



BETONIELEMENTTIEN SAUMAVALUT

betoni

BETONIELEMENTTIEN SAUMAVALUT

betoni

BETONIELEMENTTIEN
SAUMAVALUT

Ulkopuoliset kuvälähteet:

Kuvat: 2.1, 2.2, 2.5, 2.6, 2.8, 2.9, 2.10, 2.14 ja 2.15 Parma Betonila Oy

Kuvat: 2.7, 3.2, 3.4, 4.1 ja 5.4 Optiroc Oy Ab

Kuva 5.3 Lohja Rudus Oy Ab

Graafinen suunnittelu
ja taitto

Kari Sundell, Informaatti Ky

Julkaisija

Betonikeskus ry

Kustantaja

Suomen Betonitieto Oy

Copyright

Betonikeskus ry
Suomen Betonitieto Oy

ISBN

952-5075-50-8

Kirjapaino

Forssan Kirjapaino Oy
Forssa 2002

Esipuhe

Betonielementtien onnistuneet juotosvalut ovat edellytys rakennusrungon vakavuudelle ja kuormankantokyvyille, tiiviydelle, palonkestävyydelle sekä hyvälle ääneneristävyydelle.

Tarpeet juotosvalujen uudelle ohjeistukselle johtuvat mm. uusista työtekniikoista ja viranomaismääräyksistä. Kuivatuotteiden ja saumabetonin pumppaus ovat lisääntyneet. Ääneneristyvaatimusten kiristyminen edellyttää tiiviitä juotospintoja. Laatastojen saumaustöiden oikea-aikainen tekeminen on tärkeä osa työmaan kosteudenhallintaa.

Tömaaolosuhteet ovat erityisesti talvella vaikeat hyvän työsuorituksen aikaansaamiseksi. Ohjeessa on käytetty sinistä tekstiä korostamaan talviolosuhteiden huomioonottamista saumavalujen suunnittelussa ja toteuttamisessa.

Ohje on laadittu Teollinen betonirakentaminen TERA 2002- projektissa työryhmällä, johon kuuluivat

Jouko Finne	Parma Betonila Oy
Petri Mattila	P.T. Mattila Ky
Tommi Päivä	NCC Finland Oy
Timo Rautanen	Optiroc Oy Ab
Arto Suikka	Betonikeskus ry
Pekka Vuorinen	Lohja Rudus Oy Ab

Ohjeen käsikirjoituksen on laatinut Petri Mattila.

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
1 Johdanto	5
1.1 Saumaustyön vaatimukset	5
1.2 Talvityöolosuhteet	5
2 Ontelolaataston saumaus	7
2.1 Valmistelevat työt	7
2.2 Asennustoleranssien tarkistus	9
2.3 Massavaihtoehdot	10
2.4 Kovettuminen ja jälkihoito	11
2.5 Märkätilan valut	14
2.6 Liittolaatat	14
2.7 Porrashuoneen tasot ja syöksyt	15
3 Seinäelementtien saumaus	16
3.1 Pystysaumamat	16
3.2 Vaakasaumat	17
4 Pilari-palkkirakenteiden juotosvalut	20
4.1 Pilari-palkkiliitokset	20
4.2 Liittopalkit	21
5 Lujuudenkehityksen laskenta	22
5.1 Lämpötilan seuranta	22
5.2 Lujuudenkehityksen arviointimenetelmät	23
6 Laadunvarmistus	26
Kirjallisuutta	27
Liite 1: Betonityösuunnitelma	28
Liite 2: Saumaustyön tarkistuslista	29

1 Johdanto

1.1 Saumaustyön vaatimukset

Tämän ohjeen tavoitteena on kehittää elementtien saumaustyötä teknisesti ja taloudellisesti nykyistä paremmaksi. Ohjeeseen on kirjattu hyvä saumaustyötapa ja oikea saumausbetonin valinta varsinkin talvella. Saumaustyöt vaativat työnjohdolta erityistä valveutuneisuutta ja valvontaa, joten tämä ohje on suunnattu nimenomaan työmaahenkilöstön, työnjohtajien ja saumatyöntekijöiden käyttöön.

Elementtisaumoille asetetaan esimerkiksi kantavien rakenteiden lujuusvaatimuksia ja osastoivien rakenteiden tiiviysvaatimuksia. Lujuiden merkitys on ilmeinen, mutta usein se jää liian vähälle huomiolle varsinkin talvirakentamisessa. Kuormia siirtävän sauman on saavutettava rungon jäykistämisen kannalta riittävä lujuus ennen kuormituksen siirtymistä saumalle.

Saumojen osastoivia ominaisuuksia ovat palo-osastointi, ääneneristys ja esimerkiksi lämmön, kosteuden tai hajun eristäminen rakennuksen eri tilojen välillä. Vain tiivis sauma suojaa teräksiä korroosiolta. Asuinrakennuksessa sauman on täytettävä kaikki mainitut vaatimukset, minkä lisäksi saumojen tulee olla ulkonäöltään moitteettomia. Vastaavasti epäonnistunut saumaus johtaa riskirakenteeseen; saumaterästen puutteelliseen rakenteelliseen toimintaan ja korroosiosuojaukseen, palo- ja ääniteknisesti heikkoon lopputulokseen, sekä kallisiin korjauksiin.

Saumaustyön vaatimukset kasvavat talvella, sillä saumaussmassan lujuudenkehitys on aina riippuvainen lämpötilasta. Siksi tässä ohjeessa painotetaan eri rakenneosia käsiteltäessä erityisesti talviajan olosuhteita.

Saumojen lujuusvaatimukset eri työvaiheissa on aina tarkistettava rakennesuunnittelijalta. Erityisesti on muistettava selvittää elementtitekien poistamiseen vaadittava saumojen lujuus.

Saumamassatoimittajan antamien lujuudenkehitystietojen perusteella valitaan haluttuun rungon pystytysaikatauluun soveltuvat betonit ja talvella tarvittavat lämmitysmenetelmät.

Yli kahdeksankerroksisten rakennusten kantavien rakenteiden saumaukset tulee tehdä 1. lk:n betonityönjohtajan valvonnassa Betoninormien määräysten ja ohjeiden mukaisesti.

1.2 Talvityöolosuhteet

Tavallinen betoni jäätyy, kun lämpötila laskee alle 0 °C ja sen lujuudenkehitys hidastuu merkittävästi, kun lämpötila laskee alle + 5 °C. Lämpötilojen ennustamisen epävarmuuden vuoksi jäätymiseen on varauduttava ja talvityöohjeita noudatettava, kun lämpötila voi ennusteiden perusteella laskea + 5 °C alapuolelle, tai elementtien lämpötila saumaushetkellä on alle + 5 °C. Käytännössä talvityöolosuhteiden kesto on Etelä-Suomessa noin 7 kk (lokakuu-huhtikuu) ja Pohjois-Suomessa noin 8 kk (syyskuu - huhtikuu).

Talvityön aiheuttamat keskeiset muutokset työhön ovat

- sauman pitäminen puhtaana lumesta ja jäästä tai saumojen puhdistus ennen saumausta,
- saumausbetonin jäätyminen estäminen tai pakkasbetonin käyttäminen ja
- saumojen lämpötilojen seuranta ja rakennuksen asennusaikaisen stabiliteetin varmistaminen huolehtimalla saumojen riittävästä lujuudenkehityksestä.

Saumojen lujuudenkehitys

Saumabetonin jäätyminen on estettävä kaikissa olosuhteissa vähintään niin kauan, kunnes betoni on saavuttanut jäätymlujuuden 5 MN/m². Ennenaikainen jäätyminen alentaa

saumabetonin loppulujuutta, minkä lisäksi raudoituksen tartunta häviää lähes kokonaan betonin jäätyessä tuoreena.

Jäätyminen voidaan estää riittävällä lämmityksellä tai käyttämällä betonissa jätymistä estäviä lisäaineita, jotka alentavat veden jäätympistettä, estävät betonia vahingoittavan jään syntymisen ja mahdollistavat lujuuden kehittymisen myös pakkasessa. Lämpimän betonimassan käyttäminen ei estä jätymistä, sillä kylmä elementtipinta jäädyttää suhteellisen ohuen sauman nopeasti. On muistettava, että pelkkä pakkasbetonin käyttäminen ei läheskään aina ole riittävä varmistus saumojen riittävälle lujuudenkehitykselle, vaan usein alle

-5 °C lämpötiloissa tarvitaan lisälämmitystä. Parhaimmillaan pakkasbetoni on +5 °C... -5 °C lämpötiloissa.

Lujuudenkehityksen kannalta kriittisiä ovat saumat, jotka toimivat rungon rakennusaikaisessa jäykistämässä tai elementtien kiinnityksessä. Näitä saumoja ovat

- elementtien vaakasaumat,
- jäykistävät tai kuormia siirtävät elementtien väliset pystysaumamat,
- ontelolaattojen ja muiden laattojen saumat,
- seinäelementtien kiinnitykset laattoihin ja
- kantavien parvekerakenteiden saumat.

2 Ontelolaataston saumaus

Välipohjalaatasto sidotaan saumaterästen ja -valujen avulla yhtenäiseksi, jäykäksi levyksi, joten saumavalujen onnistuminen on sekä rakenteellisesti että ääniteknisesti toimivan välipohjan perusedellytys. Luotettavalla ja toimivalla saumausmenetelmällä varmistetaan myös työmaan eteneminen aikataulun mukaisesti.

Työmaan nopeutta, taloudellisuutta ja laatua edistävä tavoite on kaikkien holviin liittyvien betonointitöiden teko yhdellä kertaa ontelolaattojen paikoilleen noston jälkeen. Esimerkiksi märkätilojen lattiat, hormien tukkovalut ja lämpöjohtonousujen lävistyksiset valetaan saumausten yhteydessä kuhunkin kohteeseen parhaiten soveltuvalla betonimassalla.

Pienikin rako pilaa ääneneristyksen, joten erityistä huomiota on kiinnitettävä kaikkien sauma- ja jälkivalujen, kuten hormien sekä sähkö- ja lämmitysputkien lävistysten, tiivi-



Kuva 2.1 Ontelolaataston saumaus kahtena eri työvaiheena.

teen. Viemärin alamutka on syytä betonoida samalla kuin ontelolaatan saumat. Muutoin on käytettävä riittävästi valuaukkoja ja varmistuttava valun yhtenäisyydestä.

2.1 Valmistelevat työt

Saumapintojen puhdistus

Sauman puhdistaminen on hidasta ja kallista, joten asennuksen jälkeen saumat valetaan mahdollisimman nopeasti täyteen.

Talvityön suurin ongelma on saumoihin pääsyt lumi. Lähtökohtana tulee olla, että laatasto tai vähintään sen saumat suojataan välittömästi ontelolaattojen asentamisen jälkeen, mikäli lumisateesta on vaaraa. Suojana voidaan käyttää pienikokoisia suojapeitteitä, tai mieluiten eristettyjä lämpöpeitteitä. Peitteiden tulee kestää nosturikäsitteily poistettaessa pieniä lumimääriä sekä olla riittävän keveitä, jotta niitä on helppo siirrellä käsivoimin. Lämpöpeitteitä ja suojapeitteitä käytetään myös valun jälkeen holvin lämpösuojauksessa, kun alapuolelle on asennettu esimerkiksi säteily- tai puhallinlämmitys.

Jos saumoissa kuitenkin on irtolunta ja roskia, kuten sahanpurua, puhdistetaan ne ennen saumausta esimerkiksi paineilmalla. Sauma saa olla kostea, mutta ei märkä. Höyrysulatusta ei saa käyttää, sillä höyrystä tiivistyvä vesi voi jäätyä saumaan ennen betonivalua ja estää saumabetonin kunnollisen tartunnan. Niinpä jää sulatetaan esimerkiksi kaasuliekillä. Kaasuliekkä ei kuitenkaan voida käyttää saumoissa, joissa on muovisia sähköputkia, muovisia ontelolaatan suojatulppia tai lämmössä sulavia eristemateriaaleja. Talvella suositeltavin tapa on lämmittää laattakenttää alhaaltapäin saumojen lujituksenkehityksen varmistamiseksi.

