

Betonielementtien talvisaumausohje

Sisältö

1. Talvityöolosuhteet
2. Saumojen lujuusvaatimukset
3. Asennusnopeuden ja lujuudenkehityksen suunnittelu
4. Saumauksessa käytettävät materiaalit
5. Ontelolaattojen saumavalut
6. Seinäelementtien saumavalut
7. Pilarien ja palkkien juotosvalut
8. Muut saumavalut



1. Talvityöolosuhteet

Tavallisen betonin lujuudenkehitys hidastuu merkittävästi, kun lämpötila laskee alle + 5°C ja se jäätyy, kun lämpötila laskee alle 0 °C. Hitaan lujuudenkehityksen ja lämpötilojen ennustamiseen liittyvän epävarmuuden vuoksi talvityöohjeita tulee noudattaa, kun lämpötila voi ennusteiden perusteella laskea + 5 °C alapuolelle tai elementtien lämpötila saumaushetkellä on alle + 5°C. Talvityöolosuhteiden kesto on käytännössä Etelä-Suomessa noin 7 kk (lokakuu- huhtikuu) ja Pohjois-Suomessa noin 8 kk (syyskuu- huhtikuu).

Talvityön aiheuttamat keskeiset muutokset työhön ja sen suunnitteluun ovat:

- Sauman pitäminen puhtaana lumesta ja jäädästä tai näiden poistaminen ennen saumausta
- Saumabetonin suojaus ja eristäminen
- Saumabetonin lämmittäminen tai pakkasbetonin käyttöön siirtyminen
- Saumojen lämpötilojen seuranta ja asennusaikaisen stabiliteetin varmistaminen huolehtimalla saumojen riittävästä lujuudenkehittämisestä

Saumabetonin jäätyminen on estettävä kaikissa olosuhteissa vähintään niin kauan, kunnes betoni on saavuttanut jäätymislujuuden 5 MPa. Jäätyminen voidaan estää riittäväällä lämmityksellä tai käyttämällä betonissa jäätymistä estäviä lisäaineita, jotka alentavat veden jäätymisspistettä, estävät betonia vahingoittavan jään syntymisen ja mahdollistavat lujuuden

kehittymisen myöskin pakkasessa. Näitä ns. pakkasbetoneita on käsitelty luvussa 4. Ne toimivat yleensä lämpötilaan -15 °C asti.

Pelkästään lämpimän betonimassan käyttäminen ei estä jäätymistä, sillä kylmä elementtipinta jäähdyttää nopeasti ohuen valun. Tämän vuoksi saumoissa on käytettävä pakkasbetonia tai huolehdittava riittävästä lämmittämisestä ja suojaamisesta.

2. Saumojen lujuusvaatimukset

Lujuudenkehityksen kannalta kriittiset saumat

Lujuudenkehityksen kannalta kriittisiä ovat saumat, joiden voimia siirtävä toiminta on välttämätöntä rungon rakennusaikaisessa jäykistämisessä tai elementtien kiinnityksessä.

Näitä saumojä ovat:

- Pystyelementtien vaakasaumat
- Jäykistävät tai kuormia siirtävät elementtien väliset pystysaumät
- Ontelolaattojen ja muiden laattojen saumat
- Seinäelementtien kiinnitykset laattoihin
- Kantavien parveke- elementtien saumat

Edellä mainittujen saumojen lujuuden kehittyminen tulee varmistaa siten, että saumojen lujuus vastaa kulloinkin saumaan vaikuttavia voimia. Mahdolliset muut saumat, joiden saumauksen tarkoitus on toimia terästen korroosiosuojana tai rakenteen tiivistyksenä, voidaan saumata myöhemmässä vaiheessa.

Uudet betonin lieriölujuudet

Uusien betonistandardien myötä siirrytään vähitellen betonin lujuudessa entisistä K-lujuuksista (150 mm:n kuutiolujuus) C-lujuuksiin (100 mm:n lieriölujuus). Tällöin betonin lujuus fck (MPa) muuttuu taulukon 1. mukaan.

Taulukko 1. Betonin lieriö- ja kuutiolujuudet.

fck, lieriö (uusi C- lujuus)	4	8	12	16	20	25	30	40	50
fck, kuutio (vanha K- lujuus)	5	10	15	20	25	30	37	50	60

Siirtymäkautena voidaan betonin lujuusmerkintänä käyttää esim. C25/30, jolloin 25 tarkoittaa uutta lieriölujuutta ja 30 vanhaa kuutiolujuutta.

Pystyrakenteet

Rakennesuunnittelijan tulee määrittää saumoilta rakentamisen aikana vaadittavat lujuudet. Pystyrakenteiden osalta saumojen tarvittavat lujuudet riippuvat sauman yläpuolisten kerrosten määrästä ja sauman käyttöasteesta valmiissa rakennuksessa. Usein vain rakennuksen alimpien saumojen kapasiteetit on täysin käytetty hyväksi.

Suunnitteluohjeet, ks. www.elementtisuunnittelu.fi.

Pystyrakenteiden saumoista vaakasaumat ovat kriittisimpiä lujuudenkehityksen ja rasiusten kannalta. Jäykistävien seinien välisissä pystysaumoissa on raudoitusta, joka ottaa osan rasiuksista ja siten betonin lujuuden kehitys ei ole yhtä kriittinen kuin vaakasaumoissa, joissa saumojen kapasiteetti riippuu yksinomaan betonin lujuudesta.

Pystyrakenteiden saumojen lujuuden tarkistamiseen on yksinkertainen ja varmallalla puolella oleva sääntö, jonka mukaan tarvittava betonin asennusaikainen lujuus saadaan, kun betonin tavoitelujuus kerrotaan sauman yläpuolisten kerrosten asennusaikaisen ja lopputilanteen kerrosten suhteella. Esimerkiksi, jos saumabetonin tavoitelujuus on C25/30 ja tarkastellaan alinta saamaa, jonka yläpuolelle on asennettu kaksi kerrosta. Lopputilanteessa kerroksia on kahdeksan. Näin tarvittava asennusaikainen lujuus on $C25 * 2/8 = C6,3$ MPa. Sauman lujuuden on kuitenkin oltava aina vähintään 5 MPa, ennenkuin seuraavien kerrosten asennus aloitetaan. Ylimmissä saumoissa laskentatapa asettaa liian suuria vaatimuksia, koska ylimpien kerrosten saumojen lopputilanteen käyttöaste on paljon pienempi kuin alimmissa kerroksissa. Tämän vuoksi ylimmissä kerroksissa voidaan käyttää seuraavan taulukon 2 mukaisia ohjeellisia lujuusvaatimuksia.

Taulukko 2. Arvio saumalta vaadittavasta lujuusluokasta suhteessa kuormittavien kerrosten määrään toteutusluokassa 2.

Kuormittavien kerrosten määrä	Saumalta vaadittava lujuus (MPa)
1 kerros	4/5
2 kerrosta	8/10
3 - 4 kerrosta	12/15
5 - 6 kerrosta	16/20

Esitettyä periaatetta voidaan soveltaa myös pilareiden juotossaumoihin, kun kyseessä on pilarit, jotka kantavat kuormia useammasta kerroksesta. Hallimaisten rakennusten mastopilarit tulee tarkastella aina erikseen, koska asennusaikaisten kuormien suuruus voi vaihdella suuresti hallin rakenteista ja asennusjärjestyksestä riippuen.

