



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Anu Yli-Hakala

Kosteudenhallintaa kerrostalohankkeessa – Suojaus ulkoisilta kosteusrasituksilta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

25.5.2021

Tekijä Otsikko	Anu Yli-Hakala Kosteudenhallintaa Kerrostalohankkeessa – Suojaus Ulkoi- silta Kosteusrasituksilta
Sivumäärä Aika	32 sivua 25.5.2021
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnojohto
Ammatillinen pääaine	Talonrakennus
Ohjaajat	Jouni Ruotsalainen, Metropolian lehtori Petri Pyhäjärvi, YIT Suomi Oy:n tuotantopäällikkö
<p>Opinnäytetyössä on keskitytty kerrostalorakennushankkeen kosteudenhallintaan ja ulkoi- silta kosteudenlähteiltä suojautumiseen. Ulkoisia kosteudenlähteitä ovat muun muassa sade, ulkoilman kosteus sekä maaperän kosteus. Työ tehtiin YIT Suomi Oy:n Pääkaupun- kiseudun Asuminen -yksikön toimeksiannosta. Tavoitteena oli syventyä rakennusaikaisen kosteudenhallinnan haasteisiin ja tuoda esiin toimenpiteitä niiden toteutukselle. Tarkoituk- sena oli koota yhteen eri työmailla käytössä olevia toimia ja yhtenäistämään toimintatapoja yrityksen sisällä.</p> <p>Rakennushankkeissa vaaditaan entistä tarkempia toimia kosteudenhallinnan osalta, sillä kosteudenhallintaan liittyviä määräyksiä ja vaatimuksia on tarkennettu. Opinnäytetyön aihe koettiin tarpeelliseksi, jotta saadaan koottua kosteudenhallintaan liittyvät määräykset sekä konkreettiset kosteudenhallinnan toimet samaan pakettiin. Kosteudenhallinnan ongelmak- kohtien ratkaisutoimet on jaettu kokemuksen perusteella henkilöltä toiselle, mutta kaikille tieto ei ole saatavilla.</p> <p>Opinnäytetyön tutkimusmenetelminä toimi kosteudenhallintaan liittyvät aineistot, YIT Suomi Oy:n aikaisemmista hankkeista saatu tieto sekä rakennusalan ammattilaisten haas- tattelut.</p> <p>Opinnäytetyön tulokseksi syntyi tutkimusmenetelmien avulla rajattujen kosteudenhallinnan ongelmakohtien ratkaisutapoja.</p>	
Avainsanat	kosteudenhallinta, ulkoinen kosteusrasitus

Author Title	Anu Yli-Hakala Moisture Control in a Housing Project – Protection from External Moisture Strain
Number of Pages Date	32 pages 25 May 2021
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Building Construction
Instructors	Jouni Ruotsalainen, Metropolia Senior Lecturer Petri Pyhäjärvi, YIT Suomi Oy Production Manager
<p>In this thesis, the focus point is on residential building project's moisture management and protection from external moisture sources. External moisture sources are for example rain, humidity and soil moisture. The thesis was made for YIT Suomi Oy's Helsinki Metropolitan Areas Housing unit. The goal was to immerse oneself in the challenges in moisture control during construction and to highlight the best actions for execution. The aim was to compile actions that are already used in different construction sites and to integrate the procedures within the company.</p> <p>In construction projects moisture control actions are even more required because legislation regarding moisture managements have been specified. The subject of this thesis was selected, so that it would be possible to incorporate the specified legislations regarding moisture management and the different moisture control actions into the same document. The solutions for the challenges in moisture management have been shared based on experience from one person to another, but the knowledge is not available for everyone.</p> <p>The research methods in this thesis included examining the material regarding moisture management as well as the knowledge received from earlier YIT Suomi Oy's construction projects and from the interviews with construction professionals.</p> <p>The outcome of this thesis was a compilation of different solutions for moisture management challenges, which were selected using the research methods.</p>	
Keywords	moisture control, external moisture strain

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kosteudenhallinta	2
	2.1 Kosteudenhallinnan vaatimukset sekä määräykset	2
	2.1.1 Ympäristöministeriön asetus 782/2017	2
	2.1.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki	3
	2.1.3 Rakennusvalvonta	3
	2.2 Kosteudenhallintasuunnitelma	4
3	Kosteusrasitukset ja kosteuden siirtyminen	5
	3.1 Ulkoiset kosteusrasitukset	5
	3.1.1 Sade	6
	3.1.2 Lumi, jää ja sulamisvedet	6
	3.1.3 Ulkoilman kosteus	7
	3.1.4 Rakennuskosteus	7
	3.1.5 Maaperän kosteus	7
	3.2 Kosteuden siirtymismuodot	9
	3.2.1 Kosteuden painovoimainen siirtyminen	9
	3.2.2 Kapillaarinen kosteuden siirtyminen	9
	3.2.3 Diffuusio	11
	3.2.4 Kosteuskonvektio	11
4	Ongelmakohtia kosteudenhallinnassa	13
	4.1 Veden pääsy betonielementin villatilaan	13
	4.1.1 Ratkaisuja	14
	4.2 Paikallavaluholvin vedenpoisto	15
	4.2.1 Läpiviennit	16
	4.2.2 Lisäkaivot	16
	4.2.3 Hissikuilu ja porrashuone	17
	4.3 Veden pääsyn estäminen tekniikkahormiin	18
	4.3.1 Ratkaisuja	19
	4.4 Ikkuna-aukkojen ja apukarmien suojaus	20
	4.4.1 Ikkunoiden suojaukset ja apukarmien suojaus bitumikermillä	21
	4.4.2 Ikkuna-asennukset elementtitehtaalla	22
	4.5 Elementtisaumojen kautta pääsevä kosteus	24

4.5.1	Paisuva nauha	24
4.6	Liikuntasauvojen kohdalla kosteuden pääsy rakennuksen sisälle	25
4.6.1	Liikuntasaumaseinäelementin lämmityslangat	26
4.6.2	Tuulensuojaeristeet	26
4.6.3	Sauvojen suojaus bitumikermillä	27
5	Yhteenveto	28

Lyhenteet

Ilman kosteus

Ilman kosteustilaa voidaan kuvata vesihöyrymääränä (kg/m^3), vesihöyryn osapaineena (Pa) tai suhteellisena kosteutena (%)

Absoluuttinen kosteus (vesihöyryn määrä kg/m^3)

Ilman sisältämän vesihöyryn määrä grammoina ilmakeuutiometriä kohden. Ilma voi sisältää suuremman määrän vesihöyryä, mitä lämpimämpää ilma on.

Suhteellinen kosteus RH (%)

Tietyn lämpöisessä ilmassa oleva vesihöyryn määrä enimmäisvesihöyrymäärästä, jonka kyseisen lämpöinen ilma pystyy sisältämään. Kun ilmassa oleva vesihöyryn määrä on suurin mahdollinen, vesihöyry tiivistyy vedeksi. Suhteellinen kosteus ei voi olla yli 100%.

Kastepiste ($^{\circ}\text{C}$)

Kastepisteeksi kutsutaan lämpötilaa, jossa ilmassa oleva vesihöyry kondensoituu eli tiivistyy kasteeksi tai huurteeksi.

Höyrynsulku

Ainekerros, jonka tehtävä on estää vesihöyryn diffuusio rakenteeseen tai rakenteessa.

Kosteuden painoprosentti

Kosteuden painoprosentti kertoo, kuinka monta prosenttia aineessa on vettä, aineen kuivapainoon nähden.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön laadinnan tilaajana toimii YIT Suomi Oy:n pääkaupunkiseudun asuinrakentamisen yksikkö. YIT Suomi Oy on Suomen suurin rakennusalan yritys, joka toimii asuin-, toimitila-, kiinteistö- sekä infrarakentamisen sektoreilla. Suomen lisäksi YIT:n markkina-alueita on Venäjällä, Ruotsissa, Norjassa, Baltian maissa, Tšekissä, Slovakiassa ja Puolassa (YIT Oyj, 2020).

Opinnäytetyössä käsitellään ulkoisten kosteusrasituksien aiheuttamia haasteita rakennushankkeen toteutusvaiheen aikana sekä tuodaan esiin keinoja, miten estää ulkoisten kosteuslähteiden tunkeutuminen rakenteisiin ja rakennuksen sisäpuolelle. Työssä tuodaan esille rakennustyömaan haastekohtia, jotka on rajattu tutkimustyön, haastattelu- vastauksien sekä aikaisemmista hankkeista saadun tiedon avulla. Aihe rajattiin yhdessä YIT:n kanssa käsittelemään paikallavaluholvikohdetta, jossa on käytetty ulkoseinä Sandwich -betonielementtejä sekä Elpo-tekniikkahormeja.

Kyseinen opinnäytetyöaihe koettiin tarpeelliseksi, sillä monesti rakennushankkeissa kosteudenhallinnan hyviksi todetut toimet eivät tavoita kaikkia. Tällä työllä pyritään jakamaan tietoa kosteudenhallinnan toimenpiteistä kaikkien saataville.

