

Lauri Jalonen

RAKENNUSVAIHEEN KOSTEUDENHALLIN- NAN TOIMINTAMALLIN KEHITTÄMINEN

Diplomityö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastaja: Professori Matti Pentti
Tarkastaja: Tutkijatohtori Toni Pakkala
Elokuu 2021

TIIVISTELMÄ

Lauri Jalonen: Rakennusvaiheen kosteudenhallinnan toimintamallin kehittäminen
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan Diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Vastuuohjaaja ja tarkastaja: Professori Matti Pentti
Tarkastaja: Tutkijatohtori Toni Pakkala
Elokuu 2021

Sisäilmaongelmat ovat lisääntyneet erityisesti betonirakenteisissa rakennuksissa viime vuosien aikana. Kosteudenhallinnalla on suuri merkitys kosteusturvallisen rakentamisen varmistamisessa. Rakennusalalla toimivilla tahoilla on syntynyt tarve kehittää omaa laadunhallintaa etenkin kosteudenhallinnan toimintatapojen ja valvonnan osalta. Valmiin toimintamallin, kuten kuivaketju10 tai Terve Talo -rakentamisen suosio on myös lisääntynyt.

Jatkuvasti kiristyvien rakennusalan asetusten ja ohjeistuksien lisäämisen avulla on pyritty ehkäisemään sisäilmaongelmien syntymistä. Esimerkiksi vuonna 2018 julkaistun asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta, sekä nimettävä hankkeelle kosteudenhallinnan valvonnasta vastaava henkilö eli kosteudenhallintakoordinaattori. Päätoteuttajan tulee laatia työmaan kosteudenhallintasuunnitelma ja valita rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavat rakennusvaiheen vastuuhenkilöt. Huhtikuussa 2021 uudistettu RT-ohjekortti betonirakenteiden suhteellisen kosteuden mittaamisesta edellyttää myös rakennusyritysten toimintatapojen kehittämistä.

Tämän kehittämistyön päätavoitteena oli laatia yhtenäinen, selkeä ja ongelmakohtia ratkaiseva kosteudenhallinnan toimintamalli Skanska Talonrakennus Oy:n käyttöön. Mallin on tarkoitus toimia erityisesti rakennushankkeiden kosteudenhallinnan suunnittelun sekä toteutuksen ohjeistuksena. Työssä selvitettiin myös RT 103333 -ohjekortin vaikutusta betonirakenteiden kosteusmittauksiin sekä mittaustulosten tulkintaan Skanskan työmailla. Tutkimustulosten perusteella arvioitiin työmaahenkilöstön osaamista sekä koulutustarvetta työmaan kosteudenhallinnan osalta.

Työn kirjallisuusselvityksessä käsitellään muun muassa kosteudenhallintaan liittyviä määräyksiä sekä ohjeistuksia, kosteudenhallinnan päävaiheita rakennushankkeessa sekä olosuhdehallinnan merkitystä betonirakenteiden kuivumiseen, ja sen vaikutusta hankkeen rakentamisaikatauluun sekä -kustannuksiin. Empiirinen tutkimus rakentuu puolistrukturoitujen teemahaastattelujen sekä omien havaintojen ja kokemusten ympärille. Haastattelut kohdennettiin Skanska Talonrakennus Oy:n käynnissä olevien työmaiden kuudelle toimihenkilölle sekä kolmelle kosteudenhallinnan asiantuntijalle.

Työn tuloksena kohdeyritykselle laadittiin kosteudenhallinnan toimintamalli rakennushankkeiden suunnittelun ja toteutuksen tueksi. Toimintamallista ilmenee vastuut, toimintatavat sekä menetelmät kosteusturvallisen rakentamisen varmistamiseen rakennushankkeessa. Lisäksi työssä laadittiin uuden RT 103333 -kortin mittaushojeiden mukainen ohjeistus betonirakenteiden kosteusmittaukseen ja mittaustulosten tulkintaan Skanskan työmailla. Ohjeistuksen tärkeimpiä muutoksia ovat arviointisyvyyden mittaaminen kahdesta rinnakkaisesta reiästä sekä mittauksen epävarmuuden huomioiminen mittaustuloksesta päällystettävyyttä arvioidessa. Työn ohella päivitettiin myös Skanskan kosteudenhallintasuunnitelmapiirustusta vastaamaan nykyisiä kosteusmittausohjeistuksia.

Avainsanat: kosteudenhallinta, olosuhdehallinta, Kuivaketju 10, Terve Talo, RT 103333

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Lauri Jalonen: Development of a moisture control operation model for construction
Master of Science Thesis
Tampere University
Master's Degree Programme in Civil Engineering
Responsible Supervisor and Examiner: Professor Matti Pentti
Examiner: Postdoctoral Research Fellow Toni Pakkala
August 2021

Indoor air problems have increased especially in concrete-framed buildings in recent years. The importance of moisture control has grown considerable. As a result, there is need in the construction industry to develop quality management, especially moisture control. The use of pre-developed moisture operating models, as the Kuivaketju10 or Terve Talo, has also increased.

Tightening regulations and the addition of guidelines are intended to prevent the indoor air problems. According to a regulation published in 2018 the constructor must take care of the preparation of the moisture control report and appoint a person responsible for the moisture management. The main contractor must draw up a site moisture management plan and select the persons responsible for moisture management at the construction site. The relative humidity of concrete should also be measured according to the RT guidelines published in April 2021.

The aim of this development work was to create a new moisture control operating model for Skanska Talonrakennus Oy. The model is intended to simplify the planning and implementation of moisture control in a construction project. The effect of the renewed RT guidelines on the humidity measurements of concrete structures in Skanska's construction project is also studied. Based on the research results, the competence of the site personnel in site moisture control is also assessed.

This thesis literature review includes for example a regulations and guidelines of humidity management and the importance of conditions control for the drying of concrete structures. The empirical research based on thematic interviews and own observations and experiences. The interviews were targeted at six employees of Skanska Talonrakennus Oy's constructions sites and three moisture management experts.

As a result of the master's thesis a moisture management operating model was developed for Skanska. The purpose of the model is specifically to support the planning of construction projects. The operating model includes responsibilities and operating methods for moisture safe construction. New guidelines based on new RT 103333 for moisture measurements of concrete structures at Skanska sites were also prepared. The most important changes in the guidelines are better consideration of measurement uncertainty factors and measurement of the assessment's depth from two parallel holes. The Skanska's humidity management plan template was also updated to comply with current humidity measurement guidelines.

Keywords: moisture control, circumstance control, Kuivaketju10, Terve Talo, RT 103333

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

ALKUSANAT

Aloitin ammattikorkeakoulun jälkeiset maisteriopintoni syksyllä 2018 Hervannassa. Opinnot etenivät aluksi opiskeluintoa puhkuen suunnitelmana valmistua kahdessa vuodessa. Töihin paluun ja mielenkiintoisen diplomityöaiheen löytymisen jälkeen urakka on vihdoin saatu päätökseen.

Haluan osoittaa kiitokseni Tom Laihille sekä kaikille työkavereilleni, jotka mahdollistivat sekä kannustivat minua opintojeni loppuun viemisessä. Suuri kiitos myös ohjaajilleni Ilkka Romolle, Riia Aaltoselle ja Matti Pentille, kun autoitte minua työn etenemisessä. Lisäksi haluan kiittää avopuolisoani Riinaa sekä muuta perhettäni merkittävästä tuesta, niin diplomityön kirjoittamisessa kuin muissakin opinnoissani.

Turussa, 28.8.2021

Lauri Jalonen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus	2
1.3	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteutus	4
1.4	Tutkimusraportin rakenne	5
2.	KOSTEUSTURVALLINEN RAKENTAMINEN	6
2.1	Voimassa olevat lait, asetukset ja ohjeistukset	6
2.1.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.....	6
2.1.2	Ympäristöministeriön asetus 782/2017	6
2.1.3	Sisäilmayhdistys ry	7
2.2	Terve Talo -rakentaminen.....	7
2.3	Kuivaketju10-toimintamalli	8
2.4	Kosteus rakentamisessa.....	10
2.4.1	Kosteuslähteet	10
2.4.2	Kosteuden siirtyminen.....	11
2.4.3	Rakenteiden kuivuminen.....	12
2.4.4	Kosteuden haittavaikutukset	14
3.	KOSTEUDENHALLINTA.....	16
3.1	Rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessi	16
3.1.1	Tavoitteiden asettelu.....	17
3.1.2	Kosteusriskien kartoitus	18
3.1.3	Kosteudenhallinnan suunnittelu	18
3.1.4	Rakentamisvaiheen kosteudenhallinta	21
3.1.5	Käytönaikainen kosteudenhallinta	23
3.2	Työmaan olosuhdehallinta	23
3.2.1	Olosuhteiden vaikutus rakentamisessa	23
3.2.2	Olosuhdehallinnan suunnittelu	24
3.2.3	Rakenteiden kuivattaminen.....	27
3.3	Kosteusmittaukset	28
3.4	Kosteudenhallinnan vaikutus hankkeen aikatauluun ja kustannuksiin.....	33
4.	TUTKIMUSTULOKSET	36
4.1	Haastattelututkimuksen toteutus.....	36
4.2	Haastattelututkimuksen tulokset	37
4.2.1	Vaatimukset hankkeen kosteudenhallinnalle.....	37
4.2.2	Kosteudenhallinnan suunnittelu	39
4.2.3	Olosuhdehallinta	42
4.2.4	Betonirakenteiden kuivuminen ja kosteusmittaukset	43
4.2.5	Kosteudenhallinnan toteutuminen, valvonta ja dokumentointi	46
4.2.6	Työmaaorganisaation osaaminen ja koulutus	47
4.3	Oma havainnointi.....	48
4.3.1	Vaatimukset hankkeen kosteudenhallinnalle.....	49
4.3.2	Kosteudenhallinnan suunnittelu	51

4.3.3	Olosuhdehallinta	53
4.3.4	Betonirakenteiden kuivuminen ja kosteusmittaukset	55
4.3.5	Kosteudenhallinnan toteutuminen, valvonta ja dokumentointi	58
4.3.6	Työmaaorganisaation osaaminen ja koulutus	59
5.	JOHTOPÄÄTÖKSET JA TYÖN TULOKSET	61
5.1	Tutkimuksen kriittinen tarkastelu.....	61
5.2	Tutkimustulosten pohdinta.....	61
5.3	Työn tulokset	66
6.	YHTEENVETO.....	68
	LÄHTEET	69

LIITE A: HAASTATTELUKYSYMYKSET: ASIAANTUNTIJAT

LIITE B: HAASTATTELUKYSYMYKSET: OMAPERUSTEINEN TUOTANTO

LIITE C: HAASTATTELUKYSYMYKSET: URAKKATUOTANTO

LIITE D: TERVE TALO -VIIKKOTARKASTUSLOMAKE

LIITE E: VARASTOINTI- JA SUOJAUSOHJE

LYHENTEET, TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

Arvostelusyvyys

Betonin kosteusmittausvyvyys A, jolla päällystysraja-arvo tulee alittaa mittausepävarmuus huomioon ottaen (RT 103333 2021).

Absoluuttinen kosteus

Vesihöyrypitoisuus [g/m^3] eli vesihöyryn absoluuttinen määrä kuuti-
ossa ilmaa (RIL 250-2011, s.60).

Kosteudenhallintakoordinaattori

Rakennushankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaava henkilö.

Kriittinen kosteuspitoisuus

Materiaalikohtainen suhteellisen kosteuden raja-arvo, jonka ylittyessä betonin ja betonin pintaan asennetun materiaalin rajapinnassa materiaali tai niiden yhdistelmät saattavat vaurioitua kosteuden vaikutuksesta (RT 103333 2021).

Kuivaketju 10

RALA Ry:n ylläpitämä toimintamalli rakennushankkeen kosteudenhallintaan (KK10).

Vesihöyryn kyllästyskosteus

Suurin mahdollinen ilman sisältämä kosteusmäärä [g/m^3] vallitsevassa lämpötilassa.

RH

Suhteellinen ilmankosteus [%] eli ilmassa olevan vesihöyrynpaineen suhde kyllästyspaineeseen kyseisessä lämpötilassa (RT 103333 2021).

S_d

Suhteellinen diffuusiovastus eli materiaalin kyky vastustaa vesihöyryn liikettä. Kertoo seisovan ilmakerroksen paksuuden metreinä [m], jolla on sama vesihöyrynvastus kuin tarkasteltavalla materiaalilla (RT 103333 2021).

$^{\circ}\text{C}$

Lämpötilan SI-järjestelmän mittayksikkö.

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakentamisen laatu ja etenkin sisäilmaongelmat ovat olleet keskustelun kohteena Suomessa viime vuosien aikana. Kosteusvaurioiden esiintymiseen on useita eri syitä, mutta yksi merkittävä sisäilmaongelmakeskusteluja lisäävä tekijä on sisäilma- ja kosteusvauriotietämyksen lisääntyminen. Myös osaaminen rakenteiden vauriomekanismeista on lisääntynyt, ja samalla vaatimukset sisäilmastolle on kasvanut. Rakennusaikaisen kosteudenhallinnan kehityksestä sekä valvonnan lisäämisestä huolimatta kehitettävää kuitenkin vielä riittää.

Onnistunut olosuhdehallinta tavanomaisen rakennusajan puitteissa on välttämätöntä tulevien sisäilmaongelmien estämiseksi (Hakamäki & Virtanen 2020, s. 157). Betonirakenteiden realistinen kuivumisaika-arvio ja kuivumisen varmistaminen tehokkaan olosuhdehallinnan avulla ovat merkittävä osa hankkeen onnistumista. Rakennusyhtiöiden on kehitettävä, toteutettava sekä valvottava rakennusaikaista olosuhdehallintaa entistä tehokkaammin. Onnistuneella olosuhdehallinnalla tarkoitetaan muun muassa optimaalisten olosuhteiden luomista joko kuivaamalla, kostuttamalla, lämmittämällä tai jäähdyttämällä rakennusta rakentamisen aikana. Rakennuksen säältä suojaamista ja rakenteiden kuivana pitämistä etenkin runkovaiheessa voidaan pitää merkittävimpänä olosuhdehallinnan toimenpiteinä. Myös sisäilman, varastoinnin, materiaalien suojauksen sekä logistiikan hallitseminen ovat osa kehittynyttä olosuhdehallintaa. Työmaan olosuhdehallinta koostuu pääosin kosteuden- ja pölynhallinnasta sekä työmaan lämpötilan säätelystä.

Kosteudenhallintaan ja kosteusmittaukseen liittyviä määräyksiä sekä ohjeistuksia kiristetään jatkuvasti. Ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta mukaan jokaisen rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Selvityksessä tulee nimetä kosteudenhallinnan valvonnasta vastaava henkilö eli kosteudenhallintakoordinaattori. Pää toteuttajan tulee laatia työmaan kosteudenhallintasuunnitelma, ja valita rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavat rakennusvaiheen vastuuhenkilöt. Vastuuhenkilöiden tulee huolehtia muun muassa rakennusmateriaalien suojauksista ja rakenteiden kuivumisen edistämisestä. Vastuuhenkilön tärkeimpiä tehtäviä on kuitenkin huolehtia kosteusmittauksista sekä rakenteiden pinnoittamisesta siten, ettei vaurioita aiheudu. (Ympäristöministeriö

2017) Betonirakenteen riittävän alhainen kosteuspitoisuus tulee varmistaa huhtikuussa 2021 päivitetyn RT-ohjekortin (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus) mukaisilla mittausmenetelmillä.

Rakennushankkeissa rakennuksen elinkaaren kosteudenhallinnan apuvälineeksi on yhä useammin otettu käyttöön Kuivaketju10-toimintamalli. Toimintamallin tavoitteena on estää kymmenen tärkeintä kosteusriskiä rakennushankkeen eri vaiheissa. Toisena merkittävänä kosteudenhallintaa ja etenkin puhtaudenhallintaa edistävänä menetelmänä voidaan pitää Terve Talo -rakentamista ja siihen liittyvää ohjeistusta. Sen kriteerejä ovat sisäilman laadulle asetetut sisäilmastoluokat, pintojen ja talotekniikan P1-puhtausluokka sekä materiaaleille asetetut päästöluokat (Sisäilmayhdistys ry 2008). Terve Talo -rakentamisen tärkein tavoite on varmistaa rakennukselle terve sisäilmasto. Kyseisten toimintamallien tai ohjeistuksien täsmällisestä noudattamisesta ei ole säädetty laissa, vaan ne ovat työkaluja, joiden avulla rakennuksen terveellinen ja turvallinen sisäilma pyritään varmistamaan.

Tämän diplomityön toimeksiantajana toimii Skanska Talonrakennus Oy, joka on osa Skanska Oy:n rakentamiseen keskittyvää toimintaa Suomessa. Skanska Oy toimii ruotsalaisen Skanska AB:n tytäryhtiönä, ja se työllisti vuonna 2020 yhteensä 2 177 henkilöä. Yhtiön liikevaihto vuonna 2020 oli noin 1,28 miljardia euroa. (Skanska Oy 2020) Aihe valikoitui omasta kiinnostuksestani ja Skanskan halusta tutkia sekä kehittää omien hankkeiden kosteudenhallintaprosessia. Diplomityön tekijä on toiminut yhdessä Skanska Talonrakennus Oy:n uudisrakennuskohteessa työmaan kosteushallinnan vastuuhenkilönä. Hanke toteutettiin Kuivaketju10-toimintamallia ja Terve Talo -periaatteita soveltaen. Hankkeen aikana ilmeni, että kosteudenhallinnan toteutuksessa, valvonnassa ja dokumentoinnissa olemassa olevien toimintamallien ja periaatteiden mukaisesti oli vielä haasteita. Toimintamallin selkeyttämiselle ja henkilöstön lisäkoulutukselle on siis tarvetta.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tämän kehittämistyön päätavoite on laatia selkeä ja yhtenäinen toimintamalli työmaan kosteudenhallintaan koko Skanska Talonrakennus Oy:n käyttöön. Toimintamallista ilmenee vastuut, toimintatavat ja menetelmät, joilla hankkeen kosteudenhallintaa sekä betonirakenteiden kuivumista voidaan edistää, valvoa ja dokumentoida. Toimintamallilla tarkoitetaan työn tai toiminnan organisointitapaa, työnjako- tai järjestämistapaa tai työn teoreettista mallia. Toimintamalli voidaan nähdä myös kaavamaisena kuvauksena yksinkertaisesta toiminnasta, jolloin toimintamalli käsittää vaan yhden toimintakokonaisuuden ja kuvaa toiminnan etenemistä eri toimintojen kautta vaiheesta toiseen (Booch et al. 1998).

Toimintamalli laaditaan yleisellä tasolla Skanska Talonrakennus Oy:n hankkeisiin, mutta sitä voidaan tarvittaessa räätälöidä kohteen koon, luonteen ja urakkamuodon mukaan. Kehitystyössä huomioidaan viranomaisten määräysten lisäksi erityisesti aikaisemmillä työmailla havaittuja ongelmakohtia. Mallin avulla pyritään estämään kriittisimpien rakenteiden kosteusvaurioiden syntyminen. Toimintamallin avulla pyritään varmistamaan, että rakennus täyttää niin rakenteiden kuin talotekniikan osalta sille asetetut sisäilmasto-olosuhteet. Mallin on tarkoitus toimia ensisijaisesti hankkeiden kosteudenhallinnan suunnittelun työkaluna. Mallista ilmenneet toimintatavat toimivat myös työmaan kosteudenhallinnasta vastaavan sekä muun työnjohdon apuvälineenä.

Työssä selvitetään huhtikuussa 2021 uudistuneen RT-ohjekortin (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaustulos) vaikutusta betonirakenteiden kosteusmittaukseen ja mittaustulosten tulkintaan Skanska Talonrakennus Oy:n hankkeissa. Betonin kosteuden mittaamiseen laaditaan uusi ohjeistus päivitetyn RT-kortin pohjalta. Tutkimustulosten avulla arvioidaan nykyisen kosteudenhallintasuunnitelmapohjan ja kosteudenhallintaan liittyvien laskentatyökalujen ajantasaisuutta sekä käytettävyyttä. Yhtenä työn tuloksena päivitetään Skanska Talonrakennus Oy:n kosteudenhallintasuunnitelmapohja. Tutkimuksen avulla arvioidaan myös työmaahenkilöstön osaamista sekä koulutustarvetta työmaan kosteudenhallintaan, Kuivaketju10-toimintamalliin sekä Terve Talo -rakentamiseen liittyen. Lisäksi työssä pyritään selvittämään kosteuden- ja olosuhdehallinnan merkitystä betonirakenteiden kuivumiseen, ja sen vaikutusta hankkeen rakentamisaikatauluun sekä -kustannuksiin.

