

Aarni Ala-Korpi

# **RAKENNUSURAKOITSIJAN KOSTEUS- VAHINKOJEN JUURISYYT TYÖMAA- JA TAKUUAIKANA**

Rakentamisen ja talouden tiedekunta  
Diplomityö  
Marraskuu 2019

# TIIVISTELMÄ

Aarni Ala-Korpi: Rakennusurakoitsijan kosteusvahinkojen juurisyyt työmaa- ja takuuajana  
Diplomityö, 87 sivua, 3 liitettä (1+1+69 sivua)  
Tampereen yliopisto  
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma  
Marraskuu 2019

---

Tässä diplomityössä selvitettiin kohdeyrityksenä toimineen Peab Oy:n kosteudenhallinnan nykytila. Työssä selvitettiin mitkä tekijät aiheuttavat kosteusvahinkoja ja -ongelmia kohdeyrityksessä. Tarkastelu kohdistui työmaan toimintoihin ja rakentamisen jälkeiseen takuuajanaan. Nykytila-analyysin ohella selvitettiin miten kosteudenhallinnan osa-alueita tulisi kehittää työmaan toimintoja ja takuukorjaustyötä koskien. Työssä tarkasteltiin myös, kuinka suunnitelma-asiakirjat palvelevat kosteudenhallinnan onnistumista työmaa-aikana kohdeyrityksessä. Kohdeyrityksessä käyttöönotetun Kuivaketju10-toimintamallin myötä tarkasteltiin, kuinka todentamisohjeen mukainen dokumentointi on lähtenyt käyntiin ja miten dokumentointia tulisi kehittää.

Edellä kuvattuihin tutkimusongelmiin etsittiin ratkaisuja haastattelututkimuksen ja työmaalla tehtyjen kosteudenhallintakierrosten avulla. Haastattelututkimusosuus koostui erikseen vastaaville työnjohtajille ja takuutyövastaaville kohdistetuista haastattelutapah- tumista. Kosteudenhallintakierrokset koostuivat työmaakäynneistä kohdeyrityksen työ- mailla kussakin Suomen Peab Oy:n toimipisteessä.

Diplomityön tuloksena saatiin tarkka kuvaus siitä, millä tasolla kohdeyrityksen kosteu- denhallinta on ja miten toimintaa muuttamalla syntyviä kosteusvahinkoja voidaan vähen- tää ja syntyvistä kosteusvahingoista ja -ongelmista aiheutuneita seurauksia pienentää. Erikseen takuukorjaustöitä ja työmaatoimintoja koskevat toimenpide-ehdotukset ovat konkreettisia toimia, joilla varmistetaan, että kohdeyrityksessä käyttöönotetusta Kuiva- ketju10-toimintamallista saadaan todella irti hyöty, jolla vältetään 80 prosenttia kosteus- vaurioiden seurannaiskustannuksista.

Avainsanat: rakentaminen, kosteudenhallinta, Kuivaketju10, kosteusvahinko

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

# ABSTRACT

Aarni Ala-Korpi: Causes of moisture damage during building phase and warranty time  
Master of Science Thesis, 87 pages, 3 appendixes (1+1+69 pages)  
Tampere University  
Master's Degree Programme in Civil Engineering  
November 2019

---

Purpose of this MSc thesis was to analyze the current state of moisture control in Peab Ltd. The factors causing moisture damages and problems in the studied company were solved in this thesis. Analysis was focused on building activities and on warranty period after the construction phase. As an outcome, along with the analysis, improvement possibilities in moisture control in activities during building and warranty period were defined. In the thesis it was examined how well design documents serve successful moisture control of the company during a construction phase. It was also examined how operational model Kuivaketju10 has begun working considering its documentation by authentication manual. It is processed in the thesis how the documentation of moisture control in the company should be improved.

Solutions for the aforementioned research problems were searched by using interview survey and moisture control audit on the construction sites. Interview survey consists of theme interviews that were held separately for site foremen and personnel working for construction warranty on behalf of the building company. Moisture control audit consists of site visits on each field of operation on Peab Ltd.

As a result of this MSc thesis a precise description of quality of moisture control was made. By changing certain actions described in the thesis it is possible to decrease the amount of moisture damages and minimize the effect of moisture damages and -problems. Separately described proceeding suggestions of construction site actions and warranty period for the company are concrete acts to make sure that Kuivaketju10 works as intended and is truly able to lower the follow-up costs by 80 percent.

Keywords: construction, moisture control, Kuivaketju10, moisture damage

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

## ALKUSANAT

Diplomityön tekeminen on sujunut pääosin odotuksien mukaisesti. Mukaan on toki mahtunut vaikeuksia ja turhautumistakin, mutta lopulta urakka on saatu kunnialla päätökseen. Diplomityöprosessi on ollut hyvin opettavainen kokemus ja samalla myös hieno mahdollisuus päästä vierailemaan lukuisilla toisistaan hyvinkin paljon eroavilla työmailla. Erityisen mielekästä tutkimuksen kenttätyö on ollut siitäkkin syystä, että työmaita on päässyt tarkkailemaan itseä kiinnostavan aihepiirin kannalta.

Diplomityö on tehty yhteistyössä Tampereen yliopiston rakentamisen ja talouden tiedekunnan, Peab Oy:n ja Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n kanssa vuonna 2019. Työn ohjaajina ovat toimineet asiantuntija DI Petri Mannonen (Vahanen Rakennusfysiikka Oy), projektipäällikkö Juha-Matti Junnonen (Tampereen yliopisto) ja tuotannon valmentaja DI Anita Marjasalo (Peab Oy). Työn on tarkastanut Prof. Arto Saari (Tampereen yliopisto).

Haluan kiittää kaikkia työn ohjaukseen ja tarkastukseen osallistuneita henkilöitä avusta työn eri vaiheissa. Erityiskiitokset Juha-Matille, Petrille ja Anitalle panoksestanne ohjaustyöhön, jota ilman en olisi selvinnyt urakasta. Kiitos myös Niemen Samille nasevista kommenteista ja onnistuneesta motivoinnista, josta sain aina tarvittaessa lisäpotkua tekemiseen. Kiitos Timo Laapiolle ja Peab Oy:lle tämän diplomityön rahoituksesta.

Suuri kiitos rakkaalle avopuolisolleni Emmalle, että jaksoit jatkuvasti tsemptata diplomityön teossa ja piristit näyttöpäätteen edessä työskentelevää teekkaria silloin tällöin yllättämällä hänet kahvitarjoilulla.

Koska valmistuminen jo siintää edessä, haluan vielä lopuksi kiittää Possuveljeskunnan jäseniä antoisista opiskeluvuosista, vaikka yhdessä tekeminen ei varmasti opiskeluvuosiin päätykään.

Tampereella, 22.11.2019

Aarni Ala-Korpi



# SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Tutkimuksen taustaa .....	1
1.2	Diplomityön tavoitteet ja rajaukset .....	2
2.	KOSTEUS.....	4
2.1	Kosteuslähteet.....	4
2.2	Suhteellinen ja absoluuttinen kosteus.....	8
2.3	Kosteuden siirtymismuodot.....	8
2.3.1	Diffuusio.....	8
2.3.2	Kapillaarinen virtaus.....	10
2.3.3	Kosteuskonvektio.....	11
2.3.4	Paineenalainen ja painovoimainen siirtyminen.....	13
2.4	Aineen kosteus.....	14
2.4.1	Hygroskooppinen kosteus.....	14
2.4.2	Rakennuskosteus .....	14
2.4.3	Materiaalien kosteusliikkeet .....	15
3.	RAKENTEIDEN VAURIOITUMISMEKANISMIT .....	17
3.1	Maanvastaiset alapohjat.....	17
3.2	Ryömintätilalliset alapohjat .....	19
3.3	Ulkoseinät.....	22
3.4	Vesikatto.....	27
3.5	Materiaalit ja avoimet rakenteet .....	31
3.6	Märkätilat.....	34
3.7	Ilmanvaihto ja ilmavirtaukset.....	35

4.	KOSTEUDENHALLINTAPROSESSI.....	38
4.1	Kriittiset laatutekijät kosteudenhallinnassa.....	39
4.2	Kosteusriskien arviointi ja hallinta .....	41
4.2.1	Kosteusriskiluokan ja menettelytavan valinta .....	42
4.2.2	Kosteudenhallinnan menettelytavat .....	43
4.2.3	Kosteudenhallintaselvitys.....	44
4.2.4	Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma .....	45
4.2.5	Kuivaketju10 .....	45
4.3	Käyttöönotto ja ylläpito.....	47
4.3.1	Huoltokirja.....	47
4.3.2	Ylläpito.....	48
5.	HAASTATTELUJEN JA KOSTEUDENHALLINTAKIERROSTEN TULOKSET ...	49
5.1	Työnjohtajien haastattelujen tulokset.....	50
5.1.1	Haastateltavan kokemukset kosteusvahingoista ja kosteudenhallinnasta.....	50
5.1.2	Dokumentoinnin tila .....	53
5.1.3	Kosteudenhallinnan vaatimusten periyttäminen .....	55
5.1.4	Suunnittelu.....	57
5.1.5	Toiminnan kehittäminen .....	60
5.2	Takuutyövastaavien haastattelujen tulokset.....	61
5.2.1	Haastateltavan kokemukset kosteusvahingoista ja kosteudenhallinnasta.....	61
5.2.2	Dokumentointi.....	63
5.2.3	Kiinteistönpito .....	65
5.3	Kosteudenhallintakierrosten tulokset .....	66

6.	TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTA .....	68
6.1	Kohdeyrityksen kosteudenhallinnan nykytila työmaatoimintaan liittyen .....	68
6.1.1	Kehitysehdotukset työmaatoiminnan nykytilan pohjalta.....	74
6.2	Kohdeyrityksen kosteudenhallinnan nykytila takuukorjauksiin liittyen.....	77
6.2.1	Kehitysehdotukset takuukorjausten nykytilan pohjalta.....	80
7.	YHTEENVETO.....	82
	LÄHTEET .....	85

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen taustaa

Tämän diplomityön tarpeen syntymiseen on vaikuttanut rakennusyhtiö Peabin teettämä Taloustutkimus Oy:n kysely. Teetetyssä kyselyssä selvitettiin ihmisten mielikuvia ja käsityksiä rakentamisesta Suomessa. Kyselyssä selvisi, että rakennusalalla on Suomessa huono imago ja ihmisten luottamus rakennusalaan on vähäistä. Kyselyn perusteella 92 prosenttia suomalaisista oli joko täysin tai melko samaa mieltä väitteestä, että kosteus ja sisäilmaongelmat ovat suuri haaste yhteiskunnassamme. 88 prosenttia suomalaisista puolestaan on sitä mieltä, että juuri kosteudenhallinta on suomalaisen rakentamisen suurimpia ongelmia. Kyselyn 1152:n vastaajan otos edustaa koko Suomen väestöä. Kyselyn perusteella mielikuvaa rakennusalasta voidaan pitää odotuksia huonompana. Rakennusalalla toimivien yritysten ja muiden tahojen yhteisten etujen mukaista ei ole se, että rakennusalan maine on koko valtakunnan mittapuulla hälyttävän huono. Kosteusongelmissa ei ole kyse pelkästään rakennetusta ympäristöstä ja rahasta, vaan kosteusongelmissa on suora yhteys ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin. Kosteusongelmat eivät kuitenkaan kohdistu vain uusiin rakennuksiin, vaan pääosin kosteusongelmat koskevat vanhaa rakennuskantaa, josta huoli on noussut koskemaan myös uudistuotantoa. Terveellinen ja turvallinen rakentaminen on merkittävässä osassa Suomen kansantaloutta, mutta puutteellinen kosteudenhallinta aiheuttaa jatkuvasti mittavia tappioita rakennustuotannossa. (Katajisto 2018)

Rakentamisessa tapahtuneet epäonnistumiset, suunnittelun virheet sekä rakentamisen huono laatu ovat syitä siihen, että rakentamisen hyvä maine mielletään hävinneeksi. Jatkuva kiire, ilman ammattitilpeyttä hoidetut työtehtävät kuivaketjun eri vaiheissa sekä valvonnan puute johtavat useimmiten huonolaatuiseen lopputulokseen. (Katajisto 2018)

Taloustutkimus Oy:n laatiman selvityksen tulosten seurauksena Peab haastoi Rakennusteollisuus RT ry:n kanssa suurimmat rakennusalan yritykset mukaan kosteudenhallinnan hankkeeseen, jonka tarkoitus on yhtenäistää rakennusalan kosteudenhallinnan käytänteitä, ja luoda tätä kautta parempaa laatua sekä hiljalleen palauttaa rakennusalan

hyvä maine. Tarve tälle kosteudenhallintaan liittyvälle diplomityölle nousi esille kosteudenhallintahankkeen yhteydessä. Peab Oy toimii hankkeen vetäjänä ja haluaa kehittää työmaiden ja takuuajan kosteudenhallinnan osaamista ja tietotaitoa.

Työn ohjaukseen osallistuvalla Vahanen Rakennusfysiikka Oy:llä on pitkäaikaista kokemusta kosteudenhallinnasta eri kokoisissa uudis- ja korjausrakennuskohteissa. Tätä kokemusta kosteudenhallinnasta, rakenteiden kosteusteknisestä toiminnasta, valvonnasta, työmaaseurannasta kuten myös kosteusvauriotutkimuksista ja korjaussuunnittelusta hyödynnettiin diplomityön ohjauksessa.

## 1.2 Diplomityön tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena on selvittää mitkä ovat yleisimmät työmaavaiheen kosteusvahingot, ja puutteellisesta kosteudenhallinnasta aiheutuvat takuu- ja vastuuajan lisätyöt, joita esiintyy Peab Oy:n rakennuskohteissa. Työssä pyritään kosteusvahinkodokumentointiin perehtymällä, käynnissä oleviin rakennustyömaihin tutustumalla ja työmaa- ja takuuvastaville teetetyillä haastatteluilla selvittämään juurisyyt, miksi kosteusvahingot ovat syntyneet ja mitkä tekijät ovat osaltaan vaikuttaneet vahingon syntymiseen. Juurisyiden pohjalta diplomityön tavoitteena on kehittää Peab Oy:n toimintamallia kosteusvahinkojen ehkäisemiseksi tulevaisuudessa.

Diplomityössä pyritään etsimään ratkaisua tutkimusongelmaan ja osakysymyksiin, jotka ovat esitetty alla.

### **Tutkimuskysymys:**

1. Mitkä ovat rakennusurakoitsijan kosteusvahinkojen juurisyyt työmaa- ja takuuajana?

### **Osakysymykset:**

1. Mitkä ovat kosteudenhallinnan kehitettävät osa-alueet työmaa-, takuuajana ja suunnittelussa?
2. Mikä on kosteusvahinkojen viestinnän ja dokumentoinnin tila Peab Oy:ssä ja kuinka dokumentointia voidaan kehittää?

Tutkimus käsittää Peab Oy:n kaikki rakentamisen sektorit (asunto- ja toimitilarakentaminen ja korjausrakentaminen), sekä omaperusteisena että kilpailu-urakointina toteutettuna. Suunnittelu rajataan tutkimusalueen ulkopuolelle niin, että työssä haastatellaan yrityksen takuuvastaavat ja valittujen työmaiden henkilökuntaa, mutta ei suunnittelijoita.

Haastattelussa esiin nousseet asiat suunnitteluun ja sen mahdollisiin kehitystarpeisiin tai puutteisiin liittyen huomioidaan ja otetaan osaksi analyysiä.

Työn teoriaosuudessa käsitellään:

- Kosteusvahinkojen ja kosteusvaurioiden taustalla vaikuttavia fysikaalisia ja kemiallisia prosesseja.
- Olemassa olevia kosteudenhallinnan ohjeistuksia, joilla pyritään välttämään kosteusongelmat.

Diplomityössä selvitettiin tarkka kosteudenhallinnan nykytila Peab Oy:ssä työmaa- ja takuuvastaaviin kohdistuvan haastattelututkimuksen avulla. Haastattelut tehtiin työmaa- ja takuutyövastaaville sekä toimisto- että työmaa- ympäristöissä. Haastateltavat tavattiin henkilökohtaisesti omissa työyksiköissään. Työmaakäyntien yhteydessä haastattelujen jälkeen tehtiin kosteudenhallintakierroksia, joista laadittuja muistioita käytettiin yhtenä työn aineistona. Haastattelukysymykset annettiin haastateltaville valmiiksi ennen varsinaista haastatteluajankohtaa, jotta haastateltavat ehtivät valmistautua kysymyksiin. Haastatteluista tehtiin muistiinpanot ja äänitallenteet myöhempää analysointia varten. Yleisimmät vahinkomekanismit selvitettiin pääosin kosteusvahinkojen ja takuukorjausten tilastointiin ja dokumentointiin perehtymällä.

## 2. KOSTEUS

Kosteus on alan kirjallisuudessa määritelty kemiallisesti sitoutumattomaksi vedeksi (Björkholz 2015; Siikanen 2014). Veden olomuoto voi olla kiinteä, neste, tai kaasumainen. Yleisesti kosteus ilmoitetaan prosentteina, mikä kuvaa kosteuden massan ja aineen massan suhdetta.

Kosteusvaurion syntyminen aiheutuu rakennusosien kostumisesta, jatkuvasta kosteudesta tai kuivumisen pitkittymisestä. Pitkäaikainen kosteus altistaa rakenteet homevaurioille, lahottajasienille, hiivoille ja bakteereille, joista käytetään nimitystä mikrobi. Lyhytaikainen rakenteen kastuminen ja normaali kuivuminen ei altista rakennetta mikrobikasvulle. Kosteusvauriot ovat seurauksia kosteusteknisistä suunnitteluvirheistä, toteutus- ja huoltovirheistä sekä vääränlaisesta käytöstä. Siikasen 2014 mukaan kosteusvaurion juurisyyt yleensä voidaan luetella seuraavasti:

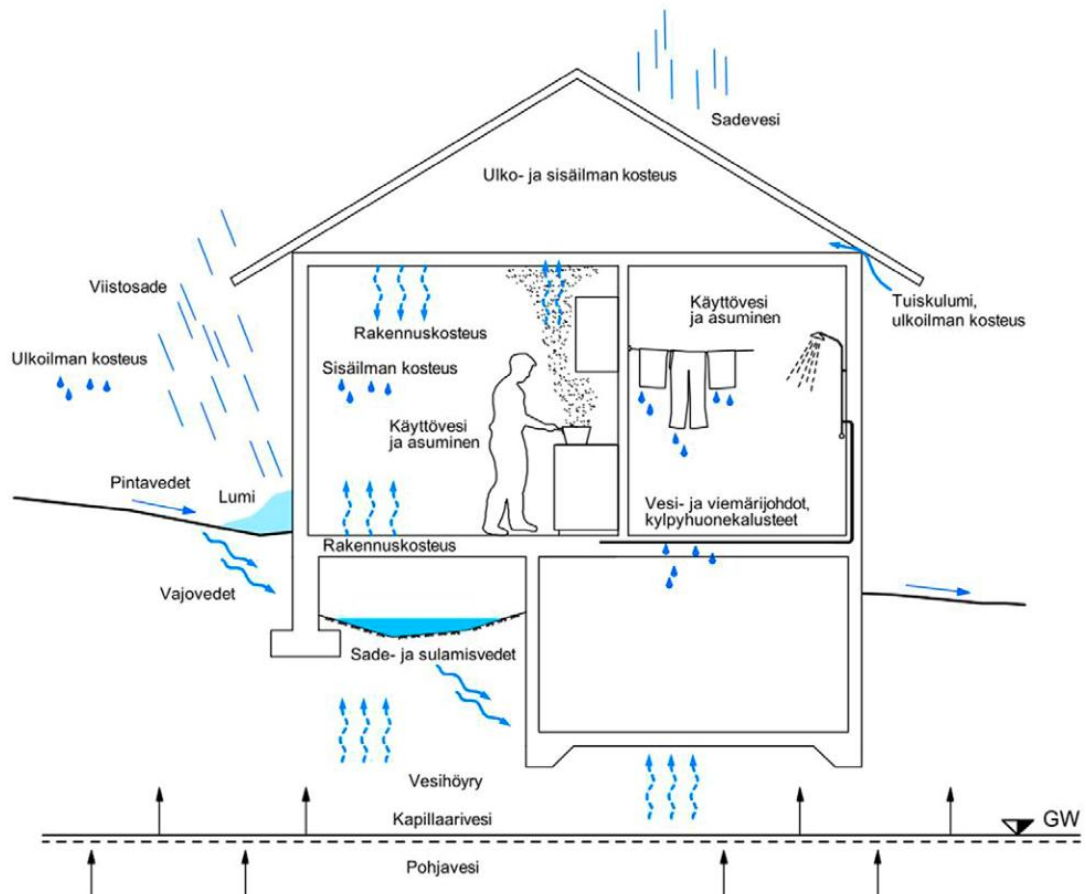
- suunnitelman virhe tai puuttuminen
- rakennustyössä tehty virhe
- rakentamisen laadunhallinnan pettäminen
- rakennuksen vääränlainen käyttö
- rakennuksen huollon puutteet ja rakennusosien vanheneminen

Rakennuksen turvallisesta ja terveellisestä käytöstä on määrätty laissa terveydensuojelulaissa (763/1994) ja työpaikkoja koskien työturvallisuuslaissa (738/2002). Laki edellyttää, että kosteus- tai mikrobivaurion ilmetessä, rakennuksessa tulee ryhtyä vaurioin aiheuttajan poistaviin korjaustoimenpiteisiin. Asumisterveysasetuksessa (545/2015) annetaan raja-arvot oleskelun terveydellisille olosuhteille. Asumisterveysasetusta sovelletaan terveydensuojelulain nojalla. Mikäli toimenpiteisiin ei vaurion syyn ja vahinkojen korjaamiseksi ryhdytä, voi terveydensuojeluviranomainen rajoittaa rakennuksen käyttöä. (Siikanen 2014, s. 66)

### 2.1 Kosteuslähteet

Rakentamisessa kosteus esiintyy näkyvänä vetenä, vesihöyrynä ja rakennekosteutena, joka on sitoutunut rakenteisiin. Rakennuskosteudesta on kerrottu tarkemmin kappa-

leessa 2.4.2. RIL 250–2011 jaottelee kosteuslähteet ulkoisiin- ja sisäisiin kosteuslähteisiin. Kuvassa (Kuva 1) on esitetty rakennuksen yleisimmät sisä- ja ulkopuoliset kosteuslähteet. Osa kosteudesta sitoutuu rakenteisiin jo rakentamisen aikana. Työmaan aikana kuvassa vallitseva tilanne eroaa siten, että rakennuksen sisäpuolella voidaan suorittaa kosteutta lisääviä töitä kuten esimerkiksi valu- tai tasoitetöitä.



**Kuva 1.** Rakennuksen yleisimmät sisä- ja ulkopuoliset kosteuslähteet. (Pitkäranta 2016 s.109)

### Sadevesi

Rakennuksen sijainti ympäristöönsä nähden vaikuttaa sen altistumiseen myrskysateille. Tuulisissa olosuhteissa erityisesti rannikkoseuduilla ilmavirtaukset voivat siirtää vettä ylöspäin. Tällä on vaikutusta erityisesti räystäiden ja ikkunapellitysten kohdilla, jolloin ylösnouseva vesi voi päästä rakenteiden sisään. Myrskyisillä paikoilla on syytä harkita umpinaisia räystäsrakenteita. Umpinaisilla räystäsrakenteilla katon tuulettavuus toteutetaan alipainetuulettimien avulla. Maahan satanut vesi johdetaan pois rakennukselta



1:20 maanpinnan kallistuksella. Vesi, joka imeytyy maaperään, johdetaan pois salaojituksella. (RIL 250-2011, s. 64)

### **Lumi, jää ja sulamisvesi**

Rakenteisiin voi talvisaikaan kertyä jäätä ja lunta, joka sulaessaan altistaa rakennuksen kosteusvaurioille. Kevyt pakkaslumi voi voimakkaasti tuulettuvassa rakenteessa kulkea pitkiä matkoja. Ongelmanlähde voi tästä syystä olla vaikea paikantaa, eikä vauriota yleensä havaita ennen sisätilojen pinnoilla näkyviä kosteusjälkiä. (RIL 250-2011, s. 64)

### **Maaperän kosteus**

Maaperän kosteudella tarkoitetaan pohja- ja vajovettä. Maaperän kosteuteen vaikuttavia tekijöitä ovat pohjaveden korkeus, maalaji ja tontin kuivatuksen ja salaojituksen järjestelyt. Suunnittelussa maahuokosten ajatellaan olevan täydellisesti vesihöyryllä kyllästyneitä. Tämä tarkoittaa käytännössä, että maaperän suhteellisen kosteuspitoisuuden arvona käytetään RH 100%:ia. (RIL 250-2011, s. 64)

### **Ulko- ja sisäilman kosteus**

Ulkoilman kosteuspitoisuus vaihtelee sääolojen ja vuodenaikojen mukaisesti. Kesäaikana ulkoilma sisältää paljon kosteutta. Kylmään talvisaikaan puolestaan kosteuspitoisuus on pieni. Sisäilman kosteus seuraa likimain ulkoilman kosteuspitoisuuksia. Ilmassa oleva kosteus voi sitoutua hygroskooppisesti huokosiin aineisiin tai tiivistyä materiaalien pinnoilla. Sisäilman kosteuteen vaikuttaa ulkoilman lisäksi myös rakennuksessa suoritettavista toiminnoista peräisin oleva kosteuslisä. Muun muassa huonekasvit, hengitys, ruuanlaitto, peseytyminen ja saunominen ovat sisäilman kosteuspitoisuutta lisääviä tekijöitä. (RIL 250-2011, s. 64)

Taulukossa (Taulukko 1) on esitetty eri kosteuslähteistä aiheutuvia kosteuslisiä grammoina tuntia kohden.

**Taulukko 1.** Rakennuksessa suoritettujen toimintojen aiheuttama kosteuslisiä. (Nevander & Elmarsson 2011)

Kosteuslähde	Kosteuden tuotto
Kylpy	700g/h
Keittiötoiminta	600–1500g/h
Avoin vesipinta	40 g/m <sup>2</sup> h
Pienet tai keskikokoiset kasvit	7–20g/h
Suihku	2600g/h

On syytä huomioida, että sisäilman kosteuspitoisuus seuraa myös ilmanvaihdon toiminta-aikoja ja tehoa. Julkisissa rakennuksissa ilmanvaihto on säädetty osateholle tai sammuksiin käyttöajan ulkopuolella. Näinä ajankohtina rakennuksen suhteellinen kosteuspitoisuus voi nousta, kun paljon kosteutta sisältävää sisäilmaa ei siirretä rakennuksesta ulos.

### Rakennuksen sisäiset kosteuslähteet

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta ohjeistaa, että putkistot ja laitteet tulisi vesivuotojen varalta toteuttaa siten, että mahdollisesti aiheutuva vesivuoto tulee näkyville. Tällöin mahdolliset vuodot ovat nopeammin ja helpommin havaittavissa ja vauriolaajuudet vuodon sattuessa jäävät pienemmiksi. Kun laitteistoihin ja asennuksiin liittyy vesivahingon mahdollisuus, tulee toteutuksessa varmistaa, että järjestelmien tarkastus, korjaus ja uusiminen on mahdollista toteuttaa. Asennusten yhteydessä voidaan käyttää vuodonilmaisimia ja esimerkiksi pesukoneen alle asennettavia kosteusantureita, jolloin vesivuodot voidaan havaita nopeasti. Alle asennettava vuotokaukalo ohjaa vesivuotovedet näkyville.

Putkistojen ja laitteiden ohella tyypillisiä vuotoja ovat vuodot rakennusvaipan rakennesosissa ja rakennuksen sisäpuolisten vesi- ja kosteuseristettyjen tilojen vuodot. Veden- ja kosteuseristeen vuotokohdat ovat useimmiten havaitsemattomissa pinnoitusmateriaalin alla. Märkätiloissa vedeneristeen vuotokohdista voi kulkeutua suuria kosteusmääriä ympäröiviin rakenteisiin. Kosteus voi päästä vedeneristeen vuotokohdasta laajalle alueelle, jolloin kosteusvaurion lähteen paikantaminen on haastavaa.

Rakennuksessa tehtävillä toimenpiteillä voi olla vaikutus sen kosteustekniseen toimintaan. Esimerkiksi lämmitysjärjestelmän muutoksen, ilmanvaihdon säätöjen ja painesuhteiden muuttamisen yhteydessä on aina syytä huomioida vaikutus rakennuksen sisäiseen kosteuteen. (RIL 250-2011, s. 70)

## 2.2 Suhteellinen ja absoluuttinen kosteus

Rakennustekniikassa käytössä olevat kosteuteen liittyvät suureet ovat suhteellinen kosteuspitoisuus (RH%) ja absoluuttinen kosteus ( $\text{g/m}^3$ ). Suhteellisella kosteuspitoisuudella tarkoitetaan sitä prosentuaalista vesihöyrymäärää, joka voi sitoutua tietyn lämpöiseen ilmaan. Suhteellinen kosteus ei voi ylittää 100%:ia, vaan ylimääräinen vesihöyry tiivistyy vedeksi suurimman mahdollisen ilman sisältämän vesihöyrymäärän ylittyessä. Ulkoilman suhteellinen kosteus vaihtelee vuodenaikojen mukaan siten, että lämmityskaudella suhteellinen kosteuspitoisuus on suuri ja kesällä lämpötilan noustessa suhteellinen kosteuspitoisuus on matalampi. Absoluuttinen kosteus tarkoittaa vesihöyryn määrää, jonka ilma pitää sisällään. Absoluuttista kosteutta mitataan grammoina kuutiometriä kohti ( $\text{g/m}^3$ ). Mitä lämpimämpää ilma on, sitä suurempi absoluuttinen kosteusmäärä voi sitoutua siihen vesihöyrynä.

Työmaalla sisäilman suhteellinen kosteus tulee pitää rajoissa, joissa rakenteille ei aiheudu vaurioitumisriskiä liian suuresta sisäilman suhteellisen kosteuden pitoisuudesta. Erityisesti sisätyövaiheissa on tärkeää, ettei sisäilman suhteellinen kosteuspitoisuus ole liian korkealla pitkiä ajanjaksoja. Sisäilman suhteellisen kosteuden pitoisuuksia voidaan seurata jatkuvatoimisilla loggereilla, joiden dataa voidaan tallentaa ja liittää esimerkiksi pinnoitustöihin liittyvään laadunvarmistusdokumentointiin.

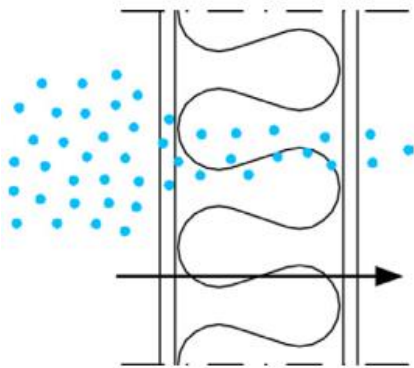
## 2.3 Kosteuden siirtymismuodot

Kosteus voi siirtyä rakenteissa eri muodoissa. Kosteudensiirtymismuotoja ovat diffuusio, konvektio, kapillaarinen virtaus sekä painovoimainen- ja paineenalainen kosteuden siirtyminen.

### 2.3.1 Diffuusio

Vesihöyryn diffuusiolla tarkoitetaan kaasuseoksessa (esim. ilma) tapahtuvaa vesimolekyylien liikettä. Vesimolekyylit törmäilevät ilmassa toisiinsa, minkä vaikutuksesta vesi-

höyrypitoisuudet pyrkivät tasaantumaan. Diffuusiossa kaasuseoksen osapaine-erot ha-  
keutuvat tasapainoon. Osapaine-erojen tarkastelu mahdollistaa diffuusion laskennalli-  
sen tarkastelun. Laskentaa voidaan toteuttaa myös vesihöyrypitoisuuksien avulla. Vesi-  
molekyylit pyrkivät siirtymään vesihöyryssä korkeammasta pitoisuudesta matalampaan  
pitoisuuteen. Diffuusiota tapahtuu vesihöyryä läpäisevän materiaalikerroksen läpi. Ku-  
vassa (Kuva 2) on esitetty diffuusion toimintaperiaate seinärakenteen läpi. Vasemmalla  
puolella vesihöyrypitoisuus on suurempi, joten diffuusio on kuvan nuolen suuntaista.  
(Vinha 2008; Pitkäranta 2016)



**Kuva 2.** Vesihöyryn diffuusion periaate (Pitkäranta 2016, s. 113)

$$g_{dif} = -\delta_p \frac{dp}{dx}$$

$$g_{dif} = \frac{p_1 - p_2}{Z_p}$$

Vesihöyryn läpäisevyys  $\delta_p$  [kg/m s Pa] on vesimäärä, joka läpäisee aikayksikössä yksi-  
kön suuruisen pinta-alan ja pituusyksikön paksuisen homogeenisen materiaalikerroksen.  
Vesihöyryn osapaine-ero kerroksen yli tällöin on yksikön suuruinen. Vesihöyrynvastus  
 $Z_p$  [m<sup>2</sup> s Pa/kg] on vesihöyryn läpäisevyyden käänteisluku. Mitä suurempi on vesihöyrynv-  
vastus, sitä vähemmän rakenteen läpi siirtyy kosteutta.

Rakennuksen käytöstä aiheutuu kosteuslisä sisäilmaan. Sisäilma on yleensä ulkoilmaa  
kosteampaa ja diffuusion suunta on sisäilmasta kohti ulkoilman vesihöyryn pienempää  
osapainetta. Lämmityskaudella osapaine-erojen suuruus kasvaa, jolloin myös diffuusiota  
tapahtuu enemmän. (Pitkäranta 2016, s. 114)

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta ohjeistaa, että seinärakenteen vesihöyryvastuksen tulee pienentyä rakenteen ulko-osia kohti. Asetuksen mukaan vesihöyryvastuksen ja ilmatiiviyden tulisi olla sellainen, ettei seinän kosteuspitoisuus sisäilman vesihöyryn diffuusion tai konvektion seurauksena nouse liian korkeaksi muodostaen riskin seinärakenteen kosteustekniselle toimivuudelle.

Vesihöyryvastuksen tulee seinän sisäosissa olla vähintään viisinkertainen seinärakenteen ulko-osiin verrattuna. Käytännössä tämä toteutuu aina käytettäessä höyrynsulkerrosta. Suuri sisäpinnan vesihöyryvastus vähentää ulkoseinärakenteen kosteusvaurioriskiä. Diffuusiolla rakenteeseen siirtyvä kosteus voi edetä rakenteessa edelleen painovoimaisesti tai kapillaarisesti huokoisia materiaaleja pitkin.

### 2.3.2 Kapillaarinen virtaus

Kosteuden kapillaarivirtausta tapahtuu huokoisissa aineissa. Kapillaarivirtauksella tarkoitetaan veden siirtymistä aineen huokosissa. Aineen huokosiin sitoutuneen veden paine ja ilmanpaine saavat aikaan paine-eron, huokosalipaineen. Huokoisessa aineessa vesihöyrynpaine on pienempi, kuin vapaan vesihöyryn paine. Huokosalipaine on sitä suurempi, mitä pienempi aineen huokonen on. Veden imeytymistä huokoiseen materiaaliin tapahtuu silloin kun materiaali on kosketuksissa vapaaseen veteen, tai kun materiaali on kosketuksissa toiseen kapillaarisella kosteusalueella olevaan aineeseen. Kapillaarista veden siirtymistä voi tapahtua sekä pysty-, että vaakasuunnassa. Kapillaarisella tasapainokosteudella tarkoitetaan kosteutta, joka sitoutuu aineeseen, kun se on kosketuksissa vapaaseen veden pintaan.

Kapillaarivirtausta tapahtuu, kunnes huokospaine-erot ovat päässeet tasaantumaan tai vesi on noussut kapillaariseen nousukorkeuteen, jossa huokosalipaine on yhtä suuri, kuin maan vetovoima. Huokosalipaine kasvattaa veden kapillaarista siirtymisnopeutta. Huokoskoon pienetessä ja virtausmatkan kasvaessa siirtymistä hidastavat kitkavoimat kasvavat. Kapillaarisen materiaalin huokoset ovat aina erikokoisia, joten virtausnopeudet vaihtelevat aineen suojahuokosten sisällä huokosen koon mukaan. Rakennustekniikassa kapillaarista veden tunkeutumissyvyyttä voidaan arvioida alla olevalla kaavalla.

$$X = B\sqrt{t}$$

jossa X on veden tunkeutumissyvyys [m], B on tunkeutumiskerroin ja t on aika [s].

Rakennustekniikassa on tyypillistä, että veden korkeusasema asettuu tasapainoon haihtuvan kosteuden ja painovoiman kanssa. Haihtuvan kosteuden määrään vaikuttaa pinnan kosteudenläpäisevyys ja haihtumisenergian saanti, johon vaikuttaa pääosin rakeneosan, ja ilman lämpötila. Kapillaarista siirtymistä pyritään useimmiten välttämään, mutta joissain tapauksissa siitä voi olla hyötyä. Esimerkiksi vanhoissa korjausrakennuskohteissa tyypilliset puupaalut sijaitsevat kapillaarisen veden alapuolella hapettomissa olosuhteissa, jolloin puu on suojassa lahovaurioilta. Maaperässä huokosveden paine pienenee alipaineiseksi ilmaan nähden, kun siirrytään pohjaveden pinnan yläpuolelle. (Pitkäranta 2016, s. 112)

### **2.3.3 Kosteuskonvektio**

Kosteuskonvektiolla tarkoitetaan vesihöyryn siirtymistä kaasuseoksen mukana. Kaasuseos liikkuu tilojen kokonaispaine-erojen vaikutuksesta ja kaasuseokseen sitoutunut vesimäärä siirtyy kaasun mukana. Siirtymisuunta on korkeammasta kokonaispaineesta matalampaan paineeseen. Ilma virtaa rakenteissa ja liittymissä olevien rakojen ja huokoisten materiaalien läpi. Rakennusten tilojen välillä vallitsevat painesuhteet määräävät konvektion suunnan. Painesuhteet syntyvät tuulen, ilman lämpötilaerojen ja ilmanvaihdon seurauksena. Konvektiolla siirtyvään kosteuden määrään vaikuttaa ilman absoluuttinen kosteus, tilojen välinen paine-ero, materiaalien ilmanläpäisevyydestä ja rakenteissa olevien rakojen virtausvastuksesta. Huokoisten materiaalien ilmanläpäisevyys on erittäin paljon suurempi kuin ei huokoisilla materiaaleilla. Rakojen dimensiot vaikuttavat konvektion virtausvastukseen. Kosteuskonvektio voi olla rakennetta kuivattava tai kasteleva tekijä riippuen jäähtyykö vai lämpeneekö ilma siirtyessään rakenteen läpi. Lämmitessään ilma kykenee sitomaan enemmän vesihöyryä, jolloin konvektiolla on rakenteita kuivattava vaikutus. Jos taas ilman lämpötila laskee ilman virratessa rakenteen läpi, nousee ilman suhteellinen kosteuspitoisuus ja konvektiolla on rakenteita kasteleva vaikutus. Ilman lämpötilan laskiessa alle kastepisteen, alkaa vesihöyry tiivistyä vedeksi. (Pitkäranta 2016, s. 116)

Konvektiota voi tapahtua ns. luonnollisen konvektion tai pakotetun konvektion seurauksena. Luonnollisella konvektiolla tarkoitetaan ilman lämpötilaeroista johtuvan ilmantiheyserojen tasaantumisen johtuvaa konvektiota. Pakotettu konvektio puolestaan tarkoittaa ulkopuolisen voiman avulla tapahtuvaa konvektiota. Ilmanvaihto ja tuuli ovat esimerkkejä pakotetusta konvektiosta. (Vinha 2008)

Kosteuskonvektiossa rakenteeseen sitoutuva kosteus määrä voidaan laskea alla olevalla kaavalla.

