



Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta

Olli Teriö

Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta

Olli Teriö



TAMPERE 2003



betoni

Copyright © VTT 2003

JULKAISIJA

VTT Rakennus-ja yhdyskuntatekniikka
Hermiankatu 8 G, PL 1802, 33101 Tampere
puh. vaihde (03) 316 3111, fax (03) 316 3445

VTT Bygg och transport
Hermiankatu 8 G, PB 1802, 33101 Tammerfors
tel. växel (03) 316 3111, fax (03) 316 3445

VTT Building and Transport
Hermiankatu 8 G, P.O.Box 1802, FIN-33101 Tampere, Finland
phone internat. +358 3316 3111, fax +358 3316 3445

Sisällysluettelo

1. Johdanto	5
1.1 Tausta.....	5
1.2 Tavoitteet	5
1.3 Toteutus	6
2. Kosteudenhallinnan ongelmat ja tavoitteet	8
2.1 Kosteudenhallinnan ongelmakohdat.....	8
2.2 Kosteudenhallinnan tavoitteet.....	9
2.3 Kosteudenhallinnan hyötyjä	9
3. Kosteudenhallinnan parantamisen keinoja.....	10
3.1 Tuotannon- ja työnsuunnittelu	10
3.2 Kosteudenhallinta suojaustoimenpiteillä	13
3.3 Kuivatus ja tuuletus	15
3.4 Holvi kerralla tiiviiksi.....	18
3.5 Sandwichelementin suojaus ja holvivesien poisto	20
3.6 Pintabetonoinnit.....	26
3.7 Ontelovesien eliminointi.....	28
3.8 Ikkunoiden asentaminen ja suojaus	30
3.9 Vesikaton nopea toteutus	32
4. Kosteudenhallintasuunnitelma	34
5. Yhteenveto	37

Liite 1: Kosteusteknisesti hyvin toimivia suunnitteluratkaisuja.

1. Johdanto

1.1 Tausta

Tämä tutkimus on osa Betonikeskus ry:n "Teollinen betonirakentaminen TERA 2002" – teknologiaohjelmaa, jonka käynnistäjänä oli Rakennustuoteteollisuus RTT ry.

Elementtirakentamisen työmaatekniikkakehitys on jäänyt nykyisessä rakentamisprosessissa melko vähäiseksi. RTT:n valmisosarakentamisen asennus- ja työmaatekniikkakehityshanke sekä materiaalien käsittelyä tutkinut hanke tarvitsivat jatkoa. Esimerkiksi elementtirakennustyömaan kosteudenhallintaa on tutkittu varsin vähän eikä teollisen kuivan rakentamisen etuja osata hyödyntää.

Tutkimuksen ohjausryhmänä on toiminut Tera 2002 johtoryhmä, johon ovat kuuluneet:

Myyntipäällikkö Heikki Aapro, Parma Betonila Oy, johtoryhmän puheenjohtaja

Työpäällikkö Raimo Ellonen, NCC Finland Oy

Toimitusjohtaja Lasse Happonen, Specifinn Oy

Asuntoinsinööri Seppo Kauhanen, Helsingin kaupunki

Tuotantojohtaja Ano Korhonen, Oy Alfred A. Palmberg Oy,

Tuotepäällikkö Tuomo Kovanen, Rakennusbetoni ja Elementti Oy

Tuoteryhmäpäällikkö Arto Suikka Rakennusteollisuus RT Ry, johtoryhmän sihteeri

Tutkimuksen projektipäällikkönä on toiminut Hannu Koski ja päätutkijana Olli Teriö

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta.

1.2 Tavoitteet

Tämän tutkimuksen keskeisiä tavoitteita olivat:

- Kehittää betonivalmisosarakentamisessa työmaan kosteudenhallintaa uusien teknisten tuote- ja järjestelmäratkaisujen avulla.
- Kehittää betonielementtirakentamisen kosteudenhallintaa työ- ja suojaustekniikalla.
- Selvittää mahdollisuuksia rakennustyömaan kuivumisolosuhteiden parantamiseen.
- Kehittää menetelmiä sadevesien poistoon.

Raportissa on esitetty joitakin uusia ratkaisuja, joita tulee vielä testata käytännössä lisää.

1.3 Toteutus

Tutkimuksen suorituksen toteutusmenetelminä käytettiin haastatteluja, workshoppeja, kehittämispalavereita ja pilotointeja.

Haastattelut

Kesällä 2001 haastateltiin asiantuntijoita kosteudenhallinnan kysymyksistä.

Haastattelujen tarkoituksena oli muun muassa:

- selvittää rakentamisaikaisen kosteuden aiheuttamia ongelmia
- selvittää kosteudenhallinnan parantamisen tavoitteita ja keinoja
- kerätä ideoita kosteudenhallinnan kehittämiseen
- selvittää rakentamisen eri osapuolten mahdollisuuksia vaikuttaa kosteudenhallintaan
- selvittää kenen vastuulle kosteudenhallinnasta huolehtiminen tulisi kuulua ja kuinka yhteistyö pitäisi organisoida
- kerätä kokemusperäistä tietoa kosteudenhallinnan tiettyjen ongelmakohtien ratkaisemisesta (mm. ulkoseinäelementtien eristeet, märkätilojen lattiat ja vesikattotyön nopeuttaminen)
- saada kokemusperäisiä arvioita tietyistä kosteudenhallintaongelmien ratkaisuehdotuksista (mm. sääsuojien tai läpimenokappaleiden käyttö ja sadevesien viemärointi).

Haastattelut tehtiin yrityksissä ja haastattelujen yhteydessä tutustuttiin myös yritysten tuotantoon. Haastattelut aikajärjestyksessä:

Tuotepäällikkö Tuomo Kovanen ja yrittäjä Eeva Konsti, Rakennusbetoni ja Elementti Oy,
toimitusjohtaja Lasse Happonen, Specifinn Oy,
työpäällikkö Raimo Ellonen, NCC Finland Oy,
tutkimuskoordinaattori Ilkka Romo, RTK,
toimitusjohtaja Tarja Merikallio, Humittest Oy,
tuotantojohtaja Ano Korhonen, Oy Alfred A. Palmberg Oy,
myyntipäällikkö Heikki Aapro, Parma Betonila Oy,
professori Ralf Lindberg, TTKK.

Workshopit

Syksyllä 2001 järjestettiin kaksi workshopia. Ensimmäisessä workshopissa ideoitiin tiiviin välipohjan tekoa ja holvivesien poistoa. Toisessa workshopissa ideoitiin sandwichelementin suojausta ja sen nopeaa kuivattamista. Molempiin workshoppeihin osallistuivat seuraavat henkilöt: Heikki Aapro, Parma Betonila Oy, Kai Kakko, Ins. tsto Ylimäki & Tinkanen, Hannu Kauranen, VTT, Arto Kemppainen, Alfred A. Palmberg Oy, Juhani Laakso, NCC Oy, Tommi Päivä, NCC Finland Oy, Arto Suikka, RTT ja Olli Teriö, VTT

Ensimmäiseen workshopiin osallistuivat lisäksi Jouko Finne, Parma Betonila Oy, Tommi Hopeakivi, Enertek Oy, Hannu Koski, VTT, Tuomo Kovanen, Rakennusbetoni ja elementti Oy, Kimmo Leimola, Elpotek Oy, Marko Levola, Parma Betonila Oy, Hannu Myllylä, Elpotek Oy, Kalevi Nummi, Parmarine Oy, Petri Paasivuo, Sewatek Oy, Timo Rautanen, Optiroc Oy, Hemmo Sumkin, Parma Betonila Oy, Matti Syrjä, Alfred A. Palmberg Oy, Pekka Vuorinen, Lohja Rudus Oy,

Toiseen workshopiin osallistuivat lisäksi Raimo Ellonen, NCC Finland Oy, Ilpo Kouhia, VTT, Antti Laitakari, Finnmap consulting Oy, Matti Raukola, Parma Betonila Oy, Jukka Sevon, Paroc Oy, Jussi Snällström, Saint-Gobain Isover Oy.

Kehittämispalaverit

Workshopien jälkeen syntyneitä ideoita on arvioitu ja kehitetty edelleen yhteistyössä eri yritysten kanssa. Pienimuotoisia kehittämispalavereita on tutkimuksen aikana järjestetty muun muassa seuraavissa yrityksissä: Fenestra Oy, Saint-Gobain Isover Oy, Parma Betonila Oy, NCC Finland Oy ja Alfred A. Palmberg Oy.

Pilotointi

Lupaavimpia ideoita on testattu NCC:n ja Palmbergin työmailla.

Palmbergin As. Oy Espoon Neliapilan työmaalla on testattu tiiviin holvin aikaansaantia esivalmistetuilla läpivienneillä, kololaatan päälle asennettavalla märkätilalaattaelementillä ja uudella ontelolaattojen saumabetonilla. Sadevesien poisjohtamista on kokeiltu laataston alapuolisella kourulla, joka kerää sadevedet onteloiden läpi poratuista vesirei'istä. Myöhemmin testataan vielä sadevesien poisjohtamista laataston reunakaistaan asennettavista putkista.

Espoossa NCC:n As. Oy Aamukasteen työmaalla on testattu ontelovesien poistamiseen liittyviä ideoita. Keväällä 2003 NCC:n työmaalla pilotoidaan vielä muun muassa onteloa ja ruutuelementin sisäkuorta rikkomatonta sidontapistettä. Ontelolaattaan kiinnitetään lattateräksestä tehty koukku, joka pujotetaan seinäelementissä olevaan vaijerilenkkiin.

Testaukset pilottityömailla jatkuvat.

2. Kosteudenhallinnan ongelmat ja tavoitteet

2.1 Kosteudenhallinnan ongelmakohdat

Kosteus aiheuttaa rakentamisessa eri tilanteissa runsaasti erilaisia ongelmia. Tässä tutkimuksessa on pyritty selvittämään rakennuskosteuden aiheuttamia ongelmia. Rakennuskosteudella tarkoitetaan valmistuksessa ja rakennustyömaalla rakenteisiin sitoutuvaa kosteutta. On vaikeaa osoittaa, mitkä ovat rakennuskosteuden suoraan aiheuttamia ongelmia. Sen sijaan rakennuskosteus yhdistettynä esimerkiksi puutteelliseen tuuletukseen tai liian nopeaan betonin pinnoittamiseen ovat aiheuttaneet kalliita korjaustoimenpiteitä.

Seuraavassa on lueteltu haastatteluissa esiin tulleita ongelmia, joissa rakennuskosteudella on todennäköisesti ollut suuri merkitys.

Julkisivut

- Sandwichelementeissä lämmöneristeet ovat kastuneet.
- Julkisivujen pinnoitteita, kuten laattoja ja maalia on irronnut (RTT:n pinnoitetutkimuksen jälkeen ongelma on pienentynyt).
- Valkobetonipinnat ovat värjäytyneet.
- Sandwichelementtien vaakasaumoissa ja ikkunan yläsaumoissa saumaus on irronnut.
- Sisäpuolella seinäpinnoitteet ovat irronneet.