Opinnäytetyön teoriaosiossa on nostettu esiin rakennusten kosteustekniseen suunnitteluun sekä toteutukseen liittyviä määräyksiä ja ohjeistuksia. Teoriaosion seuraavassa kappaleessa on käyty läpi rakennushankkeen ulkoisia kosteuslähteitä sekä niiden mahdollisia vaikutuksia rakenteiden toimivuuteen. Kyseisessä kappaleessa tuodaan myös esiin kosteuden eri siirtymismuodot.

Kolmannessa osiossa on tuotu esiin kosteudenhallinnan haastekohtia sekä toimia niiden hallitsemiseksi.

2 Kosteudenhallinta

Tietoisuus kosteuden aiheuttamista vaurioista rakennuksissa on lisääntynyt. Kosteudenhallinnalla ennaltaehkäistään kosteusongelmia rakenteissa ja rakennuksessa. Kosteudenhallinnan tulee olla osana rakennusprojektia hankesuunnittelusta lähtien aina rakennuksen käyttövaiheeseen saakka.

2.1 Kosteudenhallinnan vaatimukset sekä määräykset

2.1.1 Ympäristöministeriön asetus 782/2017

Ympäristöministeriön asetuksessa säädetään uudisrakennuksen kosteusteknisen toimivuuden suunnittelua ja rakentamista.

2.1.1.1 Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitys

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia, että rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitys on laadittu. Kosteudenhallintaselvityksen tulee sisältää hankkeen tiedot, kosteudenhallinnan vaatimukset hankkeen eri vaiheissa, kosteudenhallinnan toimenpiteet ja menettelyt sekä kosteudenhallinnan henkilöresurssit. Selvitykseen tulee ilmoittaa hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaava henkilö. (Ympäristöministeriö asetus 782/2017 § 12)

2.1.1.1.2 Rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden olennaiset tekniset vaatimukset

”Rakennuksen, rakenteiden ja rakennusosien on oltava sisäiset ja ulkoiset kosteusriskit huomioon ottaen kosteusteknisesti toimiva niiden suunnitellun teknisen käyttöiän ajan. Rakennuksen liian suuri kosteuspitoisuus tai kosteuden kertyminen rakennuksien osiin tai sisäpinnoille ei saa vaurioittaa rakennusta eikä aiheuttaa rakennuksessa oleskeleville terveyshaittaa.” (Ympäristöministeriön asetus 782/2017 § 3)

2.1.1.1.3 Kosteustekninen toiminta

Rakennuksen kosteusteknistä toimintaa määrätään Ympäristöministeriön asetuksessa seuraavanlaisesti: "Sisäisistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesihöyry, vesi, lumi tai jää ei saa haittaa aiheuttaen kulkeutua rakenteisiin. Rakennuskosteuden ja rakenteisiin ulko- tai sisäpuolelta satunnaisesti kulkeutuvan kosteuden on voitava poistua haittaa aiheuttamatta." (Ympäristöministeriön asetus 782/2017 § 5)

2.1.1.1.4 Kosteudenhallintaselvitys

Ympäristöministeriön asetuksessa määrätään rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laadinnasta seuraavanlaisesti: "Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laadinnasta. Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä myös tieto hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä." (782/2017, § 12)

2.1.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslaissa määrätään rakennushankkeen terveellisyydestä: "Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus on käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen." (Maankäyttö ja rakennuslaki 117 c § Terveellisyys)

2.1.3 Rakennusvalvonta

Rakennusvalvontaviranomaisen tehtävää on määrätty Maankäyttö- ja rakennuslaissa seuraavanlaisesti: "Kunnan rakennusvalvontaviranomaisen tehtävänä on yleisen edun kannalta valvoa rakennustoimintaa sekä osaltaan huolehtia, että rakentamisessa noudatetaan, mitä tässä laissa tai sen nojalla säädetään tai määrätään. Valvontatehtävän laajuutta ja laatua harkitessa otetaan huomioon rakennushankkeen vaativuus, luvan hakijan ja hankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta vastaavien henkilöiden asiantuntemus ja ammattitaito sekä muut valvonnan tarpeeseen vaikuttavat seikat.

Kunnan rakennusvalvontaviranomaisen tehtävänä on myös huolehtia kunnassa tarvittavasta rakentamisen yleisestä ohjauksesta ja neuvonnasta.” (Maankäyttö- ja rakennuslaki § 125)

2.2 Kosteudenhallintasuunnitelma

Ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 13§:n mukaan työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta huolehtii rakennushankkeen vastaava työnjohtaja. Kosteudenhallintasuunnitelma pohjautuu rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen. Kosteudenhallintasuunnitelman avulla pyritään ehkäisemään hankkeen kosteusvaurioiden aiheutuminen, varmistetaan rakenteiden riittävät kuivumisajat sekä pyritään vähentämään materiaalihukkaa.

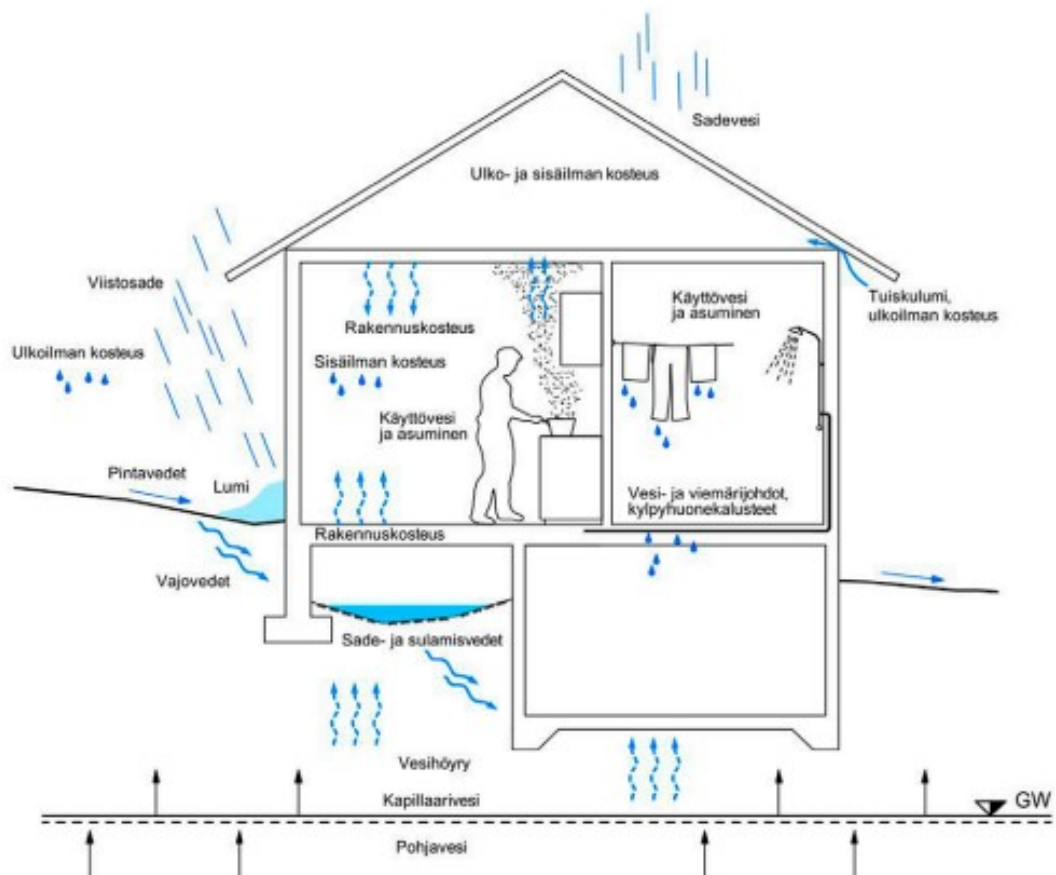
Kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään kosteudenhallinnan tavoitteet ja toimet sen tavoittamiseksi. Suunnitelma laaditaan rakennushankkeen valmisteluvaiheessa kosteudenhallintaselvityksen perusteella. Jokaiselle hankkeelle tehdään oma yksilöity kosteudenhallintasuunnitelma, jossa huomioidaan kohteen erityispiirteet, tehdään kosteusriskikartoitus sekä jaetaan toimenpiteille vastuuhenkilöt.

3 Kosteusrasitukset ja kosteuden siirtyminen

Rakennukset altistuvat kosteusrasituksille, jolloin rakenteet tulee suunnitella sekä toteuttaa kestävästi lyhytkestoisia kosteusrasituksia vaurioitumatta. Ulkovaipparakenteisiin kulkeutuvan kosteuden on päästävä poistumaan rakenteista vaurioita aiheuttamatta, esimerkiksi julkisivuverhouksissa käytetään tuuletusväliä, jossa ilmavirta kuivattaa tuuletusvälin pinnoilla olevaa kosteutta. (Ympäristöministeriö 2020: 11)

3.1 Ulkoiset kosteusrasitukset

Rakennuksen ulkoisia kosteusrasituksen lähteitä ovat sade, lumi, ulkoilman kosteus, rakennuskosteus sekä maaperän kosteus, joka voidaan jakaa pintavesiin, pohjaveteen, kapillaariveteen sekä vajovesiin rakennuksen vierellä.