Työn keskeisin tavoite on vastata seuraavaan päätutkimuskysymykseen:

- Kuinka kohdeyrityksen kosteudenhallinnan toimintatapoja voidaan kehittää ja yhtenäistää?

Työssä vastataan myös seuraaviin alatutkimuskysymyksiin:

- Mitkä ovat suurimmat työmaan kosteudenhallinnan ongelmakohdat?
- Miten RT 103333 -ohjekortti vaikuttaa kosteusmittausten suoritukseen ja mittaustulosten tulkintaan Skanska Talonrakennus Oy:n rakennushankkeissa?
- Mitä teknologian työkaluja olosuhdehallinnan tukena voitaisiin käyttää?
- Miten työmaaorganisaation osaamista voidaan kehittää työmaan kosteudenhallinnan, Kuivaketju 10 -toimintamallin ja Terve Talo -rakentamisen osalta?

Tutkimus rajataan koskemaan kosteudenhallintaa rakennushankkeen tuotannon suunnittelu- ja toteutusvaiheessa urakoitsijan näkökulmasta. Työn tutkimusongelma liittyy erityisesti Skanska Talonrakennus Oy:n asuin- ja toimitilarakennushankkeisiin. Toimintamalli kohdistetaan kohdeyrityksen uudishankkeisiin, mutta kosteudenhallinnan periaatteet ovat monin osin sovellettavissa myös saneerauskohteissa. Toimintamalli rajataan koskemaan ensisijaisesti betonirakenteisten rakennusten kosteudenhallintaa, eikä työssä käsitellä erikseen esimerkiksi puurakentamisen kosteudenhallinnan erityispiirteitä. Haastattelut rajataan koskemaan Skanska Talonrakennus Oy:n toimihenkilöitä ja muita asiantuntijoita, jotka ovat toimineet avainhenkilöinä Skanskan rakennushankkeiden kosteudenhallinnan tehtävissä.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteutus

Tämä kehittämistyö koostuu kirjallisuusselvityksestä ja empiirisestä osuudesta, joka toteutetaan laadullisena eli kvalitatiivisena tutkimuksena. Kirjallisuusselvityksessä käsitellään rakennushankkeen kosteudenhallintaan liittyviä määräyksiä ja ohjeistuksia, Kuiva-keiju10-toimintamallia sekä Terve Talo –rakentamisen vaatimuksia erityisesti kosteudenhallinnan osalta. Selvityksessä käsitellään myös työmaan olosuhdehallintaa ja siihen liittyviä menetelmiä, betonirakenteiden kosteusmittausta ja niiden merkitystä rakenteiden kuivumiseen sekä päällystämiseen. Lähteinä käytetään viranomaisten määräyksiä, aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, Rakennustieto ry:n RT-kortistoa sekä kohdeyrityksen omaa sisäistä materiaalia.

Empiirinen osuus rakentuu Skanska Talonrakennus Oy:n työmaiden toimihenkilöille ja kosteudenhallinnan asiantuntijoille suunnattujen puolistrukturoitujen teemahaastattelujen sekä omien havaintojen ympärille. Teemahaastattelu mahdollistaa tarkentavien kysymysten esittämisen ja haastattelutilanteen kulun ohjaamisen halutuille aihealueille. Teemahaastattelu edellyttää molemmilta osapuolilta hyvää tuntemusta aihealueesta. (Hirsijärvi & Hurme 2015) Ennen teemahaastattelujen suorittamista ja kysymysten laatimista diplomityön tekijä perehtyy huolellisesti tutkimusongelman aihealueeseen. Haastattelujen kysymykset eroavat hieman toisistaan haastateltavan roolista riippuen, mutta haastattelujen teemat pysyvät samoina. Teemat ovat:

- Vaatimukset hankkeen kosteudenhallinnalle
- Kosteudenhallinnan suunnittelu
- Olosuhdehallinta
- Betonirakenteiden kuivuminen ja kosteusmittaukset
- Kosteudenhallinnan toteutuminen, valvonta ja dokumentointi

- Työmaaorganisaation osaaminen ja koulutus.

Haastattelu toteutetaan kuudelle Skanska Talonrakennus Oy:n työmaan kosteudenhallinnan parissa toimivalle avainhenkilölle, jotka toimivat kohdeyrityksen Etelä- tai Länsi-Suomen yksikössä. Haastateltaviksi valittiin henkilöitä sekä asuin- että toimitilarakennushankkeista. Lisäksi tutkimuksessa haastatellaan kolmea Skanskan hankkeiden parissa toimineita alan asiantuntijoita. Yhtenä haastateltavana toimii Skanska Talonrakennus Oy Länsi-Suomen yksikön työmaalla kosteudenhallintakoordinaattorina toiminut henkilö. Haastattelujen avulla pyritään selvittämään kohdeyrityksen nykyisiä ohjeistuksia sekä käyttämiä toimintatapoja ja menetelmiä hankkeiden kosteudenhallintaprosessin toteutussuunnittelu- ja tuotantovaiheessa.

Tutkimustuloksena käytetään myös kirjoittajan omia kokemuksia sekä Skanska Talonrakennus Oy:n työmaalla vuosien 2019–2021 aikana tehtyjä havaintoja. Tutkimuksen case-kohteena toimii Juslenia uudisrakennushanke. Diplomityön tekijä on toiminut hankkeessa työmaan kosteudenhallinnan vastuuhenkilönä. Tutkimus perustuu kokemusperäisen tiedon keräämiseen ja soveltamiseen.

1.4 Tutkimusraportin rakenne

Tutkimus jakautuu tutkimusmenetelmien mukaisesti kirjallisuusselvitykseen, teema-haastatteluun sekä omiin havaintoihin. Tutkimuksen alussa taustoitetaan työn tarkoitusta, jonka jälkeen esitellään työn tutkimusongelma ja -kysymykset, tavoite, tutkimusmenetelmät sekä toteutus. Kirjallisuusselvityksen avulla perehdytään voimassa oleviin viranomaismääräyksiin, rakennusalalla yleistyvään Kuivaketju10-toimintamalliin, Terve Talo -rakentamiseen sekä rakentamisessa esiintyvään kosteuteen. Selvityksessä käsitellään koko rakentamishankkeen, mutta erityisesti rakentamisvaiheen kosteudenhallintaa ja sen vaikutusta rakennusaikatauluun sekä -kustannuksiin. Lisäksi työssä käsitellään työmaan olosuhdehallintaa ja betonirakenteiden kuivumista sekä kosteusmittausta.

Empiirisen tutkimuksen avulla selvitetään kohdeyrityksen nykyisin käyttämiä toimintatapoja sekä yleisiä kokemuksia kosteuden- ja olosuhdehallinnasta. Haastattelujen avulla pyritään selvittämään, millaisia ongelmia kyseisiin tehtäviin on liittynyt. Kokemusperäistä tietoa saadaan myös työn case-kohteesta. Käytettyjen toimintatapojen vahvuuksia ja heikkouksia verrataan tehtyyn kirjallisuuskatsaukseen sekä tehtyihin havaintoihin. Tutkimustuloksissa arvioidaan myös eri työmaiden toimintatapojen yhdenmukaisuutta. Tuloksista tehtyjen johtopäätösten perusteella luodaan uusi ja yhtenäinen kosteudenhallinnan toimintamalli Skanska Talonrakennus Oy:n käyttöön. Lopuksi esitetään tutkimuksen kriittinen tarkastelu, johtopäätökset, työn tulokset sekä yhteenveto.

2. KOSTEUSTURVALLINEN RAKENTAMINEN

2.1 Voimassa olevat lait, asetukset ja ohjeistukset

Viranomaisten laatimat lait, asetukset sekä niitä täydentävät ohjeistukset, säännökset ja luokitukset asettavat kosteudenhallinnan vähimmäisvaatimukset koko rakennusalueelle.

2.1.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999

Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on varmistaa rakentaminen siten, että sillä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä. Maankäyttö ja rakennuslaki määrittelee yleisellä tasolla rakentamiselle asetetut tavoitteet ja rakentamisessa noudatettavat menettelyt. Kosteudenhallinnan osalta asetettuja tavoitteita täydennetään rakentamismääräyskokoelmassa, ja ne perustuvat myös terveydensuojelulainsäädäntöön. Maankäyttö- ja rakennuslain (MRL 117 c §) mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan terveelliseksi ja turvalliseksi rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen. Rakentamisessa on käytettävä tuotteita, jotka eivät saastuta sisäilmaa niiden suunnitellun käyttöiän aikana. Rakennuksen sisäilman tulee olla siis sellainen, ettei se aiheuta terveydellistä haittaa käyttäjilleen. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000)

2.1.2 Ympäristöministeriön asetus 782/2017

Ympäristöministeriön asetus 782/2017 koskee rakennusten kosteusteknisen toimivuuden suunnittelua ja rakentamista. Asetuksen tärkein tavoite on ehkäistä rakenteiden kosteudensietokyvyn ylittävien kosteuspitoisuuksien muodostumista sekä kosteuden kertymistä rakenteisiin tai niiden pinnoille. Asetuksen 3 §:n mukaan rakennushankkeen pääsuunnittelijan on huolehdittava, että rakennus täyttää suunnitelmien mukaan käyttötarkoituksensa mukaisesti kosteustekniselle toimivuudelle asetetut vaatimukset. Rakennus, rakenteet ja rakennusosat on suunniteltava sekä toteutettava kosteusteknisesti toimiviksi sisäisistä ja ulkoisista kosteusrasituksista huolimatta. Vähäisen kosteuden kertyminen rakenteisiin ei saa vaurioittaa rakennusta eikä aiheuttaa terveydellistä haittaa rakennuksessa oleville. (Ympäristöministeriö 2017)

Ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 3 luvun määräykset koskevat rakennushankkeen kosteudenhallintaa ja sen varmistamista. 12 §:n mukaan jokaisen rakennushank-

keeseen ryhtyvän on huolehdittava kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Selvityksestä tulee ilmetä kosteudenhallinnan vaatimukset hankkeen eri vaiheissa sekä toimenpiteet, joilla kosteusturvallinen rakentaminen varmistetaan. Hankkeeseen tulee myös nimetä kosteudenhallinnan valvonnasta vastaava henkilö eli kosteudenhallintakoordinaattori. (Ympäristöministeriö 2017)

Asetuksen 782/2017 pykälät 13–15 käsittelevät työmaan kosteudenhallintaa. Niiden mukaan vastaavan työnjohtajan on huolehdittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta ja valita rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavat rakennusvaiheen vastuuhenkilöt. Vastuuhenkilöiden tulee huolehtia rakennusmateriaalien suojauksesta, rakenteiden kuivumisen edistämisestä, kosteusmittauksista sekä rakenteiden pinnoittamisesta siten, ettei vaurioita aiheudu. (Ympäristöministeriö 2017) Betonirakenteen riittävän alhainen kosteuspitoisuus tulee siis aina varmistaa kosteusmittauksin ennen rakenteen päällystämistä tai pinnoitusta.

2.1.3 Sisäilmayhdistys ry

Sisäilmayhdistys ry on vuonna 1990 perustettu yhdistys, jonka tavoitteena on edistää työtä terveellisen ja viihtyisän sisäilmaston eteen jakamalla tutkimustietoa sisäilmaan vaikuttavista tekijöistä. Yhdistys julkaisi vuonna 1995 sisäilmaston rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitusjärjestelmän, jota on uudistettu vuosina 2000, 2008 ja 2018. Luokituksessa määritellään terveellisen sisäilmaston tavoitearvot, toimenpideohjeet hyvään rakentamistapaan sekä rakennusmateriaalien päästöluokat. Sisäilmastoluokitus 2018 on saatavilla RT-kortistosta. (Sisäilmayhdistys ry 2021)

Sisäilmastoluokitus 2018 toimii rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden terveellisen ja turvallisen rakentamisen ohjekorttina. Ohjeessa käsitellään työmaan kosteudenhallinnan kannalta tärkeimmät periaatteet sekä suunnitelmat. Tällaisia suunnitelmia ovat kosteudenhallinta-, kosteusmittaus-, lämmitys-, kuivaus-, suojaus- ja osastointisuunnitelma. (RT 07-11299 2018, s. 1, 12)

2.2 Terve Talo -rakentaminen

Terve Talo -rakentamisen lähtökohtana on rakennuksen hyvän sisäilman varmistaminen. Sisäilmalla tarkoitetaan sisätiloissa hengitettävää ilmaa ja sisäilmastolla sisäilman ja fyysikaalisten tekijöiden muodostamaa kokonaisuutta. Seppäsen et al. (1997) mukaan sisäilmaston tärkeimpiä tekijöitä ovat valaistus, ääniolosuhteet, lämpötila, veto, erilaiset kemikaalit ja biologiset epäpuhtaudet, kosteus ja pöly. Yleisimmin huono sisäilman laatu aiheuttaa erilaisia iho-, limakalvo- ja silmäoireita ihmisen terveydentilasta, iästä, herkistymisestä ja altistumisajasta riippuen (Sisäilmayhdistys ry 2008).

Riittäväällä työmaan kosteudenhallinnalla voidaan välttää etenkin kosteuden aiheuttamien ja biologisten epäpuhtauksien muodostumisen sisäilmastoon. Terveen sisäilmaston varmistamiseksi kosteusvaurioiden muodostuminen on estettävä koko rakennuksen elinkaaren ajan. Esimerkiksi puutteellinen ilmanvaihto saattaa aiheuttaa sisäilman kosteuspitoisuuden nousun, jolloin rakenteet altistuvat liian suurelle kosteusrasitukselle. Tämä ilmenee esimerkiksi kosteuden tiivistyessä kylmille pinnoille. Tällöin materiaalit saattavat vaurioitua, jolloin sisäilmaan haihtuu ihmiselle haitallisia orgaanisia yhdisteitä tai emissioita. (Sisäilmayhdistys ry 2008)

Päätoteuttajan laatimilla kosteudenhallinta- ja pölyntorjuntasuunnitelmilla on keskeinen vaikutus sisäilmariskien hallintaan. Myös työvaiheiden järjestyksellä voidaan estää sisäilmariskejä. Esimerkiksi ilmanvaihtotyöt ja toimintakokeet tulee ajoittaa siten, ettei vaikutusalueella toteuteta pölyäviä työvaiheita. Rakennuksen terveellisyys on ensisijaisesti rakennushankkeeseen ryhtyvällä. Terveellisen rakentamisen toteutumista tulee valvoa ja varmentaa työmaalla valvojien tai erikseen palkattujen asiantuntijoiden, kuten Terve Talo -koordinaattorin toimesta. (RT 07-10832 2004, s. 3)

Terve Talo -rakentamisen ohjeet ja kriteerit eivät ole viranomaissäännöksiä, vaan apuvälineitä rakennusten terveellisyyden varmistamiseksi. Ohjeita noudattamalla voidaan hallitusti rakentaa kuiva, puhdas sekä teknisesti toimiva rakennus. (RT 07-10832 2004, s. 7) Terveellisessä rakentamisessa on kyse rakennuksen koko elinkaaren vaikuttavista päätöksistä niin rakenteiden, materiaalivalintojen kuin huollettavuuden osalta. Sen kriteerejä ovat sisäilman laadulle asetetut sisäilmastoluokat, pintojen ja talotekniikan P1-puhtausluokka sekä materiaaleille asetetut päästöluokat. Terve Talo -rakentamista on ohjeistettu RT-kortistossa, mutta suurimmilla rakennuttajilla saattaa olla myös omia Terve Talo -ohjeistuksia.

2.3 Kuivaketju10-toimintamalli

Kuivaketju10 on Oulun kaupungin rakennusvalvontaviraston ja ympäristöministeriön kehittämä rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli. Sen ylläpidosta ja kehityksestä vastaa Rakentamisen Laatu RALA ry. Toimintamallin tarkoituksena on vähentää rakennushankkeiden kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren aikana. Toiminta perustuu kosteusriskien torjuntaan rakennusprosessin kaikissa vaiheissa sekä torjunnan onnistumisen todentamiseen ja dokumentoimiseen. Toimenpiteet kohdennetaan rakentamisen kymmeneen keskeisimpään suomalaisessa rakentamisessa esiintyvään kosteusriskiin, joita ovat:

1. Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita.
2. Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle.
3. Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan.
4. Kosteutta siirtyy ilmansulkukerroksen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi.
5. Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin.
6. Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja.
7. Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet.
8. Kosteuden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen.
9. Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen.
10. Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti, mutta varmasti. (Kuivaketju10 2018)

Suunnittelu lähtee liikkeelle siitä, kun rakennushankkeeseen ryhtyvä päättää hankkeen toteuttamisesta Kuivaketju10-toimintamallin mukaisesti. Hankkeeseen tulee määrittää kosteudenhallintakoordinaattori, joka valvoo ja ohjaa tilaajan edustajana toimintamallin toteutumista koko hankkeen ajan. Suunnitteluvaiheessa riskilistan kymmeneen kohtaan luodaan toimenpiteet, joilla juuri kyseisen hankkeen kosteusriskit voidaan välttää. Toimenpiteiden avulla laaditaan todentamisohje, jota voidaan myös pitää suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden tärkeimpänä työkaluna Kuivaketju10:ssä. Ohje toimii kosteudenhallinnan suunnittelun ja rakentamisen tarkastuslistana. (Kuivaketju10 2018) Suunnittelun loppuvaiheessa suunnittelijat arvioivat yhdessä kosteudenhallintakoordinaattorin ja urakoitsijan kanssa suunnitelmien toteutuskelpoisuutta. Tämän jälkeen laaditut suunnittelu- ja todentamistehtävät lisätään Kuivaketju10 sähköiseen järjestelmään.

Suunnittelijoiden tarkentama todentamisohje sisältää Urakoitsijan tarkastuslistan, jossa esitetään tärkeimmät riskejä sisältävät työvaiheet. Urakoitsijan tehtävänä on todentaa tarkastuslistan mukaisesti työvaiheiden suunnitelmien mukainen toteutus. (Kuivaketju10 2018) Työvaiheen valmistuttua tarkastuslistan kohdasta luodaan todentamisdokumentti, joka voi olla esimerkiksi valokuva, mittauspöytäkirja tai kirjaus muistiossa, että toteutus on suunnitelmien mukainen. Dokumentointivastuu tehtävien todentamisesta tarkastuslistan mukaisesti tulisi määrätä yhdelle pääurakoitsijan työntekijälle.