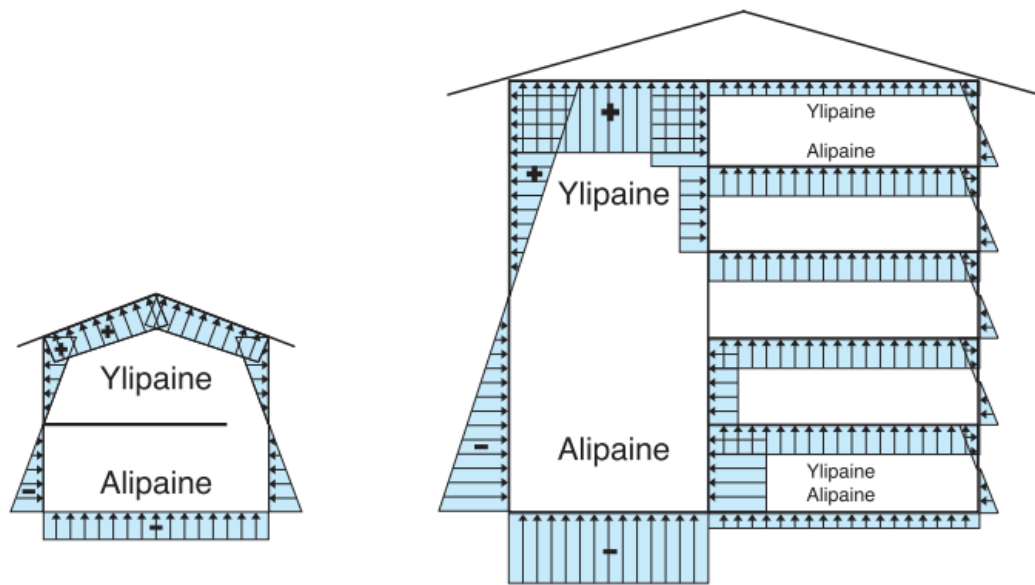
$$G = Q(v_s - v_u)$$

jossa G on kosteusvirta [g/s], Q on tilavuusvirta [m<sup>3</sup>/s], v<sub>s</sub> on virtaavan ilman kosteus määrä [g/m<sup>3</sup>] ja v<sub>u</sub> on virtausreitien alimman lämpötilan kriittinen kosteuspitoisuus [g/m<sup>3</sup>]. (Pitkäranta 2016, s. 115)

Kostean sisäilman virtaamista ulospäin pyritään estämään suunnittelemalla ja toteuttamalla rakennukset lievästi alipaineisiksi. Asuin-, liike- ja toimistokäytössä oleva lämmitettävä rakennus toimii kosteusteknisesti oikein, kun sisäilma on 0...-2Pa alipaineinen ulkoilmaan nähden. Tiiviin talon painesuhteita voidaan hallita ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmamäärien säädöillä. Rakenteiden ilmavuotojen ja hallitsemattoman konvektion estämiseksi rakenteen sisäpinnat on pyrittävä tekemään ilmatiiviiksi. RIL 249-2015 ohjeistaa tiiveyden varmistamiseksi, että jokaisesta liitostyypistä ja läpiviennistä tehdään työmaalla esimerkkiasennus, jonka rakennesuunnittelija tai LVI-suunnittelija yhdessä valvojan kanssa katselmoivat. Tiiveyden merkitys korostuu korkeissa tiloissa, esimerkiksi porrashuoneissa. Näissä tiloissa termiset voimat painavat kosteutta sisältävää ilmaa mahdollisten vuotokohtien läpi. Ilmanvaihdon oikeanlainen tasapainottaminen on tästä syystä erityisen tärkeää korkeissa tiloissa.

### **Pumppaus- ja savupiippuvaikutus**

Kaasujen tilanyhtälön mukaisesti ilmamäärän tilavuus vakiopaineessa ja lämpötilassa on vakio. Rakennuksessa tämä aiheuttaa tilanteen, jossa sisäilma virtaa yläpohjan kautta lämmitessään ulos ja kylmempi korvausilma pyrkii sisään rakennuksen alaosiin. Siikonen 2014 käyttää ilman virtausilmiöstä nimitystä pumppausvaikutus. Ympäristöopas 2016 puolestaan käyttää ulko- ja sisäilman lämpötilaerojen aiheuttamasta paine-erosta nimitystä savupiippuvaikutus. Savupiippuvaikutus aiheuttaa rakennukselle paine-erokauden, jossa rakennuksen alaosiin kohdistuu alipaine ja yläosiin ylipaine verrattuna ulkoilmaan. Kuvassa (Kuva 3) on esitetty periaate savupiippuvaikutuksesta aiheutuvasta paine-erojen jakaumasta rakennuksella.



**Kuva 3.** Sisä- ja ulkoilman lämpötilaerojen aiheuttama paine-erojakauma rakennuksen ulkovaipan yli. (Kattoliitto 2013)

Savupiippuvaikutus lisää kosteuskonvektiolla siirtyvää kosteuskuormaa rakennuksen yläosaan. Rakennuksen korkeuden kasvaessa rakennuksen ylä- ja alaosien paine-erot kasvavat, mikä lisää kosteuskonvektion määrää. Savupiippuvaikutuksen takia yläpohjan ilma- ja vesihöyryntiiveyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Yli 10 metriä korkeat tilat ja yli 20 metriä korkeat rakennukset huomioidaan rakennesuunnittelussa omina ryhminään. (Pitkäranta 2016, s. 120; Siikanen 2014, s. 80)

### 2.3.4 Paineenalainen ja painovoimainen siirtyminen

Veden paineenalainen siirtyminen tapahtuu ulkoisen paineen aiheuttaman vedenpaineen avulla. Paineenalaista vedensiirtymistä tapahtuu esimerkiksi rakennuksen vesijohdotutkissa. Vesi pyrkii siirtymään aina korkeammasta paineesta matalampaan paineeseen. (Vinha 2008)

Painovoimaisella siirtymisellä tarkoitetaan veden siirtymistä korkeammasta asemasta alaspäin painovoiman vaikutuksesta. Painovoimaista siirtymistä tapahtuu esimerkiksi kaltevilla kattopinnoilla veden valuessa alaspäin. (Vinha 2008)

Hyvän rakennustavan mukaan rakennuksen ulkokuoren tulisi toimia ns. sadetakkiperiaatteella estäen painovoimainen veden siirtyminen ulkopintojen sisäpuolelle. Painovoimaisesti rakenteen sisään pääsevä vesi nostaa rakennuksen kosteusvaurioriskiä. Painovoimaisesti siirtyvän veden määrät ovat tyypillisesti suurempia, kuin muilla kosteuden



siirtymistavoilla. Materiaalien huokoisuuden mukaan karkeissa materiaaleissa painovoimainen veden siirtyminen on vallitseva siirtymismuoto. Kapillaarisissa materiaaleissa painovoimaista siirtymistä tapahtuu materiaalin epäjatkuvuuskohdissa. Vesi tulee johtaa hallitusti pois rakennukselta kallistusten ja salaojitusten ja viemäröintien avulla. Puutteellisesti hoidettu veden pois johtaminen aiheuttaa veden lammikoitumista, josta aiheutuu paineellista vettä. (Pitkäranta 2016, s.113)

## **2.4 Aineen kosteus**

Aineen sisältämä kosteus ilmoitetaan tyypillisesti massan ja kuivan aineen massan suhteena. Kosteus voidaan ilmoittaa painoprosenttina kuivapainosta, massan ja tilavuuden suhteena tai tasapainokosteuden avulla. Kosteuksen kulkeutumisesta aineeseen käytetään nimitystä absorptio. Sorptiolla tarkoitetaan kosteuden liikkumista aineessa. Desorptio puolestaan tarkoittaa kosteuden poistumista aineesta. (Siikanen 2014, s. 77)

### **2.4.1 Hygroskooppinen kosteus**

Huokoisella aineella on kyky sitoa kosteutta ilmasta ja luovuttaa kosteutta ilmaan. Ilmasta sidotulla tai ilmaan luovutetusta kosteudesta käytetään nimitystä hygroskooppinen kosteus. Kun aine asettuu kosteustasapainoon ympäristönsä kanssa, on sillä hygroskooppinen tasapainokosteus. Hygroskooppinen tasapainokosteus on aineen kosteus ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan funktiona. Aine kykenee varastoimaan enemmän hygroskooppista kosteutta, jos siinä on paljon pieniä huokoisia. Lämpötilan ja ilman suhteellisen kosteuden kasvaessa aineen hygroskooppinen kosteus kasvaa. Rakenteiden kosteusteknisessä suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida, että pienempi huokoinen materiaalikerros imee kosteutta suurempihuokoiselta materiaalikerrokselta. (Siikanen 2014, s. 78)

### **2.4.2 Rakennuskosteus**

Rakennusmateriaalit sitovat itseensä hygroskooppisesti ja kapillaarisesti kosteutta. Valmistuksen, varastoinnin ja rakentamisen aikana rakennusmateriaaleihin sitoutuneesta kosteudesta käytetään nimitystä rakennuskosteus. Rakennuskosteus on sekä uudis-, että korjausrakentamisen haaste, jota voidaan vähentää toimivilla materiaalien ja rakenteiden suojausmenetelmillä, rakenteiden kuivattamisella ja tilojen tuulettamisella. Valuja muuraustyöt ovat työvaiheita, joissa käytetään runsaasti vettä ja sitoutuvan rakennuskosteuden määrä on erityisen suuri.

Putkivuotojen ja maakosteuden ohella rakennuskosteus on yksi suurimmista kosteuden aiheuttajista. Rakennuskosteutta kerryttää materiaalien puutteellinen suojaus ulkoti-loissa. Ulkoilmassa kostuneet materiaalit luovuttavat kosteutta sisäilmaan nostaten rakennukselle kohdistuvaa kosteuskuormaa. Oikea-aikaisilla materiaalihankinnoilla vä-hennetään varastoinnin tarvetta ja riskiä materiaalin kastumiselle. Materiaaleja joudu-taan kuitenkin lähes aina jossain määrin varastoimaan ulkona, jolloin materiaalit tulee suojata kosteudelta sekä varastoinnin ja työn aikaisesti. Rakennuskostetutta kerryttää lisäksi keskeneräisten rakenteiden puutteellinen sääsuojaus ja siitä johtuva rakennus-työn aikainen kastuminen.

Tyypillisimmät rakennuskosteudesta aiheutuvat vauriot ovat tapauksia, joissa rakenteen riittävää kuivumista ei ole varmistettu riittävän hyvin ennen sen pinnoitusta materiaalilla tai rakennusosalla. Esimerkkejä tästä ovat liian kostean betonin on pinnoittaminen lattia-päällysteellä tai kostean betoniseinän maalaustyöt. Riittävään kuivumisen varmistami-seen kuuluu havainnointi, dokumentointi, kuivumisen mittaaminen oikeista kohdista sekä oikeanlainen tulkinta mittaustuloksista.

Rakennuksen kuivumista voidaan nopeuttaa nostamalla sisäilman lämpötilaa, jolloin si-säilmaan voi sitoutua suurempi määrä kosteutta. Tuulettamalla kostean sisäilman tilalle kuivempaa ulkoilmaa, saadaan rakennuskosteutta poistettua. Seinärakenteita, joissa höyrynsulku on asennettu eristevillakerrosten väliin, olisi hyvä välttää. Rakentamisen ai-kainen normaalia korkeampi sisäilman lämpötila ja kosteuspitoisuus mahdollistavat tilan-teen, jossa kosteus tiivistyy höyrynsulkukalvon sisäpinnalle ja rakenteet kastuvat. Mikäli ulkoseinissä halutaan käyttää höyrynsulun sisäpuolista lämmöneristettä, tulee pintalevy-tys asentaa vasta kun rakenne on kuivunut riittävästi ja tilan lämpötila ja kosteuspitoisuus on normaalilla tasolla. Höyrynsulun tulee kuitenkin aina olla selvästi ulkoseinän lämpi-mällä puolella, vaikka asennus tehtäisiin eristekerrosten väliin. (Siikanen 2014, s. 79)

Tarkempia rakennuskosteutta koskevia määräyksiä ja ohjeita on annettu Ympäristömi-nisteriön asetuksessa rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Ohjeet ja määräyk-set on annettu rakennusosittain.

### **2.4.3 Materiaalien kosteusliikkeet**

Kosteudenvaihtelut aiheuttavat materiaaleissa muodonmuutoksia. Kosteuden lisäänty-essä materiaalit laajenevat. Kosteusliike on tyypillisesti suurempaa huokoisilla ja orgaa-

nisilla aineilla. Aineen kyvystä sitoa ja luovuttaa kosteutta käytetään nimitystä kosteuskapasiteetti. Puulla on hygroskooppisena aineena korkea kosteuskapasiteetti. Tyypillisesti tällaisilla aineilla huokoisilla ja hygroskooppisilla aineilla kosteusliikkeet ovat myös suuria. Esimerkiksi mäntypuun muodonmuutokset kosteuden vaikutuksesta pituussuunnassa 0,2–0,3 %, tangentin suunnassa 8% ja säteen suunnassa 4%, tilavuuden muutoksen ollessa noin 12%. Myös laastien, tasoitteiden ja betonin kosteusliikkeet tulee huomioida toteutuksessa. Kovettumisen aikana näillä rakennusaineilla tapahtuvat kutistumat ovat merkittäviä. (Siikanen 2014)

Materiaalien kosteusliikkeet on syytä huomioida myös rakenteiden tiiveyden toteutuksessa. Liittymissä, joissa kosteusliikkeet ovat suuria tulee rakenteen tiiveys toteuttaa riittävän elastisia rakennusmateriaaleja hyödyntäen.

## 3. RAKENTEIDEN VAURIOITUMISMEKANISMIT

Tässä luvussa käsitellään eri rakennusosille tyypillisiä kosteusvaurioitumisen mekanismeja ja rakenneosien toteutusta siten, että kosteusongelmilta vältytään.

### 3.1 Maanvastaiset alapohjat

Alapohjan ja perustusten kosteusvauriot johtuvat maaperän kosteudesta, sadevesistä, kylmäsiiloista, kondensoitumisesta ja vesivuodoista rakennuksen sisältä tai putkistoista. Täyttökerroksessa vallitsevissa lämpötiloissa jo 1 painoprosentin vesipitoisuus tarkoittaa, että täyttökerroksen huokosilman suhteellinen kosteuspitoisuus on kyllästyspisteessä, jolloin  $RH=100\%$ . Ympärivuotinen lämpötila lämmöneristetyissä alapohjissa vaihtelee välillä  $+10^{\circ}\text{C} \dots +20^{\circ}\text{C}$ . Tämä tarkoittaa, että käytännössä läpi vuoden laatan alapuolisessa täytössä on mikrobikasvulle otolliset olosuhteet. (Leivo & Rantala 2006) Tästä syystä alapohja läpivienteineen tulee toteuttaa ilmatiiviisti siten, että mikrobeja sisältävä maaperä ei ole ilmayhteydessä sisäilmaan. Ohjeita tiiviin alapohjan ja sokkelin liittymään toteutukseen on esitetty RT-kortissa RT81-11099.

Leivon ja Rantalan mukaan alapohjien kosteusongelmien syyt voidaan jakaa kolmeen pääryhmään ja niiden yhdistelmiin. Nämä kolme ryhmää ovat: vesihöyryn diffuusio, joka korostuu maan lämmitessä, rakenteisiin nouseva kapillaarinen kosteus ja rakennusai-kainen kosteus. Kriittisin paikka kosteudesta aiheutuville ongelmille on lattiapinnoitteen alapinta. Vesihöyrytiivillä pinnoitteilla on suurempi riski, että kosteuspitoisuus pinnoitteen alla nousee liian korkeaksi, sillä kosteus ei pääse haihtumaan pinnoitteen alta.

Maanvastaisten alapohjien toteutuksessa toimiva lopputulos saadaan, kun

- toteutuksessa huolehditaan rakenteen tiiveydestä
- rakennuspohja kuivatetaan ja pidetään kuivana
- Kosteustekninen toimivuus huomioidaan
  - betonilaadussa
  - pintarakennejärjestelmän kosteudensietoisuudessa
  - pintarakennejärjestelmän vesihöyrynläpäisevyyssominaisuuksissa

## Tiiviys

Alapohjan tiiveys on merkittävä tekijä rakenteen kosteus ja sisäilmateknisen toimivuuden kannalta. Alapohjan tiiveyden varmentamiseksi erityistä huolellisuutta kosteudenhallinta.fi -sivuston mukaan tulee käyttää maanvaraisen rakenteen seuraavien kohtien toteutuksessa:

- Rakenteiden väliset liitoskohdat
- Läpivientien tiivistäminen
- Betonin halkeilun ja kutistumiskäyrityksen estäminen
- Laatan ja maapohjan painumien estäminen maapohjan huolellisella tiivistämisellä
- Kantavien laattojen lämmöneristeen kiinnitys laattaan haponkestävillä kiinnikkeillä lämmöneristeiden väliin syntyvien rakojen estämiseksi

Lisää ohjeita tiiviin alapohjarakenteen toteutukseen on käsitelty RT kortissa 81-11099.

Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus tulee suunnitella rakennuksen korkeusaseman ja pohjavesiolosuhteiden perusteella. Rakennusurakoitsijan tärkein tehtävä on suunnitelmien mukainen toteutus. Onnistuneen kosteudenhallinnan kannalta urakoitsijan tulee ajoittaa maarakentamis- ja salaojatyöt siten, että valmiita töitä voidaan hyödyntää tontin kuivatuksessa ja veden ohjauksessa. Lopullisia salaojia ei kuitenkaan saa käyttää kaivantojen kuivana pitoon johtamalla kaivannon vettä avoimeen salaojaputkeen, sillä salaojaan voi joutua kiinteää ainesta. Mikäli salaojaa halutaan käyttää kaivannon kuivattamiseen, tulee vesi johtaa salaojaputkeen lietepesällisen kaivon kautta. (RIL126-2009 ; RT 81-11000)

Ilmavuotojen minimoinnilla vähennetään kosteuden siirtymistä rakenteisiin. RIL 250-2011 ohjeistaa jo suunnitteluvaiheessa huomioimaan rakenteiden riittävän tiiveyden. Korvausilma tulee ottaa rakennukseen hallitusti käyttämällä tulo-poistoilmanvaihtoa tai tuloilmaventtiilejä, kun rakennuksessa ei ole tuloilmakanavia.

Kosteudenhallinta.fi -sivuston mukaan suunnitelmista poikkeavien lämmöneristekerrosten lisääminen ei ole suotavaa sillä paksumpi eriste lisää eristekerroksen painumaa kuorituksen alla. Painuma voi johtaa vedeneristeen tai radonkermin peittämiseen. Myös eristetilassa kulkeville putkille kohdistuu suurempia rasituksia, jotka voivat vaurioittaa putkia. Ongelmat havaitaan yleensä vasta pidemmän ajan kuluttua painuman tapahtu-

essa useampien vuosien aikavälillä. Myös betonin kuivumisesta johtuvat laatan muodonmuutokset aiheuttavat kuormitusta tiivistysmateriaaleille. Alapohja pysyy tiiviinä rakenteena, kun routimisen, painumien ja kutistumisen aiheuttamat muodonmuutokset on otettu huomioon. Käytännössä tämä toteutuu, kun huolehditaan että käytettävällä rakenteella on riittävän hyvä silloituskkyky.

### **Kapillaarisen vedennousun estäminen**

Kapillaarinen kosteuden nousu alapohjassa estetään riittävän paksulla kapillaarikatko-kerroksella eristeiden alla. Kapillaarikatko-kerroksena tulee käyttää materiaalia, jonka raekokojakauma soveltuu tähän tarkoitukseen. Materiaalin tulee olla hyvin vettä läpäisevää ja ei-kapillaarista. RIL250-2011 ohjeistaa käyttämään yli 300 mm sepelikerrosta, jonka raekokojakauma  $d = 6\text{--}32$  mm. Maakerrosten välillä käytetään perusmaan laadun mukaan tarvittaessa suodatinkangasta. Kosteudenhallinta.fi -sivuston mukaan kapillaarisen veden nousu täytyy estää myös alapohjalaatan yläpuolella. Väliseinien ja alapohjan liittymissä tulee käyttää bitumikermiä seinän alajuoksun ja laatan välissä.

### **Pinnoitus**

Ennen rakenteen pinnoittamista on varmistuttava, että rakenne on ehtinyt kuivua riittävästi ja pinnoitusmateriaalin vaadittavat olosuhteet täytyvät. Materiaalivalmistajat antavat tuotteilleen ohjeavot vaaditusta suhteellisesta kosteuspitoisuudesta pinnoitettavassa rakenteessa. Ainoa keino määrittää betonin riittävä kuivuus pinnoitusta varten on mitata betonirakenteen kosteus (Merikallio 2007). Pinnoitettavan rakenteen riittävän alhainen suhteellinen kosteuspitoisuus varmennetaan betonin suhteellisen kosteuden mitauksilla, jotka toteutetaan RT-kortin 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus mukaan.

## **3.2 Ryömintätilalliset alapohjat**

Ryömintätilallisissa alapohjissa lattian alle jätetään ilmatila, jolla on oma ilmanvaihto. Ryömintätilan takia rakenne ei ole yhtä riskiherkkä veden kapillaarisen nousun ja laatan kuivumisen suhteen kuin maanvarainen alapohja. Ryömintätilallinen alapohja pääsee tällöin tehokkaammin kuivumaan kahteen suuntaan. Tuulettuva alapohja tuo kuitenkin mukanaan muita työmaatoteutuksessa ja suunnittelussa huomioitavia seikkoja ryömintätilan puhtauden, tuuletuksen, kondenssin ja diffuusion kannalta.

RIL250-2011 ja Kosteudenhallinta.fi -sivuston mukaan ryömintätalallisten alapohjien toteutuksessa toimiva lopputulos saadaan, kun:

- toteutuksessa huolehditaan rakenteen tiiveydestä
- alustatilan tuuletus on tapauskohtaisesti hyvin suunniteltu
- huolehditaan ryömintätilan olosuhteista vesien, tuuletuksen ja eristyksen osalta
- käytetään läpivientiputkia anturan läpi, kun anturan alla on vettä läpäisemätön maa
- routaeristyksen ja maanpinnan kallistus on pois päin rakennuksesta
- perusmuurin ulkopuolella käytetään perusmuurilevyä
- ei käytetä toteutuksessa herkästi homehtuvia materiaaleja

Lisää ohjeita tonttialueen kuivatukseen on käsitelty RT-kortissa 81-11000.

### **Tiiviys**

Ryömintätalallisen alapohjan tiiveyden toteutuksessa noudatetaan samoja periaatteita kuin maanvaraisella alapohjalla. Ryömintätalallisen alapohjan tiiveyden varmentamiseksi erityistä huolellisuutta tulee noudattaa rakenteen seuraavien kohtien toteutuksessa:

- Rakenteiden väliset liitoskohdat
- Läpivientien tiivistäminen
- Betonin halkeilun ja kuivumiskäyristymisen estäminen
- Laatan painumien estäminen
- Ilmanvaihdolla säädettävä paine-ero sisäilman ja ryömintätilan välillä

### **Ryömintätilan puhtaus**

Ryömintätilan materiaalit tulee olla hyvin kosteutta kestäviä. Materiaalien tulee säilyttää lujutensa myös kosteana.

Ryömintätallassa ei tule kosteudenhallinta.fi -sivuston mukaan varastoida tavaroita ja rakennusvaiheessa on huolehdittava, että ryömintätilaan ei jää rakennusaikaista jätettä tai mitään orgaanista materiaalia, mikä voisi homehtua ja haitata ryömintätilan tuuletusta ja kuivatusta. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017) oppaassa mainitaan asiasta seuraavasti: ”Uuden rakennuksen alla, ryömin-

*tätilan alustäytössä ja rakennuksen vierellä salaojituserroksena toimivassa vierustäytössä ei saa olla humusmaata, kosteuden vaikutuksesta hajoavia tai lahoavia orgaanisia aineita eikä rakennusjätettä.”*

### **Ryömintätilan tuuletus**

Ryömintätilan ilmanvaihdon tarkoitus on kuivattaa ryömintätilaa. Ryömintätilan ilmanvaihto voidaan toteuttaa painovoimaisesti tai koneellisesti. Ilmanvaihdon tulisi toimia siten, että ilma vaihtuu ryömintätalassa 0,5-1 kertaa tunnin aikana.

Ryömintätalassa tapahtuvien huoltotöiden helpottamiseksi ryömintätalalle suositellaan 1,2 m:n vähimmäiskorkeutta. Ohjeavot ryömintätalalan tuuletusaukoille on annettu RIL 107-2012 julkaisussa, Rakennusten veden ja kosteudeneristysohjeet. (Kosteudenhallinta.fi 2015)

### **Rakennuksen ulkopuolisten vesien hallinta**

Veden lammikoituminen ryömintätalassa estetään RIL250-1015 ja kosteudenhallinta.fi mukaan maanpinnan muotoilulla, vedenpoistojärjestelmillä ja salaojituksella. Pohjaveden nousu ryömintätalalan estetään kapillaarikatkerroksella. Alan kirjallisuudessa on vaihtelua näkemyksistä siitä, tulisiko ryömintätalalan maanpinta olla korkeammalla, kuin rakennuksen ympärillä oleva maanpinta. Ryömintätalalan korkeammasta maanpinnasta on kuitenkin useimmiten hyötyä, sillä veden ohjautuminen rakennuksesta pois päin paranee ja ryömintätalalan tuuletuksen toimivuus paranee.

### **Kondenssi ja diffuusio**

Lämmöneristämällä ryömintätalalan maapohja ryömintätalalan ilma ei lämmitä maapohjaa yhtä voimakkaasti ja maapohja jäähtyy. Tällöin myös diffuusiolla siirtyvä kosteuden määrä pienenee. Puurakenteisen alapohjan maapohjan lämmöneristäminen on erityisen tärkeää, sillä puurakenteet eivät ole kosteudelle yhtä vikasietoisia kuin kivirakenteiset. Viileiden alapohjarakenteiden pinnoilla voi helposti tapahtua kondensoitumista, kun ryömintätalalan suhteellinen ilmankosteus nousee korkeaksi. Tätä tapahtuu, kun korkean absoluuttisen kosteuden omaava ulkoa tuleva korvausilma jäähtyy viileässä ryömintätalalan, jolloin suhteellinen kosteuspitoisuus nousee. Kivirakenteisten ryömintätalallisten alapohjien lämmöneriste sijoitetaan mieluiten laatan alapintaan ja tiivistetään saumavaahdolla. (Kosteudenhallinta.fi 2015)



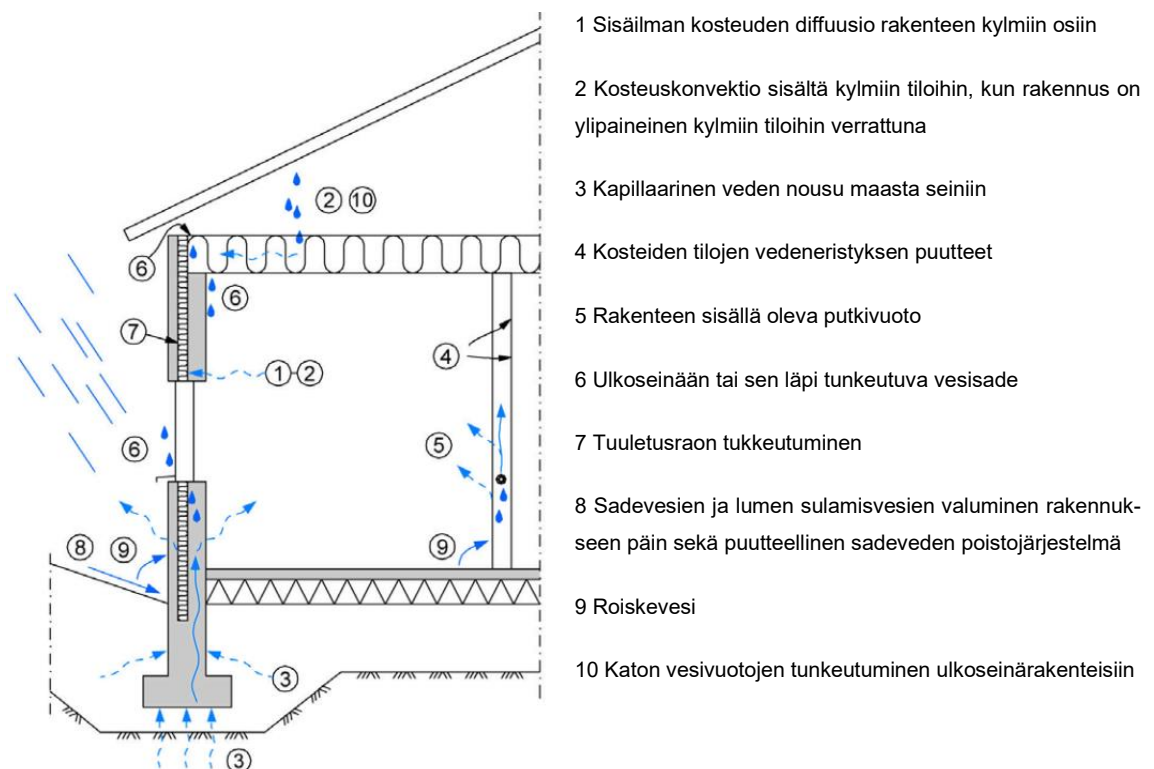
## Työohjeet

1. Tarkastetaan suunnitelmat ja että käytettävät materiaalit ovat kosteudenkestäviä. Toteutetaan työ ohjeiden mukaisesti.
2. Varmistetaan rakennusvaiheessa, että perus- ja pintamaan kallistukset ovat riittävät ja rakennuksesta poispäin (seinän vierellä 1:20). Orgaaninen maa-aines poistetaan ryömintätilasta ja varmistetaan, että ryömintätilan korkeuden 1,2m:n ohjearvo täyttyy.
3. Höyrynsulun limitysten varmistamiseksi käytetään ruuvattavia rimoja.
4. Varmistetaan edellytykset ryömintätilan kuivumiselle pitämällä sokkeleiden vedenpoisto avoimena. Suoritetaan työvaihe nopeasti, jotta kuivumiselle jää aikaa.
5. Ennen alapohjan pinnoitusta varmistetaan, rakenteen päällystettävyyks kosteusmittauksin.

(Kosteudenhallinta.fi 2015)

## 3.3 Ulkoseinät

Ympäristöoppaassa 2016 on nimetty kymmenen yleisintä seinien kosteusvaurioiden aiheuttajaa. Vaurioiden aiheuttajat on nimetty ja numeroitu kuvaan (Kuva 4).



**Kuva 4.** Seinien yleisimmät vaurioitumistavat (Pitkäranta s.162)

Ulkoseinien kosteusteknistä toimintaa on käsitelty laajasti alan kirjallisuudessa (Pitkäranta 2016, s.155) ja todettu, että useimmiten ulkoseinät toteutetaan siten, että vesihöyryn läpäisevyys kasvaa lähemmäs ulkopintaa mentäessä. Höyrynsulun tarkoitus on rajoittaa diffuusiolla rakenteeseen siirtyvää sisäilman kosteutta. Puutteellisella höyrynsululla toteutetussa ulkoseinärakenteessa kosteus saattaa tiivistyä rakenteen ulkosissa ja aiheuttaa kosteusvaurioita. Vesihöyrytiivyyttä vielä tärkeämpi rakenteen ominaisuus on sen tiiveys. Rakenteen tiiveydellä estetään konvektion avulla siirtyvän kosteuden pääsy rakenteisiin. Hallitsemattomasti epätiivien rakenteiden ja liitosten läpi kulkeva ilmavirta vie mukanaan kosteutta, joka voi tiivistyä vedeksi matalimmissa lämpötiloissa. Hyvä höyrynsulun ilmatiiveys edellyttää, että höyrynsulkukerroksen liittymät, liimitykset ja läpiviennit toteutetaan ja suunnitellaan huolella. Rakennuksen ilmanvaihto suunnitellaan yleensä siten, että rakennus on hieman alipaineinen. Rakennuksen alipaineisuus edellyttää riittävää rakenteiden ilmatiiveyttä.

Ulkoseinärakenteilla suunnittelusta ja toteutuksesta aiheutuvat kosteusriskit vaihtelevat rakennetyypeittäin. Ulkoseinille voidaan kosteudenhallinta.fi -sivuston mukaan rakennetyypistä riippumatta määritellä tyypillisimmät kosteusriskit.

- Ulkoseinän korkeusasema: Seinän kosteusrasitus kasvaa merkittävästi, mitä alempana seinä on suhteessa maanpintaan.
- Vedenpoiston toimimattomuus: Puutteellisella vesienohjauksella vesikatolta (kallistukset, räystäät, syöksytorvet ja sadevesikourut) sekä vääränlaisilla maanpinnan kallistuksilla ulkoseinien kosteusrasitus kasvaa. Vedenohjaukseen toimivuuteen tulee kiinnittää huomiota erityisesti keskeneräisillä rakenteilla aukkojen ja läpivientien kohdalla.
- Puutteellisella liittymien toteutuksella ja suunnittelulla vesi voi päästä vaurioittamaan ulkoseinärakennetta. Liittymien ja detaljien toteutuksessa kiinnitetään erityistä huomiota rakenteen tiiveyteen.
- Seinän tuulettavuudella poistetaan kosteutta rakenteesta. Huolehtimalla suunnitelmien mukaisista tuuletusväleistä, tuuletusraoista, pieneläinverkoista luodaan edellytykset toimivalle tuuletukselle. Työn aikana huolehditaan, että raot pysyvät avoimina. Massiivirakenteisissa ulkoseinissä ei tarvita tuuletusväliä.
- Työnaikainen suojaus tulee varmistaa ja erityistä huomiota on kiinnitettävä aukkojen ja avoimien eristeiden suojaukseen.

## **Muuratut ulkoseinät**

Harkoista muurattu ulkoseinä ei sellaisenaan ole sadevesi- tai ilmatiivis. Sadeveden imeytymisen vähentämiseksi rakenne tulee pinnoittaa esimerkiksi rappaamalla. Pinnoitusmateriaalin valinta tulee toteuttaa siten, että pinnoite ei estä rakenteen riittävää kuivumista. Kosteusteknisesti pinnoite toimii hyvin silloin, kun se on mahdollisimman vesitiivis, mutta läpäisee hyvin vesihöyryä, jolloin rakenne pääsee kuivumaan.

Veden pääsyä pinnoitteen halkeamien kautta seinärakenteisiin pyritään estämään. Rappausverkoilla, kuitulaastilla ja liikuntasaumoilla voidaan ehkäistä pinnoitteen halkeilua. Suurimmat halkeilua aiheuttavat jännitykset kohdistuvat ovi- ja ikkuna-aukkojen ylänurkkiin.

Höyrytiiveys saadaan aikaan pinnoittamalla ulkoseinä sisäpuolelta tarkoitukseen soveltuvalla pinnoitteella. Läpivientien toteutuksessa käytetään elastista saumamassaa tai läpivientikappaleita ilmatiiveyden varmistamiseksi.

Muurattuun rakenteeseen sitoutuu laastista ja ilmasta rakennustyön aikaista kosteutta. Ennen rakenteen pinnoitusta on aina syytä varmistaa, että rakenteen huokosilman kosteuspiitoisuus alittaa pinnoitusmateriaalin käyttöohjeissa annetun pinnoitettavuuden ohjearvon. (Kosteudenhallinta.fi 2015, s. 29)

## **Sandwich- ja kuorielementit**

Sandwich- ja kuorielementtiseinillä tarkoitetaan yhdestä tai kahdesta betonikuoresta ja lämmöneristeestä rakennettua elementtiseinää. Myös pelti-villa-pelti-tyyppisiä sandwich elementtejä on saatavilla. Elementin lämmöneriste voi olla solumuovia tai eristevillaa. Elementit kiinnitetään toisiinsa juotosvaluilla ja elementtien saumat tiivistetään ulkoapäin elastisella massalla. Tyypillisesti elastisen massan alla käytetään pohjanauhaa.

Sandwich elementtiseinän kosteusteknisen toimivuuden kannalta on erityisen tärkeää, että sadevesi ei pääse ulkokuoren sisäpuolelle. Sandwich- ja kuorielementtirakentamisessa tulee elementtien yläpään toteuttaa vedenohjaus myös rakentamisvaiheen ajaksi. Holville kertyvän veden määrää voidaan tehokkaasti vähentää myös työmaa-ajaisella viemäroinnillä. Vesitiiviisti toteutetuilla elementtisaumauksilla estetään sadeveden pääsy eristetilaan. Mikäli saumauksia tullaan toteuttamaan myöhemmin, on avoimet saumat syytä suojata ennen varsinaisten elementtisaumausten asentamista. Elementtien tuulettavuus on tyypillisesti hoidettu urituksella eristevillassa. Sandwichelementtisei-

niä on tehty myös tuulettumattomina rakenteina. (Pitkäranta 2016, s. 160) Vedenpoistuminen ulkokuoren takaa toteutetaan elementtien vaakasuuntaisten liitoskohtien avulla. Kuivumisen kannalta tulee huolehtia, että tuuletusväli ja tuuletusurat eivät tukkeudu asennusvaiheen yhteydessä. (Kosteudenhallinta.fi 2015, s. 30)

Ormiskangas 2009 on tutkinut diplomityössään eristemateriaalin vaikutusta elementin kuivumiseen. Työssä tutkittiin seinän kuivumista EPS-, PUR ja villaeristeillä. Suurin kuivumishyöty rakenteen tuulettavuudesta saatiin villa eristettä käytettäessä. EPS- ja PUR-eristeisillä elementeillä eristetilan tuuletuksesta saatava hyöty rakenteen kuivaamisessa oli huomattavasti pienempi. Sisäkuoren kuivuminen tapahtui nopeimmin villaeristeisellä sandwichelementillä. PUR ja EPS eristeisissä seinissä eristekerroksen suurempi vesihöyrynvastus hidasti sisäkuoren kuivumista. (Ormiskangas 2009, s. 124) Kosteudenhallinta.fi 2015 (s. 30.) mukaan rakenne kuivuu pääosin sisätiloihin päin eristekerroksen vesihöyrynvastuksen ollessa suuri. Kasvatettaessa eristepaksuutta ulkoseinärakenteen kuivuminen hidastuu. Vuonna 1999 valmistuneen tutkimuksen, betonisandwichelementtien mikrobiologinen toimivuus mukaan betonisandwich elementin eristetila ei ole kovin helposti mikrobivaurioituva, mikäli ulkoseinässä ei ole mittavia vesitiiveyspuutteita. (Pessi ym., 1999) Rakentamisen aikaiset suojauspuutteet erityisesti elementtien yläpäissä voivat kuitenkin altistaa elementit suurille kosteusmäärille ja epäpuhtauksien kulkutukseen eristetilaan, joka voi sopivissa olosuhteissa johtaa eristetilan mikrobivaurioon.

Ontelolaatat ovat hieman kaarevia, joten vesi valuu helposti ontelolaataston ulkoreunoille. Ontelolaatastolta valuva vesi voi päästä suojaamattoman sandwich elementin eristetilaan. Elementtien yläosa täytyy suojata esimerkiksi vaahdottamalla lämmöneristesauma. Poistamalla elementtien nostolenkit minimoidaan syntyviä kylmäsiltoja. (Kosteudenhallinta 2015 s. 30)

### **Massiiviset seinärakenteet**

Massiiviset seinärakenteet ovat yksiaineisia lähtökohtaisesti kosteusteknisesti hyvin toimivia rakenteita. Kivi- ja tiilipohjaiset massiiviseinät ovat hyvin kosteutta kestäviä rakenteita, sillä rakenteessa ei ole rajapintoja materiaalien välillä. Tällöin kosteusteknisesti kriittisiä olosuhteita ei yleensä muodostu. Vaikka kivipohjainen materiaali ei ole kosteudelle vaurioherkkä, voi rakenteen pinnalla muualta peräisin oleva orgaaninen pöly Pitkärannan 2016 (s. 161) mukaan toimia alustana mikrobikasvulle, mikäli rakenne altistuu kosteudelle pitkiä aikoja.