Kuva 1. Rakennuksen yleisimmät sisä- ja ulkopuoliset kosteudenlähteet (Ympäristöopas 2016: 107)

3.1.1 Sade

Rakennuksen ulkoisista kosteuslähteistä merkittävin on sade. Suomen keskimääräinen vuosittain sademäärä on noin 600 mm. Painovoiman vaikutuksesta sadepisarat satavat alaspäin, mutta tuulen aiheuttama sivuttaisvoima aiheuttaa viistosadetta. Tuulen vaikutuksesta sade sekä lumihiutaleet voivat siirtyä myös ylöspäin rakenteissa. Pystysuora sade aiheuttaa rasiitusta rakennuksen vaakapinnoille, esimerkiksi katoille sekä terasseille. Ongelmia aiheuttaa esimerkiksi vesikattojen läpivientien epätiivelys sekä rikkoutuneet katteet. Viistosade voi rasittaa vaakapintojen lisäksi rakennuksen pystypintoja, esimerkiksi julkisivua. Viistosade voi aiheuttaa ongelmia esimerkiksi, jos ikkunat ovat virheellisesti tiivistetty tai julkisivusaumat ovat epätiivisiä (Sisäilmäyhdistys ry, Kosteuslähteet).

3.1.2 Lumi, jää ja sulamisvedet

Lumi voi tuiskutessaan tunkeutua rakenteisiin, joihin vesi ei pääse. Lumi voi aiheuttaa pakkaantuessaan ja sulaessaan paikallisia ja merkittäviä kosteusrasituksia.

Tuiskulumi voi esimerkiksi tunkeutua yläpohjaan räystään tuuletusraon kautta, jolloin sulamisvedet pääsevät kulkeutumaan rakenteeseen (kuva 2). Mikäli lumen pääsy yläpohjaan on pitkäaikaista, yläpohjassa käytettyihin materiaaleihin voi alkaa muodostumaan mikrobikasvustoa.



Kuva 2. Lumen haitallinen tunkeutuminen yläpohjaan (FISE)

Rakennushankkeen runkovaiheen aikana holville satanutta lunta ei saa sulattaa, vaan se tulee poistaa mekaanisesti esimerkiksi niin, että holvien pinnat suojataan suojapeitteillä, jotka nostetaan pois holvin päältä lumien kanssa.

3.1.3 Ulkoilman kosteus

Ulkoilman kosteuspitoisuus vaihtelee paljon vuodenaikojen. Kesäisin korkeamman lämpötilan takia vesihöyryn [g/m^3] määrä on suurempi kuin talvisin. Ulkoilmassa olevan vesihöyryn määrä on kesäisin noin $10 \text{ g}/\text{m}^3$ ja talvisin noin $1 \text{ g}/\text{m}^3$ (8). Kylmän ilman vesipitoisuus on pieni, eli kylmä ilma pystyy sitomaan vähemmän kosteutta kuin lämmin ilma. (Ympäristöopas 2016: 109)

3.1.4 Rakennuskosteus

Rakennuskosteus on rakennusmateriaaleihin ja -aineisiin rakentamisen, varastoinnin ja valmistuksen aikana joutunutta ylimääräistä kosteutta. Rakenne pyrkii saavuttamaan kosteustasapainon lopullisen ympäristön kanssa, joten rakennuskosteutta poistuu, kunnes tasapaino saavutetaan. (Paroc Group: 3)

Massiiviset ulkoseinärakenteet esimerkiksi betoniseinät voivat sitoa itseensä reilusti rakennekosteutta, joka poistuu hitaasti. Pinnoitemateriaalit tulee valita huolella niin, että kosteus pääsee haihtumaan seinästä pinnoitteen läpi.

3.1.5 Maaperän kosteus

Maaperän kosteus on rakennuksen ulkopuolisista kosteuslähteistä pitkäkestoisin. Kosteusolosuhteisiin vaikuttavat muun muassa pohjaveden korkeus, maanpinnan muodot sekä maalajikerrostumat. Maaperän kosteus aiheuttaa rasiutusta esimerkiksi ryömintätiloihin, joten niiden tulee olla tuulettuvia tiloja.

Pintavesi

Pintavedet aiheuttavat ulkopuolista rasitusta rakenteille, jollei sade- ja sulamisvesiä ohjata rakennuksesta pois. Toimivaa pintavesisuunnitelmaa laadittaessa tulee huomioida rakennuksen korkeusasema pintavesien pois ohjaamiseksi. Sade- ja sulamisvedet ohjataan pois rakennuksen läheltä esimerkiksi maanpinnan muotoilulla vähintään 1:20 kaltevaksi kolmen metrin etäisyydelle rakennuksesta (Sisäilmäyhdistys ry, Pihantasaus ja sadevedet).

Pohjavesi

Pohjavedeksi kutsutaan maanpinnan alapuolella sijaitsevaa vettä, joka esiintyy maanpinnan alla maa- ja kallioperässä. Pohjavettä muodostuu, kun sade- tai pintavedet imeytyvät maakerrosten läpi. Pohjanveden pinnan korkeus maanpinnasta vaihtelee metristä jopa 50 metriin, mutta yleisimmin pohjavesi on 2-5 metrin syvyydessä maanpinnan alapuolella (Ympäristöhallinto 2019)

Pohjanveden pinnankorkeus vaihtelee vuodenaikojen ja niiden pituuksien mukaan, esimerkiksi keväällä lumien sulaminen täydentää pohjavesivarantoja. Runsaimmin pohjavettä muodostuu alueilla, jossa maaperä on hyvin vettä johtavaa maa-ainesta, esimerkiksi sora- ja hiekkamuodostumat (Ympäristöhallinto 2019).

Kapillaarivesi

Kapillaarivedeksi kutsutaan vettä, jossa pintajännitys on nostanut veden maaperän huokosissa sille korkeudelle, jossa vesi on tasapainossa veden painon ja kapillaarivoimien kanssa. Kapillaarivesi pääsee nousemaan ylemmäksi hienorakeisemmalla maalajilla, sillä kapillaarivesi täyttää ensimmäisenä pienemmät huokokset.

Kapillaarisen kosteuden pääsy esimerkiksi alapohjarakenteisiin katkaistaan kapillaarikatkokerroksella.

Vajovedet

Sade- sekä valumavesistä aiheutuva vajovesi liikkuu painovoiman vaikutuksesta maanpinnalta alaspäin. Vajovedet ohjataan pois salaojaverkostolla, joka ympäröi rakennusta.

3.2 Kosteuden siirtymismuodot

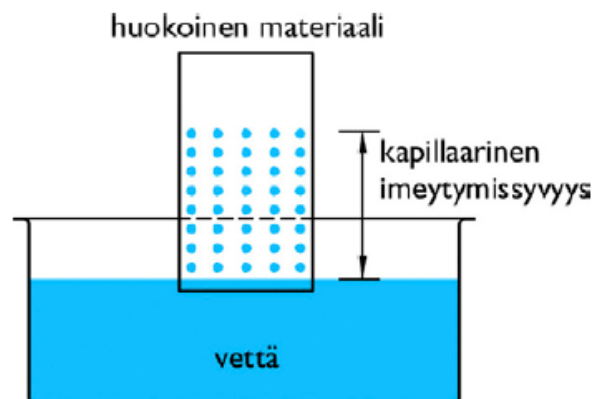
Rakennusfysiikan kannalta merkittävimmät kosteuden siirtymismuodot jaetaan neljään päätyyppiin: kosteuden painovoimainen siirtyminen, kapillaarinen kosteuden siirtyminen, diffuusio, sekä kosteuskonvektio.

3.2.1 Kosteuden painovoimainen siirtyminen

Nestemäinen vesi liikkuu painovoiman takia alaspäin, esimerkkinä sade tai veden valuminen maaperässä. Vesien valuminen on huomioitava rakenteiden suunniteluissa niin, ettei vesi pääse tunkeutumaan haitallisesti rakenteisiin. Mikäli vesi pääsee etenemään painovoimaisesti rakenteisiin, ovat vesimäärät yleensä niin suuria, että voivat aiheuttavat merkittäviä kosteusvaurioita lyhyessäkin ajassa.