Saumaterästen asennus

Rakennesuunnittelijan tulee suunnitella saumaraudoitteet siten, että ne mahtuvat niille varattuun tilaan ja sauma voidaan valaa täyteen. Saumaterästen tulee sijaita laatan korkeuden puolivälin alapuolella, mutta niitä ei saa asentaa sauman pohjalle, jossa terästen tartunta betoniin jäisi huonoksi. Raudoittaja asentaa kaikki laataston saumateräkset ja muut teräsovat suunnitelmien mukaan käyttäen asennusvälikkeitä tai esimerkiksi päistään alastaivutettuja teräksiä. Laatasta kiertävät rengasteräkset tulee ankkuroida huolellisesti suunnitelmien mukaisesti, jotta taso toimii levyrakenteena ja välttytään esimerkiksi laattasaumojen halkeilulta.

Sähköputkien asennus

Sähköputket asennetaan ensisijaisesti suunnitelmien mukaisesti onteloihin. Saumoihin sijoitettavat putket asennetaan saumaterästen jälkeen, ja yhteen saumaan saa asentaa kor-



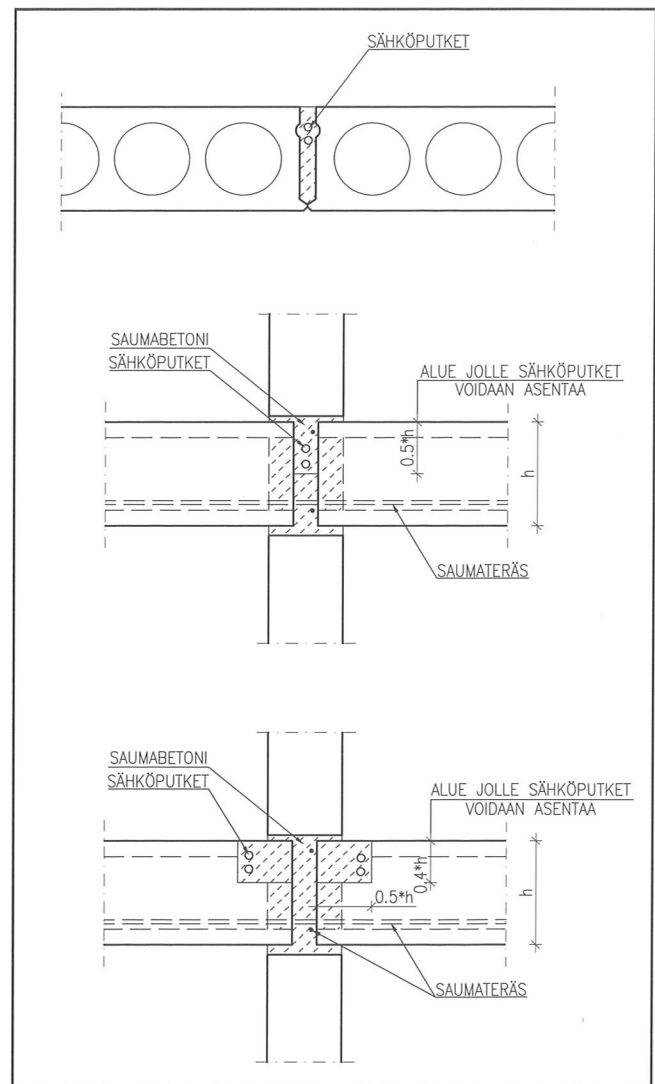
Kuva 2.2 Saumoihin asennetaan ennen juotosvalua tarvittavat saumateräkset, tukiraudat ja ontelotulppaukset.

keintaan kolme sähköputkea. Putket asennetaan kuvan 2.3. mukaisesti niin, että saumabetoni voidaan tiivistää luotettavasti. Tarvittaessa sauma valetaan kahdessa vaiheessa.

Reikien ja varauskolojen teko

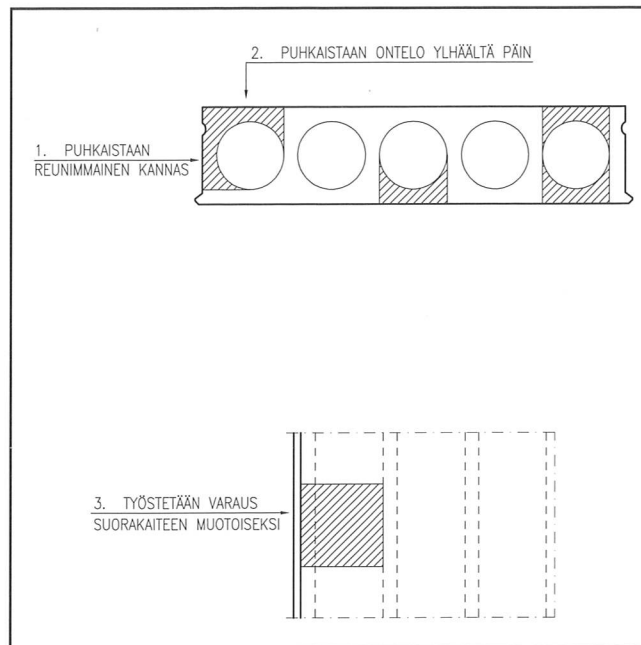
Työmaalla laattoihin ontelon kohdalle tehtävät reiät tehdään rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan. Tavallisesti reikiä voi olla enintään kolme samassa poikkileikkauksessa, mutta tyyppiä O32, O37, O40 ja O50 olevissa laatoissa sallitaan samassa poikkileikkauksessa vain kaksi reikää. Yleensä pienet onteloiden kohdalle tulevat reiät tehdään työmaalla.

Mikäli laataston reunaan tulevien kiinnitysosien tarvitsemat kolot tehdään työmaalla, on otettava huomioon, että kolon teko ei saa vau-



Kuva 2.3 Sähköputkien sijainti ontelolaattojen saumoissa.

rioittaa laattaa eivätkä jänneteräksset saa jäädä näkyviin. Laataston reunaonteloon voidaan tehdä kiinnityksiä puhkaisemalla reunakanaksen yläosa ja lohkaisemalla ontelon yläpuolinen betoni lyhyeltä matkalta. Tartuntateräksset valetaan ontelon sisään. Varaus suositellaan tehtäväksi elementtitehtaalla



Kuva 2.4 Ontelolaattojen reunakolon teko työmaalla.

Varauskolojen ja reunakaistojen muotitus

Varauksien tekemisessä suositellaan käytettäväksi valmiita yleensä peltisiä läpivientiosia, joskin myös esimerkiksi vanerimuoteilla on mahdollista valmistaa tehokkaasti kerroksittain toistuvat varausreiät. Näissä paikallatehtävät horminoutsut ja läpimenot voidaan tuke-laudoittaa esimerkiksi vaneri- tai teräslevyllä, johon on tehty tarvittava määrä läpivientireikiä talotekniikan viemiseksi seuraavaan kerrokseen. Laataston reunalla läpivientiosa sijoitetaan jälkivalukaistaan, mutta päädyissä ontelolaattaan on tehtävä reikä.

Reunakaistat ovat yleensä vain noin 100 mm leveitä, joten muottipaine ei nouse suureksi. Niinpä ne muotitetaan yleensä rimoituksella tuetulla tukelaudoituksella. Leveämmät kaistat muotitetaan esimerkiksi vanerilla.



Kuva 2.5 Peltinen putkien läpivientiosa juotosvalun muottina.

Vesireikien poraus

Tehtaalla porataan ontelolaatan alapintaan \varnothing 10 mm vesireiät noin 500...1500 mm:n etäisyydelle laatan molemmista päistä. Vesireiät porataan työmaalla, mikäli laatat asennetaan vinoon tai ontelon jälkivalu, kylpyhuonelaattojen (O27K ja O32K) madallettu umpibetoni- osuus, seinän s-pistekiinnitysvalu tai muu vastaava estää veden valumisen vakiovesirei'istä. Yleensä riittää kaksi reikää onteloa kohden, yksi kummassakin päässä. Normaaliala suuremmat vesireiät (esimerkiksi pysäköintitaloissa suosituskoko on vähintään 20 mm) tehdään työmaalla.

Onteloiden vedenpoistoreiät tulee tehdä mahdollisimman nopeasti laattojen asentamisen jälkeen jäätymisvaurioiden välttämiseksi ja välipohjarakenteen kuivumisen jouduttamiseksi. Vedenpoistoreiät saattavat rakennustyön aikana tukkeutua, joten reiät on tarkistettava välittömästi sauma- ja juotosvalujen jälkeen, jolloin mahdollisesti tukkeutuneet reiät avataan. Vesireiät täytetään vasta juuri ennen katon pintatöitä. Ulkotiloissa olevien laattojen vesireikiä ei saa tukkia.

2.2 Asennustoleranssien tarkistus

Ontelolaattojen liitos kantavien seinien ja ulko-seinien päällä on usein erittäin ahdas, mikä voi vaikeuttaa kunnollista sauman raudoittamista

ja betonointia. Tilannetta vaikeuttavat saumoihin asennettavat sähköputket. Sauman puutteellinen tiiviys johtaa huonoon äänieristykseen, joten juotosbetoni on levitettävä huolellisesti niin, että saumaan ei jää ilmarakoja. Eriytyisesti huolehditaan betonin tiiviyydestä asennuspalojen ympäristössä.

Kantavien seinien päälle asennettavien ontelolaattojen päiden väliin jäävän saumaleveyden tulee asentamisen jälkeen olla vähintään 40 mm (tavoiteleveys vähintään 50 mm). Ontelolaattojen ja niiden alla olevan kantavan seinän välisen sauman suunnittelukorkeus tulee olla vähintään 25 mm, jotta jälkisaumattavilta juotosaumoilta vaadittava minimikorkeus 20 mm toteutuisi myös käytännössä.

Laattojen asennustyössä ja sen jälkeen tulee tarkistaa ainakin seuraavat asiat:

- Seinien lähtökorko.
- Ontelolaattojen alapuolisen sauman korkeuden oltava vähintään 15 mm.
- Ontelolaattojen alapuolinen hammastus.
- Ontelolaattojen kaarevuudet.
- Ontelolaattojen päiden välisen sauman minimileveys on vähintään 40 mm.
- Ontelolaatat ovat tiiviisti rinnakkain.
- Ontelolaattojen tukipinta on vähintään 40 mm.
- Hormilävistyksen sijaitsevat suunnitelmien mukaisella paikalla.

2.3 Massavaihtoehdot

Saumausbetonin lujuus ilmoitetaan rakennepiirustuksissa. Saumamassa on valittava olosuhteet huomioon ottaen niin, että sauma saavuttaa riittävän lujuuden ennen nostokannasten ja työnaikaisten tuentojen poistamista tai laataston kuormittamista. Kiviaineksen maksimiraekoko on yleensä 4 tai 8 mm. Jos sauma-

massaa pitää notkistaa työmaalla notkistavalla lisäaineella on se tehtävä työnjohtajan valvonnassa. Kyseessä on rakenteellinen betoni, joten veden lisääminen massaun työmaalla on kielletty. Saumabetonin menekki pituussaumassa on noin 5 (O15)...19 (O50) litraa metrille.

Saumavalu nostoastialla

Valmisbetoni valutetaan nostoastiasta valusukan kautta suoraan ontelolaatan saumoihin samalla sauvatäryttimellä tiivistäen. Nostoastialvalussa tarvitaan nosturi.

Saumavalu pumppaamalla

Valmisbetonin pumppaus on tehokkain tapa ontelolaatan saumaukseen. Tyypillisesti pumppaukseen käytetään kuljetuspumppuautoa (Pumi) tai erityistä saumapumppua. Pumppauksen suunnittelussa on otettava huomioon betonivalmistajan ohjeet esimerkiksi pumppulinjastojen pituudesta ja letkun



Kuva 2.6 Nostoastialvalu.