Vaakarakenteet

Vaakarakenteiden tehtävä rakennusrungon jäykistyksessä on välittää vaakavoimat (tuuli ja rakennuksen vinous) rungon jäykistävälle pystyrakenteille. Asennusaikaisessa tilanteessa saumatun laataston tuulikuormat kerääntyvät kahdelta kerrokselta (saumatusta ja yläpuolisesta asennettavasta kerroksesta), jolloin laataston välittämät kuormat ovat tältä osin suurempia kuin lopputilanteessa.

Asennusaikaisen tilanteen vaakakuormat tulee ottaa huomioon laataston mitoituksessa. Mitoituksessa tulee tarkastaa sekä taivutuskapasiteetti että leikkauskapasiteetti. Taivutuskapasiteetin mitoituksessa tulee tarkastaa rengasterästen mitoitus vetovoimille. Rengasterästen jatkospituudet tarkastetaan betonin asennusaikaisen lujuuden mukaan.

Saumojen leikkauskestävyys lopullisessa rakennuksessa on hyvin harvoin mitoittava tekijä. Asuinkerrostaloissa saumojen käyttöaste on usein alle 30 % ja toimistorungoissakin yleensä alle 50 %. Asennusaikana tilanne voi olla toinen, koska kuormat ovat suurempia ja saumabetonin lujuus voi olla vain puolet suunnittelulujuudesta, kun ylempää kerrosta jo asennetaan. Rakennesuunnittelija määrittää saumojen käyttöasteen avulla kulloinkin tarvittavan lujuuden.

3. Asennusnopeuden ja lujuudenkehityksen suunnittelu

Kuvassa 1 on esitetty käyrästä, jolta voidaan tarkistaa pakkasbetonin lujuudenkehityksen riittävyys erilaisille rungon nousunopeuksille eri lämpötiloissa.

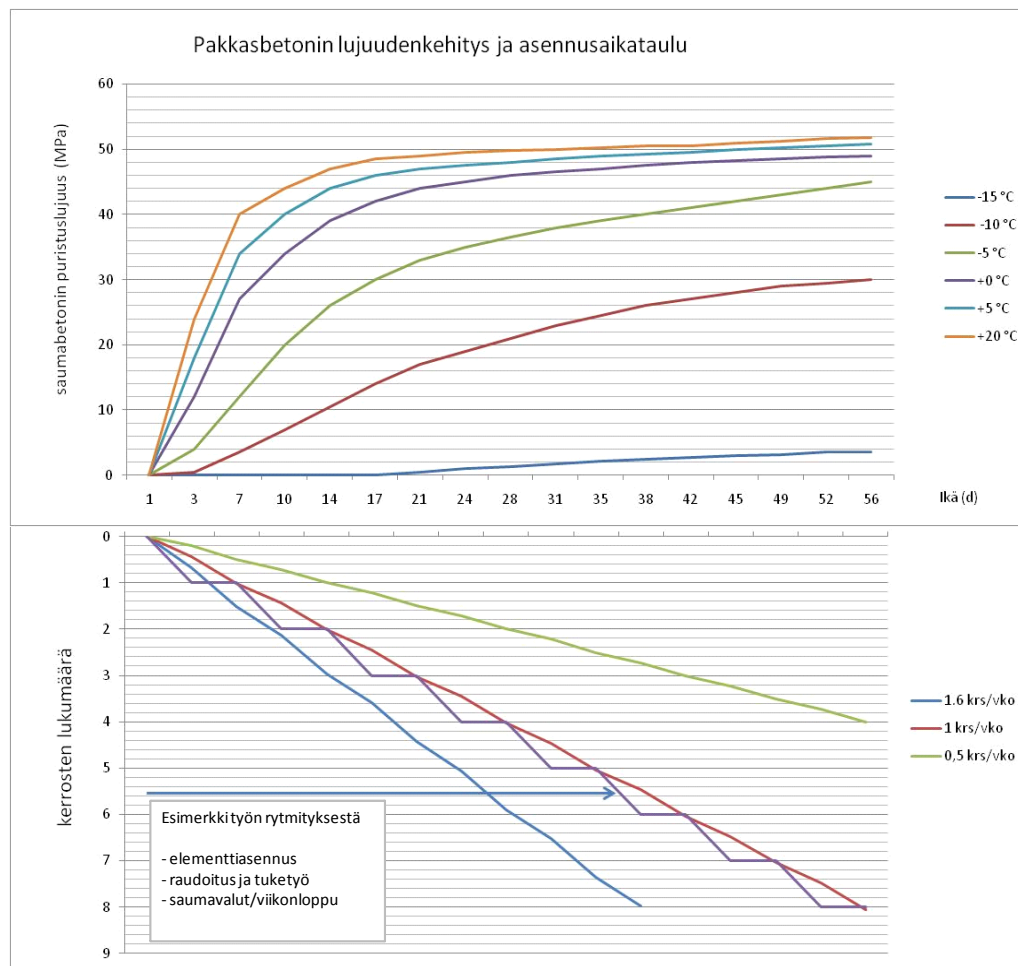
Esitetyt lujuudenkehittymiskäyrät ovat kokemusperäisiä ja perustuvat yleisesti käytettyihin lisäaineisiin ja suhteutuksiin. Betonin lujuudenkehitys on aina varmistettava toimittajalta.

On huomattava, että lujuudenkehitys hidastuu merkittävästi alle $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa.

Alle $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ asteen lämpötilassa lujuudenkehitystä ei juuri tapahdu ja lisäksi pakkasbetoni voi menettää loppulujuuttaan.

Saumojen lujuusvaatimukset on aina tarkistettava erikseen rakennesuunnittelijalta ja betonien lujuuden kehitys betonin toimittajalta. Näiden perusteella voidaan valita haluttuun rungon pystytysaikatauluun soveltuvat betoni, tarvittavat lämmitysmenettelmät ja asennustukien poistamisajankohta.

Yhteenvedona voidaan todeta, että pelkkä pakkasbetonin käyttäminen ei läheskään aina varmista saumojen riittävää lujuudenkehitystä, vaan usein alle $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötiloissa tarvitaan lisälämmitystä. Lujuudenkehityksen kannalta pakkasbetonin paras käyttöalue on $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$... $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilat.



Kuva 1. Asennusnopeuden ja lujuudenkehityksen suunnittelu pakkasbetonilla.

Esimerkki

Lujuudenkehitystä voidaan suunnitella kuvan 1 avulla seuraavasti:

Vaadittava vaakasaumojen lujuus ennen seuraavan kerroksen elementtien asentamista on 5 MPa. Oletetaan, että myös ontelolaattojen saumojen lujuudeksi ennen seuraavan kerroksen elementtien asentamista riittää 5 MPa.

Esimerkkikohteen asuinrakennuksen rungon nousunopeudeksi on suunniteltu 1 krs/ viikko ja työt on rytmitetty siten, että saumaus tehdään perjantaina. Saumausbetonina käytetään pakkasbetonia. Seinien asentaminen aloitetaan maanantaina, joten laattojen saumojen lujuuden kehittymiseen on aikaa vajaa kolme vuorokautta. Käyrästöltä kuvasta 1 nähdään, että lujuusvaatimuksen 5 MPa saavuttaminen kolmessa päivässä vaatii vähintään -4°C lämpötilan.

Oletetaan, että rakennuksessa on kuusi kerrosta, jolloin rakentaminen nopeudella 1 krs/viikko kestää 42 vuorokautta. Pakkasbetonia on käytetty kantavien seinien alla olevan sauman valussa. Käyrästöltä todetaan, että ilman lämmitystä alimpien saumojen täydellä käyttöasteella vaadittava lujuusluokka C25 saavutetaan, mikäli lämpötila on jatkuvasti noin -10°C. Kovemalla pakkasella lujuusluokan C25 saavuttaminen vaatii lämmitystä.