3.2.2 Kapillaarinen kosteuden siirtyminen

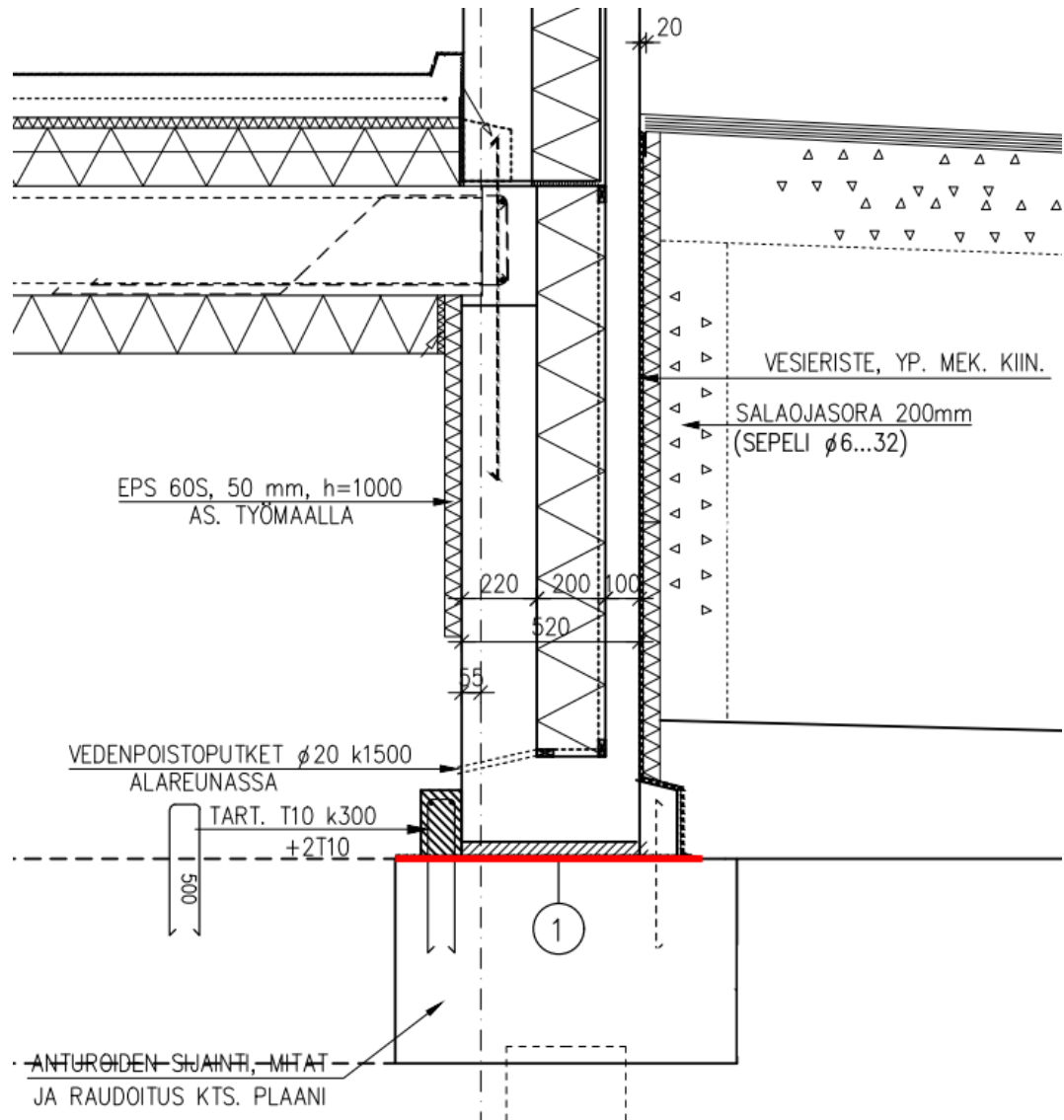
Kapillaarisessa kosteuden siirtymisessä vesi nousee rakennusmateriaalien huokosissa ylöspäin. Vesi imeytyy huokosiin materiaaleihin huokosalipaineen vaikutuksesta. Mikäli materiaalit ovat kosketuksissa vapaaseen veteen, vesi imeytyy sille korkeudelle, kunnes huokosalipaine ja painovoima ovat tasapainossa, kuten kuvassa 3 esitetään (Ympäristöopas 2016: 111).



Kuva 3. Veden kapillaarinen imeytyminen (Ympäristöopas 2016: 111)

Veden kapillaariseen siirtymisnopeuteen vaikuttaa huokosalipaine sekä veden virtausta vastustavat kitkavoimat, jotka kasvavat huokoskoon pienetessä ja virtausmatkan suu-
retessa (Ympäristöopas 2016: 112).

Kosteuden kapillaarista siirtymistä perusrakenteisiin ehkäistään siihen valituilla rakennekerroksilla (esim. sorakerros raekoko 16/32). Kuvassa 4 esitetyn sokkelidetaljin anturan yläpinnan kapillaarikatko on toteutettu kumibitumin kuumasivelyllä. Kumibitumin kuumasivelyn voi korvata Vandex Super -vedeneristyslaastilla. Vandex Super toimii anturan kapillaarikatkona, joka estää kapillaarisen vedennousun anturasta sokkeliin (Rakennusfakta 2016).



- ① ANTUROIDEN YLÄPINTOIHIN KOSTEUSERISTYS:
 Kerabit BIL 20/85 (0,2l/m²) pohjalle
 + kuumasively Kerabit KB 100/50 (1,5kg/m²) kumibitumilla

Kuva 4. Anturan kapillaarikatko

3.2.3 Diffuusio

Rakennustekniikassa diffuusiolla tarkoitetaan kosteuden liikkumista vesihöyrynä rakenteiden läpi kohti pienempää vesihöyryn osapainetta. Diffuusiovirta on voimakkaampi, mitä suurempi vesihöyrynpitoisuusero rakenteen eri puolilla on. Yleisimmin suunta on lämpimästä kylmään päin, sillä sisäilmassa kosteutta on monesti enemmän ja ulkotiiloissa vähemmän. Lämpötilaerot eivät kuitenkaan määrää diffuusion suuntaa vaan diffuusio voi vaikuttaa esimerkiksi alapohjarakenteissa kylmemmästä lämpimämpään, mikäli kylmemmän tilan kosteuspitoisuus on suurempi (Siikanen 2008: 84)

Mikäli diffuusiolla rakenteisiin pääsee enemmän kosteutta, kuin mitä rakenne pystyy poistamaan, voi se aiheuttaa ajan myötä rakenteissa kosteusvaurioita. Diffusoituvan vesihöyryn aiheuttamat haitat ehkäistään ulkoseinissä rakenteiden riittävän vesihöyrytiivillä kerroksella lämmöneristeen ja lämpimän sisätilan välissä. Rakennekerrosten vesihöyrynvastuksen tulee pienentyä kylmempään tilaan mentäessä (Vinha 2008: 399).

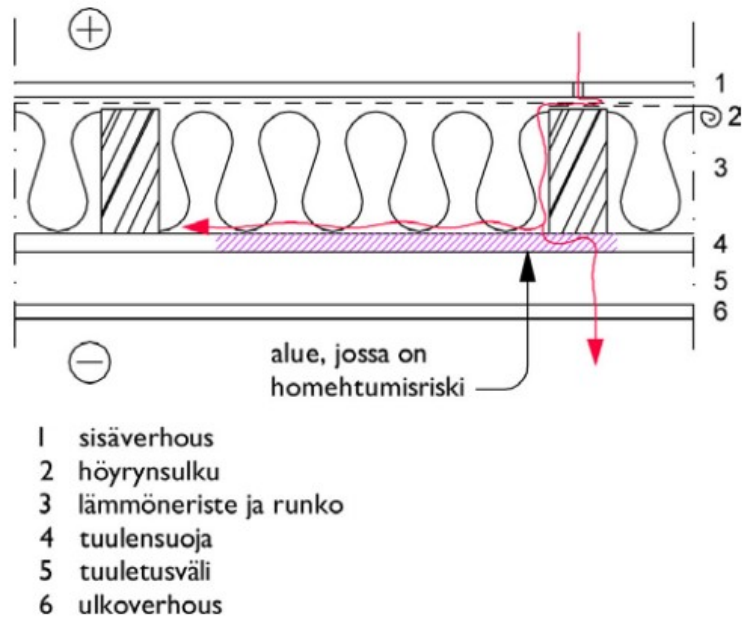
3.2.4 Kosteuskonvektio

Kosteuskonvektio on kosteuden siirtymistapa, jossa kosteus siirtyy ilmavirtausten mukana rakenteen eri puolilla olevan ilman kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Rakenteissa tapahtuvaa kosteutta mukanaan kuljettavaa konvektiovirtausta voi esiintyä luonnollisena konvektiona tai pakotettuna konvektiona. Luonnollinen konvektio on ilman tiheyseroista johtuvaa pystysuoraa virtausta, jota esiintyy kerroksellisissa pystyrakenteissa (seinissä, ikkunoissa) (Vinha 2008:378).

Pakotettu konvektio tapahtuu rakenteissa olevien reikien/rakojen ilmanpaine-erojen vaikutuksesta.

