

Niko Halonen

# Kerrostalon rungon rakennusaikainen kosteudenhallinta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

21.4.2014

Tekijä Otsikko	Niko Halonen Kerrostalon rungon rakennusaikainen kosteudenhallinta
Sivumäärä Aika	47 sivua + 1 liite 21.4.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Tuotantopäällikkö Tero Kuusisto Työnjohtaja Keijo Laasonen Lehtori Kimmo Sani
<p>Tämä insinöörityö tehtiin YIT Rakennus Oy:lle. Insinöörityön tavoitteena oli löytää uusia näkökulmia ja parannusehdotuksia täyselementillisten kerrostalojen kosteudenhallinnan tehostamiseen ja kehittämiseen sekä kosteuden aiheuttamien haittojen minimointiin.</p> <p>Tutkimus toteutettiin perehtymällä laajaan kirjalliseen aineistoon liittyen kosteudenhallintaan, rakennusfysiikkaan, rakennuksen kuivatukseen ja sisäilmaan. Lisäksi tutkittiin kosteudenhallintaa ohjaavia määräyksiä ja asetuksia. Tämän pohjalta kerättiin tietoa esimerkkikohteesta sekä lukuisista toimihenkilöiden kanssa käydyistä satunnaisista keskusteluista.</p> <p>Työssä on kuvattu myös suojauksen, kosteusmittauksien, lämmityksen sekä kuivatuksen pääpiirteet perustuen osin kirjallisuuteen, osin esimerkkikohteen havaintoihin.</p> <p>Kun esimerkkikohteen pohjalta tärkeimmät kosteudenhallinnalliset riskikohdat oli kartoitettu, laajennettiin näkemystä sähköpostikyselyllä vastaaville työnjohtajille. Kyselystä saadut vastaukset tukivat esimerkkikohteen havaintoja.</p> <p>Insinöörityön tuloksena syntyi runsaasti kehitysideoita tyypillisimpien kerrostaloissa esiintyvien kosteudenhallinnallisten riskirakenteiden kosteuden tehokkaampaan hallitsemiseen.</p>	
Avainsanat	kosteudenhallinta, kerrostalo, kosteus

Author(s) Title Number of Pages Date	Niko Halonen Humidity Control of the frame of an apartment building during construction. 47 pages + 1 appendix 21 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Tero Kuusisto, Production Manager Keijo Laasonen, Site Manager Kimmo Sani, Senior Lecturer
<p>This thesis was done for YIT Rakennus Oy. The purpose was to find new ways to minimize moisture based problems and to improve humidity control in apartment block construction.</p> <p>Research was based on extensive literature related to humidity control, building physics, building drying and indoor air. Humidity control guidelines and guiding rules and regulations were also examined. Guided by the theoretical research, data were collected from an example site and from personal discussions with YIT officials.</p> <p>The thesis also includes short descriptions of construction site hedging, humidity measurement, heating and drying based on the literature and data from the example site.</p> <p>After the most important humidity risk points were charted, additional data were gathered by an e-mail questionnaire to YIT's foremen in charge. Analysis of the questionnaire data supported observations made at the example site.</p> <p>This thesis provided many new ideas for developing humidity control in the most typical risk points during the construction of apartment buildings.</p>	
Keywords	Humidity control, apartment building, moisture

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoite	2
1.2	Työn rajaus	2
1.3	Tutkimusmenetelmät	2
1.4	Esimerkkikohde	3
2	Kosteudenhallinnan teoriaa	4
2.1	Yleistä kosteudenhallinnasta	4
2.2	Kosteudenhallintaa ohjaavat määräykset	4
2.3	Rakennuksen kosteuslähteet	6
2.3.1	Rakennuksen sisäpuoliset kosteuslähteet	7
2.3.2	Rakennuksen ulkopuoliset kosteuslähteet	8
2.4	Kosteusvaurion syntyminen	8
2.4.1	Veden painovoimainen siirtyminen	9
2.4.2	Kapillaarinen kosteuden siirtyminen	10
2.4.3	Konvektio ja konvektion aiheuttama kondenssi	10
2.4.4	Diffuusio ja diffuusion aiheuttama kondenssi	11
2.4.5	Rakennekosteus	12
2.5	Homevaurion syntyminen	14
3	Nykyinen toiminta	17
3.1	Kosteudenhallintaprosessi	17
3.2	Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma	17
3.3	Talvirakentaminen	20
3.3.1	Talven vaikutukset hankesuunnitteluun	23
3.3.2	Talven vaikutukset työmaalle	24
3.3.3	Suojaus	25
3.3.4	Kuivatus ja lämmitys	25
3.4	Kosteusmittaukset	26
3.5	Työmaan kosteusriskikohteiden määrittäminen	27
3.5.1	Betonisandwich-elementti ja sen eristeet, kuivana pitäminen	28
3.5.2	Ontelolaattojen onteloihin jäävä vesi	33
3.5.3	Väestönsuojan laatta ja kevytsoratila	34
3.5.4	Sisäilman kosteus	35

4	Kyselytutkimus	36
4.1	Kyselyn toteutus	36
4.2	Kyselytutkimuksen tulokset	36
5	Johtopäätökset ja kehitysehdotukset	38
5.1	Kosteudenhallintasuunnitelma	38
5.2	Suojaustavat	38
5.3	Betonisandwich-elementit	39
5.4	Ontelolaattojen ontelovedet	42
5.5	Väestönsuojan kattolaatta sekä sen yläpuolinen kevytsoratila	42
6	Yhteenveto	44
	Lähteet	46
	Liitteet	
	Liite 1. Kyselytutkimuksen yhteenveto	

## 1 Johdanto

Tämä insinöörityö tehdään YIT Rakennus Oy:lle, joka on osa suurempaa YIT Oyj -konsernia. YIT on edelläkävijä rakennusalalla; se on Suomen suurin asuntojen rakentaja ja Venäjällä suurin ulkomainen asuntorakentaja. YIT on myös Suomen suurimpia toimitila- ja infrarakentajia. YIT:n pyrkimyksenä on luoda parempaa elinympäristöä välittäen ympäristöstä ja ihmisistä.

YIT Rakennus Oy jakautuu eri liiketoimintaryhmiin. Näistä liiketoimintaryhmistä yksi on Asuntorakentaminen (AR), joka edelleen jakautuu eri yksiköihin. Asuintalot Uusimaa (ARU) -yksikkö tuottaa pientaloja sekä pienkerrostaloja niin omaperusteiseen asuntotuotantoon kuin sijoittajakohteiksi asuinkäyttöön pääkaupunkiseudulla sekä kehyskunnissa.

Kesällä kuivaan aikaan runkovaiheessa olevat kerrostalot saadaan yleisesti toteutettua ilman kosteusongelmia, mutta syksyllä, talvella ja keväällä kerrostaloja rakennettaessa kosteudenhallinta on haastavampaa: ilma on kylmempi ja luontaista kuivumista ei samalla tavalla tapahdu, vesi- ja lumisateet luovat haasteen suojauksille, tuuli puhalttaa sadevettä myös sivusuunnassa ja ilmankosteus on korkea.

Rakennusaikana kerrostalon rakenteisiin pääsevä ja sinne rakentamisen jälkeen jäävä kosteus ja vesi aiheuttavat monenlaisia ongelmatilanteita; eloperäisissä rakenteissa syntyy hometta, joka aiheuttaa terveydellisiä vaaratekijöitä, kosteus pienentää eristeiden eristävyttä ja näin heikentää rakenteen energiatehokkuutta ja pitkällinen kosteus myös tuhoaa tiettyjä rakenteen osia.

Asuintalot Uusimaa -yksikössä on herännyt ajatus siitä, voidaanko kosteudenhallintatoimia tehostaa entisestään kerrostalojen osalta kosteina vuodenaikoina rakennettaessa. Kosteudenhallinta on ajankohtainen asia rakennettaessa, sillä aihe on ollut viime vuosina useasti esillä eri medioissa erilaisten kosteusvaurioiden ynnä muiden kosteudenhallinnan puutteista johtuvien laatupoikkeamien tähden. Asuintalot Uusimaa -yksikön tuottamat kerrostalot ovat lähes poikkeuksetta täyselementeistä kasattuja pistekerrostaloja, joissa toistuu työmaasta toiseen samat ongelmakohdat kosteudenhallinnan kannalta. Näihin suurimpiin ongelma-kohtiin kaivataan tietoa siitä, mitkä menetel-

mät olisivat työpanoksellisesti, taloudellisesti ja ajallisesti parhaiten yksikön käyttöön sopivimpia pitäen mielessä YIT Rakennus Oy:n korkeat laatuvaatimukset.

Tällä hetkellä työmaiden vastaavat työnjohtajat ratkaisevat kosteudenhallinnan eri ongelmatapauksissa kukin tavallaan. Tällä insinööriyöllä pyritään tuomaan esille eri vaihtoehtoja kosteudenhallintaan tavallisimmissa ongelmakohdissa ja pyrkimyksenä on yhtenäistää kosteudenhallintamenetelmiä yksikön eri työmaiden välillä.

### 1.1 Työn tavoite

Insinööriyön tavoitteena on selvittää, kuinka Asuintalot Uusimaa -yksikön tuottamat pistekerrostalot voidaan rakennusaikana säilyttää rungoltaan mahdollisimman kuivana ja näin ennaltaehkäistä kosteudesta johtuvia ongelmia. Insinööriyön tuloksena syntyy kehitysideoita, kuinka kosteudenhallintaa voidaan jatkossa kehittää entisestään.

### 1.2 Työn rajaus

Insinööriyö käsittelee täyselementeistä valmistetun betonisandwich-elementillisen pistekerrostalon maanpäällisen rungon kosteudenhallintaa rakennusaikana. Työssä keskitytään 3-4 tavallisimpaan työmaasta toiseen toistuvaan ongelma-kohtaan. Työ on rajattu liittymään työnjohdon sekä projektijohdon käyttämiin kosteudenhallintaratkaisuihin ensisijaisesti runkovaiheessa sekä toissijaisesti sisätyövaiheessa sekä tuotannon suunnittelussa. Työssä otetaan mahdollisesti kantaa kosteudenhallintaan myös suunnittelunohjauksen näkökulmasta, mikäli tarvetta tälle ilmenee. Työhön ei sisällytetä perustusten sekä maaperän kosteudenhallintaa ja kuivatusta eikä myöskään julkisivu- ja katemateriaalien kosteudenhallinnallisia ominaisuuksia.

### 1.3 Tutkimusmenetelmät

Tämä insinööriyö toteutetaan tutkimalla kosteudenhallintaan liittyvää lähdemateriaalia; kosteudenhallintaan liittyviin lakeihin, asetuksiin ja määräyksiin perehtyminen sekä kosteudenhallintaan liittyvien rakennusfysikaalisten, biologisten ja kemiallisten ilmiöiden tunteminen luovat pohjan jo olemassa olevien työtapojen ja menetelmien arvioimiselle. Päivätyön yhteydessä käytävillä keskusteluilla eri YIT Rakennus Oy:n toimihenki-

löiden kanssa selvitetään, mitkä rakenteelliset kohdat ovat ongelmallisimpia kosteudenhallinnallisesti asuinkerrostaloissa.

Kun kosteusriskikohdat ovat pääpiirteissään selvillä, laaditaan aiheeseen liittyvä kysely Asuintalot Uusimaa -yksikön vastaaville työnjohtajille. Kyselyllä pyritään syventämään tietoa käytännön kokemuksen pohjalta siitä, mitkä asiat ovat huomionarvoisia tutkimuksen kannalta näissä ongelmakohtissa. Kyselyllä pyritään myös kartoittamaan tarkemmin eri vastaavien työnjohtajien toimintatapoja ja ajatuksia näihin nimenomaisiin ongelmiin. Sähköpostitse lähetettyyn kyselylomakkeeseen vastaavat työnjohtajat voivat vastata vapaasti tekstillä, joten se on joustava tutkimusmenetelmä. Kyselyn vastauksista pyritään saamaan johtopäätökset siitä, mitkä ovat Asuintalot Uusimaa -yksikön käyttöön soveliaimmat kosteudenhallintamenetelmät valikoiduissa, yleisimmissä riskikohtissa. Kyselyn tulokset käydään läpi yrityksen ohjaajan kanssa.

#### 1.4 Esimerkkikohte

Insinööriyön tekijä työskentelee Asuintalot Uusimaa -yksikön asuinkerrostalokohteessa Mäntsälässä. Asunto-osakeyhtiö Mäntsälän Peltolemmikki sisältää kaksi 25-asuntoista pistekerrostaloa, joiden runko muodostuu betonisandwich-elementeistä sekä ontelolaa-toista. Esimerkkikohte on suuressa roolissa määriteltäessä työmaanaikaisia kosteusriskejä. Kohteessa tulee selkeästi esiin kosteudenhallinnalliset ongelmakohdat, ja näiden havaintojen yhteneväisyys henkilökeskustelujen kanssa toimii pohjana ongelmakohtien määrittämiselle. Esimerkkikohteessa pyritään myös reagoimaan kosteudenhallinnallisiin riskikohtiin niiltä osin kun se rakentamisvaiheessa työmaalla on mahdollista ja löytämään tapoja vähentää kosteusongelmien riskiä. Esimerkkikohteessa työn tekijä myös havaitsee rakennuksen lämmittämisen ja ilmanvaihdon merkityksen rakennuksen kosteudenhallinnassa.



## 2 Kosteudenhallinnan teoriaa

### 2.1 Yleistä kosteudenhallinnasta

Kosteudenhallinnan päätarkoitus on estää kosteus- ja homevaurioiden syntyminen rakenteissa rakentamisen aikana ja sen jälkeen. Kosteusvaurio syntyy rakentamisvaiheessa yleensä, kun on tehty virhe, laiminlyönti tai on tapahtunut jonkinlainen vaurio, jota ei ole kunnolla huomattu tai havaittu. Kosteusvaurio voi usein olla monen eri tekijän summa. Kosteudenhallintaan kuuluu kosteuden hallinta kaikissa veden olomuodoissa (vesi, lumi, jää, höyry). [1 s. 10-11.]

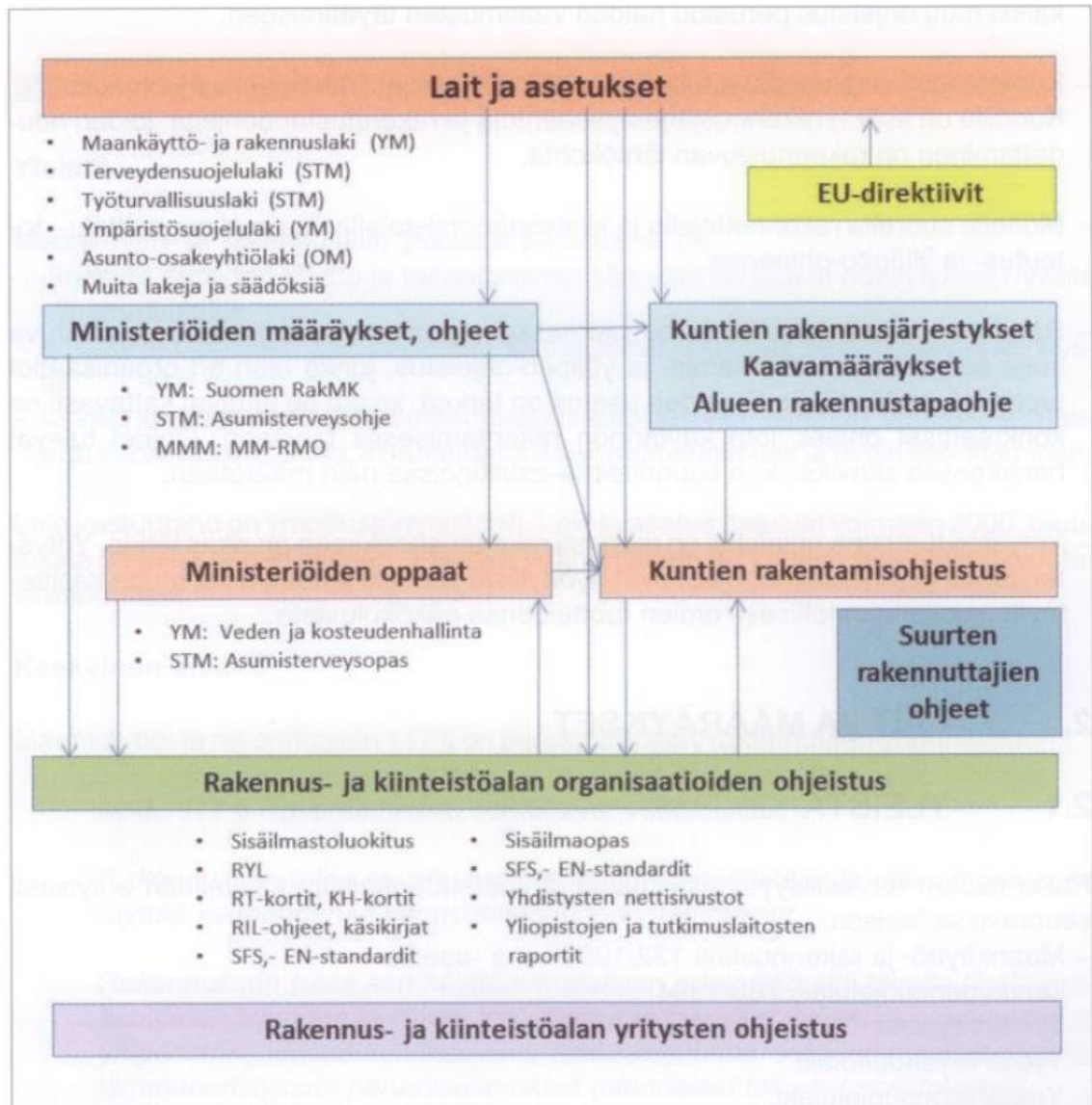
Rakennustyömaalla kosteusongelmia aiheuttavat puutteelliset sääsuojaukset ja/tai puutteellinen olosuhdehallinta sekä pinnoitettavuusmittauksien väärä toteutustapa tai mittauksien tulosten laiminlyönti kiireeseen vedoten. Rakenteiden ja materiaalien kasuttaminen työmaalla joko varastoinnin tai rakentamisen aikana lisäävät homeriskiä. Myös rakenteiden kuivumisaikojen laiminlyönti voi johtaa ongelmiin joko materiaalien tai homeen kanssa. [1 s. 13.]

Jotta rakennus olisi kosteusteknisesti toimiva ja jotta se voitaisiin rakentaa kosteudenhallinnallisesti oikein, vaatii se suunnitelmallisuutta niin suunnittelu- kuin rakentamisvaiheessakin, eli toisin sanoen kosteusvarma rakennus täytyy luoda tietoisesti. Kosteudenhallinnallisten toimien tärkeyttä tulisi korostaa jo rakennushankkeen alussa niin suunnittelijoille, tavarantoimittajille kuin rakentamisesta vastaavalle urakoitsijalle. [1 s. 10.]

Kosteudenhallinnalliset toimet suurella todennäköisyydellä nostavat niin suunnittelu- kuin rakentamiskustannuksiakin, mutta nämä kustannuslisät ovat pieniä verrattuna niistä saatavaan hyötyyn: estetään kosteusongelmia sekä niistä seuraavia korjauskuluja niin rakentamisen aikana kuin koko rakennuksen käyttöaikana. [1 s.10.]

### 2.2 Kosteudenhallintaa ohjaavat määräykset

Rakennusten kosteudenhallintaa ja terveellisyttä ohjataan myös eri laeilla, asetuksilla ja viranomaismääräyksillä. Kuvassa 1 on esitetty eri säädösten muodostama kokonaisuus, joka ohjaa rakennusten terveellisyttä sekä kosteudenhallintaa. [1 s. 227.]



Kuva 1. Rakennusten kosteudenhallintaan liittyvien lakien, määräysten, yms. sekä alan ohjeistuksen muodostama kokonaisuus. [1 s.227.]