Taulukko 2.1 Saumabetonin ohjeellinen menekki eri ontelolaattatyypeissä.

Tyyppi	O15	O18	O20	O27	O32	O37 ja O40	O50
Menekki l/m	5	6	7	11	13	n. 15	19

paksuudesta, jonka tulee yleensä olla vähintään 65 mm. Helposti käsiteltävän ohuen letkun pumppausvastus on suuri, joten se tukkeutuu helposti. Myös pumppaamalla valettu sauma on aina tiivistettävä huolellisesti esimerkiksi täryttämällä.

Betonivalmistajan saumaukseen tarkoittama betonimassa soveltuu yleensä sekä nostoastiavaluun että pumppattavaksi. Tyypillinen lujuusluokka on K30 tai K40 ja suurin raekoko 8 mm.

Kylmänä vuodenaikana käytetään pakkasbetonia, tai lämpöpiteillä suojattua ontelolaatatenttä lämmitetään alhaaltapäin, jolloin voidaan käyttää tavallista saumabetonia. Pakkasbetoni ainoastaan varmistaa sen, että betoni ei vaurioidu jäätyessään. Lujuudenkehitys riippuu rakenteen lämpötilasta ja se on tarkastettava kriittisissä kohdissa erikseen.

Saumavalu kuivabetonilla

Ontelosaumabetoni toimitetaan työmaalle kuivatuotteena siilossa. Työmaalla massaan lisätään vesi esimerkiksi jatkuvatoimisessa ruuvi-



Kuva 2.7 Ontelolaataston saumaus pumppamalla.



Kuva 2.8 Laataston saumapumppausta itsetiivistyvällä kuivabetonilla.

sekoittimessa. Saumabetoni pumpataan saumapumpulla ja tyypillisesti ohuella 35...50 mm:n letkulla suoraan saumaan. Betonin notkeudesta ja pienestä raekoosta johtuen pumppauspaine riittää tiivistämään sauman, sillä massa myös paisuu hieman ennen sitoutumisen alkamista. Saumapinnat tasataan.

Saumabetonin talviresepti kovettuu vielä -15 °C:ssa, mutta alhaisissa lämpötiloissa lujuudenkehityksen nopeus on syytä tarkistaa.

Usein sama urakoitsija vastaa sekä seinien pystysaumojen että ontelolaattojen vaakasaumojen tekemisestä. Pumpattavaa kuivatuotetta käytettäessä ei saumavalun aikana tarvita torinosturia. Lisäksi kuivabetonia on työmaalla käytettävissä myös muihin pienvaluihin.

2.4 Kovettuminen ja jälkihoito

Saumaustyön jälkeen laataston pinta puhdistetaan huolellisesti esimerkiksi harjaamalla tasoitteen tai pintabetonin tartunnan varmistamiseksi. Lattiatasoitteen menekin pienentämiseksi on sauma tasattava huolellisesti esimerkiksi teräslipillä. Jos laattaa on määrätty valettavaksi pintabetoni, jätetään sauma 20 mm vajaaksi betonin hyvän tartunnan varmistamiseksi. Betoni- ja sementtiliimavalumat poistetaan myös laataston alapinnasta esimerkiksi harjaamalla. Valettu sauma on syytä suojata betonin yleisiä jälkihoitokeinoja käyttäen.

Taulukko 2.2 Saumabetonien ja -laastien valintataulukko.

	Valmisbetoni		Kuivabetoni	
	Kesä	Talvi	Kesä	Talvi
Ontelolaattasauma	K30, K35 tai K40, 0-1 tai 1-2 sVB, #8 mm	Yleensä sauman lämmitys	Ontelosauma-betoni	Talviresepti ja lämmitys
Seinän pystysauma	Nesteytetty #4 tai #8 mm.	Lisäksi sauman lämmitys	Pumpattava pystysauma-betoni	Talvilaatu. Tarvittaessa lämmitys.
Seinän vaakasauma	–	–	Sem.laasti S30 tai Kuivabetoni K40	Talvilaasti K30
Pienet juotokset	–	–	Juotosbetoni 1000/3 K70 600/3 K50	Talvijuotosbetoni K40
Huomattavaa	Lujuusvaatimus suunnittelijalta! Lujuudenkehitys toimittajalta! Saumat puhtaasti ja sulat! Laastin lujuus vähintään 70 % seinäelementin suunnittelulujuudesta! Lämmitys suunniteltava!			



Kuva 2.9 Ontelolaattojen saumat harjataan alapuolelta puhtaaksi.



Kuva 2.10 Sauman viimeistelyä lastalla.

Kohdassa 5. esitetään saumamassojen lujuudenkehitysesimerkkejä eri ympäristöolosuhteissa.

Ontelolaataston lämmitys

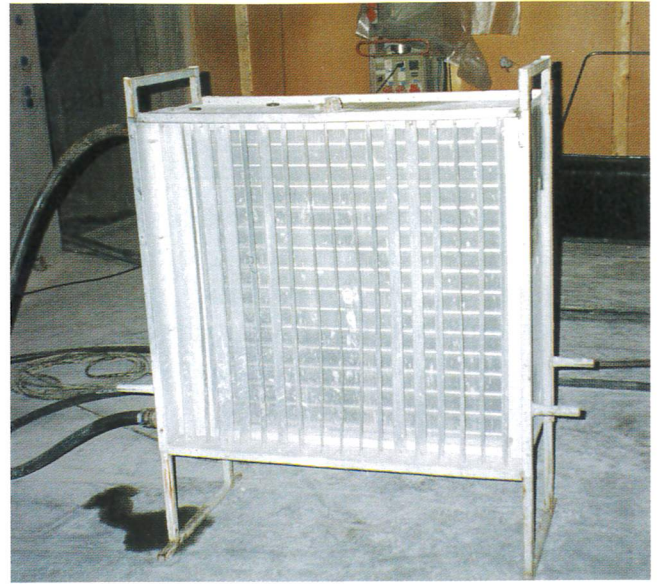
Kylmänä vuodenaikana holvi on hyvä suojata lämpöpeitteillä ja käyttää säteilylämmitystä tai tilalämmitystä. Alapuolisen tilan lämmitys tulee aloittaa edellisenä päivänä, jolloin laatasto ehtii lämmitä ja mahdollisesti saumoihin päässyt lumi tai jää ehtii sulaa ja saumat kuivua. Lämmittämällä alapuolista tilaa noin 2...3 päivää valun jälkeen varmistetaan saumojen riittävä lujuudenkehitys seuraavien kerrosten elementtien asennusta varten. Säteilylämmityksen etuna on, että teho kohdistuu vain laatastoon, eikä säteilylämmitys tarvitse sähköä. Tilalämmitys taas lämmitteää ja kuivaa tilan tasaisemmin.

Holvin suojaus toimii myös jälkihoitona ehkäisten saumabetonin pinnan liian nopeaa kuivumista ja kuivumiskutistumien syntymistä. Toisinaan riittää saumojen suojaus kaistapeitteillä. Lämmitystä varten ikkunoiden tulee olla valmiiksi asennettuina tai aukot on suojattava muovilla. Suuret aukot seinissä voidaan suojata holvilta ripustettavilla suojapeitteillä.

Valujen aikaisen lämmityksen jälkeenkin tulisi jatkaa tilan lämmittämistä sen kuivattamiseksi ja hyvien työskentelyolosuhteiden luomiseksi. Optimiratkaisu olisi hyödyntää kohteen omaa lämmitysenergiaa, erityisesti edullista kaukolämpöä. Tämä on mahdollista, mikäli kaukolämpökeskus asennetaan aikaisessa vaiheessa ja runkolinjoista varaudutaan ottamaan ener-



Kuva 2.11 Kaasutoimiset säteilylämmittimet suuntaavat lämmön holviin.



Kuva 2.12 Kaukolämpöä kannattaa käyttää työmaan lämmitykseen myös puhaltimien avulla.



Kuva 2.13 Holvi suojataan lämpöpeitoilla ja presuilla heti valun jälkeen.

giaa tilapäislämmitykseen letkujen avulla. Lämmityslaitteina voidaan käyttää suuritehoisia puhaltimia esimerkiksi porrashuoneissa. Lankalämmitys on usein ainoa vaihtoehto kriittisten saumojen lämmittämiseksi avonaisissa toimistorakennuksissa. Käytettävien jopa 500 mm paksujen ontelolaattojen saumoissa tilanahtaus ei muodostu ongelmaksi. Asuntorakentamisessa lankoja voi olla vaikea asentaa ahtaaseen tilaan siten, että ne eivät vaurioidu valun yhteydessä eivätkä jää ilman betonipeitettä (KONE-RATU 07-3031, Lankalämmityksen suunnitteluohje).

2.5 Märkätilan valut

Valamaton märkätilasyvennys kerää työmaalla helposti roskaa ja vettä. Niinpä kaatolattiat suositellaan valettavaksi saumavalujen ja muiden holvin täyttövalujen yhteydessä. Betonityyppiä valittaessa tulee ottaa huomioon valun kuivuminen ja kutistuminen niin, että paksuihin jälkivaluihin valitaan saumabetonia nopeammin kuivuva betonilaatu, jonka raekoko on valupaksuus huomioon ottaen mahdollisimman suuri.

LVI-asennusten jääminen jälkeen muusta työstä hidastaa koko työmaan kulkua, joten viemäriputkien ja pystyhormien varausten asennuksen pitää edetä elementtiasennuksen tahdissa.



Kuva 2.14 Märkätilan lattian valaminen rungon nostamisen yhteydessä antaa betonin kuivumisella lisää aikaa.

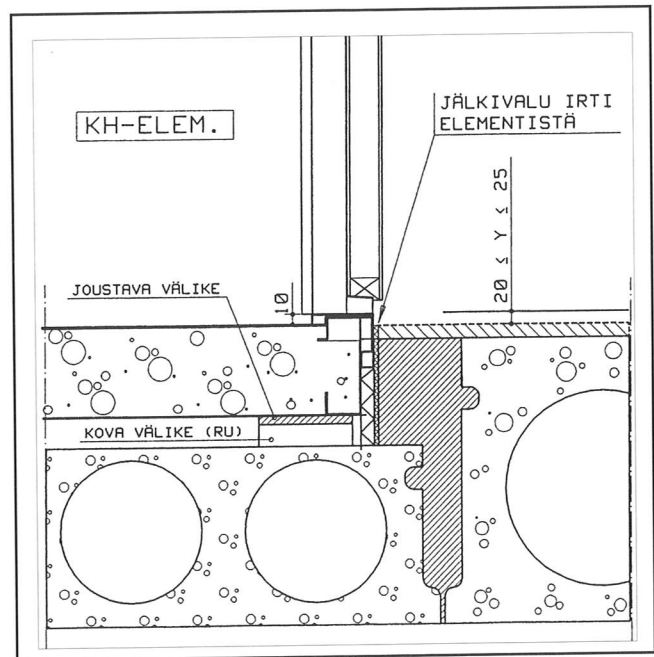
Esivalmistetut viemärihaaroitukset antavat mahdollisuuden välittömään nopeaan asennukseen ontelolaatta-asennuksen jälkeen. Samoin pyritään käyttämään esivalmisteisia lämpö- ja sähköputkien läpimeno-sarjoja.

Tilaelementtien ympäröysvalut.

Markkinoilla olevien teräsohutlevyrakenteisten tai kalkkihiekkatiileistä muurattavien märkätilaelementtien ja muiden rakennusosien saumauksessa on noudatettava valmistajien ohjeita niin, että saumauksella tai jälkivaluilla ei heikennetä rakennuksen ääniteknistä toimintaa. Tilaelementtien pohjalaatta erotetaan alapuolisesta rakenteesta asennuspaloilla ja



Kuva 2.15 Esivalmistetut viemärihaaroitukset ontelolaattojen päälle asennettuina.