Rakenteiden kosteusriskien kannalta merkittävimmät kosteusmäärät tulevat kylmänä vuodenaikana tapahtuvat sisältä ulospäin liikkuvat ilmavirtaukset ilmanpaine-erojen vaikutuksesta. Kosteuskonvektio voi aiheuttaa ongelmia, mikäli ilma jäähtyy virratessaan rakenteen läpi. Mikäli ilma jäähtyy rakenteessa alle kastepisteen, kosteus tiivistyy rakenteeseen (Ympäristöopas 2016:115)

Esimerkki kosteusvaurioriskistä, joka on kosteuskonvektion aiheuttama, on esitetty kuvassa 5. Kuvassa on esitetty punaisilla nuolilla ilman virtausreitti, jossa lämmin ja kostea asunnon sisäilma virtaa epätiiviyden saumojen kautta lämmöneristeeseen, tuulensuojakerrokseen ja tuuletusväliin. Rakenteen kylmissä osissa, joissa voi tapahtua kosteuden tiivistymistä, mikrobivaurioitumisriski sijaitsee (Ympäristöopas 2016: 116)



Kuva 5. Konvektio (Ympäristöopas 2016: 116)

4 Ongelmakohtia kosteudenhallinnassa

Ongelmakohtia kosteudenhallinnassa -osiossa on esitetty kosteudenhallinnallisia haastekohtia, joita esiintyy rakentamisen aikana. Kosteus- ja mikrobivauriot voivat aiheuttaa terveydelle vaaraa sekä vaurioittaa rakenteita pysyvästi.

4.1 Veden pääsy betonielementin villatilaan

Yleisin Suomessa käytetty betoniseinäelementti on betonirakenteinen sandwich-elementti. Sandwich-elementti on betonielementtitehtaalla valmistettu valmiselementti, joka koostuu sisäkuoresta, lämmöneristeestä sekä ulkokuoresta, jotka ovat jo tehtaalla liitetty toisiinsa. Lämmöneriste on useimmiten ristiin uritettua lasi- tai mineraalivillaa. Pystyritus varmistaa rakenteen tuulettavuuden (Klemolan Betoni Oy)

Lämmöneristetilaa suojataan muun muassa Tyvek -tuulensuojakankaalla, joka asennetaan tehtaalla. Tyvek-kangas on vesihöyryä läpäisevä mutta vedenpitävä. Haasteena Tyvek-kankaan ja muiden lämmöneristeiden suojakankaiden käytössä on esimerkiksi elementtien nostolenkkien kohdat, joiden kohdalla kangas ei ole ehjä.

Rakennusvaiheessa sadevedet pääsevät kulkeutumaan holvin pintaa pitkin sandwich-elementtien lämmöneristetilaan ja sitä kautta ikkuna-aukkoihin sekä elementtien saumoihin. Eristetilaan päässyt vesi aiheuttaa voi aiheuttaa seuraavanlaisia ongelmia:

- sadevedet voivat liottaa lämmöneristeistä kemikaaleja, jotka aiheuttavat värjäytymiä julkisivuun
- betoninen vesi pääsee valumaan eristetilassa asennettujen ikkunoiden päälle ja ikkunoiden lasiin syövyttäen niitä
- eristetilaan valuvat vedet pääsevät ikkunoiden kehäpuiden päälle aiheuttaen niissä mahdollisia kosteushaittoja (Teriö 2003: 20.).

Kuvassa 6 näkyy Sandwich -betonielementin paljas villatila sekä suojaamaton puinen apukarmi, jotka ovat olleet altistuneet kosteusrasitukselle. Puu alkaa vaurioitua, mikäli sen kosteusprosentti pysyy pitkäaikaisesti yli 20 %:ssa. Mikäli puun kosteusprosentin ollessa yli 20%, ympäröivän ilman suhteellinen kosteus pysyy yli 80 %, alkaa puu homehtua. Puu alkaa lahota, kun ilman suhteellinen kosteus ylittää 90 %. Homehtuminen sekä lahoaminen edellyttävät +0...+40°C lämpötilan (Puuinfo 2020).



Kuva 6. Sandwich -betonielementin kastunut villatila ja apukarmit

4.1.1 Ratkaisuja

Suunnitteluvaiheessa sandwich-elementtien korkeusasema voidaan suunnitella 10...20 mm laataston pintaa ylemmäksi.

Elementtien suojauksista tulee huolehtia myös tehtaalla sekä kuljetuksen aikana. Työmaalla elementit suojataan pressuilla tai huputtamalla.

Asennusvaiheessa elementtiasentajien tulee varmistaa, ettei sandwich -elementin eristtilan suojaukset rikkoudu. Mikäli Tyvek -kangas on repeytynyt, lisätään kangasta ja teipataan kangas uudelleen vedenpitäväksi. Lisäksi tulee varmistaa, ettei tuuletusurista tukita asennusvillalla, vaan käytetään oikean levyistä asennusvillaa (Teriö 2003: 17.)

Nostolenkkien kohtaan on mahdollista asentaa vanerikotelot (kuva 7), jotka suojaavat suurimpien vesimäärien pääsyn sandwich-elementin villatilaan. Vanerikotelot siirretään aina kerroksien mukana ylemmäksi.



Kuva 7. Nostolenkkien vanerisuoijat

4.2 Paikallavaluholvin vedenpoisto

Sateella ei tule valaa, koska betonin lujuusluokka heikkenee dramaattisesti. Sateella valaessa betoniin kertyy enemmän vettä, jolloin betonin sekoitussuhde ei säily samana kuin betonitehtaalla valmistettaessa. Tämä aiheuttaa lujuuden heikkenemistä sekä betonimassa erottuu herkemmin. Betonin pinnasta tulee laadullisesti huonompi sateella valaessa.

Paikallavaluholvin betonin kuivuminen hidastuu huomattavasti, mikäli holville pääsee satamaan tai valumaan vettä ja näin ollen esimerkiksi laatoitustyöt voivat viivästyä. Betonin kosteus täytyy mitata ja arvojen tulee olla pinnoitusmateriaalien ohjeissa annettujen mukaiset, jotta betonia saa päällystää.

Paikallavaluholvin kosteudenhallinnan haasteena on porrashuoneen ja hissikuilun vedenpoisto. Porrashuoneen ja hissikuilun kautta vesi pääsee valumaan kerrostalon ylimmästä kerroksesta alas asti, joka voi viivästyttää hissikuilun pohjan maalaamista sekä hissien asentamista.

4.2.1 Läpiviennit

Monikerroksisissa paikallavaluholvikerrostaloissa alemman holvin kastumisen ehkäisy saadaan tekemällä seuraava kerros mahdollisimman tiiviiksi. Läpiviennit ja aukot tiivistetään huolellisesti. Patterilämmityskohteissa patteriputkien läpiviennit tehdään Sewatek-läpivientiosia käyttäen, jotka valetaan holvivalun yhteydessä paikalleen. Sewatekit kannattaa ottaa hieman holvia ylemmäksi, jotta mahdolliset sadevedet eivät pääse makamaan läpivientiosan päälle. Sewatek-läpivientiosissa on valmiina tulpat, jotka vähentävät kosteuden pääsyä alempaan kerrokseen.

4.2.2 Lisäkaivot

Paikallavaluholviin veden hallinnan avuksi esimerkkikohteessa paikallavaluholviin asennettiin lisäkaivoja, jotka toimivat työaikaisina sadevesikaivoina. Kuvassa 8 näkyy paikallavaluholvin lisäkaivot ennen valua. Esimerkkikohteessa asennettiin jokaiselle noin 20m² alueelle lisäkaivo. Lisäkaivojen alueille tehtiin loivat kaadot, jotta sadevedet pääsivät valumaan kaivoihin.

Kohteessa lisäkaivojen viemärointi kytkettiin työaikaiseen vedenpoistolinjaan, joka sijaitsi kerrostalon porrashuoneessa. Porrashuoneen massiivilaattaelementtiin kannattaa jo suunnitteluvaiheessa suunnitella varaukset työaikaiselle vedenpoistolinjalle. Paikallavaluholviin tehdyt lisäkaivot aiheuttavat hieman jälkitöitä kaivojen umpeen valamisessa.

Vaihtoehtoisesti lisäkaivojen viemärit voidaan asentaa pystysuoraan holvin läpi ja ohjata paikallavaluholvin alapuolella vedenpoistokourujen avulla esimerkiksi parvekkeelta ulos.

Mikäli lisäkaivojen tekoon ei haluta ryhtyä, toisessa kohteessa oli tehty paikallavaluholvin valuvaiheessa valupintaan noin 50x50 cm kokoisia painaumuksia esimerkiksi levyn palaa käyttäen. Painaumiin laitettiin uppopumput, jotka käynnistyvät ja sammuvat vesimäärän mukaan.