Ympäristöministeriön ylläpitämä Suomen rakentamismääräyskokoelma täydentää määräyksillään Suomen maankäyttö- ja rakennuslakia sekä maankäyttö- ja rakennusasetusta. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C2 käsittelee kosteutta rakentamisessa määrittellen kosteudenhallinnan keskeisen vaatimuksen rakentamisessa seuraavasti:

”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei siitä aiheudu sen käyttäjille tai naapureille hygienia- tai terveysriskiä kosteuden kertymisestä rakennuksen osiin tai sisäpinnoille. Rakennuksen näiden ominaisuuksien tulee normaalilla kunnossapidolla säilyä koko taloudellisesti kohtuullisen käyttöiän.” [2 s. 10.]

Jotta edellä mainittu vaatimus täytyisi, tulisi rakentamisessa noudattaa Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C2 esitettyjä määräyksiä kokonaisuudessaan. [2 s.10.]

Rakentamismääräyskokoelman osassa C2 kohdassa 1.4.10 edellytetään, että rakennusaineet ja -tarvikkeet sekä rakennusosat suojataan haitalliselta kastumiselta kuljetusten, varastoinnin ja rakentamisen aikana. Lisäksi kosteiden rakenteiden ja rakennuskosteuden on annettava vapaasti kuivua tai niitä on kuivatettava riittävä aika ennen jatkotöiden aloittamista. Tämä tarkoittaa sitä, että kosteudenhallintasuunnitelmassa (katso luku 3.2) on tarkoin esitetty niin sääsuojaus-, olosuhdehallinta- kuin kuivausasiatkin. [2 s. 15.]

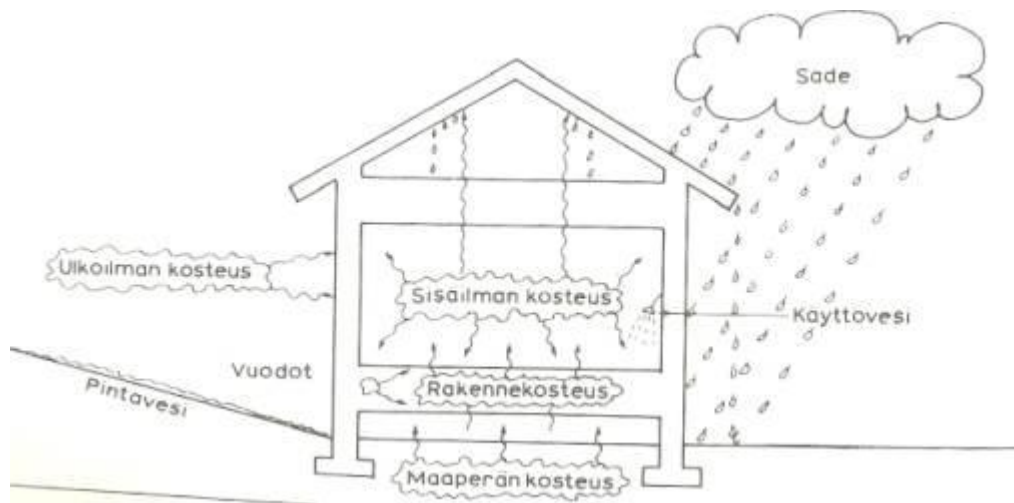
Rakentamismääräyskokoelman osassa C2 kohdassa 1.4.12 sanotaan, että työnjohdon on varmistettava työn tekijöiden perehtyneisyys suunnitelmiin. Toisin sanoen työn tekijän tulee ymmärtää rakenteen toiminta ja siihen sopivat ja siinä käytettävät rakennustavat jotta varmistetaan työn sopivuus käytettävään työkohteeseen. Lisäksi työnjohdon on määräyksen mukaan suoritettava riittävää valvontaa työvaiheittain sekä merkittävä tarkastukset tarkastusasiakirjaan. Tällä estetään se, ettei rakenteen kosteustekninen toimivuus esty työvirheiden takia. Kuten edellä jo mainittiin, on virhe yksi yleisimmistä syistä kosteusvaurioiden synnyssä. [2 s. 16.]

Ympäristöministeriö valmistelee lisäksi uutta asetusta, joka edellyttää sääsuojausta ja olosuhdehallintaa kaikille työmaille. Asunto- ja viestintäministeri Pia Viitanen totesi torstaina 13. maaliskuuta 2014 sisäilmastoseminaarin avauspuheenvuorossaan, että rakennustyömaiden kosteudenhallintaa säädellään jatkossa asetuksella. Asetusluonnoksen mukaan rakennustöissä edellytettäisiin jatkossa aina sää- ja olosuhdesuojausta. Ministeri Viitanen mukaan suojausten poisjättämistä ei voi perustella edes kustannuksilla, sillä kustannukset pienenevät lyhyempien rakennusaikojen johdosta. Asetusluonnos on tarkoitettu saadaan lausunnon vuodelle 2014 lopulla. [3.]

### 2.3 Rakennuksen kosteuslähteet

Rakennuksiin vaikuttavia kosteuslähteitä on useita. Rakennuksen kosteuslähteet voidaan jakaa kahteen ryhmään: Rakennuksen sisäpuolisiin kosteuslähteisiin sekä raken-

nuksen ulkopuolisiin kosteuslähteisiin. Kuvassa 2 on esitettyä rakennuksen eri kosteuslähteitä. [5; 8.]



Kuva 2. Rakennuksen kosteuslähteet. [5]

### 2.3.1 Rakennuksen sisäpuoliset kosteuslähteet

Rakennuksen sisäpuoliset kosteuslähteet ovat pääosin ihmisen toiminnasta tai erilaisten laitteiden tai putkistojen vuodoista aiheutuvia kosteusrasituksia. Rakennuksen sisäpuolisia kosteuslähteitä ovat muun muassa:

- Käyttöveden aiheuttamat rasitukset.
- Sisäilman kosteus.
- Roiskevesien aiheuttama kosteusrasitus.
- Mahdolliset putkistovuodot.
- Talotekniset laitteet kuten pesukoneet ja niiden vuodot.
- Ilmanvaihdon/painesuhteiden vaihtelut.
- Rakennusajalta rakenteisiin jäänyt rakennuskosteus (rakennekosteus). [1 s. 63; 5; 8 s. 21-24.]

### 2.3.2 Rakennuksen ulkopuoliset kosteuslähteet

Rakennuksen ulkopuoliset kosteuslähteet liittyvät pääosin luonnonoloihin sekä rakennuspaikan sijaintiin ja suojaisuuteen. Näitä kosteuslähteitä ovat muun muassa:

- sade, tuulen kuljettama vesi ja lumi
- lumi ja jää (sulamisvesi)
- pintavesi eli valumavesi, hulevesi
- maaperän kosteus
- pohjavesi
- ulkoilman kosteus. [1 s. 63, 5; 8 s. 21-24.]

Voimakkain ulkopuolinen kosteusrasitus on sade. Suomessa sataa vuosittain vettä noin 600 millimetriä. Tästä määrästä jopa 30 % voi tulla syksyllä lyhyen ajan, jopa muutamana päivänä sisällä. Päivittäiset suurimmat sademäärät Suomessa ovat noin 80 millimetrin suuruisia. [5.]

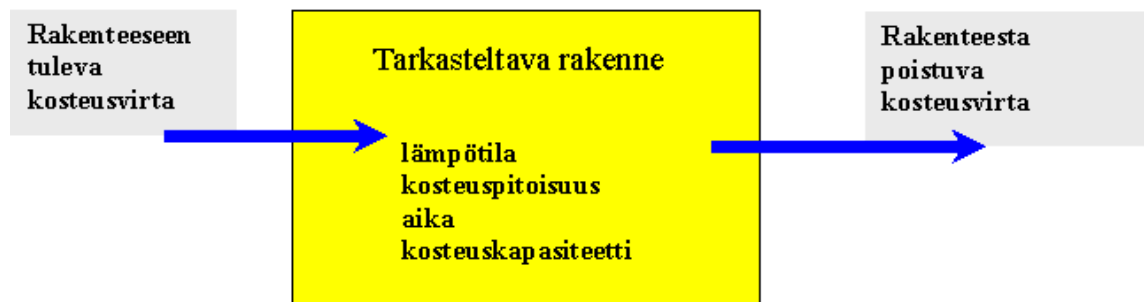
Tyynessä säässä sade tulee painovoiman vaikutuksesta suoraan alaspäin, mutta tuulella sade tulee rakenteisiin viistosateena, mikä rasittaa vaakapintojen lisäksi myös rakenteiden pystypintoja sekä katettujen osien alle jääviä pintoja. Kovalla tuulella vesi voi kulkea myös ylöspäin seinäpintoja pitkin. [5.]

### 2.4 Kosteusvaurion syntyminen

Rakenteen kastuminen aiheuttaa kahdenlaisia vaurioita: mikrobiologisia kuten lahoaminen ja homehtuminen sekä kemiallisia/fysikaalisia, kuten muodonmuutokset, ruostuminen ja aineiden hajoaminen. [4.]

Mikäli rakenteeseen pääsee enemmän vettä kuin mitä sieltä poistuu, nousee rakenteen kosteuspitoisuus ja rakenne voi vaurioitua. Vaurioitumisriski määrytyy rakenteen kyvystä sitoa kosteutta. Mikäli rakenteen kosteudentomiskyky on suuri, rakenteen kosteuspitoisuus nousee korkeammaksi ennen kuin rakenne alkaa vaurioitua. Kuvassa 3 on esitetty rakenteiden kosteusvaurioitumisen yleisperiaate. Mikäli rakenteeseen tuleva kosteusvirta on suurempi kuin siitä poistuva kosteusvirta, nousee kosteusvaurion riski.

Kosteusvaurion mahdollisuuteen vaikuttavat ilman ja materiaalin lämpötila, materiaalin kosteuspitoisuus, altistumisaika kosteudelle sekä materiaalin kosteuskapasiteetti. [4.]



Kuva 3. Rakenteiden kosteusvaurioitumisen yleisperiaate. [4.]

Kosteutta siirtyä ja sitä esiintyy rakenteissa monella eri tavalla:

- Veden painovoimainen siirtyminen.
- Kapillaarinen siirtyminen.
- Veden ja vesihöyryn siirtyminen ilmavirtauksen mukana (kosteuskonvektio).
- Vesihöyryn siirtyminen diffuusiolla.
- Lisäksi rakenteissa on entuudestaan joko rakennusmateriaalin tai -osan valmistuksessa tai muuten rakennusaikana tullutta rakennekosteutta sekä hygroskooppisissa materiaaleissa ilman kosteudesta johtuvaa kosteutta. [4; 6; 8 s.19.]

#### 2.4.1 Veden painovoimainen siirtyminen

Painovoima kuljettaa vettä alaspäin joko suoraan tai materiaaleista johtuen viistossa. Painovoimainen veden kulkeutuminen on merkittävässä osassa rakennuksen kosteusteknisessä toiminnassa. Kaltevilla pinnoilla, putkissa ja kouruissa tapahtuu toivottua veden painovoimaista siirtymistä. Erilaisissa halkeamissa, saumoissa ja raoissa, kuten esimerkiksi kattoläpivientien virheissä ja elementtisaumoissa taasen tapahtuu vähemmän toivottua painovoimaista siirtymistä. Veden painovoimainen siirtyminen on eniten ongelmia tuottava kosteuden siirtymistapa. Painovoima siirtää vettä tehokkaasti suuria määriä sellaisiin paikkoihin, josta kosteuden poispääsy esimerkiksi vain diffuusiolla on liian hidasta rakenteen kuivumisen kannalta. [4; 6.]

#### 2.4.2 Kapillaarinen kosteuden siirtyminen

Vesi siirtyy huokoisessa rakenteessa kapillaarisesti, kun huokosiin muodostuu veden pintajännitysvoimien johdosta paikallisia paine-eroja. Huokoisen materiaalin tulee koskea veteen tai toiseen kosteaan materiaaliin, jotta kapillaarinen imu alkaa imeä vettä huokoisen materiaalin huokosiin. Huokosalipaine vaikuttaa kaikkiin suuntiin rakenteessa, jonka vuoksi vesi voi siirtyä kapillaarisesti myös ylöspäin. Veden nousu jatkuu siihen saakka kunnes on saavutettu kapillaarinen kosteustasapaino eli kosteus on noussut korkeuteen, jossa huokosalipaine ja maan vetovoima ovat tasapainossa. Tämän kaltainen tasapainotilanne esiintyy muun muassa maanvastaisissa alapohjissa, joissa käytetään salaojasepeli kerrosta kapillaarikatkona. [6; 7 s. 53-54.]

Seinärakenteissa kapillaarinen kosteuden siirtyminen ei ole niin yksiselitteistä. Ilmaan haihtuvan kosteuden määrä yhdessä maan vetovoiman kanssa vaikuttaa siihen, kuinka korkealle kapillaarinen kosteus nousee. Dynaamiseksi tasapainotilanteeksi sanotaankin tilaa, jossa kapillaarisesti siirtyvän ja haihtumalla poistuvan kosteuden korkeusasma ei muutu. Seinien paksuus sekä ilman kosteus vaikuttavat myös suuresti, sillä paksumpi rakenne siirtää enemmän kosteutta kuin ohuempi. Jos ilman kosteus rakenteen ympärillä on 100%, ei ilma ota vastaan haihtuvaa kosteutta vaan kapillaarinen nousu jatkuu. [6; 7 s. 53-54.]

Erilaisilla materiaaleilla on erilaiset kapillaariset vedentunkeutumiskertoimet. Esimerkiksi tiilellä on noin 10 kertaa suurempi vedentunkeutumiskerroin kuin betonilla, jonka vesi-sementtisuhte on 0,3. [6.]

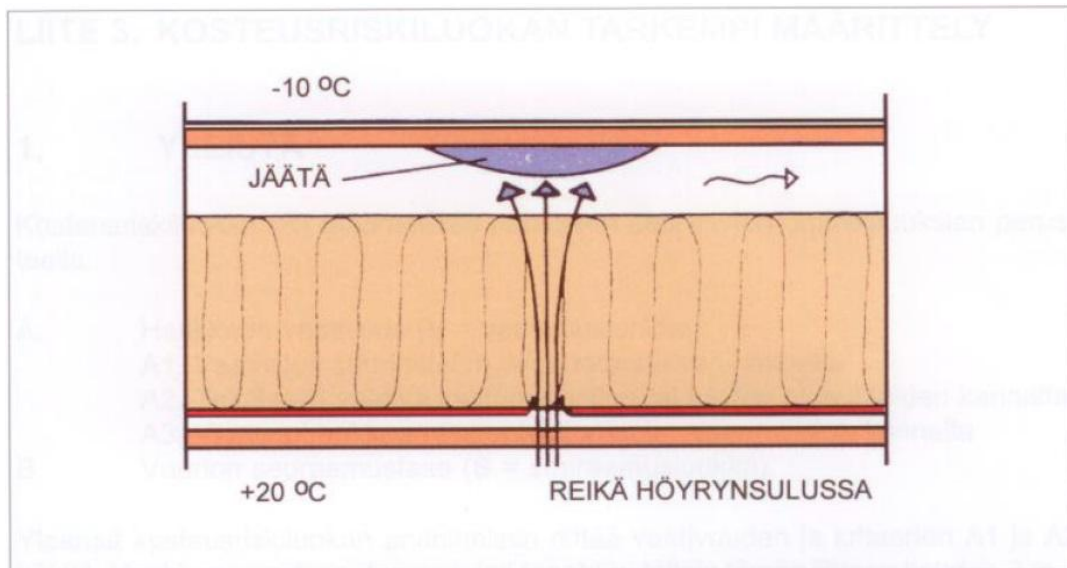
Kapillaarisen kosteuden nousun voi jokainen todeta helposti kotikonstein. Mikäli huokoista materiaalia, esimerkiksi talouspaperia kastetaan alalaidastaan veteen, lähtee vesi nousemaan paperia pitkin ylöspäin, toisin sanoen paperi "imee" vettä. Vesi nousee paperissa kunnes tasapainotilalle huokosalipaineen ja maan vetovoiman välillä on saavutettu. Huokoiset rakennusmateriaalit toimivat samalla tavalla ollessaan yhteydessä kosteuslähteeseen. Tällöin puhutaan kapillaarisesta kosteuden siirtymisestä.

#### 2.4.3 Konvektio ja konvektion aiheuttama kondenssi

Vesihöyryn konvektio eli kosteuskonvektio on vesihöyryn siirtymistä ilmavirran mukana. Vesihöyry on yksi ilman osakaasu, joten ilmassa on aina jonkin verran vesihöyryä. Jot-

ta rakenteessa aiheutuu kosteuskonvektiota, täytyy rakenteen eri puolilla olla ilmanpaine-ero. Ilmanpaine-eroa rakenteen eri puolilla aiheuttavat muun muassa tuuli, lämpöerot sekä ilmanvaihtojärjestelmä. Kosteuden siirtyminen konvektion avulla tapahtuu ensisijaisesti rakennuksen ilmavuotokohdissa, joita tulisi rakennettaessa välttää niin suunnittelu- kuin toteutusvaiheessa. [6; 7, s. 57-59.]

Konvektion aiheuttamaa vesihöyryn kondensoitumista voi tapahtua vain sisältä ulos kulkevassa konvektiovirtauksessa. Kondenssi syntyy, kun lämmin vesihöyrypitoinen ilma virtaa rakenteessa, joka viilenee ulospäin siirryttäessä. Kun vesihöyry saavuttaa kastepistettään alhaisemman rakennekohdan, tiivistyy vesi rakenteeseen. Ilmavuotokohtia sisältävässä rakenteessa konvektiosta aiheutuva kondenssi on merkittävä tekijä. Kuvassa 4 on esitettyä konvektion aiheuttama kondenssi yläpohjassa. [6; 7, s. 76.]



Kuva 4. Konvektion kondenssi yläpohjassa. Noin puolet kattovuodoista ovat rakenteen sisäisiä vuotoja. [1 s.181.]

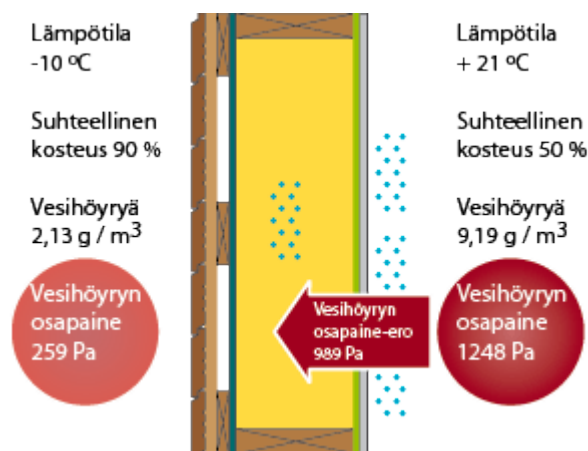
#### 2.4.4 Diffuusio ja diffuusion aiheuttama kondenssi

Vesihöyryn diffuusiolla tarkoitetaan vesihöyryn liikettä, jonka aikaansaa vesihöyrypitoisuuksien ero rakenteen eri puolilla. Vesihöyry pyrkii siirtymään suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta eli vesihöyryn osapaineesta kohti pienempää vesihöyryn osapainetta. Mitä suurempi ero vesihöyryn osapaineilla on, sen voimakkaampi on diffuusiovirtaus. Vesihöyrypitoisuudet pyrkivät tasaantumaan, joten rakenteen materiaalit ja niiden vesihöyrynvastus vaikuttavat myös suuresti diffuusion. Vesihöyrypitoisuuksien tasaan-



tuminen rakenteen läpi tarkoittaa sitä, että vesihöyry läpäisee rakenteen. [6; 7 s. 55-57.]

Yleensä sisäilma on kosteampaa kuin ulkoilma, minkä vuoksi diffuusiovirtaus suuntautuu yleensä sisältä ulospäin. Alapohjarakenteissa virtaus voi olla myös päinvastainen, sillä alapohjan ilmakeuhkeus voi olla hyvinkin korkea. Kuvassa 5 on esitettyä seinärakenteessa tapahtuva diffuusiovirtaus. Vaikka sisällä ilman suhteellinen kosteus on pienempi kuin ulkona, on lämpötilasta johtuen vesihöyryn osapaine suurempi ja näin ollen diffuusiovirtaus suuntautuu suuremmasta osapaineesta pienempään eli sisältä ulospäin. [6; 7 s. 55-57.]



Kuva 5. Diffuusio seinärakenteessa. Lämmin ilma voi sisältää enemmän vesihöyryä, vaikka sen suhteellinen kosteus olisi alhaisempi. [16.]