Seinät

- Kylpyhuonelaattoja on irronnut. Syinä on ollut taustan kutistuma (prosessivesi), huolimaton työ ja soveltumaton laattaliima/laasti
- Erityisesti maanpainesseinissä on esiintynyt ongelmia.
- Kevytrakenteiset väliseinät ovat kastuneet.

Laatat

- Märkätilojen lattioissa on yleisesti pinnoiteongelmia.
- Vesireiät ovat tukossa. Ontelolaattojen onteloihin jäävä vesi aiheuttaa pintojen väriongelmiä sisustusvaiheessa ja asumisen aikana.
- Lattioissa esiintyy hometta ja pölylästeiden irtoamisia, vaikka tehdään mittauksia.
- Kostuneen eristeen päälle tehdyissä pintabetonilattioissa betoni ei aluksi kuivu ja kun alkaa kuivua niin sitten halkeaa.
- Kelluvien lattioiden eristetilaan jää todennäköisesti vettä, esimerkiksi väestönsuojan päällä.

Muut

- ACO-seiniin on kastumisen jälkeen syntynyt pakkasen aiheuttamia halkeamia.
- Kuivumismuodonmuutokset aiheuttavat rakoja ja käyrityksiä.
- Kevytsoravesikatot ovat ongelmallisia.
- Liian hitaat / nopeat aikataulut ovat ongelmallisia. Pelkästään pitkä rakennusaika ei takaa mitään.

2.2 Kosteudenhallinnan tavoitteet

Haastatelluilta kysyttiin kolmea tärkeintä ongelmaa, joihin pitäisi löytää ratkaisu. Kosteudenhallinnan tavoitteissa painottuivat rakenteiden kuivumisen mahdollisuudet ehkä enemmän kuin sääsuojauksen ja veden poisjohtamisen tarve. Seuraavassa on lueteltu keskeisimmät tavoitteet, joihin pyritään:

- Hyvien olosuhteiden luominen rakennekosteuden poistamiseksi ja rungon kuivattamisen nopeuttamiseksi
- Rakennerratkaisujen kehittäminen sellaisiksi, etteivät ne kerää vettä ja että rakennekosteus pääsee poistumaan.
- Ontelovesien aiheuttamien ongelmien ratkaiseminen.
- Veden kulun rajoittaminen tiiviin holvin avulla.
- Kostumisesta ja kuivumisesta aiheutuvien muodonmuutosten hallitseminen.
- Suojausratkaisujen kehittäminen.
- Vuodenajan ja rakenteiden kuivumisen tarvitseman ajan ottaminen huomioon rakentamisaikatauluissa.
- Sandwichelementin eristetilän kuivana pitäminen ja mahdollisesti eristetilaan pääsevän veden poisjohtaminen.

2.3 Kosteudenhallinnan hyötyjä

Tutkimuksessa on kerätty kosteudenhallinnalla aikaansaattavia hyötyjä. Sen lisäksi, että kosteudenhallinnalla voidaan vähentää erilaisia ongelmia, voidaan kosteudenhallinnalla nopeuttaa rakentamista ja saada aikaan suoria säästöjä esimerkiksi lämmitysenergiatarpeen vähenemisenä. Muita kosteudenhallinnalla aikaansaattavista hyötyjä ovat:

- Prosessi-, sade- ja kondenssivesien aiheuttamat ongelmat vähenevät.
- Rakennuskosteutta esiintyy vähemmän.
- Työskentelyolosuhteet paranevat.
- Työ etenee paremmin kaikissa sääoloissa.
- Sisävalmistusvaiheen työt voidaan aloittaa hallitusti aikaisemmin.
- Pinnoitustyöt voidaan tehdä kuivempiin rakenteisiin.
- Kosteuden aiheuttamat muodonmuutokset vähenevät, esim. ikkunoiden säätötarve vähenee ja laatoitusten kiinnipysyminen paranee.
- Valumavesien jäljet julkisivuissa vähenevät.
- Kerroksiin varastoitujen materiaalien vaurioituminen vähenee.
- Terveydelle haitallisten mikrobikasvustojen kasvamahdollisuudet heikkenevät.
- Kosteuden aiheuttamat takuuriskit vähenevät.
- Rakentamisen imago paranee.

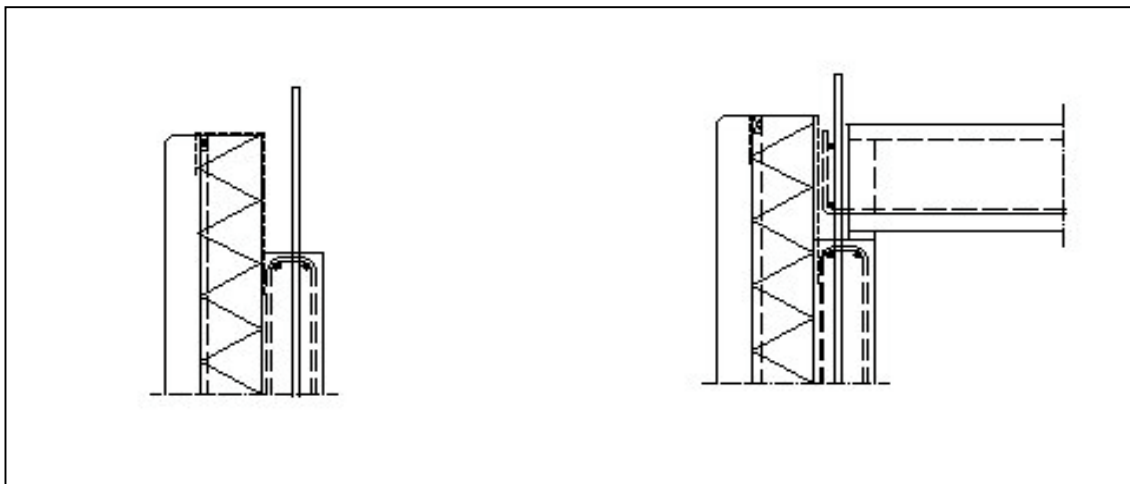
3. Kosteudenhallinnan parantamisen keinoja

3.1 Tuotannon- ja työsuunnittelu

Normaalina syksyisenä sadepäivänä sademäärä voi olla esimerkiksi 20 mm. Holvin lohkolla, jonka pinta-ala on 400 m², kokonaissademäärä voi tällöin olla 8 m³. Osa tästä vesimäärästä valuu väliseiniä kohti ja osa kantavia ulkoseiniä kohti. Vaikka viime vuosina on käytetty muovikalvoa sandwichelementtien eristetilan suojana, kulkeutuu osa sadevesistä sandwichelementin eristetilaan ja sieltä edelleen ikkuna-aukkoihin, elementtien saumoihin ja sokkeleihin. Eristeitä tunnustelemalla ja näköhavaintoihin perustuen voidaan todeta, että eristeet ovat paikka paikoin täysin märkiä.

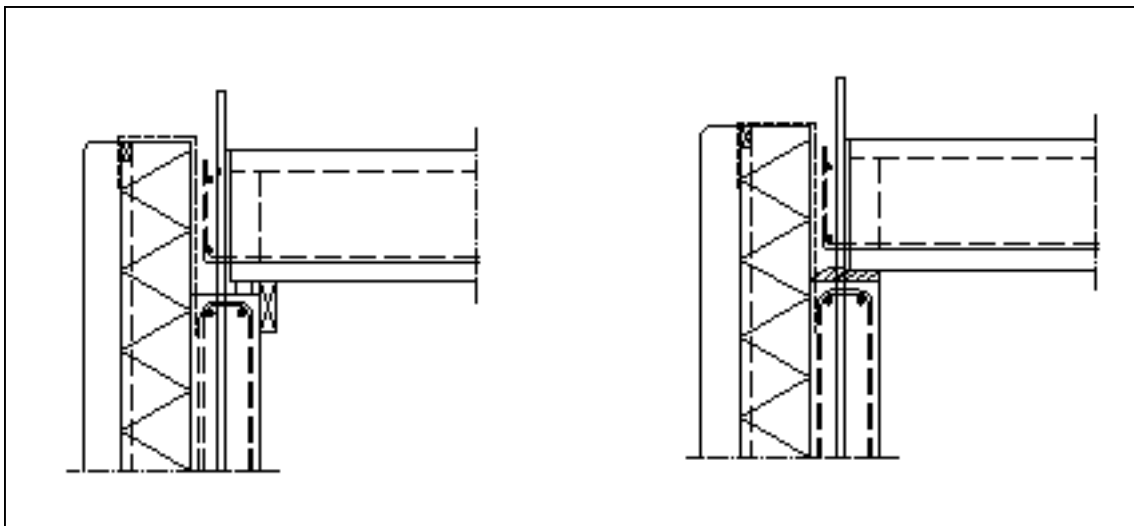
Elementtirakentamisen tuotannon- ja työsuunnittelu on kosteudenhallinnan perusta. Esimerkiksi työjärjestys vaikuttaa onnistumismahdollisuuksiin merkittävästi. Kerralla tiiviin välipohjan tekeminen, millä rajataan sadevesien kulkua tehokkaasti, vaatii elementtiasennusten, raudoitus- töiden, talotekniikka-asennusten ja betonivalujen yhteensovittamista.

Kun elementtejä nostetaan paikoilleen ei sääsuojaja voida käyttää nostojen vaikeutumisen takia. Sadevesien hallintaa tulee käsitellä ottaen huomioon elementtiasennuksen vaiheet. Ennen ontelolaattojen saumausta vesi kulkeutuu pääasiassa saumoista alemmalle holville. Tässä vaiheessa sandwichelementtien eristeen suojaus muovilla tai Tyvek-kankaalla riittää sadevesien hallitsemiseksi. Tämä työvaihe on yleensä myös lyhytkestoinen.



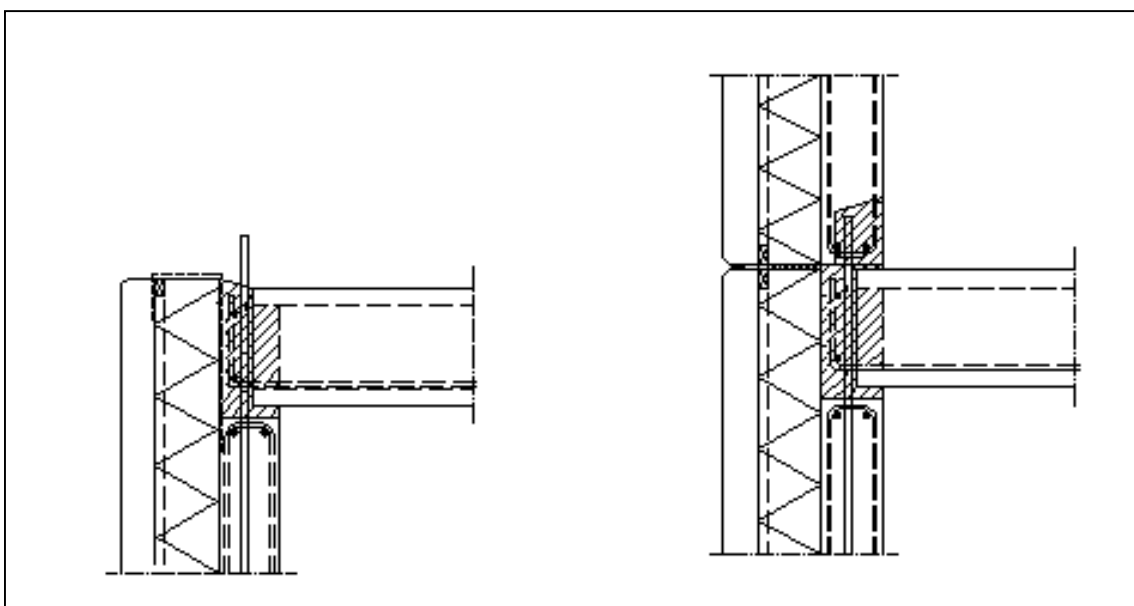
Kuva 1. Ennen ontelolaattojen saumaustyötä seinäelementteihin kohdistuva saderasitus on varsin pieni ja elementit voidaan suojata esimerkiksi Tyvek- kankaalla tai muovikalvolla.