Massiivirakenteiset seinät sitovat suuria määriä kosteutta jo rakennusvaiheessa, jonka poistuminen rakenteesta on hidasta. Viistosade pääsee joskus imeytymään syvälle seinärakenteeseen, mutta kuivuminen tapahtuu kuitenkin ilman, että rakenteessa ehtii tapahtua kosteusvauriota. Syvältäkään massiiviulkoseinästä mitattavat korkeat kosteuspi-toisuudet eivät siis välttämättä viittaa kosteusvaurioon. (Pitkäranta 2016 s.156)

Rakenteen yksiaineisuuden takia rakenteen lämmöneristyskyky suhteessa rakenteen massaan ei usein ole kovin hyvä. Lämmöneristyksen parantamiseksi rakenteelle voidaan tehdä lisälämmöneristys. Sisäpuolen lämmöneriste kuitenkin heikentää rakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Lämmöneristettä käytettäessä ulkoseinän lämpötila jäähtyy, jolloin rakenteen kuivuminen hidastuu ja riski kosteus- ja pakkasvaurioille kasvaa. Muita rakenteen kosteutta lisääviä tekijöitä voivat olla ulkopinnan kapillaarinen imu, vesikaton vuodot, rakenteen sisäpuoliset putkivuodot ja maaperästä nouseva kosteusrasitus. (Pitkäranta 2016 s.157)

### **Metalli- ja puurankarakenteiset seinät**

Rankarakenteiset seinät ovat kosteusteknisesti hyvin toimivia seinärakenteita edellyttäen, että seinän tuulettavuus ja kuivumiseen ja vedenohjaukseen liittyvät detaljit on huomioitu suunnittelussa ja toteutettu suunnitelmien mukaisella tavalla. Pitkärannan 2016 (s. 157) mukaan rankarakenteisen seinän julkisivun tehtävänä on toimii vettä poisohjavana osana ja suojata sisäpuolisia materiaalikerroksia viistosateelta. Ikkuna- ovi- ja muut liittymät tulee toteuttaa vesitiiviiksi ja detaljien toteutuksella varmistetaan, että julkisivun taakse päässyt vesi ohjautuu ulos seinärakenteesta.

Rankaseinän eristekerroksen ulkopinnassa käytetään tuulensuojalevytystä, jonka tarkoitus on estää ulkoilman pääsy eristetilaan. Tuulensuojakerroksella estetään hallitsemattomia ilmavirtauksia seinärakenteen läpi. Hyvin toteutettu tuulensuojakerros estää eristetilaa viilenemästä. Eristetilan viileneminen voi aiheuttaa kosteuden tiivistymisen seinä, tai höyrynsulkupinnoille. (Pitkäranta 2016 s.158)

Sisäilman kosteuden pääsy rankaseinän sisään eristetilaan estetään ilmatiiviillä höyrynsulkukalvolla. Ulkoseinän vesihöyryn vastus tulee pienentyä seinän ulko-osia kohti. Höyrynsulkukerros estää myös ilmavuodot sisäilmaan rakennuksen ollessa alipaineinen. Höyrynsulkukalvo voidaan sijoittaa eristekerroksen sisään siten, että höyrynsulku on kuitenkin selvästi eristekerroksen lämpimällä puolella. Tällaisella toteutustavalla vähennetään esimerkiksi sähköasennuksessa höyrynsulkukalvoon tulevia reikiä. Höyrynsulun liit-

tymien toteutuksessa erityistä huomiota tulee kiinnittää tiiviisiin liitoksiin ikkunoissa, lattiasa, yläpohjassa oviaukoissa ja läpivienneissä. Höyrynsulkukalvoon mahdollisesti asennusvaiheessa tulleet reiät tulee paikata tarkoitukseen soveltuvalla teipillä. (Pitkäranta 2016 s.158)

Maaperästä nousevan kapillaarisen kosteuden pääsy seinärakenteisiin estetään vedenousun katkaisevalla materiaalilla esim. bitumikermillä alaohjauspuun ja sokkelin välissä. Hyvän rakennustavan mukaisessa toteutuksessa alaohjauspuu on maanpinnan yläpuolella.

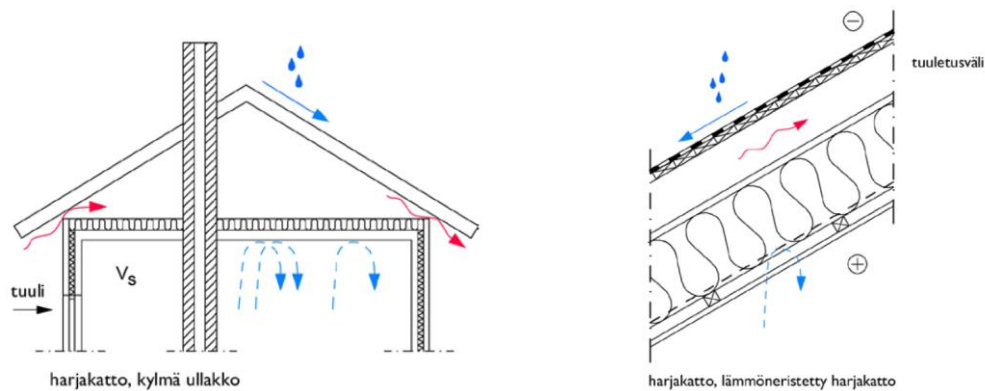
Julkisivunpinnan läpi päässeeseen kosteuden kuivumiseksi rankarakenteisissa seinissä on tuuletusväli, jossa ilma liikkuu tuulenpaineen ja lämpötilaerojen vaikutuksesta. Tuuletusvälin tarkoitus on poistaa rakenteen sisäistä kosteutta virtaavan ilmassa mukana. Tuuletusvälin toinen tarkoitus on toimia kapillaarikatkona eristetilan ja julkisivun välillä. Tuuletusvälin tulee toimiakseen olla riittävän avoin. Toteutuksessa kiinnitetään huomiota, että tuuletusväliin ei muodostu ilmapvirtausta estäviä kuristuskohtia esimerkiksi laastipurseista. (Pitkäranta 2016 s.158)

Laadunvarmistuksen toimenpiteinä rankaseinälle tehdään tuulensuojan tarkistus ennen julkisivumateriaalin asennusta. Tuuletusvälin avoimuus varmistetaan myös tässä vaiheessa. Seinän toteutuksessa käytetään mallityömenettelyä.

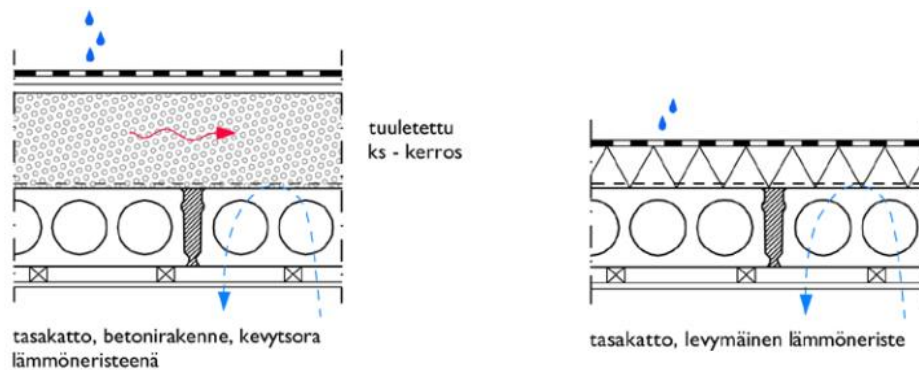
### **3.4 Vesikatto**

Vesikatto ja yläpohja toimivat kosteusteknisesti yhtenäisenä rakennusosien kokonaisuutena. RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet mukaan, Suomessa vesikatot jaetaan yleisesti loiviin ja jyrkkiin kattoihin. Jaottelun raja-arvona käytetään loivilla katoilla 1:80...1:10 ja jyrkillä katoilla kaltevuus  $\geq 1:10$ . Vesikaton tarkoitus on suojata alempia rakenteita vedeltä, lumelta ja jäältä. Vesikatto voidaan toteuttaa, joko tuulettavana tai tuulettumattomana rakenteena, jota tyypillisesti käytetään kylmien varastojen katoissa. (Pitkäranta 2016 s.177)

Kuvissa (Kuvat 5 ja Kuvat 6) on esitetty vesikatto ja yläpohjatyypin kosteustekninen toiminta.



**Kuvat 5 a ja b.** Harjakattotyyppien kosteustekninen toiminta (Pitkäranta 2016 s.177)



**Kuvat 6 a ja b.** Tasakattotyyppien kosteustekninen toiminta (Pitkäranta 2016 s.177)

Riippumatta suunnittelussa valituista rakenneratkaisuista tyypilliset kosteuskriittiset kohdat kosteudenhallinta.fi -sivuston ja RIL 250-2011 mukaan yläpohjien ja vesikattojen toteutuksessa ja takuuajana ovat:

- Rakentamisen aikainen suojaus. Yläpohja voidaan rakentaa sääsuojassa tai se voidaan tehdä erillisenä kokonaisuutena valmiiksi maassa ja nostaa sitten paikalleen. Työnaikaista vesikattorakenteiden kastumista ei saa tapahtua. Lämmineristeiden asennuspinnan tulee olla kuiva. Kosteutta voidaan tarvittaessa poistaa koneellisesti tai tuulettamalla.
- Läpivientien, liitosten ja saumojen toteutus. Aluskate toteutetaan jatkuvana ja yhtenäisenä. Detaljien toteutus vaatii erityistä huolellisuutta.
- Lammikoitumisen estäminen. Rakentamisen ja ylläpidon aikana seurataan vedenpoiston toimivuutta. Katon kallistuksien toteutuksen tulee vastata suunnitelmia.
- Kattokaivojen tukkeutumisen estäminen. Roskista tai jäädä tukkoon mennyt kattokaivo voi aiheuttaa veden tulvimista ja paineellista vettä.

- Vesihöyrytiivis alapuolinen huonetila. Yläpohja on alipaineinen suhteessa alapuoliseen huonetilaan, jolloin sisäilman kosteus pyrkii siirtymään yläpohjaan, mikäli höyrynsulussa on puutteita.

Pitkärannan 2016 mukaan vesikattojen katevuodot ovat suurin vaurioriskin aiheuttaja. Vesikatteen päälle kerääntyvä vesi voi tunkeutua vesikatteen ylösnostojen epätiivieyskohdista sisälle rakenteisiin. Kattokaivojen, savupiippujen, kattoikkunoiden ilmanvaihtokanavien liitokset tulee toteuttaa tiiviisti. Vesikatteen vuotokohta ja sisäpuolella ilmenevä kosteusvaurio voivat vaakasuunnassa olla etäällä toisistaan. Korjaus- ja laajennuskohdeissa, vanhaa kattorakennetta joudutaan usein purkamaan, jotta siihen voidaan liittyä uudella vesikattorakenteella. Puutteellisesti suojatut osittain puretut kattorakenteet voivat johtaa varsin suuriin vaurioihin vanhan kattorakenteen sisältäessä kosteusherkkiä sisämateriaaleja. Diplomityön kosteudenhallintakierroksilla tehtiin havaintoja vastaavan kaltaisista tapauksista, jotka on esitetty liitteissä.

Pitkärannan 2016 mukaan myös rakennuskosteus voi aiheuttaa vesivuotoja alapuolisissa tiloissa rakennuksen kuivumisvaiheessa. Kuivumisvaiheen vuotoja ei tule sekoittaa vesikatteen vuotoihin. Kosteuden tiivistyminen katon alapintaan on tyypillistä kylmäsiltojen kohdalla.

### **Tiiviys**

Yläpohjan sisäkuori tehdään ilmatiiviiksi ilman- tai höyrynsulkukerroksella, jolla estetään kosteuden siirtyminen yläpuolisiin lämmöneristeisiin. Teriön 2017 mukaan yläpohjan ilmatiiveys on erityisen tärkeää sen takia, että lämmin ilma nousee ylöspäin aiheuttaen katon rajaan ylipainetta. Yläpohjan betonilaatasta saadaan ilmatiivis asentamalla bitumikermi kauttaaltaan laatan päälle, jolloin kermi toimii myös sääsuojana rakentamisvaiheessa ennen kattorakenteen valmistumista. (Kosteudenhallinta.fi s.18) Lämpimään sisäilmaan sitoutunut kosteus voi tiivistyä kylmillä ulommilla rakenteiden rajapinnoilla, mikäli höyrynsulku ei ole riittävän tiivis. Tiivis yläpohjarakenne estää myös ulommista rakenteista ja ulkoilmasta tulevien epäpuhtauksien pääsyn sisäilmaan. Tiiviillä yläpohjarakenteen toteutuksella estetään myös katon lämpövuotoja. Lämpövuodot voivat aiheuttaa jään muodostumista rakennuksen räystäälle, mikä heikentää vedenohjauksen toimivuutta. Lämpövuodot sulattavat lumikerrosta katon päällä ja sulaa vesi virtaa räystäälle ja jäätyy muodostaen padon. Patoutunut vesi voi tunkeutua rakenteisiin ylösnostojen epätiivien liittymien kautta. Jään patoutuminen voi myös rikkoa konesaumakaton liitoksia. (Pitkäranta 2016 s.177–179)



## Tuulettuvat katot

Tuulettuvilla katoilla kosteusvahinkoja aiheutuu katteen virheellisestä asennustavasta ja kattamistavasta kaltevuuteen nähden. Liian loivat kallistukset bitumikermi- ja konesaumakatolla voivat olla syynä kattovuotoihin. Viemärien tuuletusputkia tai sisäilman ilmakanavia ei saa päättää ullakkotilaan, sillä nämä lisäävät kosteuspitoisuutta ullakkotilassa. Kosteus voi tiivistyä putken sisäpinnalla viileässä ullakkotilassa. Sisäpinnalla tiivistyvä kosteus voi valua vetenä pitkiä matkoja putken sisällä. Etenkään ilmakanatavat eivät ole vedenpitäviä, jolloin vesi voi päästä vuotamaan rakenteisiin putken sisältä. Tuuletuksen suunnittelussa ja toteutuksessa tulee kiinnittää huomiota siihen, että tuuletusaukkoja on riittävästi ja ne ovat avoimia. Lämmöneriste ei saa tukkia räystään tuuletusreitit ja rajoittaa tuuletustilan kuivumiskapasiteettia. Tuuletuksen tulee toimia jatkuvana koko katon alueella ilman, että ilmavirtaus estyy katon sisätaitteessa tai lävistävien rakenteiden kohdalla. Harja-, auma-, tai pulpettikatoissa tuuletuksen tulee toimia myös katon harjalla. (RIL 250-2011, s.194)

Kattoliitto Ry ohjeistaa, että korkeuseron poisto- ja tuloilma-aukkojen välillä tulisi olla mahdollisimman suuri. Tällöin korkeuseron ja ilman lämpötilan vaikutuksesta yläpohjaan muodostuu luonnollinen ilmanvaihto, joka tehostaa yläpohjan tuulettavuutta.

Kevytsorakatot luokitellaan tuulettuviin kattorakenteisiin, mutta kevytsorakerroksen tuulettuminen on melko vähäistä. Tuulettumista tapahtuu kevytsorakatoilla lähinnä katon reuna-alueilla, jotka ovat lähellä räystäitä (RIL 250-2011, s.195)

Tuuletustilan kosteuspitoisuus riippuu seuraavista tekijöistä:

- Yläpohjarakenteisiin sitoutuvasta tai rakenteiden luovuttamasta kosteudesta
- Tuuletustilaan tulevan ilman kosteus ja poistuvan ilman kosteus
- Sisäilmasta konvektiolla ja diffuusiolla siirtyvä kosteus
- vesikattovuodot

Harjakattoisissa rakennuksissa ilmankosteutta kerääntyy katon harjakohtaan. Tiivistyessä vesi valuu yläpohjaan. Tiivistynyt vesi voi yläpohjasta valua seinärakenteisiin ja sisätiloihin varsinkin, jos tiivistyvän veden määrä on suuri. Kylmillä ullakoilla riski veden tiivistymiselle nousee erityisesti suojakeleillä, kun katolla on vielä lunta, mutta ilman ulkoilman lämpötila on 0°C yläpuolella. Tiivistymisriski kasvaa myös öiseen aikaan kirkkaalla säällä, kun peltikatteen lämpötila voi laskea, jopa 10°C kylmemmäksi kuin ulkoilman lämpötila vastasäteilyn seurauksena. (Pitkäranta 2016 s.181)

### **Tuulettumattomat- ja heikosti tuulettuvat katot**

Kattoliitto Ry:n mukaan heikosti tuulettuvia kattorakenteita käytetään laajarunkoisissa rakennuksissa. Heikosti tuulettuvat katot ovat miltei aina loivakattoisia rakennuksia. Heikosti tuulettuvissa katoissa ei ole varsinaista tuuletusväliä, mutta tuulettavuus hoidetaan urituksella lämmöneristeissä, räystäärakenteiden tuuletusraoilla ja alipainetuulettimilla. Tuuletusurien suunta tulisi olla katon harjalle päin ja urien sijainti tulisi olla päällimmäisen eristekerroksen alapinnassa. Urien tulee jatkua harjalle asti urat kokoavaan kokoojakanaan, josta ilma johdetaan ulos alipainetuulettimilla. Urituksen alapääät yhdistetään räystäään tuuletusväliin. Heikosti tuulettuvilla katoilla höyrynsulun merkitys korostuu, sillä ilmavuotokohtien kautta kattorakenteen sisään voi kulkeutua paine-eron vaikutuksesta sisäilmaa, jonka sisältämä kosteus tiivistyessään aiheuttaa vaurioitumisriskin (Kattoliitto Ry 2013). Työmaalla saattaa joskus olla tilanteita, jolloin esimerkiksi valun tai tasoitustyön aiheuttama sisäilman kosteuslisä on suuri. Tällaisissa tilanteissa on tärkeää, että kosteaa sisäilmaa ei pääse yläpohjaan ja yläpohjan eristetilaan esimerkiksi avoimien luukkujen tai keskeneräisten rakenteiden kautta.

Tuulettumattomilla katoilla vesikatteen repeytymistä aiheutuu kiinnitysalustan liikkeistä, säärasituksista, katolla tehtävästä toiminnasta tai katteen puutteellisesta kiinnitystavasta. Suuria takuuaikaisia ongelmia rakennusurakoitsijoille on aiheutunut puutteellisesta kermin asennustavasta, jossa kattohuopaa ei ole hitsattu kauttaaltaan alempaan kermiin. Kermin riittävä tartunta ja yhtenäinen kermikerros saadaan toteutumaan, kun huolehditaan, että kiinnitysalusta on riittävän kuiva.

### **3.5 Materiaalit ja avoimet rakenteet**

Rakennuksen runkoratkaisu asettavat rakenteiden suojaamisen reunaehdot. Rakenteiden suojaaminen edellyttää kosteudesta vaurioituvien valmistuvien rakennusosien suojaamisen ja varastoinninaikaisen materiaalien suojaamisen. Runkovaiheessa puurunkorakenteet, eristeineen edellyttävät rakenteen suojausta. Betonirunko ei edellytä sääsuojaa, mutta sandwich elementtirakentamisessa käytettävien elementtien eristetilaan ei saa kulkeutua kosteutta. Tähän tulee kiinnittää erityistä huomiota, sillä osa sandwich elementeissä käytettävistä lämmöneristeistä on kosteuden vaikutuksesta vaurioituvia materiaaleja. Vaikka osa sandwich elementeissä käytettävistä eristeistä ovat hyvin kosteutta kestäviä materiaaleja, hidastaa kastumaan päässyt eristetila rakenteen kuivumista merkittävästi. (Niemelä 2014)

Tuotannossa tulisi lähtökohtaisesti suosia materiaaleja, jotka ovat vikasietoisia. Toteutuksen aikana on vaikea muuttaa hankkeen valmistelussa ja suunnittelussa asetettuja ennakkovaatimuksia. Suunniteltu riskialtis ratkaisu lisää myös todennäköisyyttä sille, että materiaalia tai rakennetta ei osata tai voida työmaalla riittävästi suojata. Tästä joissakin tapauksessa seuraa virhe toteutuksessa. Perustajaurakoinnissa virheiden määrää voidaan vähentää merkittävästi käyttämällä vakioituja rakenne- ja suojausratkaisuja, joihin henkilöstö voidaan perehdyttää tai ne ovat jo entuudestaan tuttuja.

Niemelä painottaa rakenteiden suojaamisessa erityisesti että:

- Kastumisen estäminen on aina toimivampaa kuin rakenteiden kuivattaminen
- Veden tulee päästä poistumaan rakenteesta vapaasti
- Kastuvien rakenteiden tulee olla kosteutta kestäviä ja riittävä kuivuminen on varmistettava ennen kosteusteknisesti kriittistä työvaihetta
- Kosteusvaurioitumisen syntymisen kannalta merkittävimmät tekijät ovat lämpö, kosteus ja kosteusrasituksen kesto

Tarkin materiaalia koskeva suojaamisen ohjeistus saadaan aina tuotevalmistajalta, joka useimmiten on testannut tuotteensa rakennustuotedirektiivin mukaisesti. Työmaalla yleisesti käytetyistä materiaaleista voidaan kuitenkin suojaamista koskeva ohjeistus yleisellä tasolla.

### **Kipsilevyrakenteet**

Kipsilevyt eivät saa päästä kastumaan asennuksen tai varastoinnin yhteydessä. Kipsilevyjä ei saa asentaa pintavaluun kiinni, sillä kipsilevy voi vaurioitua valun aiheuttamasta kosteudesta. Jo varsin lyhyessä ajassa kosteusrasituksessa kipsilevyn kartonkipinnalle voi muodostua mikrobikasvustoa. Niemelän 2014 mukaan kipsilevyissä tapahtuu kosteudenvaikutuksesta muodonmuutoksia ja ne menettävät lujuuttaan. Myös pitkäaikainen korkea suhteellinen ilmankosteus voi vaurioittaa kipsilevyä. Ennen kipsilevyjen asennusta rakennuksen vaipan tulee olla vesitiivis. Holveilta tuleva sade- tai sulamisvesi tai avoimista ikkunoista tuleva vesi ei saa päästä kosketuksiin kipsilevyn kanssa.

### **Kevytbetoni, kevytsorabetoni, kalkkihiekkatiilet ja poltetut tiilet**

Epäorgaaniset tuotteet ovat hyvin kosteutta kestäviä materiaaleja. Kastuessaan ne kuitenkin siirtävät kapillaarisesti kosteutta pitkiäkin matkoja. Kastuessaan tuoteryhmän materiaaleissa tapahtuu jonkin verran muodonmuutoksia, joka saattaa aiheuttaa halkeamia rakenteen kuivuessa. Kevytbetoni ja kevytsora ovat nopeasti kuivuvia materiaaleja, kun

taas kalkkihiekkatiilen ja poltetun savitiilen kuivuminen kestää kauemmin. Kastuneet tuoteryhmän rakenteet voivat olla esteenä pinnoitukselle, mikä aiheuttaa aikatauluviivästyksiä. (Niemelä 2014) Kiviaineisilla tuotteilla materiaalin pinnalle voi muodostua suoloja, jotka voivat heikentää tartuntaa ja aiheuttaa kosmeettista haittaa.

### **Puu**

Puu on hygroskooppinen materiaali, joka voi sitoa suuria määriä kosteutta. Se tarjoaa orgaanisena aineena hyvän alustan mikrobikasvulle. Puu siirtää kosteutta myös kapillaarisesti. Varastoitaessa puu tulee suojata sateelta ja nostaa irti maaperästä. Varastoinnissa on myös syytä huomioida tuulettavuus, sillä ilman suhteellinen kosteus voi suojapeitteen alla nousta merkittävästi puusta itsestään, ja maaperästä peräisin olevan kosteuden seurauksena. Puu vaurioituu, mikäli ympäröivän ilman suhteellinen kosteus pysyttelee pitkiä aikoja RH 80–90%:ssa. Kastunutta puutavaraa ei saa käyttää sisäosien rakentamisessa. Kastunut puu ei höyrynsulun asentamisen jälkeen välttämättä pääse riittävän hyvin kuivumaan ja pitkäaikainen kosteusrasitus nostaa mikrobivaurioitumisen riskiä merkittävästi. (Niemelä 2014)

### **Tasoitteet**

Tasoitteiden runsas vesisisältö kastelee rakenteen aina hetkellisesti. Tasoitteen aiheuttama kastuminen ei aiheuta muiden rakenteiden vaurioita, mikäli tasoite pääsee vapaasti kuivumaan. Tasoite kestävät pääosin hyvin kosteutta, mutta ne eivät kestä jatkuvaa kastumista. Työmaanaikainen lyhytaikainen kastuminen ei aiheuta tasoitteeseen vaurioita. Tasoitetöissä on huomioitava, että betonin pinta on hiottu vesihöyrynvastuksen vähentämiseksi, jolloin tasoitetyöstä peräisin oleva kosteus pääsee nopeammin kuivumaan. Tasoitetyön aiheuttama kosteuslisä aiheuttaa myös sisäilman suhteellisen kosteuspitoisuuden nousua, joka on syytä huomioida riittävällä ilmanvaihdolla. (Niemelä 2014) Tarvittavaa paksumpaa tasoituskerrosta tulee välttää, sillä tasoitustyö kostuttaa betonin pintaosia. Tällöin itse tasoitteen kuivuminen hidastuu ja betonin pintaosan kuivuminen voi kestää useita viikkoja.

### **Eristeet**

Mineraalivillat, polystyreenit ja polyuretaanit eivät ole hygroskooppisia eivätkä kapillaarisesti kosteutta johtavia materiaaleja. Nämä eristeet eivät myöskään ole helposti mikrobivaurioituvia materiaaleja, mutta epäpuhtaudet sopivissa olosuhteissa eristeen pinnalla voivat luoda kasvualustan mikrobeille. Avohuokoisissa materiaaleissa mikrobikasvusto

voi olla tavanomaista suurempaa. Rakenteet tulee toteuttaa siten, että mineraalivillat ovat aina yläpäästään sateelta ja valumavesiltä suojattuja. Käytettävän eristeen valinnassa tulee huomioida, että sään vaikutuksille altistuva eristekerros on aina kosteutta kestävä. VTT:n ja TTY:n homemallin mukaan mineraalivillat on luokiteltu neliportaisessa järjestelmässä luokkaan HHL3. Luokituksessa vähiten mikrobikasvulle altistava alusta on luokkaa HHL4 (Vinha 2014). Myös muovipohjaiset eristeet kuuluvat luokkaan HHL3.

Muovipohjaisia eristeitä voidaan käyttää varsin kosteissakin olosuhteissa, mutta eristeitä käytettäessä tulee huomioida alhainen vesihöyrynläpäisevyyskyky. Ongelmia on syntynyt mm., kun kantavan betonilaatan päälle on asennettu EPS tai XPS eristeinen lattia-lämmityksen pintavalu. Joskus kantavan betonilaatan pinnalle on jäänyt epäpuhtauksia, ja lattiarakenteen eristetilan kosteuspitoisuus on kohonnut muodostaen riittävät olosuhteet mikrobikasvustolle. (Niemelä 2014)

### 3.6 Märkätilat

Märkätiloja voidaan toteuttaa kivi- ja levyrakenteisena. Märkätilat ovat kosteusteknisesti toteutuksen ja suunnittelun kannalta erityisen kriittisiä paikkoja. Märkätiloissa myös vääränlaisesta käytöstä ja ylläpidosta aiheutuvat takuuajaiset ongelmat korostuvat.

Sisäilmayhdistys Ry:n ja RIL250-2011 mukaan yleiset kosteusongelmien syyt märkätiloissa ovat:

- Lattian vedeneristystä koskevat puutteet tai vedeneristeen puuttuminen.
  - Vedeneriste päättyy lattia- tai seinärakenteen sisään
  - Vedeneristeen paksuus ei ole riittävä
  - Liittymät kynnyksiin, kaivoihin ja seinien vedeneristeisiin eivät noudata suunnitelmia ja ohjeistusta
- Läpivientien kautta pääsee vettä lattia- tai seinärakenteeseen
- Rakenteen sisäiset putkivuodot
- Puutteellisen ilmanvaihdon aiheuttama pitkäaikainen kosteusrasitus
  - Epätiivit katon läpiviennit tai höyrynsulku, joista kosteus siirtyy ylempiin rakenteisiin
  - Ylimääräisen kosteuden tiivistyminen toistuvasti esimerkiksi kattopinnoille
- Lattian vääränlaiset kallistukset

Muita märkätiloja koskevia ongelmia voi aiheutua lämpöliikkeiden aiheuttamista vedeneristeen tai muovitapetin ja kaakeleiden irtoamisesta. Märkätilojen seinissä tulee huomioida, että seinän ulompia pintoja ei saa käsitellä tiiviillä pinnoitteella, jotta kosteus pääsee haihtumaan seinästä. Myöskään märkätiloissa sijaitsevia kotelorakenteita ei saa pinnoittaa molemminpuolisesti vedeneristeellä ilman tuulettumismahdollisuutta. Ympäristöministeriön asetuksen mukaan valuvan-, tiivistyvän- ja roiskeveden alueella tulee olla vedeneristys, joka kestää pitkäaikaista kosteusrasitusta. Diplomityöntekijä on itse kohdannut erityisesti tätä vaatimusta koskevia puutteita märkätiloja koskevilla valvontakäynteillä. Haasteellisia toteutuskohtia ovat mm. suihkun ja löylyhuoneen välisen seinän vedeneristeen liittymät löylyhuoneen oven karmeihin. Useimmiten oven sijainti on myös roiskevesialueella.

Puurakenteisissa väliseinissä tulee huomioida, että seinän alaosan ei ole suorassa kosketuksessa betonilaataan eikä alaohjauspuu ole myöskään betonilaatan sisällä. (RIL 250-2011)

Vedeneristys- ja pintarakennejärjestelmille on käytössä sertifiointi, jonka tarkoituksena on osoittaa, että tuoteperhe tai järjestelmä on todettu soveltuvan kyseiseen käyttötarkoitukseen. Sertifiointi pitää sisällään testejä ja laadunvalvontaa. Sertifioituissa vedeneristys- ja pinnoitusjärjestelmissä tuotteiden yhteensopivuus ja toiminta keskenään on varmistettu. Eri valmistajien tuotteita ei lähtökohtaisesti tulisi käyttää ristiin. (Merikallio 2007)

Säännölliset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet ovat edellytys käytönaikaisen toimivuuden varmistamiselle. Märkätiloja koskevilla huolto- ja tarkastustoimenpiteillä suunniteltu käyttöikä saadaan toteutumaan. Märkätiloissa pintarakenteiden alapuolisille rakenteille ja vedeneristeelle asetetaan 25 vuoden käyttöikätaavoite. Vedeneristeiden tulee oikein huollettuna täyttää 25 vuoden käyttöikävaatimus. (RIL 107-2012)

### **3.7 Ilmanvaihto ja ilmavirtaukset**

Rakennuksen ilmavirtaukset kuljettavat mukanaan vesihöyryä ja mahdollisia epäpuhauksia. Rakenteiden ilmatiiveydellä ja painesuhteiden hallinnalla varmistetaan, että kosteuden siirtyminen rakennuksessa ei aiheuta rakenteille vaurioitumisriskiä. Painesuhteiden tasapainotus voidaan tehdä ilmanvaihtojärjestelmää säätämällä. Märkätiloissa tulee olla jatkuvatoiminen riittävän tehokas ilmanvaihto, jotta käytön aikana kastuvat pinnat kuivuvat tehokkaasti. RIL 107–2012 painottaa, että painesuhteiden ja kosteuden poistu-

misen toimivuuden kannalta tulee kiinnittää erityisesti huomiota korvausilmareittien toimivuuteen. Korvausilma märkätiloissa voidaan toteuttaa esimerkiksi oviraolla tai oviventtiilillä.

Ilmanvaihtokanaviston puutteellinen lämmöneristys voi RIL 250-2011 mukaan aiheuttaa kondensoitumista kylmän IV-kanavan pinnalle muodostaen pölyn kanssa riskin mikrobin kasvulle. Erityistä huomiota tulee kiinnittää ilmanvaihtokanavien ja eristystyön suojaukseen, jotka tehdään ennen vesikattotöitä.

Rakentamista, käyttöä ja ylläpitoa koskevat ilmanvaihtoon liittyvät kosteus- ja sisäilmaongelmat voidaan (Järnström ym. 2017) mukaan jakaa kolmeen tyypillisimpään ongelman aiheuttajaan:

- Tuloilma sisältää haitallisia epäpuhtauksia ja hajuja
  - IV-järjestelmä likaantuu rakentamisen aikana, sillä kosteudenhallinta- ja puhtaudenhallintasuunnitelmaa ei noudateta ja valvonta on puutteellista.
  - Ulkoilman sisäänoton suunnittelu, toteutus ja huolto on puutteellista.
  - IV-kanaviston eristykset ja reititykset on toteutettu puutteellisesti.
- Ilmanvaihto on puutteellista ja tehotonta
  - Ilmavirrat ovat suunniteltua pienempiä suunnittelu-, toteutus- ja käyttövirheiden vuoksi.
  - Rakennuksen käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihto on riittämätöntä.
  - IV-järjestelmän toimivuutta ei seurata automaation avulla, jolloin aiheutuvia kosteus- ja sisäilmaongelmia ei havaita ajoissa.
- Ilmanvaihdosta aiheutuvat paine-erot aiheuttavat epäpuhtauksien ja kosteuden kulkeutumista
  - Ilmanvaihtojärjestelmää käytetään väärin
  - Käyttööntovaiheessa opastus on puutteellinen ja mittaukset on tehty puutteellisesti

Suunnitellusta ilmanvaihdosta poikkeavat ilmavirtaukset ja rakennusosien painesuhteet saadaan osittain hallintaan rakenteiden tiiviillä toteutuksella. Ilmanvaihtokanavien liittymät höyrinsulkuun tulee toteuttaa erityisen huolellisesti. Liittymien tiivis toteutus korostuu yhä enemmän märkätiloissa. Höyryn- ja ilmansulkumateriaalien lisäksi tulee käyttää järjestelmiin sopivia oheistarvikkeita, kuten saumaus- ja tiivistysmateriaaleja ja läpivientien tiivistysosia. RIL107-2012 suosittelee käyttämään höyrinsulkukalvon läpivienneissä

tehdasvalmisteisia tiivistysosia. Hörynsulun kiinnikkeinä tulee käyttää tuotteelle sopivia kiinnikkeitä.



## 4. KOSTEUDENHALLINTAPROSESSI

Kosteudenhallinta on koko rakennuksen elinkaaren mittainen laadunhallintaprosessi. Kosteudenhallinta kattaa osaprosessit kosteusteknisestä suunnittelusta rakennusaikaisen kosteusrasitusten hallintaan ja oikeaan käyttö- ja ylläpitotapaan. Tässä luvussa kuvataan toimenpiteitä kosteusteknisen laadun saavuttamiseksi suunnittelussa ja toteutuksessa sekä ylläpitoa ja käyttöönottoa koskevia toimenpiteitä takuuajakaisten kosteusvaurioiden estämiseksi.

Hankkeen tavoiteasetteluvaiheessa laaditaan kosteudenhallintaselvitys, joka palvelee prosessin läpiviennissä. Kosteudenhallintaprosessin etenemistä ja hankkeen eri vaiheissa suoritettavia kosteudenhallinnan tehtäviä on esitetty kuvassa (Kuva 7). Suunnitteluvaiheessa kohteelle tulee laatia kosteudenhallintaselvitys, josta aiemmin käytettiin nimitystä suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma. Ennen rakennusvaihetta kosteudenhallintaselvityksen perusteella laaditaan kohdekohtainen työmaan kosteudenhallintasuunnitelma. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma laaditaan kosteudenhallintaselvityksen tietoja hyödyntäen. Kosteudenhallintasuunnitelmaa noudatetaan ja tarvittaessa päivitetään koko rakentamiskauden ajan. Rakennusvaihetta edeltävä kosteudenhallinta painottuu kosteusriskien arviointiin ja analysointiin. Kosteusriskien hallinnassa hankkeen lähtötietojen perusteella määritellään kosteudenhallinnan menettelytaso. Menettelytason mukaan määräytyy, mitä valvonta- ja seuranta-toimenpiteitä hankkeessa tullessaan suoritettavaan. (RIL 250-2011, s.19)



Kuva 7. Kosteudenhallintaan liittyvät päävaiheet ja tehtäviä hankkeen eri vaiheissa.

#### 4.1 Kriittiset laatutekijät kosteudenhallinnassa

Rakennushankkeen laadulle on edellytyksiä, joista käytetään nimitystä laatutekijä. Rakennushankkeessa puutteet laatutekijöiden toimivuudessa lisäävät kosteusvaurioiden riskiä merkittävästi. RIL 250-2011 jaottelee kriittiset laatutekijät hallinnollisiin ja teknisiin laatutekijöihin. Ylläpidon laatutekijät sisältävät sekä teknisiä ja hallinnollisia toimenpiteitä. Ylläpidon toimenpiteet keskittyvät aiempien laatutekijöiden parannuksiin.

**Hallinnollisia laatutekijöitä rakennushankkeessa ovat:**

- Hankkeen eri osapuolten osaaminen ja yhteistyökyky
- Osapuolten ja hankkeen toimiva organisaatorakenne
- Sopimushallinnan asiantuntemus
- Selkeä ohjeistus suunnitteluasiakirjojen hallintaan
- Hankkeelle on varattu riittävä rahoitus

- Aikataulu on häiriönsietokykyinen
- tiedonkulku- ja dokumentointitavat on sovittu
- vaadittava laatutaso on määritetty
- laadunvarmistustoimenpiteet ja -mittaukset on määritelty
- vastaanotto ja hyväksymismenettelyt on sovittu hyvissä ajoin työvaihekohtaisesti (RIL250-2011)

Rakennusurakoitsijan on tärkeä osata valita hankkeeseen sellaiset aliurakoitsijat, jotka sitoutuvat työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laadintaan ja noudattamiseen omaa urakkaansa koskien. Yhden osapuolen riittävä kosteudenhallinnan osaaminen ei riitä paikkaamaan mahdollisia muiden osapuolten osaamisen puutteita. Urakoitsijan on erittäin vaikea puuttua muita osapuolia koskeviin laiminlyönteihin, mikäli sopimusasiakirjoissa ei ole esitetty riittävän tarkkoja vastuurajoja ja sanktiointimenettelyä esimerkiksi aliurakoitsijan poiketessa sovituista menettelytavoista.

#### **Teknisiä laatutekijöitä rakennushankkeessa ovat:**

- Piha-alueeseen ja ympäristöön liittyvät laatutekijät (kaavoitus, ympäristöolosuhteet, piha-alueen vedenpoisto, kasvillisuus)
- Rakennustekniset laatutekijät (rakennusosien kosteustekninen toimivuus, josta on kerrottu tarkemmin luvussa 3).
- Talotekniset laatutekijät (Ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät ja järjestelmien toimiva kokonaisuus yhdessä rakenteiden kanssa, joista on kerrottu tarkemmin luvussa 3).
- Työtekniset laatutekijät

Työteknisillä laatutekijöillä tarkoitetaan, että työt suoritetaan oikeaoppisesti laaditun työmaan kosteudenhallintasuunnitelman mukaisesti. Rakenteiden ja materiaalien kastuminen tulee estää kuivaketjun kaikissa vaiheissa. (RIL250-2011) Osalle rakenteista ja materiaaleista työn aikainen kastuminen kuuluu normaaliin rakentamisprosessiin, mutta myös tällaisten rakenteiden kuivuminen täytyy varmistaa ja dokumentoida. Työtekniisiin laatutekijöihin kuuluu myös suunnitelmien yksityiskohtainen noudattaminen. Diplomi-työntekijän näkemyksen mukaan työtekniisiin laatutekijöihin kuuluu myös työnjohdon ammattitaito ja kyky palauttaa työvaihe uudelleen suunniteltavaksi tapauksissa, joissa suunnitelmien valmiusaste ei ole riittävä työn laadukasta toteutusta varten.

## 4.2 Kosteusriskien arviointi ja hallinta

Rakennettavalle kohteelle määrätään hankesuunnittelussa kosteusriskiluokka. Riskiluokka määräytyy hankkeen koon, olosuhteiden, haastavuuden sekä muiden yleisten ominaisuuksien perusteella. RIL 250-2011 ohjeistuksen mukaan kosteusriskiluokkia (R) on kolme. Kosteusriskiluokan perusteella määräytyy kosteudenhallinnan menettelytaso, joita ovat normaalimenettely ja tehostettu menettely. Riittävän kohdekohtaisen kosteudenhallinnan menettelytason saavuttamiseksi normaalia-, ja tehostettua menettelyä voidaan yhdistellä.