Diffuusio aiheuttaa ongelmia yleensä kylminä vuodenaikoina. Tällöin rakenteeseen pääsee sisäilmasta diffuusiolla enemmän kosteutta kuin mitä siitä poistuu ulos. Vesi tiivistyy eli kondensoituu rakennekerrokseen ja aiheuttaa kosteusriskin. Vähäinen tiivistyminen ei kuitenkaan vielä ole ongelmallista mikäli rakenne pääsee kuivumaan lämpimänä vuodenaikana. [6; 7 s. 55-57, 66.]

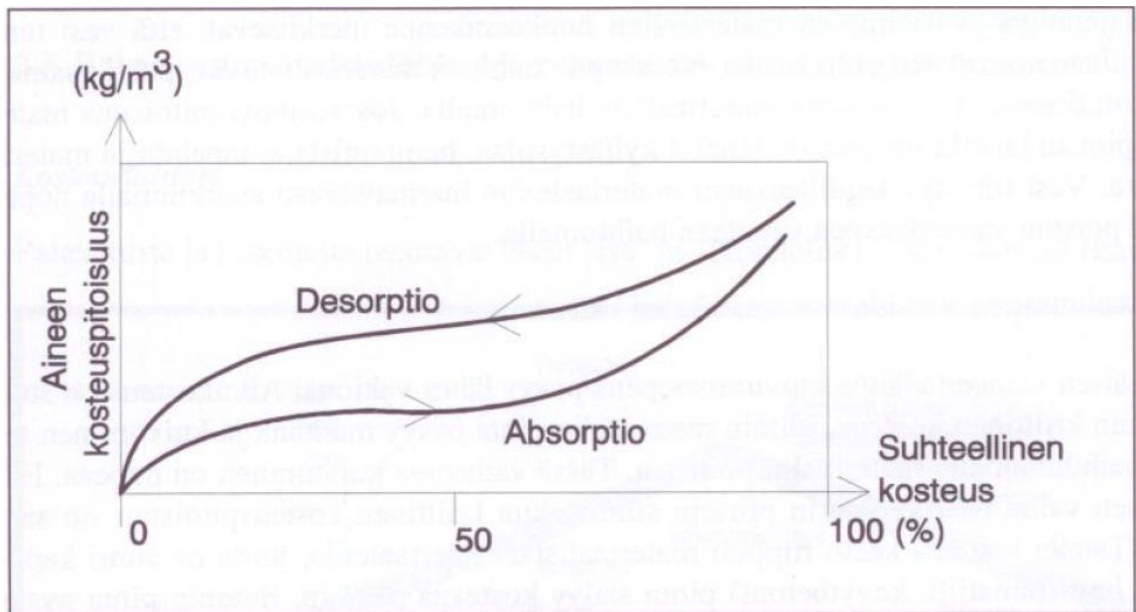
#### 2.4.5 Rakennekosteus

Rakennekosteudella tarkoitetaan kosteutta, joka rakenteeseen on jäänyt rakenteen tai rakennustuotteen valmistusprosessin, varastoinnin, kuljetuksen ja rakennustyön aikana. Rakennekosteus on rakenteen normaalin käytönaikaisen tasapainokosteuden ylitävää kosteutta, joka tulisi saada rakenteesta pois. Rakennekosteutta jää eri materiaa-

leihin erilaisia määriä. Esimerkiksi betonissa rakennekosteusmäärät ovat yleensä suuria. [1 s. 68; 5.]

Lähes kaikki rakennusmateriaalit pyrkivät saavuttamaan tasapainokosteuden ympäröivän ilman kanssa. Tämä johtuu siitä, että lähes kaikki rakennusmateriaalit ovat huokoisia ja täten hygroσκοoppisia eli ne pystyvät sitomaan kosteutta itseensä ilmasta sekä luovuttamaan sitä ilmaan. Tasapainotilassa kosteutta ei siirry ympäröivän ilman ja rakenteen välillä. Tasapainokosteuden saavuttamiseen kuluva aika määräytyy monista eri tekijöistä. Rakenteen paksuus, rakenteen mahdollisuus kuivua yhteen vai kahteen suuntaan, rakenteeseen varastointi- ja rakennusaikana päässeen veden määrä ja rakennusmateriaali kaikki osaltaan vaikuttavat kosteuden poistumiseen. Kun rakenne sitoo ilmasta kosteutta, kutsutaan sitä absorptioksi, kun kosteus siirtyy rakenteessa tasaisesti koko materiaaliin, puhutaan sorptiosta ja kun aine luovuttaa kosteutta ilmaan, on kyseessä desorptio. [1 s. 68; 5; 7 s. 59-60.]

Sorptiokäyrillä voidaan kuvata materiaalin kastumista kuivasta märäksi ja vastaavasti kuivumista märästä kuivaksi. Kuvassa 6 on esitetty aineen kostuminen ja kuivuminen sorptiokäyrällä. Jos täysin kuiva aine pidetään ilmassa, jonka suhteellinen kosteus ja lämpötila pysyy vakiona, saavuttaa ympäröivän ilman kosteus ja rakennusaineen kosteus tasapainotilan (absorptiokäyrä). Vastaavasti jos sama aine on märkä ja se kuivuu ilmassa, jonka suhteellinen kosteus ja lämpötila ovat samat kuin aiemmassa kokeessa, jää sen kosteus korkeammaksi (desorptiokäyrä). Desorptiokäyrä on aina absorptiokäyrän yläpuolella. Kokeella havaitaan, ettei materiaalin kastuminen ja kuivuminen ole keskenään vertailtavissa. Eri materiaaleilla on hieman erilaiset sorptiokäyrät. [13 s. 36-37.]



Kuva 6. Aineen kostuminen ja kuivuminen. [8 s.19.]

Rakennekosteuden aiheuttamia tyypillisiä ongelmia ovat liian varhain päällystettyjen pintojen kosteus- ja homevauriot. Jokaisella päällystemateriaalilla on omat materiaali-kohtaiset raja-arvonsa esimerkiksi betonin kosteuspitoisuuksille, mikä tarkoittaa sitä, että päällysteen alle jäävän betonin riittävän alhaisesta kosteudesta tulisi varmistua kosteusmittauksin. [1 s. 68; 5.]

## 2.5 Homevaurion syntyminen

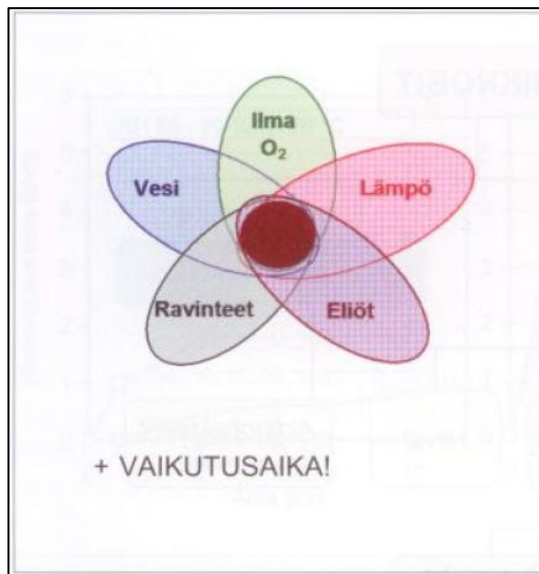
Kaikki homevauriot ja -ongelmat johtuvat aina kosteudesta rakenteissa. Homeen kasvuun vaikuttavat myös lämpötila, materiaalit ja aika, mutta ilman kosteutta homea ei synny. Homeongelmiin ainoa ratkaisu on estää jo alun alkaen kosteuden pääsy rakenteisiin, estää pintojen haitallinen kostuminen sekä huolehtia riittävästä rakenteiden tuuletuksesta, jotta mahdollisesti jo kostuneet rakenteet ja pinnat pääsevät nopeasti kuivumaan joko itsestään tai autettuna (lämpö, ilmanvaihto, kosteuden/veden poisto). [1 s. 10.]

Mikrobien eli muun muassa bakteerien sekä home- ja lahottajasienten elämälle on viisi ehtoa:

- vesi
- lämpö

- happi
- ravinteet
- aika. [1 s. 152.]

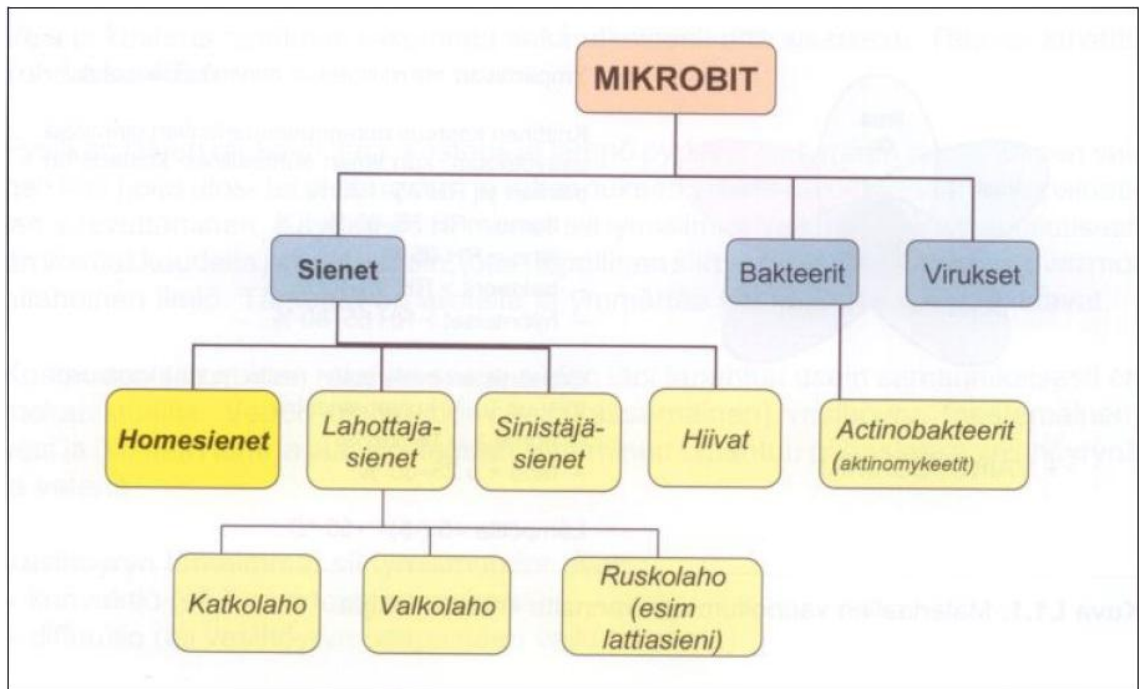
Suuri merkitys on kosteudella ja riittävällä lämpötilalla. Mikäli otolliset olosuhteet vallitsevat rakenteessa riittävän kauan, syntyy ongelmia. Kuvassa 7 on esitetty homevaurioon vaikuttavat tekijät. Kun kaikki tekijät ovat oikeassa suhteessa toisiinsa nähden ja vaikutusaika on riittävä, syntyy hometta. [1 s. 152.]



Kuva 7. Homevaurioitumisen kannalta kriittiset tekijät. [1 s. 153.]

Mikrobeita kuuluvat luonnollisena osana ympäristöömme ja niitä on kaikkialla. Vasta liiallinen mikrobimäärä aiheuttaa ihmiselle terveydellisiä ongelmia, ja raja-arvon määrittäminen haitalliselle esiintymiselle onkin vaikeaa. Rakennusten sisäilmalle on olemassa sosiaali- ja terveysministeriön vuonna 2003 laatima ohjeellinen raja-arvo mikrobipitoisuudelle. Mittausten tekeminen kuitenkin edellyttää, ettei ulkoilmassa ole mikrobeja. Mikrobipitoisuusmittaukset huoneilmasta tulisi näin ollen ottaa joko talvisin kun ulkoilmassa mikrobeita on todella vähän tai vaihtoehtoisesti ottaa vertailunäyte myös ulkoilmasta, jotta kohonneet sisäilman mikrobipitoisuudet erotetaan. [1 s. 153.]

Kosteusvaurion aikana rakenteessa voi olla samaan aikaan useita eri mikrobityyppejä: niin bakteereja, home- kuin lahottajasieniäkin. Eri mikrobityypit ovat esitettyinä kuvassa 8. [1 s. 153.]



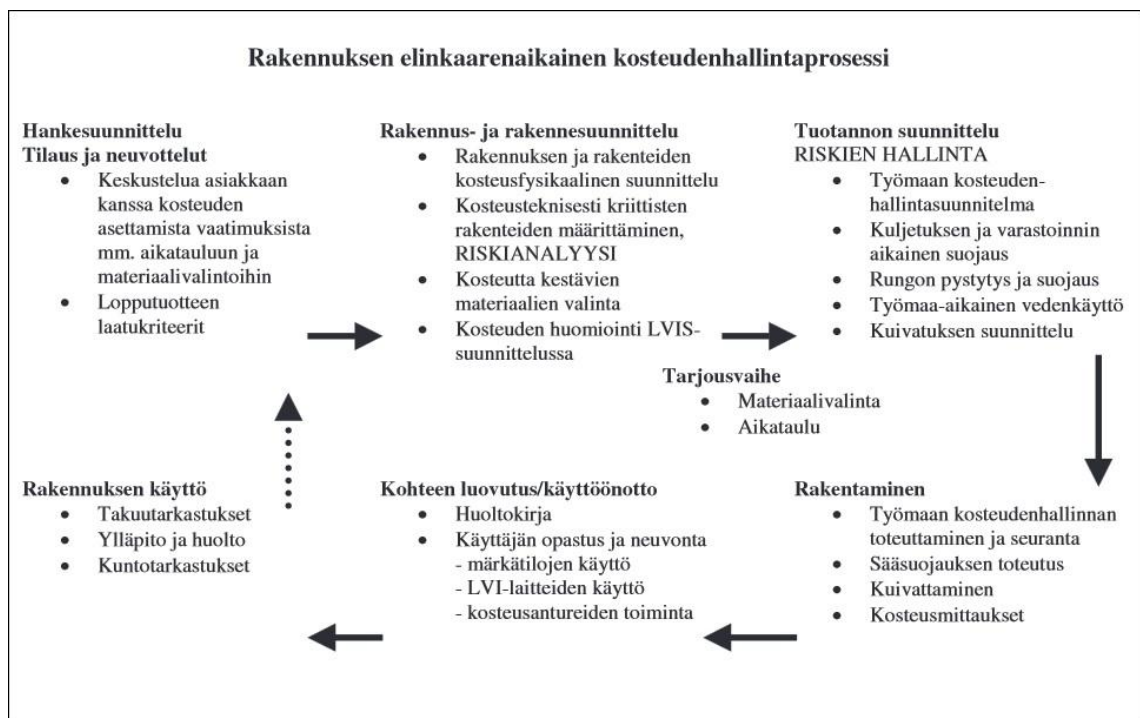
Kuva 8. Mikrobien jaottelu. [1 s. 154.]

Kun suhteellinen kosteuspitoisuus eli RH pysyy alle 90 %:ssa, on homeen kasvu hidasta ja lämpötilaan sidonnaista. Kun RH on yli 95%, voi esimerkiksi sienikasvustoja ilmetä sienille otollisissa 20 – 40 °C:n lämpötiloissa jo muutamassa vuorokaudessa. Jos kosteuspitoisuus pysyy pitkään yli 90 – 95 %:ssa, voi kasvustoja ilmetä jo 5 °C:n lämpötiloissa. Alle 80%:n kosteuspitoisuuksilla hometta ei ole tavattu esiintyvän. [1 s. 155-156.]

### 3 Nykyinen toiminta

#### 3.1 Kosteudenhallintaprosessi

Rakennuksen kosteudenhallinta on kokonaisvaltainen prosessi, joka alkaa jo hankesuunnittelusta ja jatkuu koko rakennuksen elinkaaren ajan. Hankesuunnitteluvaiheessa voidaan määrittää rakennuksen vaatimukset kosteusrasitusten, sisäilmavaatimusten ja käyttöikätoivoitteiden mukaan. Nämä määritykset ohjaavat suunnittelijoiden valintoja, suunnittelutehtävien määrittäystä, suunnitteluun varattua aikaa sekä lopputuotteen laadulle asetettuja kriteerejä. Valitut materiaalit ja niiden vaatimat kuivumisajat tulisi huomioida jo tarjousvaiheessa, sillä rakentamisaikataulu liittyy olennaisesti kosteudenhallintaan. Kuvassa 9 on kuvattu koko rakennuksen elinkaaren aikainen kosteudenhallintaprosessi. [9.]



Kuva 9. Rakennuksen elinkaarenaikainen kosteudenhallintaprosessi. [9.]

#### 3.2 Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Työmaalla huolellisesti laadittu kosteudenhallintasuunnitelma ja sen noudattaminen luovat edellytykset kosteudenhallinnan onnistumiselle. Perustana työmaan kosteuden-

hallintasuunnitelmalle toimivat rakennuttajan laatutavoitteet sekä suunnittelijan laatima suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma. Kosteudenhallintasuunnitelmassa tuodaan esiin suunnitteluvaiheen riskianalyyssissä todettuja kosteusteknisiä riskejä ja pohditaan niihin ratkaisuja. Tärkeää kosteudenhallintasuunnitelmassa on ottaa kantaa niihin asioihin, jotka kyseisessä kohteessa ovat merkityksellisiä. Alla oleva lainaus kiteyttää hyvin työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan kirjattavia asioita. [1 s. 11, 95.]

Työmaavaiheen kosteudenhallintasuunnitelman sisältö on esim. seuraava:

1. **Yleistiedot**

- hankkeen perustiedot
- hankkeen kosteudenhallintatoimenpiteistä vastaava henkilö.

2. **Kosteudenhallinnan laatutavoitteet**

- rakennuttajan laatutavoitteet täydennettynä suunnitelmien määrittelemillä laatukriteereillä

3. **Kosteusriskien kartoitus**

- suunnittelijan riskianalyyssin tulokset (kosteusriskiluokka, riskit ja kriittiset laatutekijät), valittu menettelytaso (normaali, tehostettu, yhdistelmä), kohteen kosteustekniset kriittiset rakenteet, materiaalit tai työtavat
- vuodenajan vaikutukset (lämpötila, sade, ilmankosteus)
- toimenpiteet riskien hallitsemiseksi.

4. **Kuivumisaika-arviot**

- rakenteiden päällystämiseen liittyvät kosteustekniset raja-arvot (päällystemateriaalien tuoteselosteet, sallittu kosteuspitoisuuden raja-arvo RH %)
- rakenteiden arvioidut kuivumisajat
- aikataulusuunnittelu ja kuivumisajan suunnittelu (laskennallinen arviointi)
- jatkotoimenpiteiden määrittely, jos rakenne ei suunnitellussa ajassa kuivu haluttuun tasoon, esim.
  - laadun vaihto (esim. betonin)
  - lämpötilan lisäys
  - ilman kosteuden pienentäminen
  - kastumisen estämisen tehostaminen
  - betoni: sementtiliiman poisto
  - ilmanvaihdon optimointi
  - kuvatusjärjestelmän käyttö
  - pintamateriaalin vaihto
  - työjärjestyksen muutos
- yhteistyö LVIS-urakoitsijan kanssa, esim. lämmityksen, putkiston ja sähkövirran käyttö kosteudenhallintatoimenpiteisiin
- materiaalivalinnat.

5. **Olosuhdehallinta**

- materiaalin ja rakenneosien suojauksen ja varastoinnin järjestäminen
- runkorakenteiden suojaaminen kastumiselta
- työnaikaisten vesivuotojen ja vesivahinkojen ennakointi- ja torjuntatavat
- hyvien kuivumisolosuhteiden järjestäminen
  - sisälämpötila

- sisäilman kosteus
- ilmankierron järjestely
- kohteen kastumisen ehkäisy (esim. ikkunoiden asennus)
- tarvittavat erityistoimenpiteet.