Lujuudenkehityksen arviointi ja seuranta

Lujuudenkehityksen seuranta perustuu saumojen lämpötilojen seuraamiseen. Tavallista betonia käytettäessä lujuudenkehitystä voidaan arvioida laskennallisesti mitattujen lämpötilojen avulla. On olemassa myös tietokoneohjelmia, joiden avulla lujuudenkehitys voidaan arvioida. Kypsyydelle on olemassa laskentakaavoja kuten Sadgrove, johon lämpötilat syöttämällä saa arvion lujuustasosta. Kypsyysiän t_{20} kaavalla voidaan betonin todellinen kypsyysikä muuntaa vaihtelevissa kovettumislämpötiloissa vastaamaan ikää +20 °C:n kovettumislämpötilassa.

$$t_{20} = \sum \left[\left(\frac{T + 16^\circ\text{C}}{36^\circ\text{C}} \right)^2 \cdot t \right]$$

missä T on betonin lämpötila aikana t (°C) ja t on kovettumisaika (d) (BY 50, 123).

Tavalliselle betonille on olemassa kypsyysmittareita (esim. COMA-Meter). Mittarin asteikolta voidaan lukea likimääräinen kypsyysikä t_{20} , mitä käytetylle betonille laadittuun lujuudenkehityskäyrään vertaamalla voidaan arvioida betonin lujuus.



Kuva 2. COMA-Meter kypsyysmittaripakkaus.

Edellä esitetyt lujuudenkehityksen seurantamenetelmät eivät kuitenkaan sovellu pakkasbetoneille, sillä niille ei toistaiseksi ole pystytty määrittämään lämpötiloja vastaavaa laskennallista lujuudenkehitystä. Näitä betoneita käytettäessä onkin tyydyttävä vertaamaan lämpötiloja betonitoimittajilta saataviin ohjeellisiin lujuudenkehityskäyriin. Mikäli saumoja tai laattojen alapuolista tilaa ei ole lämmitetty, riittää ulkolämpötilan seuranta.

Lämpötilaseurantaa varten saumabetoniin voidaan asettaa perinteisiä luettavia mittareita, joiden lukemista pidetään erillistä pöytäkirjaa. Seurannassa voidaan käyttää myös sähköiseen mittaukseen perustuvia menetelmiä. Sähköinen mittaus perustuu termoelementtipareihin, joissa termoelementtilangan vastusarvo muuttuu lämpötilan mukaan. Termoelementtipari muodostuu kahdesta termoelementtilangasta, joiden eristeettömät päät kierretään yhteen ja yhdistetty pää sijoitetaan saumavaluun lukupäiden jäädessä näkyville.

Lämpötilaseuranta onnistuu parhaiten yhdistämällä termoelementtiparit jatkuvatoimisiin loggereihin, jotka tallentavat lämpötiloja laitteen muistiin halutuin väliajoin. Lämpötilatiedot puretaan loggerilta tietokoneen avulla. Vaihtoehtoisesti lämpötilat voidaan mitata erillisellä lukulaitteella ja pitää lämpötiloista erikseen pöytäkirjaa. Termoelementtilankaa kuluu mittauspistettä kohden noin 20- 30 cm, joten mittaus on melko edullista.

4. Saumauksessa käytettävät materiaalit

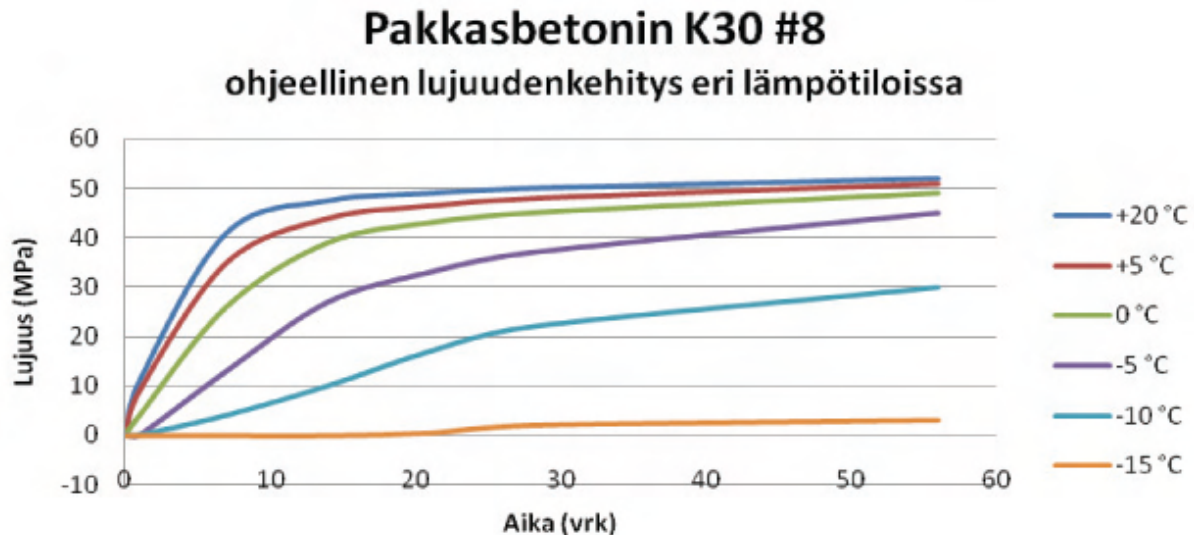
Tavallinen saumabetoni

Niin sanottu tavallinen tai kesälaatuinen työmaiden saumaukseen käyttämä valmisbetoni on lujuudenkehitykseltään normaalia tai nopeaa, joista talvella käytetään nopeaa laatua. Betoni ei kuitenkaan kestä pakkasta. Sen käyttäminen talvella on riskialtista, vaikka lämmityksestä ja suojauksesta huolehdittaisiinkin, sillä saumojen ulkopuolista suojausta voi olla vaikea hoitaa riittävän hyvin. Saumausbetoni, kuten pakkasbetonikin, toimitetaan talvella lämmitettynä +20 °C lämpötilaan, mutta lämpö siirtyy hyvin nopeasti massiivisiin kylmiin ontelolaatta- ja muihin elementteihin ja sauma jäähtyy nopeasti sitä ympäröivään lämpötilaan. Myöskään betonin hydrataatiolämpö ei ohuissa saumoissa pysty nostamaan lämpötilaa. Normaalia saumausbetonia ei siten juurikaan voida käyttää talviolosuhteissa ilman lämmitystä lämpötilan ollessa selvästi pakkasella.

Pakkasbetoni

Pakkasbetoni on betonia, joka kovettuu pakkasessa eikä jäädy siten, että betonille aiheutuisi vaurioita tai merkittävää lujuuskatoa. Pakkasbetonia ei tule sekoittaa betonin pakkasenkestävyyteen, millä taas tarkoitetaan kovettuneen betonin ominaisuutta. Pakkasbetonia saa yleensä kaikilta valmisbetoniasemilta. Tyypillinen käyttökohde on ontelolaattojen saumausbetoni. Pakkasbetonin sisältämät jäätymisenestoaineet perustuvat epäorgaanisiin suoloihin, joiden vaikutuksesta mahdollisesti syntyvä jää on liuskeista, eikä vaurioita betonia. Pakkasbetonin käytölle voi olla rajoituksia eri ympäristoluokissa, joten käytettävyys on tarkistettava valmistajalta. Yleensä sitä käytetään luokissa XO, XC1, XC2 ja XC3. Käyttö XF1- luokassa vaatii aina erilliselvitystä.