Rakennuksen käyttöönotto jaetaan Kuivaketju10:ssä kahteen vaiheeseen. Ensimmäisen vaiheen tehtävät ovat vastaavat kuin työmaatoteutuksessa ja toisessa vaiheessa arvioidaan, kuinka hyvin toimintamallin toteutuksessa on onnistuttu. Arviointi perustuu urakoitsijan dokumentointiin sekä kosteudenhallintakoordinaattorin havainnointiin ja raportointiin koko hankkeen ajalta. (Kuivaketju10 2018)

Toimintamalliin on asetettu vaatimuksia myös rakennuksen ylläpidolle. Rakennuksen huoltokirjaan sisällytetään Kuivaketju10-riskilistan riskikohdat, jotka vaativat ylläpitotoimenpiteitä. Ylläpitotoimenpiteillä pyritään estämään rakennuksen käytön aikana syntyneet kosteusriskit. Huoltokirjassa tulee esittää tarvittavat säännölliset tarkastukset ja huollot sekä kunnossapitajaksot toimenpiteineen. Käyttäjille annetaan lisäksi esimerkiksi materiaalivalmistajien ohjeistukset materiaalien ylläpidosta. (Kuivaketju10 2018)

2.4 Kosteus rakentamisessa

2.4.1 Kosteuslähteet

Rakentamisessa esiintyviä kosteuslähteitä ovat vesi- ja lumisade, maaperän kosteus, pintavedet, ulkoilman sisältämä kosteus sekä rakennusaineiden valmistuksessa käytettävä vesi. Tuulen aiheuttama viistosade lisää myös huomattavasti rakennuksen ja erityisesti julkisivun kosteusrasitusta. Rakenteissa olevia kosteuslähteitä ovat rakennusaineiden, kuten betonin ja tasoitteiden valmistuksessa käytetty vesi. Merkittävin rakenteiden kosteusrasitus muodostuu tyypillisesti betonirakenteissa olevasta rakennekosteudesta ja rakenteisiin pääsevistä sadevedestä. Rakennekosteudella tarkoitetaan sitä kosteutta, joka poistuu rakenteesta ennen kuin se on tasapainossa sitä ympäröivän ilman kosteuden kanssa. Myös rakennusaikaisten vesilinjojen vuodot sekä muut vesivahingot ovat mahdollisia kosteusvaurion aiheuttajia. (Pentti 2018)

Rakenteiden kosteusrasituksen vähentämiseksi rakennus tulee suojata vesisateelta ohjaamalla vesi hallitusti pois päin rakenteista. Myös lumi ja jää tulee poistaa mekaanisesti, ettei sulamisvedet pääse kastamaan ja vaurioittamaan rakenteita. Maaperästä nouseva kosteus tulee estää kapillaarikatkolla. Pihan pintavedet tulee johtaa rakennuksesta pois päin kallistuksien avulla. Rakennuksen vaippa tulee tiivistää, ettei ulkoilman korkea kosteuspoitoisuus pääse kastamaan rakenteita. Kuivaa ulkoilmaa voidaan kuitenkin käyttää rakenteiden kuivattamiseen tehostamalla rakennuksen tuuletusta. (Kosteudenhallinta.fi 2020)

2.4.2 Kosteuden siirtyminen

Kosteus siirtyy rakenteisiin ja rakenteissa useilla eri tavoilla ja eri voimien vaikutuksista. Kosteus pyrkii siirtymään tyypillisesti painovoiman, tuulen, konvektion, diffuusion ja kapillaarisuuden avulla. (RIL 250-2011 2011, s.70) Rakentamisaikaisen merkittävin kosteuden siirtymisen muoto on sadeveden siirtyminen painovoimaisesti rakenteisiin. Myös tuulen paine pyrkii kuljettamaan sadevettä rakenteisiin esimerkiksi tiivistämättömistä ikkuna-aukoista.

Sisä- ja ulkoilmassa sekä rakenteissa on usein kosteus- ja lämpötilaeroja, joten on tärkeää ymmärtää, miten kosteus käyttäytyy. Diffuusiossa vesihöyry pyrkii siirtymään korkeammasta kosteuspitoisuudesta matalampaan kosteuspitoisuuteen. Diffuusiota estetään asentamalla höyrynsulku rakenteen kosteammalle puolelle eli tyypillisesti mahdollisimman lähelle ulkoseinän sisäpintaa. Kun ulkoseinärakenteen läpi kulkeva ilma siirtyy diffuusiovirran ansiosta ja jäähtyessään saavuttaa kastepistelämpötilan, kosteus kondensoituu eli tiivistyy vedeksi. Kastepistelämpötilalla tarkoitetaan ilman lämpötilaa, jossa kylläisen höyryn osapaine on sama kuin vallitseva vesihöyryn osapaine. Tällöin ilma on vesihöyryn kyllästämää ja suhteellinen kosteus on 100 %. Sisäilman kosteuden kondenssia seinäpintoihin voidaan estää yhtenäisellä lämmöneristeellä. Alttiita kondenssille ovat myös ikkunat, ulko-ovet sekä kylmät viemäri- ja vesiputket. Mikäli kondensoitumisriski on suuri, on kondenssiveden poisjohtaminen suunniteltava erikseen. (Teriö & Hämäläinen 2017, s. 8–11; VTT 2020; Pentti 2013)

Suunnittelussa pyritään siihen, että kondenssivettä ei syntyisi lainkaan. Jos kosteutta kuitenkin pääsee kertymään rakenteisiin, on määrän oltava hyvin pieni tai sen on päästävä haihtumaan ennen vaurioiden syntymistä. Kosteus voidaan poistaa sisäilmasta esimerkiksi hyvän ilmanvaihdon avulla, jolloin riski kosteuden tiivistymisestä rakenteeseen pienenee. Rakennusvirheet, kuten eristämätön kohta rakenteessa, kuitenkin lisäävät tiivistymisriskiä. Ilman kulkeutuessa rakenteen läpi osa vesihöyrystä siirtyy ilmavirran mukana myös rakenteen toiselle puolelle. Ilmiötä kutsutaan konvektioksi. Konvektion ehkäisemiseksi rakennuksen ulkovaipasta on tehtävä ilmatiivis. Ilmansulkuna toimivan kerroksen on oltava yhtenäinen myös saumojen, liitoskohtien ja läpivientien kohdalla. (Teriö & Hämäläinen 2017, s. 8–11, 54; Pentti 2016)

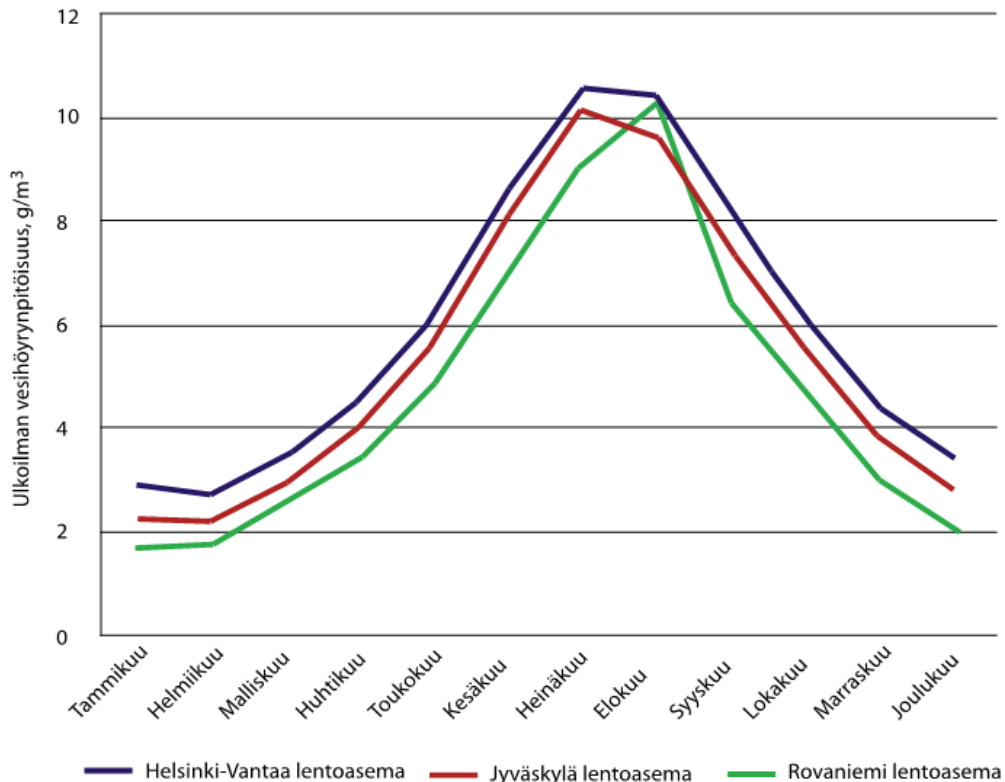
Kapillaarisuudesta puhutaan usein maarakennustöiden yhteydessä. Kapillaari-ilmiössä neste etenee painovoimaa vastaan materiaalissa, sillä molekyylien välinen vetovoima on voimakkaampi nesteen ja kiinteän aineen välillä kuin pelkän nesteen sisällä. Kapillaarinen nousu on sitä suurempaa, mitä tiheämpää aine on, sillä imu syntyy pieniin huokosiin muodostuvien kaarevien vesipintojen ja pintajännityksen vaikutuksesta. Kapillaarisuus

riippuu siis hyvin paljon materiaalista ja sen kosteuspitoisuudesta. Esimerkiksi maanvastaisen betonilaatan alapuolisen maaperän kosteus saattaa nousta kapillaarisesti rakenteisiin ja haihtua siitä rakennuksen ilmatilaan. (Teriö & Hämäläinen 2017, s. 10–12; Pentti 2016, s. 14) Veden kapillaarinen kulkeutuminen rakenteisiin tulee estää kapillaarisen vedennousun katkaisevalla kerroksella, esimerkiksi karkealla sepelillä.

Muovimattolattioiden asennus liian matalassa lämpötilassa on yksi yleisimmistä rakennustuotannon työvirheistä. Betonirakennetta päällystettäessä lämpötilan tulee olla lähellä käyttölämpötilaa, sillä lämpötilan noustessa päällystämisen jälkeen rakennekosteus saattaa siirtyä betonin syvemmistä osista pintaan aiheuttaen päällystevaurion. Vastaava ilmiö esiintyy, kun betonivälipohjalaatan alapuolisen tilan lämpötila nousee merkittävästi työntäen rakennekosteutta betonia viileämmän tiiviin päällysteen alle. Lattialämmityksissä rakenteissa piilee myös sama riski, joten lämmitys tulisi kytkeä päälle hyvissä ajoin ennen päällystämisen aloittamista. (Merikallio et al. 2007, s. 27, 79–80)

2.4.3 Rakenteiden kuivuminen

Materiaalissa oleva vesi on sitoutunut joko fysikaalisesti tai kemiallisesti. Rakenteiden kuivattamisen yhteydessä tarkoitetaan fysikaalisesti sitoutuneen veden poistamista rakenteesta. Huokoiset materiaalit ovat hygroskooppisia eli ne kykenevät luovuttamaan kosteutta ilmaan, mutta myös sitomaan sitä. Rakennusaineet, kuten betoni, pyrkivät hygroskooppiseen tasapainokosteuteen, jolloin aineen kosteus on tasapainossa ympäristön kosteuden kanssa. Rakenteiden kuivumisen kannalta on siis tärkeää, että ympäristön suhteellinen kosteus on alhaisempi kuin kuivattavan rakenteen kosteus. (RIL 250-2011 2011, s. 61) Rakentamisen olosuhteille oleellista on ilman lämpötila sekä ilmaan sitoutuneen veden määrä eli absoluuttinen kosteus. Esimerkiksi talvella lämpötilan ollessa alimmillaan, on ilman kosteussisältö hyvin pieni. Kylmään ilmaan sitoutuu siis vähemmän kosteutta, vaikka suhteellinen kosteus onkin suuri. Lämpötilan noustessa ilma kykenee vastaanottamaan enemmän kosteutta. (Teriö & Hämäläinen 2017, s. 6–7) Kuvassa 1 esitetään ulkoilman vesimäärän (g/m^3) vaihtelu kuukausittain Suomessa eri havaintoasemilla.



Kuva 1 Ulkoilman sisältämä keskimääräinen vesimäärän (g/m^3) vaihtelu kuukausittain eri havaintoasemilla (Ratu S-1234 2017).

Rakentamisessa suurimmat ongelmat liittyvät tyypillisesti betonirakenteiden hitaaseen kuivumiseen. Betonissa oleva sementti tarvitsee vettä vain noin 25 % sementin painosta, mutta työstettävyyden parantamiseksi vettä käytetään usein jopa 40–80 % sementin painosta. Tyypillinen valmistuksessa käytetty vesimäärä on noin $200 \text{ kg/betoni-m}^3$. Osan vedestä betoni käyttää lujittumiseen hydrataatioreaktion yhteydessä, mutta jopa kolme neljäsosaa veden kokonaismäärästä on fysikaalisesti sitoutunutta, joka poistuu betonista kuivumisen myötä. Betoni kykenee kuivumaan nopeasti pintaosistaan, kun rakenteessa oleva vesi kulkee kapillaarisesti betonin pintaa kohti. Pinnasta vesi haihtuu ympäröivään ilmaan. Pintaosien nopea kuivuminen kasvattaa kuitenkin betonin pinnan vesihöyrynvastusta, jolloin betonin sisäosan kuivuminen hidastuu. Kuivuminen jatkuu vesihöyryn diffuusion avulla, joka on riippuvainen rakenteen vesihöyrynvastuksesta, lämpötilasta, tiiveydestä ja ympäröivän ilman olosuhteista. Kuivuminen pysähtyy vasta, kun betoni on saavuttanut tasapainokosteuden ympäristönsä kanssa. (Niemelä 2014, s. 15)

Kosteuden poistumisnopeuteen vaikuttavat betonirakenteen paksuus, kerroksellisuus ja se, pääseekö rakenne kuivumaan yhteen vai useampaan suuntaan. Kuivumisnopeuteen vaikuttavat myös betonivalun jälkeen tullut kosteus, kuten jälkihoitovesi, sadevesi, pinta-

valut ja tasoitekerrokset. Lisäksi kuivumiseen vaikuttaa työmaalla vallitsevat kuivumisolosuhteet. Ontelolaattojen onteloihin jääneen veden poisto tulee varmistaa vedenoistoreikien avulla. Rakennetta ei tulisi päästä kastumaan lujittumisen jälkeen, sillä uudelleen kastunut betoni kuivuu huomattavasti hitaammin kuin juuri valettu. Mikäli betoni kuitenkin pääsee kastumaan uudelleen, tulee kuivumisaika-arviota usein muuttaa tai kuivumista tehostaa. (RIL 250-2011 2011, s. 62, 68; Pentti 2013)

Betonin kovettumisreaktion jälkeen betonin suhteellinen kosteus on tyypillisesti 90–98 % riippuen betonilaadusta ja ympäröivistä olosuhteista. Betonirakenne pyrkii kokonaisuudessaan saavuttamaan tasapainokosteuden ympäristön kanssa, mutta rakennusvaiheessa riittää, kun betoni on kuivunut vaadittuun kosteusraja-arvoon määrättyllä arviointisyvyydellä. (Merikallio et al. 2007, s. 20) Betoni kutistuu kuivuessaan jonkin verran hienoainesmäärästä, sementin laadusta ja vesi-sementtisuhteesta riippuen. Merikallion et al. (2007, s. 71) mukaan kuivumiskutistuma tulee huomioida erityisesti pinnoitettavissa, kuten vedeneristettävissä ja laatoitettavissa tiloissa. Alustan suuret liikkeet voivat aiheuttaa pakkovoimia ja laattojen irtoamista. Betonin suhteellisen kosteuden tulee olla arviointisyvyydellä alle 90 % ennen vedeneristystöiden aloittamista. Tällöin varmistutaan siitä, että betonin suurin kuivumiskutistuminen on jo tapahtunut.

2.4.4 Kosteuden haittavaikutukset

Ilman mikrobipitoisuus vaihtelee huomattavasti eri vuodenaikojen välillä. Kesällä mikrobeja esiintyy runsaasti, mutta talvella niitä on vähän maan ollessa lumen peitossa. Myös materiaaleissa on luontaisesti eri mikrobeja. Rakennuksen sisäilman mikrobikasvustoon vaikuttavat ulkoilman mikrobit sekä mikrobien sisälähteet, joita ovat esimerkiksi elintarvikkeet, huonepöly, kotieläimet, ihmiset ja rakenteissa esiintyvät kosteusvauriot. (Sisäilmäyhdistys ry 2021)

Terveysturvallisuuslain 26 §:n mukaan rakennuksessa esiintyvät mikrobit eivät saa aiheuttaa terveyshaittaa käyttäjilleen. Jotkin rakenteissa olevat mikrobit, kuten erilaiset home sienet, ovat ihmisen terveydelle haitallisia, ja ne voivat aiheuttaa altistuneille pitkäaikaisia tai jopa elinikäisiä hengitystiesairauksia. Myös rakennusten kosteusvaurioiden korjauskustannukset ovat usein mittavia. Hometta muodostuu olosuhteissa, joissa lämpöä, hapetta, orgaanista ainetta sekä kosteutta esiintyy riittävästi. Tavanomaisessa rakennuksessa olosuhteisiin voidaan vaikuttaa hyvin rajallisesti, joten varmin keino homeiden torjumisessa on kosteuden pääsyn estäminen rakenteisiin. (Rakennusfysiikka 2009, s. 207, 210)

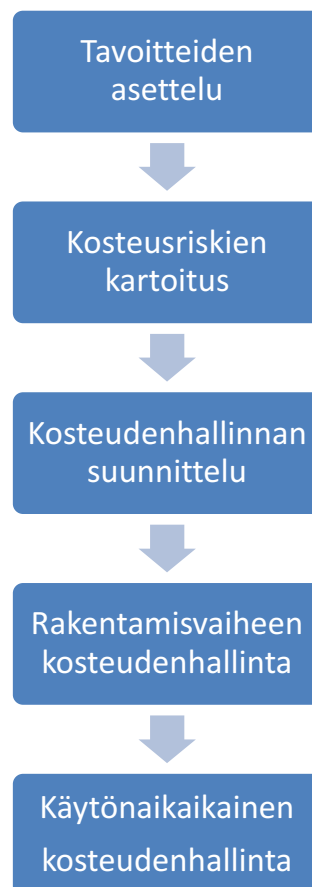
Rakenteessa oleva kosteus aiheuttaa ensin kosteusvaurion, joka pitkittyessään saattaa muodostua mikrobivaurioksi. Betoni on korkean alkalisuutensa vuoksi huono kasvualusta mikrobeille, mutta betonin pinnalle voi kuitenkin syntyä mikrobikasvustoa sahanpurun tai muun orgaanisen aineen seurauksesta. Mikrobit vaativat usein kasvaakseen vähintään 5 °C lämpötilan ja yli 80 % suhteellisen kosteuden. (Merikallio et al. 2007, s. 34; Teriö & Hämäläinen 2017, s. 64) Rakenteissa olevan kosteuden haittavaikutukset voivat olla kemiallisia, fysikaalisia, biologisia, sähkökemiallisia tai rakenteiden likaantumista. Haitallisimpia yhdisteitä ihmisen terveydelle ovat biologisiin vaurioitumisen mekanismeihin liittyvät mikrobikasvustot sekä kemialliseen vaurioitumismekanismiin liittyvät pinnoitteiden sideaineissa tapahtuvat emissiot. Esimerkkinä voidaan pitää mattoliimojen vaurioitumista kosteudesta. (Niemelä 2014, s. 14)

Rakenteessa oleva kosteus saattaa muuttaa myös materiaalien ominaisuuksia. Esimerkiksi puun lujuus usein heikkenee ja se turpoaa kastuessaan. Myös lämmöneristeiden eristävyysominaisuudet heikkenevät huomattavasti kosteussisällön kasvaessa. Peitettäessä kosteita rakenteita tulee niissä oleva kosteus siis vaikuttamaan myös ympäröiviin rakenteisiin. Kosteuden aiheuttamat haittavaikutukset riippuvat kosteuden määrästä, ajasta, lämpötilasta ja materiaalien ominaisuuksista sekä rakenteen kyvystä tuulettua tai poistaa kosteutta. (Niemelä 2014, s. 32)

3. KOSTEUDENHALLINTA

3.1 Rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessi

”Rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessi on katkeamaton ja tietoa kumuloiva laadunhallintaprosessi, jolla hallitaan rakennuksen kosteusteknistä suunnittelua sekä rakennusaikaisia kosteusrasituksia” (RIL 250-2011 2011, s. 19). Kosteudenhallinta tulee käsittää kokonaisuutena, jossa huomioidaan rakennuksen kosteusrasitus ja vaurioiden estämiseksi tehtävät toimenpiteet. Kosteudenhallinnalla tarkoitetaan kaikkia toimenpiteitä, joilla ehkäistään rakenteiden ja materiaalien kosteudensietokyvyn ylittymistä. Kuvassa 2 on esitetty rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessin päävaiheet. Rakennushankkeen kosteudenhallinnan tulee perustua kosteusriskien systemaattiseen arviointiin sekä niiden torjumiseen ja valvontaan suunnittelun sekä toteutuksen aikana (RIL 250-2011 2011, s.20). Kosteudenhallinnan tärkein tavoite on varmistaa rakennuksen käyttäjille terveellinen sisäilma.