Laatuvaatimusten asettamisessa on usein syytä käyttää määräysten vähimmäistasoa korkeampaa tavoitetasoa. Laatuvaatimusten toteutuminen varmennetaan laadunvarmistustoimenpiteillä. Työvaiheille ja rakennusosille suoritettavat laadunvarmistustoimenpiteet määräytyvät riskianalyysin tulosten ja sovitun kosteudenhallinnan menettelytason mukaan. Rakennusfysikaaliset laadunvarmistustoimenpiteet ovat työmaan tavanomaista laadunvarmistusta tukeva menettely.

Tavoitetasoon, laatuun ja kosteudenhallinnan menettelytasoon liittyvät tiedot kirjataan rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen, jota päivitetään hankkeen etenemisen myötä. Kosteudenhallintaselvityksen tietoja käytetään hyödyksi työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laadinnassa. Erityisesti urakoitsijaa koskevat kosteudenhallintaselvitykseen kirjattavat asiat ovat työmaan olosuhdehallinta ja rakennuksen ylläpito ja käyttö.

Työmaan olosuhdehallinta pitää sisällään keskeneräisten rakenteiden ja materiaalien suojauksen ja suunnitelman rakenteiden kuivattamisesta. Olosuhdehallintaan kuuluu myös laadunvarmistusmittauksia kuten kosteus- ja tiiveysmittauksia. Laadunvarmistusmittauksien suorittavalla taholla tulee olla riittävät pätevyudet mittauksien ja laadunvarmistuskokeiden suorittamiseen. Urakoitsija vastaa myös työmaan kosteudenhallinnan organisoinnista ja seurannasta. Urakoitsija vastaa riittävästä työnjohdosta ja omasta laadunvarmistuksestaan. (Kilpeläinen ym. 2006)

Ennen rakennuksen luovutusta käyttäjille, perustetaan ylläpidon organisaatio ja asetetaan ylläpitoa koskevat tavoitteet. Tässä yhteydessä suoritetaan myös käyttöön opastus käyttäjille. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman ja materiaalien ja laitteiden tuotetietojen pohjalta laaditaan huoltokirja. Hyvässä huoltokirjassa esitetään rakennuksen käyttöön liittyvät kosteusriskit ja tarvittavat huoltotoimenpiteet riskien välttämiseksi. (Kilpeläinen ym. 2006)

#### 4.2.1 Kosteusriskiluokan ja menettelytavan valinta

Kosteusriskiluokan määrittelyllä hankkeen osapuolet saadaan kohdistamaan riittävät resurssit kosteusriskien hallintaan. Kosteusriskiluokka valitaan rakennuksen kosteudenhallinnan vaativuuden ja mahdollisten kosteusvahinkojen seuraamusten perusteella. Rakennushankkeiden jakoa kosteusriskiluokkiin on havainnollistettu taulukossa (Taulukko 2). Kosteusriskiluokan tarkempi määrittely on esitetty julkaisussa RIL 250-2011. Lehtinen T. & Viljanen M. ovat tutkimusraportissaan ”Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen suunnittelu”, esittäneet vaativuustekijät, joiden perusteella rakennushankkeet voidaan jakaa eri kosteusriskiluokkiin.

**Taulukko 2.** Kosteusriskiluokat ja esimerkkejä rakennuskohteista (RIL 250-2011)

Hankkeen vaativuus	Kosteusriskiluokka R	Esimerkkejä
Erittäin vaativa	3	Rakennukset, joissa on suuri kosteusrasitus (mm. uimahallit, kostutetut tilat, pakkasvarastot) ja jotka ovat muuten kosteudenhallinnan suunnittelun, toteutuksen, ylläpidon tai käytön kannalta erittäin vaativia.
Normaalia vaativampi	2	Normaalia vaativammat asuin-, liike- ja toimistorakennukset. Koulut ja päiväkodit.
Normaali	1	Tavanomaiset asuin-, liike- ja toimistorakennukset (normaalimenettely). Rakennukset, joissa on ihmisiä vain satunnaisesti tai rakennuksen suunniteltu käyttöikä on normaalia lyhyempi (kevennetty normaalimenettely).

Kosteusriskiluokka määrittää kohteessa käytettävän kosteudenhallinnan menettelytavan. Taulukossa (Taulukko 3) on esitetty kosteusriskiluokan vaikutus kosteudenhallinnan menettelytavan valintaan.

**Taulukko 3. Menettelytasot kosteusriskiluokkien mukaisesti (RIL 250-2011)**

Kosteusriskiluokka R=1	Valitaan normaalimenettely tai kevennetty normaalimenettely, kun rakennuksen käytöstä koituvat rasitukset ovat tavanomaista pienemmät.
Kosteusriskiluokka R=2	Valitaan normaalimenettely soveltaen kriittisiin kohtiin tehostettuja menettelytapoja. Valitut erityistoimenpiteet kohdistuvat suuriin riskeihin.
Kosteusriskiluokka R=3	Valitaan tehostettu menettely, jossa riskit torjutaan tehostetun menettelyn toimenpiteillä kohdistuen erityistoimenpiteet erityisen vaativiin ja kriittisiin rakenteisiin ja rakennusosiin.

#### 4.2.2 Kosteudenhallinnan menettelytavat

Kosteudenhallinnan normaali- ja tehostettu menettely pitävät sisällään kosteudenhallinnan toimenpiteitä rakentamisen eri vaiheista: rakennuttamisesta ja projektinhallinnasta, suunnittelusta, toteutuksesta ja ylläpidosta. Tässä osiossa käsitellään kosteudenhallinnan normaalin- ja tehostetun menettelyn toimenpiteitä rakentamis- ja takuajan osalta.

##### **Kosteudenhallinnan normaalimenettely**

Normaalimenettely perusedellytyksenä työmaa-aikana on toimijoiden riittävä pätevyys toimia työtehtävissään. Pääurakoitsija vastaa myös aliorakoitsijan riittävästä pätevydestä. Työmaajohdon tehtäviin kuuluu kosteudenhallintasuunnitelman päivittäminen rakennushankkeen edetessä. Kosteudenhallintasuunnitelmaan lisätään työkohtaisia tarkennuksia mm. rakenteiden kuivumiseen ja suojaukseen liittyen. Työnjohto vastaa siitä, että työmaan kaikki osapuolet toimivat kosteudenhallintasuunnitelman mukaisesti. Toteutusvaiheen aikana laaditaan ylläpitoa ja käyttöä varten käyttö- ja huolto-ohjeet rakennukselle.

Ylläpidon ja käytönaikainen normaalimenettely edellyttää huoltokirjan huolto-ohjeiden mukaisia toimenpiteitä ja tarkastuksia. Rakennuksen käytön tulee olla käyttäjille riittävän hyvin opastettu.

Kosteudenhallinnan normaalimenettely voidaan toteuttaa yksinkertaistetuilla toimenpiteillä tai organisaatiolla, kun hankkeen kosteusriskiluokka R=1.

### **Kosteudenhallinnan tehostettu menettely**

Tehostettu menettely sisältää toteutuksen ja suunnittelun kannalta toimenpiteitä sekä laadunhallintaa, jonka tavoitteet on asetettu korkeammalle, kuin kosteudenhallinnan normaalimenettelyssä. Tehostetussa menettelyssä valitaan riskiarvion tai riskianalyysin perusteella yksi tai useampi toimenpide alla olevasta RIL 250-2011 ohjeistamasta toimenpidelistasta.

1. Toimijoiden pätevyuden varmistaminen
2. Suunnitelmien ulkopuolinen tarkastus
3. Rakennusosien valmistusten ulkopuolinen laadunvarmistus
4. Valmisosien valmistuksen laadunvarmistus
5. Tehostettu käytönaikainen seuranta ja huolto
6. Tehostettu tiedonkulku

Toimenpiteet saadaan hyvin käyttöön ja osapuolia sitoviksi, kun valinta tehdään varhaisessa vaiheessa ja huomioidaan sopimusasiakirjoissa. Vaikka päätös valituista toimenpiteistä on rakennuttajalla, kosteudenhallinnan kannalta paras lopputulos saadaan valitsemalla toimenpiteet yhteistyössä suunnittelijan ja urakoitsijan kanssa siten, että valinta hyödyttää kaikkia rakentamisen osapuolia.

Tehostetussa menettelyssä käytettävien toimenpiteiden tarkempaa sisältöä on käsitelty RIL250-2011 julkaisussa.

### **4.2.3 Kosteudenhallintaselvitys**

Ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Hankkeeseen ryhtyvä voi laatia selvityksen itse tai teetättää sen ulkopuolisella asiantuntijalla.

Kosteudenhallintaselvityksen tulee sisältää rakennushankkeen yleistiedot, kosteudenhallinnan vaatimukset hankkeen eri vaiheissa sekä toimenpiteet ja menettelyt, joilla kosteudenhallinnan vaatimusten täytyminen varmistetaan. Kosteudenhallintaselvityksessä on esitettävä myös kosteudenhallintaan varattavat henkilöresurssit ja tieto kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä. (Ympäristöministeriö 782/2017)

#### 4.2.4 Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Ympäristöministeriön asetuksen 216/2015 mukaan työmaan vastaava työnjohtaja on velvollinen huolehtimaan työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta. Kosteudenhallintasuunnitelma pitää sisällään työmaakohtaiset ohjeet siitä, miten tuotteet ja rakennusosat suojataan kosteudelta ja miten rakenteiden kuivuminen toteutetaan. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa on esitetty myös vastuunjako kosteudenhallintaa koskevista tehtävistä ja nimetty työmaan kosteudenhallinnan vastuuhenkilöt. Kosteudenhallintasuunnitelma laaditaan kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuen. (Ympäristöministeriö 782/2017 13 §; 216/2015 15 §)

#### 4.2.5 Kuivaketju10

Tutkimukseen osallistuva rakennusliike Peab Oy on ottanut kaikissa uusissa omaperusteisissa kohteissaan käyttöön Kuivaketju10 toimintamallin 2019 tammikuusta alkaen. Kuivaketju10 on julkinen Rakentamisen laatu RALA ry:n ylläpitämä toimintamalli, jonka tavoite on parantaa kosteudenhallinnan tasoa kaikissa rakentamisen vaiheissa keskittyen kymmeneen keskeisimpään kosteusriskiin.

Kuivaketju10 verkkosivustolla sitä kuvataan toimintamallina, jolla vähennetään kosteusvaurioiden riskiä elinkaaren kaikissa vaiheissa. Kuivaketju10 nimitys tulee ketjusta, jossa kosteusriskien torjumiseen panostetaan kaikissa rakennusprosessin vaiheissa. Kuivaketju10:n onnistuminen kosteusriskien torjumiseksi varmennetaan noudattamalla Kuivaketju10-todentamisohjetta. Keskeisimmät kuivaketju10:n mukaiset kosteusriskit on esitetty Kuivaketju10-riskilistassa. Kuivaketju10:n riskilistanmukaisten kymmenen keskeisimmän kosteusriskin hallinnalla vältetään yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista.

Riskilista ja todentamisohje tarkennetaan hankkeen suunnitteluvaiheessa siten, että kohdekohtaiset erityispiirteet tulevat huomioiduksi ja kosteusriskit saadaan kokonaisvaltaisesti hallintaan.

Kuivaketju10 menettely edellyttää hankkeen toteuttamisessa kosteuskoordinaattorin käyttöä. Kosteuskoordinaattori on urakoitsijan ulkopuolinen henkilö, jonka tehtävänä on ohjata ja valvoa Kuivaketju10:n toteutumista prosessin aikana. Koordinaattorin tehtävänä on varmistaa ja hyväksyä todentamisohjeen mukainen urakoitsijan suorittama do-



kumentointi. Kuivaketju10:n ei koske ainoastaan työmaan toimintaa, vaan suunnittelijoiden tulee näyttää, että toimintamallin edellyttämä riskilista ja todentamisohje tulee huomioiduksi suunnitelmissa.

## Riskilista

Kuivaketju10 verkkosivuilla on saatavilla kymmenen keskeisintä riskiä sisältävä riskilista. Toimenpiteet yleisesti on myös esitetty riskilistassa erikseen kullekin riskille. Kuvassa (Kuva 8) on esitetty Kuivaketju10:n mukaiset keskeisimmät kosteudenhallinnan riskit.

- |    |   |     |  |
|----|---|-----|--|
| 1. | Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita.                                  | 6.  | Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja.              |
| 2. | Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle.  | 7.  | Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet.           |
| 3. | Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan.  | 8.  | Kosteiden betonirakenteiden päälystäminen aiheuttaa päälystemateriaalin turmeltumisen. |
| 4. | Kosteutta siirtyy ilmansulkerakkeen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi.   | 9.  | Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen.                        |
| 5. | Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin. | 10. | Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti.                        |

**Kuva 8.** Kymmenen keskeisintä kosteudenhallintaan liittyvää riskiä. (Kuivaketju10.fi)

Riskilistan kymmenen keskeisimpään riskiin ei varsinaisesti sisälly kiire, mutta toiminnan perusedellytyksenä on se, että aikataulu on realistisesti toteutettavissa. Luvussa 3 on esitetty tarkemmin rakennekohtaista toteutusta, jolla keskeisimmät kuivaketju10:n mukaiset kosteusriskit saadaan hallintaan.

## 4.3 Käyttöönotto ja ylläpito

Käyttöönottovaiheella tarkoitetaan vaihetta, jossa rakennus luovutetaan käyttäjille, ja pääasiallisesti rakennusta koskevat toimenpiteet siirtyvät kiinteistöhuollosta vastaavan organisaation hoidettavaksi. Kosteudenhallinnan kannalta tärkeät käyttöönoton ja ylläpitovaiheen urakoitsijaa koskevat tehtävät ovat huoltokirjan laadinta ja käyttöön opastaminen.

### 4.3.1 Huoltokirja

Rakentamisvaiheen lopussa toteumatiedot uudesta rakennuksesta kootaan rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeeseen eli huoltokirjaan. Vastuu huoltokirjan sisällön lähtötietojen keräämisestä on pääosin pääsuunnittelijalla. Huoltokirjan tarkoitus on palvella käyttäjää ja rakennuksen ylläpidosta vastaavaa tahoa. Huoltokirjaan kootaan toteutuneet suunnitelma-asiakirjat mahdollisten työmaa-aikaisten suunnitelmamuutosten kanssa, tarkastusasiakirjat, kosteudenhallinta-asiakirjat ja muu tarvittava materiaali. Kosteudenhallinnan kannalta huoltokirjaan tallennettavia tietoja voivat olla esimerkiksi:

- Määrittely ja seurantaohje riskipaikoille
- Tarkastusjaksot ja tarkastusten raportointi
- Käytönaikaiset kosteushälyttimet
- Ohjeet märkätilojen käytöstä ja kuivatuksesta
- Vastuuhenkilöiden määrittäminen

(RIL250- 2011)

Ylläpidon aikaista kosteudenhallintaa palvelevan huoltokirjan laadinnassa myös urakoitsijalla on merkittävä rooli. Huoltokirjan tarkastuksia ja toimenpiteitä varten tarvittavat erityistiedot riskipaikoista ja valvojan kanssa katselmoiduista rakennusvaiheista saadaan parhaiten urakoitsijalta, joka on itse ollut paikan päällä toteutuksen eri vaiheissa.

Keskeistä huoltokirjan laadinnassa on, että toimenpiteet valitaan siten, että rakenteille suunniteltu käyttöikä saadaan toteutumaan (Niemelä 2014). Asuintalon huoltokirjan laadintaa koskeva tarkempi ohjeistus on luettavissa RT18-11240-kortista. Teknisiä käyttöikä ja huoltovälejä on käsitelty kortissa RT18-10922.

### 4.3.2 Ylläpito

Ylläpidon tavoitteena on pitää rakennus teknisesti, turvallisesti ja terveellisesti toimintakuntoisena. Kosteudenhallinnan kannalta tämä tarkoittaa kosteusvahinkojen ja homevaurioiden estämistä. Ylläpidon ja rakennuksen elinkaaren kannalta on tärkeää, että rakentamisen alkuvaiheessa toteutettu riskien arviointi on onnistunut ja kriittiset laatutekijät on tiedostettu. (Niemelä 2014; RIL250-2011)

Omistajalla on oltava tieto kiinteistönsä kunnosta. Omistaja laiminlyödessä huoltovelvoitettaan, saattaa hän menettää oikeuksiaan takuuasioissa urakoitsijan suuntaan. Tärkein työkalu kiinteistön huoltohistorian ja kunnan tiedostamiseksi on huoltokirja, joka tulee pitää ajantasaisena. (RIL250-2011)

Rakennusurakoitsijan on takuuajana vaikea vaikuttaa rakennuksen kosteudenhallintaan liittyviin asioihin. Asukkailta ja omistajilta ei myöskään voida vaatia teknistä asiantuntemusta. Tästä syystä kosteusongelmien välttämiseksi ja turhien takuukorjauksien syntymiseksi käyttöönoton yhteydessä tehtävä käytön ohjeistus on tehtävä mahdollisimman kattavasti ja huolehdittava siitä, että huoltoyhtiöllä on kaikki edellytykset toimivaan kiinteistönpitoon.

Rakennusurakoitsijan on syytä varautua siihen, että työmaan ja suunnittelun laadunvalvonnasta riippumatta käytön alkuvaiheessa ilmenee virheitä. Virheistä voi aiheutua kosteusongelmia, joten kosteusteknisen toimivuuden seuranta on syytä tehostaa käytön alkuvaiheessa. (RIL250-2011)

## 5. HAASTATTELUJEN JA KOSTEUDENHALLINTAKIERROSTEN TULOKSET

Diplomityön empiirinen osa muodostui teemahaastattelulla toteutetusta kohdeyrityksen toimihenkilöiden haastatteluista. Haastattelujen tarkoitus oli kartoittaa rakennusurakoitsijan yleisimpiä kosteusvahinkoja työmaa- ja takuuajana ja kosteusvahinkoihin johtaneita syitä. Haastatteluita tehtiin työmaan vastaaville työnjohtajille ja takuutöistä vastaaville henkilöille. Takuutöistä vastaaville henkilöille ja vastaaville työnjohtajille oli haastatteluissa oma kysymysrunko, joka ohjasi haastattelun etenemistä. Haastattelujen otos muodostui Peab-konsernin kaikista Suomen yksiköistä, joista jokaisesta haastateltiin kahta työmaan vastaavaa työnjohtajaa ja vähintään yhtä takuutöistä vastaavaa henkilöä. Tutkimuksen haastatteluosio koostui yhteensä kolmestakymmenestä haastattelutapah- tumasta. Haastatteluista kolmasosa kohdistettiin takuuvastaaville ja kaksi kolmasosaa työmaan vastaaville työnjohtajille ja työnjohtajille.

Teemahaastattelujen lisäksi jokaisella Peab Oy:n toimipaikkakunnalla tehtiin työmaa- käyntejä yhteensä 21 työmaalla. Työmaakäyntien yhteydessä tehtyjen työnjohtajien haastattelujen jälkeen tehtiin kosteudenhallintakierros, jonka aikana tehtiin havaintoja työmaan kosteudenhallintaan liittyen. Työmaakäynneistä laadittiin havaintojen pohjalta muistiot, jotka on esitetty diplomityön liitteissä. Alla olevissa luvuissa on esitetty merkittävimmät tulokset haastatteluista teemoittain ja haastattelujen ohessa käytyjen keskustelujen mukaisesti.

## 5.1 Työnjohtajien haastattelujen tulokset

Työmaakäyntien yhteydessä toteutettujen haastattelujen haastateltavat henkilöt olivat pääosin työmaan vastaavia työnjohtajia. Osassa haastatteluista haastattelussa mukana oli myös toinen työnjohtaja tai työmaan kosteudenhallintavastaava. Työnjohtajien haastattelu muodostui viidestä teemasta, joihin liittyvät haastattelijan apukysymykset on esitetty kysymyslomakkeessa diplomityön liitteissä. Teemahaastattelussa käsiteltävät teema olivat:

- Haastateltavan kokemukset kosteusvahingoista ja kosteudenhallinnasta
- Dokumentoinnin tila
- Kosteudenhallinnan vaatimusten periyttäminen
- Suunnittelu
- Toiminnan kehittäminen

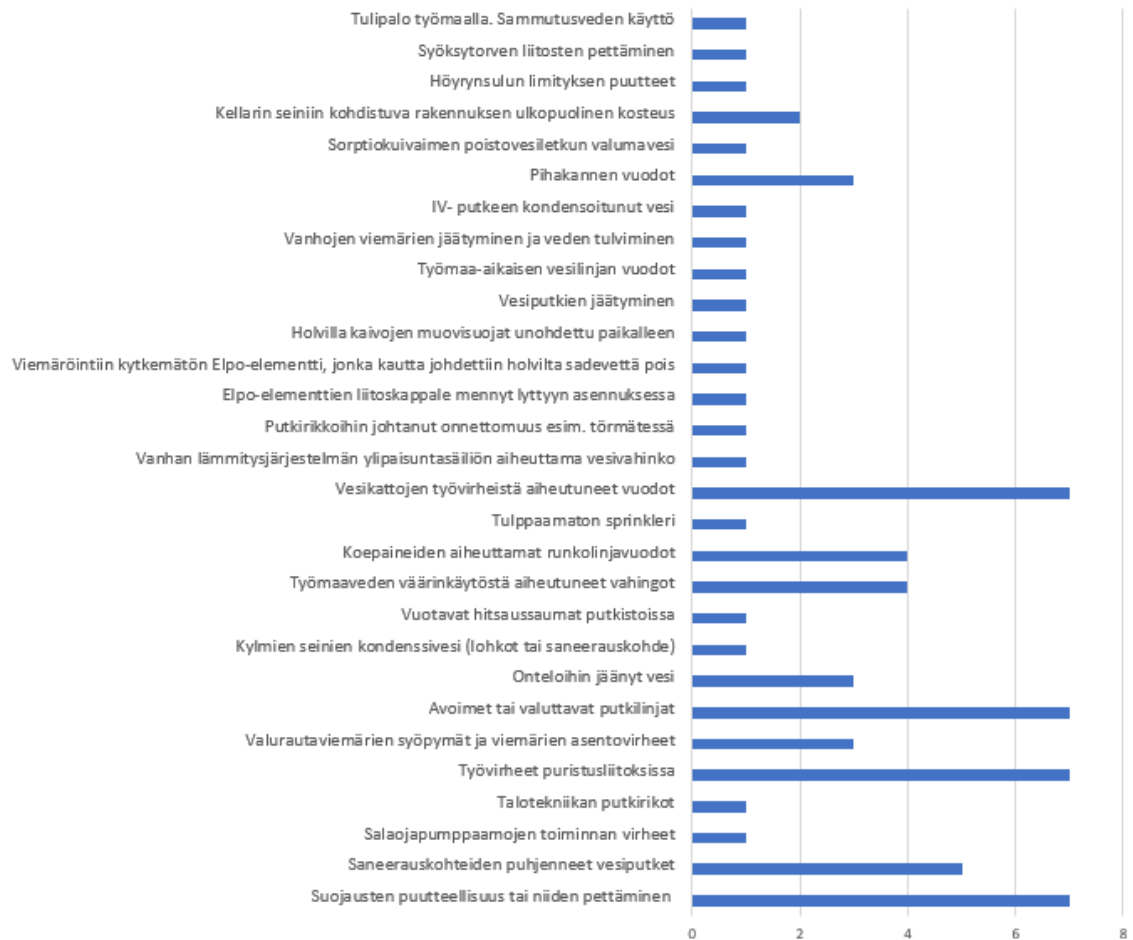
### 5.1.1 Haastateltavan kokemukset kosteusvahingoista ja kosteudenhallinnasta

Kysyttäessä työmaan haastateltavilta työnjohtajilta työuralla vastaan tulleista kosteusvahingoista ja näihin johtaneista syistä saatiin 22 haastattelun tuloksena lista kosteusvahingoista. Yleisimmät listassa toistuvat kosteusvahinkoihin johtavat syyt koskevat suojauspuutteita, putkilinjojen hitsaus- ja puristusliitosten puutteita, avoimia putkilinjoja ja vesikattojen työvirheitä. Suurimmat työmaan aikataululliset haasteet haastateltavien vastausten perusteella koskevat rakenteiden kuivumista. Taulukossa (Taulukko 4) on esitetty rakennusurakoitsijan vakuutusyhtiölle lähettämien vakuutuskorvaushakemusten perusteella vahinkotyyppin määrä vuosina 2015–2018. Taulukossa (Taulukko 5) on esitetty haastatteluissa työntekijöillä vastaan tulleet kosteusvahingot.

**Taulukko 4.** Kohdeyrityksen vesivahingoista tehtyjen vakuutuskorvaushakemusten määrä vahinkotyypeittäin vuosina 2015-2018.



**Taulukko 5. Haastateltavien työuralla vastaan tulleet vesivahinkojen aiheuttajat.**



Taulukon (Taulukko 4) perusteella lähes puolet vesivahinkoilmoituksista koskee rakennukseen tehtäviä uusia putkitöitä. Sama tulkinta voidaan tehdä työnjohtajien haastattelujen vastauksien perusteella. Taulukossa (Taulukko 5) muut yleiset esille nousevat vahinkojen aiheuttajat kuten vesikatkojen työvirheet ja pihakannen vuodot tulevat esiin yleensä takuuajana, mikä ei näy työmaa-aikaa koskevissa vahinkoilmoitusraporteissa.

Työnjohto on tietoinen kosteudenhallinnan tärkeydestä ja suhtautuu asiaan vaadittavalla vakavuudella. Kosteudenhallinnan kannalta haastavat työvaiheet tiedostetaan ja näihin pyritään panostamaan. Haastateltavien mukaan usein tuotannon ongelmat koskevat puutteellista rakenteiden suojausta ja puutteellisia suunnitelmia, joissa ei myöskään ole otettu kantaa rakenteiden suojaukseen.

Kysyttäessä työnjohdolta tavoista hoitaa kosteudenhallintavastaavan tehtävää, mainitsivat kaikki haastateltavat yhtä henkilöä lukuun ottamatta tekevänsä kosteudenhallinnan valvontaa muun työmaavalvonnan ohessa. Yhdellä työmaalla yrityksen oma työntekijä

oli määrätty tekemään viikoittaisen kosteudenhallintaa koskevan käynnin työmaalla siten, että henkilö ei kuulunut kyseisen työmaan henkilöstöön. Yhdellä työmaalla vastaavan työnjohtajan lisäksi oli erillinen kosteudenhallintavastaava, joka toimi työmaalla päivittäin ja suoritti kosteudenhallintakierrokset kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa. Vaikeissa kohteissa on tärkeää, että kosteudenhallintaan varatut resurssit ovat riittävät ja myös tilaaja ymmärtää tämän. Urakoitsijan osalta riittävät resurssit vaikeammissa kohteissa varmistetaan sillä, että vastaavan työnjohtajan vastuuta ei lisätä entisestään vaan kosteudenhallinnasta huolehtii myös erillinen kosteudenhallintavastaava. Kuivaketju10:n käyttöönotto edellyttää kattavaa työmaa-aikaista dokumentointia, mikä edellyttää, että dokumentoinnista vastaa asiaan perehtynyt henkilö, jolla on riittävästi aikaa tehtävän tekemiseen. Nykyisellä menettelyllä kosteudenhallintaan liittyvät työtehtävät vievät vastaavan työnjohtajan ajasta 2,5 – 20 % työmaasta, työvaiheesta ja vastuunjaosta riippuen. Tämän perusteella kosteudenhallintavastaava voisi toimia muutamalla työmaalla tehtävissään, tai suorittaa yhdellä työmaalla kosteudenhallintatehtävien lisäksi myös työmaata koskevia muita työtehtäviä.

Kosteudenhallintasuunnitelma on onnistuttu ottamaan mukaan aikataulusuunnitteluun hyödyntämällä kosteudenhallintasuunnitelmassa arvioituja kuivumisaikoja. Kolmasosa haastateltavista ei koe tarvetta kosteudenhallintasuunnitelman päivittämiselle työmaan aikana eikä juurikaan päivitä suunnitelmaa. Olosuhde ja suunnitelmamuutoksilla on vaikutusta kuivumisaikoihin ja työn suorittamiseen. Laiminlyönnit kosteudenhallintasuunnitelman ajantasaisena pitämisessä voivat johtaa häiriöihin aikataulussa ja pahemmassa tapauksessa takuuajaksiin ongelmiin.

### **5.1.2 Dokumentoinnin tila**

Työmaahaastattelujen tulosten perusteella tärkeimmät osa-alueet kosteudenhallintaan liittyvässä dokumentoinnissa on hyvällä tasolla. Kosteusmittaukset, vedeneristepalat ja laadunvarmistustoimenpiteet tehdään tilaajan kanssa sovittujen menettelyjen mukaisesti ja dokumentoidaan yrityksen Ärbasiin. Haastatteluissa kävi ilmi, että kosteusmittauspisteissä ei täysin noudateta yrityksen omaa ohjeistusta mittapisteiden määrästä ja sijainnista, jotka on esitetty kosteudenhallintasuunnitelmaohjeessa. Haastateltavat kertoivat toteuttavansa dokumentointia kuivaketju10:n dokumentointivaatimusten mukaisesti siten, että kaikki vaadittavat kohdat tulee dokumentoitua. Haastateltavat mainitsivat, että ongelma on siinä, että ei voida antaa yhtenevää linjausta sille, milloin dokumentoinnin laajuus on riittävä, sillä riittävä dokumentointilaajuus riippuu rakennushankkeesta. Haastateltavien mukaan yleisellä tasolla on ohjeistettu kaikkien piiloon jäävien rakenteiden



valokuvauksesta. Osa työnjohtajista käyttää toimintatapaa, jossa kaikki viemärit TV-kuvautetaan varmuuden vuoksi ja dokumentit tallennetaan verkkolevyille. Tätä toimintatapaa ei ole ohjeistettu kosteudenhallintasuunnitelmapohjassa, mutta toimintatapa olisi hyvä ottaa käyttöön yleisesti työmailla. Kosteudenhallintasuunnitelmaa tulisi voida käyttää dokumentoinnin tukena, ja suunnitelman tulisi osittain määrittellä kohteessa dokumentoitavat rakenteet kohteessa, mutta tällä hetkellä kosteudenhallintasuunnitelmassa ei välttämättä oteta kantaa asiaan. Dokumentointi tehdään Kuivaketju10:n todentamisohjeen tarkistuslistan mukaisesti, mutta dokumentoinnin laajuus olisi hyvä rajata ja määrittellä kosteudenhallintasuunnitelmaan. Tarvittavan dokumentoinnin laajuutta koskien ei ole olemassa tarkkaa ohjeistusta. Takuutyötä tekevien olisi hyvä takuukorjauksia koskien kirjata ylös dokumentointia koskevat puutteet. Kunkin rakenteen korjauksen yhteydessä tulee miettiä, kuinka laajaa dokumentoinnin olisi oltava, jotta voidaan myöhemmin muodostaa tarkka ohjeistus rakennekohtaista dokumentointia varten.

Tämänhetkinen Kuivaketju10:n tarkistuslista sisältää haastateltavien mukaan muutamia päällekkäisyyksiä yrityksessä käytettävien muiden dokumentointipohjien kanssa. Kosteudenhallinnan dokumentoinnin osalta tulee noudattaa ensisijaisesti Kuivaketju10 tarkistuslistaa ja kosteudenhallintasuunnitelmaa. Päällekkäisyyksiä muista dokumentointipohjista tulisi pyrkiä vähentämään, sillä tämä muodostaa riskin sille, että dokumentointi jää kokonaan puuttumaan.

Kysyttäessä haastateltavien näkemyksiä dokumentoinnin kehittämisestä, koski yleisin vastaus selkeää ohjeistusta dokumentoitavien osien laajuudesta. Kohdeyritys käyttää tiedostojen tallentamiseen Ärbas nimistä järjestelmää, jonka kansiorakenteissa koetaan olevan myös työmaakohtaista vaihtelua, johon toivottaisiin yhtenäistämistä. Eräs haastateltavista mainitsi, että työntekijöille kaivattaisiin lyhyt ohjeistus vesivahingon yhteydessä tarvittavista tehtävistä. Vesivahinkoraporttien dokumentoinnissa on myös puutteita, joka havaittiin vakuutusyhtiölle tarkasteltaessa vakuutusyhtiölle lähetettyjä korvaushakemuksia. Raporttien dokumentoinnista ei selvinnyt kaikkien korvauspäätösten lopullista tulosta tai muita kriittisiä tietoja. Vahinkoraporttien dokumentoinnissa olisi tärkeää, että tallennettavista tiedostoista löytyvät työmaan tekemä vahinkoilmoitus ja korvauspyyntö, sekä lopullinen päätös korvauksesta sisältäen tapauksesta käydyn sähköpostiviestinnän ja mahdolliset puhelinkeskustelut. Kaikista tiedostoista tulisi näkyä myös päivämäärä. Haastateltavat mainitsivat, että dokumentointiapplikaatio Congridin käyttöä haluttaisiin ottaa mukaan toimintaan monipuolisemmin, sillä tätä on pidetty helppona ja

toimivana ratkaisuna työmaavaiheen dokumentoinnissa. Esille nousi ehdotus mm. kiviakku10:n tarkistuslistan viennistä Congridiin. Eräs haastateltavista esitti Congridiin myös toimintoa, joka muistuttaa myöhemmässä rakennusvaiheessa toimenpiteistä, joita aiempi Congridiin tehty havainto edellyttää tehtäväksi.

### **5.1.3 Kosteudenhallinnan vaatimusten periyttäminen**

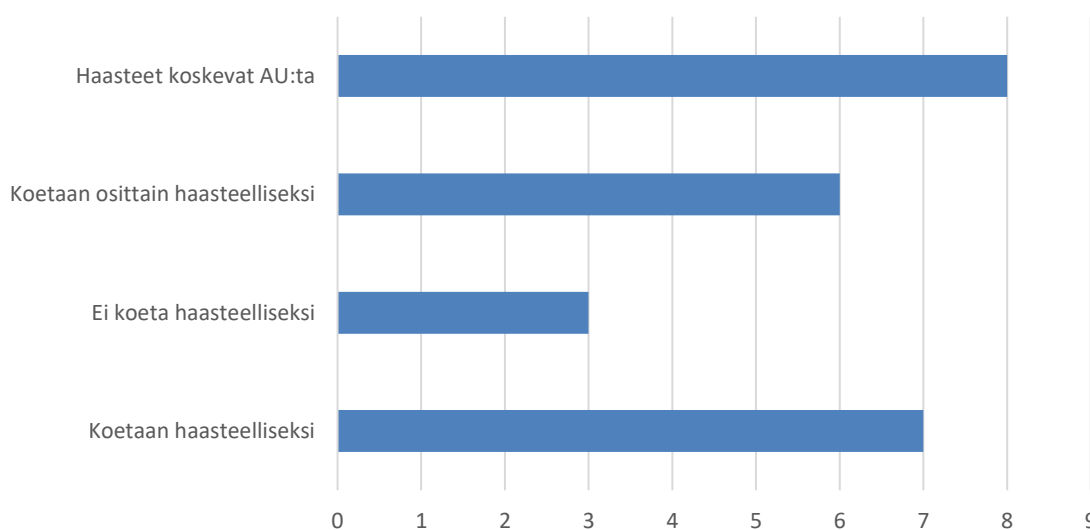
Kysyttäessä työnjohtajilta kuinka he periyttävät kosteudenhallintaan liittyviä vaatimuksia aliurakoitsijoille saatiin vastaukseksi, että urakkasopimuksissa ja urakkarajaliitteissä pyritään mainitsemaan tilaajan asettamat vaatimukset ja yrityksen omat vaatimukset. Urakkasopimusten laadinnassa käytettävien valmiiden dokumenttipohjien myötä urakoitsijoilta edellytetään aina RYL:n mukaista laatua, materiaalien CE-merkintöjä, omien työvaiheiden ja materiaalien suojausta ym. Haastateltavat eivät itse usein tienneet mitä kosteudenhallintaan liittyviä mainintoja urakkasopimuksissa on. Asetettujen vaatimusten täyttymistä on vaikea valvoa, mikäli työnjohto ei itse tiedä asettamiaan vaatimuksia. Eräs haastateltavista mainitsi, että aliurakkasopimuksissa edellytetään KK10:n mukaista dokumentointia. Aliurakoitsijalle ei kuitenkaan anneta vaatimuksia, missä laajuudessa KK10:n mukainen dokumentointi tulee toteuttaa. Dokumentoinnin toteutumisessa on koettu suuria puutteita aliurakoitsijoiden puolelta ja tätä on jouduttu paikkaamaan pääurakoitsijan toimesta. Urakkasopimukseen kaivataan tarkka kuvaus siitä, miten aliurakoitsijan tulee dokumentoida oma työsuorituksensa. Haastateltavat kertoivat periyttävänsä kosteudenhallinnan vaatimukset urakkaneuvottelujen, aloituspalaverien, tehtäväsuunnitelman ja omien tarkastusten avulla. Näistä useista periyttämisen eri tasoista huolimatta ei aliurakoitsijaa saada toimimaan työmaan haluamalla tavalla. Pääsyy aliurakoitsijoiden toimintamalliin on se, että aliurakkasopimuksissa ei ole osoitettu sanktioita pääurakoitsijan ja tilaajan asettamista vaatimuksista poikkeamiselle. Aliurakoitsija ei tällöin ole motivoitunut panostamaan kosteudenhallintaan, sillä sen tekeminen ei tuota lisäansioita, mutta sen laiminlyönnistä ei myöskään sakoteta.

Perehdytystä kohteeseen ja työtehtäviin voidaan pitää yhtenä kosteudenhallinnan vaatimusten periytymisen osa-alueena. Haastattelussa haastateltavilta kysyttiin kuinka he perehdyttävät työmaakohtaiset kosteudenhallinta-asiat työntekijöille. Haastateltavat mainitsivat, että työmaaperehdytyksen lisäksi työt käydään läpi aloituspalavereissa ja viikko-palavereissa. Aloituspalaverissa käydään läpi mallityöt, katselmukset, itselle luovutukset, työkalut, tarvikkeet, työn menettelytavat ym. Aloituspalaveri on koettu toimivaksi vaatimusten periyttämisen kannalta erityisesti työntekijöiden osallistuessa kokoukseen. Aliurakkasopimukseen voidaan lisätä myös vaatimus aloituspalaveriin osallistumisesta

työntekijöiden osalta. Kosteudenhallinnan perehdyttämisen haasteiksi koetaan perehdyttävän vaihteleva ammattitaito ja ymmärrystaso sekä perehdyttävän asennoituminen perehdytykseen. Perehdytykseen käytettävä aika on rajallinen ja kosteudenhallintaan liittyvien perehdyttävien asioiden tulisi koskea perehdyttävän omaa työtä. Haastattelujen perusteella perehdytyksen puutteet koskevat työmaaveden käytön ohjeistusta, materiaalien ja rakenteiden suojausta sekä purkutöissä käytettävää jäähdytysveden talteenottoa ja katkaistujen vesilinjojen veden talteenottoa.

Kysyttäessä haastateltavilta kokevatko he kosteudenhallinnan vaatimusten periyttämisen haasteelliseksi saatiin taulukossa (Taulukko 6) esitetyt vastaukset. Yrityksen omien rakennusmiesten perehdyttäminen ja vaatimusten periyttäminen heille koettiin helpomaksi pidempiaikaisen työntekijöiden välisen luottamussuhteen takia. Kuvaajassa esitetyt vastaukset eivät olleet toisiaan poissulkevia, joten haastateltavien vastaus koskee yhtä tai useampaa taulukon riviä.

**Taulukko 6.** Työnjohdon näkemys kosteudenhallinnan vaatimusten periyttämisen haasteellisuudesta



Eräs haastateltavista mainitsi, että vaikeaa ei ole niinkään vaatimusten periyttäminen vaan valvontavaihe, jossa lopulta todetaan, kuinka hyvin vaatimuksia noudatetaan. Muita yksiköitä enemmän perehdyttämiseen liittyviä haasteita koettiin pääkaupunkiseudulla, jossa myös ulkomaalaistaustaisen työvoiman käyttö on yleisempää. Eräs vastasi perehdyttämisen haasteellisuutta koskevaan kysymykseen seuraavasti: "On aivan sama

mitä perehdyttää, sillä ymmärryksen puute ja piittaamattomuus vaikuttavat monella työntekijällä paljon. Aliurakoitsijan työnjohto ei ole työmaalla juuri koskaan ja kaikki vastuu on käytännössä pääurakoitsijalla.”