#### 6. Erityisohjeet

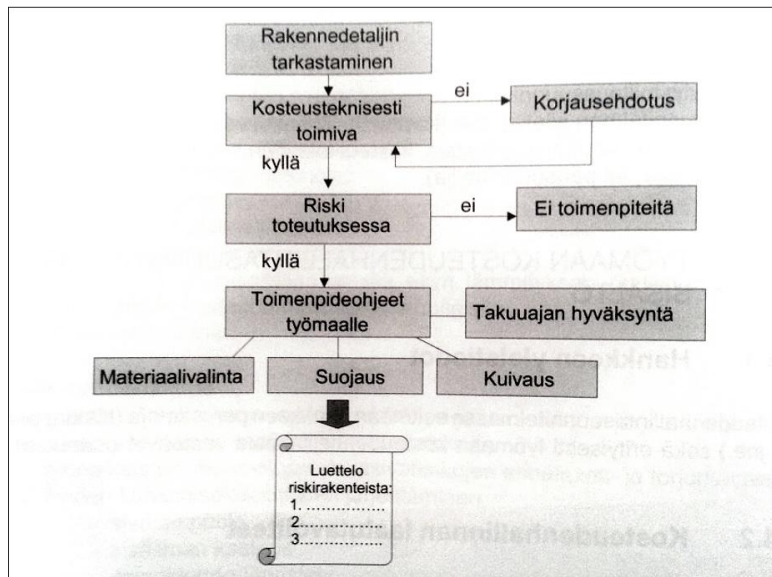
- märkätilojen rakentaminen
  - valitut sertifioidut vedeneristeet
  - seinien ja lattioiden rakenne (suositellaan kiviainesrakenteista)
  - varmistetaan, että valitut tasoitteet, laastit, saumausaineet jne. ovat yhteensopivia vedeneristeen kanssa.
  - lattiakaivo yhteensopiva vedeneristeen kanssa
  - lattiakaivojen korokerenkkaan rakenteeseen ja tiiviyyteen kiinnitettävä erityistä huomiota (potentiaalinen vuotokohta)
  - kaadot ovat kunnossa
  - nurkat, kulmat ja läpiviennit vahvistettu hyväksytyllä massalla ja vahvistuksella sertifikaatin mukaisesti
  - muurauslaasti oikeanlaatuista
  - käytetään saumoissa saniteettisilikonia
  - vedeneristystyön tekijät
- erityisohjeita muiden tilojen rakentamiseen kosteudenhallintaan liittyen (esim. muu vedeneristäminen, alapuolisten pintojen puhtaus ym. laatuvaatimukset, vaipan ilmatiiviys ymv.).

#### 7. Valvonta ja mittaussuunnitelma

- kosteusteknisen valvonnan organisointi, tehtävät sekä poikkeamien käsittely
  - mittaukset (mitä mitataan ja miksi)
  - katselmukset
  - raportointi (kenelle raportoidaan, raportointitiheys)
  - todetut poikkeamat kosteushallintasuunnitelmaan ja suoritettavat toimenpiteet
- kosteusmittaussuunnitelma
- tiiviysmittaussuunnitelma
- suunnitelman allekirjoitus (kosteushallinnasta vastaava, vastaava työnjohtaja, rakennuttajan edustaja, kosteustekninen suunnittelija (rakennesuunnittelija) tai pääsuunnittelija). [1 s. 95-97.]

Kosteusriskien kartoituksessa pyritään kokoamaan kosteudenhallintasuunnitelmaan riskialttiit rakenteet ja materiaalit. Lisäksi jokaiseen riskialttiiksi todettuun kohtaan määritellään toimet, jotka työmaalla toteutetaan onnistuneeseen kosteudenhallinnalliseen lopputulokseen pääsemiseksi. Kuvassa 10 on esitetty rakennedetaljeista tehtävä rakenteellisten kosteusriskien kartoitus. [1 s. 98.]





Kuva 10. Rakennustyömaan rakenteelliset kosteusriskit voidaan kartoittaa esimerkiksi rakennedetaljeista. [1 s. 98.]

### 3.3 Talvirakentaminen

Yleisesti talvikaudeksi kutsutaan sitä aikaa vuodesta, jolloin vuorokautinen keskilämpötila on alle 0 °C. Etelä-Suomessa talvikauden pituus on keskimäärin 140 vuorokautta. Kun huomioidaan lisäksi kaikki satunnaiset kylmät ajanjaksot syksyisin ja keväisin, on talvikauden pituus rakentamisessa karkeasti puolet vuotuisesta rakennusajasta. Tämä edellyttää työmenetelmien sekä materiaalien hyvää hallitsemista, jotta varmistutaan laadukkaasta ja kustannuksiltaan kilpailukykyisestä lopputuloksesta. [10.]

Talvirakentaminen lisää kustannuksia, työmenekkiä ja materiaalihukkaa sekä viivästyttää rakentamista lähes poikkeuksetta. Energiankulutus on suurempaa, kalustokulut kasvavat ja erilaiset talvilisätyöt kuten lumen poisto ja suojaukset vaativat oman työpanoksensa ja aikansa. [10.]

Resurssitarpeeseen talvirakentamisessa vaikuttavat:

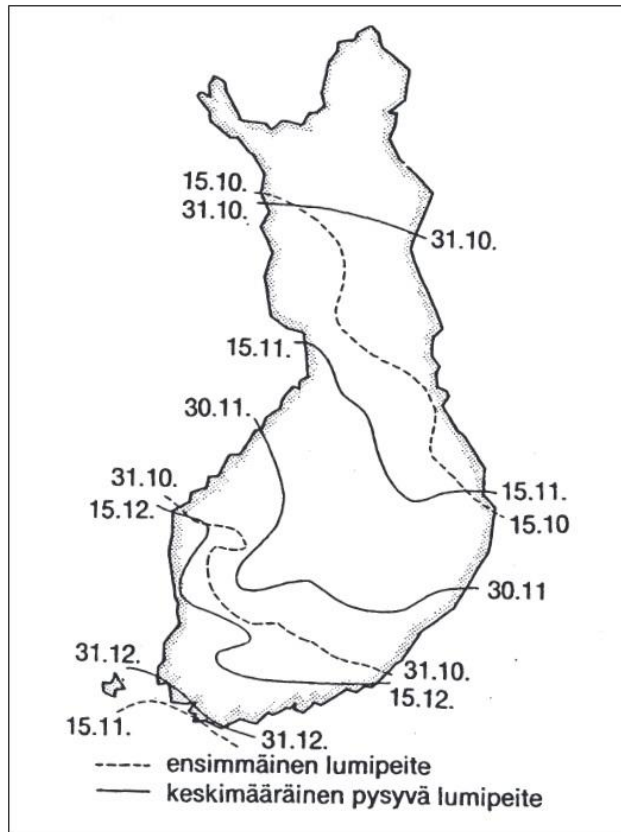
- Kokonaistyömenekin kasvu.
- Talvesta johtuvat lisätyöt.
- Materiaalihukat.

- Lisääntynyt energiantarve.
- Rakennusajan piteneminen. [10.]

Lisäksi luonnonolot kuten voimakkaat sateet tai myrskyt voivat aiheuttaa jopa keskeytyksiä itse rakennustyöhön. Kaikki nämä lisäkustannukset tulisi huomioida hyvissä ajoin jo hankesuunnitteluvaiheessa, sillä talvitöiden aiheuttamien haasteiden vähättely ja niihin reagointi vasta rakennustöiden toteutusvaiheessa lisäävät kustannuksia entisestään. [10.]

Varautuminen olosuhteiden aiheuttamiin häiriöihin, lisäresurssien tarpeeseen ja muihin talvikauden aiheuttamiin kustannuslisiin vaatii huolellista etukäteissuunnittelua. Talvilisätöihin tulisi reagoida suurentamalla työryhmiä ja töiden vaatimia resursseja. Myös erilaiset kalustokulut on hyvä suunnitella etukäteen. Lämmityskaluston, valaistuksen, suojaus-, lumen- ja vedenpoistokaluston sekä näiden vaatiman energian kustannukset on syytä laskea etukäteen. [10.]

Tulevan talven ennustaminen sääolosuhteiden osalta on hankalampaa. Apuna talviraikentamisen suunnitteluun on hyvä käyttää tilastotietoja aikaisempien vuosien ajalta. Tilastoista saatava tieto toimii apuna alustavaan rakennustyön suunnitteluun vaikka Suomen säätilan vuosittaiset vaihtelut ovatkin suuria; paikalliset lämpötilat ja pakkasmäärät voivat poiketa tilastoista merkittävästi. Lisäksi työmaan sijainnilla on oma vaikutuksensa sade- ja pakkaslukemiin. Kuvassa 11 on esitetty katkoviivalla ensilumen keskimääräinen saapuminen ja yhtenäisellä viivalla pysyvän lumen keskimääräinen saapuminen eri puolilla Suomea. Taulukossa 1 on esitettyinä työpäivien määrä kuukausittain, jolloin lämpötila laskee alle  $-15\text{ °C}$ :n sekä alle  $-20\text{ °C}$ :n. [10.]



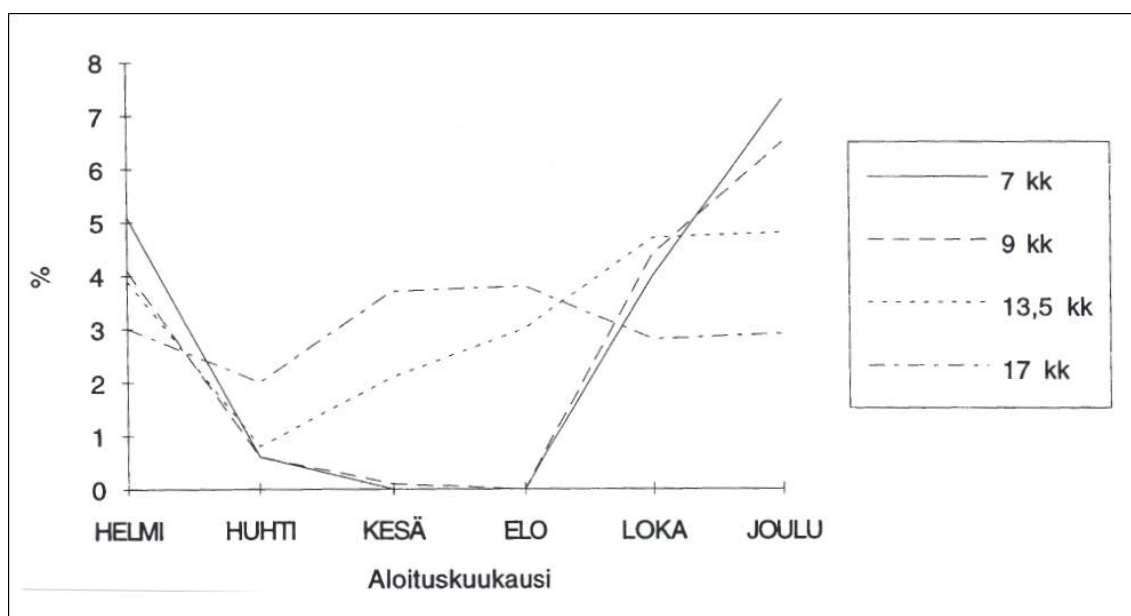
Kuva 11. Todennäköinen talven alkamisaika. [10.]

Taulukko 1. Työpäivien määrä paikkakunnittain, jona lämpötila on alle tietyn raja-arvon. [10.]

Paikkakunta	Lämpötila °C	Työpäivät						
		loka	marras	joulu	tammi	helmi	maalis	huhti
Helsinki	-15	0	0	3	4	3	3	0
	-20	0	0	0	2	2	0	0
Vantaa	-15	0	0	3	6	5	3	0
	-20	0	0	1	3	2	1	0
Turku	-15	0	1	3	5	5	3	0
	-20	0	0	1	2	2	0	0
Lappeenranta	-15	0	0	2	5	3	1	0
	-20	0	0	1	2	1	0	0
Tampere	-15	0	0	3	5	4	2	0
	-20	0	0	1	2	2	1	0
Vaasa	-15	0	1	3	4	4	2	0
	-20	0	0	1	2	2	0	0
Joensuu	-15	0	1	6	7	6	3	0
	-20	0	0	2	4	3	1	0
Oulu	-15	0	1	5	7	6	3	0
	-20	0	0	2	3	3	1	0
Sodankylä	-15	1	4	9	11	10	7	2
	-20	0	2	6	8	6	4	0

### 3.3.1 Talven vaikutukset hankesuunnitteluun

Talven aiheuttamiin kustannuksiin vaikuttavat hankkeen ajoitus, hankkeen laajuus, kesto ja suunnitelmat. Hankesuunnitteluvaiheessa tulisi vertailla työmaan ajoituksen merkitystä talven aiheuttamiin lisäkustannuksiin sekä vertailla eri toteutusvaihtoehtoja. Mitä suurempi hanke, sitä vähemmän ajoitus vaikuttaa kokonaiskustannuksiin. Yli kahdeksan kuukauden hankkeissa syntyy aina talvikustannuksia, oli ajoitus mikä tahansa. Sitä vastoin pienissä, alle kahdeksan kuukauden hankkeissa ei välttämättä synny lainkaan talvikustannuksia, mikäli hanke ajoitetaan oikein. Kuvassa 12 on esitetty laajuudeltaan neljän erilaisen kohteen ajoituksen merkitys työmenekkiin kesäarvoon nähden. Kuvasta havaitaan, että alle vuoden hankkeissa ajoitus on merkittävässä roolissa, pidemmissä hankkeissa merkitys ei taas ole kovin suuri. [10.]



Kuva 12. Eri laajuisten kohteiden työmenekin vaihtelu kesäarvoon nähden prosentteina. [10.]

Rakennushankkeen laajuus tunnetusti vaikuttaa rakennusosien määrään, työmenekkiin ja edelleen hankkeen normaali kestoon. Mitä laajempi hanke on kyseessä, sen pienempi on talvitöiden suhteellinen osuus kokonaiskustannuksista. [10.]

Hankkeen keston vaikutus talvikustannuksiin on vähäinen pidemmissä hankkeissa. Lyhyemmissä hankkeissa keston vaikutus ilmenee selvimmin varsinkin jos tarkasteltava työ ajoittuu talven ja kesän rajakohtaan. [10.]

Erialaisten suunnitteluratkaisujen vaikutukset talvikustannuksiin riippuvat siitä, kuinka paljon suunnitelmat sisältävät talvella hankalasti suoritettavia töitä tai työvaiheita. Ajoituksella voidaan ehkäistä suunnitelmien aiheuttamia talvikustannuksia. [10.]

### 3.3.2 Talven vaikutukset työmaalle

Talvikustannukset pienenevät, kun rakennusosien esivalmistusaste kasvaa. Mitä enemmän työmaalla on paikalla rakennettavia rakenteita, sen suurempi on työmenekin kasvu verrattuna kesään. Täyselementtitekniikalla valmistettavissa asuinkerrostaloissa kokonaistyömenekin kasvu talvella kesään verrattuna on 0 – 6,4 %, kun taas paikalla rakentamalla työmenekin kasvu on 2,3 – 6,4 %. [10.]

Myrskyt, pakkaset, vesi- ja lumisade voivat aiheuttaa keskeytyksiä työhön. Sään tarkkoja vaikutuksia työhön on vaikea arvioida, mutta esimerkiksi syys- loka- ja marraskuussa sataa yli 1 mm vettä vuorokaudessa noin kymmenenä päivänä. Lisäksi syksyiset kovat tuulet haittaavat nosturilla suoritettavia töitä keskimäärin 2 – 3 kertaa kuukaudessa. [10.]

Talvirakentamisen tuotannon suunnittelussa on otettava kantaa siihen, miten rakennustyömaalla toimitaan häiriöiden sattuessa. Säähäiriöiden ennakointiin ja ehkäisyyn on paneuduttava huolellisesti. Suunnitteleamalla vaihtoehtojärjestelyt sekä ajoitukset suojaukselle, valaistukselle ja lämmitykselle voidaan ehkäistä säähäiriöiden haittoja. [10.]

Säähäiriöille on syytä varata aikatauluun erillinen puskuriaika kunkin rakennusvaiheen loppuun. Vaihtoehtoisesti ne voidaan sijoittaa aikatauluun 2-3 kuukauden välein. [10.]

Työmaan sähkö- ja valaistussuunnitelman tärkeys korostuu talvisin. Tontti on syytä valaista kahdella tehokkaalla valonlähteellä, jotta minimoidaan työturvallisuutta haittaavien varjojen muodostuminen. Sisällä tulisi löytyä vakiovalaistus työpisteisiin, varastoihin sekä kulkuteille. [10.]

Talven tuomat haasteet tulee huomioida myös työmaasuunnitelmassa. Lumen varastointialueet, työmaateiden leviäminen kinosten seurauksena ja varastointialueiden tilantarve mahdollisten suojausten vuoksi lisäävät kaikki osaltaan tilantarvetta kesäaikaan verrattuna. [10.]

### 3.3.3 Suojaus

Työmaalla voidaan käyttää suojauksessa:

- suojapeitteitä
- sääsuojia
- julkisivusuojia. [10.]

Sääsuojat voivat kooltaan vaihdella laidasta laitaan. Ne voivat olla pieniä käsivoimin siirreltäviä katoksia tai isompia katoksia, joiden alle mahtuu suurempiakin eriä varastoitavaa tavaraa. Julkisivusuojien käyttö keskittyy seinien tai tarvittaessa koko talon suojaamiseen. [10.]

Elementtirunkoisten rakennusten rakentamisessa kosteudenhallinnan ensisijainen tavoite on rajata veden kulku siten, ettei se pääse muualle kuin kosteutta kestäviin rakenteisiin. Tällaista kosteudenhallintaa tuetaan erilaisilla suojaustoimenpiteillä. Suojaus käsittää esimerkiksi välivarastoinnin aikaiset materiaalien suojaukset sekä työpisteiden ja valmiiden arkojen rakenteiden suojaukset pressuin tai sääsuojin. Elementtirakentamisessa nopeasti etenevän elementtiasennuksen ja tiiviin aikataulutuksen vuoksi koko rakennuksen peittävien sääsuojien tehokas ja hyödyllinen käyttö on vaikeaa jos ei mahdotonta. Holvin saumojen puhtaana pito lunta vastaan tulisi hoitaa holvin pressuttamisella, lumen mekaaninen poistaminen pressun päältä esimerkiksi kolaamalla on helpompaa kuin suoraan holvilta ja lisäksi ontelosaumoihin sataneen lumen poisto muutoin kuin sulattamalla on mahdotonta. Sulattaminen taas lisää kosteutta rakenteissa ennestään. Vähäiset lumimäärät voidaan myös nostaa nosturilla pressujen mukana pois, mikäli käytettävät pressut ovat tarpeeksi kestäviä. [14.]

### 3.3.4 Kuivatus ja lämmitys

Kuivatuksen päätavoite on rakennuksen ja rakenteiden kuivattaminen siihen pisteeseen, että ne voidaan pinnoittaa ilman kosteusongelmia, jotka olisivat muuten odotettavissa myöhemmin. Erilaisia kuivatustapoja on kolme: Ilmaa voidaan lämmittää, jolloin pitää huolehtia riittävästä ilmanvaihdosta, ilmaa voidaan kuivattaa, jolloin ilmaa ei saisi vaihtaa ollenkaan sekä betonia voidaan lämmittää yhdistettynä ilmanvaihtoon. [13 s. 52.]

Eduksi kuivatuksessa on, jos jo kuivatuksen alkaessa rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä saadaan käyttöön pois lukien ilmalämmitysjärjestelmät, jonka käyttöä rakennusaikana tulisi käyttää kanavien likaantumisen vuoksi. Myöskään rakennuksen omaa ilmanvaihtoa ei tule rakennusaikana käyttää ilmanvaihtoon. [13 s. 52.]

Kuivatusta ennen tulisi mekaanisesti poistaa kaikki mahdollinen lumi, jää ja vesi. Tällaisen mekaanisesti poistettavissa olevan kosteuden poistaminen sulattamalla ja lämmitämällä on monin verroin kalliimpaa kuin sen poistaminen mekaanisesti. Mekaanisen ja lämmitämällä tapahtuvan kosteuden poiston välttämiseksi tulisi aina pyrkiä suojaamaan rakennusmateriaalit ja valmiit rakennusosat niin, etteivät ne kastu. [13 s. 52.]