Kuva 2.16 Tilaelementtien ympäröysvaludetalji.

jälkivalusta eristekaistalla runkoäänien etene-
misen estämiseksi. Erityistä huomiota on kiin-
nitettävä märkätilaelementin alle mahdollises-
ti jäävän veden poistamiseen ja jälkivalujen
kuivumiseen.

2.6 Liittolaatat

Ontelolaatta + pintabetoni

Ontelolaatan saumat valetaan tavalliseen ta-
paan, mutta jätetään 20 mm vajaaksi, jolloin
pintabetonin tartunta paranee. Tartuntaa voi-
daan parantaa entisestään karhentamalla onte-

lolaatan yläpinta elementtitehtaalla. Pintabetoni valetaan ohjeen Betonilattiat (BLY 7/by 45) mukaan.

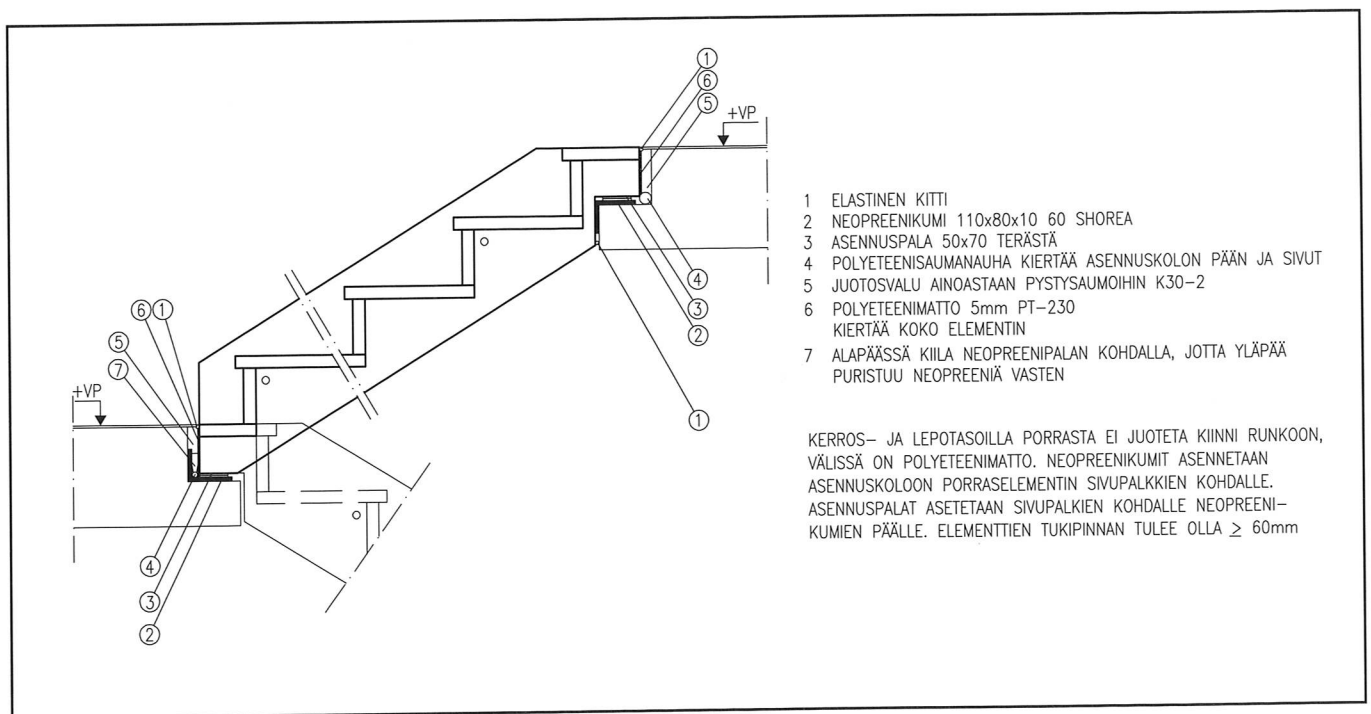
Liittolaatta + jälkivalu

Liittolaatan pintavalu betonoidaan noudattaen tavanomaisia paikallavaluohjeita. Merkittävin ero on pintabetonin tartunnan varmistaminen muottina toimivaan liittolaattaelementtiin. Ennen valua on varmistettava, että elementti, sen urien pohjat ja pystypinnat, ovat puhtaita kaikesta kiinteästä liasta, kuten öljystä, betonipölystä, sahajauhasta, lumesta ja jäädästä. Valuun

ryhdyttäessä laatan pinnalla ei saa olla irtovettä. Talvella laatta sulatetaan ennen valua.

2.7 Porrashuoneen tasot ja syöksyt

Jälkivalut on tehtävä huolellisesti elementtitoimittajan ohjeita noudattaen niin, että ääneneristystä ei pilata. Sauman yli ei saa viedä kovia pintamateriaaleja eikä juotoksia, vaan saumoissa on käytettävä elastista kittausta ja pintamateriaalina esimerkiksi muovimattoa.



Kuva 2.17 Kerros- ja lepotosoliitoksissa tulee jälkivalua tehtäessä ottaa äänitekniset vaatimukset huomioon.

3 Seinäelementtien saumaus

3.1 Pystysaumamat

Saumateräksket

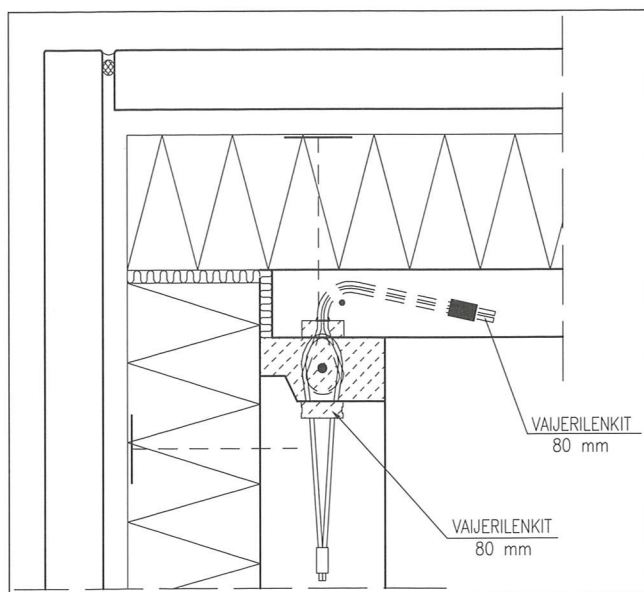
Sauman vaarnaraidoituksena käytetään joustavia vaijerilenkkejä, jotka helpottavat elementtien asennusta. Saumaan asennetaan myös harjateräs pystyyn suunnittelijan ohjeen mukaisesti. Sauman valamisessa on kaksi päätekniikkaa: sauma joko muotitetaan ja valetaan notkealla massalla päältä tai sauma pumpataan tarkoitukseen kehitetyllä erikoismassalla.

Saumavalu muotittamalla

Valu muotitetaan tukelaudoituksella. Ennen saumaustyötä on tarkistettava, että laudoitus on tuettu kunnolla ja muutenkin rakennettu niin, että saumamassa ei jää pinnasta koholle. Työnsuorituksen on oltava niin huolellinen, että koko sauma täyttyy luotettavasti.

Saumavalu kuivabetonilla

Huolellisesti pumpatun pystysaumavalun tuloksena saadaan tiivis sauma ilman jälkitöitä. Parhaimmillaan menetelmä on, kun elementtien välisen sauman leveys on 30...50 mm, min-



Kuva 3.1 Vaijerilenkit.



Kuva 3.2 Pystysauman betonointia pumppaamalla.

kä lisäksi vaarnamuoto estää saumabetonin valumista ulos. Täysin sileän pystysaumapinnan tartunta on huono, ja liitoksen 'pimeät' nurkat lisäävät epäonnistumisen vaaraa.

Betonielementtien pystysaumauksessa käytetään tarkoitukseen kehitettyjä erikoismassoja, jotka ovat oikeaa vesimäärää käytettäessä valumattomia, ja niillä on erityisen hyvä tarttuvuus betoniin. Kovettunut betoni on myös pakkasenkestävää.

Massan suurin raekoko on 3 mm ja sen lujuudenkehitys on nopeaa niin, että +20 °C lämpötilassa se saavuttaa yhden vuorokauden iässä lujuuden 15 MN/m² ja seitsemän vuorokauden iässä lujuus on 30 MN/m². Alimmassa +5 °C



Kuva 3.3 Pystysaumabetonin valmistusta hollilla.

käyttölämpötilassa sauma saavuttaa yhdessä vuorokaudessa jäätymislujuuden 5 MN/m^2 ja 28:ssa vuorokaudessa lujuus on 30 MN/m^2 .

Kun lämpötila laskee alle $+5 \text{ }^\circ\text{C}$:n käytetään talvitöihin kehitettyä saumamassaa. Sen alin käyttölämpötila ilman lisälämmitystä tai suojausta on $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, missä lämpötilassa se saavuttaa 5 MN/m^2 :n lujuuden alle seitsemässä vuorokaudessa. Ennen työhön ryhtymistä on varmistuttava siitä, että sauma on puhdas ja sula.

Ennen työn aloitusta on tarkistettava, että sauma on puhdas ja imukykyinen (ei irtovettä eikä jäätä). Massa sekoitetaan työkohteessa esimerkiksi ruuvisekoittajalla, johon kuivatuote lapioidaan suursäkistä tai käytetään suursäkiä. Sekoituksen jälkeen massa pumpataan saumaan ja tasataan teräslastalla. Molemmilta puolilta avoimen sauman toiselle puolelle asennetaan pumppauksen ajaksi stopparilauta, joka poistetaan massan alettua sitoutua, minkä jälkeen sauma viimeistellään. Pystysaumabetonia ei tärytetä missään vaiheessa.

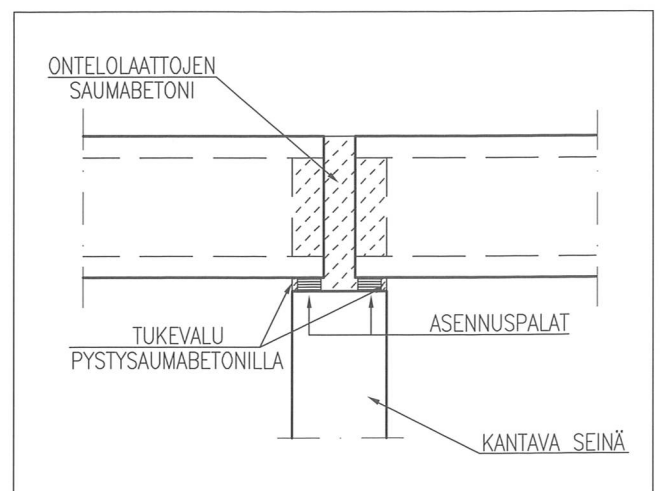
3.2 Vaakasaumat

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan B4, Betonirakenteet (betoninormit) mukaan jälkivalettavan ontelolaatan ja seinän välisen vaakasauman paksuuden tulee olla vähintään



Kuva 3.4 Vaakasauman betonointi pumppaamalla.

20 mm. Jos laasti levitetään ennen asennusta, riittää vähintään 10 mm:n kerros. Saumauslaastin lujuuden on oltava vähintään 70 % liittyvien seinäelementtien suunnittelulujuudesta. Elementtien yläsaumat, tappikolot ja läpiviennit voidaan valaa pumpattavalla pystysaumamassalla (kuva 3.4). Varsinainen ontelolaatan sauma valetaan kohdan 2.1 mukaisesti.



Kuva 3.5 Pystysauma- ja ontelosaumabetonin yhteiskäyttö.

Valumassat

Seinäelementtien alasaumat voi valaa kuiva-laastista Sementtilaasti S30, jonka lujuus on K30 ja suurin raekoko on 3 mm. Talvivaluihin valitaan Talvilaasti K30.