Pakkasbetoni ei ratkaise talvisaumauksen ongelmia sellaisenaan, sillä sen lujuudenkehittyminen on pakkasella hidasta ja pysähtyy käytännössä alle -15 °C lämpötiloissa. Pakkasbetoni on edullisimmillaan lämpötiloissa $+5\text{ °C}$... -5 °C , jolloin se lujittuu vielä melko nopeasti. Alemmissa lämpötiloissa pakkasbetonin kanssa tarvitaan usein lämmitystä, mikä varmistaa riittävän lujuuden kehittymisen. Pakkasbetoni voidaan siirtää saumauskohteeseen pumppaamalla tai nostoastian avulla. Pakkasbetoni on normaalibetonia sitkeämpää ja sitoutuu melko nopeasti, joten sitä ei yleensä voi tilata suuria määriä odottamaan pumppausta. Pakkasbetoni kannattaa tilata S4- notkeusluokassa.



Kuva 3. Pakkasbetonin ohjeellinen lujuudenkehitys.

Talvilaatua olevat kuivatuotteet

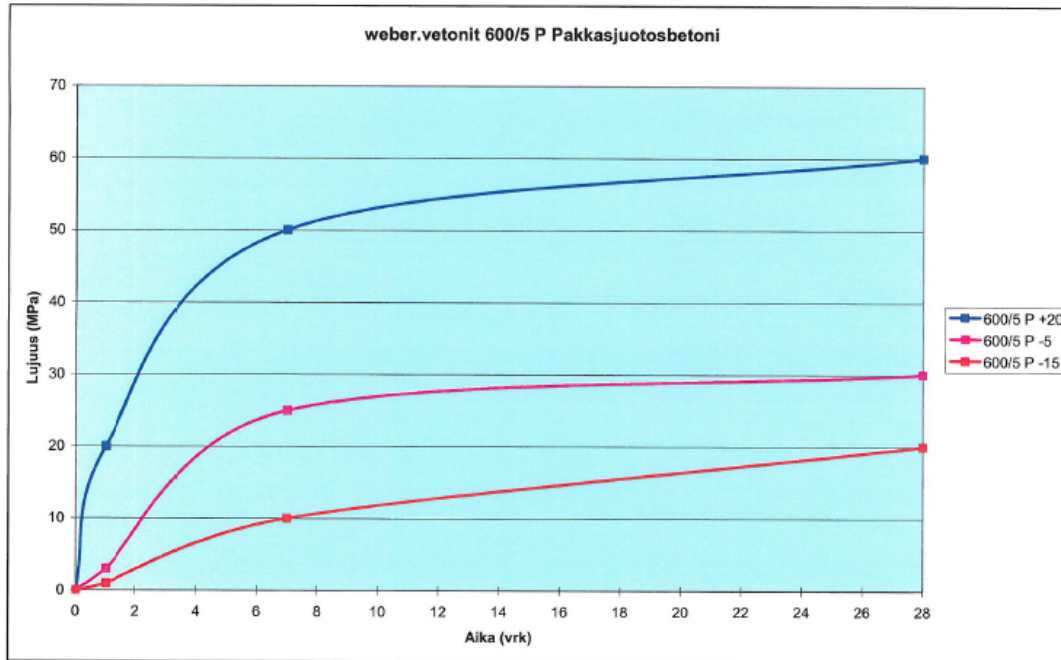
Työmaalla kuivatuotteista valmistettavat saumabetonit vastaavat ominaisuuksiltaan pitkälti pakkasbetonia. Näitä kuivatuotteita valmistetaan yleensä lujuusluokissa C25/30 – C40/50. Myös C50/60- lujuuksinen massa löytyy joiltakin valmistajilta. Kuivatuotteista valmistetaan betonia esimerkiksi elementtien alasaumoihin sekä muihin pieniin saumauksiin ja täytevaluihin. Talvijuohtobetonien sitoutuminen on nopeaa, eikä siitä voida valmistaa annoksia, joiden käyttö kestää yli puoli tuntia.

Kuvassa 4 on esitetty erään talvijuohtobetonin lujuudenkehitys eri lämpötiloissa. Kuvan käyrät eivät ole yleispäteviä, vaan käytettävän juohtobetonin lujuuden kehittyminen on aina tarkistettava juohtobetonin toimittajalta.

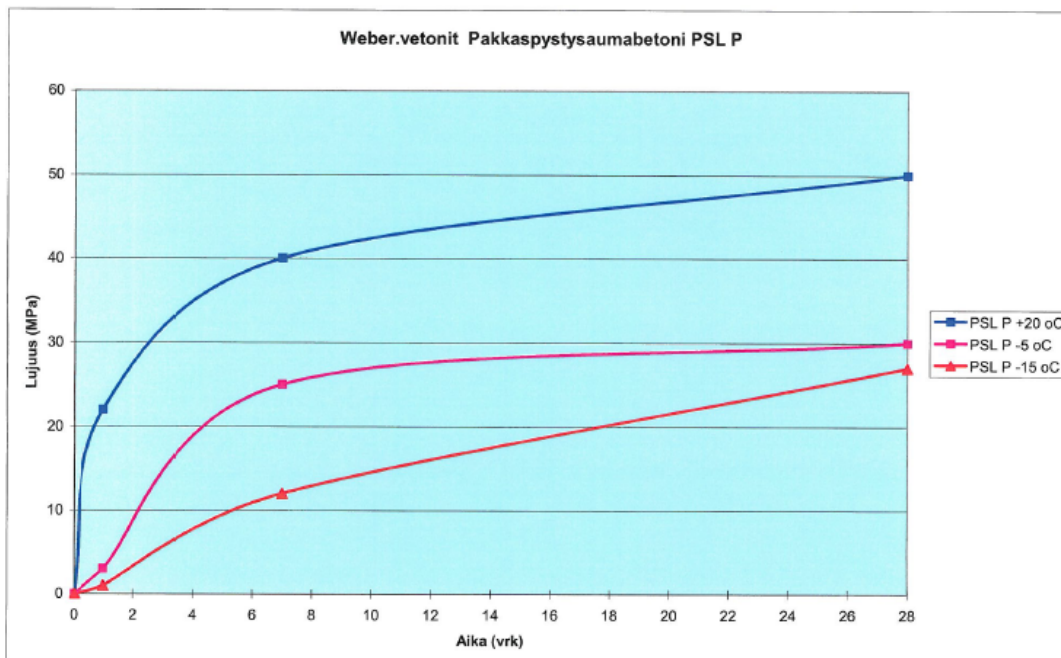
Myös pystysaumabetonoinnissa käytetään talvilaatuja, jotka vastaavat ominaisuuksiltaan pitkälti pakkasbetonia. Talvilaatuisen pystysaumabetonin kovettuminen on melko nopeaa lämpötilassa -5 °C , hidastuu selvästi lämpötilassa -10 °C ja lähes pysähtyy lämpötilassa -15 °C . Yleensä pystysaumapumppausta ei tehdä alle -10 °C lämpötiloissa, sillä ongelmaksi muodostuu veden jäätyminen, ellei veden sulana pitämiseen ole erityisjärjestelyin varauduttu. Talvilaatuun ei voida sekoittaa kovin lämmintä vettä, sillä se aiheuttaa liian nopean sitoutumisen, jolloin vaarana on pumppukaluston tukkeutuminen taukojen aikana. Kulloinkin käytettävän pystysaumabetonin lujuudenkehitys on aina varmistettava tuotteen toimittajalta.