Eniten sadevesien kulkuun työmaalla voidaan vaikuttaa laatastonsauman yhteydessä. Laatastonsaumausta on tavoitteena saada aikaan tiivis holvi. Kun holvissa käytetään esivalmistettuja LVIS-läpimeno-osia ja/tai valmishormeja saadaan aikaan yhtenäinen ja ehjä laatta, joka on vesitiivis. Tiivis holvi mahdollistaa alempien kerrosten betonirakenteiden kuivumisen.



Kuva 2. Ontelolaattojen paikoilleen noston jälkeen tukelaodat ja pumppusaumaus alapäin ohjaavat sadevesiä eristeeseen päin. Varsinainen saumaus on tehtävä mahdollisimman nopeasti.

Kun laataston saumat on valettu, alkaa seuraavan kerroksen seinien asennus. Tämä vaihe kestää useita päiviä ja tällöin sateen mahdollisuus on huomioitava. Koska ontelolaattaholvit kaareutu-
vat keskeltä ylöspäin, valuu holville satava vesi kantavia seiniä kohti. Laattojen yläpinnan aal-
toilu onteloiden kohdalla ohjaa myös vettä laattojen pituussuuntaan. Tässä vaiheessa sadevesien
kulkua rajoitetaan reuna-alueen sauman muotoilulla. Kun seinäelementtien yläpään korkeus-
asema suunnitellaan 10-20 mm laatasta korkeammalle, saadaan huolellisella saumauksella ja
eristetilan suojakalvolla aikaan holvin ja eristetilan välille padotusta.



Kuva 3. Sadevesien kulun rajoittamisen kannalta ontelolaattojen saumausvaihe on keskeisin. Saumauksella holvi saadaan kauttaaltaan tiiviiksi, jolloin alemmissä kerroksissa kuivuminen voi alkaa.

Lopuksi on vielä huolehdittava sadevesien poisjohtamisesta. Vaihtoehtoiksi on esitetty muun muassa sadevesien ohjaamista:

- onteloiden läpi holvin alla olevaan kouruun ja kourusta putkella ulos, viemäriin tai lattiakaivoihin
- laataston reunakaistasta putkella ulos, viemäriin tai lattiakaivoihin
- muutamista holviin porattavista rei'istä koko rakennuksen läpi pohjakerroksessa lattiakaivoihin.



Kuva 4. Sadevesien poisjohtaminen kantavien ulkoseinien vierustoilta on kosteudenhallinnan keskeisimpiä kysymyksiä.

Työmaakohtaisesti tulee arvioida mikä toteutustapa soveltuu kulloisiinkin olosuhteisiin parhaiten. Arvioinnissa tulee ottaa huomioon ainakin:

- viemäreiden tukkeutumisvaara ja puhdistustarve ennen käyttöönottoa
- ikkunoista vesiä ulos johdattaessa mahdollinen jäätyminen
- roiskeiden mahdollisuus seiniin ja ikkunalaseihin
- kuinka arkoja julkisivut ovat valumavesille
- vuodenaika, jolloin rakennetaan.

Elementtien asennusalueen jako lohkoihin edesauttaa kerralla valmiin holvin tekemistä ja työn sujuvaa etenemistä. Kun ensimmäisessä asennuslohkossa asennetaan seinäelementtejä tai nostetaan ontelolaattoja paikoilleen, niin toisessa lohkossa tehdään saumaraudoituksia, sähköputkituksia, saumavaluja ja/tai märkätilojen pintabetonointeja. Lisäksi koko rakennustyö voidaan jakaa lohkoihin siten, että osa rungosta rakennetaan ensin vesikattoon, jonka jälkeen lohkolla päästään sisävalmistusvaiheen töihin ja elementtiasennus jatkuu seuraavalla lohkolla.

Muita workshoppeissa esitettyjä kehitysehdotuksia:

- Jotta talo saataisiin mahdollisimman nopeasti vesikattovaiheeseen, tulisi ensin asentaa kantavat seinäelementit sekä välipohjat ja lopuksi parvekkeet jälkiasennuksena. Ei-kantavien seinäelementtien asennusvaihe ratkaistaan tapauskohtaisesti mm. työmaan lämmitystarpeen mukaan.
- Tasoitetyöt ja muut betonipintoja peittävät työt aloitetaan 3 viikon kuluttua siitä, kun lämpö on päällä, betonointityöt ovat valmiit ja vesikatto on saatu vedenpitäväksi (ruotsalainen malli).
- Porrashuoneiden lasiseinät ovat liian pitkään avonaisina. On kehitettävä joko toimiva suojaus tai asennusta on nopeutettava.
- Vesikattotyö saattaa kestää jopa kolme viikkoa, mikä on turhan pitkä aika siirryttäessä sisävalmistusvaiheeseen. Vesikattotyön nopeuttaminen on keskeinen kehittämiskohde kosteudenhallinnassa. Aluskatetta käyttämällä voidaan vesikaton vedenpitävyys saavuttaa tietyissä tapauksissa huomattavasti ennen vesikaton valmistumista.
- Esivalmistetut kattoristikot, räystäsrakenteet ja parvekkekatot nopeuttavat vesikattotyötä.
- Vesikatot valmistetaan maan tasalla ja nostetaan lohkoina paikoilleen.

Kosteudenhallinnan onnistuminen vaatii huolellista ennakkosuunnittelua ja eri osapuolten sitoutumista yhteiseen tavoitteeseen!

3.2 Kosteudenhallinta suojaustoimenpiteillä

Ensisijainen tavoite valmisosarakentamisen kosteudenhallinnassa on rajata vedenkulkua kosteudenkestävillä rakenteilla. Suojaustoimenpiteillä tuetaan työmaan kosteudenhallintaa. Suojausta voidaan tehdä esimerkiksi käyttämällä sääsuoja materiaalien ja rakennustarvikkeiden välivarastointiin sekä suojaamalla rakennustarvikkeita rakenteita ja työpisteitä. Elementtirakentamisessa sääsuojiin käyttö on vaikeaa nopeasti etenevän asennustyön takia.

Sääsuoja voidaan kuitenkin käyttää hyväksi esimerkiksi:

- elementtien ja rakennustarvikkeiden välivarastoinnissa
- osittaisissa työmaan suojauksissa kuten porrashuoneissa, valokuiluissa, iv-konehuoneissa ja märkätilojen valuissa.

Talvella holvin saumojen puhtaanapito lumesta ja jäästä hoidetaan pressuttamalla holvi. Pressujen päälle kerääntynyt lumi poistetaan kolaamalla.

Rakennustarvikkeiden suojauksessa on tärkeää, että tarvikkeet ovat suojassa koko toimitusketjun ajan tehtaalta asennukseen asti ja edelleen kunnes, vesikatto on valmis. Elementtien osalta esimerkiksi:

- Elementtitehtaan on järjestettävä asiallinen välivarastointi valmistuksen ja kuljetuksen välille.
- Kuljetusaikainen suojaus hoidetaan kuljetuskalustolla tai kuljetuksen aikaisella huputuksella.
- Työmaalla elementit välivarastoidaan sääsuojissa tai huputettuna.



Kuva 5. Valkobetonipintaisia elementtejä lukuun ottamatta elementit voidaan suojata myös muovihupuilla. Mielipiteet ratkaisun hyvydestä kuitenkin jakaantuvat.

Joissakin tapauksissa rakentamisen aikainen suojaus voidaan tehdä jo elementtitehtaalla. Logistiikkaan liittyvien ongelmien ratkaiseminen tehtaalla on helpompaa kuin työmaalla. Esimerkiksi työkalujen ja suojausmateriaalien hankinta keskitetysti tehtaalle on helpompaa kuin työkalujen kierrättäminen työmailla tai suhteellisen pienten suojausmateriaalierien hankinta erikseen jokaiselle työmaalle.

Rakennusaikaisen suojauksen tekemistä tehtaalla toivotaan esimerkiksi

- porraselementteihin
- parvekelaattoihin ja parvekepieliin
- ikkunoihin elementeissä, jos ne asennetaan jo tehtaalla.

Suomen olosuhteissa kannattaa käyttää sääsuojia!

3.3 Kuivatus ja tuuletus

Täysin kuivaan rakentamistapaan ei Suomen olosuhteissa ole vielä mahdollisuuksia ja rakennuksen käytön aikanakin rakenteisiin kohdistuu kosteusrasituksia. Tämän takia rakennukset tulee suunnitella ja rakentaa siten, että kastuneet rakennusosat voivat kuivua nopeasti.



Kuva 6. Sokkelin ja perustuksen välissä ei ole toimivaa vedenpoistoreittiä. Rakennuskosteuden lisäksi rakenteita rasittavat asumisen aikana vesihöyryn tiivistyminen SW-elementin ulkokuoren sisäpintaan. Onko kuvanmukaisessa tilanteessa vaarana, että tasoite "korkkaa" sisäpuolelta?

Rakennussuunnittelun mahdollisuuksia

- Ulkoseinissä käytetään kaksoiskuorielementtejä tai ainakin tuuletusurallisia elementtejä.
- Käytetään avosaumaratkaisuja vaakasaumoissa.
- Elementtisaumoihin suunnitellaan tuuletuskotelot; jakoväli enintään 2000 mm. *)
- Tuuletusputkia käytettäessä putken sisähalkaisijan tulee olla vähintään 15 mm ja jakoväli vaakasaumoissa klinkkeripintaisilla ja hiotuilla elementeillä 1000 mm:n välein ja muilla elementeillä 2000 mm:n välein.
- Eristeen päälle tehtyihin pintabetonilattioihin suunnitellaan tuuletus. (Esim. väestönsuojan yläpohjarakenteen tuuletus.)
- Sandwichelementin ikkunadetaljeissa huomioidaan tuuletus ja vedenpoisto.
- Eristetilassa valuvan veden poisto suunnitellaan elementtien vaakasaumoihin tai sokkeliin.
- Sandwichelementin liittyminen yläpohjaan. Otettava huomioon, ettei yläpohjaeristyksellä vahingossa tai työmenetelmästä johtuen tukita tuuletusta.
- Molemmiin puolin laatoitetun maanpaineseinän tuuletuksen suunnittelu. (Esimerkiksi kellarikerroksen märkätilat.)