Sähköputkitukset

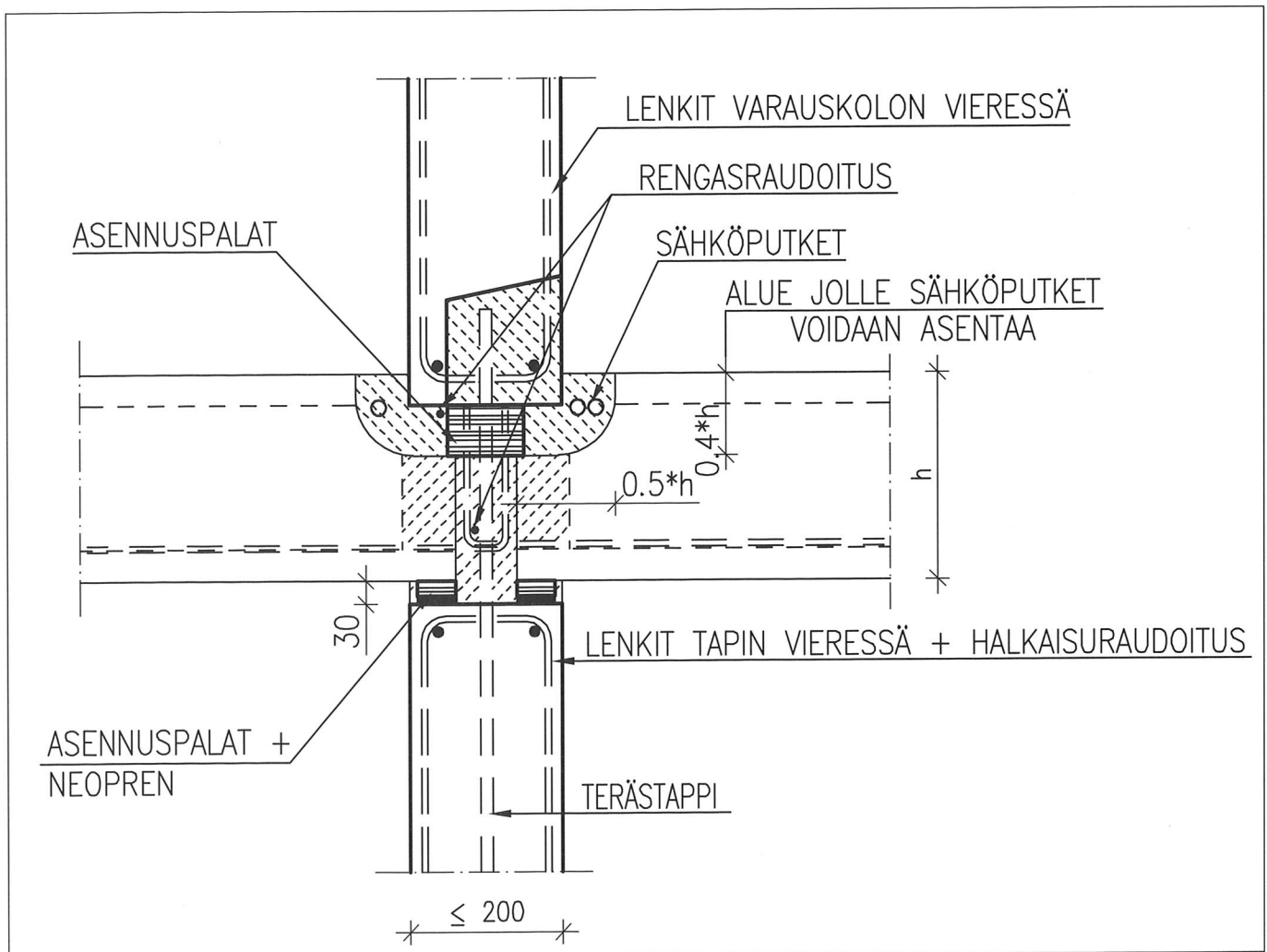
Erityistapauksissa voidaan laatan päähän tehdä tehtaalla kuvan 3.6 mukainen erilliskolo sähköputkituksia varten. Kolot tehdään niille alueille, joissa sähköputkien määrä muuten ylittäisi sallitun määrän. Pituussuuntaisten saumojen putkituksia pyritään sijoittamaan mahdollisimman paljon laatan onteloihin, koteloihin alakattoihin tai asennuslattioihin.

Raskaasti kuormitetut saumat

Kantavan seinän ja ontelolaataston raskaasti kuormitetut saumat (yli 8-kerroksiset raken-

nukset) tulee tehdä Betoninormien kohdan 2.6.1.4 ja siihen liittyvän Betoninormikortin mukaisesti. Tällöin saumabetonin vähimmäislujuus on K30-2. Lujuuden on kuitenkin oltava vähintään 85% alapuolisen seinän betonin lujuudesta. Ontelolaatan tukipinnan tulee olla vähintään 40 mm (laatan korkeus ≤ 320 mm) ja 80 mm, kun laatan korkeus on yli 320 mm. Laattojen päiden väli on valettava umpeen siten, että juotosbetonin ontelotäytön tehollinen pituus on vähintään 50 mm.

Ontelolaatan alapuolisen sauman tulee olla vähintään 20 mm korkea sauman hyvän täyttymisen varmistamiseksi. Saumassa saa olla korkeintaan kaksi sähköputkea, ellei käytetä kuva 3.6 päistään kolottuja ontelolaattoja. Tällöin saumavalu tehdään kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen valu tehdään ontelolaattojen saumauksen yhteydessä ja jätetään noin 50 mm vajaaksi. Ylemmän seinän asennuspalat asennetaan tämän valun



Kuva 3.6 Raskaasti kuormitettu ontelolaataston ja seinän liitos.

päälle ja loppu sauma täytetään seinien asennuksen jälkeen. Tällöin seinän alusta saadaan paineisesti paremmin täyttymään. Saumavalun betonin lujutta seurataan rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan.

Yli 8-kerroksisissa rakennuksissa (AA-luokan rakennus) tulee saumaustyö tehdä 1-luokan betonityönjohtajan valvonnassa. Kylmänä vuodenaikana tehtävän saumaustyön lämmitys ja lujitudenseuranta tulee esittää betonityösuunnitelmassa.

Seinäelementtisaumojen lämmitys

Pystysuuntaiset seinäelementtien saumat vaeleetaan yleensä joko ontelolaattojen saumauksen yhteydessä päältä tai pystysaumabetonointina ilman muotteja. Molemmissa vaihtoehdoissa saumat puhdistetaan lumesta ja jäästä ja kuivatetaan kaasuliekillä. Kaasuliekin käyttö ei kuitenkaan sovellu saumoihin, joissa on eristeenä esim. polyuretaania tai solypolystyreeniä. Pystysaumabetonoinnin yhteydessä sauman puhdistus ja kuivatus kaasuliekillä tehdään juuri ennen saumausta. Pumpattavana saumausbetonina käytetään talvella jäätymätöntä talvilaatuista pystysaumabetonia, kun keskilämpötila laskee alle + 5 °C.

Kylmille elementtipinnoille levitettävä tavanomainen saumaussmassa jäätyy nopeasti. Niinpä saumaukseen käytetään yleensä pakkasbetonia tai vastaavaa talvijuotosbetonia. Vaihtoehdoisesti normaalia saumausbetonia käytettäessä elementtien pinnat pitää lämmittää etukäteen ja jatkaa sauman lämmitystä välittömästi saumauksen jälkeen. Pystysaumamat voidaan lämmittää lankalämmitystekniikalla tai tilalämmityksellä. Lämmityksen onnistumiseksi sauman tausta on suojattava, ellei se rajoitu eristetilaan.

Oletetaan, että seinäelementtien alavaakasau-
mojen minimilujuudeksi ennen seuraavan ker-
roksen asennusta on esitetty 5 MN/m². Tämän
lujuuden saavuttaminen kestää -10 °C lämpöti-
lassa pakkasbetonia käytettäessä ilman lämmi-
tystä noin neljä vuorokautta. Tätä nopeammal-
la asennustahdilla tai kylmemmällä säällä on
vaakasaumaa lämmitettävä. Mikäli kohteessa ei
voida käyttää tilalämmitystä, kyseeseen tulevat
esimerkiksi seuraavat menetelmät.

- Lämmitetään saumaa lämmityslangoilla, kak-
si lankaa seinän alapäässä tai saumabetonissa,
eristekaistaleet suojaamassa lämmitystä mo-
lemmin puolin seinää.
- Käytetään elementtien alareunoihin asennet-
tuja lämmityslankoja.
- Lämmitetään saumojen niihin suunnatuilla sä-
teilijöillä. Tällöin tilan tulee kuitenkin olla
suhteellisen suojattu, sillä tuuli voi sammut-
taa säteilijän ulkoilmassa.
- Lämmitetään saumaa ulkoisesti seinän mo-
lemmille puolille asetetuilla sähköllä toimivil-
la lämpömattokaistoilla. Tarkoitukseen sovel-
tuu esimerkiksi ulkolämpötilan mukaan sää-
tyvä lämpömatto, jonka reuna nostetaan sei-
näelementtiä vasten. Tyypillinen tehontarve
tämäntyyppisille matoille on noin 850 W/m².

Saumojen lämpötilan seuraamiseksi on sau-
mavaluihin sijoitettava termoelementtiparilan-
koja ennalta arvioiden kriittisiin paikkoihin,
kuten ulkokulmiin. Sopiva määrä on esimer-
kiksi puolet nurkista, eri ilmansuunnilta vali-
ten, sekä joitakin pisteitä sisäpuolelta runkoa,
yleensä kantavan seinän päällä olevasta sau-
masta ja ontelolaattojen rengasterässaumoista.
Lämpötilaa seurataan niin kauan, että voidaan
todeta saumavalun lujittuneen riittävästi.

4 Pilari-palkkirakenteiden juotosvalut

4.1 Pilari-palkkiliitokset

Pilarijuotokset ovat pieniä valuja, joissa massalta vaaditaan paitsi korkeaa loppulujuutta myös usein nopeaa lujuudenkehitystä. Lujuu- denkehityksen lisäksi erityistä huomiota on kiinnitettävä muottien tiivyyteen, jotta valupin- nat täyttyvät. Valumassan valmistuksessa on noudatettava tarkasti massan valmistajan an- tamia ohjeita, jolloin erityisesti sekoitusvesi- määrä on mitattava.

Pilarijuotoksissa käytetään tyypillisesti seuraa- via kuivatuotteita:

- Juotosbetoni 1000/3 K70
- Juotosbetoni 600/3 K50
- Talvijuotosbetoni K40
- Erikoiskohteissa voidaan käyttää myös esimer- kiksi akryyli- tai hartsisideaineisia liimoja.

Pilarituennat voidaan poistaa, kun yläpuoli- nen laatasto on liitetty jäykistäviin rakenne- osiin ja kun tason rengasterästen saumabetoni on saavuttanut lujuuden 20 MN/m^2 , ellei suunnitelmissa vaadita suurempaa lujuus- luokkaa.

Pilari- ja palkkisaumojen lämmitys

Pilarin ja palkin liitoksessa vaaditaan usein korkeita lujuuksia K50...K60, joihin ei kuiten- kaan välttämättä ole saatavilla talvijuotosbeto- neja. Massamäärän pienuus johtaa siihen, että talvella ilman ulkopuolista lämmönlähdettä massan lämpötila on lähes välittömästi sama kuin ympäröivän rakenteen lämpötila, joten vaikka talvijuotosbetonin lujuusluokka riittäi- sikin, liitokseen on varauduttava lujuu- denkehityksen varmistamiseksi. Liitoksen juo- tosmassojen lämpötila ei saa ennen annettua tavoitelujuutta laskea alle $+5 \text{ }^\circ\text{C}$. Liitoksen läm- mitystehoa tulee säätää siten, ettei missään vaiheessa ylitetä lämpötilaa $+50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Holkkiliitokset

Pilarien holkkiliitokset voidaan lämmittää hel- poimmin tehtaalla holkkielementteihin asen- nettujen lämmityslankojen avulla. Lämmitys kytketään päälle riittävän ajoissa ennen valua, jotta holkki ehtii lämmityä. Pilarin alapää läm- mitetään joko siihen asennetuilla lämmityslan- goilla tai säteilylämmityksellä. Liitos suojataan kietomalla se esimerkiksi eristematolla. Läm- pötilan seuranta varten saumaan asennetaan termoelementtiparilanka.