Kuva 2 Rakennushankkeen kosteudenhallinnan päävaiheet.

3.1.1 Tavoitteiden asettelu

Rakennushankkeeseen ryhtyvä määrittää vaatimustason rakentamisen kosteudenhallinnalle huomioiden kuitenkin viranomaismääräysten minimivaatimukset. Suunnittelijoilta ja urakoitsijalta voidaan vaatia sopimusasiakirjoissa myös rakennuttajan omien ja tavanomaista tiukempien kosteudenhallinnan ohjeistuksien sekä kriteerien noudattamista. Rakennushankkeeseen ryhtyvän asettamat vaatimukset ja laadulliset tavoitteet sekä kosteusriskiluokka tulee esittää urakkaohjelmassa ja sen liiteasiakirjoissa. Vaatimukset on hyvä esittää myös urakan tarjouspyynnössä, jolloin urakoitsijalla on mahdollisuus kosteudenhallinnan alustavaan suunnitteluun ja siitä aiheutuvien kustannuksien varautumiseen jo urakkatarjouksen laskentavaiheessa. (Ratu S-1232 2013) Kosteudenhallintaan liittyvät laadulliset tavoitteet kohdistuvat tyypillisesti projektiorganisaatioon, suunnitteluratkaisuihin, työmaan olosuhdehallintaan ja rakennuksen ylläpitoon sekä käyttöön. Tavoitteet sitovat ja ohjaavat rakennushanketta suunnittelusta aina rakennuksen ylläpitoon asti.

Asetettujen vaatimusten ja tavoitteiden toteutumisesta vastaa hankkeen kosteudenhallintakoordinaattori. Kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävä perustuu ympäristöministeriön asetukseen 782/2017, jonka mukaan rakennushankkeeseen on nimitettävä hankkeen kosteudenhallinnasta vastaava henkilö. Kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävänä on tilaajan edustajana valvoa ja ohjata rakennushankkeen kosteudenhallintaan liittyvien toimenpiteiden suunnittelua ja toteutusta koko hankkeen ajan. Kosteudenhallintakoordinaattori voi olla tilaajan omasta tai kokonaan ulkopuolisesta organisaatiosta. Vaativissa hankkeissa on kuitenkin suositeltavaa, että henkilö on suunnittelijoista ja urakoitsijasta riippumaton asiantuntijataho. Pientalohankkeissa tehtävään voidaan nimetä esimerkiksi vastaava työnjohtaja. (FISE Oy 2021)

Henkilöpätevyyspalvelu FISE Oy myöntää kosteudenhallintakoordinaattorin päteyyksiä, jotka edellyttävät henkilön riittävää koulutusta ja kokemusta kosteudenhallintaan liittyvistä tehtävistä. Pätevyysvaatimukset perustuvat Maankäyttö- ja rakennuslain 1999/132 määrittelemään suunnittelijoiden ja työnjohtajien kelpoisuusvaatimuksien vaativuusluokkaan Vaativa. Kosteuskoordinaattoripätevyys hakijan täytyy olla suorittanut vähintään rakennusalan alemman korkeakoulututkinnon. Lisäksi pätevyyskoulutuksena edellytetään kosteuskoordinaattorin 5 opintopisteen täydennyskoulutusta sekä pätevyystentin suorittamista. Hakijalla tulee olla työkokemusta vähintään kahden vuoden ajalta kosteudenhallintaan liittyvistä suunnittelu-, työnjohto- tai valvojan tehtävistä. Pätevyys on voimassa 7 vuotta, jonka jälkeen se tulee uusiksi. Kosteudenhallintakoordinaattorina voi toimia myös esimerkiksi Rakennustyön valvojan pätevyydellä. (FISE Oy 2021)

3.1.2 Kosteusriskien kartoitus

Ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 12 §:n mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Selvitykseen on sisällyttävä hankkeen yleistiedot, kosteudenhallinnan vaatimukset ja toimenpiteet sekä nimettävä tehtävään sidotut henkilöresurssit ja kosteudenhallintakoordinaattori. (Ympäristöministeriö 2017) Selvityksen laatiminen aloitetaan tyypillisesti hankesuunnitteluvaiheessa ja sitä täydennetään suunnittelun edetessä. Selvitys tulee sisältää hankkeeseen liittyvät kosteusriskit sekä menetelmät kosteusriskien toteutumisen torjumiseen. Kosteudenhallintaselvitys vaaditaan kaikissa luvanvaraisissa hankkeissa rakennuslupahakemuksen liitteenä. Mikäli hankkeessa käytetään yleisesti hyväksyttyä menettelyä, kuten Kuiva-keiju10-toimintamallia, voi selvitys olla kosteudenhallintamenettelyjen kuvaamisen osalta suppeampi. (Kosteudenhallinta.fi 2020)

Suunnittelun alkuvaiheessa määritetään kosteusriskiluokka hankkeen kosteusteknisen ja kosteudenhallinnan vaativuuden mukaan. Kosteusriskiluokitus on kolmiportainen, jossa luokkaan 1 kuuluvat tavanomaiset asuin-, liike- ja toimistorakennukset. Luokkaan 2 kuuluvat normaalia vaativammat kohteet, kuten koulut ja päiväkodit. Luokkaan 3 kuuluvat rakennukset, joissa on suuri kosteusrasitus, tai jonka suunnittelu, toteutus tai ylläpito on kosteudenhallinnan kannalta erittäin vaativaa. (RIL 250-2011 2011, s. 28)

3.1.3 Kosteudenhallinnan suunnittelu

Suunnitteluvaiheessa on huomioitava suunnitteluratkaisujen kosteustekninen toimivuus sekä niiden toteutettavuus. Rakennushankkeen suunnittelutyötä ohjataan suunnitteluohjauksen avulla, mutta kaikkien osapuolten velvollisuus on huolehtia hankkeen kosteudenhallinnasta. Tärkein tavoite on varmistaa, että rakennus ympäristöineen vastaa tilaajan sekä käyttäjien vaatimuksia ja tarpeita niin toiminnallisuuden, esteettisyyden, ympäristöön soveltuvuuden, terveellisuuden ja turvallisuuden, kuin myös taloudellisten tavoitteiden osalta. (Skanska Talonrakennus Oy 2018)

Rakenteiden kosteusvaurioitumiseen johtavat syyt ovat usein monen eri tekijän summa. Vaurioitumiseen vaikuttavat rakentamisen aikataulu ja sen toteutettavuus, suunnitteluratkaisut, materiaalien vaurioherkkyys ja tuotanto-olosuhteet. Myös tuotantohenkilöstön tietämys ja osaaminen työmaan kosteudenhallinnan osalta vaikuttavat oleellisesti rakenteiden kosteustekniseen onnistumiseen. Tuotannossa tapahtuvan inhimillisen virheen mahdollisuus tulee huomioida rakennusta suunniteltaessa käyttämällä esimerkiksi vakioituja materiaaleja ja suunnitteluratkaisuja, joiden vaurioherkkyys on pieni tai vikasietykyky on hyvä. (Niemelä 2014 s. 45) Herkästi vaurioituvien materiaalien ja rakenneratkaisujen sekä vaikeasti hallittavan tuotantomenetelmien käyttöä tulisi siis välttää.

Rakennesuunnitelmiin tehdään tyypillisesti riskitarkastelu, jossa eri rakenneosien kosteusrasitukset sekä kuivumis- ja kosteudensietokyky arvioidaan. Riskiarvioinnin toimenpiteet kohdistetaan erityisesti rakenteisiin, joiden kosteusrasitus ja vaurioitumisriski suurin. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi maanvastaiset rakenteet, julkisivut, vesikatto ja päällystettävät betonirakenteet. Mikäli rakenne on kosteusvaurioaltis, tulee rakenteelle syntyvää kosteusrasitusta vähentää tai vaihtaa materiaalit paremmin kosteutta sietäväksi. Kosteusrasituksen ollessa rakenteellista tai tuotanto-olosuhteiden vuoksi vähäinen, riittää toimenpiteeksi olosuhteiden ja kosteusrasituksen seuranta. (Niemelä 2014, s. 59–61)

Rakenteen vaurioherkkyttä voidaan arvioida olemassa olevan tiedon tai kokemusten perusteella. Kosteudensietokykyä voidaan arvioida tutkimalla, kuinka helposti materiaaliin muodostuu mikrobikasvustoa. Lisäksi kosteus saattaa aiheuttaa joidenkin materiaalien lujuus- tai lämmöneristävyysominaisuuksien heikkenemistä. Käytännössä parhaat edellytykset materiaalien kosteusteknisen riskiarvioimisen tekemiselle antavat materiaalivalmistajien omat ohjeistukset. (Niemelä 2014, s. 46–47) Rakennusratkaisujen riskialttiutta voidaan arvioida parhaiten tehtyjen havaintojen ja aikaisemmin saatujen kokemusten perusteella. Usein on siis varmintä käyttää yritykselle vakioituja ja hyväksi todettuja rakennusratkaisuja.

Rakentamisessa käytettävät materiaalit ovat kehittyneet viime vuosien aikana. Kosteudelle erityisen herkkiä rakennusmateriaaleja ovat puu, kipsilevyt sekä useimmat eristeet ja pintamateriaalit. Rakenteiden ja materiaalien homeriskiä voidaan arvioida laskennallisesti VTT Oy:n ja TTY:n yhteistyössä kehittämän homemallin avulla. Homemallin avulla voidaan laskea homeindeksi, joka kuvaa rakenteen tai materiaalin homehtumisastetta. Esimerkiksi mineraalivilloissa ei ole todettu esiintyvän herkästi mikrobikasvustoa, mutta villojen avohuokosiin kulkeutuva pöly ja tai muun epäpuhtauden tuomat ravinteet lisäävät homehtumisriskiä. Voidaan myös todeta, että lähes kaikissa materiaaleissa alkaa pitkällä aikavälillä esiintymään mikrobikasvustoa lämpötilan ja kosteusolosuhteiden ollessa kasvun kannalta suotuisia. (Niemelä 2014, s. 50)

Tyypillisimmät uudisrakentamisessa esiintyvät kosteus- ja sisäilmaongelmat liittyvät lattiamateriaalien reagointiin pintabetonilattian kanssa. Rakenteiden toimivuuden varmistamisessa on havaittu epävarmuutta erityisesti liimattavien mattojen kanssa. Vinyyli- tai muovipintaiset matot kestävät itsessään hyvin kosteutta, mutta kiinnitysaineena käytettävien liimojen sideaineet ovat hyvin kosteusherkkiä. Tämän vuoksi pinnoitettavuuden raja-arvot määritetään usein liimojen kyvystä sietää kosteutta. Raja-arvoissa on usein varmuusmarginaalia, joten niistä voidaan poiketa tapauskohtaisesti tarkemman fysikaalisen tarkastelun perusteella. Mattopinnoitteiden vesihöyrynvastus huomioimalla voidaan

esimerkiksi osoittaa, että päällyste päästää vesihöyryä nopeammin lävitse kuin mitä betoni ehtii haihduttamaan. Liimattavien päällysteiden valmistajat eivät kuitenkaan aina kerro materiaalien vesihöyrynläpäisevyyksiä, jonka vuoksi raja-arvojen tarkentaminen on haastavaa. (Niemelä 2014, s. 51; Sisäilmastoseminaari 2019, s. 223, 225–226)

Päällystemateriaalin vesihöyrynläpäisevyys tulee olla suurempi kuin alustan betonilla. Rakennusteollisuus RT ry:n vuonna 2017 käynnistämän tutkimushankkeen mukaan betonin alkalinen kosteus eli päällystettävän alustan korkea pH-arvo voi vaurioittaa yhdessä kosteuden kanssa muovipäällysteistä liimattua lattiarakennetta ja aiheuttaa siten sisäilmahaittoja. Rakennusteollisuus RT ry:n (tiedote 21.2.2019) mukaan saatujen tutkimustulosten perusteella betonin ja lattiamateriaalin välissä suositellaan käytettävän vähintään viiden millimetrin paksuista matala-alkalista (pH < 11,5) tasoitekerrosta.

Työmaan kosteudenhallintaa suunniteltaessa tulee huomioida myös rakennuksen ympäristöolosuhteet, työnaikaiset olosuhteet ja -rasitukset sekä tavoitteet kohteen käyttötarkoitus huomioiden. Hankkeissa, joissa urakoitsija voi vaikuttaa suunnitteluun, on hyvä jakaa tietoa käytettävistä tuotantomenetelmistä. Tällöin suunnittelijat voivat arvioida työnaikaiset kosteusrasitukset ja huomioida niiden vaikutukset rakenteiden toiminnassa. Mikäli urakoitsija ei pääse osallistumaan kohteen suunnitteluun, on urakoitsijalla rajalliset mahdollisuudet vaikuttaa suunnitteluratkaisujen toteutettavuuteen ja toteutuksen muodostamiin riskeihin. (Niemelä 2014, s. 35)

Ympäristöministeriön asetuksen rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015 mukaan kosteudenhallintasuunnitelmaan on sisällytettävä tieto toimenpiteistä, joilla rakennusmateriaalit ja -osat suojataan sään kosteusrasitukselta sekä määriteltävä menetelmät, joilla kastuneiden rakenteiden kuivuminen varmistetaan. Suunnitelmassa tulee huomioida erityisesti riskitekijät, kuten lyhyt rakentamisaika tai käyttötarkoitukseen riskialtis pinnoite, jotka saattavat vaikuttaa rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen (Niemelä 2014, s. 58). Suunnitelmaa päivitetään koko rakentamisen ajan. Työmaaorganisaatio vastaa kosteudenhallintasuunnitelman sekä kosteusmittaus suunnitelman laatimisesta. Suunnittelijoiden tehtäviin sisältyy hankkeessa olevien kosteusriskien arviointi ja rakenteiden kuivumisaika-arvioiden laatimisessa avustaminen.

Ennen rakentamisen aloittamista päätoteuttajan tulee perehtyä huolellisesti kohteen rakennus- ja rakennesuunnitelmiin sekä arvioida niiden riskialttiutta rakenteiden kosteusteknisen toiminnan ja työmaatoteutuksen kannalta. Tällöin käytettäviin tuotantomenetelmiin ja materiaalivalintoihin on usein mahdollista vielä vaikuttaa. Rakennusaikataulua tehtäessä tulee huomioida rakenteiden vaatima kuivumisaika. Etenkin työmaalla valetut

betonirakenteet vaativat usein kuukausien kuivumisajan, joka on huomioitava viimeistään yleisaikataulua laatiessa. (Sisäilmayhdistys ry 2008) Pääurakoitsija tulee esittää laatimassaan kosteudenhallintasuunnitelmassa menetelmät, joilla betonirakenteiden kuivuminen tullaan varmistamaan.

Alustava kosteudenhallintasuunnitelma laaditaan tyypillisesti jo hankkeen toteutussuunnitteluvaiheessa. Suunnitelman on tarkoitus toimia työmaan kosteudenhallintaprosessin käytännön työkaluna. Suunnitelma perustuu kohteeseen laadittuun riskikartoitukseen, jossa esitetään kohteen kosteustekniset riskit ja kriittisimmät tekijät laadun kannalta (RIL 250-2011 2011, s. 95). Suunnitelman tavoitteena on tunnistaa kriittiset rakentamisvaiheet sekä rakenteet, ja määrittää toimenpiteet riskien hallitsemiseksi. Suunnitelmaan sisällytetään myös rakenteiden kuivumisaika-arviot sekä eri pintamateriaalien päällystettyvyyden raja-arvot. Suunnitelmaan nimetään vastuuhenkilöt, jotka huolehtivat työmaan kosteudenhallinnan toteutumisesta suunnitelmien mukaan.

Suunnitteluratkaisut vaikuttavat konkreettisesti toteutettavuuteen. Esimerkiksi paikalla valettu betoniholvi on huomattavasti tiiviimpi kuin elementtirakenteinen runko ontelolaatatvälipohjineen. Paikallavalettu betoniholvi on hyvin suunnitellulla vedenpoistolla lähes vesitiivis, jolloin sisätyövaiheiden aloittaminen aikaisemmin alemmissä kerroksissa on mahdollista. Ontelolaatat mahdollistavat kuivissa olosuhteissa nopeamman pinnoitettavuuden, mutta toisaalta ontelolaatan onteloihin kerääntynyt vesi aiheuttaa usein omat haasteensa. Rakenteiden kuivumisaikaan saattaa vaikuttaa myös lämmöneristeiden asentamisajankohta. Etenkin talvisin rakennus tulee saada lämpimäksi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa betonin kuivumisen edistämiseksi. Lämmöneristeiden ominaisuudet vaikuttavat siihen, kuinka paljon ne kestävät työnaikaista kosteusrasitusta. Muuratavassa julkisivussa eristeet voivat olla jopa kuukausia säärasitukselle alttiina. Materiaalivalinnat vaikuttavat siis oleellisesti siihen, millaisia suojaustoimenpiteitä työmaalle tarvitaan. (Niemi 2014, s. 34–36)

3.1.4 Rakentamisvaiheen kosteudenhallinta

Pääurakoitsija toteuttaa rakennuskohteen yhteistyössä rakennuttajan, suunnittelijoiden, rakennusosatoimittajien ja muiden osapuolten kanssa. Urakoitsijan laadunvarmistukseen ja erityisesti kosteudenhallintaan liittyviä tehtäviä ovat kosteudenhallintasuunnitelman sekä toteuttamiskelpoisen aikataulun laatiminen ja päivittäminen, sekä tavoitteiden mukaisten kosteudenhallintatoimenpiteiden määrittely, organisointi ja valvonta. (RIL 250-2011 2011, s. 93) Työmaan kosteudenhallinta tulee huomioida myös logistiikan suunnittelussa, aluesuunnitelmassa ja tehtäväsuunnitelmissa. Pääurakoitsijan tulee sopia teknisesti, työntekijöiden perehdyttämisellä ja tuotannon valvonnalla huolehtia,

että jokainen työmaaorganisaation osapuoli huolehtii kosteudenhallinnasta omalta osaltaan. Työmaan kosteudenhallinta voidaan jakaa seuraaviin osa-alueisiin:

- Kosteusriskien kartoitus
- Kuivumisaika-arviot
- Olosuhdehallinta ja suojaus
- Kosteusmittaus suunnitelma
- Organisointi, seuranta ja valvonta
- Raportointi. (RIL 250-2011 2011, s. 20, 94)

Pääurakoitsijan tärkein keino rakenteiden kuivattamiseen on työmaan olosuhteiden hallitseminen. Olosuhdehallinnan tavoitteena on estää rakennusaikaiset kosteusriskit sekä saada rakenteet kuivattua, ja siten varmistaa rakennuksen valmistuminen aikataulussa. Olosuhdehallintaan sisältyy myös rakenteiden, rakenneosien sekä rakennusmateriaalien suojaaminen erilaisilta sääolosuhteilta.

Rakenteiden riittävän alhainen kosteuspuitoisuus tulee varmistaa asianmukaisilla kosteusmittauksilla ennen rakenteen päällystämistä tai pinnoittamista. Materiaalin päällystysraja-arvo ilmoitetaan betonin suhteellisen kosteuspuitoisuuden (RH%) arvoina. Raja-arvoa voidaan pitää kriittisenä kosteuspuitoisuutena, jonka ylittyessä betonin ja pintaan asennetun materiaalin rajapinnassa materiaali tai materiaaliyhdistelmät saattavat vaurioitua kosteuden vaikutuksesta. (Sisäilmayhdistys ry 2008) Päällystysmateriaalien vaadittavat raja-arvot, mittauspaukat ja -menetelmät sekä käytettävä mittalaitteisto esitetään pääurakoitsijan laatimassa kosteusmittaus suunnitelmassa. Kosteudenhallintasuunnitelmaa täydentämään laaditaan kosteusmittaus suunnitelma, josta ilmenee tarkemmin rakennepaikat, joiden kosteutta mitataan sekä raja-arvot, joita tavoitellaan.