*) Matti Pentti, Matti Haukijärvi, Betonijulkisivujen saumausten suunnittelu ja laadunvarmistus. TTKK 2000. 2. täydennetty painos

Tuotannon suunnittelussa huomioitavaa:

- Vuodenaika ja rakenteiden kuivumisajat on otettava huomioon rakentamisen yleisaikataulussa.
- Julkisivujen saumaus tehdään mahdollisimman myöhään, aikaisintaan tasoitettöiden jälkeen. Alin vaakasauma saumataan aikaisintaan yhden täyden lämmityskauden jälkeen.
- Tehostetaan työmaa-aikaista lämmitystä. Lämmitetään rakennus 25-30 °C:n lämpötilaan yön aikana ja tuuletetaan tehokkaasti päivällä. Kuitenkaan ei saa kuivattaa liian nopeasti (esim. pintabetonoinnit).
- Betonielementtien kuivattaminen aloitetaan jo tehtaalla. Riittävän pitkällä varastoinnilla sidotaan ja kuivatetaan prosessivettä. Välivarastointi hoidetaan tehtaalla kuivissa tiloissa (sääsuojissa).
- Kuivuminen on tehokasta kylmänä vuodenaikana, kun lämpö on saatu päälle. Samoin keväällä ja kesällä, kun vesikatto on valmis, saumaustyöt ovat tekemättä ja tuulettamisesta huolehditaan on kuivuminen nopeaa.
- Ilman kuivattaminen koneellisesti on tarkoituksenmukainen tapa työmaalla etenkin syksyllä, kun sisä- ja ulkoilman välinen lämpötilaero on pieni ja ulkoilman kosteuspiitoisuus suuri. Tällöin on huomioitava, että rakennuksen tulee olla ilmatiivis. Muutoin kuivatetaan ulkoilmaa.

Julkisivujen tuuletus- ja vedenpoistojärjestelmien toimivuus on varmistettava perustuksista vesikatolle asti!

3.4 Holvi kerralla tiiviiksi

"Holvi kerralla tiiviiksi" -periaate tarkoittaa kaikkien holviin liittyvien betonointitöiden tekoa yhdellä kertaa ontelolaattojen paikoilleen noston jälkeen. Esimerkiksi märkätilojen lattioiden, hormien tukkovalujen ja lämpöjohtousujen lävistysten valamista saumausten yhteydessä. Tiiviillä välipohjalla tavoitellaan kosteusteknisiä hyötyjä alempien kerrosten osalle.

Tällaisia hyötyjä ovat esimerkiksi:

- Veden pääsy alempiin kerroksiin loppuu tai vähenee niin paljon, että esimerkiksi väliseinätyöt voidaan aloittaa hallitusti.
- Välipohjan tiiveyden vuoksi alempien kerrosten lämmittäminen on taloudellisempaa.
- Betonirakenteiden tehokas kuivuminen alkaa alemmissa kerroksissa nopeammin.

Kun välipohjat tehdään betonointien osalta valmiiksi mahdollisimman nopeasti, on mahdollista saada aikaan myös muitakin etuja:

- Työ on tehokasta, koska työhön voidaan käyttää hyvin soveltuvia koneita ja tilaa on riittävästi.
- Seuraavat työvaiheet voidaan aloittaa valmiimmalta pohjalta ja aikaisemmin.
- Vaikeasti hallittavat ja käsityövaltaiset pienet jälkivalut vähenevät.
- Piikkaustarve vähenee, koska esivalmistetut läpimenokappaleet ovat hyviä valumuotteja.



*Kuva 9. Esivalmistetut läpimenokappaleet helpottavat tiiviin holvin aikaansaantia.
/Kuva Jouko Finne/.*



Kuva 10. Laataston vaakasaumapumpusta, jolla aikaansaadaan tiiviit saumat ilman tärytystä./Kuva Jouko Finne/.

Vesi- ja ilmatiiviin holvin saumaus

Perinteisesti saumaus on tehty betonia nostoastiasta saumoihin valuttamalla tai valmisbetonia pumppaamalla. Molemmissa tavoissa sauman tiiveys pitää varmistaa täryttämällä. Uutena mahdollisuutena on markkinoille tullut kuivabetonilla saumaus. Menetelmässä ontelosaumabetoniin lisätään työmaalla vesi ja massa pumpataan ohuella (35-50 mm) letkulla suoraan saumaan. Menetelmä ei vaadi sauman täryttämistä. Silmämääräisesti arvioiden uudella tavalla syntyy aiempaa tiiviimpi sauma.

Menetelmästä riippumatta saumaustyössä on tärkeää, että saumat ja saumojen reunat ovat puhtaat. Talvella saumat on pidettävä puhtaana lumesta ja laatasto on suojattava välittömästi ontelolaattojen nostamisen jälkeen. Mikäli saumoihin on kuitenkin päässyt lunta, sen poistaminen on mahdollista paineilmapuhalluksella. Höyrytystä ei suositella jäätymisvaaran vuoksi. Talvella kololaatan päälle asennettava kh-laattaelementti helpottaa työtä. Saumojen valamisen yhteydessä kannattaa onteloissa olevat lyhyet kannakset valaa umpeen. Tällöin välttyään onteloihin jääviltä vesipesiltä. Tällaisia lyhyitä kannaksia voi olla esim. kahden hormin välissä sekä parvekekannakkeiden ja ruutuelementtien kiinnityspisteiden välissä.

Ennen saumavaluja on huolehdittava, että

- kaikki lävistyksöt ovat valmiita tai lävistyksöt on muotitettu ns. läpimenokappaleilla
- kaikki saumojen sähköputkitukset ja saumateräkset on asennettu.

Kosteudenhallintaa helpottavia keinoja:

- Esivalmisteisten märkätilalaattojen käyttäminen.
- Lämpönousujen läpimenokappaleiden käyttäminen.
- Viemäri vaakavetojen kokoaminen etukäteen valmiiksi. Vain liitos pystyhormiin tehdään holvilla.
- Esivalmistettujen hormielementtien käyttäminen.



Kuva 11. Lämpöjohtonousujen läpimenokappale, joka putoaa sadevesiä saumavalun jälkeen. /Kuva Jouko Finne/.



Kuva 12. Esivalmistettuun hormiin liitetään työmaalla esivalmistettu viemärihajotus /Kuva Jouko Finne/..



Kuva 13. Märkätilan lattian valaminen rungon nostamisen yhteydessä pidentää betonin kuivumisaikaa merkittävästi.

/Kuva Jouko Finne/.



Kuva 14. Esivalmistetulla hormielementillä saadaan tiivis ratkaisu nopeasti valmiiksi.

/Kuva Jouko Finne/.

On kaikin tavoin perusteltua tehdä holvi kerralla valmiiksi!

3.5 Sandwichelementin suojaus ja holvivesien poisto

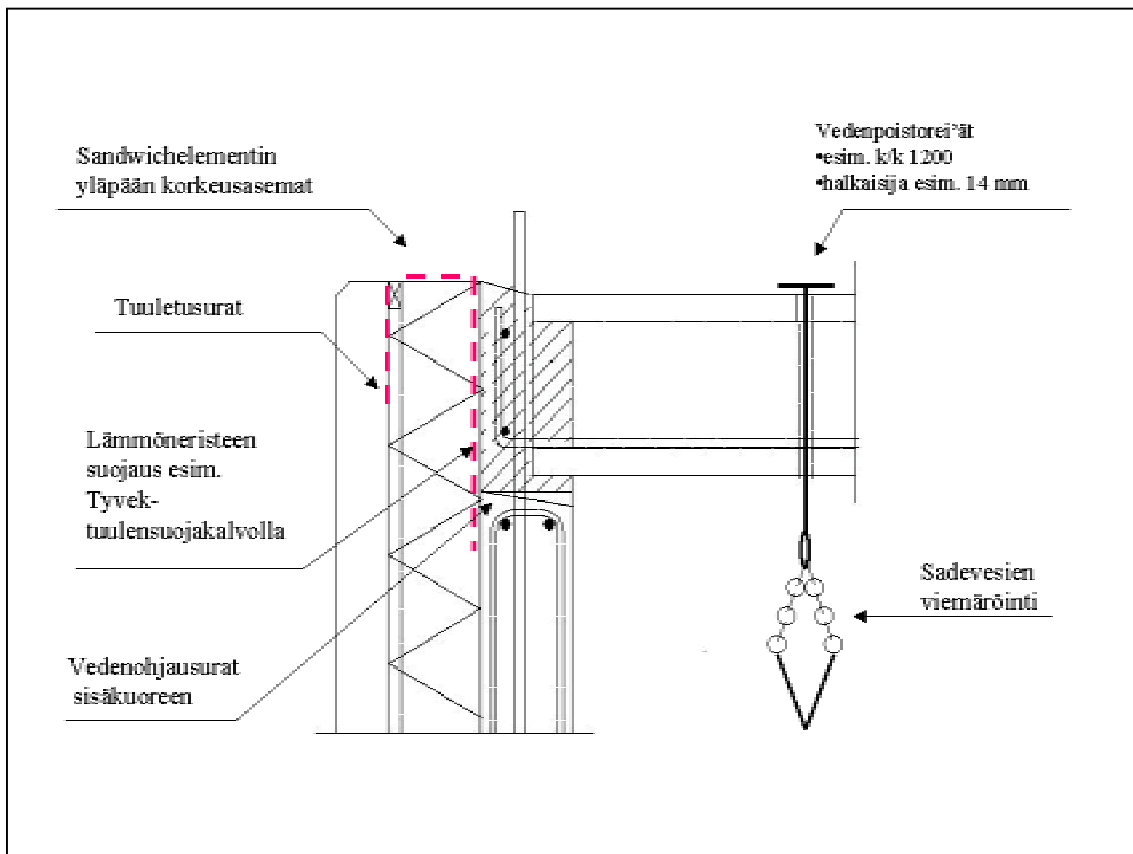
"Holvi kerralla tiiviiksi" -periaatteen noudattaminen on välttämätöntä sadevesien hallittuun ohjaamiseen. Tiivis holvi ei päästä vettä alaspäin, joten myös sadevesien poisjohtamisesta tulee huolehtia. Holvivesien poisjohtamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota myös, koska suuri osa sadevesistä kulkeutuu nykyään sandwichelementin eristetilaan aiheuttaen useita erilaisia ongelmia, kuten

- betoninen vesi valuu eristetilan kautta ikkunalaseihin syövyttäen niitä
- sadevedet valuvat ikkunoiden kehäpuiden päälle aiheuttaen niissä kosteusmuodonmuutoksia
- sadevedet liuottavat eristeistä kemikaaleja, jotka värjäävät julkisivuja
- julkisivujen saumaus viivästyy tai työn laatu heikkenee
- pinnoitteet irtoavat seinien sisä- ja ulkopinnoissa
- julkisivujen ulkopintoihin muodostuu härmettä

Muita sadevesien aiheuttamia ongelmia ovat

- veden patoutuminen onteloihin
- veden valuminen alempiin kerroksiin varastoituihin tai asennettuihin rakennusmateriaaleihin
- veden jäätyminen rakenteissa

Sandwichelementin eristetilan suojaus tehdään tehtaalla. Vaikka suojausta on tämänkin tutkimuksen yhteydessä kehitetty, täysin vedenpitävän suojauksen tekeminen tehtaalla on erittäin vaikeaa. Tehdassuojaus on kuitenkin toimiva ratkaisu lyhytaikaisissa välivarastoinneissa (myös sateella) ja useimmiten myös asennusaikana. Huolimattomasti toteutettuna tai pitkäaikaisessa varastoinnissa nykyisenlainen suojaus menettää merkitystä, koska se suojauksen lisäksi myös estää elementin kuivumista.