Pilarijatkokset

Pilarijatkoksissa lämmitetään mahdollisuuksi- en mukaan pilarien ala- ja yläpäästä niihin sijoit- etuilla lämmityslangoilla. Sauma voidaan lämmittää ulkopuolelta lämmitysvastuksilla varustetuilla lämpömuoteilla tai ympäri kie- dottavalla lämpömatolla. Lämpömuotin etuna on, että se toimii samalla muottirakenteena. Lämpömaton etuna on, että se voidaan kietoa lii- toksen ympärille pilarin mitoista riippumatta. Lämpötilan seuranta varten saumaan asen- taan termoelementtiparilanka.



Kuva 4.1 Pilarijatkoksen painevalu.

Yksikerrospilarin ja palkin liitokset

Palkkiin asennetaan tehtaalla lämmityslanka-silmukoita siten, että ne lämmittävät myös palkkia lävistävät reiät. Vastaavasti voidaan sijoittaa lämmityslankoja pilarin yläpäähän. 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 sisässä. Lämpötilan seuranta varten saumaan asennetaan vähintään yksi termoelementtipilarilanka.

Muita saumoja ovat esimerkiksi parvekerakenteiden ulkosaumat, jotka voivat syksyllä tehtynä joutua kovettumaan kylmässä useita kuu-kausia. Rakennesuunnittelijalta tulee hankkia ohjeet liitosten vaadittavasta lujuudesta. Tämän perusteella valitaan mahdolliset lämmityskeinot, joista yleensä kysymykseen tulee vain lankalämmitys.

4.2 Liittopalkit

Markkinoilla on sekä teräksestä valmistettuja että betonisia liittopalkkeja. Liittopalkki betonoidaan samanaikaisesti laataston valun tai ontelolaattojen saumavalun kanssa. Palkki on ehdottomasti valettava täyteen, jolloin saavutetaan liittopalkin ominaisuudet. Liittopalkin saumavalu mitoitetaan tavallisesti samaan lujuusluokkaan laataston saumavalun kanssa. Betonin lujuusluokka on yleensä K30-2 ja betonimassan ominaisuudet valitaan kohteen ja valumenetelmien mukaiseksi.

Ennen teräsrakenteisen liittopalkin valua on varmistettava muotitusten ja raudotteiden puhtaus ja kunto. Täyttövalu aloitetaan keskeltä työntämällä letkun pää valurei'istä palkin sisään. Palkin täytyminen varmistetaan ilma-rei'istä ja täytön tasaisuus varmistetaan tärysauvalla. Reunapalkkivalua tärytettäessä on erityisesti varottava niissä mahdollisesti olevien muottipeltien vaurioitumista ja pullistumista.

5 Lujuudenkehityksen laskenta

5.1 Lämpötilan seuranta

Lämpötilaseurantaa varten saumabetoniin voidaan asentaa mittareita, joiden lukemista pidetään erillistä pöytäkirjaa. Nykyisin seurannassa voidaan käyttää myös sähköiseen mittaukseen perustuvia menetelmiä. Sähköinen mittaus perustuu termoelementtipareihin, joissa termoelementtiparilangan 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 lait-

teen muistiin halutuin väliajoin. Lämpötilatiedot puretaan loggerilta tietokoneen avulla. Vaihtoehtoisesti lämpötilat voidaan mitata erillisellä lukulaitteella ja pitää lämpötiloista erikseen pöytäkirjaa. Termoelementtiparilankaa kuluu mittauspistettä kohden noin 20...30 cm, joten mittaus on kustannuksiltaan melko edullista.

Taulukossa 5.1 on esitetty ote esimerkkikohteessa tehdyistä kolmen eri sauman ja ulkoilman jatkuvatoimisen seurannan tulosteesta. Mittaukset tehtiin ajankohtana, jolloin ulkolämpötila oli noin $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Saumatun holvin alapuolella käytettiin kaasusäteilylämmitystä, noin 0,8...1,5 kW säteilyteho neliometriä kohden, käytännössä kolme noin 10 kW säteilyä isoissa huoneissa, kaksi pienemmissä.

Taulukko 5.1 Esimerkkikohteessa mitattuja ontelolaattojen saumavalujen lämpötiloja.

Mittaus	Aika	Keskialueen sauma, kylpyhuoneelementin vieressä ($^{\circ}\text{C}$)	Ulkoseinälinjalla parvekkeen nurkan lähellä ($^{\circ}\text{C}$)	Sisäsauma, leveä valu, huoneiston sisäoven nurkka ($^{\circ}\text{C}$)	Ulkolämpötila ($^{\circ}\text{C}$)
1	24.1.2000 9:24	18,6	13,5	9,6	-16,0
2	24.1.2000 10:24	19,0	-7,8	8,4	-15,2
3	24.1.2000 11:24	13,4	13,0	-3,2	-12,9
4	24.1.2000 12:24	19,9	12,3	16,0	-11,9
5	24.1.2000 13:24	19,1	12,1	16,2	-11,7
6	24.1.2000 14:24	18,8	12,4	16,2	-10,2
7	24.1.2000 15:24	18,7	12,9	16,1	-11,9
8	24.1.2000 16:24	18,7	13,5	16,1	-13,5
9	24.1.2000 17:24	18,7	13,9	16,1	-15,0
10	24.1.2000 18:24	18,7	14,3	16,2	-15,1
11	24.1.2000 19:24	18,6	14,2	16,5	-15,8
12	24.1.2000 20:24	18,4	13,9	16,8	-16,9

Holvi suojattiin pressuilla ja lämpöpeitoilla ja ikkunat oli asennettu valmiiksi paikoilleen. Lämmitys aloitettiin valua edeltävänä päivänä ja lämmitystä jatkettiin noin kolme vuorokautta. Termoelementtiparit oli asennettu kolmeen saumaan ja yksi mittasi ulkolämpötilaa. Tuloksista voidaan todeta, että suhteellisen pienikin lämmitysteho riitti pitämään ontelolaattakentän saumojen lämpötilat yli +10 °C lämpötilassa, mikä takasi nopean saumabetonin lujittumisen.

5.2 Lujuudenkehityksen arviointimenetelmät

Lujuudenkehityksen seuranta perustuu saumojen lämpötilojen seuraamiseen. Tavallista betonia käytettäessä lujuudenkehitystä voidaan arvioida laskennallisesti mitattujen lämpötilojen suhteen (lämpöastevuorokaudet). Kypsyysikä kertoo, miten käytännön betonin ikä vaihtelevissa lämpötiloissa voidaan muuntaa vastaamaan testauksessa käytettävän koe-kappaleen ikää standardiolosuhteissa eli +20 °C:ssa.

Kypsyysikä lasketaan kaavasta:

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

missä T_i on lämpötila (°C),

jossa betoni on ajan t_i (d).

Esimerkki kypsyysikä laskemisesta:

massan lämpötila on valun päättyessä kello 16:00 +16 °C. Lämpötilaseurannasta on saadaan seuraavat tiedot: 18:00 +10 °C, 21:00 +5 °C, 24:00 +9 °C, 07:00 +15 °C, 09:00 +19 °C, 12:00 +21 °C ja 16:00 +25 °C.

Mikä on betonin kypsyysaste tällä hetkellä eli vuorokauden kuluttua valusta? Taulukko 5.2.

Betonin kypsyysikä on siis vain runsaat 17 tuntia ja jos betoni on ollut normaalisti kovettuvaa betonia K30, on se oheisen käyrän mukaisesti saavuttanut vasta noin 15 % suunnittelulujuudesta eli sen lujuus on vain noin 4,5 MN/m².

Käytössä on myös laskentaohjelmistoja, joiden avulla voidaan lujuudenkehitys arvioida ennakkoon. Kuvassa 5.3 on esitetty BetoPlus-ohjelmalla tehty arvio saumabetonilla valettujen

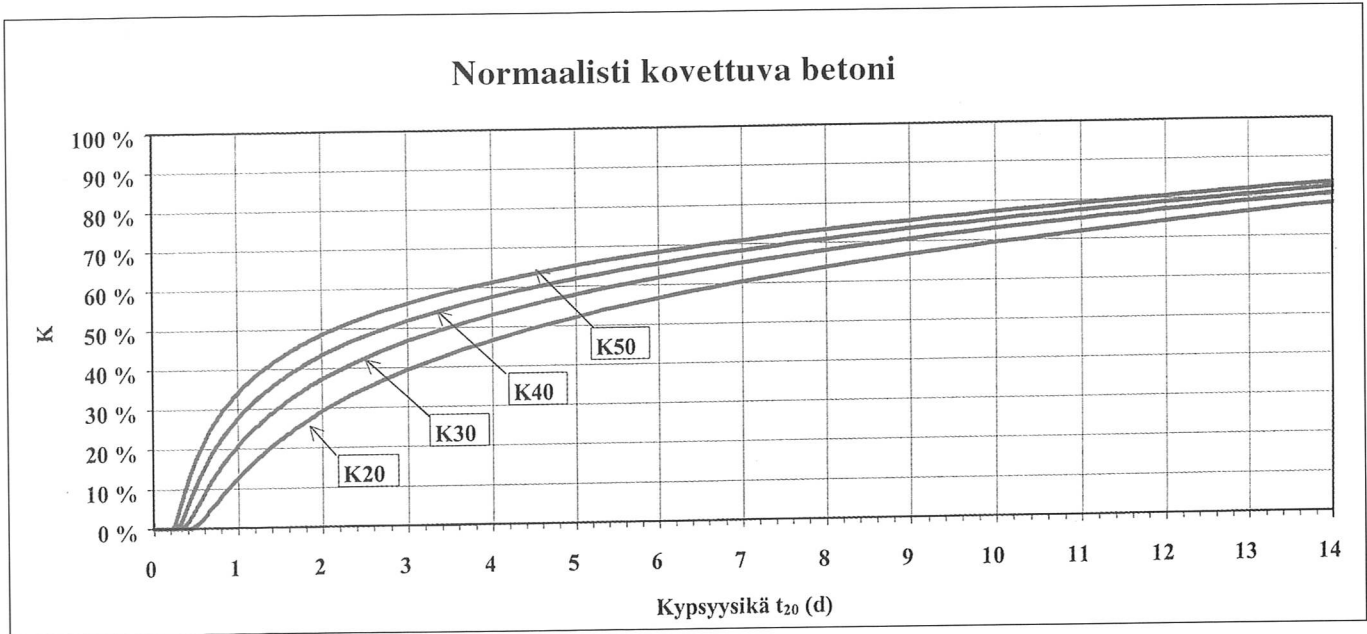
Taulukko 5.2 Betonin kypsyysasteen laskentaesimerkki.