Energianlähteenä kuivattamiseen voidaan käyttää öljyä, sähköä, nestekaasua tai kaukolämpöä. Sähköä käytettävien lämmittimien hyötysuhde on korkea. Polttoöljyä käytettävien lämmittimien hyötysuhteet vaihtelevat laajastikin välillä 40 – 70 %. Nestekaasun hyötysuhde on noin 80 – 90 %. Nestekaasua käytettäessä on muistettava sen kosteutta lisäävä vaikutus; yksi poltettu nestekaasukilo tuottaa palaessaan noin 1,5 kilogrammaa vettä ja 4,5 kilogrammaa hiilidioksidia. Kaukolämmön käyttö edellyttää, että talon oma vesikierteinen lämmitysjärjestelmä on valmis. [10 s. 53-54.]

### 3.4 Kosteusmittaukset

Kosteusmittaukset ovat rakennustyön aikaisia laadunhallintatoimia, joilla varmistetaan päällystettävien tai pinnoitettavien materiaalien, yleensä betonirakenteiden riittävä kuivuus, jottei päällyste tai pinnoite vaurioitu betoniin jäävästä kosteudesta. Jokaisella pinnoitemateriaalilla on pinnoitevalmistajan ohjearvo sallitulle betonin suhteelliselle kosteudelle (RH). Betonin on alitettava nämä arvot ennen pinnoitteen tai päällysteen asentamista. [15 s. 5.]

Kosteusmittaus on tärkeä vaihe nopeatempoisessa elementtirakentamisessa. Väärin toteutetut mittaukset, kalibroimattomista mittalaitteista tai muista tekijöistä johtuvat virheet voivat aiheuttaa viivästymisiä tai pahimmassa tapauksessa kosteusvaurion. Tästä syystä mittalaitteet kalibroidaan säännöllisesti. [15 s. 5.]

Betonin suhteellisen kosteuden mittauksella saadaan käsitys betonin kosteusteknisestä toiminnasta. Mittaustulosten pohjalta päätetään, voidaanko mitattava rakenne päällystää tai pinnoittaa ilman kosteusvaurion vaaraa. [15 s. 11.]

YIT Rakennus Oy:ssä mittaukset tehdään porareikämenetelmällä. Porareikämenetelmässä mitattavaan betoniin porataan aluksi reikä. Poratun ja ilmatiiviisti tulpatun reiän kosteuden annetaan tasaantua noin 3-7 päivää. Tämän jälkeen reikään asetetaan mittalaitteen mittapää, joka tiivistetään reiän suuaukon kohdalta ilmatiiviiksi. Tämän jälkeen ympäröivän ilman kanssa tasaantunut mittapää voidaan asettaa reikään. Mikäli mittapään lämpötila ei ole sama kuin ympäröivän ilman, voi tulos olla virheellinen. Reikään asetettu mittapää tulee vielä ennen mittauksen tekoa tiivistää huolellisesti ja antaa tilanteen tasaantua reiässä vielä noin tunnin ajan ennen kuin tulokset voidaan lukea. Mittapäähän kytketty näyttölaite ilmoittaa betonin suhteellisen kosteuden sekä lämpötilan. Suhteellista kosteutta verrataan pinnoitemateriaalitoimittajan raja-arvoihin ja sen perusteella tehdään päätös pinnoitustöiden aloittamisesta. Lämpötilan tulisi mittaushetkellä vastata rakenteen käyttölämpötiloja, noin 20 °C. Jo 5 °C:n lämpötilamuutos voi vaikuttaa ± 0-5 prosenttiyksikköä suhteellisen kosteuden mittaustulokseen. [15 s. 13-16.]

### 3.5 Työmaan kosteusriskikohteiden määrittäminen

Tässä luvussa määritellyt kosteudenhallinnalliset riskikohdat ovat pääosin esimerkkikohteesta omakohtaisesti kerättyjä kokemuksia sekä toimihenkilöiden kanssa käydyistä keskusteluista saatuja ajatuksia. Kerrostalotyömaan kosteudenhallinnalliset riskikohdat tulivat melko hyvin esiin erinäisissä keskusteluissa YIT:n henkilöstön kanssa insinööri-työn tekijän päivätyön yhteydessä. Satunnaiset keskustelut osoittautuivat hyväksi tutkimusmenetelmäksi vuorovaikutuksen kannalta. Keskustelutilanteissa pyrittiin tuomaan esiin erilaisia kysymyksiä ja asioita, joihin pelkällä valmiiksi käsikirjoitetulla kyselyllä ei välttämättä olisi päästy. Lisäksi keskusteluissa pystyttiin paneutumaan tarkemmin taustailmiöihin ongelmien takana.

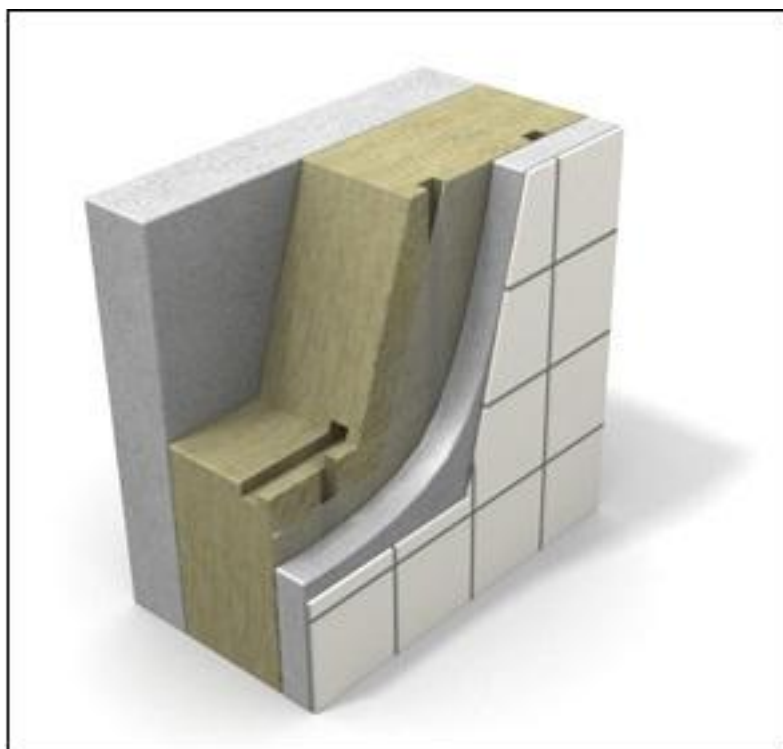
Esimerkkikohteesta saatujen havaintojen sekä lukuisien YIT:n vastaavien työnjohtajien sekä muiden toimihenkilöiden kanssa työn ohessa käytyjen keskusteluiden pohjalta voidaan luetella YIT:n Asuintalot Uusimaa -yksikölle tyypillisten täyselementillisten betonisandwich-asuinkerrostalojen riskikohdiksi seuraavat rakenteet:



- Betonisandwich-elementin villaeriste ja sen kuivana pitäminen.
- Ontelolaattojen onteloihin jäävä vesi.
- Väestönsuojan yläpuolinen 400 mm paksu laatta sekä sen yläpuolinen kevytsoratila.
- Sisäilman kosteus sisävalmistusvaiheessa.

### 3.5.1 Betonisandwich-elementti ja sen eristeet, kuivana pitäminen

Betonisandwich-elementti on lähes poikkeuksetta Asuintalot Uusimaa -yksikön käyttämä ulkoseinäratkaisu asuinkerrostaloissa. Betonisandwich-elementin rakenne on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Betonisandwich-elementti, jossa villaeristeessä pysty- ja vaakaurat. [11.]

Elementin rakennekerrokset sisältä ulospäin eli kuvassa 12 vasemmalta oikealle ovat:

- Betoninen sisäkuori, joka toimii elementissä kantavana rakenteena. Kantavilla seinillä sisäkuori on paksumpi kuin ei-kantavilla. Esimerkkikohteessa kantavilla seinillä kerrosvahvuus oli 150 mm, ei-kantavilla osilla 80 mm.

- Mineraalivillaeriste, jossa pysty- ja vaakaurat. Esimerkkikohteessa kerrosvahvuus oli 240 mm. Vanhemmissa sandwich-elementeissä ei ollut lainkaan tuuletusuria, mutta nykyään YIT Rakennus Oy:ssä käytetään sekä pystyyn että vaakaan uritettuja elementtejä.
- Betoninen ulkokuori, jonka pinnoite vaihtelee suunnitelmien mukaan. Kerrosvahvuus esimerkkikohteessa oli 85 mm.

Sandwich-elementit valmistetaan vaakatasossa kerroksittain kerros kerrallaan, ulkokuori alaspäin. Tämä mahdollistaa esimerkiksi tiililaattapinnoitteen suoruuden ja siisteyden sen jäädessä muottipintaa vasten juuri haluttuun asentoon ulkokuoren valun alkaessa. Valmistusvaiheessa elementin yläpäähän eristeen yläpään ympäri asennetaan kosteusuojaksi ohuehko muovi, joka esimerkkikohteeseen saapuneissa elementeissä oli paksuudeltaan ja tuntumaltaan verrattavissa jätesäkeissä käytettävään muoviin.

Elementtien valmistus ja varastointi tehtaalla tapahtuu pääosin sisätiloissa ja katetuilla varastoalueilla. Kosteudenhallinnan näkökulmasta riskit alkavat, kun elementti lähtee matkalle tehtaalta kohti työmaata. Elementtien kuljetusrekat ovat kattamattomia, jolloin elementti on taivasalla. Matka tehtaalta työmaalle voi olla useita satoja kilometrejä.

Kuljetuksen jälkeen elementit nostetaan työmaalla nosturilla rekan kyydistä elementtifakkeihin, joihin ne varastoidaan odottamaan asennusta. Kuvassa 14 näkyy elementtifakkiin varastoituja elementtejä, jotka odottavat suojausta esim. pressuun.



Kuva 14. Elementtifakkiin varastoituja elementtejä odottamasta suojausta

Aikataulutus on merkittävässä roolissa kosteudenhallinnan kannalta. Elementtien asennuskiertoa suunniteltaessa tulee huomioida se, ettei elementtejä turhaan seisoteta työmaalla. Esimerkkikohteessa elementit toimitettiin asennusta edeltävien kahden päivän aikana työmaalle. Säätietoja apuna käyttäen elementtifakkeihin varastoidut elementit suojattiin tarpeen mukaan lainapeittein. Kuvassa 15 on käynnissä elementtien suojaus lainapeitteillä. Lainapeitteet ovat raskaita, joten niiden asentamisessa voidaan käyttää apuna nosturia. Etuna lainapeitteissä esimerkiksi kevytpeitteisiin on nimenomaan paino; lainapeitteitä ei tarvitse erikseen kiinnittää vaan ne pysyvät hyvin paikallaan ilman lisäpainoja. Ainoastaan kovempien tuulien kuten syysmyrskyjen aikaan peitteet on hyvä sitoa esimerkiksi omilla kiinnitysnauruilla kiinni elementtifakkiin ja elementin päädyissä oleviin rst-lenkkeihin.



Kuva 15. Lainapeitteiden asennus elementtien suojaksi nosturilla. Taka-alalla jo peitetty elementtiryhmä. Tässä elementtitoimituksessa elementtien suojamuovit olivat pahoin vaurioituneet ja eristeet olivat näin ollen sään armoilla.

Elementtifakista elementit nostetaan halutussa asennusjärjestyksessä asennettavaksi. Ennen elementin asennusta leikataan alemman kerroksen elementistä suojamuovi tarkasti pois ja varmistetaan ilmaurien avoimuudesta. Elementtien väliin asennetaan eristeiden kohdalle villakaista, jotta eriste pysyisi katkeamattomana myös sauman kohdalla. Eristettä asennettaessa on kiinnitettävä myös huomiota siihen, ettei villakaistalla tukita tuuletusurien toimintaa. Tuuletusurien on oltava yhtenäiset alimmasta elementistä aina ylös katolle saakka toimivan tuuletuksen varmistamiseksi. Elementti lasketaan

muovisten elementin asennuspalojen varaan, joilla elementin suoruus ja korkoasema säädetään. Ennen elementin laskemista asetetaan sisäkuorien väliin koko matkalle tavallisesti pystysaumabetonista betonikaista, joka kovetuttuaan kantaa elementin painon. Kuvassa 16 näkyy oikea villakaistan sijainti. Musta tehdasasenteinen suojamuovi on leikattu tarkasti pois betonikuoren ja mineraalivillaeristeen rajakohdasta. Villakaistan vasemmalla puolella näkyy elementin asennusbetoni, joka kovetuttuaan kantaa yläpuolisen elementin.



Kuva 16. Elementin yläpää valmiina seuraavan elementin asennukselle. Tuuletusurien avoimuus varmistetaan oikealla villakaistan sijoittelulla.

Asennuksen jälkeen elementin yläpää on altis sateelle. Myöskin ikkunapenkit ovat alttiina viistosateille. Kun kaikki seinäelementit on asennettu ja kantavien seinäelementtien päälle tuleva ontelolaatasto asennettu ja juotettu kiinni, tilanne on kriittisin ulkoseinäeristeiden kannalta. Ontelolaatat ovat hieman kaarevia esijännityksen johdosta ja näin ollen kaikki laataston päälle satava vesi kulkeutuu seinäelementtien päälle. Mikäli elementtien yläpäiden eristeiden suojamuovit eivät ole ehjiä, kulkeutuu eristeisiin suuria määriä vettä sateiden aikana. Riski häviää suurimmaksi osaksi vasta sitten, kun seuraavan kerroksen elementti asennetaan peittämään mineraalivillaeriste. Elementin asennusbetoni muodostaa tällöin vallin holvivesien ja eristeen väliin ja estää veden pääsyn eristetilaan. Kuvassa 17 näkyy villaeristeen ja ontelolaataston korkeusasema toisiinsa nähden. Ontelolaataston saumavalun jälkeen lähes kaikki holville satava vesi valuu eristeisiin, mikäli suojamuoveissa on puutteita.





Kuva 17. Ontelolaatat kantavan sandwich-elementin sisäkuoren päällä.

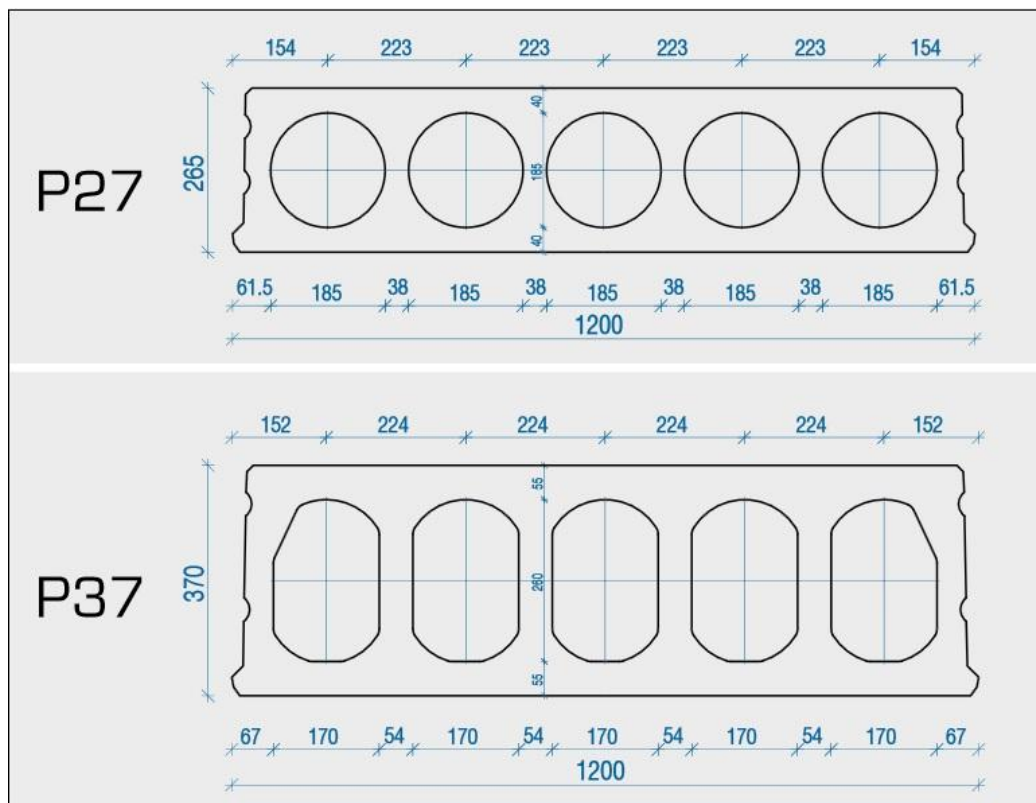
Toinen haastava kohta sandwich-elementtien eristeiden suojauksessa on ylimmän kerroksen ulkoseinäelementtien eristeen yläpää. Ylimmän kerroksen elementeissä ulko-kuori sekä eriste nousevat paljon holvia korkeammalle johtuen puhallusvillan vaatimasta paksuudesta. Koko tämä eristeen ylösnosto on alttiina sateille, mikäli tehdasasenteiset suojat eivät ole kunnossa. Esimerkkikohteessa havaittiin, että lähes poikkeuksetta ylimmässä kerroksessa ohuella muovilla suojatut elementtien yläpäät olivat puutteellisia suojauksen osalta kuljetuksen jäljiltä. Lisäksi suojamuovin kiinnitys oli hoidettu alapäästään muovisilla kiinnikkeillä, joista muovi oli lähes kaikkialla repeytynyt irti. Kuvassa 18 näkyy, millainen tilanne tehdassuojauksissa oli kuljetuksen jäljiltä. Kuvassa käy ilmi myös suojamuovin kiinnike, jotka eivät menestyneet tehtävässään toivotulla tavalla. Elementit jouduttiin suojaamaan työmaalla pressuun välittömästi kuljetuksen jälkeen sekä välittömästi asennuksen jälkeen.



Kuva 18. Ylimpien seinäelementtien suojaus kuljetuksen jälkeen. muovin alalaidan kiinnikkeinä käytetyt muovinastat eivät kovassa tuulessa ja ajoviimassa pidä muovia paikallaan.

### 3.5.2 Ontelolaattojen onteloihin jäävä vesi

Ontelolaatta on teräsbetoninen elementti, jota käytetään YIT Rakennus Oy:n Asuintalot Uusimaa -yksikössä pääasiallisena kantavana ala-, väli- ja yläpohjarakenteena pois lukien väestönsuojien katot. Viime vuosina välipohjissa on siirrytty käyttämään vahvuudeltaan 370 mm paksuisia ontelolaattoja ennen käytettyjen 265 mm onteloiden sijaan. 370 mm vahvaisilla ontelolaatoilla saavutetaan parempi huoneistojen välinen ääneneristys. 370 mm ja 270 mm ontelolaattojen poikkileikkaukset ovat esitettyinä kuvassa 19.



Kuva 19. 265 mm (P27) sekä 370 mm (P37) ontelolaattojen poikkileikkaukset. [12.]

Ontelolaattoihin porataan jo tehtaalla valmistuksen jälkeen vesireiät jokaiseen onteloon kumpaankin päähän laattaa. Tehtaalla tuoreeseen elementtiin tehdyt vesireiät eivät aina kuitenkaan ole avoimia, jolloin asennetun ontelolaatan onteloon päässyt vesi ei pääsekään ontelosta pois. Onteloon jäävä vesi aiheuttaa ongelmia sisävalmistusvaiheessa. YIT Rakennus Oy:n kohteissa huoneistojen katot tavallisesti ruiskurapataan alaslaskettuja katto-osuuksia lukuun ottamatta. Kun ontelon vesireiät on täytetty tavallisesti kipsillä ennen ylitrukkauttamista, ei ontelossa oleva vesi enää pääse pois. Kosteus

tulee yleensä ilmi vasta myöhemmin, kun kipsi on vettynyt ja ruiskukatton pinnoite värjäytyy. Kuvassa 20 avataan alapohjan onteloita poraamalla.



Kuva 20. Ontelolaatan rei'itys. Alapohjan ontelot porattiin yläpuolelta läpi, väli- ja yläpohjat alapuolelta onteloon.

### 3.5.3 Väestönsuojan laatta ja kevytsoratila

Väestönsuojan katto toteutetaan tavallisesti niin sanottuna kevytsorakattona. Rakenne alhaalta ylöspäin esimerkkikohteen suunnitelmissa on:

- 400 mm teräsbetoni-laatta (väestönsuojan katto).
- Kevytsora jossa salaojaputkin hoidettu tuuletus.
- Yläpuolisen kerroksen lattialaatta 80 mm.
- Lattiapinnoite.