Työmaan kosteudenhallinnan vastuuhenkilönä toimii tyypillisesti työmaan vastaava mestari tai pääurakoitsijan työnjohtaja. Vastuuhenkilö valvoo ja dokumentoi kosteudenhallintasuunnitelman mukaista toteutumista esimerkiksi seuraamalla ja ylläpitämällä työmaan olosuhteita. Mahdollisen vesivahingon sattuessa henkilö teettää kosteuskartoituksen, hankkii tarvittavat lämmitys- ja kuivatuskaluston sekä tilaa kosteusmittaukset. Tehtäviin kuuluu osittain myös rakennuksen, rakennusosien ja materiaalien sääsuojauksien suunnittelua ja valvontaa. Työmaalla havaituista kosteudenhallintaan liittyvistä puutteista ja poikkeamista on ilmoitettava välittömästi vastuuhenkilölle. Kosteudenhallinnan suorittamisesta, poikkeusolosuhteista, vesivahingoista ja mittaustuloksista dokumentoidaan erikseen sovitulla tavalla. (RIL 250-2011 2011, s. 108)

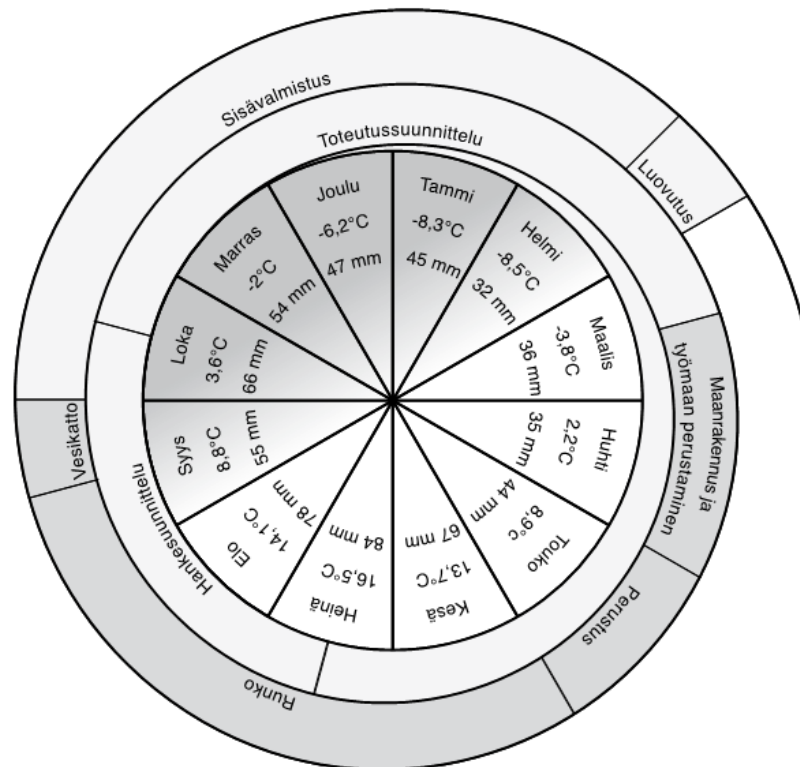
3.1.5 Käytönaikainen kosteudenhallinta

Rakentamisvaiheen päätyttyä oleelliset toteumatiedot tulee siirtää rakennuksen omistajalle, käyttäjille sekä ylläpidosta vastaavalle. Rakennuksen huoltokirjaan liitetään tietoja kosteudenhallinnan osalta, kuten riskipaikkojen seurantaohje, tarkastusta vaativien rakenteiden tarkastusjaksot ja -ohjeet, märkätilojen kuivatus- ja tuuletusohjeet sekä vesi- vuototilanteisiin varautuminen. Myös rakentamisen aikana laaditut tarkastusasiakirjat, kosteusmittauspöytäkirjat ja muut vastaavat dokumentit talletetaan osapuolten saatavaksi. (RIL 250-2011 2011, s. 108) Rakennuksen käyttö- ja huoltohenkilöstön osaaminen varmistetaan perehdyttämällä ja käytön opastuksella. Näin toimimalla rakennuksen kosteustekninen toimivuus voidaan varmistaa koko rakennuksen elinkaaren ajaksi.

3.2 Työmaan olosuhdehallinta

3.2.1 Olosuhteiden vaikutus rakentamisessa

Suomessa on neljä vuodenaikaa, jolloin olosuhdetekijät voivat vaihdella huomattavasti. Tällaisia olosuhdetekijöitä ovat lämpötilan ja ilmankosteuden vaihtelut, tuuli, jää sekä vesi- ja lumisateet. Rakentamisen kannalta on tärkeintä tunnistaa ja arvioida olosuhteisiin liittyvät riskit jo etukäteen, sekä varautua niiden torjuntaan. Työmaalle onkin hyvä varata olosuhdehallintaan liittyvää kalustoa ja materiaalia etukäteen. Rakennuksen sääsuojauksesta tulisi tehdä päätös hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin suojauskustannuksiin voidaan varautua hyvissä ajoin. Kuvan 3 avulla voidaan arvioida tavanomaisen rakennushankkeen eri rakennusvaiheiden yleisolosuhteita. Sisimmäisissä sektoreissa on esitetty kuukausien keskilämpötilat ja keskimääräiset sademäärät Jyväskylän havaintoasemalla. Ulkokehälle on merkattu tavanomaisen talonrakennushankkeen työvaiheiden kestot. Rakennushankkeen aloitusajankohtaa ja paikkakunnan keskimääräisiä sääoloja muuttamalla voidaan siis arvioida, millaisia olosuhteita on keskimääräisesti odotettavissa. (Ratu S-1234 2017)



Kuva 3 Keskimääräiset sääolosuhteet Jyväskylän havaintoasemalla (Ratu S-1234 2017).

3.2.2 Olosuhdehallinnan suunnittelu

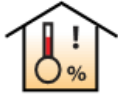




Suunnittelijoilla ja rakennusurakoitsijalla tulee olla riittävä osaaminen rakennusfysikaalisista ilmiöistä, jotta voidaan ymmärtää, mikä merkitys rakentamisen aikaisilla ilmiöillä on rakenteellisen toiminnan kannalta. Ilmiöiden tunnistaminen mahdollistaa suunnittelijoita sekä urakoitsijaa valitsemaan käytännön toimenpiteet, joiden avulla rakenteet kuivuvat ja kosteusvaurioiden syntyminen voidaan ehkäistä. (Niemelä 2014, s. 28)

Työmaan olosuhdehallintaa suunniteltaessa on ensin selvitettävä rakennuttajan vaatimukset ja tavoitteet hankkeen kosteudenhallinnalle. Rakennuttajan laatimasta kosteudenhallintaselvityksestä ilmenee rakennuksen sääsuojan tarve ja kosteusriskit, joihin tulee erityisesti varautua rakentamisen aikana. Sääsuojaus valitaan sen mukaan, miltä halutaan suojautua. Yleisimmin suojaudutaan kylmältä ja sateelta. Erilaisia sääsuojausmenetelmiä ovat kevyet suojapeitteet, julkisivusuojat ja koko rakennuksen tai rakennusosan kattavat sääsuojat. Sääsuojauksen selkeitä etuja ovat työturvallisuuden paraneminen, sulatus- ja lumitöiden väheneminen, työolosuhteiden paraneminen sekä kosteusriskin pieneneminen. (Niemelä 2014, s. 53) Sääsuojauksen suunnittelu on kuitenkin usein haastavaa, sillä sääsuojauksen lisäksi tulee huomioida töiden eteneminen, työturvallisuus ja sääsuojauksen paikallaan pysyminen. (Teriö & Hämäläinen 2017, s. 19) Myös

sääsuojan kustannukset saattavat olla kohtuuttomia saavutettuun hyötyyn verrattuna. Mikäli koko rakennuksen kattavaa sääsuojaa ei käytetä, säärasitukselle alttiiden työvaiheiden ja materiaalien suojaus tulee määrittellä erikseen. Koko rakennuksen sääsuojauksen valintaan vaikuttavat erityisesti vaaditut olosuhteet, kustannukset ja tilaajan vaatimukset.

Rakennuksen lämpötilaa voidaan hallita suojausien, eristyksien sekä lämmitys- ja jäähdytyskaluston avulla. Lämpöolosuhteisiin vaikuttavat ilman lämpötilan lisäksi ilmankosteus, tuuli ja ympäröivien pintojen lämpötila. Talvisin maarakennusvaiheessa tulee huomioida myös maan routiminen. Maarakennustyöt tulisikin ajoittaa aina roudattomaan vuodenaikaan. Rakennusmateriaalit ja rakenteet tulee aina suojata sääolosuhteiden kosteusrasitukselta. (Ratu S-1234 2017) Esimerkiksi sateelta ja lumelta suojaamiseen käytetään tyypillisesti sääsuojia ja suojapeitteitä.

Rakennusosien ja -materiaalien kastumisen estäminen kuljetuksen ja varastoinnin aikana estää materiaalien pilaantumista ja vähentää rakennuskosteutta. Esimerkiksi veden kulkeutuminen sandwich-elementtien eristetilaan on estettävä. Rakennuskosteuden vähentyminen puolestaan vähentää rakennuksen kuivattamisen tarvetta. (Teriö & Hämäläinen 2017, s. 25) Työmaalla olevat materiaalit sekä keskeneräiset rakenteet tulee suojata riittävästi kosteudelta, lämpötilavaihteluilta, tuulelta ja lumisaateelta. Etenkin puurunkoiset rakenteet ja niihin liittyvät eristetyt rakenneosat tulee suojata huolellisesti. Suojausmenetelmän valintaan vaikuttavat vallitsevien sääolosuhteiden lisäksi suojattavan kohteen sijainti, koko, muoto sekä materiaalin tai rakenteen vaurioherkkyys. Myös rakennusosien ja -materiaalien logistiikka sekä varastointialueet on suunniteltava hyvissä ajoin. Aluesuunnitelmaan tulee merkitä varastointipaikka myös herkästi kosteudesta vaurioituville materiaaleille. Varastointialue tulisi sijaita sellaisella paikalla, jossa materiaalien suojaaminen on mahdollista sekä materiaalsiirrot voidaan toteuttaa materiaaleja kastamatta. (Niemelä 2014, s. 46) Kuvassa 4 on esitetty eri rakennusmateriaalien ohjeelliset varastointi- ja suojaustavat.

Käyttötila	Lämmin tila	Sisätila	Suojainen tila	Ulkotila
				
Säilytys lämmitetyssä sisätilassa. Materiaalilla voi olla erityisiä olosuhdevaatimuksia, kuten lämpötila tai ilmankosteus.	Materiaali säilytetään lämmitetyssä sisätilassa.	Materiaali tulee säilyttää sisätilassa kastumiselta. Ei välttämättä lämpötilavaatimusta. Varastointipaikka esim. ulkorakennus tai varastokontti.	Materiaali voidaan säilyttää katetussa ulkotilassa. Esimerkiksi suojapeitteillä tai katoksella suojattu tila.	Materiaalilla ei ole erityistä suojaustarvetta.
Parketit, laminaatit				
Kalusteet				
Matot				
Kipsi- ja lastulevyt				
Pintatuotteet				
Suojaamattomat puuikkunat ja -ovet				
Pintapuutavara				
IV-koneet ja äänenvaimentimet				
				Laastit
				Runkopuutavara
				Puuikkunat ja -ovet (lyhytaikainen)
				Metalli-ikkunat ja -ovet
				Kuivabetoni
				Lämmöneristeet
				Metallikasetit
				Puuelementit
				Betonielementit
				Keramiikka, tiilet ja laatat
				Raudoitteet
				Metallivarusteet
				Maa-ainekset
				Kattotiilet
				Ulkovarusteet

Kuva 4 Ohjeellinen kuvaus rakennusmateriaalien suojauksesta (Ratu S-1232 2013).

Työmaan olosuhdehallintaan kuuluu myös rakenteiden tiivistäminen rakentamisen ajaksi. Esimerkiksi välipohjaholvin tiivistäminen väliaikaisesti vettä pitävällä kerroksella estää sade- ja sulamisvesien kulkeutumisen alempiin kerroksiin. Tällöin sisävalmistusvaiheen työt voidaan aloittaa jo ennen vesikaton valmistumista. Vedet voidaan ohjata hallitusti esimerkiksi kaivojen kautta kerroksissa oleviin kaivoihin ja viemäreihin. Toinen keino veden poistamiseen holvilta on allastaminen. Tällöin sadevesi kerätään altaiksi suojapeitteiden avulla, josta se pumpataan pois uppopumpuilla. Vähäinen vuotovesi voidaan poistaa alemmilta holveilta vesi-imureilla. Holveilla oleva lumi ja jää tulee aina poistaa mekaanisesti, ettei sulamisvedet pääse kastamaan rakenteita. (Teriö & Hämäläinen 2017, s. 26–28) Betoninen välipohja voidaan tiivistää väliaikaisesti myös pintabetonilattian, kumibitumikermin tai elastomeeripinnoitteen avulla.

Elastomeeri on teollisuudessa käytetty pinnoite, joka ruiskutettaessa muodostaa elastisen ja saumattoman vesitiiviin pinnan.

Jälkihoidon kannalta betonirakenteiden kastuminen on hyväksyttävää ja jopa suotavaa muutaman valun jälkeisen viikon aikana. Kun betonirakenne pääsee kastumaan myöhempanä ajankohtana, on kuivuminen entistä hitaampaa. Betonielementtien kastuminen työmaolosuhteissa ei ole suotavaa missään vaiheessa, sillä elementit voivat olla valmistettu jopa kuukausia ennen asennusajankohtaa. (Niemelä 2014, s. 55)

3.2.3 Rakenteiden kuivattaminen

Rakenteissa oleva rakennuskosteus on yleinen haaste rakennustyömaalla, sillä päällystettävät betonirakenteet on saatava riittävän kuiviksi ennen seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä. Kosteuden poistamisesta rakenteesta ja sisäilmasta on huolehdittava riittävän lämmityksen ja tuuletuksen avulla. Liiallisen sisäilman kosteuden vuoksi rakenteiden kuivatuksessa saattaa joutua turvautumaan ylimääräisen kuivatusjärjestelmän käyttämiseen. Kuivattavaan kohteeseen tulee aina valita tehokkain ja taloudellisin kuivatusmenetelmä riippuen ympäristön lämpö- ja kosteusolosuhteista sekä rakenteiden kosteuspiitoisuudesta. Kohteen lämmittämiseen tulee ensisijaisesti käyttää rakennuksen omaa lämmitysjärjestelmää ja tarvittaessa lisälämmittämiä.

Ulkoilman kosteussisällön vaihtelu eri vuodenaikoina tulee huomioida betonin kuivumisaika-arvioita tehdessä. Erillistä kuivauskalustoa tarvitaan tyypillisesti kesäisin ja syksyisin, jolloin kuivaa ilmaa ei ole saatavilla. Tällöin voidaan käyttää erilaisia kosteudenerottimia tai vastaavia ilmasta kosteutta poistavia laitteita. Kosteudenerottimen kapasiteetti on kuitenkin vain harvoin riittävä poistamaan koko rakennuksen sisäilman kosteuden. Kylmempinä vuodenaikoina riittävät kuivatusolosuhteet voidaan järjestää sisäilman lämpötilaa nostamalla ja tuuleutusta lisäämällä. Esimerkiksi lämmitetyn betonisen kerrostalon runko voidaan tuulettaa tehokkaasti avaamalla ala- ja yläkerran ulko-ovi tai ikkuna, jolloin termisen paine-eron seurauksesta kostea sisäilma poistuu ja tilalle kulkeutuu kuivempaa ulkoilmaa. (Niemelä 2014, s. 55; Ratu S-1234 2017) Ilman lämmittämiseen kuluu energiaa, joka nostaa rakentamiskustannuksia.

Rakenteita kuivattaessa sisäilman lämpötilan tulisi olla vähintään 20 °C ja ilman suhteellisen kosteuden korkeintaan 50 %. Kosteus pyrkii siirtymään aina kuivempaan suuntaan, joten rakennetta kuivattaessa on huomioitava, että ympäröivä sisäilma on riittävän lämmintä ja kuivaa. Tilan tuuleutusta tulee myös tehostaa kosteuden poistamiseksi. Kuivattava tila kannattaakin usein osastoida, jolloin olosuhteita on huomattavasti helpompi hallita. Kuivumista voidaan tehostaa myös lämmittämällä kuivatettavaa rakennetta, aiheuttamalla ilmavirtauksia rakenteen ympärille tai alentamalla rakennetta

ympäröivän ilman suhteellista kosteutta. Nostamalla betonin lämpötila 10 °C:sta 30 °C:een voidaan betonin kuivumisaika saada puolitettua. Rakenteen pintaosien lämpeäminen saattaa kuitenkin siirtää kosteutta syvemmälle rakenteeseen, joka kannattaa huomioida etenkin rakenteen päällystettävyyttä arvioidessa. Kuivatusolosuhteita ja kuivatuksen tehokkuutta olisi hyvä seurata sisäilman lämpötila- ja kosteusmittauksilla sekä rakenteen seurantakosteusmittauksilla. (RIL 250-2011 2011, s. 104-105)

Rakenteissa olevia kosteuden lähteitä sadeveden ja rakennusveden lisäksi on rakennusmateriaalin valmistuksessa käytetty vesi. Esimerkiksi betoni vaatii runsaasti vettä reagoidakseen. Ylimääräisen veden kuivattamisen tarve riippuu siitä, aiheuttaako rakenteessa oleva kosteus kosteusvaurioita rakenteelle ja poistuuko vesi rakenteesta riittävän nopeasti. (Ratu S-1234 2017) Betonin kastuessa uudelleen lujittumisensa jälkeen, hidastuu kuivuminen huomattavasti. Tämän vuoksi ylimääräisen veden kulkeutuminen rakenteisiin tulee estää. Rakenteen päällä oleva irtonainen vesi tulee poistaa rakenteen päältä mahdollisimman esimerkiksi vesi-imurilla.