Kuva 8. Lisäkaivot paikallavaluholvissa ennen valua

4.2.3 Hissikuilu ja porrashuone

Hissikuilun sekä porrashuoneen sääsuojauksena voi käyttää nostettavaa sääsuojakasta, joka siirretään rungon teon mukana ylemmäksi.

Mikäli halutaan saada lopullinen hissi asennettua ennen vesikaton valmistumista, on haasteena veden pääsyn estäminen hissikuiluun. Esimerkkikohteessa asennettiin bitumikermi hissikuilun yläkupin päälle (kuva 9), jotta hissien pohja saatiin maalattua ja hissien asennustyöt aloitettua ennen vesikaton valmistumista.



Kuva 9. Hissikuilun yläkuppi eristetty bitumikermillä

4.3 Veden pääsyn estäminen tekniikkahormiin

Talotekniikkaelementti Elpo -hormielementti sisältää nykyaikaisen asuinkerrostalon talotekniikassa tarvittavat putkitukset sekä osat ja on yksi yleisimmistä Suomessa käytettävistä talotekniikkaelementeistä. Rudus Oy:ltä toimitettiin vuonna 2018 Elpo-hormielementtejä yli 400 rakennuskohteeseen ympäri Suomea (Rudus Pro).

Elpo-tekniikkahormeissa haasteena on esimerkiksi hormin sisällä kulkevien ilmanvaihtoputkia pitkin kulkeutuva vesi. Tämä muodostuu laajemmaksi ongelmaksi, mikäli ontelokenttä tai paikallavaluholvi on samassa korossa Elpo-tekniikkahormin yläpään kanssa, koska silloin vedet pääsevät makaamaan hormin päällä. Elpo-hormissa kulkevien LVI-putkien päihin laitetaan väliaikaiset tulpat odottamaan seuravan kerroksen Elpo-hormin nostoa. Väliaikaiset tulpat eivät kuitenkaan ole kaikissa tapauksissa riittävän tiiviitä pitämään vettä poissa.

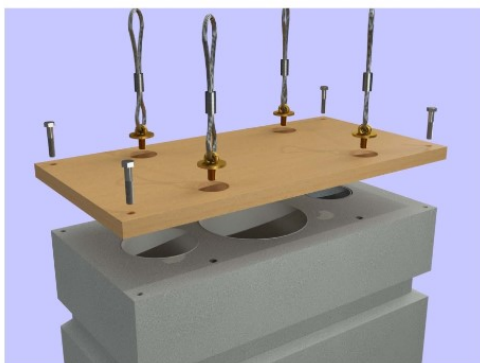
4.3.1 Ratkaisuja

Suunnitteluvaiheessa tulee huomioida, että Elpo-hormielementti tulee noin 50 mm valmiin holvipinnan yli, jotta holvin pinnalle muodostuva kosteus ei pääse kulkeutumaan Elpo-hormin kautta. Asennusvaiheessa myös työmaan tulee varmistaa, että nosto holvin yläpuolelle säilyy kerroksesta toiseen.

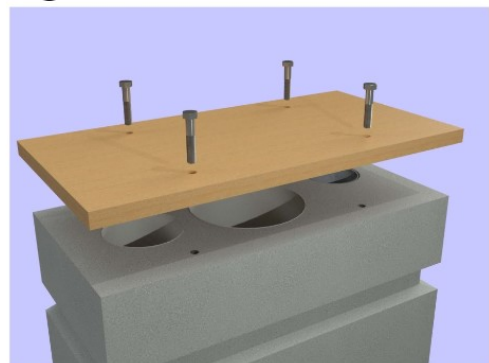
Elpo-hormien työnaikaiseen suojaukseen on mahdollista asentaa suojapääty, joka on 30 mm paksua vaneria ja kauttaaltaan 10 mm suurempi kuin itse hormi (kuva 10). Levyn paksuus sekä koko mahdollistaa levyn toimimisen holvivalussa myös varauksena. Levyn voi asentaa suojapäätyvemoilla, joka mahdollistaa elementin nostamisen kerrokseen levyn ollessa paikoillaan tai nostoankkureista.

Elpo-hormien työaikaiseen suojaukseen voi käyttää myös pellistä valmistettuja, tiivisteellisiä suojatulppia, jotka tekevät ilmanvaihtokanavien yläpääät vesitiiviiksi.

○ *soojapäätyvemoilla*



○ *pulteilla nostoankkureista*



Kuva 10. Elpo-tekniikkahormin työaikainen suojaus

Elpo-hormielementtien ollessa asennettu lopulliseen korkeuteen, on yläpäähän mahdollista tehdä vesikaton tekemisen ajaksi nostot Elpon reunoja vasten bitumikermillä sekä asentaa vanerilevy Elpon päälle kuten kuvassa 11 näkyy.



Kuva 11. Elpo-hormin suojaus

4.4 Ikkuna-aukkojen ja apukarmien suojaus

Betonielementtien ikkuna- ja oviaukoissa on elementin villatilan paksuiset puiset apukarmit, joihin ikkuna- ja ovikarmit kiinnitetään. Elementtitehtaalla on tehty apukarmeihin vedenpoistoreikiä, joiden kautta villatilaan päässyt kosteus pääsee poistumaan, eikä jää apukarmin päälle.

Rakennusaikainen kosteus voi aiheuttaa ikkunoiden puupinnoille vaurioita, joten ikkunat tulisi asentaa vasta kun liiallinen kosteus on poistunut rakenteista ja rakennuksessa on vesitiivis katto. Liiallisen rakennusaikaisen kosteuden takia ikkunoihin aiheutuu vaurioita, joita ovat esimerkiksi liitoskulmien aukeaminen sekä metalliosien hapettuminen ja ruostuminen (Puutuoteteollisuus ry: 7.).

Työaikaisen kosteudenhallinnan näkökulmasta suurimmat haasteet ovat lattiasta-kattoon ulottuvien ikkunoiden sekä parvekeovien kanssa, sillä niiden kohdalla betonielementin lämmöneriste on paljaana.

4.4.1 Ikkunoiden suojaukset ja apukarmien suojaus bitumikermillä

Ennen ikkunan asennusta elementin ikkuna-aukon voi suojata väliaikaisella muovilla. Ikkuna-aukon suojaamisella ulkovaippa on tiiviimpi ja näin estetään sadevesien pääsy sisäpuolelle. Mikäli ikkunapellitystä ei asenneta heti ikkunoiden asennuksien jälkeen, ikkuna-aukkojen alareunat suojataan esimerkiksi vanerilla, jotta sadevedet saadaan pois päin ikkunan puitteista sekä julkisivusta (Rakennustieto 2020, 8.).

Ennen ikkunoiden paikalleen asennusta tehdään apukarmien kosteusmittaus esimerkiksi piikkimittarilla, jolla varmistetaan apukarmien riittävän alhainen painokosteusprosentti. Apukarmien kosteus tulee olla alle 20 painoprosenttia (Rakennustieto 2013, 30.). Painoprosentti kertoo, kuinka monta prosenttia aineessa on vettä aineen kuivapainoon nähden.

Oviaukot sekä lattiasta-kattoon ulottuvat ikkunat ovat haastavampi suojata, sillä niiden kohdalla ei ole apukarmeja, vaan elementin villa on täysin näkyvillä. Villatilan päällä oleva Tyvek -suojakangas paikataan teippaamalla, mikäli se on revennyt esimerkiksi kuljetuksen tai asennuksen aikana. Kun ikkunoiden ja ovien asennushetki lähestyy, otetaan Tyvek -kangas pois. Tämän jälkeen asennetaan alapuolinen apukarmi, joka kosteuden pääsyn estämiseksi eristetään bitumikermillä, kuten kuvassa 12 näkyy.



Kuva 12. Apukarmi suojattu bitumikermillä (Tölkö Antti)

Ikkunoiden asennuksen jälkeen, ennen ikkuna-aukkojen tiivistämistä, viistosade ja tuuli voivat painaa kosteutta rakennuksen sisäpuolelle tiivistämättömästä ikkuna-aukosta. Esimerkkikohteessa on asennettu butyyliteippi vastaavanlaiseen kohtaan (kuva 13). Butyyliteippi on venyvää tiivistysteippiä, jossa on käytetty butyylikumiliimaa, joka tarttuu hyvin betoniin. Teippi soveltuu venyvyytensä takia käytettäväksi haastaviinkin tiivistyskohtiin (Tectis Oy, Sitko Elastic).



Kuva 13. Butyyliteippi ikkuna-aukon alareunaan

4.4.2 Ikkuna-asennukset elementtitehtaalla

Vaihtoehtona on myös ikkunoiden asentaminen ulkoseinäelementteihin jo tehtaalla, jolloin ikkunat olisivat jo valmiiksi suojattuina. Ikkunat suojataan sisäpuolteen muovihuppuksella sekä yläpuolisen karmin yli vedettävällä muovikalvolla. Muovikalvon avulla ehkäistään holvilta villatilaan pääsevän veden aiheuttamia ongelmia, sillä vesi ei pääse suoraan kosketuksiin apukarmin kanssa (Teriö 2009: 14.).