Taulukko 4. Esimerkki talvikäyttöön tarkoitetuista elementtien saumabetoneista (Weber).

Tuote	Lujuusluokka	Prismalujuus laadunvalvonta	Rasitusluokat, 50 vuoden käyttöikä	v/s-suhde max	P-luku, max vedellä	F-luku, max vedellä	Rasitusluokat, 100 vuoden käyttöikä
S30 P, Pakkaslaasti K30	K30	n. 35 MPa	XF3, XC3	0,46	53	4,0	
PSL P, Pakkaspystysaumabetoni	K40	n. 50 MPa	XF1, XC4, XS1, XD2, XA1	0,37	90	4,0	
JB 600/5 P Pakkasjuotosbetoni	K50	n. 60 MPa	XF3, XC4, XS3, XD3, XA1	0,35	78	4,0	XC4, XS3, XD3, XA1



Kuva 4. Pakkasjuotosbetonin Vetonit 600/5 P- lujoudenkehitys eri lämpötiloissa.



Kuva 5. Pakkaspystysaumabetonin Vetonit PSL P- lujoudenkehitys eri lämpötiloissa.

Jäätymistä estävät lisäaineet

Kuivabetonien toimittajat eivät suosittele lisäaineiden käyttämistä, sillä betonisekoittimeen annosteltavien määrien kontrollointi työmaaolosuhteissa on vaikeaa. Mikäli lisäaineita käytetään, on niiden käyttöohjeita noudatettava huolellisesti. Samalla on myös huolehdittava saumojen riittävästä lämmityksestä, sillä jäätymättömyys ei sinällään takaa lujittumista. Pakkaslisäaineilla on lisäksi usein loppulujuutta alentava vaikutus.

5. Ontelolaattojen saumavalut



Kuva 6. Ontelolaattojen sauman puhdistusta paineilmalla.

Valmistelu ja suojaus

Suurin ongelma talvityössä on saumoihin päässyt lumi. Lähtökohtana tulisi olla, että laatasto tai vähintään sen saumat suojataan välittömästi ontelolaattojen asentamisen jälkeen, mikäli lumisateen vaara on olemassa. Suojana voidaan käyttää pienikokoisia pressuja, tai mieluiten eristettyjä lämpöpeitteitä. Peitteiden tulee kestää nosturikäsitteily poistettaessa lumimääriä sekä olla riittävän keveitä, jotta niitä on helppo siirrellä käsivoimin. Sopiva koko on noin 4x4 m. Lämpöpeitteitä käytetään valun jälkeen saumojen lämpösuojausessa. Yhtenäisen holvisuojan etu on parempi eristyskyky lämmitettäessä alapuolista tilaa.

Vaihtoehtoisesti tai lisäsuojana voidaan käyttää saumojen suojaukseen soveltuvia eristekaistoja, jotka on helppo siirtää sivuun raudoitusta tai sähköputkitusta varten ja palauttaa takaisin paikoilleen. Samat kaistat toimivat saumavalun suojana valun jälkeen. Tarkoitukseen soveltuu esimerkiksi rullatavarana saatava solumuovieriste, jonka päälle

voidaan laittaa painoksi puusoiroja. Parhaiten suojaukseen soveltuu noin 50- 60 cm leveä muovipinnoitettu kaista, jonka sisällä on lämmöneriste (ks. myös Ebeco- lämpömatto). Kaistan tulisi olla riittävän painava, jotta se pysyy paikoillaan ja sen pinnan tulisi olla karhennettu liukkauden estämiseksi. Kaistasuojausten ongelmana on lumen poistaminen holvilta eikä kaista myöskään toimi riittävänä lämmöneristeenä lämmitettäessä holvia alapuolelta.



Kuva 7. Muottikolmio Oy:n toimittama MK- lumikassi holvin suojaamiseen lumelta. Kassilla voidaan nostaa satanut lumi suoraan pois holvilta.

Mikäli suojaus ei ole onnistunut, on lumi poistettava saumoista. Ensisijaisesti lumen poistamiseen käytetään paineilmaa, minkä jälkeen saumojen sulattamiseen ja kuivattamiseen käytetään kaasuliekkia. Kaasuliekkiä ei kuitenkaan voida käyttää saumoissa, joissa on muovisia sähköputkia, muovisia ontelolaatan suojatulppia tai lämmössä sulavia eristemateriaaleja. Yleisesti käytetyn höyrytyksen ongelma on työn aikana muodostuva vesi, mikä voi jäätyä saumaan ennen betonivalua ja estää saumabetonin kunnollisen tartunnan.

Lämmitys

Suosittelava tapa on suojata holvi lämpöeristeillä ja käyttää tilalämmitystä. Alapuolisen tilan lämmitys tulee aloittaa edellisenä päivänä, jolloin laatasto ehtii lämmitä ja lumi tai jää ehtii sulaa. Lämmittämällä alapuolista tilaa noin 2-3 päivää varmistetaan saumojen riittävä lujoudenkehitys seuraavien kerrosten elementtien asennusta varten. Suojaus toimii samalla jälkihoitona ehkäisten saumabetonin pinnan liian nopeaa kuivumista ja kuivumiskutistumien syntymistä.

Lämmitystä varten ikkunoiden tulee olla valmiiksi asennettuina tai aukot tulee suojata muovilla. Suuret seinäaukot voidaan suojata holvilta ripustettavilla pressuilla. Asuinrakennuksissa tämä toimii hyvin, mutta on toimitilakohteissa usein hankalampaa.

Alapuolisena reunakaistojen tukkeina käytetään yleisesti lautaa. Parempi vaihtoehto on kuitenkin käyttää paremmin lämpöä johtavaa materiaalia, esim. ohutta vaneria, lasikuitua tai alumiinikaistaa. Tämä mahdollistaa lämmön paremman siirtymisen alapuolelta saumaan, mikä on erityisesti tärkeää laataston reuna- alueilla.

Tilalämmityksen lämmönlähteinä voidaan käyttää kaasu- tai sähkökäyttöisiä puhaltimia. Optimiratkaisu olisi hyödyntää rakennuksen lopullista lämmönlähdettä, esim. kaukolämpöä, mikäli sitä pystytään tilapäisjärjestelyin käyttämään. Tällä hetkellä valmiudet tähän ovat kuitenkin yleensä heikot. Saumojen lämmittämiseen voidaan käyttää myös niihin suunnattuja säteilylämmittäjiä. Niitä tarvitaan kuitenkin melko paljon, jotta kaikki kriittiset saumat saadaan lämmitettyä. Lämmitettävien saumojen tulee olla taustaltaan suojattuja, kuten tilalämmityksessä.

Perinteinen lankalämmitys

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

Lankalämmityskalusto koostuu seuraavista osista:

- Muuntaja, joka alentaa verkkojännitteen alle 42 volttiin ja toimii tehonsäätö- ja ohjauslaitteena. Muuntajaan kuuluvia ohjauslaitteita ovat tehonsäätökytkin, kytkinkello ja termostaatti.
- Runkokaapelit, joiden avulla virta johdetaan lämmitettävään kohteeseen.
- Kytkentäkaapelit, joilla yhdistetään varsinaiset lämmityslangat runkokaapeleihin.
- Lämmityslangat (2 mm:n muovipäälysteistä teräslankaa).