Veden lisäämistä betonimassaan tulee välttää, sillä liiallinen vesi hidastaa kuivumista, lisää kutistumaa ja halkeiluriskiä sekä heikentää pinnan laatua. Betoni kutistuu kuivuesaan, mikä tulee huomioida erityisesti pinnoitettavissa, kuten vedeneristettävissä pintalattioissa. Betonin jälkihoitoajan päätyttyä betonin pinnalla oleva hieno sementtiliima poistetaan hiomalla kuivumisen tehostamiseksi sekä pinnan laadun parantamiseksi. (Merikallio et al. 2007, s. 10, 12) Käytettäessä tiiviitä lattiapäällysteitä betonilattia tulee tasoittaa 5 mm paksuisella matala-alkalisella tasoitekerroksella ennen päällystämistä. Tasoitteessa oleva vesi kastelee betonirakenteen pintaosia, mutta kosteus poistuu betonin pintaosista ja tasoitteesta yleensä noin viikon kuluessa kuivumisolosuhteiden ollessa hyviä. (Merikallio et al. 2007, s. 43)

3.3 Kosteusmittaukset

Työmaan olosuhdemittauksia voivat olla rakenteen tai sisäilman suhteellisen kosteuden sekä lämpötilojen mittaukset. Betonin suhteellista kosteutta mitattaessa tulee soveltaa Rakennustieto Oy:n laatimaa RT-ohjekorttia (RT 10333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus). Ohjekortti on julkaistu huhtikuussa 2021, ja se korvaa ohjekortin RT 14-10984. Uudessa RT-kortissa esitetään betonirakenteiden suhteellisen kosteuden mittaus tarkkuustekijöineen seuraavilla menetelmillä: porareikämittaus, näytepalamittaus ja jaksoittain luettavat sekä jatkuvatoimiset seurantamittaukset. Ohjeessa annetaan myös yleisohjeita mittaustulosten tulkinnalle. Uudessa ohjeessa keskitytään erityisesti päällystys-

raja-arvon mittausvarmuuden parantamiseen huomioimalla mittaustarkkuuteen vaikuttavat tekijät. Päällystysraja-arvolla tarkoitetaan suhteellisen kosteuden arvoa, joka tulee alittaa mittausepävarmuus huomioon ottaen ennen päällystystä. Raja-arvossa huomioidaan päällysteen, kiinnitysaineen ja tasoitteen kosteudenkesto sekä vesihöyrynläpäisevyys, raja-arvon tarkkuus sekä haluttu varmuusmarginaali. (RT 103333 2021)

Rakentamisen aikana tehtävät kosteusmittaukset ovat tärkeä osa työmaan kosteuden ja laadunhallintaa. Kosteudenhallintasuunnitelmaa täydentävässä kosteusmittaussuunnitelmassa määritetään mittausten laajuus, menetelmät, tarkkuusvaatimukset ja ajankohdat sekä käytettävien materiaalien päällystysraja-arvot. Suunnitelmaan kirjataan myös kosteusmittaaja ja mittauksessa käytettävä laitteisto. Kosteudenmittaajalla tulee olla riittävät tiedot ja taidot toimenpiteiden suorittamiseen. (RT 103333 2021) Pätevyys voidaan osoittaa esimerkiksi Eurofins Expert Services Oy:n myöntämällä kosteusmittaajan sertifiikatilla. Koulutus koostuu neljän päivän teoriaosuudesta, kirjallisesta kokeesta ja näyttötyöstä. (Eurofins Expert Services Oy 2021)

Rakenteen kosteuspitoisuuden mittausmenetelmä valitaan halutun mittaustuloksen tarkkuuden ja siitä tehtävien johtopäätöksien mukaan. Kosteuspitoisuutta voidaan selvittää pintamittareiden tai suhteellista kosteutta mittaavien mittalaitteiden avulla. Pintakosteusmittarit ovat suuntaa antavia, mutta niillä voidaan saada nopeasti yleiskuva rakenteen kosteustilasta. Betonivaluun asennettavat jaksoittain luettavat tai jatkuvatoimiset seurantamittaukset ovat apuvälineitä rakenteen kosteuskäyttäytymisen seuraamiseen rakentamisen tai rakennuksen käytön aikana. Seurantamittauksia voidaan toteuttaa myös porareikämenetelmällä mittaamalla kosteus samasta porareistä uudelleen useamman kerran. (RT 103333 2021)

Rakenteista voidaan tarvittaessa tehdä seurantamittauksia, joiden avulla arvioidaan rakenteiden kuivumisen edistymistä suunnitellussa aikataulussa. Ensimmäinen kosteusmittaus tulisi tehdä jo heti vaipan ollessa vesitiivis ja lämmityksen ollessa päällä, jolloin saadaan käsitys rakenteiden sen hetkisestä kosteuspitoisuudesta sekä kuivatustarpeesta. Seurantamittaus tulisi tehdä myös muutama viikko ennen suunniteltua päällystystyön aloitusta, jolloin mahdollisiin kuivatustoimenpiteisiin jää vielä aikaa. (RIL 250-2011 2011, s. 106)

Betonirakenteen päällystyspäätöksen tekemiseen on aina käytettävä suhteellisen kosteuden mittareita. Betonin suhteellinen kosteus mitataan kertaluonteisesti rakenteeseen poratusta reiästä tai rakenteesta olevasta materiaalinäytepalasta. (Teriö & Hämäläinen 2017, s. 70) Betonin suhteellisella kosteudella tarkoitetaan betonin huokosten ilmatilan

suhteellista kosteutta (Merikallio et al. 2007, s. 15). Rakenteen riittävän alhaisesta kosteuspitoisuudesta tulee varmistua aina ennen päällystys- tai pinnoitustyöhön ryhtymistä. Myös vesivahinkojen ja betonirakenteen kuivatustarve tulee selvittää kosteusmittauksin. (Merikallio 2002, s. 5) Rakenteiden kosteudenmittauksiin liittyy lukuisia epävarmuustekijöitä, ja mittaus vaatii esimerkiksi kohteen sisäilmasto-olosuhteiden täydellistä rauhoittamista mittauksen ajaksi.

Betonirakenteiden suhteellisen kosteuden mittauksilla voidaan arvioida mihin suuntaa kosteus rakenteessa liikkuu, rakenteen kosteuspitoisuutta suhteessa ympäristöön ja voidaanako rakenne päällystää tai pinnoittaa ilman kosteusvaurioriskiä. Päällystettävyyssmittaukset tehdään joko porareikämenetelmällä tai näytepalamenetelmällä riippuen muun muassa mitattavan kohteen ympäristön olosuhteista. (RT 103333 2021)

Yleisemmin käytetty mittausmenetelmä on porareikämenetelmä, joka suoritetaan paikan päällä poraamalla rakenteen arviointisyvyyteen mittausreikiä. Reikään asennetun mittausputken kosteuspitoisuuden annetaan tasaantua ympäröivän materiaalin kanssa vähintään kolmen vuorokauden ajan, jonka jälkeen kosteus ja lämpötila mitataan putkeen asennetulla mittapäällä tasaantumisaian jälkeen. Mittausvirheiden välttämiseksi porareikämittausta suorittaessa betonirakenteen lämpötilan tulisi pysyä mahdollisimman lähellä rakenteen käytönaikaista lämpötilaa koko mittauksen ajan (normaali huoneenlämpötila +18...+25 °C). Betonin lämpötilan noustessa rakenteessa olevaa fysikaalista kosteutta höyrystyy enemmän huokosten ilmatilaan, jolloin rakenteen suhteellinen kosteus kasvaa. Kuivatuksen seurauksena lämmitetty betonirakenne on siis aina jäähdytettävä käyttölämpötilaan ennen mittauksen aloittamista. (Merikallio 2002, s. 11, 13–16) Esimerkiksi lattialämmitys tulisi kytkeä pois päältä viimeistään viikkoa ennen mittaushetkeä. Mahdollisen mittauslämpötilan poikkeaminen käyttölämpötilasta tulee huomioida viimeistään mittaustulosten tulkinnessa ja mittaustarkkuustarkastelussa. (RT 103333 2021)

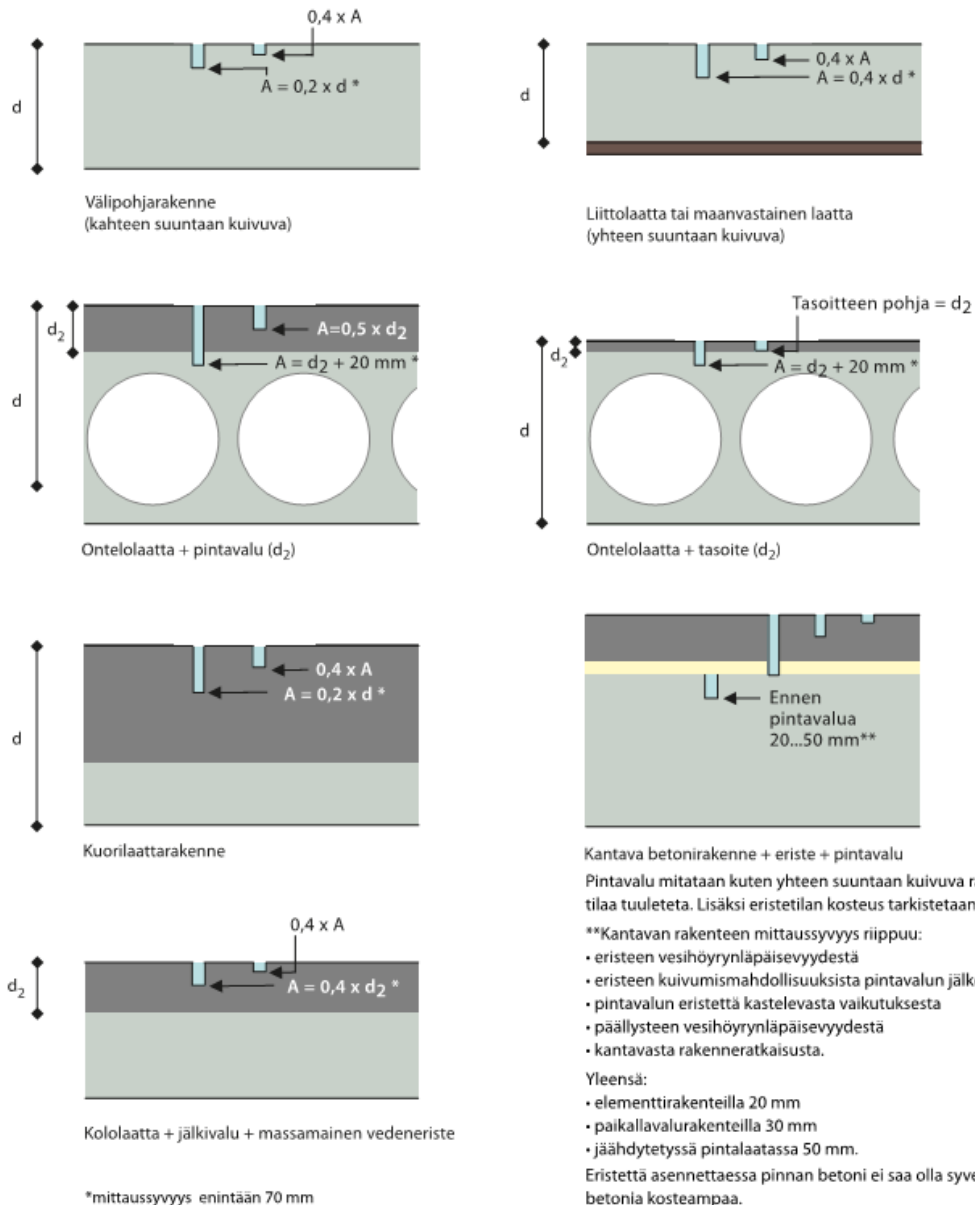
Näytepalamenetelmä on nopeampi, mutta usein myös hieman kalliimpi vaihtoehto betonin suhteellisen kosteuden mittaamiseen. Menetelmää käytetään tyypillisesti tilanteissa, joissa mittaustulos halutaan nopeasti, mitattavan kohteen olosuhteet ovat epävakaat tai rakenteen lämpötila on liian alhainen tai korkea. Normaalikäyttölämpötilan betonirakenteen päällystettävyyssmittaus tulee tehdä näytepalamenetelmällä, mikäli betonin tai ilman lämpötila on alle 18 °C tai yli 25 °C. Myös tasoitekerroksen riittävän alhainen kosteuspitoisuus voidaan varmistaa näytepalamenetelmän avulla. Menetelmässä betonin arviointisyvyydeltä kerätään betonimurusia, jotka laitetaan välittömästi mittapään sisältämään koeputkeen. Ennen mittausta näyteputki siirretään vakio-olosuhteisiin, jossa näytteiden

huokosissa olevan kosteuden annetaan tasaantua mittaputken ilman kanssa 5–12 tuntia, riippuen halutusta mittaustarkkuudesta (RT 103333 2021). Näytepalamenetelmä sisältää vähemmän työmaaolosuhteista riippuvia epävarmuustekijöitä kuin porareikämenetelmä, mutta molempien mittausten menetelmien tarkkuuteen vaikuttavat esimerkiksi kosteusmittauslaitteisto ja sen kalibrointi sekä mittaajan pätevyys. Mittaustarkkuutta voidaan parantaa ottamalla samasta kohdasta kaksi rinnakkaista näytettä.

Vuonna 2021 julkaistun RT-kortin mukaan kosteusmittaustulosta tulee arvioida kokonaismittausepävarmuusluokkiin ± 2 , ± 4 tai ± 6 perustuen, joissa huomioidaan mittalaitteen tarkkuuden, mittaussuorituksen yksityiskohtien sekä mittaolosuhteiden vaikutus mittaustulokseen. Jos epävarmuusluokka ylittää ± 4 , mittaustulosta ei voida käyttää päällystettävyyden arviointiin. (RT 103333 2021)

Ontelolaattaväli- ja pohjarakenteesta samasta syvyydestä ja tilasta tehdyistä kosteusmittauksista voidaan saada toisistaan huomattavasti eroavia kosteusarvoja. Kosteus saattaa vaihdella riippuen siitä, onko mittauspiste ontelolaatan sauman kohdalla, onteloiden välisen kannaksen kohdalla vai ontelon yläpuolella. Myös pintabetonilattian paksuus vaihtelee usein eri kohdissa ontelolaatan kaarevuuden mukaan. Kosteusmittaus tulisi suorittaa aina onteloiden välisen kannaksen kohdalta kahdesta eri syvyydestä. Kuivattamisaste eli pinnoitettavuuden raja-arvot määräytyvät päällyste- tai pinnoitusmateriaalin kosteudensietokyvyn ja vesihöyryläpäisevyyden perusteella. (Merikallio et al. 2007, s. 27–28, 32)

Kuvassa 5 on esitetty betonirakenteen päällystettävyyden arvioinnissa käytettävät perusmittaussyvyudet. Päällystettävyyttä arvioidessa mittausta tulee tehdä aina vähintään kahdelta eri syvyydeltä. Tärkeimmältä syvyydeltä eli arviointisyvyydeltä A tulee suorittaa kaksi rinnakkaista mittausta. Mikäli vesi-sementtisuhde on hyvin korkea, päällyste tiivis (S_d yli 50 m), rakenne on hyvin paksu tai se ei pääse kuivumaan alaspäin, on kosteus perusteltua mitata myös 70 mm:n enimmäissyvyyttä syvemältä. Kun taas tapauksissa, joissa pintarakenteen vesihöyryläpäisevyys on suuri, voidaan arvostelumittaussyvyytenä käyttää tavallista matalampaa syvyyttä. Syvyyksien tarkentaminen tulee kuitenkin aina perustua tapauskohtaiseen rakennusfysikaaliseen tarkasteluun. Mittaussyvyyden kasvattaminen saattaa pidentää kuivumisaikaa merkittävästi. (RT 103333 2021)



Kuva 5 Betonirakenteen päällystettävyyden arvioinnissa käytettävät perusmittaussyvydet (RT 103333 2021).

Rakennusalan yleisten laatuvaatimusten mukaan tietyille päällystemateriaaleille on määritetty betonialustan suhteellisen kosteuden enimmäisarvot materiaalin vesihöyrynläpäisevyyden ja kosteudenkeston mukaan. Esimerkiksi muovimaton, linoleumin, tekstiilimaton tai vinyylin päällystysraja-arvo arviointisyvyydellä A on tyypillisesti 85 %. Vedeneristykselle riittää, kun alustan RH on alle 90 %. Epoksi- ja akryylimassat kestävät tyypillisesti paremmin kosteutta. Tällöin betonialustan suhteellinen kosteus tulee olla kuitenkin alle 97 %, jolloin kosteus ei ole kapillaarisella alueella. Kapillaarinen kosteus voi aiheuttaa pinnoitteen alle osmoottisen paineen, joka näkyy pinnoitteen kuplimisena tai

hiltseilynä. Polyuretaanipinnoitteet edellyttävät alustan kosteuden olevan alle 90 %. (Merkilä et al. 2007 s. 75; SisäRYL 2013, s. 276) Betonirakenteen pinnan kriittinen päällystysraja-arvo riippuu muun muassa pintarakenteen vesihöyrynläpäisevyysominaisuuksista, mutta kosteuserkille materiaaleille se on tyypillisesti 75 %. Tällöin myös tasoitekerroksen riittävä kuivuminen tulee varmistaa kosteusmittauksin.

Yhtenä suurimpana puutteena kosteusmittauksissa ja niiden raportoinnissa pidetään mittauskohdan valintaperusteiden puutteellista huomiointia. Betonirakenteen kosteuspiitoisuudet voivat vaihdella merkittävästi esimerkiksi rakennusaikaisten kosteustapahtumien tai olosuhdevaihtelujen seurauksesta. (Sisäilmastoseminaari 2019, s. 224) Kosteusmittaukset tulee siis kohdistaa rakenteisiin ja paikkoihin, joiden kosteuspiitoisuus on kaikkein suurin. Rakenteiden mahdolliset kosteuserot tulee huomioida myös mittauksen laajuutta määrittäessä.

3.4 Kosteudenhallinnan vaikutus hankkeen aikatauluun ja kustannuksiin

Rakennushankkeen aikatauluttaminen on riskienhallinnan ja kustannustehokkaan toteuttamisen kannalta erityisen tärkeää. Tehokkaalla kosteudenhallinnalla tavoitellaan säästöjä rakentamiskustannuksissa ja varmistetaan rakenteiden kuivuminen aikataulun mukaisesti. Tärkein reunaehto yleisaikataulun laatimisessa on rakennukselle määritetty valmistumisajankohta. Toteutusta suunniteltaessa tulee siis valita materiaalit sekä suunnitteluratkaisut, joilla saavutetaan riittävän lyhyt kuivumisaika tai kosteusteknisesti oikea työjärjestys. Aikataulusuunnittelussa tulee huomioida myös kuivumista hidastavat työvaiheet, jotka nostavat sisäilman suhteellista kosteutta aiheuttaen huomattavaa kosteuseroitusta ympäröiviin rakenteisiin. Tällaisia työvaiheita ovat esimerkiksi erilaiset tasoite- ja pintabetonilattiatyöt. (Niemelä 2014, s. 37, 39)

Betonirakenteiden kuivuminen tulee ottaa huomioon rakennusaikataulua laatiessa. Aikataulussa huomioidaan eri rakenteiden vaatima säävaraus, kuivumisaika ja päällystettyysvaatimukset. Kosteiden rakenteiden kuivumista on odotettava tai rakenteita on kuivatettava riittävästi ennen kuin ne päällystetään tai pinnoitetaan kuivumista hidastavalla ainekerroksella. Kosteudenhallinta on otettava huomioon myös työjärjestyksen suunnittelussa. Kosteudelle herkät työvaiheet olisi hyvä tehdä vasta, kun rakennuksen vesikatto on valmis. Vaihtoehtona on käyttää myös väliaikaista sääsuojaa. (Ratu S-1232 2013) Rakennuksen lämmityksen aloitusajankohdalla on suuri merkitys rakenteiden kuivumisen ja pinnoitettavuuden kannalta. Kyseisellä ajankohdalla tarkoitetaan hetkeä, jol-

loin rakennuksen vaippa on vesitiivis ja eristetty. Rakennuksen olosuhteiden hallitseminen, kuten riittävän lämpötilan järjestäminen, on perusedellytys rakenteiden kuivumiselle.

Olosudehyhallinnasta aiheutuvat kustannukset ovat pääasiassa säätilaan tai muuhun olosuhdevaihteluun reagoinnista aiheutuvia työ- ja materiaalikustannuksia sekä lämmitys- ja kuivatuskustannuksia (Ratu S-1234 2017). Urakoitsijan näkökulmasta suurin riski liittyy usein betonirakenteiden kuivumiseen ja rakennusaikataulun pitämiseen. Työvaiheiden toteutusjärjestys vaikuttaa osaltaan kohteen toteutuskustannuksiin ja riskeihin, joita toteutuksen seurauksena voi muodostua. Kun tuotantosuunnitelmat ovat valmiit, voidaan kosteudenhallintaan liittyviä kustannuksia ennustaa. (Niemelä 2014, s. 36) Kosteudenhallintatoimenpiteillä on lähtökohtaisesti suunnittelu- ja rakentamiskustannuksia nostava vaikutus, mutta ovat ne ovat välttämättömiä hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Kosteudenhallinnalla estetään materiaalien ja rakenteiden vaurioituminen sekä ehkäistään mahdolliset sisäilman laatuongelmat. Toimenpiteillä voidaan saavuttaa myös huomattavaa kustannussäästöä mahdollisissa kuivatus- tai korjauskustannuksissa.

Betonirakenteiden kuivumisaika-arvion tekemiseen on kehitetty laskentaohjelmia, joita voidaan käyttää aikataulun laatimisen apuvälineenä. Uusin maksullinen ohjelma betonirakenteiden kuivumisaika-arvion laatimiseen on Suomen betoniyhdistys ry:n vuonna 2020 julkaisema by2020 laskentaohjelma. Betonirakenteiden kuivumisaika-arvioiden lisäksi ohjelman avulla voidaan laatia päällystettävien rakenteiden riskiarvioita. Arvioiden perusteella ei voida kuitenkaan tehdä päällystettävyysepäätöksiä. (Betoniyhdistys ry 2021) Laskentaohjelmien avulla pyritään myös arvioimaan, milloin rakenteiden kosteusmittaukset olisi syytä aloittaa. Mikäli rakenteiden kuivumisaika muodostuu arvion mukaan pidemmäksi kuin suunniteltu toteutusaika, voidaan asiaan vielä vaikuttaa materiaalivalintoja, betonin ominaisuuksia, rakenneratkaisuja tai kuivatusmenetelmiä muuttamalla. Syitä kuivumisajan pitenemiseen ovat tyypillisesti lämmityksen aloitusajankohdan siirtyminen, tasoite- ja betonilattiatöiden siirtyminen tai rakenteiden kastuminen kuivumisaikana.