#### 5.1.4 Suunnittelu

Lähes kaikki haastateltavat kertoivat tarkastelevansa suunnitelmia paljon. Yleisesti mainittiin, että tarkastelussa kosteuteen liittyvät asiat pyritään huomioimaan yhtenä osa-alueena kokonaisvaltaisen suunnitelmien tarkastelun yhteydessä. Muutama haastateltava mainitsi etsivänsä suunnitelmista erityisesti aiemmin työuralla vastaan tulleita ongelma-kohtia ja takuutyöntekijöiden laatimissa TOP5-virhelistoissa mainittuja kohtia. Menettelytapa olisi erityisen toimiva, kun virhelistaa koskeva tiedotus toimisi hyvin koko konsernissa, mutta haastateltavat mainitsivat, että ainoastaan oman yksikön virhelistojen sisältö on heille itselleen tuttua.

Tavat tarkastella suunnitelmia vaihtelivat työntekijäkohtaisesti. Yleensä haastateltavat kertoivat tekevänsä kattavan suunnitelmien tarkastelun ennen työtä ja lopullisen tarkastelun työn toteutuksen yhteydessä. Suunnitelmia on tapana tarkastella yhdessä muun työnjohdon kanssa, jolloin myös suurin osa mahdollisista puutteista tai varmistettavista asioista tulee huomioitua. Tarkastelusta huolimatta suunnitelmien virheisiin ja puutteisiin ei ehditä puuttua riittävän varhaisessa vaiheessa edes omaperusteisissa kohteissa. Omaperusteisten kohteiden suunnittelun ohjaus koetaan toimivan paremmin, kuin kohdeyrityksen muussa rakentamisessa. Muutama haastateltava mainitsi, että he pyrkivät lisäämään työmaa-aikaisia vedenpoistoratkaisuja suunnitelmiin. Vedenpoiston ja suojauksen suunnittelemattomuus koettiin suurimmiksi suunnittelun puutteiksi. Urakkamuodosta riippumatta yli kolmasosa haastateltavista oli tyytymätön suunnitelmien tasoon ja niissä huomioituihin kosteusriskeihin, kosteustekniseen toimivuuteen, työmaasuojauksen toteutusmahdollisuuksiin ja materiaalivalintoihin. Ongelmat seuraavat keskeneräisistä suunnitelmista, joilla työmaa joutuu aikataulupakotteesta toteuttamaan kohteita. Keskeneräisillä ja puutteellisilla suunnitelmilla toteutuksessa joudutaan turvautumaan tavallista enemmän valvojan kanssa tehtäviin katselmuksiin. Tyypillisesti puutteellisilla suunnitelmilla toteutettuihin rakenteisiin kohdistuu valvojan katselmoineista huolimatta enemmän takuuajaisia ongelmia. Vesikatko mainittiin rakenteena, jossa on toistuvasti kosteudenhallintaan liittyviä puutteita detaljeja, vedenpoistoa, läpivientejä ja tuuletavuutta koskien. Samat vesikatkoja koskevat ongelmat esiintyivät takuutyövastaavien laatimissa TOP5- ja TOP10-virhelistoissa. Eräs haastateltava totesi, että: ”suunnitelmia on pakko tarkastella, sillä ne ovat edelleen rakennusvaiheessa raakileita, joissa on paljon

käytännön kosteusteknistä toimivuutta koskevia puutteita ja kosteusriskejä. Suunnitelmätietoihin saadaan tarvittaessa päivityksiä, mutta monesti jotakin toteutuksen kannalta tarvittavia tietoja jää silti puuttumaan.” Tiedon puuttuessa asiaa ei välttämättä tule huomioitua myöskään kiinteistön huoltokirjassa esitetyissä huoltotoimenpiteissä, josta voi aiheutua rakennuksen ylläpidon aikaisia kosteusongelmia.

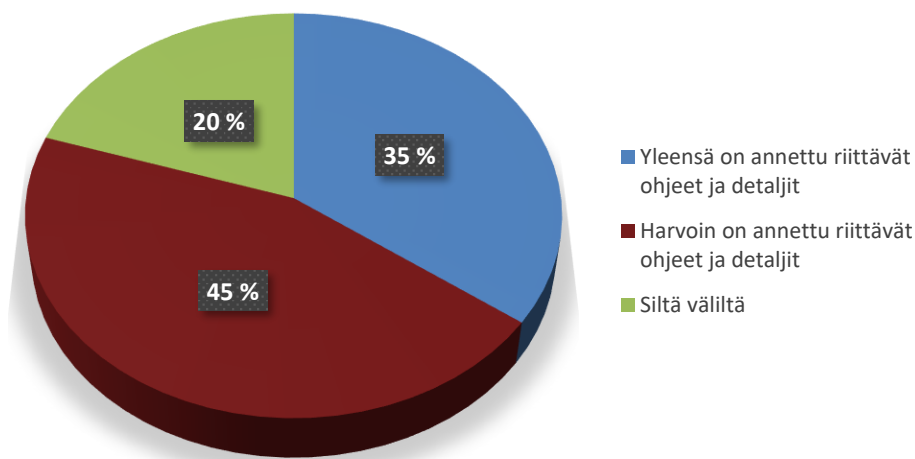
Haastateltavilta kysyttiin millaisia kosteudenhallintaa koskevia suunnitelmien puutteita he kohtaavat työmaalla. Vastausten perusteella muodostettiin lista yleisimmistä kosteudenhallintaa koskevista suunnitelmapuutteista.

Haastattelujen ja kosteudenhallintakierrosten yhteydessä käytyjen keskustelujen perusteella suunnitelmien kosteustekniset puutteet koskevat seuraavia aiheita:

- Detaljiikka yleisellä tasolla puutteellista. Detaljikuva ei ole riittävästi ja detaljit on piirretty ”helpoista” kohdista ja vaikeammat kohdat on jätetty piirtämättä.
- Materiaalien tekninen käyttöikä ei ole riittävä säärasitukset huomioiden
- Räystäsrakenteiden arkkitehtuuri ei ole kosteusteknisesti toimiva ratkaisu
- Vesikaton puutteet: tuulettuvuus, läpiviennit, ylösnostot
- Ulkovaipan ikkunapellitykset
- Kattokaivojen sijainti ja määrä
- Myrskypeltien puuttuminen
- Kansirakenteiden detaljipuutteet liittymissä ja liikuntasaumoissa
- Vesikaton työnaikainen vedenpoisto
- Terassien ja rakennusulokkeiden vedenohjaus
- Julkisivujen liittymät runkoon ja vanhoihin rakenteisiin
- Elementtisuojauksen puuttuminen suunnitelmista
- Suunnitelmissa esiintyvät kylmäsillat
- Kalliosta peräisin olevan veden poistoa ei ole suunniteltu
- Vanhojen ja uusien rakenteiden liittymät on suunniteltu puutteellisesti työnaikaisen suojauksen ja vedenohjauksen kannalta
- Suunnitellaan rakenteita, jotka tulisi pitää kuivana, mutta käytännön toteutus on mahdotonta
- Toteutuksen kannalta huonot tai täysin väärät materiaalivalinnat
- Suunnitelmien yhteensovitus eri suunnittelualojen välillä ei ole tehty loppuun
- Arkkitehtuurisesti monimutkaiset kattoratkaisut, joihin ei ole riittäviä toteutusta palvelevia ohjeita

Haastateltavista noin puolet oli sitä mieltä, että suunnitelmissa on useimmiten otettu huomioon riittävästi kosteusriskit, kun taas puolet vastasi, että kosteusriskejä ei ole riittävästi huomioitu. Rakennesuunnittelun puolella riskit koskevat materiaalivalintoja ja vaikeasti toteutettavia suojauksia, mutta kosteustekninen toimivuus on suunniteltu pääosin hyvin. Arkkitehtisuunnittelussa puolestaan riskit koskevat myös rakenteiden kosteusteknistä toimivuutta.

Haastateltavilta kysyttiin, onko heidän mielestään suunnitelmissa annettu riittävät ohjeet ja detaljit työn suorittamiselle niin, että kosteusongelmilta vältytään. Kysymyksen vastaukset on esitelty kuvaajassa (Kuvaaja 1). Suurin yksittäinen vastaajien ryhmä koostuu vastaajista, jotka olivat sitä mieltä, että suunnitelmissa tarjotaan riittävät ohjeet ja detaljit työn suorittamiselle vain harvoin.



**Kuvaaja 1.** Suunnitelmissa annettu riittävä ohjeistus ja detaljiikka.

Tavallisesti suunnitelmissa on maininta, että rakenne ja materiaalit on suojattava. Tätä koskeva yleinen puute on, että kosteussuojaamiseen ei anneta ohjeistusta tai valmista ratkaisua. Kuivaketju10:n mukaisesti päävastuu rakenteiden suojauksen suunnittelusta on rakennesuunnittelijalla. Vanhat ympäröivät rakenteet ja ympäristö voivat rajoittaa sääsuojauksen rakentamista. Mikäli rakentamisessa edellytetään materiaalin tai rakenteen suojausta tulisi suojauksen toteutukseen ottaa tarkemmin kantaa myös suunnitelmissa.

Haastateltavilta kysyttiin, kuinka heillä on tapana menetellä tapauksissa, joissa riittäviä ohjeita ja detaljeja työn suorittamiselle ei ole annettu suunnitelmissa. Kaikki vastaajista

kertoivat olevansa yhteydessä joko tilaajaan tai suunnittelijaan. Omaperusteisissa kohteissa yhteydenpito suoraan suunnittelijaan toimii haastateltavien mielestä hyvin. Kuitenkin kohteissa, joissa suunnittelu on hankittu muun kuin urakoitsijan itsensä toimesta, mielletään yhteydenpidossa olevan puutteita. Suunnittelijaan ollaan aina ongelmien ilmetessä yhteydessä, mutta joskus asia etenee vasta kun tilaajalle ilmoitetaan, että rakennusosalle ei voida antaa takuuta ennen kuin suunnitelmat on päivitetty riittävälle tasolle. 16 vastanneista kertoivat yhteydenpidon toimivan hyvin, 2 vastanneista kertoivat yhteydenpidon toimivan vaihtelevasti ja 2 vastanneista kertoivat, että yhteydenpito on liian hidasta työmaan tarpeisiin nähden. Kaksi haastateltavaa mainitsivat, etteivät tee mitään työvaiheita ennen kuin suunnitelmat ovat riittävällä tasolla. Loput mainitsivat tekevänsä työvaiheita kiireen sanelemana siten, että työmaa tekee puutteellisesti ohjeistetut kohdat soveltaen työmaan ja valvojan parhaaksi katsomalla tavalla ja työ katselmoidaan yhdessä valvojan kanssa. Haastateltavat mainitsivat, että saatuja ohjeita ja detaljeja on jälkimmäisessä tapauksessa vaikea saada päivitettyinä suunnitelmiin vaan tiedot jäävät useimmiten valokuviiin ja muistioihin. Tässä kohtaa olisi tärkeää, että myös huoltokirjan laatija on hyvin perillä lopullisesta toteutustavasta. Muistioissa ja valokuvissa oleva tieto tulee hyödyntää huoltokirjaa tehdessä.

### **5.1.5 Toiminnan kehittäminen**

Työmaahaastattelun viimeisessä teemassa haastateltavilta kysyttiin yrityksen kosteudenhallinnan kehittämistä koskevia kysymyksiä. Edelleen haastateltavien mielestä suuri osa ongelmista on lähtöisin liian kireästä aikataulusta rakentamisvaiheessa. Haastateltavat kokevat, että aikataulupaineita muodostuu paljon myös yrityksen omien päällikö-tasolta tehtyjen lupausten pohjalta. Aikataulutuksessa työnjohdon ja päälliköiden olisi tärkeä tehdä yhteistyötä, jotta liian tiukoilla tilaajalle annetuilla aikataululupauksilla ei vaikeuteta hyvin toimivaa työmaan kosteudenhallintaa. Rakentamisen aloitusajankohta voidaan urakkamuodon rajoissa myös valita siten, että työmaa kosteudenhallinta on mahdollisimman helppoa. Riittävän valmiit suunnitelmat ovat edellytys vähäisille keskeytyksille rakentamisessa.

Työnjohto on hyvin sitoutunut kosteudenhallinnan kehittämiseen, mutta rakennusmiesten tietoihin ja taitoihin kaivataan suurta parannusta pääkaupunkiseudulla, jossa aliurakoitsijoiden ja ulkomaisen työvoiman käyttö on yleisempää. Työntekijöille toivotaan suunnattavan koulutusta, joka koskee erityisesti oma-aloitteista suojaamista, havainnointia ja tiedottamista työnjohdolle. Purkutöiden ja rakenteiden kosteudensuojauksille

ja veden talteenotolle purkutyössä tulee antaa lisää painoarvoa ja tämä miellettiin aihepiiriksi, jossa työntekijöiden tietoihin kaivataan parannusta.

Resursseja kosteudenhallinnan kehittämiseksi kaivataan lisää koskien suojausta, materiaalien varastointia ja kosteudenhallintavastaavan tehtävien hoitamista. Tällä hetkellä kohdeyrityksessä kosteudenhallintavastaavan tehtävä jää pääosin vastaavan työnjohtajan hoidettavaksi. Kukaan haastateltavista vastaavista työnjohtajista ei kokenut, että vastaavalle työnjohtajalla riittää aikaa toteuttaa erillisiä kosteudenhallintakierroksia vaan tehtävä tulisi olla jollakin muulla työmaaorganisaation henkilöllä.

Haastateltavien mielestä suunnitelmissa tulee edellyttää valmiita ratkaisuja rakenteiden suojausta ja vedenpoistoa koskien. Suunnitelmien tulisi myös olla sillä tasolla, että ne voidaan toteuttaa suomen sääolosuhteissa. Kuivaketju10:n käyttöönoton myötä tilaajalta tulee edellyttää yhteisesti valitun toimintamallin vaatimusten mukaisia toimenpiteitä. Suunnitelmien ulkopuolinen kosteustekninen tarkastus koettiin yhdeksi parhaista riskienhallintatoimenpiteeksi, jolla työmaa saa käyttöönsä suunnitelmat, joissa kosteudenhallinta on paremmin huomioitu.

## **5.2 Takuutyövastaavien haastattelujen tulokset**

Takuuosastojen haastateltavat olivat omien yksiköidensä takuukorjauksista vastaavia henkilöitä. Osa haastateltavista toimi haastattelujen aikana tai oli aiemmin toiminut myös työmaan työnjohtajan tehtävissä.

### **5.2.1 Haastateltavan kokemukset kosteusvahingoista ja kosteudenhallinnasta**

Yleisimmät takuuosaston korjaukset koskevat ovien ja ikkunoiden säätöjä, materiaalihalkeamia, lattiapintoja ja ilmanvaihdon säätöjä. Takuukorjauksista määrällisesti varsin pieni osa on suoraan kosteudenhallintaan liittyviä ongelmia ja virheitä. Haastateltavat arvioivat määrällisesti takuukorjauksien koskevan kosteudenhallinnan puutteita noin 0–10 prosenttia takuukorjattavista kohteista. Taloudellisesti kosteusongelmat synnyttävät kuitenkin pääkaupunkiseudun takuutyövastaavien mukaan arviolta noin 60 prosenttia takuukorjausten kustannuksista. Tämä johtuu siitä, että kosteusongelmiin kohdistuvat korjaukset ovat yleensä laaja-alaisia sisältäen rakenteiden osittaista purkamista myös rakenteen sisemmistä osista. Kysyttäessä haastateltavilta millaisia takuuajaisia kosteusongelmiin liittyviä korjauksia on tullut vastaan, saatiin vastaukseksi aiheet, jotka on esitetty taulukossa (Taulukko 7).



Taulukon lihavoidut kohdat toistuvat myös kohdeyrityksen TOP-10 yleisimmät takuuvirheet listoissa, joihin on otettu kantaa luvussa 6.2.

**Taulukko 7. Haastateltavien mainitsemat takuukorjaukset kosteusongelmiin liittyen**

<b>Höyrynsulun limitykset</b>
<b>Kylpyhuoneiden kallistusvirheet</b>
Suihkuseinien suunnittelupuutteet
<b>Pihakansien vuodot</b>
IV-putkien tiivistys
Vesikaton vuodot ja vesikaton läpivientien vuodot
<b>Maanvastaisten kellariseinien vuodot</b>
<b>Puuttuvat myrskypellit</b>
Viemäreiden jäätymiset parkkihallissa
Savunpoistoluukun vedeneristys
Hajulukkojen vuodot
Villaeristerapattujen seinien vedeneristeen irtoaminen ja vuodot
Elpo-elementtien puutteelliset liitokset (lyttyyn painuneet liitoskappaleet tai väliin jääneet betonimuruset)
Putkien kannakointien puuttuminen tai liian harva asennus
Kuivumisongelmat (es. laatat ja deltapalkit) -> muovimattojen ja parkettien vaurioita

Kustannuksiltaan merkittävin yksittäinen kosteusongelmien aiheuttaja on pihakansien vuodot, joissa puutteet koskevat suunnittelua ja työmaan toimintatapoja. Pihakansien virheet toistuvat liikuntasaumoissa, mekaanisessa kiinnityksessä ja läpivienneissä, jotka on tuotu läpi vedeneristeestä. Pihakansiin liittyen haastatteluissa kävi ilmi, että työn suorittamisessa on ollut puutteita työohjeiden ja suunnitelmien noudattamisessa. Esimerkiksi suunnitelmissa ohjeistettujen mekaanisten kiinnikkeiden käytöstä on poikettu merkittävästi ja kermiasennus on toteutettu puutteellisesti. Eräs haastateltavista ehdotti pihakansien toteutuksessa siirryttävän elastomeerivedeneristeiden käyttöön, joka on vedeneristekermiä kalliimpaa, mutta materiaalilla on hyviä jo olemassa olevia näyttöjä. Pihakansiin liittyviä työmaahavaintoja on esitetty myös kosteudenhallintakierrosten muistioissa liitteissä.

Haastateltavilta kysyttiin, mistä heidän mielestään edellä mainitut ongelmat johtuvat ja kuinka niitä voitaisiin ehkäistä. Eräs vastanneista oli sitä mieltä, että ongelmallisiksi koettuja rakenteita ja toteutustapoja ei tulisi ottaa toteutettavaksi uusiin kohteisiin, joissa ongelmat monesti uusivat. Ennakkosuunnittelulla ja lisätyllä työmaavalvonnalla saadaan tuotannon työvirheet minimoitua. Työmaavalvonnan lisäämistä tulisi edellyttää myös alirakoitsijoilta koskien erityisesti KVV-töitä, joissa ilmenee puutteita mm. puristus ja hitsiliitoksissa.

Kaikki haastateltavat kokivat kosteusongelman korjaamiseksi saamansa resurssit riittäviksi ja vaikeammassa tapauksissa hyödynnetään ulkopuolista konsulttia. Eräs haastateltava mainitsi, että riittävän laajalla ja ennalta kohdekohtaisesti määritellyllä dokumentoinnilla ehkäistään ongelmia ja myös minimoidaan korjattavaksi koituneesta ongelmasta aiheutuvia kustannuksia. Puutteellisesti dokumentoituja ja korjattavaksi koituneita rakenteita joudutaan jälkidokumentoimaan, joka on aikaa vievää ja sisältää usein myös purkutöitä, jotta alkuperäisestä rakenteen toteutustavasta saadaan selvyys.

### **5.2.2 Dokumentointi**

Takuuhaastattelujen vastausten perusteella työmaan dokumentoinnin taso ei vielä ole riittävällä tasolla, eikä vaadittavia työmaatoteutuksen dokumentteja ole aina saatavilla riittävässä laajuudessa. Ohjeistus on haastateltavien mukaan hyvällä tasolla, mutta ohjeistuksen noudattaminen on työmaalla puutteellista. Haastatteluista kävi myös ilmi, että kaikki haastateltavat eivät tiedä missä dokumentointiin liittyvistä asioista on ohjeistettu. Työmaahaastattelujen perusteella puolestaan dokumentointi nykyisellään on pääosin jo riittävällä tasolla. Suurempi painoarvo on takuuosaston vastauksilla, sillä he käyttävät työssään työmaavaiheessa laadittua dokumentointia.

Takuukorjauksien yhteydessä ilmenevät dokumentointipuutteet koskevat yleensä nimenomaan toteutuksen kohtia, joissa suunnitelmien valmiusaste ei ole ollut riittävä ja toteutustapa on jäänyt osittain tai kokonaan dokumentoimatta. Lopullinen toteutustapa ei myöskään ole päivittynyt suunnitelma-asiakirjoihin. Haastateltavat painottivat, että työ tulisi ohjata useammin takaisin suunnittelijalle, eikä toteuttaa työtä vaillinaisilla suunnitelmillä niin kuin työmaalla joskus on tapana toimia. Kun suunnitelma-asiakirjat jäävät päivittämättä, on riski, että sama ongelma ilmenee myös huoltokirjan laadinnan yhteydessä, kun suunnitellut huolto- ja tarkastustoimenpiteet eivät vastaa todellista työmaan toteutustapaa.

Haastateltavien mukaan kaikista piiloon menevistä rakenteista ei yrityksen omasta ohjeistuksesta huolimatta ole valokuvaa. Tilaajan edellyttämät kosteusmittausasiakirjat ja vedeneristepalat löytyvät yleensä kohteista kiitettävästi. Kosteusmittausten määrää koskien on osassa rakennuskohteista kuitenkin poikettu yrityksen omasta ja RT-korttien mukaisesta ohjeistuksesta. Haastatteluissa nousi esille erityismainintana yleisesti kaikissa liittymä- ja detaljikohtien liian vähäinen dokumentointimäärä. Pihakannet mainittiin jälleen suurina korjauskustannuksia aiheuttavana esimerkkinä, joiden detaljitoteutuksista ei ollut saatavilla riittävästi valokuvien ja muistion dokumentoitua tietoa.

Haastateltavilta kysyttiin, kuinka heillä on tapana tehdä korjaustyön dokumentointia. Tähän haastateltavat vastasivat tekevänsä dokumentointia tapauskohtaisesti valokuvien ja muistion, joiden tallennus tapahtuu yrityksen verkkolevyille Ärbasiin. Vuosikorjauksissa dokumentointia ei juurikaan tehdä tai tehdään hyvin harvoin. Työmaa-ajan dokumentoinnista poiketen takuuajaiseen dokumentointiin ei ole selkeää ohjeistusta, eikä dokumentoinnin toteutumista valvota kenenkään toimesta. Esimerkiksi ennen korjaustyön aloitusta tehtävä lähtötilanteen dokumentointi vaihtelee suuresti työntekijäkohtaisesti, eikä selkeää linjausta sen tekemiseen ole. Pääkaupunkiseudulla mainittiin dokumentointia koskevaksi ongelmaksi myös tiedon huono välittyminen liiketoiminta-alueiden välillä.

Haastateltavilta kysyttiin, kuinka dokumentoinnin jakelussa varmistetaan, että sama ongelma ei toistu muissa kohteissa. Useimmat haastateltavat vastasivat käyvänsä asioita läpi mestaripalaverissa, joihin osallistuu jokaiselta työmaalta joku henkilö. Takuutyövastaava pyrkii myös tiedottamaan korjauksia koskevan työmaan vastaavaa työnjohtajaa kohdetta koskevasta kosteusongelmasta virheiden välttämiseksi uusissa kohteissa. Asia ei kuitenkaan välity muille työnjohtajille yhtä tehokkaasti tällä menettelyllä. Toistuviksi todettujen virheiden läpikäynti pyritään laittamaan yksikön jakeluun, mutta konsernitason tiedonjakelussa yksikköjen välillä on melko suuria puutteita. Toistuvat takuukorjauksissa ilmenneet kosteusongelmat tulisi tiedottaa vuosittain koko konsernia koskien siten, että jakelussa huomioidaan kaikissa yksiköissä havaitut ongelmat. Dokumentoinnin kansiorakenteissa on yksikkö- ja työmaakohtaista vaihtelua, mikä työllistää takuuosastoa ja vaikeuttaa takuukorjauksissa tarvittavien kosteusdokumenttien saatavuutta. Erityisesti takuutyöhaastateltavat toivoivat kansiorakenteiden yhteneväisyyteen tarkkaa konsernitason linjausta ja sen noudattamisen valvontaa, kunnes toimintatapa vakiintuu käyttöön.

Haastateltavilta kysyttiin myös mielipidettä dokumentointia koskevista kehitystarpeista. Haastateltavien mukaan tärkeintä olisi, että dokumentointi saataisiin toimimaan yrityksen

tämänhetkisen ohjeistuksen mukaisesti ja ohjeiden saatavuutta parannetaan. Congrid-dokumentointi applikaation myötä valokuviiin on voitu liittää sijainti ja tieto mistä kuva on peräisin. Tämän on koettu helpottavan dokumentointia, mutta myös Ärbasiin tallennettaville kuville tarvittaisiin luokittelutapa, joka sisältää tarkat sijaintitiedot siitä mistä valokuva tai muu dokumentti on peräisin. Dokumentointi olisi hyvä saada yhteen paikkaan, sillä tällä hetkellä tiedostopolkuja haastateltavien mukaan on useita.

### 5.2.3 Kiinteistöpito

Takuuhaastattelun viimeinen teema sisälsi kysymyksiä rakennuksen ylläpitoa ja huoltoa koskien. Haastateltavilta kysyttiin, kuinka suuri osa takuukorjattavista kosteusvahingoista on asukkaan vääränlaisella rakennuksen käytöllä aiheutettuja. Enemmistö vastanneista arvioi asukkaista johtuvia vahinkoja olevan alle 10 prosenttia tapauksista. Muutama vastaaja piti määrää kuitenkin merkittävänä ja arvioi osuuden olevan jotakin 20–50 prosentin väliltä. Ongelmia esiintyy eniten kylpyhuoneen, saunan ja ilmanvaihdon käyttöä koskien. Käyttöönoton yhteydessä tehtävillä käyttöönoton opastuksilla on saatu asukas perehdytettyä rakennuksen oikeaoppiseen käyttöön. Osallistumisprosentti käytönopastukseen ei kuitenkaan ole haastateltavien mielestä vielä riittävällä tasolla. Osalla asukkaista on käytönopastuksesta myös edelleen mielikuva rakennusurakoitsijan pitämänä kiinteistön mainoksena. Käyttöönoton tehokkuutta ja asukkaiden osallistumisprosenttia voitaisiin mahdollisesti parantaa sillä, että käytönopastukseen osallistumista edellytettäisiin kauppohen syntymiseen. Eräs haastateltavista mainitsi, että asumisohjeessa tulisi enemmän painottaa myös asukkaan ja osakkaan velvollisuuksia ja vastuuta ylläpidon kosteudenhallintaa koskien.

Haastatteluista kävi ilmi, että huoltoyhtiöitä ei olla saatu halutulla tavalla mukaan tiedonjakoon käyttöönoton yhteydessä. Haastateltavilta tiedusteltiin myös mistä heidän mielestään ylläpitoajan kosteusongelmat johtuvat ja kuinka näitä voitaisiin välttää. Suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että ylläpitoajan virheellisestä käytöstä aiheutuvia kosteusongelmia karsittaisiin parhaiten panostamalla käyttöönoton ohjeistukseen ja huoltoyhtiön valintaan.

Kaikki haastateltavat kertoivat perehtyvänsä huoltokirjaan, mikäli takuukorjaustyö tätä edellyttää. Kaksi haastateltavista eivät osanneet antaa arvioita, kuinka hyvin huoltokirjan kosteudenhallintaa koskevat toimenpiteet yleensä on hoidettu huoltoyhtiön toimesta. Loput haastateltavista vastasivat, että toimenpiteiden toteutumisessa on paikoin suuriakin puutteita. Eräs haastateltavista vastasi, että kohteet, joissa kaikki toimenpiteet on tehty

ovat harvassa. Toinen haastateltava kertoi, että omassa yksikössään hoitamiensa kohteiden huoltokirjan toimenpiteet on pääosin tehty, mutta seassa voi olla myös vakavia laiminlyöntejä. Yhtenä esimerkkinä haastattelujen yhteydessä mainittiin huoltokirjan tarkastustoimenpide, johon liittyy usein laiminlyöntejä: Kylpyhuoneen saumojen tarkastus tulee suorittaa määräajoin ja tästä tulee tehdä ilmoitus urakoitsijalle. Usein ilmoitus urakoitsijalle tai koko tarkastus tekemättä. Muita toistuvia huolto- tai tarkastustoimenpiteiden laiminlyöntejä esiintyy mm. seuraavilla osa-alueilla: ilmanvaihto, piha- ja kattokaivojen puhdistus, rännien puhdistus, yleiset tarkastukset, saattolämmitykset ja vesikaton tarkastukset. Huoltotoimenpiteistä puuttuu ajoittain myös kirjauksia, vaikka nämä olisi tehty.

Haastateltavat ottivat haastattelun jälkeen esille asioita, joissa näkivät kehitystarvetta:

”Kaikki lähtee työmaan materiaalisuojauksesta ja toimitusten oikea-aikaisuudesta.”

”Ei oteta työmaalla selkeitä riskejä ehdoin tahdoin. Ei tehdä kriittisiä sisätyövaiheita, ennen kuin vesikatto on täysin pitävä.”

”Vaaditaan työmaalla sopimustenmukaista toteutusta urakoitsijoilta”

”Kerrostalojen allaskaappi on tarkka kohta, jossa välttämättä pelkkä vuotokaukalo ei riitä vaan tarvittaisiin elementti, jossa on valmiit liitokset putkistoille.

”Kylpyhuoneiden ja saunojen tuuletuksen- ja ilmanvaihdon ohjeistukseen tulee panostaa, jotta asukkaat osaisivat käyttää järjestelmiä oikein”

### **5.3 Kosteudenhallintakierrosten tulokset**

Diplomityön kosteudenhallintakierrokset kohdistuivat kohdeyrityksen omiin työmaihin. Tehtyihin kosteudenhallintakierroksiin lukeutui työmaita kaikista konsernin suomen yksiköistä eri liiketoiminta-alueista. Kosteudenhallintakierrokset suoritettiin työnjohtajien haastattelujen yhteydessä haastattelujen jälkeen. Kosteudenhallintakierrokset toteutettiin siten, että joku työmaan työnjohtajista esitteli ensin työmaan pääpiirteittäin, jonka jälkeen tiloja kierrettiin pistokoeluontoisesti. Kosteudenhallintakierroksella pyrittiin tekemään havaintoja joka puolella rakennusta tarkastelemalla mm: materiaalien toimituksia ja varastointia, materiaalien ja keskeneräisten rakenteiden suojausta, rakenteiden kuivatusta, valmiita rakenteita, kosteusmittausten toteutusta ja työmaaveden käytön järjestelyjä. Työmaan kosteudenhallintakierrosten muistiot havaintoineen ja toimenpide-ehdotuksineen on esitetty diplomityön liitteissä.

Suurin kosteusvahinkoriskin aiheuttaja työmaiden kosteudenhallintakierrosten perusteella on keskeneräisten rakenteiden suojaamisen puutteet. Laajennus- ja saneerauskohteissa uuden ja vanhan rakenteen liittymien suojausta koskevat puutteet toistuiivat usealla kosteudenhallintakierrosten työmaalla. Muutamalla työmaalla edellä mainitut kohdat olivat aiheuttaneet kosteusvahingon. Rakennusmateriaalien suojauksessa havaittiin myös lieviä puutteita, mutta materiaalisuojausta koskevat puutteet eivät olleet yhtä suuria kuin rakenteiden osalta.

Kosteudenhallintakierrosten yhteydessä kävi myös ilmi, että suunnitelmien detaljien määrä, tarkkuus ja muu ohjeistus eivät ole riittävällä tasolla toteutuksen kannalta tai niissä ei ole huomioitu kokonaisuuden kosteusteknistä toimivuutta. Ongelmakohtia havaittiin erityisesti ulkovaipan vedenpitävyyteen liittyvissä ratkaisuisissa. Joissakin tapauksissa suunnitelmaratkaisut puuttuivat kokonaan. Suunnitelmaratkaisujen puutteet koskivat myös vesikaton työmaanaikaista vedenpoistoa ja keskeneräisten rakenteiden suojausta ja vedenohjausta.

Märkätilojen puutteet toistuiivat vedeneristeen liittymäkohdissa erityisesti kynnyksissä, oven karmeissa sekä saunan alumiinipaperiin liityttäessä. Lattian kallistusten toteutus oli aistinvaraisesti arvioituna riittävä kaikissa kohteissa, joissa lattiakaivojen paikka ja määrä oli huomioitu suunnitelmissa. Joissakin tapauksissa kaivojen vähäinen määrä aiheutti tilanteen, jossa riittävien kallistusten toteutus on lähes mahdotonta. Suihkuseinien asettelu oli muutamalla kosteudenhallintakierrosten työmaalla otettu erityisesti huomioon suunnittelunohjauksessa ja alkuperäiseen suunnitelmaan oli jouduttu puuttumaan.

Työmaavedenkäytössä ongelmakohtia olivat laastinsekoituspisteet, vedenottoaikat ja yleinen tiedottaminen. Laastinsekoituspisteiden sijoittelu oli paikoin vilkkaalla kulkuväylällä, sekoituspiste oli suojaamatta ja joissakin tapauksissa oli käytetty pitkiä huoneistojen poikki meneviä kynsiliittimillä toteutettuja putkivetoja. Yhdellä työmaalla kynsiliitin oli päässyt vuotamaan jonkin aikaa huomaamatta. Vedenottoaikojen yhteydessä kiinnitettyjä vuotoastioita oli vaihtelevasti. Työmiesten tiedonvälitys kosteushistoriasta (esim. vesiämpäriin kaatuminen) työnjohdolle ei vielä välity riittävästi, mikä vääristää kosteusmittausten tuloksia ja pinnoitettavuudesta tehtäviä tulkintoja.

Neljällä työmaalla ontelovesien vuotoa havaittiin vielä, kun osa sisätyövaiheen töistä oli jo aloitettu. Kipsilevyjen asennusta oli laaja-alaisesti tehty kahdessa kohteessa tehty, vaikka rakennusvaippa ei ollut vielä ummessa.

## 6. TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTA

### 6.1 Kohdeyrityksen kosteudenhallinnan nykytila työmaatoimintaan liittyen

Peab Oy on ottanut kaikissa Suomen yksiköissään 2019 alusta käyttöön Kuivaketju10-toimintamallin. Kuivaketju10-toimintamallia noudatetaan kaikissa Peabin omaperusteisissä rakennuskohteissa. Haastattelun yhteydessä tehtyjen työmaavierailujen työmaista noin puolessa oli käytössä Kuivaketju10-toimintamalli. Osa työmaista noudattivat Kuivaketju10:n mukaista menettelyä hoitamalla työmaan dokumentoinnin Kuivaketju10-toimintamallin mukaisesti, muussa työmaan toiminnoissa käytettiin toistaiseksi yrityksen aiempia toimintatapoja. Kuivaketju10:n mukaista osittaista menettelyä on käytössä osalla työmaista ns. siirtymävaiheen aikana, jossa yritys vaihteittain ottaa uuden toimintamallin käyttöönsä.

Aikataulupaineet ovat edelleen suurin syy turhaan riskinottoon työmaalla. Yksittäisistä työvaiheista ala- ja välipohjien valutyöt ovat suurin aikatauluhäiriöitä aiheuttava työvaihe. Liian aikaiset pinnoitustyöt ja kosteudenhallintasuunnitelman mukaisten kosteusmittausten tekemättä jättäminen ovat aiheuttaneet muutamia takuuajana korjattavaksi koituneita ala- ja välipohjarakenteita. Riskinottaminen näkyy työmailla myös vääränlaisina toimintatapoina. Esimerkiksi eräällä työmaalla pihakannen kermieristystöitä suoritettiin sadekelillä, vaikka riski kermin huonosta tartunnasta oli tiedossa. Työtä olisi sadekelilläkin voitu tehdä, kun oikeat työtavat olisivat tuttuja työntekijöille ja vastaavalle työnjohtajalle. Tässä esimerkissä työtä olisi voitu tehdä siirrettävän teltan alla, jonka suojassa kiinnitysalue olisi kuivattu ja kermi olisi kiinnitetty kuivaan alustaan.

#### **Kosteussuojaukset ja työmaavedenkäyttö**

Uudisrakentamiseen suurimmat rakenteiden suojaukseen liittyvät puutteet koskevat vesikattotöitä ja sandwich-elementtirakentamista, jossa eristemateriaalina on käytetty villaeristettä. Elementtien yläpää on asennuksen jälkeen aina ajoittain suojaamatta ja eristetilä pääsee kastumaan. Elementtien yläpäitä on tyypillisesti pyritty suojaamaan muovilla, joka ei kuitenkaan peitä villaeristeitä läheskään aina kauttaaltaan. Elementtien päätyjen suojaamista ei yleisesti ole pidetty yhtä tärkeänä, mutta sandwichelementtien päädyt ovat usein kuitenkin avoimia pitkiä aikavälejä ja alttiita viistosateelle.

Materiaalien suojaamisen osalta puutteet koskevat useimmiten huonosti aseteltuja suojaiteita ja materiaaleja, joita ei ole nostettu irti maan pinnasta. Rakennusmateriaalit olivat kuitenkin pääosin suojattu työmailla ja enemmän ongelmia aiheuttaa keskeneräisten rakenteiden suojaukset. Keskeneräisten rakenteiden suojauksen puutteet johtuvat ensisijaisesti siitä, että rakenteen suojauksen suunnittelua ei ole tehty rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Työntekijöitä ei ole myöskään riittävästi ohjeistettu suojaamiseen ja työntekijän oma ymmärrys tarvittavasta suojauksesta ei kokeneellakaan työntekijällä aina riitä tehtävän tekemiseen ilman aiemmin tehtyä suunnittelutyötä. Vaikka yleinen asennoituminen kosteudenhallintaan työntekijätasolla on hyvä, esiintyy työmailla edelleen paljon huolimattomuutta ja joissain tapauksissa jopa välinpitämättömyyttä urakoitsijan ostamia materiaaleja ja niiden riittävää suojausta kohtaan. Sanktioinnin tai palkitsemisperiaatteen puuttuessa saatetaan työntekijöiden keskuudessa ajatella urakoitsijan ostavan uudet materiaalit kosteudesta vaurioituneiden materiaalien tilalle joka tapauksessa, joten yhteisistä materiaaleista ei pidetä yhtä hyvää huolta, kuin henkilökohtaisista työvälineistä. Toisena syynä materiaalien- ja rakenteiden suojauspuutteisiin on työmaavalvonnan puute.

Työmaaveden järjestelyt vaihtelivat työmaakohtaisesti. Joillakin työmailla käytettiin vielä kynsiliittimiä osassa vedenottopisteissä, joiden on havaittu toistuvasti puutteita liitäntöjen tiiveydessä. Työmaa-aikaisten vedenottopisteiden yhteydessä käytettiin ylivuotoastioita vaihtelevasti, tai ylivuotoastia oli työntekijän toimesta otettu muuhun käyttöön. Kynsiliittimien käyttö on muutamalla työmaalla aiheuttanut vesivahingon ja läheltä piti -tilanteita, kun näitä on käytetty pitkissä huoneistojen läpi kulkevissa työmaaveden järjestelyissä.

### **Kosteudenhallintasuunnitelma ja Kuivaketju10**

Tällä hetkellä suurimmalla osalla Peab Oy:n työmaista on käytössä menettelytapa, jossa kosteudenhallintavastaavaksi nimetty henkilö on myös vastaava työnjohtaja. Diplomi-työssä tehtyjen kosteudenhallintakierrosten yhteydessä selvisi, että ainoastaan kahdella työmaalla 21:stä kosteudenhallintavastaavaksi oli nimetty joku muu henkilö, kuin vastaava työnjohtaja. Kosteudenhallintaa tehdään muun työmaavalvonnan ohessa, jolloin suuri osa huomiosta keskittyy muiden asioiden havainnointiin. Työmaalla panostetaan paljon työmaa-aikaisen vesilinjan toimivuuteen ja tämä on myös asia johon työnjohtajat pyrkivät erityisesti puuttumaan huomattavissa puutteissa.