Kuva 15. Sadevesien poisohjaamisessa on keskeisintä estää sadevesien kulkeutuminen sandwichelementin eristetilaan ja ohjata ne kantavien seinien vierustoilta eteenpäin. Eristetilaan kulkeutumista voidaan rajoittaa eristetilan suojaamisella ja muotoilemalla betonisaukaus patoavaksi. Viemäröinnissä on kokeiltu laataston alapuolisia kouruja. Myöhemmin kokeillaan laataston reunakaistaan asennettavia putkia.



Kuva 16. Tutkimuksessa on kokeiltu Tyvek-tuulensuojakankaan käyttöä sandwichelementin eristetilän suojaukseen. Tyvek on hengittävä mutta vedenpitävä, muovikuitupohjainen muovikalvoa sitkeämpi kangas. Ensimmäiset kokemukset kankaan käytöstä ovat myönteisiä.



Kuva 17. Sandwichelementtien yläpään korkeusasema voidaan suunnitella 10-20 mm laataston pintaa ylemmäksi, millä padotaan tehokkaasti holvivesiä .

Toteutusideoita sadevesien poisohjaamiseen

Sadevesien poisjohtamiseen on mahdollista rakentaa väliaikaisia järjestelmiä. Ontelolaataston kaareutumisen vuoksi holvivedet kerääntyvät kantavien seinien vierustoille, mikä on otettava huomioon väliaikaisia viemärointejä suunniteltaessa. Seuraavassa on esitetty erilaisia vaihtoehtoja sadevesien poisohjaamiseen:

- Suunnitellaan hormien paikat kantavien seinien vierustoille ja käytetään esivalmistettuja hormien viemäreitä hyväksi.
- Ontelolaatastoon tehdään reikiä kantavien seinien lähelle ja kouruilla hoidetaan vedenpoisto hallitusti ontelolaatan alapuolelta. Vesikouruksi käy esim. halkaistu viemäriputki, joka on helppo liittää talon jätevesiviemäriverkkoon tai mieluummin sisäpuolisiin sadevesiviemäriin. Vesireikiä voi olla esimerkiksi yksi kussakin ontelosaumassa.
- Ontelolaataston reunakaistaan tehdään vesireiät. Reunakaistan jälkivalutilaan voidaan tehdä myös putkilähtö, josta letkulla ohjataan sadevedet viemäriin. Vaihtoehtoisesti sadevedet voidaan ohjata letkulla ulos. Vesiä ulos johdettaessa on otettava huomioon mahdolliset jäätymisongelmat ja emäksisen veden poisittäminen lasipinnoilta.
- Vesi kerääntyy lammikoiksi tiiville holville. Porataan reikä siihen kohtaan, jossa vettä on eniten, jolloin onteloa pitkin vesi kulkeutuu seinän vierellä olevaan vedenpoistoreikään.
- Ontelon vesireiät porataan läpi ja kokoa kasvatetaan 14 mm:iin.
- Vesi pyritään saattamaan madalluksiin, joista hormin kautta hallitusti alas. Esimerkiksi vedet ohjataan kylpyhuoneen kololaatan kohdalle ja sieltä viemäriin.
- Märkätilojen valaminen holvin saumavalujen yhteydessä mahdollistaa sadevesien osittaisen poisjohtamisen rakennusten varsinaisten viemäreiden kautta. Viemäroinnissä on kuitenkin huolehdittava, että viemärit eivät pääse tukkeutumaan. Ennen rakennuksen käyttöönottoa viemärit on syytä myös puhdistuttaa.
- Annetaan sadeveden kulkeutua hallitusti koko rakennuksen läpi pohjakerroksen lattiakäivöihin. Pohjaviemäreiden suunnittelussa voidaan ottaa huomioon myös rakennusaikaisen veden poisto ja suunnitella mahdollisesti lattiakaivoja myös rakennusaikaisten sadevesien poistoa varten.



Kuva18. Pilottityömaalla kokeiltiin kourujen käyttöä sadevesien poisjohtamiseen onteloiden läpi poratuista rei'istä. Kourun muotoa pitää vielä kehittää; tasapohjaisesta kourusta vesi roiskuu reunojen yli. V-muotoinen kouru olisi toimivampi. Myös kourujen kiinnitystapaa on kehitettävä. Ontelolaattatehtaalla vesireikien poraus vakioetäisyydelle laatan päästä on yksi edellytys kourujen toimivuudelle.

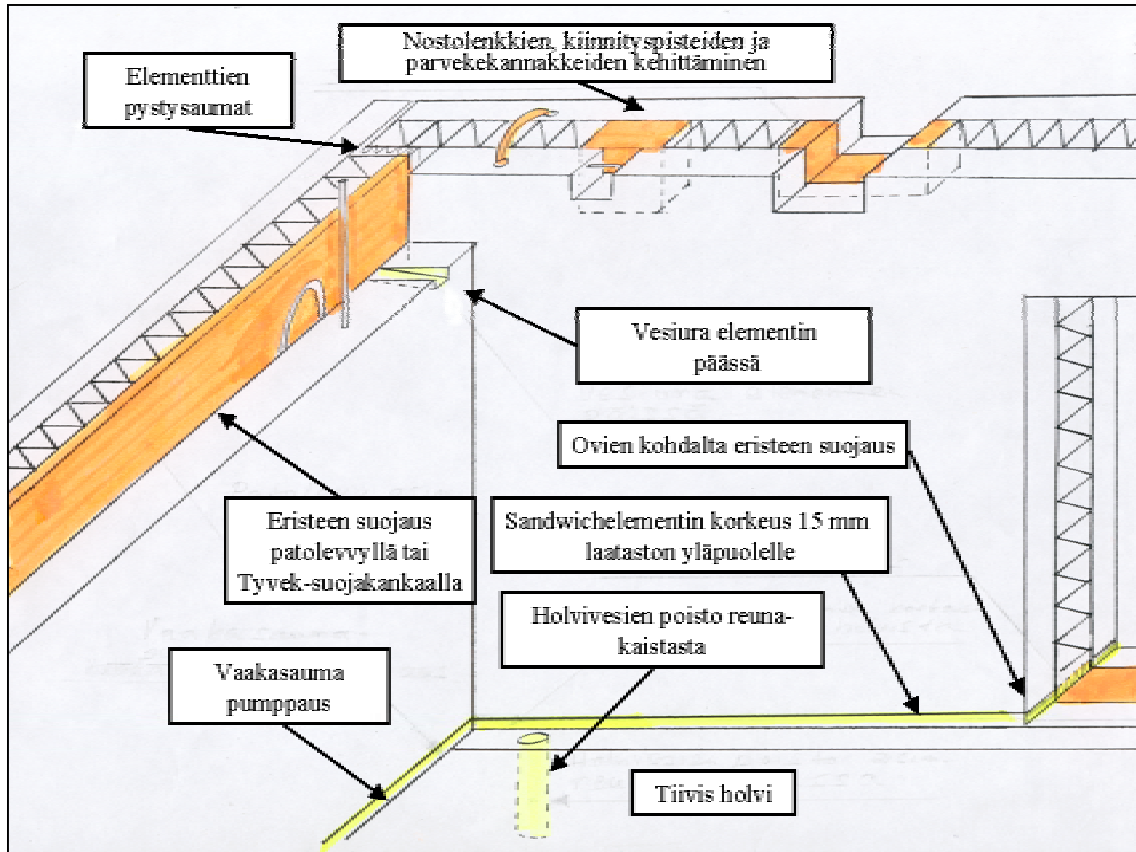
Huomioitavaa:

- Kaikki laatastoon jäävät reiät voivat olla myöhemmin äänitekniisiä ongelmia, ellei niitä tuota huolellisesti. Pelkkä tasoitteiden käyttö ei riitä.
- Sadevesien hiekanerotuksesta on huolehdittava, jos käytetään rakennuksen viemäriverkkoa hyväksi.
- Valumavedet ovat usein emäksisiä ja siten lasia syövyttäviä.
- Mahdolliset jäätymisongelmat syksyllä ja talvella.

Vesi-imurointi ja muut mekaaniset menetelmät

Kun holvi on saatu tiiviiksi voidaan sadevesiä poistaa kerroksista mekaanisilla menetelmillä. Markkinoilla on 2-pumppuisia vesi-imureita, jotka pumppaavat imemänsä veden välittömästi eteenpäin. Tällaisten imureiden vedenpoistokapasiteetti on huomattavasti parempi kuin säiliöllisissä vesi-imureissa.

Esimerkiksi hissikuilujen pohjalta sadevesiä poistetaan uppopumpuilla. Voisiko uppopumppuja kehittää imemään vettä myös matalista lammikoista? Lastan ja kolan käyttö on tehokasta, kun vedentulo on saatu loppumaan.



Kuva 19. Valmisosarakentamisen kosteudenhallinnan pääasialliset ongelmat ja eräitä ratkaisuehdotuksia.

Suojauksen kehittämisen lisäksi sw-elementin kosteudenhallintaa voidaan parantaa seuraavilla keinoilla:

- Parvekekannakkeet ja kiinnityspisteet tehdään sellaisiksi, ettei sisäkuorta tarvitse kolota.
- Kevyen sandwichielementin nostolenkit siirretään eristetilasta pois.
- Käytetään EPS- tai PU-eristeitä lämmöneristeinä elementin yläosassa.
- Käytetään alhaista vesisementtisuhdetta ja uusia notkistimia, jolloin prosessivettä ei vapaudu valmiissa rakenteessa. Tällöin voidaan suunnitella umpinaiset elementit.
- Eristeen tuuletusurat sijoitetaan lämmöneristeen sisään 10 mm:n etäisyydelle ulkokuoresta.

3.6 Pintabetonoinnit

Märkätilat

Märkätilojen lattioiden toteutustapana elementtirakentamisessa käytetään paikalla valettavaa pintalaattaa, elementtikylpyhuonetta kololaatan päällä tai massiivista kylpyhuonelaattaa. Uutena toteutustapana on kokeiltu kololaatan päälle asennettavaa elementtilaattaa.



Kuva 20. Märkätilan lattia on valettu holvin saumavalujen yhteydessä. Menetelmällä saadaan betonille lisää kuivumisaikaa ja seuraaville työvaiheille hyvä lähtökohta.



Kuva 21. Kololaatan päälle on asennettu elementtilaatta. Tehtaalla hyvissä olosuhteissa on märkätilan kallistukset ja seinän liittymät saatu tarkasti oikeisiin mittoihin. Ratkaisu on myös ääniteknisesti hyvä, koska laatta on neopreenikumien päällä.