Elementtitehtaalla ikkunoiden asentamisesta on hyötyä erityisesti talviaikaan, sillä julkisivu saadaan nopeasti umpeen ja työmaan lämmitys saadaan tehokkaasti käyntiin. Julkisivun umpeen saaminen aikaisemmin, mahdollistaa myös sisätöiden aikaisemman aloituksen. (Teriö 2009: 17.)



Kuva 14. Parma Oy:n Forssan tehtaalla elementeissä valmiiksi asennetut ikkunat

Paikallavaluholvirungossa normaalisti ikkunakollit nostetaan kerroksiin aina ennen seuraavan kerroksen muottitöiden aloitusta. Ikkunoiden toimitukset tulee olla tarkat, jotta ne ehditään nostamaan kyseiseen kerrokseen, mutta eivät vie pitkäaikaista varastointitilaa työmaalta.

Hyötyjä ikkunoiden asentamiseen tehtaalla:

- vähemmän nostoja rungon aikana
- työmaalle ja holville ei tarvitse järjestää varastointitilaa
- ei tarvita erillisiä ikkunoiden sääsuojauksia eikä putoamiskaiteita

Haittoina elementtitehtaan ikkuna-asennuksissa on ikkunoiden mahdolliset rikkoutumiset. Lisäksi elementtitehtaan kapasiteetti sekä ammattitaidon määrä voivat olla haasteena ikkuna-asennuksissa.

Mikäli ikkunat asennetaan elementtitehtaalla, suositellaan että ikkunat vaahdotetaan osittain kuljetuksen tuen varmistamiseksi. Ikkunoita ei kuitenkaan suositella vaahdotamaan jokaiselta reunalta, jotta mahdollinen ikkunan apukarmiin päässyt kosteus pääsee tuulettumaan.

4.5 Elementtisaumojen kautta pääsevä kosteus

Elementtisaumojen kautta pääsevää kosteutta voi ilmetä esimerkiksi kohteissa, joissa parvekelaatan yläpinta on samassa tasossa elementin alasauman kanssa. Sateella vesi kertyy parvekelaatan päälle, josta tuuli painaa veden suoraan elementtisaumaan. Elementtisaumoissa tulee huomioida myös piiskaava sade, joka voi aiheuttaa veden painumisen saumaan.

4.5.1 Paisuva nauha

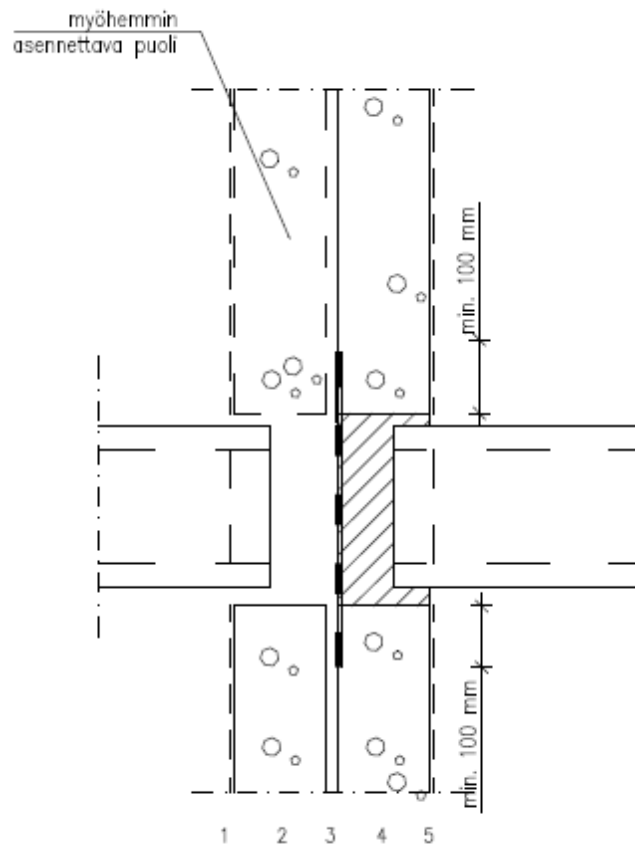
Kosteudelle riskialttiisiin elementtisaumoihin on laitettu työaikaiseksi kosteudensuojaksi paisuvaa saumanauhaa. Paisuva nauha on vedenpitävää, mutta päästää rakennekosteuden haihtumaan ulospäin. Paisuva nauha on esipuristettua elastista vaahtotiivistenauhaa, joka eristää hyvin myös lämpöä. Julkisivusaumaussmassaan verrattuna paisuva nauha on hintavampaa, mutta pitkäikäisempää. Paisuvalle nauhalle annetaan 20 vuoden materiaalitakuu, kun nauha on asennettu valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti (Illbruck, 2018).

Julkisivusaumoissa käytettävä paisuva nauha toimii haastavissakin sääolosuhteissa. Paisuvaa nauhaa käytettäessä elementtisaumauksissa käytettäviä tuuletusputkia ei tarvitse asentaa, sillä nauha päästää vesihöyryn poistumaan, mutta on vedenpitävä ulospäin tuleville sadevesille (Illbruck, 2018).

Julkisivusaumaussmassa ei päästä kosteutta poistumaan, kuten paisuva nauha. Tämän takia saumaussmassaa käytettävissä rakennuskohteissa kerrostalon alimmat saumat on siirretty myöhäisempään ajankohtaan, jotta työmaan aikana rakenteisiin kertynyt kosteus pääsee tuulettumaan paremmin.

4.6 Liikuntasaumojen kohdalla kosteuden pääsy rakennuksen sisälle

Liikuntasaumalla tarkoitetaan rakennuksen kahden lohkon välistä rakennetta, joka koostuu kahdesta betonielementistä, joiden väliin jää ilmarako (kuva 15).

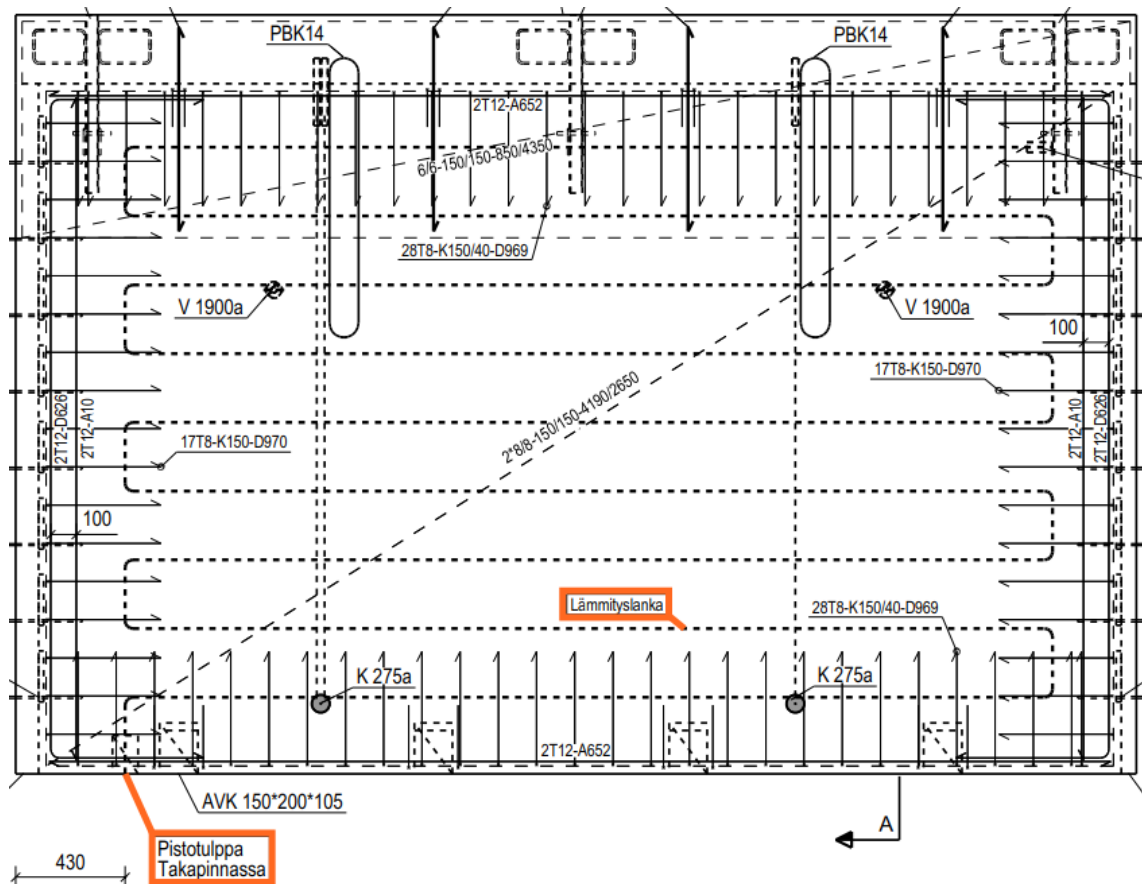


Kuva 15. Liikuntasauma

Liikuntasaumaseinässä on kosteudenhallinnan näkökulmasta haastetta, mikäli lohkojen runkojen nousemisessa on suuri aikaero. Silloin ensimmäisenä valmistuneessa rungossa pyritään etenemään sisätyövaiheeseen, mutta liikuntasaumaseinä on kylmä, sillä seuraavan lohkon elementti vielä puuttuu. Tässä vaiheessa esimerkiksi tasotetöitä kylseisellä seinällä ei pystytä tekemään seinän kylmyyden takia.