Kosteudenhallintavastaavan käyttö työmailla on vielä vähäistä ja pääosin tehtävä jää vastaavan työnjohtajan vastuulle, eikä hänellä itsellään ole aikaa toteuttaa asianmukaisia kosteudenhallintakierroksia. Yhdellä vierailtavista työmaista tehtävään oli nimetty erillinen henkilö kosteudenhallintavastaavaksi. Kosteudenhallintavastaava myös suoritti erillisiä kosteudenhallintakierroksia yhdessä kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa. Tämä oli myös ainoa työmaa, jossa kosteudenhallintakoordinaattorina toimiva henkilö ei toiminut kohteessa myös valvojan tehtävissä. Kyseisessä kohteessa urakoitsija sai käyttöönsä kosteudenhallintakoordinaattorin kuvalliset muistiot johtopäätöksineen ja toimenpide-ehdotuksineen, joiden avulla voitiin konkreettisesti puuttua havaittuihin puutteisiin. Kosteudenhallintavastaava koki kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa tehdyt kierrokset ja kierroksista jaetut muistiot hyödyllisiksi oman työtehtävänsä ja rakentamisen laadun kannalta.

Työmailla kosteudenhallintaan varatut resurssit ovat riittävät ja työnjohto kokee saavansa resursseja tarvittaessa riittävästi lisää. Kuivaketju10:n käyttöönotto lisää resurssitarvetta erityisesti työmaan dokumentoinnin osalta mikä kasvattaa työnjohdon työmäärää. Kuivaketju10:n käyttöönoton myötä kohdeyrityksessä on otettu käyttöön uusi dokumentointia koskeva todentamisohje. Tällä hetkellä dokumentoinnissa on päällekkäisyyksiä Kuivaketju10:n todentamisohjeen ja muiden laadunvarmistusta koskevan dokumentointiohjeistuksen kanssa. Osa todennettavista työvaiheista tulee siis dokumentoitua useaan kertaan, mikäli dokumentointi toteutetaan ohjeistuksen mukaisesti. Kosteusteknisen toimivuuden ja kosteudenhallinnan dokumentoinnissa sama dokumentoitava asia voi esiintyä useassa dokumentointipohjassa, joiden täydentäminen erikseen lisää työnjohdon työmäärää ja voi vaikeuttaa takuupuolella dokumenttien saatavuutta.

### **Kosteudenhallintasuunnitelma**

Tällä hetkellä kohdeyrityksessä kosteudenhallintasuunnitelmaa hyödynnetään rakentamisen aikataulutuksessa betonin kuivumisaikojen ja kosteusmittausten osalta. Kosteudenhallintasuunnitelman toteuttamisessa ei ole riittävän selkeää organisointia ja vastuunjakoa lukuun ottamatta haastavia kohteita. Haastavissa kohteissa vastuunjakoon on tietoisesti panostettu. Kosteudenhallintaan liittyvien toteutustietojen siirtyminen huoltokirjaan ja ylläpito-organisaatiolle ei välttämättä toteudu riittävästi, mikäli työmaan kosteudenhallintavastaavaa ei oteta mukaan huoltokirjan laadintaan. Kosteudenhallintasuunnitelmaan kohdistuvat työmaa-aikaiset muutokset koskevat yleensä betonin suhteellisen kosteuden mittausten suorittamista ja aikataulua. Rakentamisvaiheen aikana muita muutoksia kosteudenhallintasuunnitelmaan ei juuri ole tapana tehdä. Kohdeyrityksellä on

ohje kosteudenhallintasuunnitelman laatimista varten, jossa on yhtenä osiona käsitelty betonin suhteellisen kosteuden mittauksia. Ohjeistuksen mukaan jokaisesta huoneistosta otetaan vähintään yksi kosteusmittaus märkätilasta ja yksi kosteusmittaus kuivasta tilasta. Näiden lisäksi vanhojen rakenteiden kosteuspitoisuudet tulee selvittää ennen valua tai päällystämistä. Ohjeistuksesta poiketen kosteusmittauksia ei aina ole otettu vaadituista paikoista, tai mittauksen dokumenttia ei takuuvaiheessa ole ollut saatavilla. Valtaosa dokumentoinnista tallentuu Ärbasin ja Congridin välityksellä verkkoon muiden yrityksen työntekijöiden saataville. Joskus osa dokumentoinnista jää kuitenkin myös työnjohdon puhelimen tai tietokoneen muistiin, eikä aina päädy yrityksen verkkolevyille. Ongelma koskee pääosin valokuvia, jotka jäävät työnjohdon omiin puhelimiin tai kameroihin muiden tavoittamattomiin. Ärbasin tiedostojen tallentamistavassa on vaihtelua tiedostojen nimeämisen ja kansiorakenteen osalta työntekijäkohtaisesti. Vaihtelevat työmaan dokumentointi ja tallentamistavat työllistävät takuuvastaavia.

### **Vaatimusten periyttäminen**

Uusissa Kuivaketju10:n mukaan toteutettavissa kohteissa Kuivaketju10:n velvoittamat asiat otetaan esille urakkaneuvotteluissa aliurakoitsijoiden kanssa. Vaatimusten periyttäminen aliurakoitsijakohtaisesti jää tavallisesti kuitenkin yleiselle tasolle. Aliurakoitsijat ovat velvollisia osallistumaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimiseen, mutta todellisuudessa tämä jää lähes täysin pääurakoitsijan vastuulle. Kosteudenhallintasuunnitelman noudattamisen puutteet aliurakoitsijan osalta koskevat kosteudenhallinnan organisoimista, seuranta ja valvontaa. Jotta pääurakoitsija voisi vaikuttaa tilanteeseen tulisi näitä kohtia edellyttää aliurakkasopimuksissa ja sopia sanktiomenettelyistä aliurakoitsijan kanssa.

Aliurakoitsijoiden työnjohtajat ovat tarpeeseen nähden harvoin työmaalla, ja pääurakoitsija joutuu oman etunsa mukaisesti paikkaamaan aliurakoitsijoiden työnjohdon puutteita mm. kosteussuojauksia koskien. Vaikka aliurakkaan kuuluu omasta kosteudenhallinnasta huolehtiminen ja vaadittavien työnaikaisten suojausten tekeminen, jäävät nämä joskus pääurakoitsijan hoidettaviksi. Varsinainen työ tehdään usein hyvin, mutta muu työhön liittyvä kosteudenhallinta mielletään ylimääräiseksi työksi, sillä siitä ei erikseen makseta. Kosteudenhallintaan liittyviä vaatimuksia aliurakointi- ja hankintasopimuksissa on tällä hetkellä vähän. Työnjohtajat esittivät, että sopimusasiakirjoihin kaivataan tarkempia työkohtaisia vaatimuksia Kuivaketju10:n mukaisen toteutuksen varmistamiseksi. Vaatimusten toteutumista voidaan parantaa kosteudenhallinnan puutteita koskevilla sanktiomenettelyillä aliurakkasopimuksissa. Työntekijöitä otetaan mielellään mukaan

aloituspalaveriin, jolloin kosteudenhallinnan vaatimuksia saadaan jalkautettua aliurakoitsijoille. Tämän olisi kuitenkin hyvä olla vaatimus eikä optio. Tällä hetkellä kosteudenhallintaa koskevia asioita käydään läpi kolmivaiheisesti: Perehdytyksessä, aloituspalaverissa ja työtä suoritettaessa. Perehdytys on ajallisesti hyvin rajallinen ja asiat voidaan käydä vain pääpiirteittäin läpi. On myös paljon henkilön asenteesta kiinni mihin osa-alueisiin hän viitsii perehdytyksessä keskittyä. Aloituspäalaverissa kosteudenhallinta otetaan tarkemmin huomioon yhtenä suurempana osa-alueena, mutta ongelmaksi muodostuu työntekijöiden osallistuminen aloituspalaveriin. Aliurakoitsijan työntekijät voivat myös vaihtua työn suorittamisen aikana, jolloin kohdekohtaiset kosteudenhallinnan vaatimukset eivät periydy työntekijöille yhtä hyvin, kuin aloituspalaverissa mukana olleille työntekijöille. Tällä hetkellä haasteena perehdytyksessä ja aloituspalaverissa on muistaa käydä kaikki kosteudenhallinnan vaatimukset läpi, mikäli vaatimuksia ei ole vielä kirjattu auki kohdekohtaisesti. Riski piilee siinä, että perehdytyksessä luotetaan liikaa valmiiseen perehdytyspohjaan, vaikka rakennuskohteet eroavat toisistaan. Pääkaupunkiseudulla perehdytyksen haasteet koskevat myös kommunikointia, kun yhteistä kieltä ei ole. Työntekijöiden kosteudenhallinnan perusasioiden osaamiseksi on selvästi tarvetta järjestää koulutusta. Koulutustarve koskee pääosin aliurakoitsijoita, sillä Peabin omien rakennusmiesten tieto- ja taitotaso on parantunut, kun kosteudenhallinta otettiin yrityksen yhdeksi pääteemaksi ja auditointia ja koulutusta lisättiin. Valtakunnallisella koulutuksella päästäisiin tilanteeseen, jossa koulutuksen suorittamista voitaisiin pitää edellytyksenä työmaalle pääsystä. Samankaltaista menettelytapaa noudatetaan jo työturvallisuuskortin osalta.

## **Suunnittelu**

Suunnitelmien valmiusasteeseen ja detajiiikkaan ollaan työmaalla pääosin tyytymättömiä eikä suunnitteluvaihe kovinkaan usein toteudu täysin Kuivaketju10:n vaatimusten mukaisesti. Suunnitelmien puutteet kosteudenhallintaan liittyen koskevat erityisesti detaljeja, uusien ja vanhojen rakenteiden liittymiä ja työnaikaisen vedenpoiston suunnitelmattomuutta. Suojaukseen myöskään harvoin tarjotaan valmiita ratkaisuja, vaan nämä jäävät useimmiten työmaan suunniteltavaksi. Detaljien puutteet ja rakennetta koskevat toteutuksen ja kosteusteknisen toimivuuden riskit huomataan usein vasta työvaihetta tehdessä. Suunnitelmapäivitykset rakentamisen tässä vaiheessa aiheuttavat aikataulun viivästyksiä. Enemmistö työnjohdosta noudattaa toimintatapaa, jossa kiireen sanelemana halutaan työvaihe tehdä loppuun puutteellisilla suunnitelmissa, sillä suunnitelmapäivityksille ei ole riittävästi aikaa. Tällöin työmaa joutuu toteutuksessa soveltamaan ja hyväksyttämään toteutustavan valvojalla. Valvojan ammattitaidosta ja työkokemuksesta

riippuen voi hän vastuun jakamiseksi haluta asiaan kuitenkin suunnittelijan vahvistuksen, jolla on yhtä lailla vaikutus aikatauluun.

Työnjohto ja erityisesti vastaava työnjohtaja pyrkivät tarkistamaan työmaalla käyttöön otettavat suunnitelmat kosteusteknisen toimivuuden kannalta. Kuivaketju 10:n edellyttämästä suunnitelmien yhteensovittamisesta huolimatta erityisesti RAK- ja ARK-suunnitelmissa on ristiriitoja, eikä näistä toisessa välttämättä ole huomioitu rakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Suunnitelmien yhteensovittaminen kuuluu myös tilaajan myötävaikutusvelvollisuuteen. Ongelmia ilmenee esimerkiksi ovien, ikkunoiden ja teräskatosten liitoksissa seinään. Sekä arkkitehdilla ja rakennesuunnittelijalla on työstä detaljitasoinen suunnitelma, mutta toisessa ei ole aina huomioitu rakenteen kosteusteknistä toimintaa. Mikäli suunnitelmia ei yhteensoviteta, on aina riski, että joku ohjeistaa tekemään työn väärällä detaljilla. Kuivaketju10 edellyttää suunnittelijaa perehdyttämään pääurakoitsijan työmaaorganisaation riskikohtia koskeviin suunnitelmiin. Diplomityöntekijän näkemyksen mukaan kyseinen kohta jää vähälle huomiolle ja siihen kohdistuu usein laiminlyöntiä. Vaikka yhteydenpidon koetaan työmaa- ja suunnitteluorganisaation välillä toimivan pääsääntöisesti hyvin, ollaan kosteusteknisen suunnittelun laatuun ja kosteusriskien riittävään huomioimiseen toteutuksessa osittain tyytymättömiä. Työmaan kommentoimista suunnitelmista osa on vielä keskeneräisiä, joten kokonaisvaltaista palautetta suunnitelmista ei voida antaa. Suunnitelmat, joissa ulkopuolinen taho on tarkastanut suunnitelmat kosteusteknisen toimivuuden ja kosteudenhallinnan kannalta, on koettu toimivammaksi, kuin suunnitelmat, joissa tarkastus keskittyy suunnitteluyrityksen omalle vastaavalle suunnittelijalle. Työmaa- ja suunnitteluorganisaation yhteydenpidon toimiessa hyvin, on edelleen työmaalla vaikeuksia saada annetut ohjeet suunnitelmiin asti ja ohjeistus jää usein valokuviiin ja muistioihin. Suunnittelunohjaus toimii paremmin urakkamuodoissa, joissa rakennusliike itse hankkii rakennukselle suunnitelmat.

### 6.1.1 Kehitysehdotukset työmaatoiminnan nykytilan pohjalta

Tässä luvussa esitetyt kehitysehdotukset perustuvat luvussa 6.1 esitettyyn kohdeyrityksen kosteudenhallinnan nykytilaan. Kuvaus nykytilasta on laadittu työmaahenkilökunnalle kohdistettujen haastattelujen ja työmaakerrosten pohjalta.

#### **Kehitysehdotukset koskien työmaan kosteudenhallintaa:**

- Vältetään lähtökohtaisesti rakentamista, jossa suojaus on erityisen haasteellista ja kaikkia vaurioituvia materiaaleja ei voida suojata. Suositaan valmiita suunnittelijoilta saatuja suojausratkaisuja ja vaaditaan näitä suunnittelulta, mikäli mahdollista. Suositaan tuotteita, joissa on tehtaalla valmiiksi asennettu suojaus, joka voidaan jättää rakenteeseen myös asennuksen jälkeen.
- Aliurakkasopimukseen laaditaan tarkasti hinnoiteltu sanktio kosteudenhallinnan toimenpiteiden laiminlyönnistä. Aloituspäätöksessä jalkautetaan kosteudenhallintaan liittyvät vaatimukset työntekijöille ja työnjohdolle ja edellytetään, että myös työntekijä on läsnä aloituspäätöksessä. Edellytetään aliurakkasopimuksissa työntekijöiltä kosteudenhallintaan liittyvien perusasioiden osaamista. Mainitaan työkohtaiset kosteudenhallinnan vaatimukset aliurakkasopimuksissa.
- Rakentamisvaiheen lopussa laaditaan huoltokirja, joka ohjeistaa rakennuksen käyttöä ja toimii työkaluna urakoitsijan takuutyöstä vastaavilla henkilöillä. Rakenteet ja tuotepäätökset, joilla tekninen käyttöikä on lähellä kymmentä vuotta tai sen alle, mainitaan erityisesti huoltokirjassa ja näille asetetaan tarkempi huolto- ja tarkastusväli myös säärasitus huomioiden.
- Valtakunnallisesti rakennusalan työntekijöille pilottihankkeena toimivaa kosteudenhallintakoulutusta pyritään hyödyntämään ja koulutuksen yleistettyä edellytetään koulutuksen suorittamista aliurakoitsijoilta ja omilta työntekijöiltä.
- Ei toimita keskeneräisillä suunnitelmilla soveltaen suunnitelmia työmaalla, vaan vaaditaan valmiit suunnitelmat ennen työn aloittamista. Kiiretapauksissa katselmoidaan ja hyväksytetään työn aloitus ja työvaiheet valvojalla ja dokumentoidaan työ Kuivaketju10-dokumentointiohjeen mukaisesti.
- Työmaa-aikaisen veden käyttöön panostetaan entistä enemmän siten, että linjasto tehdään standardisoiduilla ja tarkoitukseen sopivilla putkiosilla ja jokaiseen vedenottopisteeseen järjestetään kiinnitettävät vuotoastiat. Kynsilittimien käyttöä rajataan ja ohjeistetaan siten, että liittimen sijainti on aina vedenottopisteen tai vettä käyttävän koneen vieressä, siten että liittimen toimintaa voidaan jatkuvasti valvoa.

- Dokumentointipohjista poistetaan päällekkäisyydet, siten ettei sama dokumentoitava kohta esiinny useassa eri pohjassa. Kosteudenhallintaan liittyvät dokumentoitavat kohdat tehdään Kuivaketju10 dokumentointipohjaan. Varmistetaan, että kaikki dokumentoitava tallennetaan asianmukaisesti Congridiin ja Ärbasiin: Dokumentoinnissa ei esimerkiksi käytetä henkilökohtaisen puhelimen kameraa, jolloin on riski, että tiedostoja ei muisteta tallentaa verkkolevyille.
- Nimetään kullekin projektille henkilö, joka vastaa osaltaan projektin dokumentoinnin kansiorakenteesta ja tiedostojen tallentamisesta siten, että kokonaisuus vastaa yrityksen omaa ohjeistusta. Henkilö puuttuu asiaan tiedottamalla työntekijöitä, jos ohjeistuksesta poiketaan. Dokumentointia koskeva konsernin yhteinen ohjeistus voidaan sisällyttää esimerkiksi jokaisen projektin kansiorakenteen juureen, jolla parannetaan ohjeistuksen saatavuutta.
- Nimetään rakennuskohteeseen erillinen kosteudenhallintavastaava, joka ei ole vastaava työnjohtaja tai jaetaan vastaavan työnjohtajan vastuuta muista tehtävistä niin, että hänellä on aikaa toimia kohteessa kosteudenhallintavastaavana. Kosteudenhallintavastaava osallistuu kosteudenhallintakerroksiin yhdessä kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa ja hoitaa Kuivaketju10:n mukaista dokumentointia. Erillisellä kosteudenhallintavastaavalla on edellytykset riittävien kosteudenhallintaa koskevien suunnittelu ja toteutustietojen siirtämiseen huoltokirjaan ja ylläpito-organisaatiolle.
- Suositellaan tilaajalle Kuivaketju10:n käyttöä kohteissa. Vaaditaan Kuivaketju10:n mukaista menettelyä myös tilaajalta itseltään kohteissa, joissa tilaaja on päättänyt Kuivaketju10:n käytöstä. Urakoitsija hyötyy tilanteesta, jossa kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävissä toimii henkilö, joka ei ole rakennuskohteen valvoja. Urakoitsijan kannattaa yrittää vakuuttaa tilaaja ulkopuolisen suunnitelmien kosteusteknisen toimivuuden tarkastuksen hankinnasta. Samaa suunnitelmien tarkastusta voidaan harkita myös perustajaurakoinnissa.
- Päivitetään kosteudenhallintasuunnitelmaa tarvittaessa ennen työvaiheita, jolloin suunnitelmasta on hyötyä tehtäväsuunnittelussa ja päivitetty kohdat voidaan huomioida myös huoltokirjaa laadittaessa.
- Työnjohdon projektikohtaisissa lisäpalkkioissa suositellaan käytettävän aikataulun mukaisen valmistumisen ohella muita mittareita, kuten laatua ja reklamaatioiden määrää sekä takuuajana ilmenneitä ongelmia ja virheitä. Tällöin vähennetään osittain aikataulupaineista ja turhasta kiireestä aiheutuvia kosteusongelmia.

- Uusissa urakkasopimuksissa suositellaan mahdollisuuksien mukaan hyödynnettävän urakoitsijoita, joilla on referenssikohteita Kuivaketju10-toimintamallilla toteutetuista kohteista erityisesti dokumentointia koskien.
- Työmaaperehdytyksessä suositellaan, että kosteudenhallintavastaava osallistuu perehdytysohjelman laadintaan ja ottaa kantaa kosteudenhallintaan liittyviin perehdytykseen sisältyviin asioihin.
- Edellytetään suunnittelulta Kuivaketju10-kohteissa todentamisohteen mukaisten toimenpiteiden toteutumista ja tarkastetaan itse, että erityisesti rakenteiden suojausta koskevat asiat (riski 9) on ratkaistu jo suunnitteluvaiheessa, jotta nämä eivät jää työmaan suunniteltaviksi. Ohjataan puutteellisesti hoidetut todentamisohteen mukaiset suunnitelmat ja ohjeet uudelleen tehtäviksi.

## 6.2 Kohdeyrityksen kosteudenhallinnan nykytila takuukorjauksiin liittyen

Kohdeyrityksen takuukorjauksia palveleviin TOP5 ja TOP10 listoihin on poimittu yksiköiden yleisimpiä takuukorjauksissa toistuvia virheitä. Tällä hetkellä takuukorjausten virheistä ja puutteista noin puolet ovat kosteuteen liittyviä ongelmia. Näistä noin kolmasosa on virheitä, jotka voivat lyhyellä aikavälillä aiheuttaa kosteusvahingon. Loppuosa kosteuteen liittyvistä takuuvirheistä voi pitkällä aikavälillä aiheuttaa kosteusvaurion, mikäli ongelmaa ei poisteta vuosikorjausten yhteydessä. Taulukossa (Taulukko 8) on esitetty TOP10-listoissa esiintyviä kosteudenhallintaa koskevia takuuvirheitä. Taulukossa lihavoidulla tekstillä esitetyt kohdat tulivat esille myös takuutyöhenkilöiden haastatteluissa.

**Taulukko 8.** TOP-10 listoissa esiintyvät kosteudenhallintaan liittyvät takuuaikaiset virheet

<b>Ulkopuoliset rakenteet (maanvastaiset seinät, hulevedet ja salaojitus)</b>
Kalusteiden turpoaminen märkätiloissa
<b>Yläpohjan tuulettuvuuteen liittyvät puutteet. esim. myrskypellin puuttuminen</b>
Ikkuna- ja ovi-asennusten puutteet (ilma ja lämpövuodot)
Vesikattorakenteiden työvirheet
<b>Märkätilat: kallistukset, silikonisaumojen ratkeilu</b>
<b>Höyrinsulkua koskevat työvirheet</b>
Ilmanvaihdon säädöt
Autohalliliittymien vesitiiveys ja vedenohjaus
Bitumihuopanostot
Parvekevuodot

Pitkän aikavälin ongelmia ei useimmiten havainnoida takuuajan jälkeisen vastuun aikana, minkä jälkeen rakennusurakoitsija ei ole enää ongelmaan korjausvelvollinen. Pitkällä aikavälillä kosteusongelmia voi aiheutua esimerkiksi TOP-listoissa esiintyvistä ilmanvaihdon virheellisistä säädöistä ja ovien- ja ikkunoiden tiiviyspuutteilla. Ylipaineinen ilmanvaihto pakottaa sisäilman kosteuden siirtymään seinä- ja yläpohjarakenteisiin epätiivien höyrinsulkuliittymien kautta. Ovien- ja ikkunoiden epätiiviydellä puolestaan on vaikutus rakennuksen painesuhteisiin ja kosteuskonvektioon. Suurimmat yksittäiset kustannukset takuukorjauksissa ovat aiheutuneet pihakansien ja autohallien sokkelikuorien



yläpuolisten liittymien puutteista ja vedenohjauksen puutteista. Edelleen uusissa koh-teissa tehtävissä pihakansissa havaittiin työtapoihin liittyviä puutteita kosteudenhallinta-kierrosten yhteydessä. Toinen suuri takuukorjauskustannuksia aiheuttava tekijä on mär-känä pinnoitetut valurakenteet, joiden osalta dokumentoinnissa on poikettu työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan kirjatusta vaatimuksista.

Ongelmat ja virheet on pääsääntöisesti takuutyövastaavien toimesta hyvin kartoitettu. Omissa yksiköissään takuutyövastaavat tuntevat yleisimmät korjattavat virheet ja ongel-mat. Diplomityöntekijä pitää takuuosaston kenties suurimpana puutteena tiedon heikkoa välittymistä toimiyksiköittäin sekä työmaiden välisesti. Toistuvien ongelmien kierteeseen ei riittävästi onnistuta puuttumaan, sillä takuukorjauksissa kohdattuja virheitä ei käsitellä tarpeeksi konsernitasolla vaan ne jäävät paikkakuntien omien yksiköiden tietoisuuteen. Yksikön sisäisesti takuukorjauksissa kohdatuista virheistä ja puutteista tiedotetaan vas-taavaa työnjohtajaa, jonka työmaata tapaus koskee ja satunnaisesti tärkeimpiä asioita pyritään nostamaan esille mestaripalavereissa, joihin osallistuvat työnjohtajat ja takuu-töistä vastaavat työntekijät. Ärbasin kansiorakenteeseen kuuluu vuosikorjauksia kos-keva kansio, joka sisältää kohdetta koskevaa vuosikorjausdokumentointia. Tehdyistä vir-heistä oppiminen ja saman virheen toistamisen välttäminen jää kuitenkin riippumaan pit-kälti siitä, kuinka aktiivisesti työnjohtajat itse lukevat takuukorjauksia koskevaa dokumen-tointia Ärbasin kohdekansioista.

Työmaahaastattelujen perusteella saatiin yleiskäsitys, että dokumentoinnin taso mielle-tään riittäväksi ja hyväksi. Takuuvastaavien haastatteluista käy kuitenkin ilmi, ettei työ-maan dokumentoinnin tasoon olla täysin tyytyväisiä ja dokumentointitavoissa on edel-leen parannettavaa. Vedeneristenäytepalat ja kosteusmittaustulokset kyllä löytyvät do-kumentoinnista hyvin, mutta piiloon jäävistä rakenteista ei oteta riittävästi valokuvia. Kos-teusmittauksia koskevaa yrityksen omaa ohjeistusta ei aina täysin noudateta, mikä kas-vattaa takuuosaston työmäärää ja kustannuksia. Mittauksia ei ole aina otettu kaikista huoneistoista tai muuten riittävällä laajuudella. Piiloon jäävien rakenteiden purkuun käy-tetään paljon aikaa vain siitä syystä, että voidaan todeta, onko rakenne tehty niin kuin on pitänyt.

Liiketoiminta-alueiden välillä tiedonkulku mielletään pääkaupunkiseudulla puutteelliseksi takuu- ja työmaaosastojen välillä. Toiminnan selkeyttämiseksi dokumentoinnissa kon-sernitasolla kaivataan yhtenäisiä toimintatapoja, sillä tällä hetkellä vaihtelua on paljon yksikkö- ja työmaakohtaisesti. Kansiorakenteet dokumentoinnissa tulisi myös yhtenäis-tää, sillä niiden toteutuksessa esiintyy vaihtelua ja tiedostojen tallentamiseen liittyvää

ohjeistusta ei jostakin syystä noudateta. Dokumentointia koskeva ohjeistus on selkeä, mutta kaikille työntekijöille ei ole selvää mistä ohjeet löytyvät. Aivan kaikkea dokumentointia koskeva yrityksen ohjeistus ei kuitenkaan kata, sillä esimerkiksi sille, kuinka ennen takuukorjauksia kohteen aloitustilanne dokumentoidaan ei ole olemassa ohjeistusta. Tässä kohtaa dokumentointitapa riippuu siitä, miten työntekijä on tottunut dokumentointitehtävän tekemään. Osa saattaa ottaa kohteesta videokuvaa, kun taas toinen käyttää dokumentoinnissa valokuvia.

Kiinteistönpitoon liittyvät rakennusurakoitsijaa koskevat tehtävät hoidetaan hyvin. Toiminnan kehittämisen mahdollisuudet tällä osa-alueella liittyvät lähinnä huoltoyhtiöiden kanssa toimimiseen ja asumisohjeen sekä käyttöönoton opastuksen kehittämiseen. Asukkaiden rakennuksen virheellisestä käytöstä tai kosteusongelmiin liittyvien havaintojen ilmoittamatta jättämisestä aiheutuu ainoastaan pieni osa korjattavista kosteusongelmista. Tarkalla ja ytimekkäällä käytönopastuksella voidaan vähentää asumisesta aiheutuvia ongelmia. Käytönopastuksista onkin onnistuttu tekemään sopivan lyhyitä ja ytimekkäitä, mutta osassa tapauksista käytön opastus voi jäädä pitämättä ainakin osalle asukkaista.

Suurin osa takuuvastaavista käyttää työtehtävissään huoltokirjasta saatuja tietoja aktiivisesti ja kaikki haastateltavista totesivat perehtyvänsä huoltokirjaan aina tarvittaessa. Tämä on hyvä lähtökohta kosteusongelmien välttämiseen takuuajana myös rakennusurakoitsijalta, vaikka huoltokirjan toimenpiteistä vastaakin yleensä huoltoyhtiö. Työmaan kokoama huoltokirja ei aina sisällä mainintoja tarkistettavista ja huollettavista rakenteista siinä määrin kuin kiinteistölle olisi tarpeellista kosteudenhallinnan kannalta. Esimerkiksi tavallista kovemmalle säärasitukselle altistuvat julkisivulevytysten saumat tulisi lisätä erityismaininnalla huoltokirjaan, jolloin asiaan osataan varautua tavallista tiheämmällä huolto- ja tarkastusväälillä. Rakennusurakoitsijan kannalta tällä on erityinen merkitys silloin, kun tuotteen tekninen käyttöikä on lähellä kymmentä vuotta tai vähemmän. Tavallista voimakkaammat rasisolosuhteet voivat vaikuttaa tuotteen käyttöikään, mitä ei huoltokirjan laadinnassa aina huomioida riittävästi. Huoltoyhtiöt tekevät huoltokirjassa mainitut toimenpiteet kohtalaisesti, mutta toisaalta huoltokirjan noudattamiseen kohdistuu myös välillä vakavia laiminlyönnejä. Kosteudenhallinnan kannalta kriittisimmät laiminlyönnit liittyvät vesikaton ja kattokaivojen tarkastuksiin, rännien puhdistukseen ja saattolämmitykseen. Osalla huoltoyhtiöistä on tapana tehdä huoltokirjasta oma versionsa, joka on supistettu versio alkuperäisestä huoltokirjasta. Tässä piilee riski, että osa huoltokir-

jassa huomioituista asioista jää hoitamatta. Huoltoyhtiön kohdetta koskevat tiedot välit-  
tyvät huonosti rakennusurakoitsijalle, mikä johtuu osittain siitä, että huoltoyhtiötä ei oteta  
riittävästi mukaan käyttöönoton yhteydessä.

### **6.2.1 Kehitysehdotukset takuukorjausten nykytilan pohjalta**

Tässä luvussa esitetyt kehitysehdotukset perustuvat luvussa 6.2 esitettyyn rakennusura-  
koitsijan kosteudenhallinnan nykytilaan. Kuvaus nykytilasta on laadittu työmaahenkilö-  
kunnalle kohdistettujen haastattelujen ja työmaakerrosten pohjalta.

#### **Kehitysehdotukset koskien takuuajkaan liittyvää kosteudenhallintaa:**

- Virheiden toistamiseen suositellaan puututtavan tiedottamalla toimijoita yksikkö-  
rajojen yli koko konsernissa. Työnjohtoa suositellaan tiedotettavan kohteita kos-  
kevista takuuajan virheistä ja puutteista entistä paremmin. Yleisimmät takuuai-  
kana esille nousseet ongelmat (TOP5- ja TOP10-listat) tulisi esitellä konsernita-  
solla vähintään takuuosastojen kesken. Toiminnalle suositellaan varaamaan vuo-  
desta yksi työpäivä, jolloin yksiköiden takuuvastaavat esittelevät toisilleen edel-  
lisvuoden yleisimmät takuuajaiset ongelmat ja jalkauttavat tiedon omiin yksi-  
köihinsä.
- Ilmanvaihtoon, rakennuksen painesuhteisiin ja tiiveyteen liittyviä puutteita ei miel-  
letä kosteusongelmiksi, mutta nämä ovat kosteusongelmiin johtavia juurisyytä.  
Nämä takuuajana havaitut puutteet suositellaan korjattaviksi tavallista nopeam-  
malla aikataululla ennen kuin tästä aiheutuu muita ongelmia kosteuskonvektion  
seurauksena.
- Pihakannet ovat edelleen kustannuksiltaan yksi suurimmista takuuosastoja työl-  
listävistä korjauskohteista. Sekä uusissa, että korjattavissa pihakansissa suosi-  
tellaan käytettävän oikeita kohdekohtaisia työmenetelmiä ja tehostettua työmaa-  
valvontaa sekä laadunvarmistustoimenpiteitä. Turhaa työhön liittyvää riskinottoa  
on havaittavissa edelleen esimerkiksi sadekelillä suoritettavissa kermitöissä.
- Suositellaan, että dokumentointia koskevan ohjeistuksen saatavuutta helnote-  
taan, jotta jokainen työntekijä tietää, mistä ohjeistukset löytyvät. Dokumentointia  
koskevan valvonnan määrää suositellaan myös lisättävän, sillä ohjeistuksen nou-  
dattamisessa on vaihtelua.
- Suositellaan, että kullekin projektille nimetään henkilö, joka vastaa osaltaan pro-  
jektin dokumentoinnin kansiorakenteesta ja tiedostojen tallentamisesta siten, että

kokonaisuus vastaa yrityksen omaa ohjeistusta. Henkilö puuttuu asiaan tiedottamalla työntekijöitä, jos ohjeistuksesta poiketaan. Dokumentointia koskeva konsernin yhteinen ohjeistus voidaan sisällyttää esimerkiksi jokaisen projektin kansiorakenteen juureen.

- Huoltokirjaan suositellaan lisättävän laadinnan yhteydessä erityismaininnat tuotteista ja rakenteista, joille vaaditaan tavallista tiheämpää tarkastus- ja huoltoväliä tuotteen teknisen käyttöiän tai sille kohdistuvan tavallista kovemman rasituksen takia.
- Suositellaan, että huoltoyhtiö otetaan perusteellisesti mukaan käyttöönoton yhteydessä ja luodaan hyvät edellytykset toimenpiteistä tiedottamiselle 10-vuotisvastuun aikana. Tällä parannetaan huoltoyhtiön huoltotoimenpiteiden ja tarkastusten tietojen välittymistä rakennusurakoitsijalle takuuajana.
- Suositellaan että dokumentointiohjeet laaditaan myös vaiheille, joille ohjetta ei vielä ole olemassa. Ennen takuukorjaustyön aloitusta tehtävä lähtötilanteen dokumentointi voidaan ohjeistaa pääpiirteittäin seuraavasti:
  - arvioidaan ennen korjaustyön aloitusta, tarvitaanko korjaustyön toteutuksesta muistio
  - videoidaan lähtötilanne yleisesti
  - tarkempi dokumentointi rakenteesta tehdään valokuvaamalla
  - laaditaan tarvittaessa muistio valokuvattujen työvaiheiden pohjalta

## 7. YHTEENVETO

Sen sijaan, että kosteudenhallinnassa suurin panostus laitetaan työmaan aikaiseen rakenteiden suojaamiseen ja kuivattamiseen tulisi prosessia parantaa jo suunnitteluvaiheesta lähtien, jolla luodaan edellytykset toimivalle kosteudenhallinnalle. Oikeat materiaalivalinnat, kosteusriskien huomioiminen suunnittelussa, suojauksen suunnittelu, rakenteiden ja liittymien kosteustekninen toimivuus ja suunnitelmien riittävä valmiusaste osoittautuivat suunnittelun tyypillisiksi puutteiksi, jotka hankaloittavat työmaan hyvän kosteudenhallinnan toteutusta. Rakenteita, joissa havaittiin erityisesti ongelmia työmaalla, olivat vanhan- ja uuden rakennuksen liittymät, joissa vedenpoistoa ja rakenteen suojausta on työmaa-aikaisesti hyvin vaikea suunnitella. Työmaalla tehtyjen havaintojen lisäksi tätä päätelmää tukee se, että uuden ja vanhan rakenteen liittymäkohdat ovat myös toistuva vakuutusyhtiöille lähetettävä kosteusvahinkoilmoituksen aihe.

Rakentamisessa tulee siirtyä käyttämään kosteusteknisesti turvallisia rakenne- ja materiaaliratkaisuja, sen sijaan, että riskiprosessissa keskitytään pitkälti rakenteiden suojaamiseen ja kuivattamiseen. Kuivaketju10:n mukainen toteutus edellyttää rakennushankkeen suunnittelijalta myös rakenteiden kosteussuojauksen suunnittelua, mutta tähän kohdistuu vielä toistaiseksi suuria puutteita, joita joudutaan paikkaamaan työmaan toimesta. Työnjohtajien aikaperusteiset palkkiot rakennusurakoista muodostavat välillä riskitiedän kosteudenhallintaa koskevien tavoitteiden kanssa. Projektipalkkioissa olisi syytä Kuivaketju10:n käyttöönoton myötä harkita projektipalkitsemismuotoa, joka ottaa huomioon kosteudenhallinnan ja kosteusteknisen toteutuksen onnistumisen hankkeessa.

Haastattelujen ja vakuutustietojen perusteella työmaiden kolme yleisintä kosteusongelmien yksittäistä aiheuttajaa ovat järjestyksessä uuden putkiston vuodot, vanhan putkiston rikkoutuminen korjausrakentamisessa ja suojausten puutteet. Työnjohdolla ei tällä hetkellä kokemansa mukaan ole riittäviä keinoja puuttua aliorakoitsijoita koskevaan kosteudenhallintaan, sillä urakkasopimusasiakirjoissa ei ole erikseen määritelty riittävän tarkasti sanktioita kosteudenhallintaa koskevista puutteista eri työvaiheissa. Urakkasopimuksissa olevia mainintoja voivat olla esimerkiksi vaatimus työntekijän läsnäolosta aloituspalaverissa ja vaatimus työn suorittamisesta tietyllä työryhmällä alusta loppuun. Eriyisesti pääkaupunkiseudulla työmailla ongelmaksi koettiin kommunikoinnin vaikeus urakoitsijoiden kanssa ja kosteudenhallintaa koskevan rakennusmiesten ammattitaidon

puute. Hyväkään kosteudenhallinnan toimintamalli ei toimi, mikäli työntekijöillä ei ole riittäviä tietoja ja taitoja oman tehtävänsä suorittamiseen. Tilannetta voitaisiin parantaa huomattavasti suoritettavalla kosteudenhallintakortilla, joka toimisi jo olemassa olevan työturvallisuuskortin tavoin.

Kuivaketju10:n myötä kosteudenhallintavastaavan tehtäviä ei tulisi lähtökohtaisesti siirtää vastaavalle työnjohtajalle vaan tehtävässä tulisi toimia erillinen henkilö, jolla on aikaa tehdä kosteudenhallintakierrokset siten, että tehtävässä paneudutaan ainoastaan kosteudenhallintaa koskevaan havainnointiin. Tällä hetkellä kosteudenhallintavastaavan tehtävistä vastasi yleensä vastaava työnjohtaja, jolla ei muun työmaavalvonnan ohessa ole riittävästi aikaa tehdä erillisiä kosteudenhallintakierroksia. Myöskään valvojan ja kosteudenhallintakoordinaattorin tehtäviä ei tulisi suorittaa päällekkäin. Kohteissa, joissa valvoja suoritti myös kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävää, jäivät tällöinkin varsinaiset kosteudenhallintakierrokset varsin pienelle huomiolle. Kosteudenhallintakierroksista laadittava muistio kuvineen ja toimenpide-ehdotuksineen on hyvä tapa saada havaitut puutteet nopeasti korjatuiksi. Toistaiseksi tätä menettelyä hyödynnettiin ainoastaan osassa pääkaupunkiseudun työmaista.

Takuupuolta koskeva suurin kosteudenhallinnan puute on se, että työmaan toteutuksesta johtuvia kosteusongelmia ei onnistuta välttämään uusissa kohteissa riittävästi ja samat virheet ja työmenetelmät toistuvat. Takuukorjauksissa ilmenneistä kosteusongelmista tiedotetaan yksikötasolla työmaiden vastaavaa mestaria, mutta tämä yksinään ei riitä ongelman välttämiseen jatkossa. Kosteusongelmat tulisi käsitellä konsernikohtaisesti myös yksiköiden välillä suurella jakelulla. Ongelmaan johtaneet syyt tulee tiedottaa ja käydä läpi toimintatapa ongelman välttämiseksi. Tällöin ongelma ei realisoidu jatkossa tulevilla työmailla tai muilla työnjohtajilla. Kustannuksiltaan suurin yksittäinen rakenne, jossa edelleen toimitaan riskirajoilla ja virheisiin ei olla onnistuttu riittävästi puuttumaan on pihakansirakenteet. Kosteudenhallintakierrosten yhteydessä pihakansirakenteiden toteutuksessa havaittiin puutteita suojauksessa ja työn toimintatavoissa.