Betonin päällystettävyyssajankohtaan voidaan vaikuttaa betonimassan valinnalla. Rakentamisaikataulun ollessa tiukka, betonivalinnaksi suositellaan nopeammin kuivuvia betonilaatuja. Nopeammin kuivuvat betonilaadut ovat kuitenkin usein sitkeämpiä ja vaativampia työstettävyydeltään. Myös jälkihoitoon tulee tällöin kiinnittää enemmän huomiota. Betonin vesi-sementtisuhde eli veden suhde sementtiin sekä huokosrakenne vaikuttavat siihen, miten betoni sitoo kosteutta. Mitä pienempi vesi-sementtisuhde betonilla on, sitä suurempi on kemiallisesti sitoutuneen veden osuus, ja sitä vähemmän betonista tulee

haihtua kosteutta. Matalan vesi-sementtisuhteen betoniin syntyy vähemmän kapillaarihuokosia, jolloin kosteuden kapillaarinen siirtyminen on vähäisempää. Tiivis betoni läpäisee myös heikommin vesihöyryä, mikä vaikuttaa sen kuivumiskykyyn hidastavasti. Maanvastaisissa rakenteissa tulisi valita tiiviimpi betoni juuri kosteudensiirto-ominaisuuksien heikkenemisen vuoksi. (Merikallio et al. 2007, s. 9–10, 14, 18, 21)

Kosteudenhallinnan näkökulmasta työvaiheiden suunnittelu ja hankinnat liittyvät oleellisesti toisiinsa. Hankintoja suunniteltaessa on otettava huomioon materiaalien ominaisuudet, niille varattava asennusaika sekä toimitusajankohtien valinta. (Niemelä 2014, s. 41) Materiaalien toimitusajankohta tulisi siis olla mahdollisimman lähellä asennusajankohtaa, jolloin materiaalien varastointiaika vähenisi. Tällöin myös materiaalin mahdollinen kastuminen tai kosteusvaurioitumisen riski työmaaolosuhteissa pienenee.

4. TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Haastattelututkimuksen toteutus

Haastattelututkimus toteutettiin puolistrukturoituina teemahaastatteluina, mikä mahdollisti haastattelukysymysten lisäksi vapaamman keskustelun aihealueesta. Työmaan kosteudenhallinta pyrittiin jakamaan kuuteen tärkeimpään osa-alueeseen rakennushankkeen onnistumisen kannalta urakoitsijan näkökulmasta. Haastattelurunko jaettiin osa-alueiden mukaisesti kuuteen eri teemaan, jotka ovat:

- Vaatimukset hankkeen kosteudenhallinnalle
- Kosteudenhallinnan suunnittelu
- Olosuhdehallinta
- Betonirakenteiden kuivuminen ja kosteusmittaukset
- Kosteudenhallinnan toteutuminen, valvonta ja dokumentointi
- Työmaaorganisaation osaaminen ja koulutus.

Haastattelukysymykset valittiin siten, että niistä saatujen kokemusperäisten tulosten perusteella voidaan kartoittaa kohdeyrityksen nykyisten toimintatapojen yhdenmukaisuutta, sekä ratkoa työmailla yleisemmin ilmenneitä ongelmakohtia. Haastattelukysymykset poikkeavat hieman toisistaan eri ryhmien välillä teemojen pysyessä kuitenkin samoina. Diplomityön tekijä perehtyi aihealueeseen kirjallisuusselvityksen avulla ennen haastattelututkimuksen aloittamista.

Haastateltavaksi valittiin Skanska Talonrakennus Oy:n rakennustyömaiden kosteudenhallinnasta vastaavia toimihenkilöitä sekä kosteudenhallinnan asiantuntijoita. Haastatellamalla eri tehtävissä toimineita henkilöitä pyrittiin saamaan mahdollisimman laaja käsitys yrityksen kosteudenhallinnan toimintatavoista. Haastateltavina toimivat kosteudenhallintakoordinaattori, HSE-päällikkö, liiketoiminnan kehityspäällikkö, vastaavia työnjohtajia, vanhempi työnjohtaja ja kaksi työmaainsinööriä. Haastattelut toteutettiin seitsemälle eri työmaalle, joista kaksi sijaitsee Skanska Talonrakennus Oy:n Länsi-Suomen ja viisi Etelä-Suomen yksikön alueella. Haastateltavista asiantuntijoista kaksi työskentelee Skanskalla rakennushankkeiden kosteuden- ja olosuhdehallinnan parissa, ja yksi toimii tämän diplomityön case-kohteen kosteudenhallintakoordinaattorina. Haastattelut jaettiin kolmeen eri ryhmään henkilön toimenkuvan tai kohteiden tuotantoperusteisuuden mukaan. Ryhmät ovat asiantuntijat, omaperusteinen tuotanto ja urakkatuotanto. Eri ryhmille kohdistetut haastattelukysymykset on esitetty liitteissä A-C.

Haastattelut toteutettiin videohaastatteluina Microsoft Teams -viestintäsovelluksella. Haastattelukysymykset lähetettiin haastateltaville etukäteen luettavaksi. Haastatteluja suoritettiin yhteensä yhdeksän taulukon 1 mukaisesti. Osapuolten välille pyrittiin luomaan mahdollisemman avoin ja luonnollinen keskusteluympäristö. Haastattelujen kestot vaihtelivat noin 1–2 tunnin välillä riippuen muun muassa hankkeen laajuudesta ja keskustelun etenemisestä. Haastattelut nauhoitettiin tarkempaa analysointia varten, sillä haastattelut ovat olennainen osa toimintamallin kehitykseen käytettävää tutkimusaineistoa. Haastatteluiden pääkohdat ja niistä saadut tutkimustulokset käsitellään teemoittain alaluvuissa 4.2.1–4.2.6.

Taulukko 1 Tutkimuksessa suoritettavat haastattelut (H) 1–9.

H	Ryhmä	Tehtävänimikkeet
1	Asiantuntija	Kosteudenhallintakoordinaattori
2	Asiantuntija	HSE-päällikkö
3	Asiantuntija	Liiketoiminnan kehityspäällikkö
4	Omaperusteinen tuotanto	Vastaava työnjohtaja
5	Omaperusteinen tuotanto	Vastaava työnjohtaja, Vanhempi työnjohtaja, Työmaainsinööri
6	Urakkatuotanto	Vastaava työnjohtaja
7	Urakkatuotanto	Vastaava työnjohtaja, työmaainsinööri
8	Urakkatuotanto	Vastaava työnjohtaja
9	Urakkatuotanto	Vastaava työnjohtaja

4.2 Haastattelututkimuksen tulokset

4.2.1 Vaatimukset hankkeen kosteudenhallinnalle

Nykyään suuret rakennuttajat vaativat entistä tarkempaa kosteudenhallintaa rakennushankkeissaan, kun taas omaperusteisessa rakennustuotannossa käytetään usein yrityksen omia vakiintuneita ja kustannustehokkaita käytäntöjä. Suurimmilla rakennuttajilla saattaa olla usein oma kosteudenhallinta- tai Terve Talo -ohjeistus, joiden mukaisesti organisaation kaikki rakennushankkeet toteutetaan (H1). Rakennuttajilla saattaa olla

myös RT-kortin ohjeistuksia tiukempia vaatimuksia kosteusmittausten suorittamiseen, kuten 3 % mittausvirhemarginaalin huomioiminen mittaustuloksessa. Betonirakenteen kosteuspitoisuus voidaan myös vaatia mittaamaan tavanomaista syvemmältä ennen päällystämistä. Mikäli kosteus mitataan maksimisyvyyttä 70 mm syvemmältä, on kuivuminen todella hidasta (H3). Uuden RT-kortin mukaan mittausepävarmuutena tulee huomioida vähintään ± 2 %. Betonirakenteiden suhteellisen kosteuden mittaamisen ohjeiden ja määräysten vaikutusta hankkeen läpivientiaikaan, kustannuksiin ja riskeihin tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulisi huomioida nopean rakentamisen aiheuttamat kosteusriskit ja tarvittaessa sallia pidempi rakentamisaika luomalla edellytykset terveelliselle rakentamiselle. Rakennesuunnittelijan tulisi laskea betonirakenteiden vaatima kuivumisaika jo ennen toteutuksen kilpailutusta. Tällöin rakennushankkeeseen ryhtyvä kykenee asettamaan reunaehdot rakentamisen läpiviennille. Urakoitsijalla tulee olla myös mahdollisuus vaikuttaa käytettyihin tuotantomenetelmiin ja betonilaatuihin kaikissa hankemuodoissa. (H3)

Haastateltavien (H1; H7) mukaan rakennuttajien tulisi varata enemmän rahaa rakennuksen sääsuojaukseen ja muihin kosteudenhallinnan toimenpiteisiin, sekä antaa selkeämmät vaatimukset ja suunnitelmat (esim. sääsuojasuunnitelma) urakoitsijalle jo tarjousvaiheessa. Esimerkiksi Etelä-Suomen asuntorakentamisen kokonaisurakan kilpailutuksessa tilaaja oli pyytänyt erillishinnan koko rakennuksen kattavalle sääsuojalle. Selkeitä suunnitelmia ei kuitenkaan ollut, joten sääsuojaratkaisuksi valittiin lopulta huomattavasti kevyempi ja edullisempi pääurakoitsijan ehdottama vaihtoehto. Tilaajan vaatimusten mukaan myös ulkoseinän lämmöneristeet oli suojattava kosteudelta rakennustyön ajaksi. Eristeiden suojana käytettiin suuria suojapeitteitä, jotka poistettiin julkisivutyön edetessä. Tilaaja asetti vaatimukset myös kosteusmittausten määriin ja sijainteihin, joiden mukaan esimerkiksi jokaisen märkätilan seinärakenteet tuli mitata erikseen. Kosteusmittauksien suorittajaksi hyväksyttiin Skanskan oma laadunmittaustiimi. (H7)

Kosteudenhallintakoordinaattorin tärkeimpiä tehtäviä rakennushankkeessa on kosteusteknisesti kriittisten rakenteiden tarkastelu ja tunnistaminen, suunnittelun ohjaaminen, kosteudenhallintasuunnitelman sisällön vaatimuksen täytyminen sekä toteutuksen dokumentoinnin valvominen. Koordinaattori ei kuitenkaan korvaa rakennushankkeen valvojaa, vaan toimii hankkeen kosteudenhallinnan asiantuntijana. Hankkeessa tulisi aina vaatia muun kuin vastaavan työnjohtajan nimeämistä työmaan kosteudenhallinnan vastuhenkilöksi. (H1) Kohteissa, joissa kosteudenhallintakoordinaattorina ja valvojana toimii sama henkilö, saattaa koordinaattorin tehtävät jäädä helposti taka-alalle.

Omaperusteisen rakennustuotannon kosteudenhallintakäytäntöjen välillä on joitakin alueellisia eroja. Etelä-Suomen alueella on perustettu laadunmittaustiimi, joka vastaa kaikkien asuntorakentamiskohteiden laadunmittaustoimenpiteistä, kuten kosteusmittauksista, viemärikuvauksista, tiiveysmittauksista ja lämpökuvauksista. Jokaisella työmaalla pidetään aloituskokous, jossa sovitaan esimerkiksi mittausten vaatimukset, toteutus ja aikataulu. Eri alueille on saattanut muodostua myös vakiintuneita käytäntöjä, joilla työmaan kosteudenhallinta ja sen suunnittelu on totuttu järjestämään. (H2) Esimerkiksi betonin kuivumisaika-arvioita laadittaessa käytetään usein niin sanottua hiljaista tietoa, joka joskus saattaa olla myös epätietoa (H3). Kuivumisaika-arviot tulisi aina perustua varmaan kokemuseräiseen tietoon tai laskentaohjelmalla tehtyihin laskelmiin. Myös rakennusvalvontojen tulkinnoissa ja vaatimuksissa esimerkiksi Kuivaketju10-toimintamallin osalta saattaa olla alueellisia eroja.

4.2.2 Kosteudenhallinnan suunnittelu

Kosteudenhallintasuunnitelman ensimmäinen versio tulisi laatia tilaajan toimesta jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Suunnitelmassa tulisi määrittää erityisesti betonirakenteiden raja-arvot, kuivumisaika-arviot sekä rakentamisaika. Tällöin urakoitsijan tehtäväksi jäisi ainoastaan päivittää suunnitelma ja kertoa, millä keinoilla asetetut tavoitteet ja reunaehdot tullaan saavuttamaan. (H3) Haastatteluiden perusteella alustava kosteudenhallintasuunnitelma laaditaan tyypillisesti jo hyvissä ajoin hankkeen alkuvaiheessa. Suunnitelman päivittämiseen rakentamisen aikana tulisi panostaa, sillä käytettävät suojaustoimenpiteet ja -menetelmät usein tarkentuvat vasta rakentamisen edetessä. Suunnitelmaa ei koettu kuitenkaan kaikissa kohteissa tarpeellisena käytännön työkaluna. Etelä-Suomen asuinrakennuskohteessa kosteudenhallinta-asiat käsiteltiin koko projektiorganisaation kesken hankkeen Big room -kokouksessa (H5).

Lähes jokaisessa erimerkkikohteessa, yhtä lukuun ottamatta, käytettiin Kuivaketju10-toimintamallia. Toimitilahankkeessa, jossa suunnittelu oli aloitettu jo aikaisemmin tilaajan toimesta, ei Kuivaketju10-toimintamallin käyttöönottoa urakoitsijan valitseminen jälkeen nähty enää tarpeellisena (H9). Toimintamallin riskilistaa pidettiin erityisesti hyvänä muistilistana sekä suunnittelun apuvälineenä rakentamisen kosteusriskien torjumisessa. Toimintamalliin liittyy kuitenkin myös jonkin verran haasteita. Mallia pidettiin melko työläänä dokumentoinnin välineenä, ja sillä koettiin olevan paljon päällekkäisyyttä Terve Talo -periaatteiden kanssa (H6). Riskilistojen suunnittelu- ja todentamistehtävät soveltuvat paremmin tavanomaiseen rakennushankkeeseen, ja ne tulee päivittää aina hankekohtaisesti. Näin ollen kosteudenhallintakoordinaattorilla on usein suuri rooli riskilistojen suunnittelussa.

nittelu- ja todentamistehtävien laatimisessa, suunnittelun ohjauksessa sekä riskilistatö-pajojen käynnistämässä. (H1) Haastateltavat pitivät Kuivaketju10-toimintamallia kuitenkin pääsääntöisesti hyvänä suunnittelun ja dokumentoinnin apuvälineenä. Rakennusvalvonta usein myös edellyttää, että hankkeen kosteudenhallinta huomioidaan vähintään Kuivaketju10:n tai vastaavan laajuisen toimintamallin avulla.

Rakennukseen kohdistuvat rasitustekijät tulee ottaa huomioon suunnitteluratkaisuja tehdessä. Suunnittelussa tulisi kiinnittää erityistä huomiota rakenneratkaisuihin, niiden toteutettavuuteen sekä materiaalivalintoihin, sillä perusteellisella ennakkosuunnittelulla voidaan vaikuttaa huomattavasti hankkeen riskitekijöihin (H9). Suunnittelulla voidaan vaikuttaa esimerkiksi maanvastaisten lattia- ja seinärakenteiden, paksujen betonirakenteiden ja rakenneosien liittymäkohtien kosteustekniseen toimivuuteen (H1). Esimerkiksi meren rannalla sijaitsevassa omaperusteisessa asuinrakennuskohteessa ulkoseinän lämmöneristeenä käytettiin kosteudelle vähemmän herkkää polyuretaanieristettä, sekä julkisivutiilien ja eristeen välille suunniteltiin tavanomaista suurempi tuuletusrako (H5). Vastaavissa olosuhteissa sijaitsevan toimitilakohteen julkisivu päätettiin toteuttaa kokonaan elementteinä, jolloin rakenteiden kastumisaikaa saatiin pienennettyä (H9). Suunnittelussa tulee huomioida rakenteen rasitustekijät sekä vikasietokyky, sillä mahdollisuus rakenteen kastumiseen jossain elinkaaren vaiheessa on aina olemassa.

Lattiamateriaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakentamisen kosteusriskeihin. Länsi-Suomen toimitilahankkeessa käyttäjä oli ehdottanut käytettäväksi lattiamateriaalia, jonka RH-vaatimus valmistajan mukaan oli 80 %. Materiaalia ei kuitenkaan voitu hyväksyä, sillä riskienhallinnan kannalta oli järkevämpää turvautua hyväksi todettuihin ratkaisuihin (H6). Tällöin myös kuivumisaika olisi pidentynyt, joka olisi mahdollisesti vaikuttanut rakentamisaikatauluun. Muutamassa muussakin esimerkikohteissa oli luovuttu kosteusteknisesti herkistä lattiamateriaaleista. Mutta mikäli tällaisia materiaaleja kuitenkin käytettiin, otettiin niistä VOC-näytteet ennen materiaalin hyväksymistä.

Betonilaadulla tiedetään olevan merkitystä rakenteen kuivumisnopeuteen. Betonilaatuna tulisi suosia matalan vesi-sementtisuhteen betonia, jolloin raaka-aineena käytetään vähemmän vettä. Tällöin rakenteen tiiveyden vuoksi lyhytaikainen kastuminen ei myöskään hidasta kuivumista merkittävästi. (H3) Eri kohteissa käytettiin jonkin verran normaalin betonin ominaisuuksista poikkeavia betonilaatuja. Erikoisbetonien vaikutuksesta betonin kuivumiseen tai kutistumiseen on kuitenkin vielä vähän kokemusta. Haastateltavan (H5) mukaan matalan vesi-sementtisuhteen betonilaatuja ei käytetä laajemmin juuri niistä saatujen hyötyjen epävarmuuden vuoksi. Useimpien kohteiden märkätilojen lattiavaluissa tai alapohjarakenteissa käytettiin nopeammin päällystettävää NP-betonilaatua.

Haastateltavan (H8) mukaan NP-betonin työstettävyys on kuitenkin selkeästi huonompi verrattuna normaalisti kovettuvaan betoniin.

Holvien valuissa käytettiin useimmiten nopeasti kovettuvaa, rapid-sementillä valmistettua betonilaatua. Aikataulun kireyden vuoksi kahdessa esimerkkikohteessa käytettiin Ruduksen nopeammin kovettuvaa ja kuivuvaa Holvi-LUX betonia (H4; H8). Haastateltavan (H8) mukaan Ruduksen LUX-betoneista on hyviä kokemuksia. Vaikka erikoisbetoni on jonkin verran kalliimpaa verrattuna tavalliseen betonilaatuun, voidaan nopeammin kuivuvan betonin valinnalla vaikuttaa alentavasti muihin kuluihin. Tällaisia kuluja voivat olla esimerkiksi kuivatustoimenpiteistä tai aikatauluviiveistä aiheutuneet kustannukset. Hyvien kuivumisolosuhteiden järjestämistä rakennukseen kalliimman betonilaadun käyttämisen sijaan pidettiin kuitenkin kustannustehokkaampana ratkaisuna (H2). Kosteusteknisesti kriittisissä rakenteissa erikoisbetonin käyttöä pidettiin kuitenkin perusteltuna.