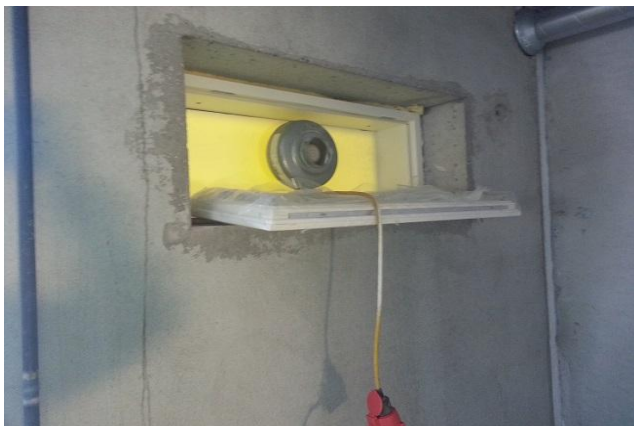
Väestönsuojan 400 mm kattolaatta on rakennusaikana usein pitkään alttiina sateelle. Väestönsuojan elementit pystytetään ennen muita elementtejä, joten ne altistuvat kosteudelle pitempään kuin muut elementit. Paksun rakenteen johdosta väestönsuojan kattolaatta myös kuivuu hitaasti. Laatan kosteudesta johtuva kosteus paputilassa voi aiheuttaa kosteushaittoja paitsi kevytsoratilassa myös yläpuolisen asunnon lattiapinnoitteessa. Kevytsora voidaan puhaltaa kuivana tai märkänä. Kosteutta kevytsoratilaan lisää laatan kosteuden lisäksi kevytsoran märkäpuhalluksessa pölyn sitomiseen käytet-

ty vesi. Märkänä puhallettaessa kevytsora ei pölise ja näin vältetään työterveys-, ja siisteyshaittoja mutta kuivatuksesta tulee haasteellisempaa.

Esimerkkikohteessa poikettiin suunnitelmista ja rakenteesta käytettiin kevytsoran tilalla EPS-levyistä tehtyä kennostoa. 1000x1200 mm kokoisista ja 100 mm paksuista EPS-levyistä tehtiin 300 mm korkeita torneja, jotka asetettiin kevytsoran tilalle. Kunkin tornin väliin jätettiin noin 100 mm ilmaraoit. EPS-tornit päällystettiin suodatinkankaalla, jottei päälle tulevan laatan valu tuki ilmarakoja. Näin menettelemällä syntyi kahden betoni-laatan väliin hyvin tuulettuva ilmarakojen verkosto.

#### 3.5.4 Sisäilman kosteus

Sisävalmistusvaiheessa plaanolattioiden valujen sekä tasoitettöiden jälkeen työmaan sisäilman kosteuspitoisuus on todella korkea. Mikäli ilmanvaihtoa ei ole, tiivistyy lattias-ta ja tasoitteista haihtuva kosteus muun muassa ikkunoihin, josta se valuu ikkunan karmeihin ja ikkunapenkille. Tämän vuoksi rakennuksen ilmaa kannattaa vaihtaa myös työmaan aikana. Rakennusaikaisen ilmanvaihdon voi yhdistää muuhun kuivatukseen jo kuivatuksen alettua runkotöiden aikana, kuten luvussa 3.3.4 todettiin. Esimerkkikoh-teessa ilmaa vaihdettiin kuvan 21 mukaisilla ulospuhaltavilla kanavapuhaltimilla, joita oli 2 kpl/kerros, yksi rakennuksen kummassakin päätyasunnossa. Kanavapuhaltimet poistavat kosteata ilmaa tehokkaasti ja luovat samalla myös muun muassa pölyn le-viämistä vähentävän alipaineen. Kanavapuhaltimien asennuksen jälkeen sisäilma oli huomattavasti raikkaamman tuntuista eikä kosteuden tiivistymistä esimerkiksi ikkunoi-hin enää haitallisessa määrin esiintynyt.



Kuva 21. Kerroksen päätyhuoneistoihin sijoitetut ulospuhaltavat kanavapuhaltimet kiinnitettynä finnfoam-levyllä ikkunaan. Puhallin luo alipaineen ja poistaa kosteata sisäilmaa.



## 4 Kyselytutkimus

### 4.1 Kyselyn toteutus

Kyselytutkimus tehtiin Asuintalot Uusimaa -yksikön vastaaville työnjohtajille sähköpostitse 5.3.2014. Kyselyyn vastasi kaikkiaan 5 henkilöä. Kyselyn tarkoituksena oli saada vielä lisätietoa keskusteluista saatujen ongelmien taustoista ja niihin vaikuttavista ilmiöistä. Liitteessä 1 on esitettynä kysymykset sekä yhteenvedot kaikkien vastanneiden vastauksista sekalaisessa järjestyksessä.

### 4.2 Kyselytutkimuksen tulokset

Kyselystä saadut vastaukset tukevat hyvin useita toimihenkilöiden ja insinööriyön tekijän välisiä keskusteluita sekä esimerkkikohteessa tehtyjä havaintoja.

Kyselystä voidaan päätellä, että ongelmat ja havainnot työmaiden kesken keskeisien kosteudenhallinnallisten riskikohtien välillä ovat yhteneväisiä. Keskusteluiden ja kyselyn perusteella voidaan todeta, että suurimmat huolenaiheet talvirakentamisessa liittyvät rungon kasaukseen, kun rakennus on sään armoilla. Todennäköisesti tärkein yksittäinen kosteudenhallinnallinen riskikohta on betonisandwich-elementtien mineraalivillaelementtien kuivana pysyminen. Sadevesien hallinta on tärkeimmässä roolissa puhuttaessa kerrostalon kosteudenhallinnasta.

Kosteudenhallintasuunnitelma on tehty kaikilla työmailla, ja siinä on pääsääntöisesti käsitelty juuri oikeita, ongelmallisimmaksi käsiteltyjä asioita. Kosteudenhallintasuunnitelma ei kuitenkaan ole siinä määrin työnjohtajan työkalu kuin sen tulisi lähdekirjallisuuden mukaan olla.

Sandwich-elementtien tehdassuojauksissa on tutkimuksen mukaan parantamisen varaa. Tällä hetkellä suojat ovat liian ohuesta muovista, eivätkä ne kestä kuljetuksen ja elementin asennuksen aiheuttamia rasituksia. Mikäli suojat olisivat kunnossa, välttyttäisiin monelta työvaiheelta niin suojauksen kuin kuivatuksenkin osalta.

Ontelolaattojen onteloihin on kyselyn mukaan porattu pääsääntöisesti aina lisäreikiä sekä avarrettu tehdastekoisia reikiä suuremmiksi. Reikien suurentaminen ja lisääminen

lisää paikkaustöiden määrää ennen tasoitetoita, mutta kustannukset tässä vaiheessa ovat paljon pienemmät verrattuna kattojen korjaukseen ruiskutasoitettöiden jälkeen.

Väestönsuojan päällisen laatan kanssa ei ole vastaajien kesken ollut ongelmia, mutta 400 mm paksuinen betonilaatta sadevedestä kastuessaan kuivuu todella hitaasti. Mikäli laatta ei kuivu tarpeeksi ennen yläpuolisen huoneiston lattiavalua, on kosteuden poisto hankalampaa. Kaikki vastanneet ovat maininneet vaihtoehtoiseksi tavaksi EPS-eristeen käytön kevytsoran tilalla.

Lähtökohtaisesti suojaukset on pyritty hoitamaan työmailla niin hyvin kuin se on mahdollista. Kaikki vastaajat pitävät Asuintalot Uusimaa -yksikön käyttöön parhaana sääsuojaustapana nykyistä käytäntöä parannettuna pienillä yksityiskohdilla. Koko rakennuksen rakentaminen teltassa olisi pelkästään kosteudenhallinnan kannalta tarkasteltuna hyvä asia, mutta se toisi mukanaan paljon muita haittoja ja olisi kiivastempoisessa elementtiasennuksessa vain rasite.

Ikkuna-asennuksen aloituksen ajoituksessa on työmaakohtaisesti viikkojen eroja. Osa asentaa ikkunat heti, kun elementit on asennettu, osa vasta kun väliseinätyöt alkavat. Ikkuna-asennuksen aloittaminen vaikuttaa siihen, milloin lämmitys voidaan aloittaa, mikäli aukkoja ei väliaikaisesti tukita aukkosuojilla. Ikkunoiden asentaminen heti elementtien asennuksen jälkeen lisää kuitenkin ikkunoiden vaurioitumisriskiä rakennusai- kana.

Kosteusmittaukset on suoritettu kaikilla työmailla asianmukaisesti ja oikeaan aikaan.

## 5 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset

### 5.1 Kosteudenhallintasuunnitelma

Kosteudenhallinta kokonaisuudessaan vaatisi pienimuotoista asennemuutosta. Kosteudenhallintasuunnitelman merkitystä pitäisi korostaa kaikille hankkeen osapuolille. Myös työntekijöiden kanssa pitäisi ennen uusia työvaiheita painottaa kosteudenhallinnan tärkeyttä ja oikeita toimintatapoja ja työmenetelmiä. Kosteudenhallinnalliset näkökulmat, toimintatavat ja työmenetelmät tulee kirjata työn aloituspalaveriin. Tällä hetkellä kosteudenhallintasuunnitelma ei ole siinä määrin työnjohdon työkaluna kuin se erilaisen alaan liittyvän kirjallisuuden ja eri ohjeistuksien perusteella tulisi olla.

Kosteudenhallintasuunnitelmassa on siis hieman kehittämisen varaa. YIT Rakennus Oy:n asuntorakentamisessa nykyisin käytössä oleva kosteudenhallintasuunnitelmapohja on melko suppea ja siinä on melko niukasti tilaa kattavien toimenpiteiden selvittämiseksi. Jokainen työmaa on omanlaisensa omine kosteudenhallinnallisine erityispiirteineen. Nyt käytössä oleva kosteudenhallintasuunnitelmapohja ei hirveästi mahdollista poikkeamista totutusta kaavasta, mikä johtaa helposti siihen, että kosteudenhallintasuunnitelma tehdään pikaisesti yhtenä vaadittavana paperina vanhasta tottumuksesta ajattelematta syvemmin asiaa ja sen merkitystä koko rakennuksen elinkaarelle.

Kosteudenhallintasuunnitelmaan tarvittaviin muutoksiin ei tässä insinööriyössä oteta kantaa, sillä kosteudenhallintasuunnitelman päivitys on annettu opiskelijavetoiseksi projektitehtäväksi, jota tehdään toisten opiskelijoiden toimesta tämän insinööriyön kanssa samanaikaisesti.

Yleisesti YIT Rakennus Oy:ssä kosteusmittausten tärkeyden ymmärrys, suoritustavat ja tulosten noudattaminen on hyvällä tasolla. Yleensä kosteusmittaukset hoitaa ulkopuolinen kosteusmittaaja, jotta varmistetaan tulosten luotettavuus.

### 5.2 Suojaustavat

Kuten kyselyn tuloksena havaittiin, jokainen kyselyyn vastannut vastaava työnjohtaja kokee nykyisen käytössä olevan toimintatavan suojaustavan suhteen Asuintalot Uusimaa -yksikön käyttöön sopivimpana.

Noin puolet pitäisi koko talon kattavaa telttaa teorialtasolla hyvänä ratkaisuna kosteuden hallinnan suhteen, mutta teltan käyttö lisäisi elementtirakentamisessa suuresti elementtien asennusaikaa ja oheistyön kustannuksia kuten kappaleessa 3.3.3 todettiin. Esimerkiksi julkisivuelementtiasennuksessa pitäisi koko katto purkaa joko kerralla tai yksitellen elementtiasennuksien tieltä, sillä elementtejä asennetaan päivän aikana joka puolelle. Nykyisellä kerroksittaisella asennuskierron kestolla, noin 1,5 viikkoa kohteesta riippuen, tämä tarkoittaisi sitä, että kallis sääsuoja olisi suurimman osan työajasta ilman kattoa. Keskittyminen rakennusmateriaalien välivarastoinnissa tehokkaaseen suojaukseen sekä arkojen rakenteiden paikallisiin suojauksiin päästään varmasti kosteudenhallinnallisesti riittävään ja onnistuneeseen lopputuloksen. Lisäksi arat materiaalit, kuten kipsilevyt sekä ikkunat, tulee jo tilausvaiheessa tilata kunnollisilla suojilla huputettuna.

### 5.3 Betonisandwich-elementit

Betonisandwich-elementtien tehdasasenteisissa eristeen suojauksissa on kehittämisen varaa. Suojauksien tarve ja kunnollinen toteutus tulisi tuoda esiin jo sopimusneuvotteluissa ja kirjata selkeästi vaadittava suojaustaso elementtien hankintasopimukseen. Nyt yleisesti käytössä olevan ohuen muovin tilalle tulisi vaihtaa jäməkämpä rakennusmuovi tai jokin muu materiaali, joka kestää kuljetuksen aikana ajoviiman rasitukset, syysmyrskytuulet sekä vielä hieman kulutustakin. Esimerkiksi ontelolaatastojen rengasteräksiä ja muita raudoitteita sekä sähköputkituksia asennettaessa ohut muovi saattaa helposti vaurioitua.

Kuten luvussa 3.5.1 tuli todettua, valuu jo valetulta ontelolaatastolta sadevedet ulkoseinäelementtien päälle ja vaurioituneista muoveista eristetilaan. Elementtien ja ontelolaataston suojaaminen saumavalun jälkeen esimerkiksi lainapeittein on hankalaa. Lainapeitteisiin jää aina saumakohtia, joista kaikki pressun päälle satanut vesi painuu rakenteisiin. Tämä voi olla jopa haitallisempaa, koska pistemäiselle alueelle tulee kerralla paljon vettä. Peittämistä hankaloittavat myös holvilla olevat kaiteet ja erilaiset holvista tulevat tartuntatankojen päät. Jotta suojaus olisi paras mahdollinen, tulisi sandwich-elementtien tehdasasenteisten suojamuovien olla virheettömät myös elementtiasennuksen jälkeen.

Ehjat, jäməkät muovit vähentäisivät valuvien vesien pääsyä eristeisiin. Lisäksi suunnittelussa voisi tarkastella korkomaailmamuutoksen mahdollisuutta. Mikäli seinäelementin yläpinta olisi selkeästi, esimerkiksi 10 mm ylempänä kuin ontelolaatan pinta, vähenisi ei-kantaville elementeille tuleva valuvien vesien rasitus pienen patokynnyksen ansiosta. Kantaville elementeille, joissa ontelolaataston saumavalu rajoittuu ulkoseinäelementin eristeeseen, tämä ei toisi helpotusta, mutta tässä tilanteessa voisi ajatella esimerkiksi solumuovisen irrotuskaistan tai muun vastaavan soiron kiinnittämistä eristeeseen ylälaitaan valua ennen, jolloin padottava reuna syntyisi eristeeseen laitaa. Minkäänlainen padotus ei kuitenkaan missään tapauksessa poista tehdasasenteisen suojamuovin tarvetta eikä sen kehitystä paremmaksi.

Ehjen suojien ansiosta elementtejä ei tarvitsisi asentamiseen jälkeen peitellä pressuun. Nyt työmaalla joudutaan rikkoontuneiden muovien päälle asettamaan joko pressut tai suojamuovit tikapuilla elementin asennuksen jälkeen. Tästä aiheutuu turhaa työtä ja sitä kautta kustannuksia puhumattakaan työtaturmariskistä.

Vaihtoehto suojamuoveille voisi myös olla esimerkiksi ohut finnfoam- tai SPU-levy elementin ylälaidassa. Tällainen levy suojaisi täysin mineraalivillan kastumisen. Levy tukkii eristeessä olevat pystyurat, joten ne tulisi ennen seuraavan elementin asennusta avata joko etukäteen tehtaalla merkittyjen urien kohdalta isolla poranterällä tai ajamalla moottorisahalla/veitsellä pystyurien kohdalle ura koko elementin matkalle. Koko matkalle leikattu ura lisäisi yhden vaakatuuletusuran elementtiin ja edistäisi näin eristetilän tuule- tusta entisestään.

Ylimmän kerroksen betonisandwich-elementin suojamuovien kiinnitys tulisi olla erilainen kuin mitä esimerkkikohteeseen tulleissa elementeissä oli. Muovin tulisi mennä joko valusta valuun eristeeseen ympäri tai kiinnittää alalaidastaan esimerkiksi riman avulla sisäkuoreen. Muovikiinnikkeet eivät missään tapauksessa ole hyvä ratkaisu, vaikka käytettäisiinkin jäykempää muovia (katso kappale 3.5.1 sekä kuva 18). Villan suojana voisi toimia myös jonkinlainen hengittävä, vettä pitävä kangas. Tällaista kangasta ei tarvitsisi välttämättä poistaa lainkaan vaan sen voisi jättää rakenteeseen. Kangas voisi olla hyvä vaihtoehto myös kantavien sandwich-ulkoseinäelementtien yläpäihin, joissa on tarve leikata suojamuovi pois ennen ontelolaattojen saumavalua.

Betonisandwich-elementtien ikkunapenkit, ikkuna-aukon pystysivut sekä elementin päädyt ovat kaikki alltiita viistosateille. Esimerkkikohteessa elementtitehdasta pyydettiin

asentamaan jo tehtaalla ikkunapenkkeihin vesivanerista valmistetut suojat, jotka olivat kiinnitetty ruuvein elementissä oleviin karmikenkiin. Ratkaisu oli toimiva, ja esti suurimman osan viistosateesta pääsemästä eristeisiin. Ongelmana tässä toteutuksessa on ikkuna-aukon sivut, joihin vesi tuulen vaikutuksesta kulkeutuu levyä pitkin. Mikäli elementtitehtaalla suojattaisiin myös ikkuna-aukon ympärökset suojamuovilla jo elementin valmistusvaiheessa samaan tapaan kun elementin yläpään kanssa toimitaan, poistuisi tämäkin ongelma. Ikkuna-aukon ympäri kiertävät suojamuovit yhdessä vanerin kanssa estäisivät viistosateen pääsyn eristeisiin. Myös elementin päätyihin voisi harkita suojausta, jolloin esimerkiksi sateisena päivänä tapahtuvat elementtitoimitukset eivät olisi eristeiden kuivuudelle niin haitallisia.

Pientalojen puuelementteihin on YIT:n asuntorakentamisessa yleensä ikkunat asennettu jo elementtitehtaalla. Toki puuelementit tulevat hieman erilaiselta tehtaalta, tehtaalta jossa puutyöt ovat pääasia ja ikkunan asennus hoituu elementin rakennusvaiheessa sivutuotteena, mutta jos betonisandwich-elementteihin saataisiin asennettua ikkunat jo elementtitehtaalla, säästyttäisiin monelta turhalla työvaiheelta työmaalla. Esimerkkikohteessa betonisandwich-elementteihin asennettiin elementtiasennuksen jälkeen ensin ikkunasuoja, jollaisena toimi puukehykseen kiinnitetty muovi, jotta lämmitys saatiin käyntiin. Samalla kiinnitettiin myös isompiin ikkuna-aukkoihin yhden metrin korkeudelle putoamissuojaksi kaidepuu. Nämä työt ikkuna-asennuksen lisäksi jäisivät kokonaan pois säästäten useita miestyöpäiviä, mikäli ikkunat olisivat elementeissä kiinni jo niiden saapuessa työmaalle. Sopimuksilla pystyttäisiin määrittelemään vastuukysymykset asennustyöstä ja varastointi- ja kuljetusvaurioista. Mallityöllä varmistuttaisiin ikkuna-asennuksen oikeellisuudesta jo esimerkiksi elementtikatselmuksessa elementtitehtaalla.

Kyselyssä ja henkilökeskusteluissa tuli esille myös ajatus SPU-eristeisistä sandwich-elementeistä. SPU-eristeen kanssa ei tulisi samoja ongelmia kuin mineraalivillan kanssa, sillä se kestää kosteusrasitusta paljon paremmin imemättä vettä itseensä. Lisäksi paremman eristävyuden ansiosta eristepaksuus ja sitä myötä ulkoseinän paksuus ohenisi. SPU-eristeet ovat mineraalivillaa hintavampia, joten tässäkin olisi syytä suurempiin jatkotutkimuksiin.