4.6.1 Liikuntasaumaseinäelementin lämmityslangat

Liikuntasaumaseinän ensimmäisen lohkon puoleiseen väliseinäelementtiin on suunniteltu lämmityslangat (kuva 16), jotka pitävät elementit lämpimänä, vaikka seuraavan lohkon elementti puuttuukin. Tässä tuleekin kuitenkin huomioida työmaasähköjä suunniteltaessa riittävät tehot, jotka lämmityskaapeleiden käyttö vaatii.



Kuva 16. Elementtiin suunnitellut lämmityslangat

4.6.2 Tuulensuojaeristeet

Esimerkkikohteessa ensimmäisenä valmistuneen rungon elementtiin asennettiin tuulensuojaeristeet (kuva 17). Tuulensuojaeristeitä on suunniteltu kosteusteknisesti vaativiin olosuhteisiin, jotka toimivat lämmöneristeinä. Tuulensuojaeristeiden pinnat ovat yleensä hyvin vesihöyryä läpäiseviä, eli eriste ei varastoi kosteutta itseensä.

Tuulensuojavillojen asennuksessa tulee myös huomioida villojen yläpää, jotka eivät saa jäädä sateen armoille. Villojen yläpään voi suojata esimerkiksi pressuilla.



Kuva 17. Tuulensuojavillat asennettu liikuntasaumaseiniin, yläpää suojattu pressuilla.

4.6.3 Saumojen suojaus bitumikermillä

Seuraavan lohkon rungon edetessä voi ilmentyä myös lisähaastetta, mikäli rungon holvin pinta on samassa korkeudessa aikaisemman lohkon seinän saumojen kanssa. Silloin vaaka- ja pystysaumoihin hitsataan bitumikermi, joka toimii kosteuseristyksenä (kuva 18).



Kuva 18. Liikuntasaumaseinän vaaka- ja pystysaumojen bitumikermi

5 Yhteenveto

Opinnäytetyössä tutkittiin rakennushankkeen kosteudenhallinnan ongelmakohtia sekä ratkaisuja ongelmakohtien toteutuksille. Kosteudenhallinta aiheena on erittäin laaja ja erilaisia ongelmakohtia ja niiden ratkaisutapoja on useita, tästä johtuen rajasimme aiheen tunnetuimpiin kosteudenhallinnan haastekohtiin.

Työssä kosteudenhallinnan ongelmakohtia tutkiessa, oli mielenkiintoista huomata kuinka kosteudenhallinnan laiminlyönti yhdellä osa-alueella, aiheuttaa haasteita myös muilla alueilla. Esimerkkinä paikallavaluholvin kosteudenhallinnan laiminlyöminen, vaikuttaa suoraan sandwich -betonielementin kosteuteen, joka taas vaikuttaa ikkuna-aukkojen kosteushaasteisiin.

Rakennushankkeiden toimivampaa kosteudenhallintaa edistäisi kosteudenhallinnan haasteiden esiin nostaminen ja ratkaisutoimien dokumentointi kaikkien saataville.

Lähteet

Illbruck. 2018. TP600 Paisuva nauha. Tekninen tiedote. 27.03.2018.
Luettu 28.4.2021

Klemolan Betoni Oy. Sandwich-elementit betonista. Verkkoaineisto.
<<https://www.klemolanbetoniyo.fi/betonielementit/sandwich-elementit>>.
Luettu 17.4.2021

Lehtoviita, Timo. 2004. Rafnet-oppimateriaali. 27.9.2004, s. 26.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999. 5.2.1999/132. Verkkoaineisto.
<<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>>. Luettu 14.3.2021

Paroc Group 2018. Kosteusopas – Paroc kivivilla.

Puuinfo. 2020. Puun ominaisuudet – Kosteustekniset ominaisuudet.
Verkkoaineisto. < <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/puun-kosteustekniset-ominaisuudet/>> 15.7.2020. Luettu 30.4.2020

Puutuoteteollisuus ry. Ikkunoiden ostajan opas. Verkkoaineisto.
<https://puutuoteteollisuus.fi/images/pdf/ikkunoiden_ostajan_opas.pdf>.
Luettu 20.4.2021

Rakennusfakta, Vandex Super. Verkkoaineisto. <<https://www.rakennusfakta.fi/anturan-kapillaarikatko-vandex-super-vedentiivistys-slammillalla-100454/uutiset.html>> 3.6.2016. Luettu 8.5.2021.

Rakennustieto. 2013. Ratu S-1232. Rakennustyömaan sääsuojaus.
28.2.2013, s. 8.

Rakennustieto. 2020. RT 103241. Puu- ja puualumiini -ikkunat.
26.11.2020, s. 30.

Rudus Pro. 2019. Elpo-hormi – täydellinen talotekniikkaelementti. Verkkoaineisto. <www.rudus.fi/ajankohtaista/2019/04/17/elpo-hormi-taydellinen-talotekniikkaelementti>. 17.04.2019. Luettu 6.4.2019.

Siikanen, Unto. Rakennustieto Oy, 2008. Puurakentaminen.

Sisäilmayhdistys ry. Kosteuslähteet. Verkkoaineisto.
< <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuslahteet>>. Luettu 10.2.2021.

Sisäilmayhdistys ry. Pihantasausta ja sadevedet. Verkkoaineisto. <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Kuivatusjarjestelmat/Pihantasausta-ja-sadevedet>>. Luettu 14.2.2021.

Tectis Oy, Sitko Elastic butyylinauha -tuotekortti

Teriö, Olli. 2009. Betonikeskus ry. Valmisosarakentamisen julkisivujen toteutusprosessit – Ikkunan asentaminen betonielementtitehtaalla 27.10.2009, s. 14.

Vinha, Juha. 2008. Rakennusten rakennusfysikaalisen suunnittelun ja rakentamisen periaatteet.

Ympäristöhallinto, 2019. Pohjaveden esiintyminen ja muodostuminen. Verkkoaineisto. <https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/Pohjavesien_tila/Pohjaveden_esiintyminen> 12.6.2019. Luettu 12.2.2021

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 2017, 782/2017. Verkkoaineisto. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>> 24.11.2017. Luettu 21.3.2021.

Ympäristöministeriö 2020. Rakennusten kosteustekninen toimivuus, 28.2.2020 Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta.

Ympäristöopas 2016. Ympäristöministeriö. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus.

YIT Oyj. (2020). Verkkoaineisto. <<https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta/toiminta-alueemme>>. Luettu 29.4.2021.

Kuvat

- Kuva 1 Ympäristöopas 2016. Ympäristöministeriö. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Rakennuksen yleisimmät sisä- ja ulkopuoliset kosteudenlähteet, s. 107.
- Kuva 2 FISE virhekortti, 2018. Verkkoaineisto.
<<https://fise.fi/virhekortti/lumen-haitallinen-tunkeutuminen-ylapohjaan/>>
11.09.2018. Luettu 15.3.2021
- Kuva 3 Ympäristöopas 2016. Ympäristöministeriö. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, s. 111.
- Kuva 4 Anturan kapillaarikatko
- Kuva 5 Konvektio
- Kuva 6 Sandwich -betonielementin kastunut villatila ja apukarmit
- Kuva 7 Nostolenkkien vanerisuoja
- Kuva 8 Lisäkaivot paikallavaluholvissa ennen valua
- Kuva 9 Hissikuilun yläkupin kermitys
- Kuva 10 Elpo-tekniikkahormin työaikainen suojaus
- Kuva 11 Elpo-hormin suojaus
- Kuva 12 Apukarmin kermieristys, kuvan ottaja Antti Tölkö
- Kuva 13 Butyyliteippi
- Kuva 14 Teriö, Olli. 2009. Betonikeskus ry. Valmisosarakentamisen julkisivujen toteutusprosessit – Ikkunan asentaminen betonielementtitehtaalla
27.10.2009, s. 12.
- Kuva 15 Liikuntasäule
- Kuva 16 Elementtiin suunnitellut lämmityslangat

- Kuva 17 Tuulensuojavillat asennettu liikuntasaumaseiniin, yläpää suojattu pressuilla
- Kuva 18 Liikuntasaumaseinän vaaka- ja pystysaumojen bitumikermi