Haastattelujen tulosten perusteella urakoitsijan ja huoltoyhtiöiden yhteydenpito ei toimi vielä toivotulla tavalla. Huoltokirjan toimenpiteiden toteutumisessa on ajoittain puutteita kosteudenhallintaa koskevissa kohdissa. Osa takuuajana korjattavaksi koituneista kosteusongelmista johtuu huoltokirjan toimenpiteiden laiminlyönneistä tai virheellisestä rakennuksen käytöstä. Yhteydenpidolle tulee luoda käyttöönoton yhteydessä hyvät edellytykset. Urakoitsijan kannattaa myös vaatia takuuajana vuosittainen ilmoitus huoltokir-

jan toteutuneista toimenpiteistä. Tällöin nähdään paremmin mitkä syntyvistä kosteusongelmista ovat oikeasti rakennustuotannon virheistä johtuvia ongelmia ja mitkä puolestaan huoltotoimenpiteiden laiminlyönnistä johtuvia. Ilmanvaihtoon ja painesuhteisiin kohdistuu haastattelujen ja TOP5-10 takuukorjauslistojen perusteella paljon korjauksia. Ilmanvaihtoa ja painesuhteita ei yleensä osata liittää kosteusongelman lähteeksi, mutta pitkällä aikavälillä esimerkiksi korjaamaton ilmanvaihto ja ylipaineinen sisäilma voi aiheuttaa kosteusvaurion.

## LÄHTEET

- [1] D. Björkholz, Lämpö ja kosteus, 2015
- [2] H. Järnström, R. Koivusaari & M. Saari, 2017, Sisäilman laadun hallinta rakennushankkeen eri vaiheissa, VTT
- [3] M. Katajisto, Lehdistö tiedote, 2018, Rakennusyhtiö Peab tutki: 92 % suomalaisista pitää kosteus- ja sisäilmaongelmia suurena yhteiskunnallisena ongelmana,
- [4] Kattoliitto Ry, Toimivat katot, 2013, s.8–14
- [5] M. Kilpeläinen, M. Hekkanen, P. Seppälä & T. Riippa, 2006. Ympäristöopas – Pientalon tekninen laatu, Ympäristöministeriö, Helsinki.
- [6] Kosteudenhallinta.fi, Rakenteet, 2015, s.2–54, Saatavissa: [http://kosteudenhallinta.fi/attachments/article/204/Kosteudenhallinta\\_RAKENTEET\\_30092015.pdf](http://kosteudenhallinta.fi/attachments/article/204/Kosteudenhallinta_RAKENTEET_30092015.pdf)
- [7] T. Lehtinen & M. Viljanen, Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen suunnittelu. Espoo 2001. Teknillinen korkeakoulu.
- [8] V. Leivo & J. Rantala. Maanvastaisten rakenteiden mikrobiologinen toimivuus, 2006, s.3, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennetekniikan laitos, Tutkimusraportti 139.
- [9] T. Merikallio, S. Niemi, J. Komonen, Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen, 2007, s.72, Suomen Betotieto Oy, Lattian- ja seinänpäällysteliitto ry.
- [10] L. Nevander & B. Elmarsson, 2011. Fukthandbok - Praktik och teori. 3. painos. Svensk Byggtjänst, Tukholma, Ruotsi.
- [11] T. Niemelä, Kosteusvaurioiden ehkäiseminen rakennustuotannossa 2014, s.45–53, Suomen Rakennusmedia
- [12] P. Ormiskangas, Betonisandwich-elementin kosteustekninen toiminta paksuilla eristeillä, Tampereen teknillinen yliopisto, 2009, s.123–126



- [13] A-M. Pessi ym., Betonielementtijulkisivujen mikrobiologinen toimivuus, 1999, Tampereen teknillinen korkeakoulu & Turun yliopisto
- [14] M. Pitkäranta, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöopas, Ympäristöministeriö, 2016
- [15] RT 81-11099, Radonin torjunta, 2012, Rakennustietojärjestelmä. Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö
- [16] RT 81 11000, Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus, 2010, Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö
- [17] RT14-10984, Betonin suhteellisen kosteuden mittaus, 2010, Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö
- [18] RT 14-11103, SisäRYL 2013 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen sisätyöt, Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö
- [19] RT 18-11240, Kiinteistönpitokirja kiinteistön elinkaaren hallinnassa, 2016, Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö
- [20] RT 18-10922, Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot, 2008, Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö
- [21] U. Siikanen, Rakennusfysiikka, Perusteet ja sovelluksia, 2014, s.61–82 Rakennustieto Oy.
- [22] O. Teriö & J. Hämäläinen, Kestävä rakentaminen, 2017, opetushallitus, s.76
- [23] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, RIL249-2015, Energiatehokas asuinrakennus – kohti lähes nollaenergiarakentamista, 2015
- [24] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, RIL 250-2011, Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen, 2011
- [25] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, RIL 107-2012, Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet, 2012
- [26] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, RIL 126-2009, Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus, 2009, s.28,82

- [27] J. Vinha, Rakennusfysiikan perussäännöt suunnittelussa ja rakentamisessa, Rakentajain kalenteri, 2008, s.17. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK080303.pdf>
- [28] J. Vinha, H. Viitanen, K. Lähdesmäki, R. Peuhkuri, T. Ojanen, L. Paajanen, T. Strander & H. Iitti, 2014, Rakennusmateriaalien ja rakenteiden homeutumisen laskennallinen arviointi. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennetekniikka.
- [29] Ympäristöministeriö, Asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

**Lähteinä käytetyt verkkosivut:**

- [30] [www.sisäilmayhdistys.fi](http://www.sisäilmayhdistys.fi)
- [31] [www.kuivaketju10.fi](http://www.kuivaketju10.fi)
- [32] [www.kosteudenhallinta.fi](http://www.kosteudenhallinta.fi)

4.11.2019

## Teemahaastattelurunko (Työmaa-aika)

### 1) haastateltavan kokemukset kosteusvahingoista ja kosteudenhallinnasta

- a) Millaisia kosteudenhallinnan haasteita tai kosteusvahinkoja on tullut vastaan työmaa-aikana? Mistä nämä kenties johtuvat ja miten ne olisi voitu välttää?
- b) Toteuttaako kosteudenhallintavastaava erillisiä kosteuskierroksia vai hoitaako hän kosteudenhallinnan toteutumista muiden tehtävien lomassa työmaalla liikkuessaan? Mihin asioihin kosteuskierroksilla kiinnitetään huomiota. Tarkennetaanko kosteudenhallintasuunnitelmia työmaan aikana?
- c) Paljonko kosteudenhallinnan tehtävät vievät sinun kokonaistyöajastasi?
- d) Koetko saamasi resurssit riittäviksi, jotta voit työssäsi toteuttaa riittäviä toimenpiteitä kosteudenhallinnassa? Miten mielestäsi kosteudenhallintaan suhtaudutaan työmaalla?

### 2) dokumentoinnin tila

- a) Kuinka hoidat kosteudenhallintaan liittyvää dokumentointia?
- b) Kuinka kosteudenhallinnan dokumentointia on ohjeistettu työtehtävissäsi ja onko ohjeistus mielestäsi riittävä? (esim. kenelle, miten, lomakkeen täyttö, dokumenttien tallennus)
- c) Miten työvaiheiden ja vahinkojen dokumentointia voitaisiin kehittää?

### 3) kosteudenhallinnan vaatimusten periyttäminen

- a) Kuinka pääurakoitsijaa koskevat kosteudenhallinnan vaatimukset periytetään aliurakoitsijoille? Onko kosteudenhallintaan liittyviä vaatimuksia aliurakkasopimuksissa, ja jos on, niin mitä?
- b) Kuinka perehdytät työmaakohtaiset kosteudenhallinta-asiat työntekijöille?
- c) Koetko kosteudenhallinnan vaatimusten periyttämisen ja perehdyttämisen haasteelliseksi?

### 4) suunnittelu

- a) Kuinka paljon tarkastelet suunnitelmia kosteusriskien näkökulmasta?
- b) Onko suunnitelmissa otettu mielestäsi riittävästi huomioon kosteusriskit? Jos ei, niin voitko sanoa esimerkkejä mistä rakenteissa tätä ei ole tehty tai miten se ilmenee.
- c) Koetko, että suunnitelmissa on annettu riittävät ohjeet ja detaljit työn suorittamiselle niin, että kosteusongelmilta vältytään?
  - i) aina
  - ii) yleensä
  - iii) harvoin
- d) Mikäli vastasit (yleensä tai harvoin): Kuinka menettelet, jos havaitset suunnitelmissa puutteita?
- e) Kuinka hyvin mielestäsi yhteydenpito ja suunnitelmien kommentointi toimivat suunnittelu- ja työmaaorganisaation välillä rakentamisen aikana?

### 5) toiminnan kehittäminen

- a) Jos pystyisit vaikuttamaan sinusta riippumattomiin tekijöihin, niin minkä asioiden näkisit helpottavan sinua kosteudenhallintaan liittyvissä tehtävissä?
- b) Mitkä ovat mielestäsi työmaa-ajan suurimmat haasteet/ongelmat kosteudenhallinnassa?

## Teemahaastattelurunko (Takuuaika)

### 1. haastateltavan kokemukset kosteusvahingoista ja kosteudenhallinnasta

- a. Millaisia virheitä ja puutteita takuuajana esiintyy ja koituu korjattavaksi?
- b. Kuinka suuri osuus näistä virheistä ja puutteista liittyy kosteusongelmiin? Kuinka suuri osa takuu- ja vuositarkastusten kosteusongelmista arvioisit kuuluvan työnantajasi vastuun piiriin?
- c. Mitkä ovat tyypillisimmät puutteellisesta kosteudenhallinnasta aiheutuvat takuuajaiset virheet, joita kohtaat työtehtävissäsi?
- d. Mistä esittämäsi virheet ja puutteet mielestäsi johtuvat ja kuinka näitä voitaisiin ehkäistä?
- e. Koetko saamasi resurssit riittäviksi, jotta voit työssäsi toteuttaa riittäviä toimenpiteitä työmaavaiheesta aiheutuneen kosteusongelman korjaamiseksi?
- f. Miten takuukorjattavaksi koituneita virheitä ja ongelmia voitaisiin ehkäistä työmaa-aikana?

### 2. dokumentointi

- a. Käytätkö työmaa-aikaista työvaiheiden dokumentointia takuutöiden korjauksessa?
- b. Miten hyvin saat kosteusdokumentit käyttöösi ja miten hyvin ne auttavat ongelman hoidossa?
- c. Dokumentoitko korjaustyötä ja, jos niin miten?
- d. Miten dokumentoinnin jakelussa varmistetaan, että sama ongelma ei toistu muissa kohteissa?
- e. Koetko, että dokumentointiin liittyvät työnantajasi ohjeistukset ovat riittävän selkeitä ja niitä noudatetaan yhteneväisesti konsernin sisällä?
- f. Miten dokumentointia tulisi mielestäsi kehittää?

### 3. kiinteistöpito

- a. Kuinka suuri osa takuukorjauksiin johtavista kosteusongelmista johtuu rakennuksen ylläpidon puutteista tai asukkaiden rakennuksen virheellisestä käytöstä?
- b. Miten asukkaista ja ylläpidon puutteista aiheutuvia kosteusongelmia voitaisiin ehkäistä?
- c. Perehdytkö itse kiinteistön huoltokirjaan?
- d. Kuinka arvioisit huoltokirjassa merkittyjen toimenpiteiden toteutusta? Onko toimenpiteet tehty määräaikaan?
- e. Mihin huoltokirjan toimenpiteisiin mahdolliset laiminlyönnit yleensä liittyvät?

## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 28.5.2019

Paikka: Työmaa 1

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi

Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 28.5.2019

Vanha tennishallirakennus muutetaan korjaustöiden yhteydessä asunnoiksi, ja rakennuksen alle rakennetaan autohalli. Katselmuksen aikana kohteessa tehtiin sisätyövaiheen viimeistelyjä ja parvekepielien pellityksiä.

Työmaalla oli aiemmin valujen yhteydessä sattunut vesivahinko, jossa viereisen talon ja valetun holvin liittymästä vesi oli ohjautunut vanhan rakennusten välisen massiivitiiliseinän sisäpuolelle ja viereiseen asuntoon vaurioittaen valmiin asunnon sisäpintoja.



**Kuva 1.** Rakennus tien puolelta ja sisäpuhulta.



**Kuva 2.** Vastaavan työnjohtajan mukaan erityisiä haasteita aiheuttivat vaikean vesikattorakenteen lasitetun osan liittymät muihin kattorakenteisiin.



**Kuvat 3.** Rakennuksen uudet välipohjavalut liittyivät osittain vanhaan rakennusten väliseen massiivitiiliseinään. Valun yhteydessä massiivitiiliseinä pääsi kastumaan aiheuttaen kosteusjälkiä viereisen asunnon sisäpinoilla. Asiasta tehtiin vahinkoilmoitus. (Kuva: Helsingin Sanomat)





**Kuva 4.** Rakennuksen alle tehdyn autohallin betoniseinissä on kosteusjälkiä. Kosteusjälkiä on seinässä useamman metrin alueella, mutta suurimmat kosteusjäljet ovat valurautaviemärin ympärillä.



**Kuvat 5 a ja b.** Louhitusta kalliosta valuva vesi aiheuttaa jatkuvaa kosteusrasitusta sisäpuoliselle betoniseinälle. Kuvat 5 a ja b. on otettu Kuva 4 vastakkaiselta seinältä.

## Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 28.5.2019

- Autohallin betoniseinän kosteudenlähde tulee selvittää. Kosteus voi olla peräisin betoniseinän takaa kalliosta tai vuotavasta valurautaviemäristä, joka kukee seinän läpi.

Tampereella 28.5.2019  
Vahanen Rakennusfysiikka Oy



---

Aarni Ala-Korpi, TkK



## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 29.5.2019

Paikka: Työmaa 2

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 29.5.2019

Kohteessa oli katselmuksen aikana käynnissä purkutyöt ja orgaanisesta materiaalista tyhjennettyjen kaksoislaattaväli­pohjien täyttö­valu.

Kohteessa oli kosteudenhallintavastaavan mukaan tapahtunut yksi vesivahinko, jossa purettu patterilinja oli valuttanut vettä alapohjan betonirakenteille. Alapohja tullaan purkamaan, joten vesivahingosta ei aiheudu välittömiä toimenpiteitä.



*Kuva 1. Yleiskuva rakennuksesta sisäpihan puolelta.*



**Kuva 2.** Vanhat puurunkoiset kipsilevyväliseinät jäävät lattian pintavalun yläpinnan alapuolelle. Puurunkoisten kipsilevyväliseinien alajuoksu suositellaan nostamaan siten, että alapinta on valun yläpuolella.

**Aiemmin 22.5.2019 tehdyn kosteudenhallintakierroksen yhteydessä tehtyjä havaintoja (Toni Mäki Vahanen Rakennusfysiikka Oy)**



**Kuvat 3 a...d.** Viidennessä kerroksessa (kuvat a ja b) havaittiin välipohjan pinnalla kosteusjälkiä/lätäköitä ja vettä tihkui paikoin yläpohjan alalaatan läpi. Ullakolla (kuvat c ja d) oli käynnissä palopermannon purkuun liittyvä timanttisahausvaihe, mutta varsinaisia jäähdytysvesien talteenotto-/hallintajärjestelyjä ei havaittu

**Aiemmin 7.5.2019 tehdyn kosteudenhallintakierroksen yhteydessä tehtyjä havaintoja (Marko Leskinen Vahanen Rakennusfysiikka Oy)**



**Kuva 4.** Pajasiiven huoneessa K310 Purunpoisto oli kosteusvastaavan ilmoituksen mukaan tapahtunut pieni vesivahinko 6.5.2019. Vettä oli valunut katkaistusta patterin lämpölinjasta betonirakenteille pieni määrä (kuva 7). Kohdan alapohjarakenne tullaan purkamaan, eikä seinän betonipinta vaurioidu tai kastu merkittävästi hetkellisestä kastumisesta, joten välittömille toimenpiteille ei ole tarvetta. Urakoitsija on tehnyt vahingosta poikkeamaraportin ja toimittanut sen myös nähtäväksi Vahanen Rakennusfysiikka Oy:lle sähköpostilla 7.5.2019.

**Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 29.5.2019**

- Lattioiden pintavalun kosteus voi vaurioittaa valun alle jäävieä puurunkoisia kipsilevyväliseiniä. Lattioiden pintavalun yläpinnan alle jäävien väliseinien lähtökorko suositellaan nostamaan uuden valutason päälle.
- Työmaanaikaisen vedensyöttö on toteutettu aikakatkaisulla siten että vedensyöttö ei ole päällä käytön ulkopuolisina aikoina. Ajastimen tulee olla kytkettynä koko työmaan ajan häiriöttömään ja toimivaan sähkön syöttöpisteeseen.
- Timanttikoraukset ja sahaukset tulee toteuttaa siten, että työssä on mukana aina henkilö, joka vastaa jäähdytyksessä käytetyn veden imuroinnista työn yhteydessä ja sen jälkeen.

Tampereella 29.5.2019  
Vahanan Rakennusfysiikka Oy



---

Aarni Ala-Korpi, TkK



## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 29.5.2019

Paikka: Työmaa 3

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 29.5.2019

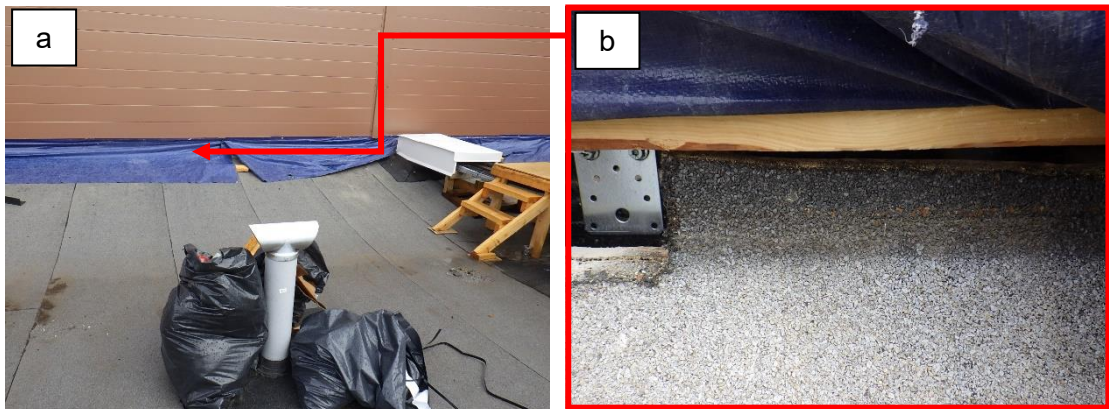
Kohteessa tehdään laajennusosa vanhalle Bioruukkitehtaalle. Laajennusosan betonirunko on pystyssä ja käynnissä on ulkoseinäelementtien asennustyöt. Ulkoseinäelementit ovat pelti-villa-pelti rakenteisia sandwichelementtejä.



**Kuva 1.** Uusi laajennus osa on kuvan taka-alalla rakennuksen korkeampi osa. Edustalle rakennetaan kylmä varastotila.



**Kuva 2.** Ulkoseinäelementit on suojattu kuljetuksen aikaisella suojauksella. Kuljetuksen aikaisessa suojauksessa havaittiin reikiä ja repeämiä.



**Kuvat 3.** Vanhan vesikaton ja uuden seinän liittymä on suojattu työnaikaisesti peitteellä. Uuden seinän osalle tulee ikkunoita joiden alareunan taso voi talvella jäädä katolle kinostuvan lumen alapuolelle.





**Kuva 4.** Vesi pääsee kovemmalla sateella mahdollisesti uittamaan pressun yläreunan kautta rakenteen sisään. Pressu pääsee melko vapaasti liikkumaan tuulen mukana.



**Kuvat 5.** Työn aikaista rakennusjätettä (pultteja, laastimuruja, puutavaraa ym.) on paikoin jäänyt siivoamatta.



**Kuvat 6.** Alkuperäisistä suunnitelmista poiketen vesikaton vedeneriste vaihdettiin kermiin, jolla vedenpitävyyttä saatiin lisättyä. Tässä tapauksessa urakoitsija vastasi itse lisäkustannuksista.





**Kuvat 7.** Uuden ja vanhan seinän liittymistä ei ole vielä riittäviä suunnitelmia, joissa on huomioitu rakenteen kosteustekninen toimivuus.



**Kuvat 8.** Sandwichelementtien yläreuna on suojattu rakennusmuovilla. Päätysivut on suojaamatta.

**Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 29.5.2019**

- Elementtien tehdasmuovien lisäksi suositellaan työmaalla käytettävän suojapeitettä sandwich elementtien päällä.
- Suositellaan asennettujen elementtien suojaamattomien villapintojen suojaamista.
- Vanhan vesikaton ja uuden seinän liittymän suojausta suositellaan paranneltavan siten, että suojaus ei liiku tuulen mukana, ja suojapeitteen yläreunan ja suojapeitekaistojen välisten saumojen kautta vesi ei pääse kovallakaan sateella rakenteisiin.
- Suositellaan ylimääräisen rakennusjätteen siivoamista vesikaton kermin päältä ja ohjeistamaan työntekijöitä työvaiheen jälkeiseen siivoamiseen.

Tampereella 29.5.2019  
Vahanan Rakennusfysiikka Oy



---

Aarni Ala-Korpi, TkK

## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 5.6.2019

Paikka: Työmaa 4

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 5.6.2019

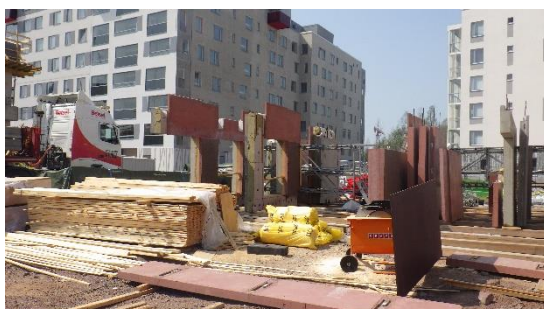
Katselmuksen aikana kohteessa tehtiin elementtiasennustöitä ja vesikatolla IV-putkien asennusta. Ontelolaattojen vedenpoistoreiät on porattu auki ja poistuva vesi otetaan talteen ämpäreillä. Villaeristeisten sandwich elementtien suojaus on pyritty toteuttamaan tehtaalla asennetun Tyvek-kankaan avulla, joka voidaan jättää asennuksessa paikalleen.

Vesipisteiden yhteyteen on pyritty laittamaan vuotoaltaat, mutta monesta kerroksesta näitä on poistettu ja otettu muuhun käyttöön tai vuotoastioita ei alunperinkään ole ollut kaikissa kerroksissa.

Vesikatolla haasteita tuottaa työnaikaisen vedenpoiston puuttuminen.



**Kuva 1.** Yleiskuva työmaasta. Katselmuksen aikaan kohteessa oli käynnissä elementtiasennus ja vesikatolla IV-putkien asennustyöt.



**Kuva 2.** Sandwich elementteihin on pyydetty asentamaan tehtaalla tyvek-kangas työn aikaisen suojauksen parantamiseksi. Tyvek-kankaan voi asennuksen jälkeen jättää paikalleen ilman että rakenteeseen muodostuu ylimääräistä höyrinsulkukerrosta.



**Kuva 3.** Kuva rakennuksen vesikatolla suoritettavista IV-asennuksista. Katto on tasainen, eikä työmaa-ajasta vedenpoistoa ole. Sateisella kelillä kaikki vesi joudutaan poistamaan vesi-imurilla.





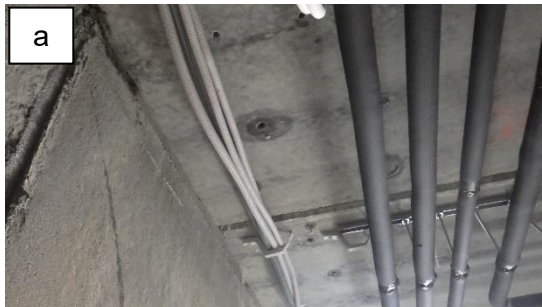
**Kuva 4.** Elementtien yläpäissä nostolenkkien kohdalla tyvek-kangas ei suojaa eristevillaa kastumiselta.



**Kuva 5.** Vesipisteiden vuotoallas on kiinnitetty reikävanteella kiinni kaiteeseen. Useasta kerroksesta vastaava vuotoallas oli otettu muuhun käyttöön tai puuttui kokonaan.



**Kuva 6.** Märkätilojen valujen kuivumista on pyritty varmistamaan lisäämällä valuihin lämmityslangat, joilla tarvittaessa voidaan nopeuttaa valun kuivumista.



**Kuvat 7 a ja b.** Ontelolaatastojen vedenpoistoreiät on porattu auki. Kohteessa oli panostettu ontelovesien talteenottoon suurella ämpärimäärällä, joihin kerättiin onteloista tuleva vesi talteen.



**Kuva 8.** Yhdessä huoneistossa oli kuivumisen nopeuttamiseksi käytössä kanavapuhaltimia.

## Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 5.6.2019

- Sandwich elementtien suojauksessa on tyvek-kankaasta huolimatta puutteita. Elementtien yläpääät ovat paikoin paljaana myös asennuksen jälkeen. Suositellaan elementtien yläpäiden suojauksen parantamista työn aikana ja asennettujen elementtien suojauksen paikkaamista vesikatolla.
- Suositellaan vuotoastioiden asentamista kaikkiin kerroksiin vedenottopisteiden alle, kuten kuvassa 5. Vuotoastiat tulisi kiinnittää paikalleen esimerkiksi reikänauhalla.

Tampereella 5.6.2019  
Vahanen Rakennusfysiikka Oy



---

Aarni Ala-Korpi, TkK



## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 5.6.2019

Paikka: Työmaa 5

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi

Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 5.6.2019

Kohteessa tehdään linjasaneeraustöitä yhteensä 10:ssä kerrostalossa. Samassa yhteydessä rakennuksiin tehdään uusia salaojituksia ja asennetaan patolevyt sokkeleihin.

Kohteessa on rakennustöiden yhteydessä yhdessä kerrostalossa sattunut vesivahinko, jossa ylimmässä kerroksessa sijaitsevan lämmitysjärjestelmän säiliön kautta vesi oli vuotanut keskeneräisestä ja osittain avoimesta viemäriinjasta alempiin kerroksiin. Vesivahingosta on tehty vahinkoilmoitus ja kosteusmittaukset ovat käynnissä.



**Kuva 1.** Yleiskuva työmaasta rakennuksen ulkoa käsin.

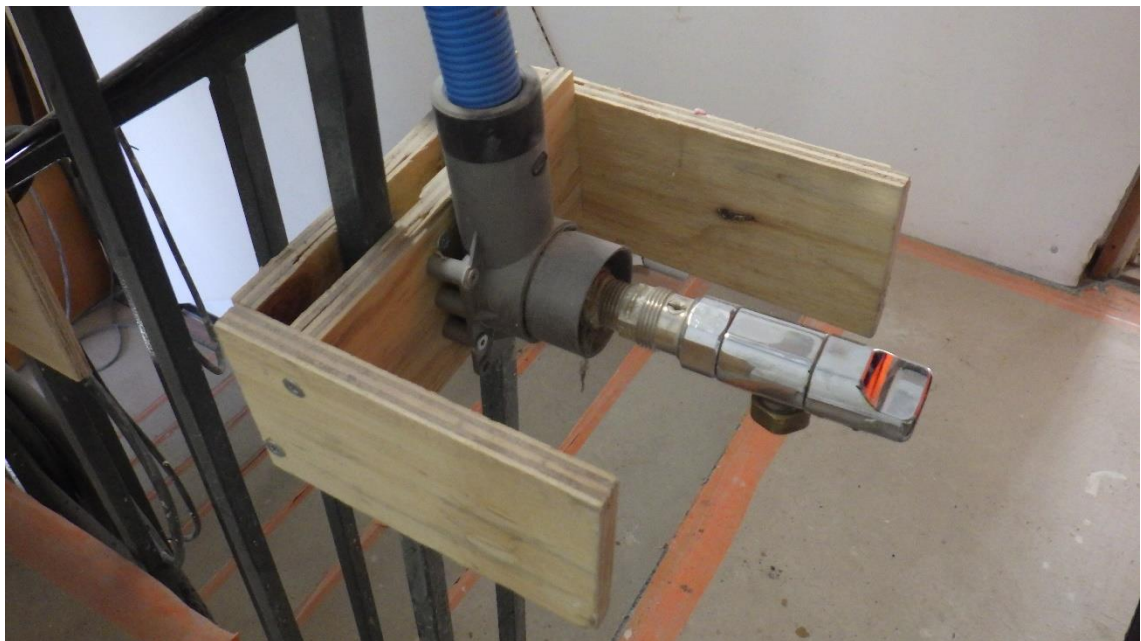


**Kuvat 2 a...c.** Vanhan lämmitysjärjestelmän paisuntasäiliön kautta oli tapahtunut vesivahingon aiheuttanut vuoto. Kuvassa C säiliön alemman kerroksen viemäriputken liitokset olivat vuodon sattuessa vielä keskeneräiset ja vesi pääsi pystysuuntaisen linjan kautta vuotamaan alla oleviin tiloihin.





**Kuva 3.** Märkätiloissa on porattu porareikämittauksia varten reikiä. Katselmuspäivänä 5.6.2019 ulkoilman lämpötila oli päiväaikaan 28 °C. Porareikämittauksen tuloksia voidaan pitää luotettavina, kun mittaus on toteutettu +15 °C – +25 °C lämpötilassa.



**Kuva 4.** Työmaa-ajaisissa vedenottopisteissä on käytetty kiertämällä avattavaa hanaa. Vedenottopisteissä ei ole vuotokaukaloita.



**Kuvat 5 a ja b.** Vedeneristystöiden laadussa kylpyhuoneissa havaittiin puutteita. Vedeneristetyt on paikoin painunut alustassa olleiden epätasaisuuksien (pienien reikien kohdalta). Vedeneristettä ei ole näissä kohdissa riittävästi ja pintaan on kuroutunut reikiä vedeneristykseen.

**Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 28.5.2019**

- Mikäli sisäilma on yli +25 °C suositellaan kosteusmittauksissa käytettävän näytepalamenetelmää luotettavan mittaustuloksen saamiseksi. Mikäli porareikämittausten tuloksia on luettu 5.6.2019, lämpötilan ollessa yli 25 °C, ei mittauksen tulosta voida käyttää perusteena rakenteen pinnoittamiselle.
- Vedeneristetyt kylpyhuoneet suositellaan katselmoimaan kuvassa 5 esiintyvien reikien osalta. Pienien reikien osalta suositellaan vedeneristeen lisäämistä siten että vaadittu kalvopaksuus täyttyy kauttaaltaan. Tarvittaessa voidaan hyödyntää vahvikenauhaa. Tasoitetoissa on huomioitava, että pintaan ei jää rakoja joihin vedeneriste pääsee valumaan muodostaen epäjatkuvuuskohtia. Lattian tasoitetyön laatuun tulee kiinnittää lisähuomiota. Tarvittaessa epätasaisuudet voidaan käsitellä tarkoitukseen soveltuvalla kitillä ennen vedeneristetöiden aloittamista.

Tampereella 5.6.2019  
Vahanen Rakennusfysiikka Oy



---

Aarni Ala-Korpi, TkK

## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 11.5.2019

Paikka: Työmaa 6

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi

Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka

### Havainnot katselmuskäynnillä 11.5.2019

Katselmuskäynnin aikana kohteessa sisätyövaiheet olivat pitkällä. Valvojan muistioiden mukaan kosteudenhallinta on työmaalla ollut hyvällä tasolla.



**Kuvat 1.** Rakennuksen vedenpoisto on toteutettu maasta käsin tarkasteltuna rakennuksen ulkopuolisilla räystäskouruilla ja syöksytorvilla. Kattopinta-ala on syöksytorvien määrään nähden suuri.





**Kuva 2.** Suunnitelmien detajjikka märkätilojen seinään kiinnitettävien WC-istuimien toteutuksesta on ollut puutteellinen. Vedeneristyksestä nurkan kotelon osalta suunnitelmien ohjeistus oli puutteellinen.



**Kuva 3.** WC-istuimen vieressä oleva tarkastusluukku on sijoitettu vaikeaan paikkaan ja luukku on kooltaan pieni.



**Kuva 4.** Porraselementin nostokoukkujen kaukaloihin oli vielä jäänyt muutama litra vettä.

#### **Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 11.5.2019**

- Kiinnitetään erityistä huomiota katon vedenpoiston toimivuuteen kovemmilla sateilla. Tarvittaessa yhteydenpito suunnittelijaan ja lisäsuunnittelu vedenpoiston parantamiseksi.
- Poistetaan porraselementteihin jäänyt ylimääräinen vesi ja kuivataan ja puhdistetaan kaukalot.

Tampereella 11.5.2019  
Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Aarni Ala-Korpi, TkK



## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 11.5.2019

Paikka: Työmaa7

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 10.5.2019

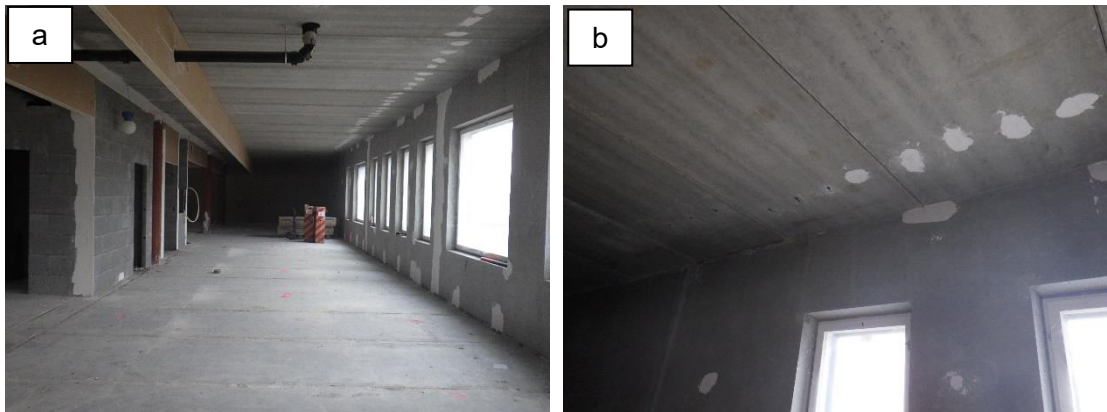
Katselmuskäynnin aikana kohteessa tehtiin vesikattotöitä sääsuojalohkossa. Viereisellä lohkolle tehtiin ontelolaattojen saumavaluja ja seinäelementtien nostoja. Rakennuksen edustalla pihakannella oli menossa kermiasennus ja vedenpainekoetta varten pihakannen päälle alettiin jo laskea vettä.



**Kuvat 1.** Työmaalla on menossa elementtien asennustyöt rakennuksen vasemmassa reunassa. Rakennuksen oikeanpuoleisessa siivessä tehdään vesikattotöitä. Pihakannen kermiasennus oli käynnissä rakennuksen etuosalla.



**Kuva 2.** Pihakannen kermiasennus oli käynnissä. Kermiasennusta tehtiin sateesta huolimatta kuivattamalla kermin edustaa ennen bitumihitsausta. Kermityksen valmistuttua pihakannelle tehdään vedenpainekoe laskemalla pihakansi täyteen vettä mahdollisten vuotojen paikantamiseksi. Vedenpainekoen aloittamisen yhteydessä letku oli muutaman minuutin ajan asennossa, joka ohjasi vettä osittain seinärakenteen sisään. Vettä syötettiin kermityksen päälle letkulla joka oli vedetty oviaukon läpi.



**Kuvat 3 a ja b.** Ontelolaatan saumoista ja vedenpoistorei'istä tulee paikoittain vielä vettä. Reikiä on ummistettu sitä mukaa, kun vedentulo on lakannut. Osaan kerroksista on rakennettu kipsilevystä otsapintoja. Mahdollisesti kastuneet kipsilevyt tulee vaihtaa uusiin.



**Kuva 4.** Rakennusvaipan vielä avoimia käytäväkohtia on suojattu EPS-eristeellä. Suojaus ei ole täysin säänpitävä ja kuvan oikeassa reunassa oleva kipsilevyseinä on alareunastaan kastunut. Kostuneet kipsilevyt tulee poistaa. Vastaavien kohtien kipsilevyasennus suositellaan tehtäväksi vasta kun rakennusvaippa on saatu ummistettua lopullisella rakenteella.



*Kuva 5. Vesikattotyöt on toteutettu sääsuojan alla (kuvassa oikealla) siirtämällä sääsuojaa työn etenemisen mukaan. Materiaalien suojuksessa vesikatolla on puutteita.*



*Kuva 6. Keskenräisen seinäosan alareuna pääsee kastumaan. Merkattu kuvaan punaisella katkoviivalla.*





**Kuva 7.** Holvin reunalta valuvan veden pääsy alempiin kerroksiin on estetty L-profiililla ja vedeneristyskaistalla.



**Kuva 8.** Vesikattotöitä on tehty lohkoittain sääsuojan alla. Sääsuojaa siirrettäessä osa keskeneräisistä ja vielä avoimista rakenteista on jäänyt suojaamatta.

**Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 5.3.2019**

- Kastuneet kipsilevyt tulee uusida. Levytys suositellaan toteutettavan vasta kun ympäröivät rakenteet ovat vedenpitäviä, eikä levyllä ole kastumisriskiä.
- Materiaalien suojausta vesikatolla tulee parantaa. Kastuneita materiaaleja ei saa käyttää rakennustyössä.
- Kermityössä pihakannen osalla työtä tulee suorittaa kuivalla kelillä, jolloin kermille saadaan riittävä tartunta. Tarvittaessa voidaan käyttää siirrettävää sääsuojaa, jonka alla alusta voidaan kuivata ennen kermiasennusta.

Tampereella 10.5.2019  
Vahnen Rakennusfysiikka Oy



---

Aarni Ala-Korpi, TkK

## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 10.5.2019

Paikka: Työmaa 8

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 10.5.2019

Katselmuskäynnin aikana kohteessa tehtiin purkutöitä saneeraus osalla ja perustustöitä uudisrakentamisosalla. Salaoja-asennukset saneeraus ja uudispuolen väliin on tehty. Vesikattotyöt olivat käynnissä sääsuojan alla rakennuksen saneerausosalla.

Kosteudenhallinta on työmaalla hyvällä tasolla ja kosteusvahingoilta on välttytty. Sääsuojan aukoista oli tuulisella säällä tuiskuttanut lunta sisään, mutta lumi ei ollut kastellut vesikaton kriittisiä rakenteita.