#### 5.4 Ontelolaattojen ontelovedet

Ontelolaattojen kuivatusreikien suurentaminen ja lisääminen lisää paikkaustöiden määrää ennen tasoitetoita, mutta kustannukset tässä vaiheessa ovat paljon pienemmät verrattuna kattojen korjaukseen ruiskutasoitettöiden jälkeen. YIT Rakennus Oy:lle on hiljattain tullut sisäisessä jaossa oleva ontelolaattojen vesireikien porausohje, jonka mukaisesti jokainen ontelo pitää työmaalla porata päistään 16 millimetrin poranterällä. Lisäksi ohjeessa kehoitetaan tekemään erillinen ontelolaataston poraussuunnitelma, johon etukäteen merkitään reikien paikat ja näin vältetään unohduksista johtuvia vesivahinkoja. Poraussuunnitelma tulee aina käydä huolellisesti läpi poraustyön suorittavan työntekijän kanssa ja varmistaa, että asian tärkeys, ymmärrys ja huolellisuuden tarve ovat tiedossa.

Tuotantotekniikka on sekä P27 kuin P37 -ontelolaatalla sama. Valmistettaessa ontelolaattaa ontelo muodostuu valukoneessa olevan putken tiivistäessä ontelon sisäseinämät sileiksi. Parma Oy:n tuotantojohtaja Sami Purtolan mukaan onteloiden sisäpinnat ovat profiilista huolimatta valmistettu täysin samalla menetelmällä, joten on erikoista, että suurin osa vastaavista työnjohtajista kokee ontelovesien aiheuttamien ongelmien lisääntyneen.

Tulevien kohteiden osalta on syytä kokeilla tätä uutta porausohjetta ja 16 millimetrin kokoisia suunnitelmallisesti isonnettuja vesireikiä. Kokeilujen ja näistä saatujen kokemuksen jälkeen nähdään vasta käytännössä, onko tässä riittävästi toimiva ratkaisu ontelovesien hoitoon.

#### 5.5 Väestönsuojan kattolaatta sekä sen yläpuolinen kevytsoratila

Väestönsuojan kattorakenteen kosteuspitoisuus on hyvä varmistaa aina ennen yläpuolisen asunnon lattian päällystämistä. Eristetilan suhteellisen kosteuden tulee olla alle 90 % ja pintalaatan kosteuden tulee alittaa päällystemateriaalin valmistajan vaatimukset ennen yläpuolisen asunnon lattiapäällysteen asennusta. Mikäli näin ei ole, tulee kevytsoratilassa käyttää kuivatukseen koneellista ilmanvaihtoa hyödyntäen esimerkiksi tuuletukseen tarkoitettua, rakenteessa olevaa salaojaputkea.

Esimerkkikohteesta saatujen havaintojen perusteella luvussa 3.5.3 esitetty EPS-kennosto vaikuttaisi hyvältä ratkaisulta. Kosteusmittauksissa päästiin haluttuihin arvoihin ilman erityisiä kuivatustoimia ja lattioiden päällystykseseen päästiin aikataulun mukaisesti. Ensituntumalta rakenne tuntuisi paremmin tuulettuvalta, nopeammin valmistettavalta sekä halvemmalta kuin kevytsora jossa salaojaputki.

Esimerkkikohteen kosteusmittaajan kanssa käytyjen keskustelujen perusteella tällaisessa EPS-rakenteessa sekä väestönsuojan kattolaatta että EPS-tornien päälle tuleva pintalaatta pitää kosteusmittauksissa huomioida yhteen suuntaan kuivuvana, sillä EPS peittää isoa alaa laatan pinnasta. Laattojen kuivumisesta voisi tehostaa vielä entisestään asettamalla EPS-kerroksen ylä- ja alapuolelle salaojamaton, joka mahdollistaisi laatan kuivumisen koko pinta-alaltaan. Salaojamatto olisi lisäksi pintalaatan valussa jäykkyytensä puolesta suodatinkangasta parempi vaihtoehto estämään betonin pääsyn tuuletusrakoihin.



## 6 Yhteenveto

Rakennusaikainen kosteudenhallinta on tavoitteellista, pitkäjänteistä toimintaa, joka ei toteudu itsekseen ja jonka eteen pitää tietoisesti ponnistella. On hyvä tiedostaa, että rakennuksen kosteudenhallinta on katkeamaton ketju aina hankesuunnittelusta rakennuksen elinkaaren loppuun saakka. Kosteudenhallintasuunnitelman tarkka laatiminen, olennaisiin asioihin huomion kiinnittäminen, ratkaisumallien etukäteissuunnittelu erilaisissa yllättävissäkin tilanteissa sekä suunnitelman orjallinen seuranta ovat avainasemassa työmaan kosteudenhallinnan onnistumiselle.

Kosteudenhallinnalla ja sen näkymisellä on myös roolinsa yrityksen imagolle. Kun työmaan yleisilme on ulospäin siisti ja materiaalit ja rakennustuotteet asianmukaisesti suojattu saadaan luotua positiivista mielikuvaa tänä aikana, jolloin kosteudenhallinnan puutteet ja siitä seuranneet kosteus- ja homeongelmat ovat mediassa näkyvästi esillä.

YIT Rakennus Oy:n asuntorakentamisessa Asuintalot Uusimaa -yksikössä kosteudenhallinta-asiat ovat keskimäärin hyvällä tasolla. Asenteita kosteudenhallintaa kohtaan tulisi jatkossa kehittää sekä kosteudenhallinnan merkitystä korostaa niin työmaalla työnjohdon kuin työntekijöiden keskuudessa samoin kuin hankintaankin. Materiaalien paremmat suojaukset ennen toimituksia tuovat lisäkustannuksia, mutta huomioituna säästöt muissa asioissa voidaan kustannuslisiä pitää vähäisinä. Myös suunnitteluun ja suunnittelunohjaukseen tulisi painottaa kosteudenhallinnan merkitystä. Erilaisilla vielä keksimättömillä suunnitteluratkaisuilla voidaan varmasti parantaa rakennusaikaista kosteudenhallintaa. Toimintatapojen tuotteistaminen tehostaa työtä ja säästää kustannuksia ja vähentää virheitä, mutta se voi myös estää uusien innovaatioiden syntyä.

Keskusteluiden, kyselytutkimuksen sekä lähdeaineiston perusteella ei liene perusteltua siirtyä käyttämään koko rakennuksen peittävää sääsuojaa betonirunkoisia asuinkerrostaloja täyselementeistä valmistettaessa. Kosteudenhallintaan löytyy tehokkaat keinot ilman koko rakennuksen peittäviä telttojakin.

Ympäristöministeriön loppuvuodesta 2014 lausuntokierrokselle lähtevä uusi asetus sää- ja olosuhdesuojauksen edellyttämisestä voi tuoda joitakin muutoksia toimintatapoihin. Tässä vaiheessa on kuitenkin liian aikaista sanoa, mitä uusi asetus pitää sisällään ja minkälaisia muutoksia se mahdollisesti aiheuttaa.

Jatkotutkimusehdotuksena voisi tarkastella ympäristöministeriön uuden asetuksen mahdollisesti tuomia uusia vaatimuksia sekä laajemmin koko rakennuksen peittävän sääsuojan ja nyt käytössä olevan ”perinteisen” sääsuojaustavan eroja. Suojaustavan muutos vaikuttaa todella moneen asiaan työmaalla. Kalustokulujen muutoksen lisäksi esimerkiksi nosturien nostomatkat suojien takia pitenevät, nosturityöskentely hidastuu sääsuojan peitteiden siirtelyn takia, tavarantoimitukset kurottajilla sisään kerrokseen hankaloituvat ja niin edelleen. Myös sandwich-elementin eristeen muuttamista mineraalivillasta SPU-levyksi voisi tutkia tulevaisuudessa tarkemmin.

## Lähteet

- 1 Airaksinen, Miimu. ym. 2011. RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 2 Kokko, Erkki. ym. 1999. Kosteus rakentamisessa RakMK C2 opas. Tampere. Rakennustieto Oy.
- 3 Ympäristöministeriö. 2014. Asunto- ja viestintäministeri Pia Viitanen: Rakennustyömailla edellytetään jatkossa sääsuojausta. Verkkodokumentti. <[http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Asunto\\_ja\\_viestintaministeri\\_Pia\\_Viitane%2828601%29](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Asunto_ja_viestintaministeri_Pia_Viitane%2828601%29)>. Luettu 23.3.2014.
- 4 Sisäilmayhdistys ry. 2008. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat. Verkkodokumentti. <<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteusvaurioituminen/vaurioitumisen-yleisperiaate/>> Luettu 23.3.2014.
- 5 Sisäilmayhdistys ry. 2008. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat. Verkkodokumentti. <<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteustekninen-toiminta/kosteuslahteet/>> Luettu 23.3.2014.
- 6 Sisäilmayhdistys ry. 2008. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat. Verkkodokumentti. <<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteustekninen-toiminta/kosteuden-siirtyminen/>> Luettu 23.3.2014.
- 7 Björkholtz, Dick. 2001. Lämpö ja kosteus: rakennusfysiikka. Helsinki. Rakennustieto Oy
- 8 Leivo, Virpi. 1998. Opas kosteusongelmiin. Tampere. Tampereen Teknillinen Korkeakoulu.
- 9 Merikallio, Tarja. Rakennustyömaan kosteudenhallinta. Verkkodokumentti. <[https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A\\$47\\$RK050502\\$46\\$pdf/RK050502.pdf](https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A$47$RK050502$46$pdf/RK050502.pdf)> Luettu 25.3.2014.
- 10 Koskenvesa, Anssi. Talvirakentaminen. Verkkodokumentti. <[https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A\\$47\\$RK99s697\\$46\\$pdf/RK99s697.pdf](https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A$47$RK99s697$46$pdf/RK99s697.pdf)> Luettu 26.3.2014.
- 11 Paroc Group Oy. Betonisandwich-elementit. Verkkodokumentti. <<http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/ulko-ja-valiseinat/-betonisandwich-elementit>> Luettu 27.3.2014

- 12 Parma Oy. Parman ontelolaatatot. Suunnitteluohje 3.12.2013. Verkkodokumentti.  
<[http://www.parma.fi/images/files/downloads/PARMA\\_ontelolaatatot\\_suunnitteluohje\\_031213.pdf](http://www.parma.fi/images/files/downloads/PARMA_ontelolaatatot_suunnitteluohje_031213.pdf)> Luettu 27.3.2014
- 13 Björkholtz, Dick. 1990. Rakennuksen kuivattaminen. Tampere. Suomen Rakennusteollisuusliitto ry. Tammer-Paino Oy.
- 14 Teriö, Olli. 2003. VTT Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta. Verkkodokumentti.  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/21955/Betonivalmisosarakentamisen+kosteudenhallinta.pdf>. Luettu 28.3.2014.
- 15 Merikallio, Tarja. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki. Betonikeskus Oy.
- 16 Tiivistalo. Tiivistalowiki. Diffuusio. Verkkodokumentti.  
<<http://www.tiivistalo.fi/tiedostot/default.asp?sivu=tiivistalowiki&otsikko=diffuusio>> Luettu 20.4.2014.

## Kyselytutkimuksen yhteenveto

Kerrostalon rungon rakennusaikainen kosteudenhallinta

Tämä yhteenveto sisältää kysymykset sekä jokaisen kysymyksen alle kootut vastausten vastaavien työnjohtajien vastaukset sekalaisessa järjestyksessä

### **Onko työmaallasi laadittu kosteudenhallintasuunnitelma? Minkä asioiden esiintuomista pidät tärkeänä kosteudenhallintasuunnitelmassa?**

- On laadittu. Tärkeimpiä ovat ennalta ehkäisevät toimet, jotta kosteutta ei pääsisi rakenteisiin. Elementit tulee suojata tehtaalla, kuten myös muut materiaalit. Lisäksi kosteusmittaukset ovat tärkeitä ja ne pitää aloittaa tarpeeksi ajoissa.
- On kosteudenhallintasuunnitelma. Suojaukset, veden poistaminen ja kuivatuksen aloittaminen mahdollisimman pian, kuten vesireikien avaus sekä lisäreiät reunoille ja muihin epäilyttäviin vesitaskupaikkoihin. Riittävän tiheät kosteusmittaukset, esim. joka asunnosta.
- Kyllä. Märimmät kohdat, esim hvs kylppäri molemmin puolin.
- On laadittu, tärkeimpänä suojaus ja rakenteiden kuivuminen vuodenaika huomioonotetaan
- On laadittu kosteudenhallintasuunnitelma. Kosteudenhallintasuunnitelmassa on tärkeitä määrittää: kosteusmitattavat paikat ja kuivumisaikojen huomioiminen aikataulussa (erilaisten pinnoitteiden RH% vaatimukset), tarvittavat sääsuojaukset, materiaalien varastointi työmaalla siten, että ne eivät kastu, täsmätoimitukset, ontelokenttien poraussuunnitelma, vss paputilan kuivuivatus

### **Mitkä ovat mielestäsi kerrostalon rakentamisessa haasteellisimpia työvaiheita/rakenteellisia kohtia, jotka tuottavat kosteudenhallinnallisia ongelmia? Mainitse ainakin kolme.**

- Rungon kasaus talvi aikaan. Lumi ja jää holvilla, joka sitten sulaa ja kastelee alla olevat rakenteet.
- Rakenteellisesti parvekeseinät on osoittautuneet haastaviksi. Parvekkeelle sataa vettä ja menee saumojen pitkin alakerran katon rajaan, jos kittauksia ja laastitäyttöjä ei ole tehty kunnolla.
- Papukatot ovat omalta osaltaan haastavia. Omalle kohdalle ei ole vielä osunut, mutta mitä olen nähnyt ja kuullut, niin vaikeaa on jos sataa vettä/lunta.
- VSS kattoon/paputilaan meinaa jäädä aina kosteutta.

- Vesitaskujen muodostumisen estäminen valamalla täyteen reunimmat ontelot, joissa tehdään reikiä raudotteita varten.
- Suojaavan vesikatteen saaminen päälle mahdollisimman aikaisin / rakennetaan talo teltassa.
- Sandwich – elementtien kastuminen pystytys- ja runkovaiheessa. Mahdolliset suojaukset / tuuletusreikien avoinna pitämisestä huolehtiminen kuivumisen mahdollistamiseksi.
- Runkovaihe. Ikkunapenkit, elementin yläpää. VILLAT PIDETTÄVÄ MAHDOLLISIMMAN KUIVINA
- ontelovedet
- kaatolattiavalut.
- Runkovaihe sään armoilla, lämmitysvalmiuden saavuttaminen varsinkin jos muurataan paikanpäällä
- kaatolattiavalut
- kaatolattiavalujen kuivuminen
- sääsuojien pysyminen paikoillaan
- onteloiden vesipesät

**Edelliseen liittyen, kerro lyhyesti kuinka olet ratkaissut edellisessä kysymyksessä nimeämäsi ongelmakohdat/ haasteelliset työvaiheet?**

- Lumen ja jään poisto mahdollisimman tehokkaasti ennen kuin sulaa. Pressuja holvin suojaksi, joilla lumet saadaan nostettua holvilta.
- Detaljit pitää käydä tarkkaan läpi ja selittää myös tekijöille ja vahtia että tehdään niin kuin sovittu.
- Talon voi huputtaa kokonaan, kuten Porvoon työmaalla tehtiin.
- Puhalletaan papu kuivana. Laitetaan kunnolla tuuletusputkea pavun sekaan ja pidetään puhallusta päällä tarpeeksi pitkään.
- Vastaukset sisältyvät jo edelliseen kakkoskysymykseen.
- Ikkunapenkit ja elementin yläpää suojattu tehtaalla.
- Ontelot porattu auki työmaalla huomioiden kaikki tukevalut ja niiden välit.
- Kaatolattiat valettu NP massalla.
- Runko ylös ja vesikatto päälle mahdollisimman nopeasti, NP-massan käyttö
- tarkastetaan aikataulusta kuivumisajat ja käytetään apuna betonitoimittajan kuivumisaikataulukoita/kysytään teoreettinen kuivuminen, laitetaan lattialämmitykset päälle, jos tarvitsee
- vastuuhenkilö sääsuojaukseen, jos aliurakoitsijan suojattavia, käydään asia osana aloituspalaveria
- poraussuunnitelman mukaiset poraukset ja sen jälkeen työnjohto on ennen tasoitustöitä tarkastanut onko jossain kostean näköisiä reikiä, jolloin on porattu kyseinen ontelo täyteen reikiä

**Miten jatkossa voitaisiin toimia, jotta edellisen kaltaisia ongelmia ei tulisi?**

- ks. edelliset vastukset

- Hankitaan ontelolaattoihin pidemmät ”tutit” varausten ja aukkojen kohdalle raudoitteita varten. Ts. tukitaan ontelonreiät ettei betonimassa pääse valtoimenaan täyttämään reikiä ja muodostamaan vesitaskuja reikien yläosiin. Lisäämällä vesireikiä selvästi märkiin onteloihin ja tarvittaessa tehostetaan kuivatusta putkistolla varustetuilla puhaltimilla jo ennen tasoitettöitä.
- Sandwich – elementteihin täytyy saada tehtaalta kunnollinen, kestävämpi muovi villan suojaksi, joka pysyy ehjänä asennukseen asti. Pressuttaminen holveilla ns. ”lumennostopressuilla”. Lumien poistaminen holveilta ennen kuin sulaa tai kovettuu /jäättyy kiinni. Työkaluina puhaltimet, lapiot, kolat ja harjat. Varataan riittävät resurssit veden / lumen- ja jäänpoistoon sekä vesikatkon puutöihin töiden nopeuttamiseksi.
- Huolehditaan, että vesi pääsee poistumaan esteettä seinäelementeistä, myös sisustusvaiheessa. Alin vaakasauma sokkelin päällä tulisi suunnitella ja toteuttaa avonaisena, jotta kuivuminen ja tuuletus toimisi kunnolla. On olemassa oleva ratkaisu! Peitelista sauman päälle, joka alapuolelta tuulettuu.
- Sääsuojiin käyttö jos mahdollista
- -ks kohta 3

### **SW –elementit:**

#### **Miten suojelet sandwich –elementtiä kastumasta kuljetuksen, varastoinnin ja asennuksen aikana?**

- Elementit pitää suojata jo tehtaalla. Työmaalla pitää tarkistaa suojaukset purun ja asennuksen jälkeen.
- Tilattava elementtitoimittajalta asianmukainen suojaus: Paksumpi ja sitkeämpi muovi tai vettähylkivä materiaali joka pysyy ehyenä.
- Elementit ovat sisällä varastoituna. Kuljetuksen, varastoinnin ja asennuksen aikana toimii villan suojaus. Varastoitaessa työmaalla lisäksi pressu.
- elementin villassa on yläpäässä suojamuovi. Se suojaa elementtiä sateelta riittävässä määrin
- ulkopuolisia/asukkaita varten elementit on suojattu pressulla ennen asennusta
- ikkunapellit on hyvä asentaa heti elementtiasennuksen valmistuttua, niin vesi ei pääse sitä kautta villoihin

#### **Onko sandwich-elementtien tehtaalla asennetut suojaukset olleet riittäviä/ ehjiä?**

#### **Millaisia puutteita näissä on ollut?**

- Kyllähän niissä puutteita on ollut. Suojat on rikki tai osittain puuttuu. Nostolenkkien kohdat on revitty auki reilulta alueelta. Ikkuna-aukkojen suojaukset olleet huonoja.
- Rikkinäisiä säännöllisesti liian ohuen muovin vuoksi.
- Muovi paksummaksi ja kiinnitys rimoilla ja fikseillä. Vaneri ikkunapenkeissä hyvä.
- suojat ovat olleet ehjiä

**Kehitysehdotuksiasi sandwich –elementtien suojaukseen työmaalle?**

- Fakissa ollessa elementtejä voisi suojata lainapeitteillä ja nosturilla nostella peitteitä pois sitä mukaa kun tarvii. Asennuksen jälkeen voisi tarkistaa suojaukset, etenkin yläreunan osalta.
- Normaalisti kyseisiä elementtejä ei seisoteta pitkään fakissa, jolloin voidaan ajatella vain hyvin väliaikaisia suojauksia pahojen vesikuurojen varalta. Pressut, joissakin tapauksissa voisi ajatella nosturilla elementtifakin / elementtien päälle nostettavaa katoslippaa, jonka voisi lukita tuulenpuuskien varalta kiinni.
- Sääsuojiin käyttö mahdollisuuksien mukaan
- Kun elementit on asennettu, holvi valettu ja seuraavan kerroksen ulkoseinät on asennattamatta, valuu hoville satava vesi sandwich-elementtien villoihin

**Kehitysehdotuksia sandwich –elementtitehtaalle suojauksiin liittyen? (parannettavaa suojauksissa, millaista parannettavaa tms.)**

- Ainahan niitä voi paremmin suojata ja tarkistaa suojaukset nostojen jälkeen. Ikkunaukot voisi suojata kunnolla joka reunalta.
- Asian vakavuuden huomioiden vaihdetaan ohut suojamuovi huomattavasti parempaan materiaaliin. Olkoon sitten kalliimpi, kunhan on ja pysyy paikoillaan ja ehjänä. Täysi asennemuutos nykyiseen totuttuun ”kulttuuriin”.
- Suojatumpi kuljetuskalusto

**Oletko varmentanut sandwich –elementtien villojen kuivuuden? Jos olet, niin missä vaiheessa?**

- Silmämääräisesti tarkistellut fakissa ja paikoillaan. Mitään mittauksia asennuksen jälkeen ei ole tehty.
- Varastointivaiheessa ja sitten asennusvaiheessa.
- Ennen elementtisaumausta mahdollista tarkastaa kosteuksia elementin alapäästä.
- Asennusvaiheessa.
- olen mitannut sisältä käsin porareikämenetelmällä seinän kosteuden villatilan läheisyydestä

**Miten olet varmentanut villojen kuivuuden (Jos et ole varmentanut, miten varmentaisit)?**

- Ulkopuolelta elementtisaumoista pystyy kokeilemaan ja samoin ikkuna- ja oviaukoista. Jos haluaa varmemman tiedon, pitää jotenkin tehdä reikää, josta pääsee mittaamaan/kokeilemaan.
- Silmämääräisesti ja tunnustelemalla.
- Työnsin sormeni rakoon ja totesin että kuiva on.
- Silmämääräisesti ja käsikopelolla.
- olen mitannut sisältä käsin porareikämenetelmällä seinän kosteuden villatilan läheisyydestä



- villan kuivuutta voi kokeilla käsin alimmasta elementtisaumasta, jos sauma on riittävän leveä/sormet riittävän pienet

### **Onko työmaallasi ollut ongelmia VSS –yläpuolisen kevytsorapatjan kosteuden kanssa?**

- Ei ole omalla ollut. Kuivatuksia on pidetty kauan päällä. Muilta työmailta kyllä kuullut ongelmia.
- Ei ole ollut.
- Kuivatettu aikaisemmillä työmailla. Tällä työmaalla styroksi kennosto, jossa on n10cm raot.
- Ei ole ollut
- ei.