Märkätilojen lattioiden toteutustapaa valittaessa on huomioitava, että yleensä kylpyhuoneet ovat sisävalmistusvaiheessa ensimmäisenä pinnoitettavia kohteita. Kylpyhuoneiden laatoitus ja saumaustyöt tehdään mielellään valmiiksi ennen arempien huonetilojen pintatöitä. Kylpyhuoneen talotekniikkatyöt ja varustelu tarvitsevat myös melkoisesti rakennusaikaa. Jotta pinnoitustöihin päästään mahdollisimman nopeasti, kannattaa märkätilojen latioissa käyttää esivalmistettuja betonielementtejä tai valaa lattiat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Jos märkätilojen lattiat valetaan paikalla, on perusteltua tehdä tämä työ mahdollisimman nopeasti saumavalun jälkeen. Näin saadaan mahdollisimman pitkä kuivumisaika betonille ennen vesieristystöihin ryhtymistä. Hyvä puoli on myös se, että betoni voidaan nostaa siilolla holville. Kuitenkin vesisade saattaa estää tai haitata tällaista toteutusta. Pienen sääsuojan käyttö voisi olla toimiva ratkaisu edelliseen ongelmaan. Useat työnjohtajat pitävät nopeaa paikallavalua parempana ratkaisuna kuin kaikkien kylpyhuoneiden valamista kerralla, vaikka pinta pitäisikin tasoittaa huonojen olosuhteiden takia.

Elementtikylpyhuoneita käytettäessä kylpyhuoneen lattian kuivuminen ei ole ongelma, koska se voidaan tehdä tehtaalla hyvissä ajoin ennen rungon rakentamista. Tällöin kylpyhuone on kuitenkin suojattava hyvin vesisateelta ja holvin valumavesiltä. Erityistä huomiota on kiinnitettävä kylpyhuoneen hormien laattalävistysten tukkimiseen, jotta ne voitaisiin tehdä nopeasti ja vedentähtäviksi. Samoin kololaatan jälkivalu on syytä tehdä mahdollisimman nopeasti. Ontelolaattojen kolo tehdään usein sen verran kylpyhuonetta reilummaksi, että se ylettyy myös muihin huone-tiloihin. Tällöin jälkivalun kuivuminen pitää huomioida näidenkin tilojen lattiapäällystetöissä.

Kun käytetään massiivista märkätilaelementtilaattaa, oleellista on saumojen valaminen huolellisesti ontelolaattojen saumavalun yhteydessä. Hyviä puolia elementin käytössä on, että suuri osa työstä voidaan tehdä tehtaalla hallituissa olosuhteissa. Vaikeutena on ratkaisun vaatimat kantavat väliseinät ja LV- tekniikan tarkkuusvaatimukset asennustyössä.

Kololaatan päälle asennettavalla laattaelementillä saadaan suunnitteluvapautta märkätilojen sijoitteluun, ja kuitenkin kysymyksessä on teollinen ja kuiva ratkaisu.

Kelluvat betonilattiat

Kosteudenhallinnan kannalta vaikeimpia rakenteita ovat "kelluvat betonilattiat". Näitä rakenteita tehdään esimerkiksi väestönsuojan päälle ja ääneneristyksellisistä syistä EPS:n tai mineraalivillan päälle. Kyseisissä rakenteissa esiintyy paljon eriasteisia kosteusongelmia. Rakenne vaatii huolellista suojausta rakennusaikana ja on erittäin ongelmallinen vesivahinkotapauksissa. Rakennuskosteuden poistamiseksi kannattaa eristetilaan suunnitella tuuletus. Esimerkiksi väestönsuojien päällä alimpaan eristekerrokseen jätetään rakoja ja eristetilasta asennetaan venttiili kuivaan sisätilaan tai ulos. **Välimateriaalin on oltava ehdottomasti täysin kuiva ennen pintabetonoinnin aloittamista.**

Betonin kuivuminen vie aikaa, siksi betonivalut kannattaa suunnitella mahdollisimman aikaiseen vaiheeseen!

3.7 Ontelovesien eliminointi

Välipohjiin jäävä rakennekosteus on ongelma, joka kiusaa rakentajia ja talon käyttäjiä mahdollisesti pitkään rakennuksen luovutuksen jälkeenkin. Ontelolaattojen onteloihin jäävää vettä pyritään poistamaan poraamalla onteloiden molempiin päihin reiät tehtaalla. Lisäksi reiät avataan ja puuttuvia reikiä porataan vielä työmaalla. Porauksia joudutaan tekemään työmaalla, koska kaikilla ontelolaattatehtailla ei voida tehdä esimerkiksi vinopäiden porauksia. Reiät ovat voineet tukkeutua ja kaikkia tarvittavia porauspaikkoja ei tiedetä etukäteen. Elementtien toimitussopimukseen on syytä merkitä vesireikien porausperiaatteet.



Kuva 22. Ontelovesien eliminointi vaatii kahdet vesireiät myös alle 3 m:n onteloihin. Kuvassa myös kololaatan syvennyksen viereen (kuvan keskellä) on porattu vesireiät.

Vesireikien tarve laatastoissa

- kantavien seinien vierustoilla
- parvekesaranoiden ja kannakkeiden vieressä (mahdollisesti 2 onteloa)
- S-pistekiinnitysten vieressä
- hormien ja muiden läpimenojen vieressä
- kololaattojen sivuripustusten vieressä
- kololaatan edessä, ei kuitenkaan palkin kohdalla.
- sisäkulman rengasterästen sidontavalujen vierellä
- sähköputkitusten läpimenojen vierellä
- onteloihin asennettavien viemäreiden lähellä (pesukoneen poistoputket).

Usein esiintyviä ongelmia

- Työmaaporaus ei ole osunut ontelon keskelle.
- Lähekkäin olevien varausten välistä kannasta ei ole valettu umpeen ja reikä puuttuu.
- Reikien tukkeutuminen - laatan sahausessa syntyy lietettä, joka ajan kanssa tukkii reiän tai reikien porauksesta syntyy kaulus, joka kovettuu reiän ympärille.
- Vinopäisiä laattoja ei porata tehtaalla.
- Lyhyissä laatoissa on rei'itetty vain toinen pää, mikä ei ole riittävää.

Kehitysehdotuksia

Tilaaajan toimenpiteet:

- Ontelolaattojen toimitusehtoihin tai toimitussopimuksiin määritetään tarkat vastuut.
- Laaditaan valvontaohje laatujärjestelmään (aloituskokous ja vastaanottokatselmus).
- Käytetään poraustyöhön koulutettuja elementtitehtaan porareita.
- Porarille annetaan selkeä poraussuunnitelma. Elementtikaavioita ja elementtitehtaan porausohjeita käytetään pohjana. Työnjohdon on merkattava porattavat paikat elementtikaavioihin.
- Poraustarkkuutta lisätään esimerkiksi käyttämällä sapluunaa reikien merkkaamiseen.
- Lyhyet ontelokannakset valetaan umpeen.

Ontelolaattatoimittajan toimenpiteet:

- Työmaan käyttöön tehdään porausohje.
- Huolehditaan onteloiden puhtaudesta.
(Esimerkiksi lietteen poisto ja varausten teossa pohjan kaavinta.)
- Pienimpänä vesireiän halkaisijana käytetään 12 millimetriä. Tällöin paikkaustarve on arvioitava tapauskohtaisesti.
- Tilaaajan toivomuksesta porataan myös halkaisijaltaan 14-20 mm:n vesireikiä, jotka paikataan aina betonilla työmaalla.
- Tehdään kaksi reikää onteloa kohti aina, myös lyhyisiin alle kolmen metrin pituisiin onteloihin.
- Varausten viereinen tulppaustyö tehdään tehtaalla.
- Ontelolaatan varauskolojen väliset vesireiät tehdään valmiiksi jo tehtaalla.
- Onteloiden päät tukitaan vesitiiviiksi tehtaalla, mikä estää ontelovesien syntymistä.
- Kehitetään menetelmiä ontelolaattojen varausten vähentämiseen. Esimerkiksi kiinnityspisteiden ja parvekekannatusten tekeminen ontelolaattaa rikkomattomilla detaljeilla.
- Kehitetään uusia menetelmiä tehdasporaukseen.
(Esimerkiksi vinopäihin ja laattojen keskelle tehtävät vesireiät.)



Kuva 23. Ruutuelementin kiinnityspisteeksi kehitetään onteloa rikkomatonta kiinnitystapaa. Koukku kiinnitetään ruutuelementissä olevaan vaijerilenkkiin.

Ontelovesien eliminointi vaatii erityistä huolellisuutta työmaalla!

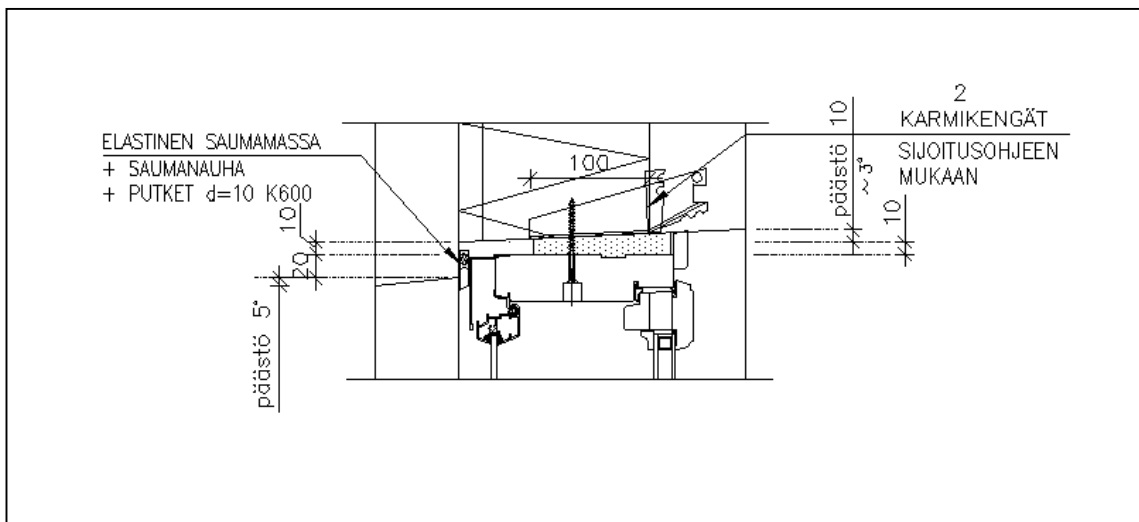
3.8 Ikkunoiden asentaminen ja suojaus

Kesällä rakenteiden kuivuminen on nopeaa eikä ikkunoiden asennuksella ole kiire, joten ikkunoiden asennuksissa esiintyy vähän ongelmia. Lämmityskaudella asennuksia kiirehditään ehkä liikaa ja ongelmat ovat yleisempiä. Yleisimpiä rakennuskosteuden ikkunoihin aiheuttamia ongelmia ovat:

- Holvivesiä valuu ikkunoihin aiheuttaen lasiin värivikoja.
- Kehäpuu ja/tai karmi elää kosteuden takia ja ikkunoiden käynti on tarkistettava montakin kertaa. Kosteusmuodonmuutosta voi olla jopa kuusi millimetriä karmipuiden etäisyydessä.