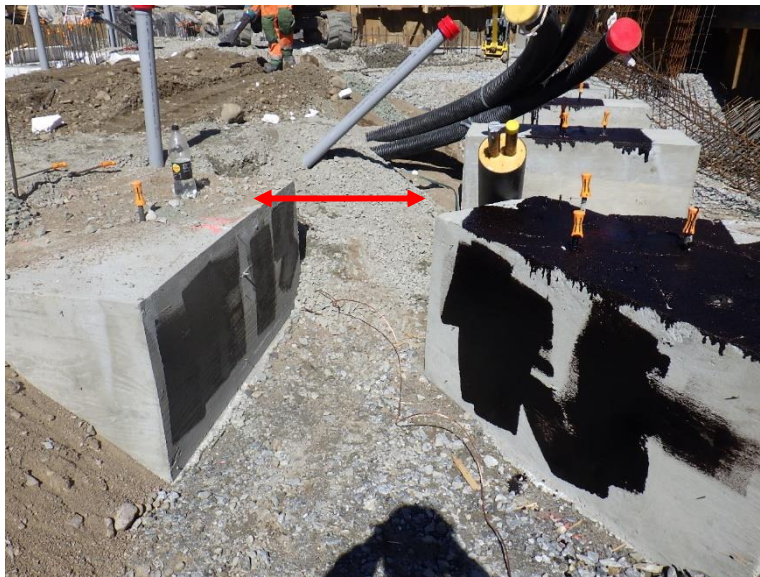


*Kuvat 1 a ja b. Tontin saneerausosalla on menossa purku- ja vesikattotyöt. Uudisrakentamisosalla tehdään perustustöitä.*

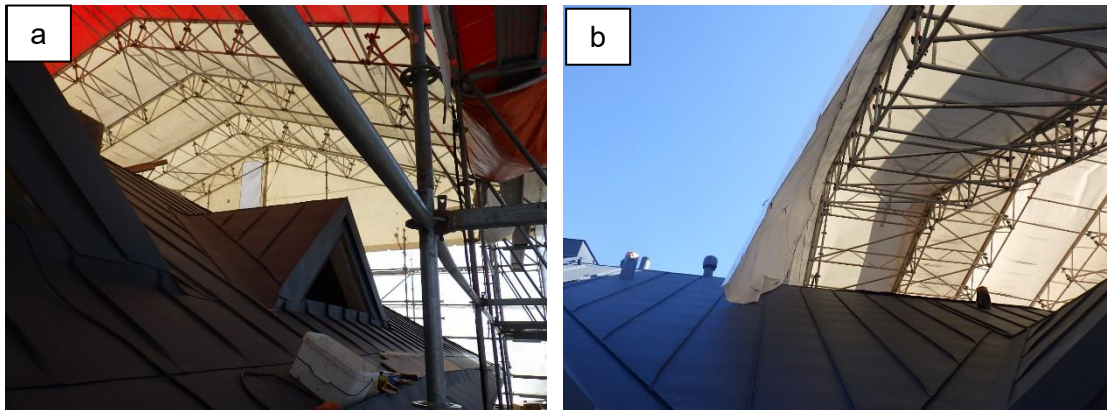




**Kuva 2.** Suunnitelmissa ei ole mainittu riittävän tarkasti täytön alueita. Maanrakennus urakoitsija oli käyttänyt täyttöihin kuvassa esiintyvän kaivinkoneen kohdalla maainesta jolla ei ollut riittäviä kapillaarisuuden katkaisevia ominaisuuksia. Maa kaivettiin uudelleen pois ja korvattiin kapillaarikatkosepellillä.



**Kuvat 3 a ja b.** Vastaavan työnjohtajan kertoman mukaan suunnitelmissa anturalle on merkitty kapillaarisen nousun estämiseksi vedeneriste, mutta anturan ylittävä rakenne altistuu yhä kapillaariselle vedelle, jota ei ole huomioitu suunnitelmissa. Ylittävä rakenne tulee kuvassa punaisella nuolella merkittyyn kohtaan.



**Kuvat 4 a ja b.** Saneerauspuoli on sääsuojan alla. Sääsuojaa ei voitu ulottaa koko katon alueelle.



**Kuva 5.** Sääsuojassa on paikoin pressuun tehtyjä nostoaukkoja, joita tuuli on repinyt auki. Edeltävällä viikolla sääsuojan sisään oli tuiskuttanut lunta. Katselmuksen yhteydessä sääsuojan todettiin tuulettuvan hyvin ja ilman suhteellinen kosteus sääsuojan sisällä on pysynyt matalana.





**Kuva 6.** Yleiskuvaa vesikaton alapuolelta.



**Kuva 7.** Yläpohjalle tehtiin katselmuksen aikana vedeneristystöitä. Alustana vanha laatta on erityisen haastava. Työskentelytilat ovat ahtaat ja tilassa on työn laatua heikentävää kivi- ja puupölyä.

**Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 5.3.2019**

- Yläpohjan vedeneristystöitä ei suositella toteutettavan samaan aikaan, kun tilassa on vielä pölyttävää työtä ja purkutyötä. Vedeneristeen toteutuksessa tiiveyteen tulee kiinnittää erityistä tarkkuutta. Tiiviillä rakenteilla, estetään rakenteen sisäpuolisen kosteuden kulkeutuminen yläpohjan eristetilaan, jossa kosteus voi tiivistyä kylmillä pinnoilla.
- Sääsuoja suositellaan paranneltavan osilta, joista tuuli on repinyt sääsuojan pressua auki. Sääsuojan avoimet nostoaukot tulisi suojata käytön ulkopuolella erityisesti viikonloppujen yli. Sääsuojan toteutuksessa tulee varmistaa, että lumi ja sade eivät pääse yläpohjaan, jossa on uutta ja vanhaa orgaanista materiaalia.

Tampereella 10.5.2019  
Vahnen Rakennusfysiikka Oy



---

Aarni Ala-Korpi, TkK

## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 10.5.2019

Paikka: Työmaa 9

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 10.5.2019

Kerrostalojen ulkovaipat ovat ummessa ja sisätyövaihe on toisessa kerrostalossa pitkällä. Vesikaton toinen kermikerros on vielä asentamatta. Ontelolaatat vaikuttavat pääosin kuivilta. Vain satunnaisista vedenepoistorei'istä on tihkunut vielä vettä. Osassa huoneistoista onteloita oli kuivattu piikkaamalla laatta yläpuolelta auki, jolla oli saatu nopeutettua onteloiden kuivatusta.

Kohteessa on vielä käytössä työmaanaikainen vedensaanti. Märkätilojen vedeneristeiden detaljien toteutuksessa havaittiin puutteita limityksissä.



**Kuvat 1 a ja b.** Kummankin kerrostalon ulkovaippa on ummessa ja vesikatto on saatu vedenpitäväksi.



**Kuvat 2 a ja b.** Vesikatolle on asennettu ensimmäinen kermikerros. Vielä keskeneräisessä ylösnostossa oli lieviä puutteita suojauksessa.





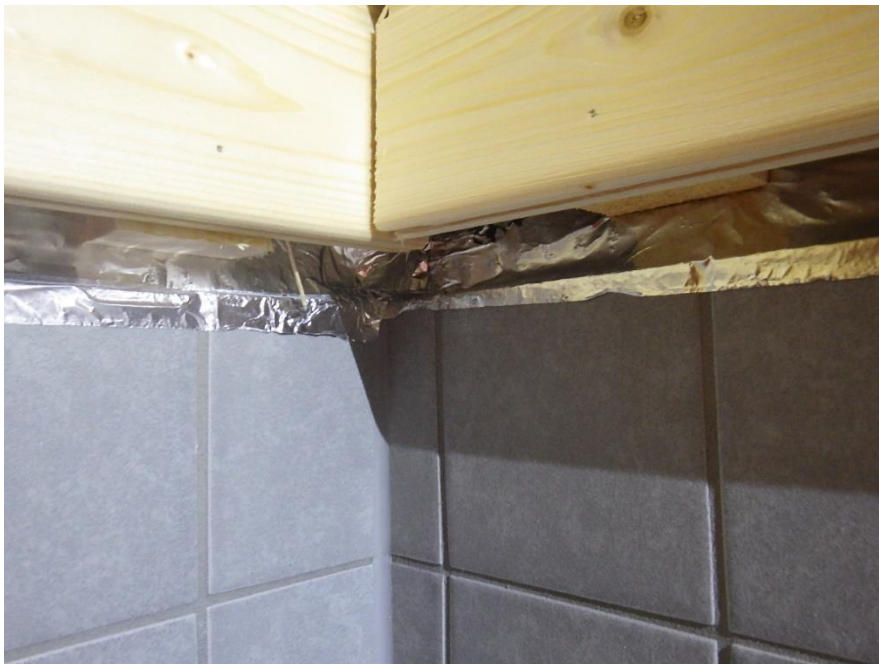
**Kuvat 3 a ja b.** Osa materiaaleista on varastoitu ulkona. Materiaalit on suojattu pressuilla ja nostettu ylös maasta.



**Kuvat 4 a ja b.** Ontelolaattojen vedenpoistorei'istä on vielä paikoin tihkunut onteloihin jäänyttä rakennusaikaista kosteutta. Onteloiden kuivattamiseksi reikiä on porattu alapuolelta lisää ja tarvittaessa piikattu onteloita yläpuolelta osittain auki, jotta ontelo pääsee tuulettumaan ja kuivumaan. Kuvassa b ontelolaatan yläpuoliset piikkaukset on merkitty punaisilla nuolilla. Piikkausreiät on paikattu.



**Kuva 5.** Vedeneristeen ja saunan höyrynsulun liitoksessa on puutteita karmin kohdalla. Vedeneriste ei limity höyrynsulun päälle vaan osa karmista on paljaalla puupinnalla. Höyrynsulun päätyminen on merkattu kuvaan punaisella katkoviivalla.



**Kuva 6.** Höyrynsulun liittymä seinän alaosan laatoituksen ja paneloinnin saumassa on puutteellinen. Höyrynsulku on tarkoitettu limittää vedeneristeeseen laatoituksen taakse.





**Kuva 7.** Vedeneriste on hyvän rakennustavan mukaisesti nostettu 15 mm vaakapinnan yläpuolelle ja käännetty vaakatasoon. Kynnyspuun ja vedeneristeen päälle tulee RST-kynnys.

**Johtopäätökset ja toimenpidesuositukset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 5.3.2019**

- Ontelolaattojen vedenpoistumista on syytä edelleen seurata ja ptää reiät avoimina kunnes vedentulo on täysin lakannut.
- Märkätilojen detaljien toteutuksessa tulee huomioida vedeneristeen liittyminen höyrynsulkuun karmien kohdalla ja saunan paneloinnin alaosassa.
- Työnaikaiseen vedenkäyttöön tulee kiinnittää edelleen erityistä tarkkuutta. Laastin sekoituspisteet tulisi järjestää siten, että vesi ei roisku ympäröiviin valmiisiin rakenteisiin ja vahingon sattuessa vesi ei pääse valmiisiin rakenteisiin.
- Kynsiliiittimien toimintaa tulee seurata kunnes työmaa-aikainen vedenotto voidaan poistaa käytöstä.

Tampereella 10.5.2019  
Vahanan Rakennusfysiikka Oy



---

Aarni Ala-Korpi, TkK



## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 13.6.2019

Paikka: Työmaa 10

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 3.5.2019

Kohteessa oli katselmuksen aikaan käynnissä maanrakennus ja perustustyöt ja vanhojen sandwichelementtien purku. Purkuvaiheen yhteydessä rakennuksen vanhan osan kassahuone oli päässyt kastumaan puutteellisen suojauksen seurauksena. Sadevesi oli päässyt sisätiloihin ja vaurioittanut ainakin alaslaskettua kattoa.

Vanhojen ja uusien rakenteiden liittymien suojauksessa havaittiin puutteita ja vastaavan työnjohtajan kertoman mukaan purettavaa seinää on ollut jonkin aikaa yläosastaan suojaamatta.

Kapillaarisen nousun estävän sepelin ja hienojakoisen maa-aineisen välissä ei katselmuksen yhteydessä havaittu kerrokset erottavaa suodatinkangasta. Hienojakoista maa-ainesta on päässyt paikoin leviämään sepelin sekaan.



**Kuvat 1 a ja b.** Katselmuksen aikana työmaalla oli käynnissä perustustyöt ja vanhojen sandwich elementtien purku.



**Kuva 2.** Rakennuksen vanhan ja uuden osan liittymäkohta. Osalla katon laajennusosasta profiilipellin urat ovat kohtisuoraan alkuperäistä seinäosaa vasten. Suojaaminen näillä katon osilla on tuottanut urakoitsijalle haasteita.



**Kuva 3.** Työnjohtajan kertoman purettavalta seinän osalta purkutyöntekijä oli poistanut pelti-villa-pelti-elementtien yläosan suojapellin, mutta oli jättänyt avoimen rakenteen suojaamatta. Katselmuksen aikana elementtien yläosa oli suojattu muovikaistalla.

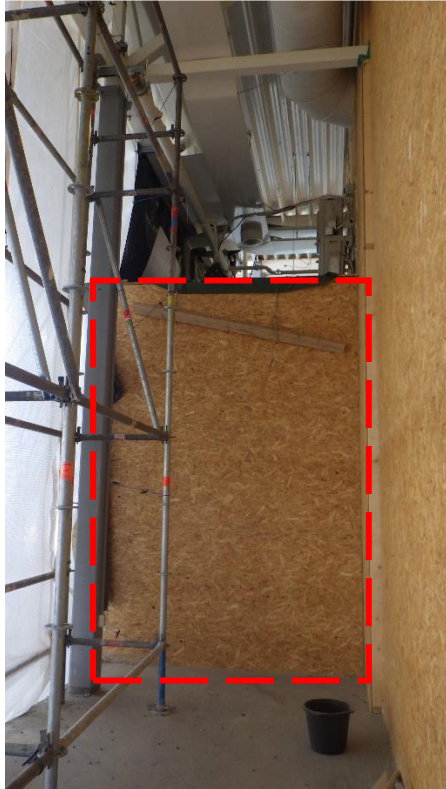


**Kuva 4.** Vanhan rakennusosan sähkökaappi sijaitsee puretun seinän osalla suojaseinämän välittömässä läheisyydessä. Sähkökaappia on suojaseinän lisäksi pyritty suojaamaan pressulla.





**Kuvat 5 a ja b.** Uuden ja vanhan rakennusosan liittymän suojauksessa havaittiin puutteita. Vanhan kattorakenteen eristeitä on suojaamatta ja sadevesi pääsee valumaan pitkiäkin matkoja avoimesta rakenneliittymästä rakenteen sisään.



**Kuva 6.** Työnjohtajan kertoman mukaan puutteellisen suojauksen seurauksena vesi oli päässyt vanhan rakennusosan kassahuoneeseen kastellen alaslasketun katon rakenteita. Kassahuone on merkitty kuvaan punaisella katkoviivalla.



**Kuva 7.** Kapillaarisen nousun katkaisevan sepelin ja hienompijakoisen maa-aineksen välissä ei ole käytetty suodatinkangasta. Hienojakoinen maa-aines on päässyt sekoittumaan sepeliin.

**Johtopäätökset ja toimenpidesuositukset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 13.6.2019**

- Sääsuojan toimivuus tulee varmistaa kauttaaltaan ja kriittiset kohdat lisäsuojata. Erityisesti tulisi varmistaa, ettei kovallakaan sateella sähkökaappi altistu vedelle.
- Hienojakoinen maa-aines suositellaan poistettavan sepelin päältä ja asentamaan kerrosten väliin raekoon vaihtuessa suodatinkangas erottamaan maa-ainekset toisistaan.
- Rakennuksen uuden ja vanhan osan vesikaton liittymien suojaus on puutteellinen ja sadevesi valumaan vanhan vesikaton eristetilaan. Avoimet rakenneliittymät suositellaan suojattavan esimerkiksi muovilla tai pellillä. Tarvittaessa liittymän yli voidaan kiinnittää työnaikainen kermikaista.

Tampereella 13.6.2019  
Vahanen Rakennusfysiikka Oy



---

Aarni Ala-Korpi, TkK



## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 23.5.2019

Paikka: Työmaa 11

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 23.5.2019

Rakennus on lopullisessa korkeudessaan ja betonielementtiseinien ulkopuolisten eristelevyjen asennustyö on käynnissä. Ylimmässä kerroksessa on talon räystääslinjasta ulkoneva parveketaso, jonka suojaus on toteutettu työmaanaikaisella pressukatoksella, joka ohjaa veden rakennuksen ulkopuolelle.

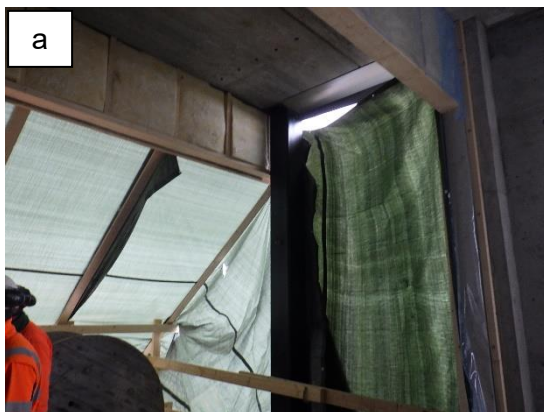
Ikkunoita ei ole vielä asennettu, mutta kevytrakenteiset kipsilevyväliseinät on osittain tehty. Osa kipsilevyseinistä voi altistua ikkuna-aukkojen kautta tulevalle sadevedelle.



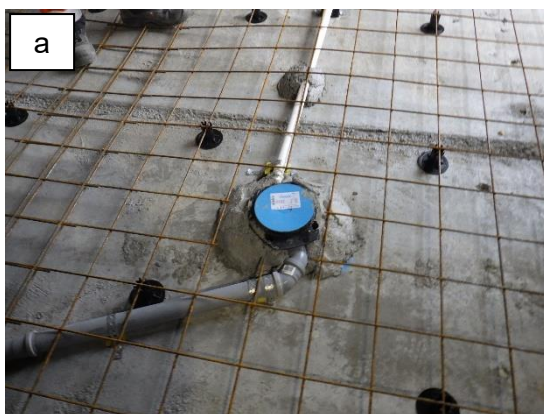
**Kuva 1.** Yleiskuva rakennuksesta lopullisessa kerroskorkeudessaan. Ulkoseinillä on parhaillaan menossa levyeristystyö.



**Kuva 2.** Ontololaattojen vedenpoistoreiät on saatu porattua auki ja onteloiden kuivatus on käynnissä. Paikoittain onteloista on vielä havaittavissa ulos tulevaa kosteutta.



**Kuvat 3 a ja b.** Räystäästä ulkoneva parvekerakenne on suojattu työnaikaisesti puurimoista ja pressusta tehdyllä sääsuojalla. Sääsuoja on tähän asti kestänyt hyvin ja pitänyt sadeveden parvekkeen ulkopuolella. Höyrinsulkukalvon liitetty kevytrankaisen seinän alajuoksupuun alle.



**Kuvat 4 a ja b.** Viemäriasennukset ovat valmiit ja odottavat valutöitä. Putket on kannakoitu tukevasti alapuoliseen laattaan.





**Kuva 5.** Osa Ikkunoista oli katselmuksen aikana suojaamatta. Valmiiden kipsiseiniäen kastumista tulee välttää. Mahdollisesti kastuneet kipsilevyt tulee vaihtaa uusiin ja huolehtia aukkojen suojauksesta.

#### **Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 23.5.2019**

- Seurataan edelleen ontelolaatoista poistuvaa kosteutta. Vedenpoistoreiät pidetään avoimina ja tarvittaessa porataan lisää reikiä kosteuden poistumisen nopeuttamiseksi. Reikiä ei suositella paikattavan ennen kuin kaikki vedentulo on lakannut.
- Avomien ikkunauukkojen läheisyydessä olevat kipsilevyseinät altistuvat sateelle. Kostuneet kipsilevyt tulee vaihtaa uusiin ja aukot suojata. Mahdollisen tavaran sisään ottamiseen suositellaan käytettävän aukkoa, jossa ei ole vieressä valmista kipsilevyseinää.
- Ylimmän kerroksen sääsuojan kunto suositellaan tarkistettavan päivittäin. Tarvittaessa vahvistetaan sääsuojaa.

Tampereella 23.5.2019  
Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Aarni Ala-Korpi, TkK

## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 23.5.2019

Paikka: Työmaa 12

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 23.5.2019

Kerros talot ovat lopullisessa kerroskorkeudessaan ja toisella katolla suoritettiin katselmuksen aikaan vesikaton ensimmäisen kermikerroksen asennusta. Toisessa rakennuksista on ikkunat paikallaan. Rakennusten väliin rakennetaan parkkihalli pihakansineen myöhemmin. Työmaan kosteudenhallinta oli työmaakierroksen aikana hyvällä tasolla.

Pihakannen suunnitelmien detajjikkaan kaivattiin tarkennuksia pihakannen vesieristeen liittymien ja liikuntasaumojen osalta.



**Kuva 1.** Kerrostalojen ulkovaipat ovat ummessa. Vesikatolla tehtiin katselmuksen aikana ensimmäisen kermikerroksen asennusta.



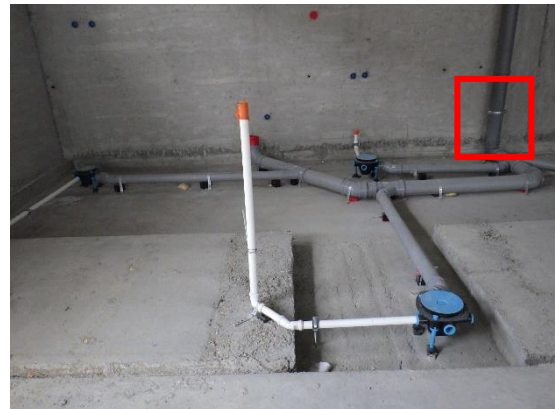
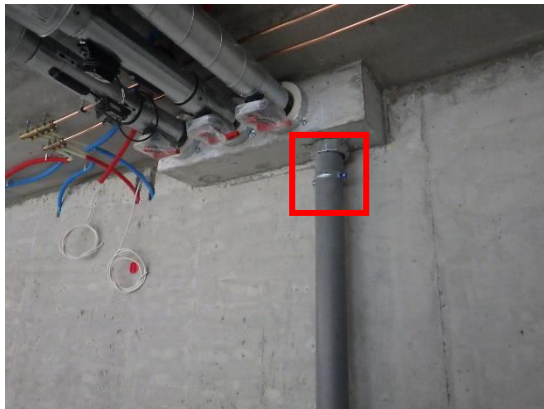
**Kuva 2.** Vedeneriste on jatkettu hyvän rakennustavan mukaisesti tulevien karmien taakse. Vedeneristyksessä ei kuitenkaan RT-kortin ohjeistama 15mm vedeneristeen ylösnosto toteudu, vaan kynnyksen ja lattiaan liittymä silikonilla.



**Kuvat 3.** Parkkihallin kermityksen liikuntasauva päätettiin toteuttaa vastepellin avulla, jolloin kermi kestää rakenteiden liikkeitä. Alkuperäisissä suunnitelmissä liikuntasauvan toteutustapaa ei oltu määritetty.



**Kuvat 4 a ja b.** Vesikaton kermityöt olivat katselmuksen aikaan käynnissä.



**Kuvat 5.** ELPO-elementistä lähtevän pystysuuntaisen viemäriputken kannakointia suositellaan tihennettävän. Suurin sallittu pystysuuntainen kannakointiväli 110 mm muoviviemäriputkella on 2600 mm. Vaakaviemäreiden kannakointi on tehty hyvin tukevaksi.

### **Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksat kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 15.5.2019**

- Pystyviemärintien kannakointia suositellaan lisättävän.
- Pihalla varastoitava puutavara suositellaan suojaamaan ylimääräisellä pressulla kuljetussuojauksen lisäksi.

Tampereella 23.5.2019  
Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Aarni Ala-Korpi, TkK



## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 3.5.2019

Paikka: Työmaa 13

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi  
Anita Marjasalo

Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy  
Tuotannon valmentaja, Peab Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 3.5.2019

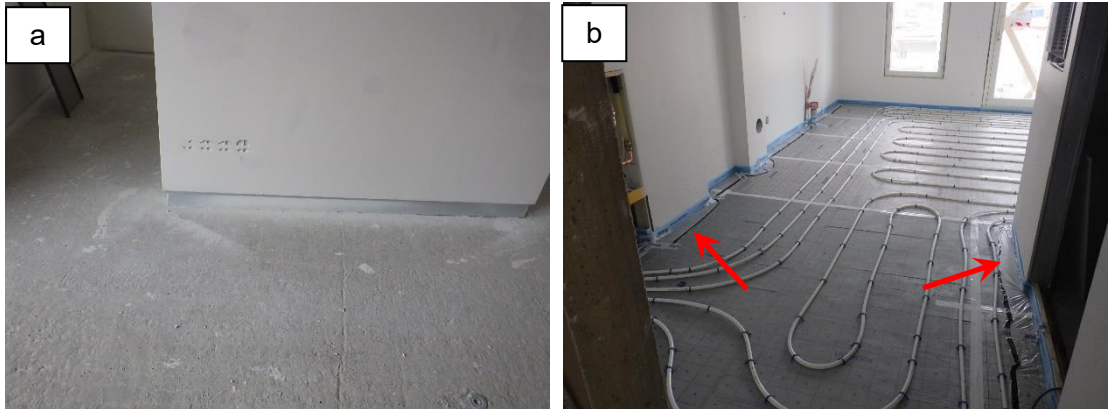
Kerrostalojen ulkovaipat ovat ummessa ja sisätyövaihe on käynnissä. Kylpyhuoneissa tehdään vedeneristys ja laatoitustöitä. Osassa asunnoista tehdään lattialämmitysasennuksia ja plaanovaluja.

Kosteudenhallinta on suojausten ja varastoinnin osalta hyvällä tasolla. Detaljien toteutuksessa havaittiin pieniä puutteita vedeneristysten osalta. Kaikissa huoneistoissa kipsilevyjä ei oltu nostettu asennuksessa plaanotasoitteen yläpuolelle.

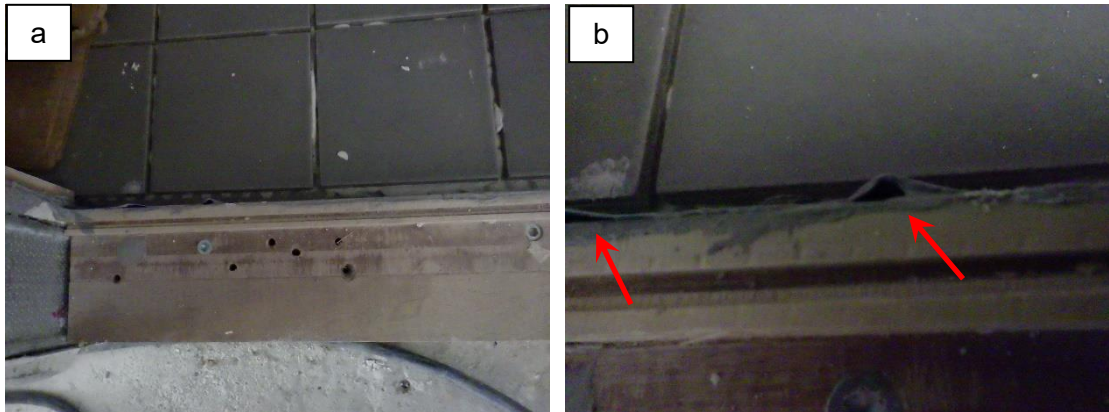
Kahdeksannessa kerroksessa oli työnjohtajan mukaan ulkovaipan jostakin liittymästä päässyt voimakkaan tuulen vaikutuksesta päässyt vettä sisätiloihin ja maalipintaa oli paikoin jouduttu uusimaan.



**Kuva 1.** Varastointitilana on käytetty parkkihallia, jossa helposti kosteusvaurioituvat materiaalit on saatu pidettyä kuivana.



**Kuvat 2 a ja b.** Kipsilevyt on asianmukaisesti nostettu irti laatasta lattialämmitystä ja plaanaa varten. Samaa menettelyä ei kuitenkaan oltu noudatettu kaikissa huoneistoissa (kuva b). Kipsilevyn alaosa jää plaanotasoitteen alle. (osoitettu kuvassa punaisella nuolella)



**Kuvat 3 a ja b.** Kylpyhuoneen vedeneriste on nostettu ylös 15 mm kynnystä vasten. Aistinvaraisella tarkastelulla vedeneristeen kiinnityksessä on puutteita (osoitettu kuvassa punaisella nuolella)



**Kuva 4.** Kosteusmittaukset on toteutettu porareikämenetelmällä. Mittauspisteet on suojattu valun pultatulla puisella kehyksellä, jotta mittausputkia ei epähuomiossa vaurioiteta.



**Kuva 5.** Laastinsekoituspaiste sijaitsee kulkuväylällä.



**Kuva 6.** Työnjohtajan kertoman mukaan kahdeksannessa kerroksessa vesi oli päässyt tuulen vaikutuksesta vaipan sisäpuolelle, jossa maalipintaa oli jouduttu uusimaan. Veden arveltiin päässeen vaipan sisäpuolelle PUR-eristeen liitoskohdasta. Rakennus sijaitsee tuulisella paikalla.





**Kuva 7.** Pitkässä kylpyhuoneessa lattiakaivon sijainti on suihkunurkassa (merkitty kuvaan punaisella nuolella). Kallistusten toteuttaminen RT-kortin mukaisesti on erittäin haastavaa, sillä lattiakoron tulisi kylpyhuoneen kynnyksen kohdalla olla useita senttimetrejä korkeammalla, kuin kaivon kohdalla. Kallistuksissa suositellaan 1:50 kallistusta suihkun alueella ja 1:80 kallistusta muulla alueella.



**Kuva 8.** Lattiaa ei ole vielä vedeneristetty, mutta katselmuksen aikana vedeneristeen ja höyrynsulun liitoksessa saunan ja kylpyhuoneen väliseinän kohdalla on aistinvaraisesti tarkasteltuna tiiveyspuutteita ja vedeneristekerros on paikoin ohuehko. Vedeneristeen kalvopaksuuden tulisi toteutua myös liittymien osalta.

**Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 5.3.2019**

- Kerrostalot ovat sisäpinnoiltaan pääosin kuivat. Työn aikaisen vedenkäyttöä tulisi valvoa ja ohjeistaa lisää, jotta uusia kastumisia ei tule. Laastinsekoituspisteiden sijainti suositellaan toteutettavaksi siten, että pisteet eivät ole kulkuväylillä, jolloin riski esimerkiksi vesisangon kaatumiselle on suurempi.
- Vedeneristeen ja höyrynsulun liittymien toteutuksessa tulee suorittaa erityistä huolellisuutta ja kalvopakisuuden tulee täytyä myös liittymien osalta.
- Kallistusten toimivuuteen tulee kiinnittää huomiota toteutuksessa, sillä RT-kortin mukaiset kallistukset voi olla vaikea toteuttaa tämänhetkisillä suunnitelmilla kylpyhuoneiden pitkän profiilin takia.
- Kipsilevyjen asennus suositellaan toteutettavaksi siten, että lähtö on plaanotasoitteen päältä. Kipsilevy ei saisi jäädä tasoitepinnan alle.

Tampereella 3.5.2019  
Vahanen Rakennusfysiikka Oy



---

Aarni Ala-Korpi, TkK

## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 15.5.2019

Paikka: Työmaa 14

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 3.5.2019

Kerrostalojen ulkovaipat ovat ummessa ja sisällä suoritetaan maalaustöitä. Työmaa-aikainen vedenotto on vielä käytössä. Työmaan varastona on käytetty pihalle rakennettua katosta. Osittain tavaraa on varastoitu sisätiloissa. Katoksen alle varastoitujen materiaalien suojauksessa havaittiin puutteita.

Vesikaton liittymissä on suunnitelmapuutteita detaljikkassa koskien erityisesti muurattujen rakenteiden, kermien ja pellitysten liittymäkohtia ja näiden vedenohjausta.

Levyjen saumat tullaan toteuttamaan kumikaistalla ja elastisella massalla, jonka tekninen käyttöikä on arviolta noin 10 vuotta. Rakennuksen osaan, jossa materiaaleja käytetään kohdistuu kovempia sään aiheuttamia rasituksia.



**Kuva 1.** Kerrostalojen ulkovaipat ovat ummessa. Vesikaton ensimmäinen kermikerros on asennettu. Ylimmässä kerroksessa tehdään julkisivun levytystöitä.

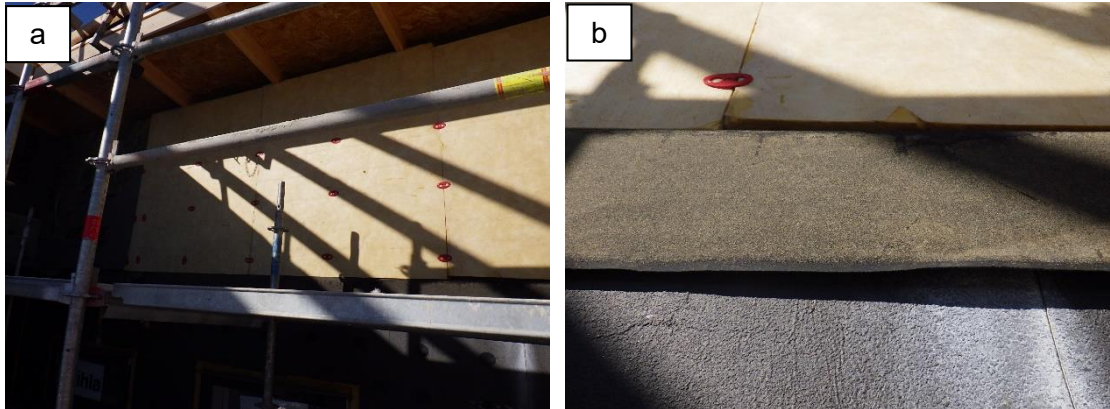


**Kuva 2.** Ikkunoiden ylä- ja alaosia on suojattu solumuovikaistalla, jotta valuva vesi ei pääsisi rakenteisiin.



**Kuvat 3.** Suunnitelmien detajjikka muurattujen rakenteiden, kermien ja levytysten liittymäkohdissa on puutteellista.





**Kuvat 4 a ja b.** Julkisivun villaeristeet ovat tällä hetkellä paljaana ja alttiina viistosateelle. Betoni- ja kevytrakenteisen seinän liittymäkohdan vedenohjausta on pyritty parantamaan rakeinteiden välisellä kermikaistalla.



**Kuvat 5.** Julkisivun levyjen saumat toteutetaan kumikaistalla, jonka päälle tulee elastinen saumamassa.



**Kuvat 6.** Osa materiaaleista on varastoitu pihakatokseen. Materiaaleilla ei ole erillistä suojapeitettä ja osa materiaaleista ei ole nostettu irti maanpinnasta.

**Johtopäätökset ja toimenpidesuositukset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 15.5.2019**

- Materiaalien suojauksessa havaitut puutteet suositellaan korjattaviksi, kostuneita materiaaleja ei tule käyttää rakennustyössä.
- Vesikatolla tehtävien levytystöiden aikaista suojausta tulee parantaa siten, että villapinnat eivät altistu viistosateelle.
- Levytysten liittymien (Kumikaista+elastinen saumamassa) toteutus tulee huomioida huoltokirjassa. Lyhyehkön teknisen käyttöiän ja muita rakenteita voimakkaamman sään altistuksen takia saumausten kunto tulee tarkistaa määräajoin.
- Kermien ja levytysten liittymäkohtiin tarvitaan tarkemmat detaljikuvat.

Tampereella 15.5.2019  
Vahanan Rakennusfysiikka Oy



---

Aarni Ala-Korpi, TkK

## MUISTIO

### Kosteudenhallintakatselmus

Aika: Kosteudenhallinnan katselmus kohteessa 3.5.2019

Paikka: Työmaa 15

Läsnäolijat: Aarni Ala-Korpi  
Anita Marjasalo

Diplomityöntekijä, Vahanen Rakennusfysiikka Oy  
Tuotannon valmentaja, Peab Oy

### Havainnot katselmuskäynnillä 3.5.2019

Kerrostalojen ulkovaipat ovat ummessa ja sisätyövaihe on pitkällä. Osa tiloista on jo loppusiivottu. Ontelolaatoissa havaittiin paikoittain vielä vähäistä vesivuotoa vedenpoistorei'istä. Alimman kerroksen alaslasketun katon töiden yhteydessä yhdestä ontelosta tuli porauksen yhteydessä vielä 1-2 ämpäriä vettä.

Kohteessa on vielä käytössä työmaanaikainen vedensaanti. Kynsilittimien vedenpitävyydessä on havaittu työmaan aikana puutteita.

Työmaa-aikaiseen varastointiin on voitu käyttää rakennuksen aiempia tiloja, erityisesti kellaritilaa. Työnjohtajan kertoman mukaan tarvittaessa isompia eriä esimerkiksi puutavaraa on varastoitu pihalla suojattuna ja korotettuna irti maan pinnasta. Katselmuksen aikana työmaalla oli yksi erä puutavaraa, joka oli kastunut työntekijän unohtaessa suojata materiaali riittävästi. Ikkuna ja peltiliittymien suojauksessa havaittiin työnaikaisia puutteita.



**Kuvat 1 a ja b.** Kerrostalojen ulkovaipat ovat ummessa. Uuden ja vanhan rakennussiiven raja menee kuvassa b. olevan rakennussiiven oikealla puolella.





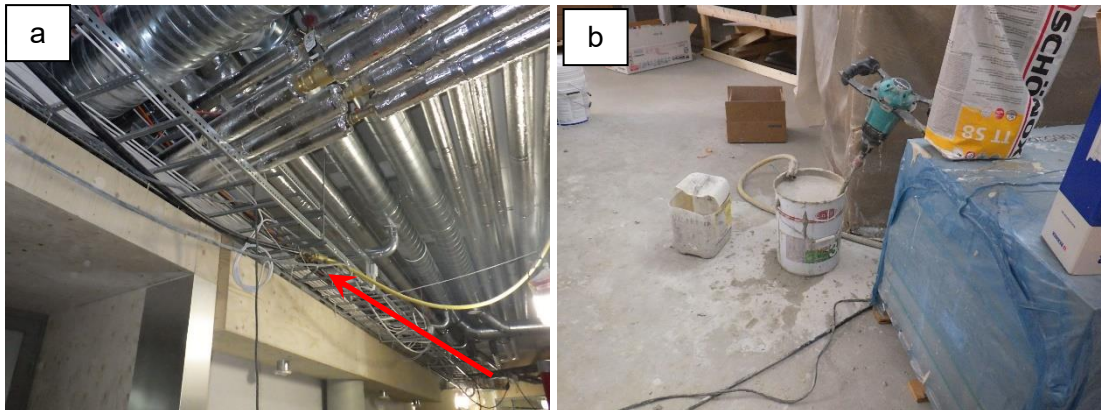
**Kuva 2.** Kosteusmittaukset on toteutettu porareikämenetelmällä.



**Kuvat 3 a ja b.** Kaasupulloa on jossakin vaiheessa säilytetty suoraan kermin päällä. (kuva b) Nyt kaasupullo on asianmukaisesti vanerin päällä.



**Kuvat 4 a ja b.** Ontelolaattojen vedenpoistorei'istä on paikoin tihkunut vielä vettä. Käytävällä alakattotöiden yhteydessä yhdestä ontelosta tuli porauksen yhteydessä vielä 1-2 ämpärillistä vettä.



**Kuva 5.** Työmaalla on käytössä vielä työmaa-aikainen vedenotto järjestelmä. Putki on kannakoitu sähköhyllyyihin ja talotekniikan kiinnikkeisiin. Putken kynsiliitokset ovat välillä vuotaneet työmaan aikana, mutta merkittävää kastumista ei ole havaittu. Laastinsekoituspaiste on välipohjalaataston päällä. Lattiaa ei ole suojattu sekoituspaisteiden ympärillä.



**Kuva 6.** Ikkunoiden peltityöt ovat kesken. Ikkunoiden työnaikaisessa suojauksessa tulisi estää veden pääsy apukarmeihin ja tuuletusväliin.



*Kuva 7. Julkisivulla on suojaamaton villakaista ikkunoiden välissä.*

### **Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset kosteudenhallinnan katselmuskäynniltä 5.3.2019**

- Kohde on sisäpinnoiltaan pääosin kuiva, ontelolaatastoissa on vielä vähäistä kosteutta. Mahdollisesti kostuneet, ummistetut ja tukkoon menneet vedenpoistoreiät suositellaan avattaviksi kunnes kosteus on poistunut kokonaan.
- Julkisivun ikkunaliittymät suositellaan suojaamaan ennen pellitystä.
- Työnaikaiseen vedenkäyttöön tulee kiinnittää edelleen erityistä tarkkuutta. Laastin sekoituspisteet tulisi järjestää siten, että vesi ei roisku ympäröiviin valmiisiin rakenteisiin ja vahingon sattuessa vesi ei pääse valmiisiin rakenteisiin.
- Kynsiliiittimien toimintaa tulee seurata kunnes työmaa-aikainen vedenotto voidaan poistaa käytöstä. Kynsiliiittimien käyttöä ei suositella pitkissä huoneistojen poikki menevissä vesijohtovedoissa, joita ei voida jatkuvasti valvoa.

Tampereella 5.3.2019  
Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Aarni Ala-Korpi, TkK