Aika valusta		Aikaväli	Lämpötila	Keskilämpötila aikavälillä	Kypsyyslisä aikavälillä $((T_i+16)/36)^2 * t_i$ (d)	Kypsyysikä
tunteina (h)	vuorokausina (d)	t_i (d)	T (°C)	T_i (°C)		t_{20} (d)
0	0		16			0
2	0,08	0,08	10	13	0,05	0,05
5	0,21	0,13	5	7,5	0,06	0,11
8	0,33	0,12	9	7	0,05	0,16
15	0,63	0,30	15	12	0,18	0,34
17	0,71	0,08	19	17	0,07	0,41
20	0,83	0,12	21	20	0,12	0,53
24	1,00	0,17	25	23	0,20	0,73

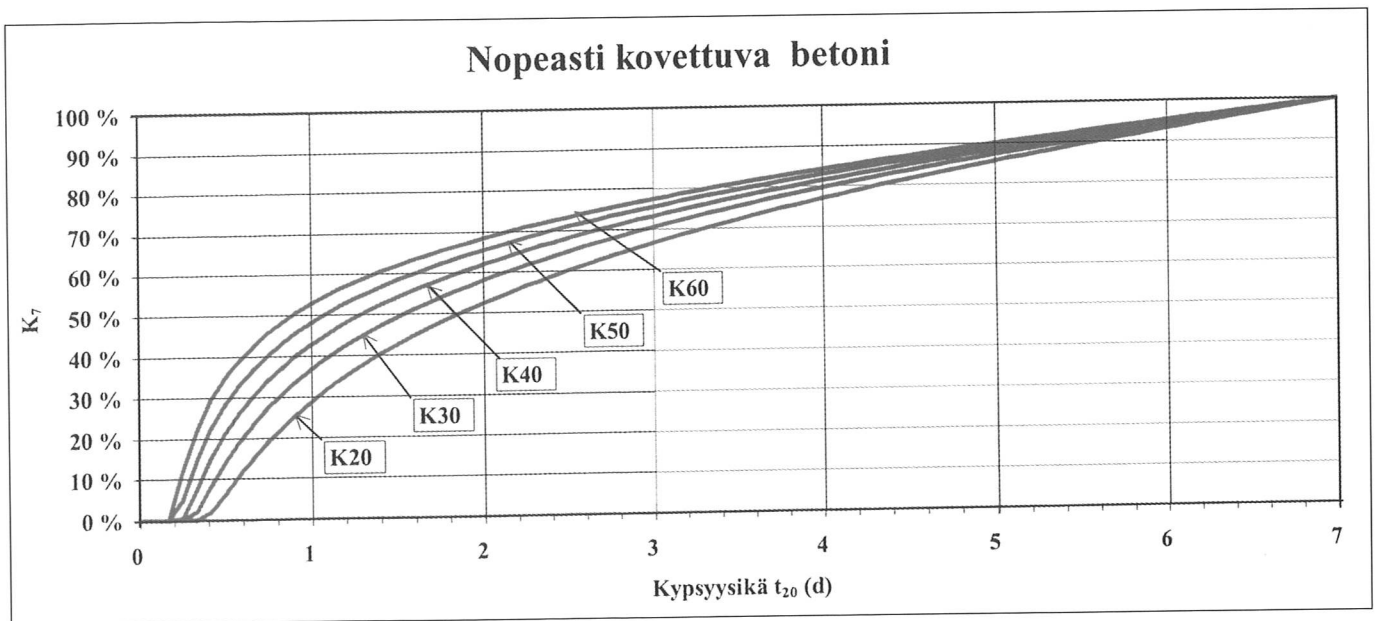
ontelolaattasaumojen lujuudenkehityksestä. Arviolaskelman toteutumista käytännössä voidaan seurata mittaamalla todelliset lämpötilat saumoihin asennetuilla termoelementtilangoilla ja jatkuvatoimisella lämpötilatallentimella. Ennakkolaskelmat ovat tyypillisesti suuntaa antavia, sillä kaikkien toteutuvaan lujuudenkehitykseen vaikuttavien tekijöiden ennakointi on vaikeaa (todellinen valuolosuhde, ontelo-

laattojen lämpötila, alapuolisen lisälämmityksen teho käytännössä, suojauksen toimivuus jne.).

Edellä esitetyt lujuudenkehityksen seurantamenetelmät eivät sovellu käytettäessä kuivalaasteja tai pakkasbetonia, vaan tällöin verrataan lämpötiloja betonitoimittajilta saataviin ohjeellisiin lujuudenkehityskäyriin.



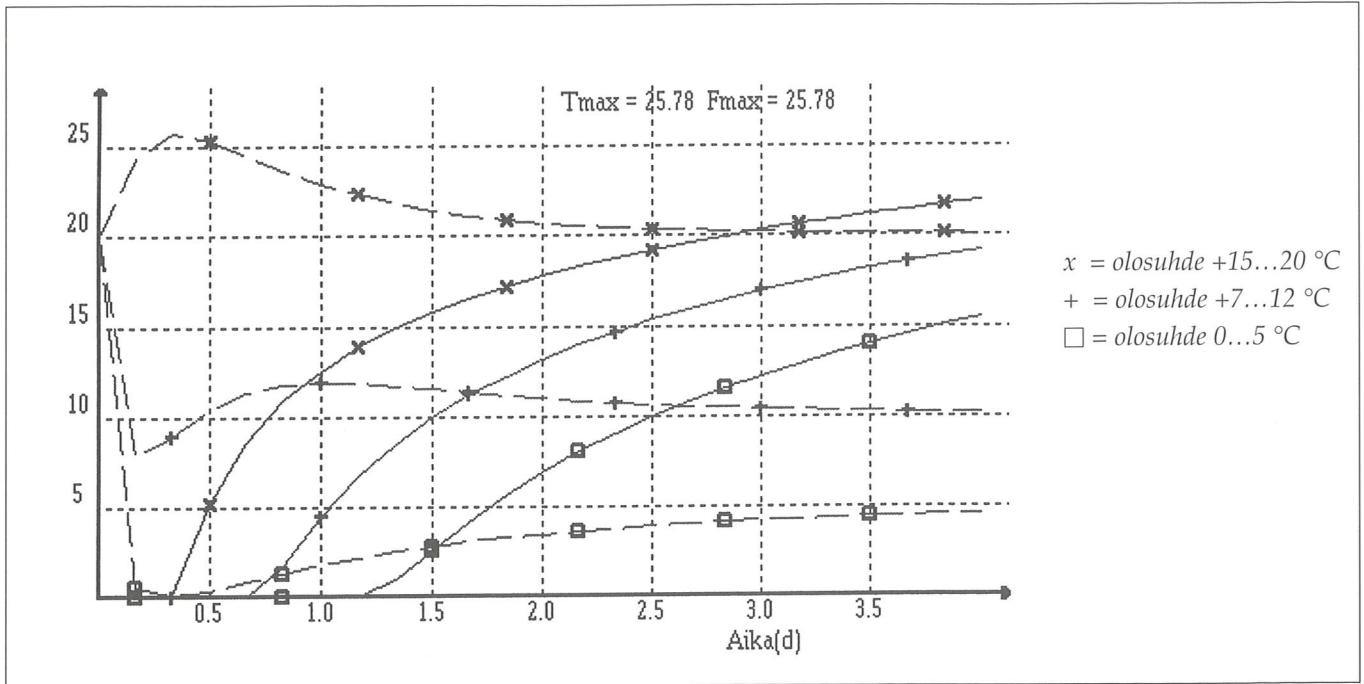
Kuva 5.1 Normaalisti kovettuvan betonin (sementtinä kotimainen Yleis- tai SR-sementti) suhteellinen lujuudenkehitys kypsyysiän funktiona.



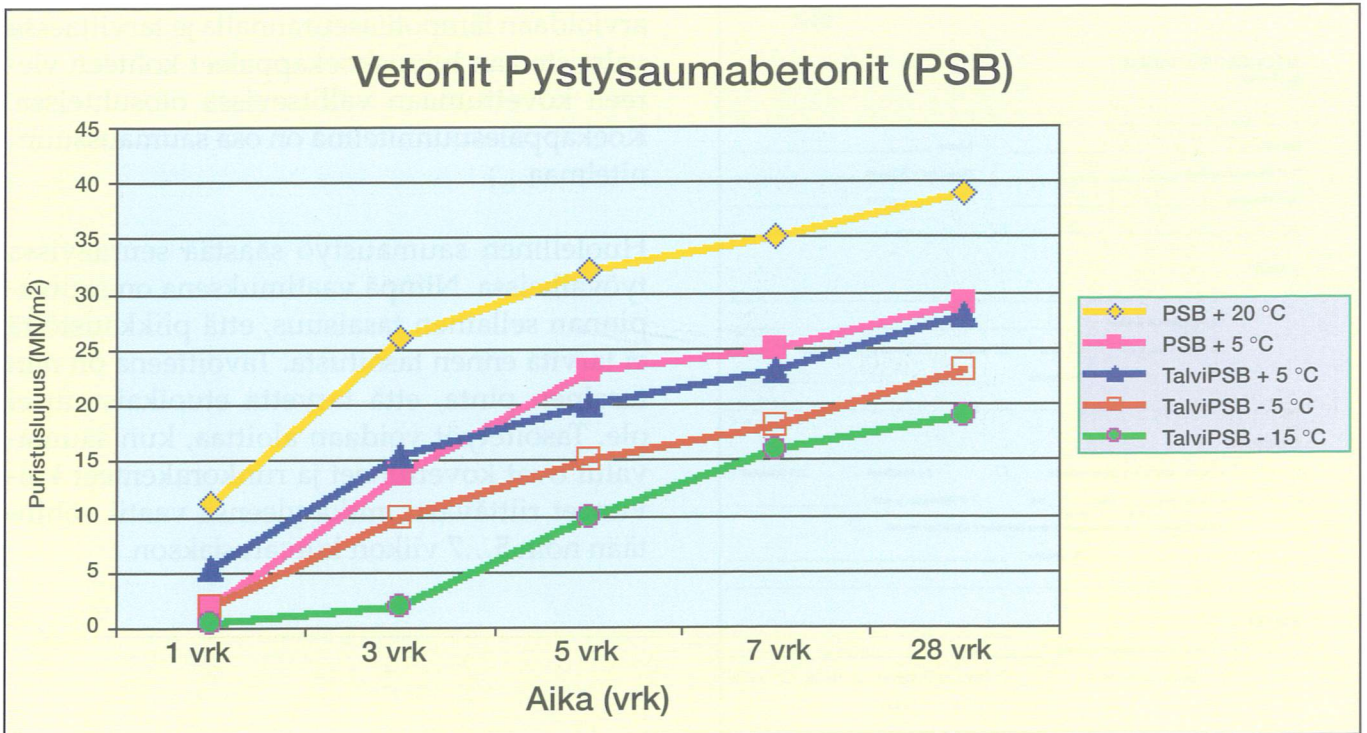
Kuva 5.2 Nopeasti kovettuvan betonin (sementtinä kotimainen Rapid- tai Megasementti) suhteellinen lujuudenkehitys kypsyysiän funktiona.

Kuvassa 5.4 on esitetty esimerkki kuivalaastilla tehdyn sauman lujuudenkehityksestä. Sauman lujuudenkehitysnopeus vaihtelee eri val-

mistajien tuotteilla ja siksi lujuudenkehitysnopeus on varmistettava käytettävän tuotteen valmistajalta.



Kuva 5.3 Arvio eräällä saumabetonilla valettujen ontelolaattasaumojen 4 vrk:n lujuudenkehityksestä eri olosuhteissa. Lämmönkehitykset (°C) ja lujuudenkehitykset (MN/m²) näkyvät omina käyriään. Oletuksena on ollut, että ilman ja ontelolaattojen lämpötila on ollut sama. Betonin lähtölämpötila on +20 °C.



Kuva 5.4 Pystysaumabetonin keskimääräinen lujuudenkehitysnopeus.

6 Laadunvarmistus

Betoninormien mukaan saumaustyöstä on pidettävä betonointipöytäkirjaa ja se on arkistoitava kymmenen vuoden ajan. Saumaustyöstä suositellaan tehtäväksi aina suunnitelma, missä määritetään työn vaatimukset, vastuhenkilöt ja käytettävät työmenetelmät. Ennen saumauksen aloittamista tarkistetaan mm. saumapinnat. Niiden on oltava puhtaita ja sulia, sekä vastattava muita käytettävän saumamassan vaatimuksia. Samalla tarkistetaan saumoihin asennettujen terästen ja esimerkiksi sähköputkitusten suunnitelmien mukaisuus ja sijainti saumassa. Saumapintojen ennakkotarkastus vastuutetaan saumaussuunnitelmassa.

