenä voidaan käyttää lankalämmitystä tai huputusta ja kuumailmalämmitystä. Lujuuden kehityksen seuranta on tärkeää.

**Seinät:**

Suositteluvia betonilaatuja ovat nopeasti kovettuva betoni (rapid) ja kuumabetoni. Lämmitettävän muotin käyttö on myös suositeltavaa. Seinän yläosan suojaaminen välittömästi valun päätyttyä esim. suojapeitteellä. Seinän alaosan lisälämmitys lankalämmityksenä, jos kylmäsillan mahdollisuus on olemassa. Lisälämmityksenä voidaan käyttää huputusta ja kuumailmalämmitystä. Lujuuden kehityksen seuranta on tärkeää.

**Holvit:**

Betonoinnin saa tehdä vain sulalle muottipinnalle. Lumen ja jään sulatus esim. höyryttämällä, betonia ei saa käyttää lumen ja jään sulattamiseen. Holvi kannattaa suojata heti raudoituksen valmistuttua, näin päästään vähemmällä lumen ja jään poistolla ja sulatuksella. Muotin alapuolisten aukkojen yms. suojaus, jotta saadaan vedoton tila ja lämpöhäviöt pienenevät. Betonilaadun valinta täytyy suorittaa ottaen huomioon pinnan käsittely, suojaus, lämmitysmenetelmä ja ulkolämpötila. Lisälämmityksenä voidaan käyttää holvinalapuolista säteily- tai kuumailmalämmitystä. Vanhojen ja kylmien reunojen lämmitys voidaan hoitaa lankalämmityksenä. Lisälämmitystä käyttäessä täytyy ottaa huomioon mahdollinen palovaara. Lujuuden kehityksen seuranta ja jälkituenta on tärkeää. /3/,/5/

**TYÖMAAN TOIMENPITEET KUUMABETONOITAESSA**

Ennen betonoinnin aloittamista muotit täytyy tarkistaa tuenta, raudoitus ja muottien puhtaus. Muottien täytyy olla puhtaat, ei irtoroskia, lunta eikä jäätä. Jos muoteissa on lunta tai jäätä täytyy se sulattaa pois ennen betonoinnin aloittamista, esim. höyrysulattajalla. Betonia ei saa käyttää lumen ja jään sulatukseen. Betonointi on suoritettava ennen puhdistettujen pintojen uudelleen jäätymistä. Kuumabetonia käytettäessä on pyrittävä nopeaan valuun, joten työmaalle on syytä varata riittävästi tiivistyskalustoa ja valajia. Kuumabetonin hydrataatio käynnistyy nopeasti, joten se jäykistyy nopeammin kuin normaalibetoni, jolloin työstettävyyssäikä jää

pienemmäksi. Työstettävyyssäikaa voidaan säädellä lisäaineilla. Jotta kuumabetonista saadaan hyödynnettyä sen kehittämä lämpö, voidaan jossakin tilanteissa joutua valu peittelemään heti betonoinnin jälkeen, ennen kuin valupintaa on ehditty hiertää, jolloin valun pinnan laatu saattaa kärsiä. Valun suojaus on tehtävä reuna-alueilla huolellisesti, koska siellä lämmönhaihtuminen on vaikeinta hallita.

Laattoja valettaessa on suositeltavaa korottaa käytettävää lujuusluokkaa yhdellä varhaislujuuden kehityksen takia. Kuumabetonia käytettäessä lujuusluokkaa täytyy nostaa vaaditun loppulujuuden saavuttamiseksi. Kuumabetonia käytettäessä on usein hyväksi käyttää nopeasti kovettuvia betonilaatuja, tällä vähennetään lämpöhäviöitä ennen hydrataation alkamista. Lujuudenkehityksen varmistamiseksi ja lämpötilaerojen tasaamiseksi on syytä käyttää lisälämmitystä, jos betonointi rajoittuu vanhaan betonipintaan, kallioon tai maahan. Laattarakenteissa lisä lämmitetään laattaa rajaavat vanhat seinäpinnat ja työsaumat. Seinärakenteita valettaessa on lisälämmityksen tarvetta harkittava seinän alaosaan ja holvin liittymäkohtaan. On suositeltavaa käyttää myös lisälämmitystä vanhan seinän ja uuden seinän liittymäkohdassa. Jos valettuun pintaan kohdistuu kuormitusta heti muottien purun jälkeen, on lisälämmitys tarpeen. Jos rakenne on massiivinen, eikä maa- tai kalliopinta ei ole ehtinyt jäätyä syvältä montun avaamisen jälkeen, ei lisälämmitystarvetta välttämättä ole. Maahan ja kalliopintoihin rajoittuva betonointi vaatii yleensä etukäteislämmitystä.

Lisälämmitykseksi soveltuu hyvin esim. lankalämmitys. /1/, /6/