Karmin päälle tuleva vesi ei kuitenkaan ole ainakaan yleisesti aiheuttanut laho- tai muita mikrobiongelmia.

Rakennusaikainen suojaus tehdään nykyisin pussittamalla sisäpuite ja käyttämällä muovikaistalletta karmin päällä ja sisäpuolella tasoitetöiden tekemiseen saakka. Muovi pitää ottaa pois ennen ikkunan tiivistämistä. Tasoitetöiden jälkeen ja myös asumisen aikana on todennäköistä, että ulkoseinän eristetilassa tapahtuu kosteuden tiivistymistä ja veden valuminen ikkunakarmin päälle on mahdollista. Ikkunoiden yläpuolinen vedenpoisto ja tuuletus pitää suunnitella erikseen, mitä ei useinkaan tehdä.



Kuva 24. Ikkunan yläpuolisessa detaljissa pitää varautua ulkokuoren sisäpintaan mahdollisesti kondensoituvan veden poistoon.

Ikkunadetaljien suunnittelussa on erityisesti otettava huomioon:

- Ikkunan päälle mahdollisesti valuva sade- ja kondenssivesi on ohjattava mahdollisimman kauas lasipinnasta, koska ne aiheuttavat värivikoja lasiin.
- Ulkopuolen elastinen saumaus tarvitaan, jotta tuuli ei paina sadetta ikkunan päälle.
- Ulkoseinän tuuletus pitää varmistaa myös ikkunoiden kohdalta. Erityisesti parvekeovi ja isot ikkunat ovat yhdistettynä haasteellinen suunnittelutehtävä.
- Paineekyllästetyn puun käyttöä on vähennettävä ympäristösyistä – on etsittävä uusia materiaaleja.
- Paineekyllästetyn puun sijasta voidaan käyttää termorankaa tai karmikenkiä. Näillä saadaan myös kosteusmuodonmuutoksia vähennettyä.

Voitaisiinko ikkuna-aukkoon kehittää kaulus, joka toimisi valukehyksenä elementin valmistuksessa, kiinnitysalustana ikkunalle, idioottivarmana vedenohjurina ja tuuletusjärjestelmänä sekä tiivistäisi ja eristäisi ikkunaraon ja toimisi vielä vesipellin kiinnitysalustana?

3.9 Vesikaton nopea toteutus

Vesikaton valmistaminen maan tasalla

Asuinkerrostalotuotannossa on tärkeää saada runko kuivumaan nopeasti. Vesikattotyövaihe kestää kuitenkin yleensä useita viikkoja. Eräs tapa nopeuttaa vesikattotyötä ja samalla varmistaa rungolle hyvät kuivumisolosuhteet on valmistaa vesikatot maassa ja nostaa ne kerralla tai lohkoina ylös.



Kuvat 25. Karri Kortelainen (Skanska Oy) on toteuttanut useissa kohteissa maassa valmistamisen periaatetta.

Vesikattojen maassa rakentamisen hyviä puolia:

- Räystäät, vesikourut, iv-koneet ja piiput voidaan asentaa valmiiksi maan pinnalla. Näiden asentamiseen ei tarvita nostokalustoa eikä henkilönostimia. Työturvallisuus on parempi ja kaideasennuksia ei tarvita.
- Rakennuksen runkotyövaihe nopeutuu.
- Katon nosto kestää vain muutaman tunnin ja se voidaan tehdä myös tuulisella säällä. Tuulipinta-alaa katossa voi olla vähemmän kuin isossa seinäelementissä.
- Yläpohjan lämmöneristys voidaan tehdä seuraavana päivänä laataston valmistumisen jälkeen.
- Työskentely on tehokkaampaa maanpinnalla.
- Sekä välittömät että välilliset kustannukset ovat pienemmät maassa rakentaen.
- Suurin hyöty saadaan aluerakentamiskohteessa, kun katto voidaan rakentaa seuraavan talon pohjan päällä.

Onnistumisen edellytyksiä:

- Työmaalla on oltava riittävästi tilaa ja tasainen alusta.
- Menetelmä sopii parhaiten konesaumakatoille; tiilikatoilla kannattavuus on epävarmaa.
- Lohkon enimmäiskoko on noin 10 x 15 metriä.
- Nosto tehdään veneennostokehikolla ja saattonaruja käytetään apuna; nostoelimenä käytetään kattopollareita.
- Ajoitus on tärkeää.
- Tehtaassa esivalmistus on tuskin kannattavaa, koska pienissä viipaleissa hyödyt häviävät lohkojen liittostöihin.

Kattoristikoiden käyttäminen

Vesikaton rakentamista voidaan nopeuttaa käyttämällä hyväksi esivalmistettuja kattoristikoita. Irlannissa on peltirankaisten seinien ja kattoristikoiden suunnittelu- ja tuotantoprosessi kehitetty varsin pitkälle. Tuotemallipohjaisella suunnittelulla rakennussuunnittelu tuottaa lähtötiedot tehdään tuotannosuunniteluun. Prosessissa on ehjä tiedonkulku rakennussuunnittelusta metallintyöstökoneisiin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että koneet rei'ittävät, leikkaavat ja taivuttavat rangat tuotemallin tietojen perusteella automaattisesti ja vielä merkkäavat komponentteihin niiden tulevan sijainnin. Rei'ittäminen ottaa huomioon myös talotekniikan varaukset.



Kuva 26. Kattoristikot voidaan tehdä esivalmistettuna myös peltirangasta.
/Building 6 September 2002/.

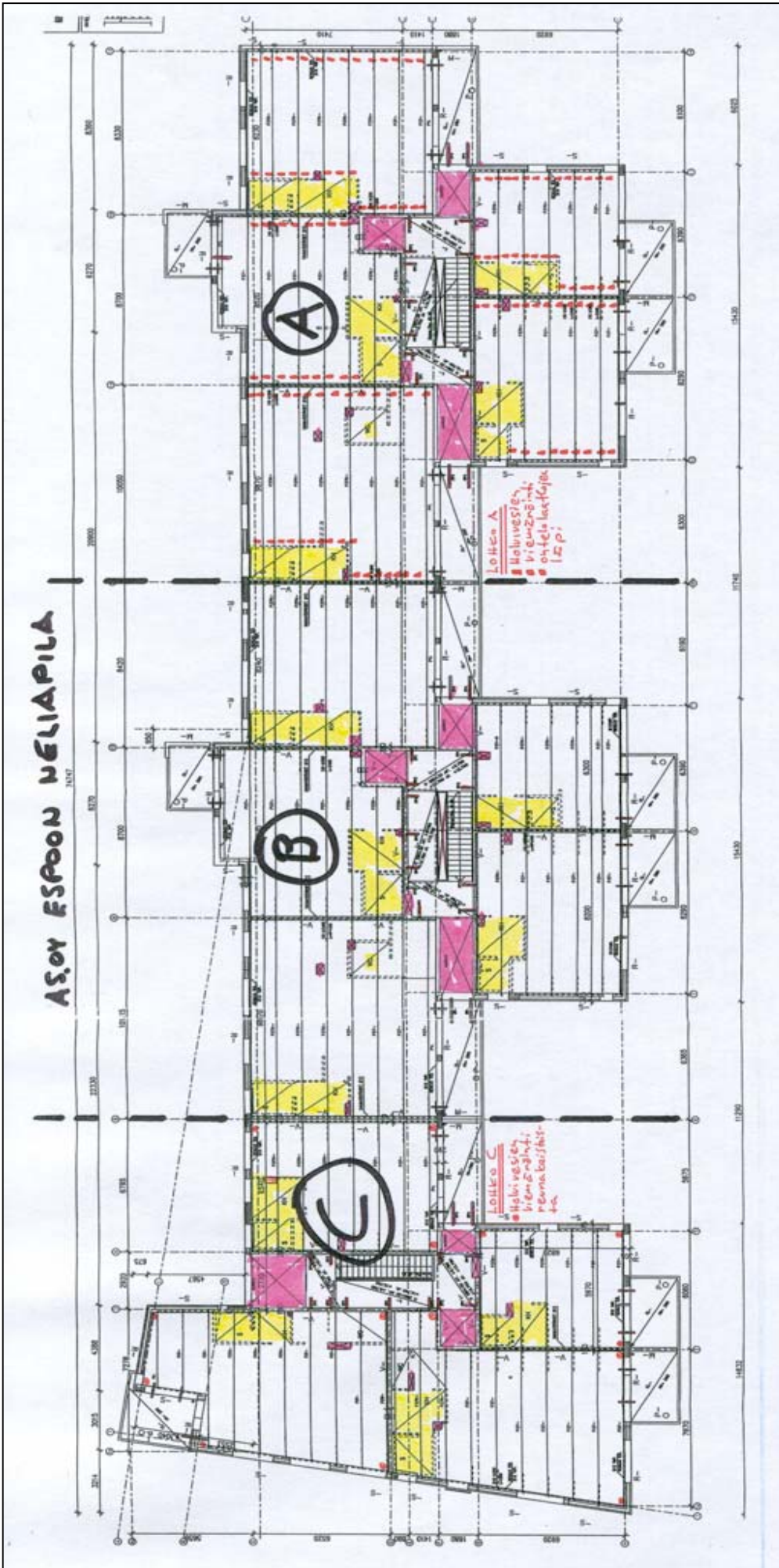
4. Kosteudenhallintasuunnitelma

Rakennustyömaan kosteudenhallinta on kokonaisuus, jossa useita pieniä asioita yhdistämällä saavutetaan merkittäviä hyötyjä rakentamisprosessiin. Toisaalta minkä tahansa osa-alueen laiminlyönnit tai virheet saattavat aiheuttaa kiusallisia ja hankalia ongelmia. Kosteudenhallinnan onnistuminen vaatii huolellista suunnittelua ja eri osapuolten yhteistyötä. Nykyään kosteudenhallintasuunnitelmissa esitetään betonin kuivumisen arviointiin käytettävät mittaustarpeet ja -periaatteet. Seuraavassa on esitetty myös muita keskeisimpiä kosteudenhallintaan liittyviä suunnittelua vaativia asioita. Rakennesuunnittelijan kanssa on hyvä käydä läpi myös muut työmaa-kohtaiset riskikohdat, koska hän on joutunut pohtimaan niitä jo rakennussuunnitteluvaiheessa.

Kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään

- betonirakenteiden kosteusmittaukset
- sääsuojien käyttö
 - tarvikkeiden varastointi
 - elementtien välivarastointi
 - sääsuojien käyttö asennus- ja työkohteissa
- rakenteiden suojaukset ennen vesikattovaihetta
 - asennuksissa olevat lämmöneristeet (mineraalivillat)
 - ikkunat
 - valmiit pinnat
- holvivesien hallinta
 - holvivesien viemärointi
 - holvivesien pumppaus / imurointi
 - kolaaminen, huomattava materiaalien varastointipaikat jne.
- ontelovesien eliminointi
 - porausohjeet ja -suunnitelmat sekä työn valvonta
- rakenteiden kuivattaminen
 - betonin kuivumisolosuhteiden seuranta; lämpötila ja ilman kosteus ja tarvittava kuivumisaika
 - erityisesti pintabetonoinnit, maanpainesoinnit, väestönsuoja, julkisivut, yläpohjan eristeet
 - lämmittimien käyttö, talon lämmitysjärjestelmän käyttöönotto, vesikaton valmistuminen
 - betonitöiden loppuminen, tasoitettöiden ja mattotöiden alkaminen
- keskeisten rakennedetaljien tarkistus ja työntekijöiden sekä aliurakoitsijoiden perehdyttäminen työmenetelmiin
 - sokkelin vedenpoistoreikien tarkistus; mahdollisten EPS-muottien poisto
 - SW- elementin vaakasauma; asennusvillat, tuuletusurat ja -elimet sekä saumaus
 - räystäsrakenne; julkisivujen ja ullakon tuuletus, vesikattodetaljit
 - ikkunoiden ylä- ja alasmyygi
 - perustusleikkaus, salaojat ja maanpinnan kallistukset
 - pellitysdetaljit; myrskypellit, liitokset
 - rinnetonteilla valumavesien reitit työnaikana ja valmiilla tontilla
- katselmukset ja kokouskäytännöt.

Ketju on yhtä vahva kuin sen heikoin lenkki



Kuva 27. Pilotittuun kosteudenhallintasuunnitelmaan on esitetty punaisella värillä laatastion aukot ja keltaisella värillä märkätilojen kohdat. Mustalla katkoviivalla on esitetty työmaan lohkot, joista A ja B rakennetaan ensimmäisessä vaiheessa. Lohkossa A kerätään holvivesiä laatan alapuolelle asennetuista kouruista. Lohkolla C holvivesiä kerätään laatastion reunakaistaan asennettavilla putkilla.

5. Yhteenveto

Rakentamisen aikaista kosteuden hallinnan kehittämistä voidaan lähestyä kahdesta näkökulmasta:

- 1) Etsitään kokonaisratkaisu, jolla ratkaistaan sade- ja prosessivesien aiheuttamat ongelmat työmaalla.
- 2) Etsitään yksittäisiin rakennuskosteuden aiheuttamiin ongelmiin erillISRatkaisuja.

Tässä tutkimuksessa on pääasiallisena lähestymistapana ollut ensimmäinen vaihtoehto. On etsitty kokonaisratkaisua, jolla sadevedet ohjataan työmaalla hallitusti. Periaatteessa tiiviin holvin tekeminen ja sadevesien viemärointi yhdistettynä rakenteiden tuuletuksen varmistamiseen on kokonaisratkaisu, joka poistaa pääosan rakentamisen aikaisen kosteuden aiheuttamista ongelmista.

Käytännössä työmaalla on kuitenkin vaikeaa olla niin huolellinen, että kokonaisratkaisu toimisi aukottomasti. Jokainen rakentamisen kanssa enemmän tekemisissä ollut tietää, että vieläpä rakennuksen valmistuttua sadevedet löytävät lähes mahdottomilta tuntuvia reittejä ongelmien synnyttämiseen. Vaikka lähestymistapana on ollut kokonaisratkaisun etsiminen, on kuitenkin tutkimuksen, ideoinnin ja kehittämisen kautta löytynyt useita erillISRatkaisuja, joilla voidaan poistaa tiettyjä rakennuskosteuden aiheuttamia erityisongelmia. Itse asiassa erillISRatkaisuja on löytynyt lähes kaikkiin rakennuskosteuden aiheuttamiin ongelmiin.

Tämän raportin alkuosassa on kuvattu kosteudenhallinnan kokonaisuuden kehittämistä. Loppuun on liitetty vielä taulukko, jossa rakennuskosteuden aiheuttamiin ongelmiin on esitetty erillISRatkaisuja

Taulukko 1. Taulukossa on esitetty haastatteluissa ja palavereissa esitetyjä kosteudenhallinnan ongelmia ja eniten kannattusta saaneet ratkaisuehdotukset. Joitakin ratkaisuehdotuksia on esitetty jatkokehitysideasarakkeessa. Kosteudenhallinnan kehittäminen ja hoitaminen on eri osapuolten välisiä yhteistyötä, mutta kuhunkin ratkaisuun on pyritty esittämään pääasiallinen vastuutaho.

Ongelma	Ensisijaisesti suositeltavat ratkaisut	Jatkokehitysideat	Pääasiallinen toteuttaja	Lisätietoja sivulla
JULKISMUT				
Sandwichelementeissä villatilat ovat kastuneet.	<ul style="list-style-type: none"> Tyvek-suojaus eristeen päälle ja betonisau- mauksen muotoilu. Elementin tuuletuksen tehostaminen avosauma- ratkaisuilla, tuuletusraoilla jne. 		Elementtiteollisuus ja pääurakoitsija	s.17 – 20
Julkisivujen pinnoitteita kuten laattoja ja maalia on irronnut (RTT:n pinnoitustutkimuksen jäl- keen ongelma on pienentynyt).	<ul style="list-style-type: none"> Rajoitetaan sadevesien pääsyä julkisivun eriste- tilaan. Tiivispintaisissa julkisivuissa käytetään tuuletus- raollisia elementtejä. Huolehditaan riittävästä kuivutuksesta element- titehtaalla. Ei maalata työmaalla liian kostealle eikä liian sileälle alustalle. 		Elementtiteollisuus	s. 17 – 20
Valkobetonipinnat ovat värjäytyneet.	<ul style="list-style-type: none"> Rajoitetaan sadevesien pääsyä eristetilaan ja varmistetaan mahdollisesti eristeillassa valuvan veden pääsy esteettömästi alaspäin. 	Kehitetään vaakasaumaratkaisu, joka ohjaa sadevedet ulospäin ja eristeillassa valuvat vedet ohjataan sokkelin yläpuo- lelta ulos (kaksipuolinen tippanokka)	Elementtiteollisuus	s. 17 – 20
Sandwichelementtien vaakasaumoissa ja ikkunan yläsaumoissa saumaus on irronnut.	<ul style="list-style-type: none"> Saumaus tehdään riittävän myöhäisessä vai- heessa ja hyvissä olosuhteissa. 		Pääurakoitsija	s. 13 – 14

Taulukko 1. Jatkuu

Ongelma	Ensisijaisesti suositeltavat ratkaisut	Jatkokehitysideat	Pääasiallinen toteuttaja	Lisätietoja sivulla
Valumavedet ovat aiheuttaneet värvikoja ikkunoihin.	<ul style="list-style-type: none"> Rajoitetaan sadevesien pääsyä eristetilaan. 	Kehitetään ikkunan päälle lista, joka ohjaa valumavedet pois ikkunasta ja samalla edesauttaa tiivistyksen ja tuuletuksen onnistumista.	Elementti- ja ikkunateollisuus	s. 17 – 20 s. 24 – 25
Sisäpuolella seinäpinnoitteet ovat irronneet.	<ul style="list-style-type: none"> Huolehditaan eristetilan riittävästä tuulettuvuudesta ja aloitetaan pinnoitustyöt vasta, kun mittauksset osoittavat betonilta riittävää kuivuutta. 		Pääurakoitsija	s. 13 – 14
MUUT SEINÄT				
Kylpyhuone-laattoja on irronnut. Synä on ollut taustan kutistuma(prosessivesi), huollimaton työ ja soveltumaton laattaliima/laasti	<ul style="list-style-type: none"> Tehostetaan betonin kuivumista tiivillä holvilla, lämmityksellä ja tuuletuksella Aloitetaan päälylystystyöt vasta, kun mittaukset osoittavat betonilta riittävää kuivuutta. 		Pääurakoitsija	s. 15 – 16
Erityisesti molemmin puolin laatoitetuissa maanpaineisissa on esiintynyt ongelmia.	<ul style="list-style-type: none"> Toteutetaan maanpaineisena käännettynä ratkaisu suna Jos sisäpuolella on märkätia, tehdään kaksinkertainen seinä, jonka sisällä on tuuletusrako. 		Pääurakoitsija ja suunnittelijat	s. 12
Kevytrakenteiset väliseinät ovat kastuneet.	<ul style="list-style-type: none"> Rajataan vedenkulkua tiivillä holvilla. Aloitetaan väliseinätyö vasta kun vedenväluminen on lakannut. 		Pääurakoitsija	s. 15 – 19

Taulukko 1. Jatkuu

Ongelma	Ensisijaisesti suositeltavat ratkaisut	Jatkokehitysideat	Pääasiallinen toteuttaja	Lisätietoja sivulla
LAATAT				
Lattioissa on yleisesti pinnoiteongelmia vaikka tehdään mittauksia. Erityisesti märkätiloissa	<ul style="list-style-type: none"> Käytetään esivalmistettuja laattaelementtejä tai valetaan märkätilat saumavalujen yhteydessä. Aloitetaan päällystystyöt vasta, kun mittaukset osoittavat betonilta riittävää kuivuutta. 		Pääurakoitsija ja suunnittelijat	s. 21 – 22
Vesireiät ovat tukossa. Ontelovedet aiheuttavat ongelmia pintojen väri- ja sisustusvaiheissa ja asumisen aikana.	<ul style="list-style-type: none"> Suunnitellaan vesireikien poraustyö huolellisesti ja käytetään poraukseen koulutettuja porareita 	Kehitetään menetelmiä, joissa onteloihin tehtäviä varauksia voidaan poistaa ja kehitetään onteloihin vedenpitäviä tulppauksia.	Elementtiteollisuus	s. 22 – 24
Eristeen päälle tehdyissä pintabetonilattioissa betoni ei aluksi kuiva, jos villa on kastunut ja kun alkaa kuivumaan niin sitten halkeaa.	<ul style="list-style-type: none"> Tehdään pintabetonoinnit vasta, kun vesikatko on vedenpitävä ja järjestetään eristetilaa tuuletus. 		Pääurakoitsija ja suunnittelijat	s. 22
MUUT				
ACO-seinissä on kastumisen jälkeen syntynyt pakkasen aiheuttamia halkeamia.	<ul style="list-style-type: none"> Rajoitetaan sadevesien valumista tiivillä hormilla. Aloitetaan lämmitys heti kun laatta on vesi- ja ilmatii-vis. 		Pääurakoitsija	s. 15 – 16
Kevytsovakat ovat ongelmallisia.	<ul style="list-style-type: none"> Suunnitellaan ja toteutetaan rakenteeseen toimiva tuuletus. Varmistetaan riittävä kuivumisaika. 		Pääurakoitsija ja suunnittelijat	
Liian hitaat / nopeat aikataulut ongelmallisia. Pitkät rakennusaika ei takaa mitään.	<ul style="list-style-type: none"> Tavoitellaan runkotyövaiheessa vedenpitävän vaipan aikaansaantia mahdollisimman nopeasti. Varataan riittävästi aikaa runkovaikkeen sekä tasoitus- ja pinnoitustöiden väliin 		Pääurakoitsija	s. 26 – 27



Copyright © VTT, 2003

Copyright © Suomen betonitieto Oy, 2003