Saumaustyön onnistumisen välttämätön edellytys on saumamassan oikea valinta ja oikea käsittely työmaalla. Saumabetoni on valittava sääolojen mukaan. Valmisbetonia vastaanotet-

taessa on tarkistettava kuormakirjasta massan tiedot sekä silmämääräisesti massan notkeus ja mahdollinen massan erottuminen. Mikäli notkeus ei ole riittävä voidaan sekoitussäiliöön lisätä notkistavaa lisäainetta, minkä jälkeen massaa sekoitetaan riittävä betonitoimittajan määrittämä aika. Massaan ei saa lisätä vettä missään työvaiheessa.

Saumaustyössä on varmistettava massan luotettava tiivistyminen niin, että koko sauma täyttyy. Vain huolellinen sauma antaa mahdollisuuden suunnitelmien mukaiseen sauman lujuuteen, ääneneristävyyteen, terästen korroosiosuojaukseen ja palonkestävyyteen. Samalla huolehditaan sauman kaikkien näkyvien pintojen siistimisestä niin, että seuraavat työvaiheet voidaan aloittaa juohevasti.

Betonin lujuudenkehitys riippuu voimakkaasti lämpötilasta. Lämpötilan laskiessa on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen milloin sauma saavuttaa riittävän lujuuden. Lujuutta arvioidaan lämpötilaseurannalla ja tarvittaessa valmistetaan lujuuskoekappaleet kohteen viereen kovettumaan vallitsevissa olosuhteissa. Koekappalesuunnitelma on osa saumaussuunnitelmaa.

Huolellinen saumaustyö säästää seuraavissa työvaiheissa. Niinpä vaatimuksena on saumapinnan sellainen tasaisuus, että piikkaustöitä ei tarvita ennen tasoitusta. Tavoitteena on niin tasainen pinta, että tarvetta etuoikaisuun ei ole. Tasoitetyöt voidaan aloittaa, kun saumavalut ovat kovettuneet ja runkorakenteet kuivuneet riittävästi, mikä yleensä vaatii vähintään noin 5...7 viikon kuivatusjakson.

RAKENNUSTIETO BY 401
by
Kesäkuu 1993
Korvaa VTT-formake 4
RKOY 792
RKOY 791

BETONOINTIPÖYTÄKIRJA
by 15 kohdat

Urakoitsija _____ Työmaa _____
Piirustusnumero (valulohko) _____ Tilavuus (bet m³), laskettu _____
Betonityönjohtaja _____ toteutunut _____

1. MUOTIT

1.1 Betonipinnan luoja (by 40) _____
1.2 Muotipinta ja systeemi _____
1.3 Muotien tarkastus tiivisy telineet saumat varaukset työsaumat
Nimikirjoitus _____

2. RAUDOITUS

2.1 Jalkos-, tartunta- ja ankkurointipilaudet 2.2 Metallisarjat 2.3 Taivutukset
2.4 Betonipeite _____ mm _____ mm 2.5 Välikeyyppi ja malli _____
nimellinen tarkastettu _____
2.6 Raudituksen vastaanototarkastus, kuitatut kuormakirjat pöytäkirjan liitteenä
Nimikirjoitus _____

3. BETONI

3.1 Lujuus- ja rakenneluoja, suunniteltu _____ valittu _____
3.2 Ympäristöluokka (by 32) Y3/E1 Y2/E2a Y2/E2b Y2/E2c
 Y1/E3a Y1/E3b
E4 (selys by 32.3.3.7) _____
3.3 Ilmamaaria nimellinen _____ 3.4 Pukuvaatimus _____ 3.5 Suojahuokassuhdevaatimus _____

Käytetty luvunumeron kopioinnin osaksi. Alkuperäinen luvunumeron on saatavana vain by 15:stä.

Kuva 6.1 Malli Betonointipöytäkirjasta.

Kirjallisuutta

- BES-järjestelmän elementtien turvallinen saumaaminen talviolosuhteissa, Tapani Hakkarainen, VTT, Eripainos Rakennustaito 19/1986.
- Betonivalmisosarakentamisen liitos- ja työmaatekniikat, raportti, Ilkka Romo, Rakennustuoteteollisuus RTT ry. Suomen Betonitieto Oy, 2001.
- Lumme P., Merikallio T., Betonin kosteuden hallinta. Suomen Betonitieto Oy. 1997.
- Merikallio T., Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Suomen Betonitieto Oy, 2002.
- Lankalämmityksen suunnitteluohje. KONE-RATU 07-3031, Rakennusteollisuuden Keskusliitto ja Rakennustietosäätiö. Rakennustieto Oy, 1995.
- BY 401 Betonointipöytäkirja, Rakennustietosäätiö ja Suomen Betoniyhdistys ry, Rakennustieto Oy, 1993.

Liite 1: Betonityösuunnitelma

YRITYS OY

BETONITYÖSUUNNITELMA

Rakennuskohde	Rakennusluvan nro
Osoite	Puhelinnumero
Vastaava työnjohtaja	
Betonityönjohtaja	
Betonitoimittaja/valmistava tehdas	

Betonointimenetelmä (valu, tiivistäminen, jälkihoito, työsaumat)	
Tarkastusmenettely ennen valua (muotit, raudoitus, varaukset)	
Betonityökunta (vahvuus, tehtävät)	
Laadunvalvonta (tehtävät)	
Muuttityöt (tarvittaessa muottisuunnitelma)	
Raudoitus ja metalliosat (sidonta, välikkeet, hitsaus, työraudoitus)	
Erityismenetelmät (lämpökäsittely, nopeaa kuivu- mista vaativat valut, talvibetonointi) (tarvittaessa erillinen suunnitelma)	
Varautuminen häiriöihin (lämpötila, sade, sähkökatkos, varakalusto)	
Vastaanottotarkastukset (betoni, raudoitus, betonielementit, metalliosat)	
Muut toimenpiteet	
Liitteet	
Päiväys ja betonityönjohtajan allekirjoitus	Päiväys ja rakennesuunnittelijan allekirjoitus

Liite 2: Saumaustyön tarkistuslista

Vaatimukset

- Selvitä vaadittava lujuus – saumabetonin lujuudenkehitys riippuu aina lämpötilasta.
- Selvitä tiiviysvaatimus – palo-osastointi, ääneneristys, lämpö, kosteus tai haju sekä niiden eristäminen eri tilojen väliltä.
- Selvitä elementtitukien poistamiseen vaadittava saumojen lujuusvaatimus.
- Selvitä olosuhteiden vaatimat lisätoimenpiteet – lumi, jää, lämpö, vesisade.
- Selvitä saumauksen lujuudenkehityksen seurantamenetelmä – saumabetonitoimittaja, lämpöastevuorokausi seuranta.
- Selvitä tiivistysmenetelmä – läpiviennit, sähköputkitus, sauma- ja jälkivalut sekä siihen soveltuva kalusto.

Talviolosuhteet

- Valun saavutettava lämmitysajaksolla vähintään jäätymislujuus 5 MN/m².
- Saumat ja muut valettavat alueet pidettävä puhtaana jäädystä ja lumesta.
- Estettävä saumabetonin jäätyminen riittäväällä lisälämmityksellä.
- *Muista* – kylmä elementtipinta jäähdyttää suhteellisen ohuen sauman nopeasti.
- Pakkasbetonin käyttö ei aina varmista saumojen riittävää lujuudenkehitystä.
- Tarvittavat suojausmenetelmät – eristetyt lämpöpeitteet, sääsuojat.
- Tarvittavat sulatusmenetelmät – alapuolinen lämmitysjärjestelmä, kaasuliekki.

Valmistelevat työt

- Saumojen puhdistus – jää, lumi, roskat
- Saumateräksset – sijainti, ankkurointi, suojaetäisyydet
- Sähköputket – suunnitelmien mukaan, saumaterästen jälkeen, yhteen saumaan saa asentaa korkeintaan kolme sähköputkea.
- Reiät ja varauskolot – työmaalla tehtävät varaukset ja mitoituksen tarkistaminen.

- Valmiit läpivientiosat – tukelaudoitus; peltiset, vanerimuotti, jälkivalukaista.
- Vesireiät – tarkistettava välittömästi sauma- ja juotosvalujen jälkeen sekä avattava tukkeutuneet reiät.

Asennustoleranssien tarkistus

- Seinät – lähtökorko, saumaleveydet, korkopalan sijoitus
- Ontelolaatat – alapuolinen sauma, -hammastus, kaarevuuserot, päiden välinen sauma, pituussuuntainen sauma, tukipinta, hormilävisytykset suunnitelmien mukaisella paikalla.

Saumabetoni ja -laastivaihtoehdot

- Saumabetonin lujuusvaatimus – rakennepiirustuksissa.
- Saumabetonin tai -laastin valinta – olosuhteet, lujuudenkehitys, kiviaineksen maksimiraekoko, notkistus, menekki.
- Saumabetonin siirto – nostoastialla, pumpaamalla, kuivalaasteilla.
- Kovettuminen ja jälkihoito – jälkipuhdistus, suojaus, lämmitys.
- Kaato- ja täyttövalut – valun kuivuminen, raekoko, valupaksuus, talotekniikka.
- Tasot ja syöksyt – elementtitoimittajan ohjeet (ääneneristys).

Raskaasti kuormitetut saumat (yli 8-kerroksiset rakennukset)

- Betoninormien kohdan 2.6.1.4 ja siihen liittyvän Betoninormikortin mukaisesti
- Saumabetonin vähimmäislujuus K30-2.
- Lujuuden oltava vähintään 85 % alapuolisen seinän betonin lujuudesta.
- Ontelolaatan tukipinta vähintään 40 mm, kun laatan korkeus on korkeintaan 320 mm ja vähintään 80 mm, kun laatan korkeus on yli 320 mm.
- Ontelolaatan alapuolinen sauma vähintään 20 mm korkea.
- Saumaustyö tehtävä 1-luokan betonityönjohtajan valvonnassa.

- Kylmänä vuodenaikana saumaustyön lämmitys ja lujuudenseuranta tulee esittää betonityösuunnitelmassa.

Pilari-palkkirakenteiden juotosvalut

- Vaaditaan korkeaa loppulujuutta ja usein myös nopeaa lujuudenkehitystä.
- Muottien tiiviyyteen kiinnitettävä huomiota.
- Lämmitys – massamäärän pienuus johtaa siihen, että talvella ilman ulkopuolista lämmönlähdettä massan lämpötila on lähes välittömästi sama kuin ympäröivän rakenteen lämpötila, vaikka talvijuotosbetonin lujuusluokka riittäisikin, lämmitykseen on varauduttava lujuudenkehityksen varmistamiseksi.

Laadunvarmistus

- Suositellaan tehtäväksi suunnitelma, jossa määritellään
 - Työn vaatimukset
 - Vastuuhenkilöt
 - Käytettävät työmenetelmät.

BETONIELEMENTTIEN SAUMAVALUT



Betonielementtien onnistuneet juotosvalut ovat edellytys rakennusrungon vakavuudelle ja kuormankantokyvylle, tiivydelle, palonkestävyydelle sekä hyvälle ääneneristävyydelle. Työmaolosuhteet ovat erityisesti talvella vaikeat hyvän työsuorituksen aikaansaamiseksi.

Tämän ohjeet tavoitteena on kehittää elementtien saumaustyötä teknisesti ja taloudellisesti nykyistä paremmaksi. Ohjeeseen on kirjattu hyvä saumaustyötapo ja oikea saumausbetonin valinta eri vuodenaikoina. Saumaustyöt vaativat työnjohdolta erityistä valveutuneisuutta ja valvontaa, joten tämä ohje on suunnattu nimenomaan työmaahenkilöstön, työnjohtajien ja saumatyöntekijöiden käyttöön.

Ohje on laadittu Teollinen betonirakentaminen TERA 2002 -projektissa.

betoni

Suomen Betonitieto Oy
PL 11, 00131 HELSINKI
(Unioninkatu 14)
Puh. (09) 6962 360
Faksi (09) 651 145
www.betoni.com

ISBN 952-5075-50-8



9 789525 075502