### **Millaisia ongelmia kevytsoran kosteus aiheuttaa/ on aiheuttanut?**

- Yläpuolista pinnoitusta ei päästä tekemään. Pitkään muhinut kosteus aiheuttaa sisäilmaongelmia.
- Ei ole aiheuttanut, koska olen kuivattanut paputilaa koko rakennusajan.
- Parketin tummumisen.

### **Mistä kosteus on ollut peräisin?**

- Osa tulee jos papu puhalletaan märkänä, osa tulee valusta ja osa jo valmiina rakenteissa olleesta kosteudesta.
- itse pavun puhalluksessa käytetään vähän vettä pölyn sitomiseksi.
- Taivaalta. 400mm paksu holvi on märkä. Lisäksi puhalluksessa käytetään vettä.

### **Millä toimilla ehkäiset/ehkäisisit kevytsorakerrokseen jäävän kosteuden määrää?**

- Puhalletaan papu kuivana. Korvataan osa pavusta esim. styroxilla. Voisiko pavun korvata jollain muulla kokonaan?
- Imetään vesi-imurilla irrallinen vesi pois holvilta aina heti kun sitä ilmaantuu runkovaiheessa. Suojataan alue sateelta, jos se jotenkin on mahdollista. Puhalletaan papu vasta sitten, kun vesikate pitää ja aukot ovat ummessa sekä vss-holvista otetut kosteusmitaukset osoittavat rakenteen riittävän kuivaksi.
- Holvin suojaus, jos mahdollista. Kuivapuhallus. Salaoja lenkki. Kuivatus sitä pitkin. Styroksi kennosto on paras ratkaisu, joka tuulettuu yleiseen tilaan.
- Laatan kuivatus ennen papujen asennusta
- valetaan pommisuojan katto siten että vesi kaataa jostain kohtaa pois katolta ja tehdään vedelle reitti pommisuojan kaulaan
- kun runko on säältä suojassa laitetaan pommisuojaan kunnon lämpö päälle

- valetaan pommisuojaan yläpuolisen asunnon laatta viimeisessä erässä kaatolattioita, jolloin pommisuojaan laatan kuivumisaika on maksimaalinen

### **Asennatko kevytsoran märkänä vai kuivana? Listaa edut ja haitat kummastakin tavasta.**

- Märkänä on puhallettu, lähinnä pölyisyyden vähentämiseksi. Kuivana pölyä enemmän, mutta ei tule ylimääräistä vettä.
- Asennan märkänä jottei pölyä. Olen saanut kyllä hyvin kuivatettua paputilan rakennusaikana. Se tosin maksaa kuivurin vuokrana ja sähkön kulutuksena.
- Märkänä ei pölise. Koneellinen hengitys suojain.
- Parilla rivitalotyömaalla eristys tehty styroxilla

### **Kuinka kauan keskimäärin on märkänä puhalletun soran kuivaminen kestänyt?**

- Vaikea sanoa milloin on ollut kuivaa. Puhallus ollut niin kauan päällä, kunnes tuuletusputket piilotetaan johonkin.
- Useita kuukausia. On suoritettu välimittauksia paputilasta ja hyvissä ajoin ennen työmaan valmistumista kuivaus on pystytty lopettamaan.
- Kauan.

### **Miten olet kuivattanut märkänä puhallettua kevytsoraa?**

- Soran sekaan lattialle laitetaan tuuletusputket ja putkeen puhalletaan ilmaa puhaltimella. Tehdään vaikka pari erillistä kiertoa, jotta saadaan tehokkaampi kuivatus.
- Laatimani suunnitelman mukaan olen asennuttanut paputilan pohjalle kaksi rei'itettyä salaojaputkea. Putket ovat päistään tulpattuja ja ne sijaitsevat mahdollisimman kaukana toisistaan. Toiseen putkeen puhalletaan kuivatettua ilmaa ylipaineella ja toisesta putkesta imetään vastaavasti ilma läpivirtauksen tehostamiseksi ja johdetaan se suoraan ulos. Ideana on, että ilmassa siirtyy koko papumassan läpi kuivattaen sen mahdollisimman tehokkaasti.
- Kanavapuhaltimilla lenkin kautta. Puhallettu kuivatettua ilmaa kanavistoon ja imetty pihalle märkä ilma. Myös erillisiä reikiä käyttäen. Puhallettu ja imetty.
- Salaojaputki, päässä puhallus tai imu

### **Kehitysehdotuksia kevytsorarakenteeseen/työtapoihin VSS-katossa?**

- Olisiko mahdollista käyttää kokonaan eri materiaalia, esim. styroxia? Onko tästä mitään haittaa? Entä kevytsorabetoni? Tietysti hintakin otettava huomioon eri vaihtoehtoja mietittäessä. Mahdollisimman vähän vetää mistään, eli papu kuivana ja kunnan tuuletus tilaan, jotta pölyä saadaan pois, voisiko betonissa olla vähemmän vettä.
- On varottava, ettei paputilaan pääse vettä mistään myöhemminkään. Päälle tulevan betonilattian valuvaiheessa tätä on valvottava sekä myöhemmin kaikki lattianreunat ja läpimenot on kitattava butyyylimassalla tai sitten vesieristettävä ja nauhoitettava.

- Styroksi kennosto.

**Tuleeko mieleesi mitään vaihtoehtoista tapaa toteuttaa VSS:n katto kuin kevytsora?**

- Styrox, kevytsorabetoni tai jokin näiden yhdistelmä?
- Styrox
- Styroksi yhä edelleen.
- Tuon styroxin kanssa saattaa olla samoja ongemia kuin kevytsorankin kanssa
- ei tehdä täyttöä kevytsoralla vaan styroksilla, laitetaan styroksin alle putket poikittain k200, styrox tilaan on asennettu salaojaputket kumpaankin reunaan, asennetaan kuivuri, siten että toinen laite puhaltaa ja toinen imee, ilma liikkuu poikittain vss- laatan pinnassa ja rakenne jatkaa kuivumista

**Onko työmaallasi ollut ongelmaa ontelolaatan onteloihin jäävän kosteuden kanssa (kosteus tulee näkyviin pinnoituksen jälkeen tms.)?**

- Aina johonkin onteloon jää vettä.
- Kyllä.
- Kyllä.
- toistaiseksi ei ole onllut ongelmaa

**Jos vastasit edelliseen kyllä, ovatko ontelon tehdastekoiset vedenpoistoreiät avattu työmaalla poraamalla? kuinka olet ratkaissut kosteuden aiheuttaman ongelman?**

- Kyllä ne on porattu työmaalla. Kuivumista on odotettu, käytetty kuivaimia ja puhallettu sementtiä.
- Varausten ja lyhyempien ontelolaattojen reikiin, (joihin usein tulee raudoitteita), on hankittava pidemmät ”tutit” eli reiät on tukittava, jottei betonimassa pääse onteloihin valtoimenaan. Myös ontelot, joissa reikiä raudoille tms., kuten reunaontelot avataan yläpuolelta ja valetaan täyteen – näin estetään vesitaskujen muodostuminen. Betonoinnin jälkeen reiät on välittömästi avattu ontelolaattatoimittajan toimesta ja niitä on jouduttu tekemään lisää jonkin verran tarpeellisiksi katsomiimme paikkoihin.
- Tehdasreiät ja muut pussi kohdat porattu. Etsitty jopa viemärikameralla, mistä vesi tulee. Ollut jopa toisella puolella huoneistoa.
- On avattu ja tehty myös lisäreikiä, joskus kosteus tulee esiin vasta valmiissa katossa, silloin porattava lisäreiät ja kuivattava kohta ja paikattava tasoite.

**Oletko vielä työmaalla erikseen porannut auki ontelolaattaan tehtaalla tehtyjä vesireikiä?**

- Jos kosteutta näkyy, porataan isompia reikiä ja lisää. Lisäksi pitää aina porata paikalla-valukaistojen vierestä, esim. portaat yms. Nämä poraukset pitäisi saada Parman poraukseen liitettyä.
- On jouduttu kosteilta näyttävät reiät isontamaan 32 mm:ksi.
- Kyllä.
- On porattu valmiita reikiä ja uusia
- olen

**Estätkö erillisillä toimilla veden ja kosteuden pääsyn jo asennettuihin onteloihin?  
Jos kyllä, miten?**

- Valuja ennen tarkistetaan, että onteloiden reikien tulpat on paikoillaan. Lisäksi valuttukoina käytetään jotakin muuta kuin villaa, joka imee vettä.
- Pressutusta käytetty, mutta on lähinnä teatteria.
- Saumavalujen valumia yritetään estää uretaanistoppareilla

**Kerrostalojen välipohjat toteutetaan 370 mm onteloilla. Onko kosteusongelmat onteloissa mielestäsi lisääntynyt verrattuna aiemmin käytettyihin 265 mm onteloihin?**

- Omasta mielestäni ei ole lisääntynyt.
- Ovat huomattavasti lisääntyneet. Jouduttiin suurin osa isontamaan 32 mm:ksi sen jälkeen kun huomattiin, etteivät muuten kuivu 12 mm:llä rei'illä.
- Ei ole.
- Myös rivitaloissa käytetään nykyisin 370 mm onteloita, kosteusongelmat ovat lisääntyneet huomattavasti

**Miten suojaat kerrostalon rakennusaikana sadetta ja lunta vastaan eri vaiheissa?**

**E erityisesti kiinnostaa:**

**- elementit fakissa**

- Lainapeitteillä tms. pitäisi suojata paremmin.
- Pressu.
- Pressuilla

**-holvi ennen elementtien asennusta (ontelolaatasto)**

- Lainapeitteitä tai muita pressuja, joilla voi nostaa lumen pois holvilta. Vedeltä hankala suojata, vesi pitäisi johtaa hallitusti tiettyyn paikkaan.
- Pressu.
- Näkyvien villojen suojaus muovilla.

**-holvi, johon osa elementeistä jo asennettu**

- Lainapeitteitä tai muita pressuja, joilla voi nostaa lumen pois holvilta. Vedeltä hankala suojata, vesi pitäisi johtaa hallitusti tiettyyn paikkaan.
- Ei mitenkään.
- Näkyvien villojen suojaus muovilla.

**-tilanne, jossa seinäelementit on asennettu mutta ontelolaatastoa ei ole asennettu.**

- Seinien yläpäästä suojattava/tarkistettava tehtaan suojat.
- Ei mitenkään.
- Näkyvien villojen suojaus muovilla.

**Tuleeko mieleesi muuta erityistä suojattavaa tai muuta suojaukseen liittyvää?**

- Kipsilevyt huputettuna.

**Jos saisit valita haluamasi suojaustavan säätä ja muita luonnon olosuhteita vastaan, miten toimisit?**

- Paras tapa olisi varmaan huputtaa talo ja katto saataisiin avattua/nostettua nosturilla aina päivän ajaksi ja yöksi taas katto päälle. Tämä tosin varmasti kallista ja aikaa vievää.
- Telttaan koko rakennus rungon nostovaiheen jälkeen. Julkisivut ja eristykset tehtäisiin paikalla teltan telineiltä.
- MINÄ SAAN VALITA. OLEN TOIMINUT TERVEEN JÄRJEN MUKAAN.
- Koko talo pressun sisällä

**Edelliseen kysymykseen liittyen, mikä olisi mielestäsi kustannustehokkain ja hyötysuhteeltaan ”paras” suojausmenetelmä (suojaustaso hyvä kustannuksiin nähden) ARU:n käyttöön kerrostaloja märkään aikaan rakennettaessa?**

- Tyytyminen nykyiseen systeemiin pääosin. Tarvittaessa resursseja ja kuivumisaikaa liittäisiin kuivien rakenteiden saamiseksi.
- Kuten eletty. Villa uretaaniksi. Rakenne ohuempi ja ei ole vettä imevää rakennetta.
- Perinteinen tapa, SW-elementit ja villojen suojaus

**Miten olet toteuttanut/toteuttaisit kerrostalon lämmityksen talvella**

- ? Patteriverkostoon kytketyt lämmittimet, näissä tosin teho ongelmana. Kaukolämmönsiirtimien tehot ovat nykyään niin pienet, että ei niissä riitä teho näihin puhaltimiin. Öljypuhaltimia on käytetty. Kaasusäteilijöitä. Sähköpuhaltimia.
- Kaukolämmön hyväksi käyttö mahdollisimman pian isoilla lämpöpuhaltimilla por-rashuoneissa. Ennen sitä tarvittaessa ”öljykontti”, josta lämpöä aletaan syöttämään taloon rungon noustua toiseen kerrokseen.
- HOT BOX.
- Kaukolämpöön liitetyillä puhaltimilla

**Missä vaiheessa olet asentanut ikkunat kerrostaloon?**

- Rungon mukana, jotta aukot saadaan umpeen ennen seuraavan holvin valua, jotta saadaan lämpöä sisään.
- Runkoa nostettaessa yhdessä väliseinien runkovaiheen kanssa jo ennen vesikaton päälle saamista.
- Heti perästä. Uretaani aluksi vain sivuille ja alas. Ylös työnaikainen villa.
- Kun runko on noussut noin 3 kerrosta

**Missä vaiheessa aloittaisit lämmityksen?**

- Heti kun aukot ummessa, että lämpö pysyy sisällä. Lämmitetään ennen valuja ja valun jälkeen. Välissä voi pitää taukoa, jos lämpöä ei tarvita.
- Rungon noustua toiseen kerrokseen.
- Vaippa ummessa. Kerroksittain. Ei talo tarvitse olla kokonaan ylhäällä.
- Heti kun mahdollista, tietenkin vuodenajan mukaan

**Onko työmaillasi tehty kosteusmittaukset pinnoitettavista betonirakenteista (kph lattiat, vedeneristettävät seinät, parkettilattiat ym)?**

- Kyllä.
- On
- Aina.
- Kyllä on

**Missä vaiheessa edellä mainitut kosteusmittaukset on tehty?**

- Muutamaa viikkoa ennen pinnoitustöitä, jotta saadaan rakenteet kuiviksi varmasti.
- Heti, kun on oletettavissa rakenteiden kuivuus.
- Heti kun mahdollista. Reagointiaika kuivatukselle.
- Vesieristystöiden lähestyessä

**Ovatko rakenteiden liian korkeat kosteuspitoisuudet aiheuttaneet aikataulun venymistä tai aiheuttaneet muuta ongelmaa, mitä?**

- Ei minun työmailla.
- Ei ole aiheutunut yhtään viivästymisiä.
- Oikein elettyinä oikein tehty aikataulu ei veny.
- Pieniä viivästyksiä on ollut, näkyvät sitten myös pinnoituksia seuraavissa töissä häiriönä.

**Millä toimilla olet vähentänyt/vähentäisit korkeita kosteuspitoisuuksia betonirakenteissa?**

- Yritetään estää ylimääräisen kosteuden pääsy rakenteisiin. Tehostetaan kuivatusta ja ilman kiertoa. Yksi uusi asia, mikä ARK:n puolella on ainakin Piletin työmaalla käytössä. KPH-valujen alle ennen verkotusta asennetaan pohjalle betoninlämmityslankaa. (Samaa lankaa mitä käytetään pakkasella betonivalujen lämmitykseen). Ollut käytössä Harri Sirenin työmailla jo jonkin aikaa. Auttaa kuivumisessa jonkin verran ja kustannus ei ole kummoinen.
- Olen käyttänyt lattiavaluissa yhtä pykälää korkeampaa lujuusluokkaa, isompaa raekokoa 16 mm sekä hiukan nesteytintä vesimäärän vähentämiseksi. Ei ole ollut ongelmia kuivumisen suhteen. Tällä reseptillä betonimassa on helpommin työstettävissä kuin NP-massalla joten kaatovalupinnat ovat paremmin onnistuneet.
- NP massa.
- Kosteudenpoistajilla ja puhaltimilla, varovaisella lattialämmityksen käytöllä

**Miten olet toteuttanut/toteuttaisit kerrostalon rakennusaikaisen ilmanvaihdon?**

- Yleensä aina jokin ikkuna- tai oviaukko on sen verran auki tai vuotaa, että ilma vaihtuu hyvin. Jos tarvitsee lisätä ilmankiertoa, voi laittaa puhaltimia pyörimään. Alipaineistajia voi varmaankin myös käyttää.
- Puhallin saunan ikkunaan ulkopokan tilalle - systeemi
- Kanavapuhaltimet ikkunoihin. Simpukkapuhaltimet.
- Puhaltimilla ja avoimilla ikkunoilla

**Plaanovalu ja tasoitetyöt lisäävät sisäilman kosteutta merkittävästi. Miten vähennät tätä kosteutta?**

- Pidetään mahdollisuuksien mukaan ikkunoita tai ovia auki. Voisiko käyttää jonkinlaisia kosteudenpoistajia?
- Itse vesimäärää ei pysty vähentämään muutoin kuin kerroksen paksuutta ohentamalla? Kuivatuksen tehostamista sen sijaan kylläkin lisäämällä lämpöä ja avaamalla aukkoja työvaiheita seuraavina päivinä.
- KTS ed.
- Tuuletuksella

**Onko plaanon ja tasoitetöiden aikaansaama kosteus aiheuttanut ongelmia? Mitä ongelmia?**

- Ei varsinaisia suuria ongelmia. Ikkuna- ja ovikarmit voi joskus kärsiä, jos oikein kovasti hikoilee.
- Ei.
- Ei.
- Ei isompaa