Langat asennetaan ennen betonointia langoitussuunnitelman mukaan silmukoiksi ja kytketään kytkentäkaapelien avulla runkokaapeleihin. Jokainen rakenne on varustettava vähintään kahdella lankasilmukalla ja langat sidotaan teräksiin joko teipillä tai lämmityslangan pätkillä. Ne eivät saa tulla ulos betonista, eivätkä kosketa puumuotteja, etteivät ne sula poikki tai aiheuta palovaaraa. Ennen betonointia tarkistetaan silmukoiden toiminta ampeerimittarilla.

Lankalämmitys soveltuu erityisesti mm. anturoiden, pilareiden, palkkien, elementtisaumojen ja kylmien rajakohtien lämmittämiseen. Ks. Ratu- kortti 07-3031. Lankalämmityksen suunnitteluohje. Syyskuu 1995.

Lankalämmityksen ongelmana on tilanahtaus esimerkiksi kantavan seinän ja ontelolaattojen välisessä korkeassa ja kapeassa saumassa. Lankoja tarvitaan useita korkeaan ja kapeaan saumaan ja niitä on vaikea asentaa ahtaaseen tilaan luotettavasti siten, että ne eivät vaurioidu valun yhteydessä, eivätkä jää ilman betonipeitettä.

Esim. Onninen Oy ja SLO Oy myyvät Kajote Oy:n valmistamaa betonivaluun asennettavaa johdinta FEML 2, (ks. http://www.kajote.fi/tuotteet/fi_02/pdf/F20220@FEML.pdf). Johdin on PVC- muovilla pinnoitettua 2mm paksua hehkutettua teräslankaa, jonka kokonaispaksuus on 3,3 mm.

Betonin lankalämmitykseen on kehitetty erilaisia vakiovirtalähteitä. Esim. Kempower Oy:n Bekomat 200- virtalähteelle riittää 16 A- sulakkeet. Laitteeseen voidaan kytkeä rinnan 4 kpl lämmityslankoja, kun yhden langan virta on 50A.

Muuntajan ja lämmityslankojen kytkentäperiaate (lämmityslangat vaiheiden väleillä)

Esimerkki 2

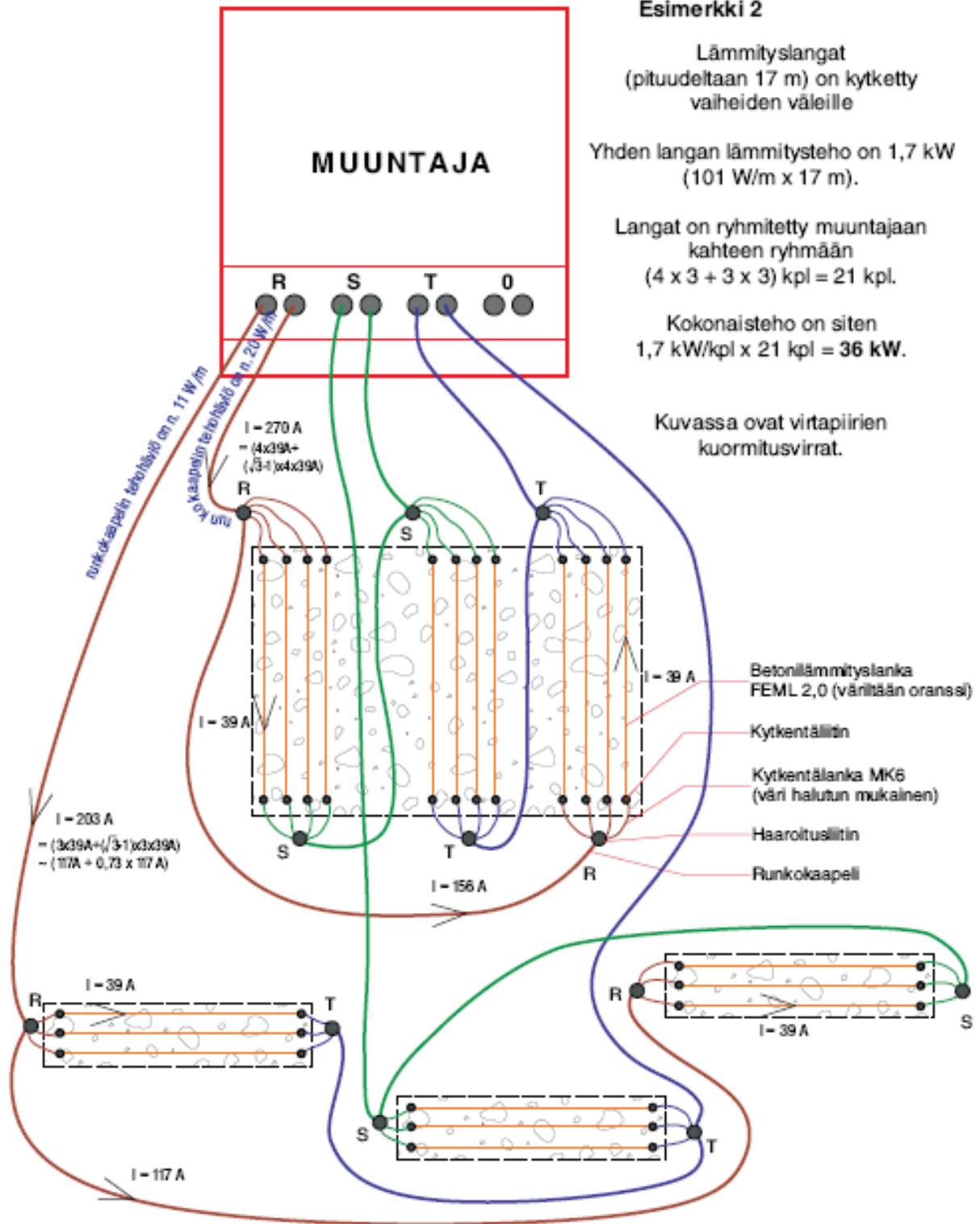
Lämmityslangat
(pituudeltaan 17 m) on kytketty
vaiheiden väleille

Yhden langan lämmitysteho on 1,7 kW
(101 W/m x 17 m).

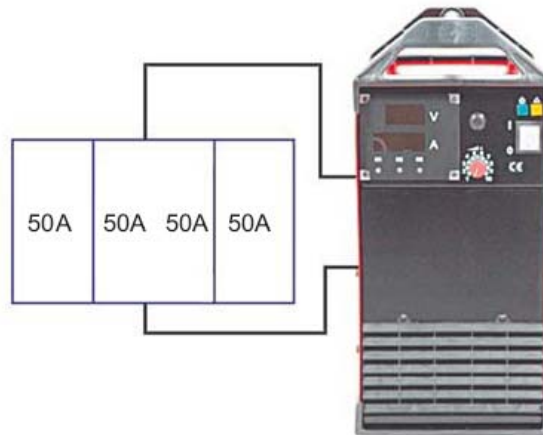
Langat on ryhmitetty muuntajaan
kahteen ryhmään
(4 x 3 + 3 x 3) kpl = 21 kpl.

Kokonaisteho on siten
1,7 kW/kpl x 21 kpl = 36 kW.

Kuvassa ovat virtapiirien
kuormitusvirrat.



Kuva 8. Lankalämmityksen kytkentäperiaate.



Oheisessa taulukossa on esitetty muutamia lämmityslankasilmukoiden pituuksia metreinä eri jänniteitä ja ja lankatehoja käytettäessä. Taulukosta selviää myös vastaava virranvoimakkuus.

	LANKATEHO (W) 40 W / m 50 W / m 60 W / m 70 W / m 80 W / m 90 W / m 100 W / m						
	27A	30 A	32 A	34 A	36 A	37 A	39 A
Vastuslankojen lukumäärä	1 - 7	1 - 6	1 - 6	1 - 5	1 - 5	1 - 5	1 - 5
JÄNNITE	LANKASILMUKAN PITUUS (m)						
16	11	10	9	8	7	6,5	6
18	12	11	10	9	8	7	7
20	14	12	11	10	9	8	8
22	15	13	12	11	10	9	8,5
24	16	14	13	12	11	10	9
28	19	17	15	14	13	12	11
30	21	19	17	15	14	13	12

Kuva 9. Kempower Oy:n Bekomat 200 vakiovirtalähde betonin lankalämmitykseen.

230 V jännitteellä toimivat lämmityskaapelit

Esimerkiksi Ebeco Oy ja Pistesarjat Oy toimittavat betonien lämmittämiseen lämpökaapelia 230 V liitäntäjännitteellä. Kaapelit ovat kertakäyttöisiä ja normaalia lankalämmitystä kalliimpi vaihtoehto.

Lämpökaapeli, joka kiinnitetään betonirauδοitusta vasten, voidaan tosin kytkeä uudelleen myöhemmässä vaiheessa betonin kuivaamista varten. Esim. perustusvaluihin kaapelit voidaan asentaa sekä perustuksen betonin että myöhemmin sen ja yläpuolisen saumavalun lämmittämistä varten.

Ebecon kaapeli on 2- johdintyyppiä ja siinä on ainoastaan yksi kytkentäpää, mikä nopeuttaa sen käyttöä. Järjestelmää löytyy 6 eri pituutta. Kaapelit toimitetaan 2 m liitosjohdolla, jossa on pistotulppa. 85 metriä pitkät kaapeli on varustettu yhdellä 16 A pistotulpalla. 20 ja 35 metriä pitkä kaapelit on varustettu Shuko- tyyppisellä 10A pistotulpalla.

SSTL NRO	Artikkeli	Pituus	Teho
81 761 28	BHS	85 m	3500 W
81 761 29	BHS	85 m	3500 W
81 761 25	BHS	35 m	1400 W
81 761 24	BHS	35 m	1400 W
81 761 23	BHS	20 m	735 W
81 761 20	BHS	10 m	380 W
81 761 26	BHS	3,3 m	130 W



Kuva 10. Ebeco Oy:n lämmityskaapeli.



Kuva 11. Pistesarjat Oy:n lämmityskaapeli.

Pistasarjat Oy:n BET- lämmityskaapeli-elementti on 1- johdinkaapelista valmistettu lämmityskaapeli varustettuna pistotulpalla. Kaapeli kiinnitetään betonirauδοitukseen. Kaapelin teho on noin 33W/m, ks. alla :

SSTL nro	Tyyppi	Pituus (m)	Teho (W)	Vastusarvo Ω toler.
81 751 84	BET 40/1300	40	1300	38-44
81 751 89	BET 90/3000	90	3000	16-19

Ebecolla on myös pylväslämmitin, joka on tarkoitettu seinä- ja pilaribetonien kovettamiseen, lämpimänä pitoon ja kuivaamiseen. Pylväslämmitintä voidaan käyttää useita kertoja. Pylväslämmitin koostuu 4 kaapelista á 4,5 m, joista lämmin osa on 3 m. Kaapeleiden teho on

30W/m ja kokonaisteho 360W. Pylväslämmitin on varustettu 2- napaisella vikavirtasuojakytkimellä 25/0,3A, käytönvalvontalampulla sekä kumikaapelilla, jossa on 10A:n pistotulppa.



Kuva 12. Säteilylämmitin



Kuva 13. Kuumailmapuhaltimet tilalämmittiminä.

6. Seinäelementtien saumavalut

Vaakasaumat

Seinäelementin alapuoliseen vaakasaumaan laitetaan saumausmassa yleensä ennen elementin asennusta, ellei ole varauduttu erillisvaiheena tehtävään jälkisaumakseen, jolloin saumavaran tulee olla vähintään 20 mm. Ennen seinäelementin asennusta on alusta kokonaisuutena puhdistettava lumesta ja jäästä. Viimeistely on luotettavinta tehdä kaasuliekillä. Ontelolaattojen alapuoliset vaakasaumat valetaan yleensä laattojen saumauksen yhteydessä. Ennen valua sauma tukitaan laudoituksella tai pystysaumabetonilla pystysaumapumpun yhteydessä.

Saumausmassan jäätyminen estämiseksi käytetään yleensä pakkasbetonia tai vastaavaa talviuotobetonia. Tämä on välttämätöntä, sillä kylmille elementtipinnoille levitettävä tavanomainen saumausmassa jäätyy nopeasti.

Vaihtoehtoisesti normaalia saumausbetonia käytettäessä elementtien pinnat pitää lämmittää etukäteen ja jatkaa sauman lämmitystä välittömästi saumauksen jälkeen. Tähän menettelyyn liittyy kuitenkin riskejä.

Pystysaumat

Pystysuuntaiset seinäelementtien saumat valetaan yleensä joko ontelolaattojen saumauksen yhteydessä päältä tai pystysaumabetonointina ilman muotteja. Molemmissa vaihtoehdoissa

saumat puhdistetaan lumesta ja jäätä ja viimeistellään kaasuliekillä kuivattamalla. Kaasuliekin käyttö ei kuitenkaan sovellu saumoihin, joissa on eristeenä esim. polyuretaania tai solypolystyreeniä. Pystysaumabetonoinnin yhteydessä sauman puhdistus ja kuivaus kaasuliekillä tehdään välittömästi ennen saumausta. Pumpattavana saumabetonina käytetään talvella talvilaadun pystysaumabetonia, minkä käyttö suositellaan aloitettavaksi keskilämpötilan laskiessa alle +5 °C.

Lämmitystarve

Seinäelementtien alavaakasaumojen minimilujuus ennen seuraavan kerroksen asennusta on vähintään 5 MPa. Tämän lujuuden saavuttaminen kestää -10°C lämpötilassa pakkasbetonia käytettäessä ilman lämmitystä noin neljä päivää. Tätä nopeammalla asennustahdilla tai kylmemmällä säällä on vaakasaumaa lämmitettävä. Kyseeseen tulevat esimerkiksi seuraavat lämmitysmenetelmät:

- Lämmitetään saumaa lämmityslangoilla, kaksi lankaa seinän alapäässä tai saumabetonissa, eristekaistaleet suojaamassa lämmitystä molemmiin puoliin seinää.
- Lämmitetään saumaa ulkoisesti seinän molemmille puolille asetetuilla sähköllä toimivilla lämpömattokaistoilla. Tarkoitukseen soveltuu esimerkiksi ulkolämpötilan mukaan säätyvä lämpömatto, jonka reuna nostetaan seinäelementtiä vasten. Tyypillinen tehontarve tämän tyyppisille matoille on noin 850 W/m².

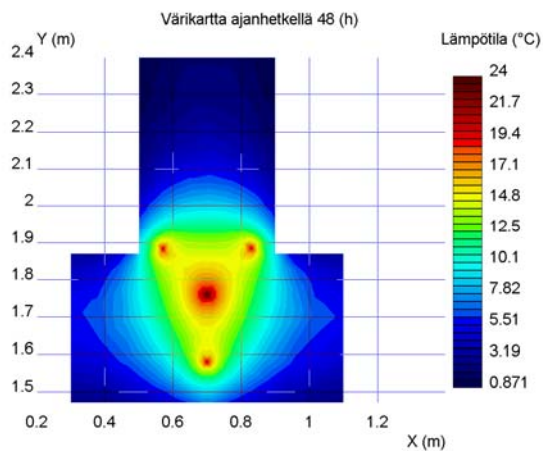
Pystysaumojen lämmitys voidaan toteuttaa lankalämmityksenä tai tilalämmityksellä. Lämmityksen onnistumiseksi sauman tausta on suojattava, ellei se rajoitu eristetilaan.

Saumojen lämpötilan seuraamiseksi on sijoitettava termoelementtipareja saumavaluihin ennalta arvioiden kriittisiin paikkoihin. Sopiva termoelementtien määrä on esimerkiksi puolet nurkista, eri ilmansuunnilta valiten sekä joitakin pisteitä sisäpuolelta runkoa, yleensä kantavan seinän päällä olevasta saumasta ja ontelolaattojen rengasterässaumoista. Lämpötilaa seurataan niin kauan, että voidaan todeta saumavalun lujittuneen riittävästi.

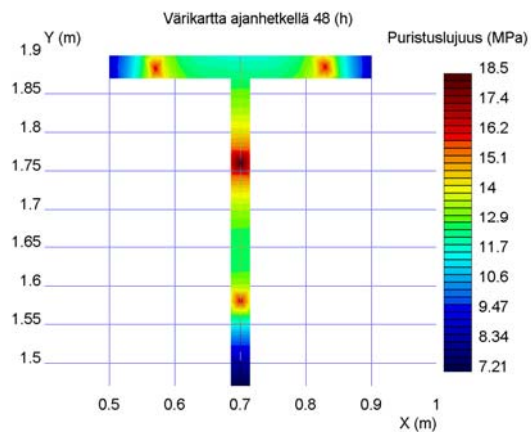
Seuraavassa on 2 laskettua esimerkkiä lankalämmitteisten saumojen lämpötiloista ja lujuuksista.

Esimerkki 1

Ontelolaattojen ja kantavan seinän T- sauma. Lämpötila 0 °C, tuuli 3 m/s. Pakkasbetoni (Rapid-laatu) C25/30 #8 S4. Lämpölangat 35 W/m. Laskentamallissa on 2 vastuslankaa ontelolaattojen saumassa ja 2 vastuslankaa seinän alasaumassa.



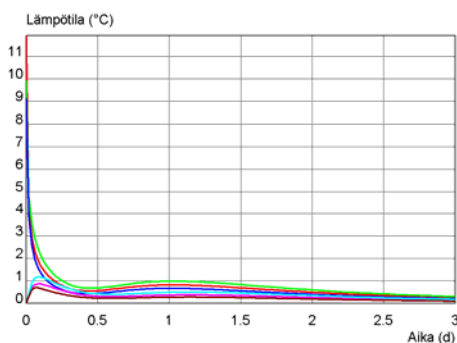
Kuva 14. Sauman lämpötila 48 tunnin kuluttua valusta.



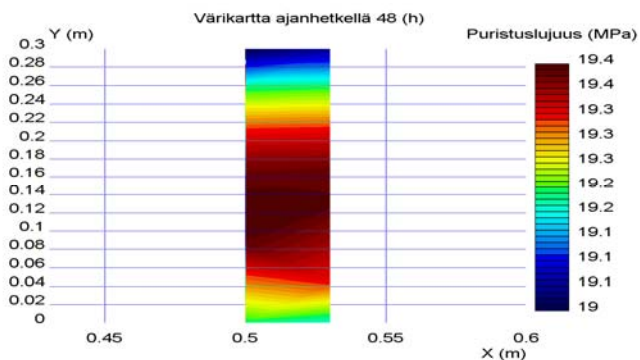
Kuva 15. Saumabetonin lujuus 48 vrk:n kuluttua valusta.

Esimerkki 2

Ontelosauma suojattuna eristelevyllä. Saumassa ei ole lankalämmitystä. Lämpötila 0 °C, tuuli 3 m/s. Pakkasbetoni C25/30 #8 S4.



Kuva 16. Lämpötila ontelolaattojen välisessä saumassa ajan funktiona. Kuvasta nähdään, että saumamassan lämpötila putoaa hyvin nopeasti ympäröivän ulkoilman lämpötilaan.



Kuva 17. Ontelolaattojen välisen sauman lujuus 48 vrk valusta.

7. Pilari- ja palkkielementtien juotosvalut

Pilarin ja palkin liitoksessa vaaditaan usein lujuuksia C40/50 – C50/60. Käyttöselosteen omaavia talvijuotosbetoneja on lujuusluokkaan C50/60 saakka. Talvijuotosbetonienkin kanssa on varauduttava lämmitykseen lujuudenkehityksen varmistamiseksi.

Holkkiliitokset

Pilarien holkkiliitokset voidaan lämmittää helpoimmin tehtaalla holkkielementteihin asennettujen lämmityslankojen avulla. Lämmitys kytketään päälle riittävän ajoissa ennen valua, jotta holkki ehtii lämmitä. Pilarin alapää lämmitetään joko siihen asennetuilla lämmityslangoilla tai säteilylämmityksellä. Liitos suojataan kietomalla se eristematolla tms. eristeellä. Lämpötilan seuranta varten saumaan asennetaan termoelementtipareja.

Pilarijatkokset

Pilarijatkoksissa lämmitetään mahdollisuuksien mukaan pilarien ala- ja yläpäävät niihin sijoitetuilla lämpöangoilla. Sauma voidaan lämmittää ulkopuolelta lämmitysvastuksilla varustetuilla lämpömuoteilla tai ympäri kiedottavalla lämpömatolla. Lämpömuotin etuna on, että se toimii samalla muottirakenteena. Lämpömaton etu on, että se voidaan kietoa liitoksen ympärille pilarin mitoista riippumatta. Lämpötilan seuranta varten asennetaan termoelementtipareja.

Yksikerrospilarin ja palkin liitokset

Lämmitys toteutetaan asentamalla tehtaalla palkkiin lämmityslankasilmukoita, jotka sijoitetaan siten, että ne lämmittävät myös palkkia lävistävät reiät. Vastaavasti pilarin yläpäähän voidaan sijoittaa lämmityslankoja. Liitosta voidaan suojata edellisen kohdan mukaisesti lämpömuoteilla tai lämpömatoilla. Lämmitys on aloitettava riittävän ajoissa, jotta betonipinnat lämpenevät ja mahdollinen lumi tai jää sulaa pois. Esilämmityksessä voidaan hyödyntää esim. halogeenilamppuja suojamaton sisällä. Lämpötilan seuranta varten saumaan asennetaan termoelementtipareja.

Pilarijuotoksia voidaan lämmittää myös lämpömatoilla (ks. esim. Ebeco).

8. Muut saumavalut

Muita saumoja ovat esimerkiksi parveke- elementtien saumat, jotka jäävät pitkäksi ajaksi ulko- olosuhteisiin ja voivat syksyllä tehtynä olla kylmässä useita kuukausia. Liitosten vaadittavasta lujuusluokasta tulee hankkia rakennesuunnittelijalta ohjeet. Tämän pohjalta on valittava tarvittaessa mahdolliset lämmitystavat, joista yleensä kysymykseen tulee vain lankalämmitys.