Lähes puolet haastateltavista oli sitä mieltä, että betonirakenteiden kuivuminen huomioidaan riittävästi rakennusaikatauluissa. Betonin kuivumisaika-arviot by1021-laskentaohjelmalla laadittuna ovat olleet pääsääntöisesti riittävän tarkkoja (H1). Joissakin tapauksissa kuivumisaikoja on arvioitu ainoastaan kokemusperäiseen tietoon pohjautuen (H2). Haastateltavan (H8) mukaan kuivumisaika-arviot ovat usein liian optimistisia suunniteltuun aikatauluun nähden. Useimpien mielestä Betoniyhdistys ry:n laatima uusi by2020-laskentaohjelma tulisi ottaa laajempaan käyttöön kohdeyrityksessä, sillä urakoitsijalla tulisi olla luotettava keino arvioida betonirakenteiden kuivumisaikoja muutenkin kuin kokemusperäisesti. Kuivumisaika-arvioiden laatiminen rakenteista, joista ei ole riittävästi kokemusta, olisi erityisen tärkeää. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi kosteusteknisesti haastavat liittorakenteet. Käytettävä betonilaatu ja -rakenteet tulisivat olla vakioituja, jolloin kohteista saadut kokemusperäiset tulokset olisivat vertailukelpoisia ja hankkeiden läpimenoajat helpommin määritettävissä. (H3)

Kosteudenhallinnan huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella koettiin olevan positiivinen vaikutus kokonaisrakennuskustannuksiin. Väliaikaisen vesikatkon rakennuskustannukset ovat usein vähäisiä rakentamisajan lyhenemisestä saavutettuun kustannushyötyyn nähden. (H3) Enemmistön mielestä työmaan kosteudenhallinnan suunnitteluun ja toteutukseen tulisi jatkossa varata kuitenkin enemmän resursseja, sillä kehitettävää vielä riittää. Rakennuksen terveellisyyttä ja turvallisuutta pidettiin myös yleisesti tärkeämpänä tekijänä kuin tuotannon tehokkuutta. Olosuhdehallintaan varattu kustannus ylittyy helposti, mikäli sääolosuhteiden vaikutusta sisäilman lämmitys- tai kuivatustarpeeseen ei osata huomioida riittävästi. KVR-urakkana toteutettavaan vaativan toimitilahankkeen olosuhdehallintaan varattiin tavallista enemmän rahaa, joka osoittautui hyväksi päätökseksi (H9).

4.2.3 Olosuhdehallinta

Rakennuksen runkotyövaiheen suurimpana haasteena kosteudenhallinnan osalta pidettiin sadevesien hallintaa. Sadevesien hallinnan toteutusta pidettiin huomattavasti helpompana paikallavaluholvirakenteisessa kuin täyselementtirunkoisessa rakennuksessa. Paikallavaletun betoniholvin tiiveyden vuoksi sadevesien hallinta voitiin toteuttaa kaivoja viemärijärjestelmän avulla. Esimerkiksi omaperusteisessa asuinrakennuskohteessa rungon väliaikaisena vesikatkona hyödynnettiin bitumista höyrynsulkua, jonka avulla sadevedet voitiin ohjata kaivojen kautta suoraan viemäriverkostoon (H4). Kuilujen, porrashuoneiden ja muiden aukkojen sääsuojaus toteutettiin väliaikaisilla suojakatoksilla tai reunoista tiivistetyillä vanerikansilla (H4; H5). Kohteissa, joiden välipohja oli ontelolaattarakenteiden, oli vesien hallinta huomattavasti haasteellisempaa. Sääsuojaratkaisuna käytettiin muun muassa vesikatkona toimivaa pintabetonilattiaa, ruiskupolymeeripinnoitetta tai koko rakennuksen kattavaa sääsuojaa. Länsi-Suomessa sijaitsevassa ontelolaattarakenteisessa toimitilakohteessa rakennuksen 5.krs:een valettiin pintabetonilattia välittömästi rungon valmistumisen jälkeen. Seinien, pilarien sekä läpivientien reunat tiivistettiin kittaamalla, ja hormien päälle rakennettiin vinokatteet. Sadevedet johdettiin latitiakaivojen ja viemäriputkien avulla ulos alemman kerroksen ikkunasta. Näin sisätyövaiheet voitiin aloittaa noin 1,5 kuukautta suunniteltua aikaisemmin. Elastomeeripinnoitteen kustannusarvio olisi ollut noin viisinkertainen. (H6) Koko rakennuksen kattavia sääsuojia käytettiin esimerkiksi tämän työn case-kohteessa.

Olosuhdehallinnassa pidettiin haastavana myös hyvien kuivumisolosuhteiden ylläpitämistä rakennuksessa etenkin kesällä ja syksyllä, jolloin ulkoilman vesihöyrynpitoisuus on tyypillisesti suurimmillaan. Lämpötilan säätelyä pidettiin haasteellisena erityisesti hyvin kylminä ja kuumina vuodenaikoina. (H1) Rakennuksen lopullista lämmitysjärjestelmää tulisi hyödyntää usein tehokkaammin hankkeiden rakennusvaiheessa. Toteuttaminen vaatii kuitenkin tarkkaa ennakkosuunnittelua. (H6) Kosteudenerottimia ja muiden ilman kosteutta alentavien laitteiden käyttö nähtiin tarpeelliseksi vain pienissä tai osastoiduissa tiloissa, joissa ilmamäärä on vähäinen. Kosteudenerottimia käytettiin myös kerroksissa, joissa tehtiin tasoitetöitä. Kaukolämpöpuhaltimia asennettiin myös asuntokohtaisesti ilman kiertämisen tehostamiseksi. Ilmankiertoa lisättiin myös simpukkapuhaltimien avulla. Kerroksia ja alueita osastoitiin valmiusasteen sekä kuivatustarpeiden mukaan. (H4; H5) Kylminä vuodenaikoina optimaalisten kuivumisolosuhteiden järjestäminen on helpompaa, sillä usein riittää, kun huolehditaan riittävästä lämmityksestä ja rakennuksen tuuletamisesta.

Sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan seuraamista pidettiin pääasiassa hyvin oleellisena osana olosuhteiden hallintaa. Haastateltavan (H2) mielestä sisäilman olosuhdemittareita ja betonin kosteuden mittaustureita tulisi hyödyntää entistä laajemmin kohdeyrityksen rakennushankkeissa. Etenkin etäluettavia sisäilmamittareita pidetään välttämättöminä olosuhteiden jatkuvassa seuraamisessa ja rakenteiden kuivumisen arvioimisessa. Kohdeyrityksen omaperusteisissa kohteissa olosuhteita seurattiin pääasiassa Skanskan Rakennuskone Oy:n etäluettavilla lot-mittareilla. Omaperusteisessa asuinrakennuskohteessa lämpötilan ja suhteellisen ilmakehän kosteuden mittaamisen lisäksi mitattiin myös sisäilman pölypitoisuutta, joka kuuluu Skanska Rakennuskone Oy:n uusimpiin palveluihin (H5). Muissa kohteissa mittaustureita tilattiin ulkopuolisilta toimijoilta. Vain yhdessä kohteessa olosuhdeseuranta toteutettiin omilla manuaalisilla mittareilla (H8). Olosuhdemittareita asennettiin tyypillisesti 1–2 kpl/krs. Tärkeintä kuitenkin on, että saatujen reaaliaikaisten sisäilmaolosuhdetietojen avulla voidaan arvioida betonin kuivumista ja toteuttaa tarvittavia toimenpiteitä halutun olosuhteiden järjestämiseksi.

Haastattelujen perusteella Skanskan kohteissa käytetään hyvin rakennusalalle vakiintuneita kosteudenhallintakäytäntöjä. Esimerkiksi rakennusaikainen vesilinja suljettiin yöksi jokaisessa kohteessa. Materiaalien sääsuojaus toteutettiin asianmukaisesti ja materiaalit varastoitiin kaikissa kohteissa kuormalavojen päälle tai muuten irti betonilattiasta kuivumisen edistämiseksi. Merkittävimmät varastointipaikat oli suunniteltu aluesuunnitelmaan, vaikka kerroskohtaisia suunnitelmia olikin heikosti. Vesi-imureita löytyi jokaisesta kohteesta vähintään yksi ja Terve Talo -kohteissa useampia. Kohteiden käytännössä oli kuitenkin myös kehitettävää. Esimerkiksi ulkoseinän lämmöneristeiden ja julkisivun kosteudenhallintaan tulisi kiinnittää enemmän huomiota (H8). Kerroskohteisten rakennusvesihanojen alla tulisi myös käyttää pysyvää valuma-astiaa.

4.2.4 Betonirakenteiden kuivuminen ja kosteusmittaukset

Betonirakenteiden kuivumisen kannalta tärkeimpänä pidettiin rakennuksen vaipan ummistamista ja lämmityksen aloittamista mahdollisimman aikaisessa vaiheessa (H1). Myös sementtiliiman poistamista betonin pinnalta mahdollisimman nopeasti pidettiin tärkeänä toimenpiteenä (H4). Haastateltavan (H9) mukaan kuivumisen alkamisajankohdaksi voidaan käsittää hetki, kun rakennuksen vaippa on ummessa, vesikatto tiivis ja lämmitys on päällä.

Haastateltavan kosteudenhallintakoordinaattorin mielestä paksujen ja yhteen suuntaan kuivuvien betonirakenteiden, kuten kuorilaattojen ja deltapalkkien juotosvalujen, hitaaseen kuivumiseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Tällaisten rakenteiden kosteuspitoi-

suus tulisi mitata myös enimmäisarviointisyvyys 70 mm:ä syvemmältä etenkin päällystettävyyuskelpoisuutta arvioidessa (H1). Elementtirunkoisessa toimitilakohteessa delta-palkkien sisään asennettiin lämmityskaapelit betonin kuivumisen edistämiseksi. Betonivaluun asennettiin myös antureita betonin kosteuspitoisuuden ja kuivumisen edistymisen seuraamiseksi. (H9) Lämmityskaapelit asennettiin palkkeihin jo tehtaalla, mutta vaihtoehtoisesti ne on mahdollista asentaa myös työmaan toimesta deltapalkin ja ontelolattian väliseen valusaumaan. Kosteuden käyttäytymisestä deltapalkissa ja palkin betonoinnin kuivumisesta on hyvin vähän olemassa olevaa tutkimustietoa, eikä lämmityskaapelien vaikutusta kuivumisnopeuteen tutkittu myöskään tässä työssä.

Uudiskohteissa, joissa lämmönjakojärjestelmänä toimii vesikiertoinen lattialämmitys, betoniholvin kuivattaminen riittävän nopeasti ennen lämmitysjärjestelmän asentamista koettiin haastavaksi (H4; H8). Kantavan betoniholvin suhteellinen kosteus tulee olla arviointisyvyydellä alle 90 % ennen eristeen asentamista tai pintabetonilattian asentamista (RT 103333 2021). Lisäksi pintabetonivalu on mitattava vielä erikseen ennen lattia materiaalin asentamista. Erityisen haastavana pidettiin riittävän korkean lämpötilan saavuttamista runkovaiheessa ilman kaukolämpöjärjestelmää. Tällöin rakenteessa tulisi käyttää nopeammin kuivuvia betonilaatuja erityisesti aikataulun ollessa kireä (H8). Joissakin kohteissa oli myös vähäisiä aikatauluviivästyksiä betonin hitaan kuivumisen vuoksi. Syitä oli muun muassa kuivumisaika-arvioiden epärealistisuus, heikot kuivumisolosuhteet ja niiden seuranta sekä kosteudenhallintatoimenpiteiden puutteellinen valvonta.

Tavanomaisten betonirakenteiden kosteuden seurantamittaukset suositeltiin aloitettavaksi viimeistään, kun kaksi kolmasosaa kuivumisajasta on kulunut. Seurantamittauksia tulisi tehdä tapauskohtaisesti yhdestä kahteen ennen varsinaista päällystyskosteusmittausta. (H1) Omaperusteisissa kohteissa kosteusmittaukset aloitetaan usein suunnitelmien mukaisesti, mutta seurantamittauksia tehtiin niukasti. Vastaava työnjohtaja laati tyypillisesti kosteusmittaussuunnitelman osana Skanskan kosteudenhallintasuunnitelmaa, jonka kosteudenhallintakoordinaattori hyväksyi. Suunnitelmia ei kuitenkaan usein ollut päivitetty ajan tasalle tarkempien rakenteiden, mittaussyvyyksien ja mittausajankohlien selvittyä. Asuinrakennuskohteessa seurantamittaukset aloitettiin noin kuukausi ennen suunniteltua päällystämisaikajankohtaa (H8). Päällystysmittaukset toteutettiin jokaisessa kohteessa RT-kortin mukaisesti kahdelta eri syvyydeltä. Tilaajan erikseen vaatiessa, betonin kosteuspitoisuus mitattiin arviointisyvyydeltä kahdesta rinnakkaisesta reiästä, joista molempien tulosten oli alitettava haluttu RH-vaatimus (H4). Seinät mitattiin säännöllisesti vain muutamassa kohteessa, ja niissäkin enimmäkseen märkätiloista. Seurantamittauksista saatuja tuloksia voisi verrata esimerkiksi suunnitteluvaiheessa laadittuun kuivumisarviokäyrään (H3).

Päälystyskosteusmittausten suorittaminen ja tulkinta poikkeavat toisistaan hieman eri työmaiden välillä. Huhtikuussa 2021 julkaistun uuden RT-kortin (RT 10333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaustulos) jälkeen urakoitsijoiden on syytä tarkastella kosteusmittausohjeitaan. Esimerkiksi betonirakenteen kosteuspitoisuus arviointisyvyydeltä A tulee jatkossa mitata aina kahdesta rinnakkaisesta reiästä. Pinnan kosteuspitoisuuden arviointiin riittää yksi mittaustulos. Pinnan (ja tasoitteen) kosteuspitoisuutta $RH < 75 \%$ ei välttämättä jatkossa enää vaadita käytettäessä päälystettä, jonka vesihöyrynläpäisevyys on hyvä. Kohteiden kosteusmittaustulosten hyväksymiseen ja pinnoituslupan myöntämiseen käytettyjä tapoja oli useita. Omaperusteisissa asuntokohteissa mittaustulokset merkattiin Excel-pohjaiseen pinnoituslupakaavakkeeseen, joka hyväksyttiin kohteen kosteudenhallintakoordinaattorilla (H5). Joissain kohteissa pöytäkirjan lähettäminen sähköpostitse koordinaattorille sekä valvojalle oli riittävä menettelytapa. Kosteusmittausraportit tallennettiin kohteissa projektin SharePointiin ja usein myös projektipankkiin.

Porareikämenetelmä on perinteisempi tapa mitata betonin suhteellista kosteutta, mutta näytepalamenetelmän käyttö on lisääntynyt viime aikoina. Näytepalamenetelmää käytettäessä tulee erityisesti varmistaa, ettei betoninäyte pääse kuivahtamaan näytteenoton yhteydessä. Kosteusmittausten lukumäärästä ei ole selkeää ohjeistusta, vaan tilannetta tulee aina tarkastella tapauskohtaisesti. (H1) Kosteusmittausta ei voida suorittaa porareikämenetelmällä, mikäli rakenteen lämpötila poikkeaa liikaa käyttölämpötilasta. Mittauksia jouduttiin joissain kohteissa uusimaan muun muassa liian alhaisen lämpötilan vuoksi (H4). Työmaita on jouduttu myös huomauttamaan kosteudenhallinnallisista puutteista sekä kastuneista betonirakenteista laadunmittaustiimin toimesta (H2).

Skanskan Etelä-Suomen asuntorakentamisen yksikön laadunmittaustiimin käyttäminen kohteiden laadunmittaustoimenpiteiden suorittajana koettiin pääasiassa toimivaksi järjestelyksi. Palveluun oltiin tyytyväisiä, sillä osaamisen keskittämällä yhdelle tiimille voidaan varmistua riittävästä laadusta sekä mittausten yhdenmukaisuudesta eri työmaiden välillä. Pieni osa haastateltavista kuitenkin koki, että betonin kosteusmittaukset sekä olosuhdeseurantapalvelu olisi hyvä teettää ulkopuolisella toimijalla. Ulkopuolista toimijaa voisi käyttää erityisesti urakointikohteissa rakennuttajan luottamuksen varmistamiseksi (H4). Oma laadunmittaustiimiä ei koeta tarpeelliseksi Länsi-Suomen alueella vähemmän rakentamisvolyymin vuoksi (H4).

4.2.5 Kosteudenhallinnan toteutuminen, valvonta ja dokumentointi

Jokaiselle rakennustyömaalle tulee nimetä työmaan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö. Tehtävään oli usein nimetty työmaan vastaava työnjohtaja, mutta käytännössä jokainen työnjohtaja vastasi kosteudenhallinnan toteutumisesta oman vastuualueensa osalta. Joissakin kohteissa vastuuhenkilöksi oli nimetty työmaainsinööri, jonka toimenkuvaan kuului Kuivaketju10-toimintamallin urakoitsijan dokumentointitehtävien kirjaaminen. Kosteudenhallintakoordinaattorina toimi muutamassa kohteessa hankkeen valvoja, jolloin kosteudenhallinta-asiat saattoivat jäädä vähemmälle huomiolle. (H2)

Haastateltavien mielestä työmaan kosteudenhallintaa tulisi käsitellä nykyistä enemmän palavereissa sekä kokouksissa, jolloin koko työmaahenkilöstö aliurakoitsijat mukaan lukien saataisiin sitoutettua paremmin. Säännölliset ja koko hankeorganisaation väliset Kuivaketju10- tai Terve Talo -kokoukset todettiin erinomaiseksi keinoksi suunnitella, organisoida ja valvoa erilaisia kosteudenhallinnan toimenpiteitä (H1). Toimitilahankkeessa (H9) kosteudenhallinnasta pidettiin erillinen pääurakoitsijan ja valvojan välinen tilanneurantapalaveri kerran kuukaudessa. Toimitilahankkeessa (H6) järjestettiin viikoittain Terve Talo -kierros, jossa huomiota kiinnitetään työmaan kosteuden- sekä puhtaudenhallinnan puutteisiin. Useimmissa kohteissa epäkohtiin puututtiin muiden työmaakierrosten yhteydessä, mutta erillisiä kosteuden- tai olosuhdehallintaan liittyviä tarkastuksia ei järjestetty. Congrid-projektinhallintasovellusta käytettiin useimmissa kohteissa valvonnan ja dokumentoinnin välineenä. Digitaalisia laadunvarmistustyökaluja tulisi monen mielestä kuitenkin hyödyntää entistä enemmän. Työmaavalvontaa voisi lisätä esimerkiksi Congrid-sovelluksella tehtävillä tarkastuskierroksilla (H2). Kosteudenhallinta-asioita käsiteltiin esimerkkikohteiden työmaaperehdytyksissä kiitettävästi ja jonkin verran palavereissa sekä kokouksissa. Perehdytysmateriaaleihin oli lisätty Kuivaketju10-osio, joka myös toimintamallin omissa ehdoissa vaaditaan.

Jälkeenpäin kastuneita betonirakenteita ja alueita dokumentoitiin kohteissa hyvin vähän. Ainoastaan yhdessä haastateltavassa kohteessa käytettiin niin sanottua lätäkkökarttaa kastuneiden alueiden dokumentoimiseen. Kastuneesta kohdasta tehtiin havainto Congrid-sovelluksella, joka kuitattiin hyväksytyksi vasta, kun betoni oli kosteusmittauksella todettu päällystyskelpoiseksi. Case-kohteessa dokumentoinnin välineenä kastuneiden alueiden seuraamisessa käytettiin pohjapiirustusta. Suurimmista vesivahingoista tulisi aina tehdä myös kosteuskartoitus, jossa kartoitetaan vahingon laajuus sekä suunnitellaan tarvittavat kuivatustoimenpiteet sekä kosteusmittaukset. Betonirakenteen päällystettävyyttä arvioidessa kosteusmittaus tulee suorittaa aina kosteimmasta paikasta.

Haastatteluiden esimerkkikohteet ovat saavuttaneet pääsääntöisesti erittäin hyvin laatu, kustannus- ja aikataulutavoitteensa muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Esimerkiksi omaperusteisessa asuinrakennuskohteessa lattialämmitysjärjestelmän asennuksen aloitus venyi muutamalla viikolla betoniholvin kuivumisongelmien vuoksi (H5). Aikataulu saatiin kuitenkin kurottua umpeen tehostetuilla kuivatustoimenpiteillä. Kehitettävää riittää etenkin kosteudenhallinnan suunnittelussa ja valvonnassa, sekä betonirakenteiden kuivumisen seuraamisessa ja todentamisessa rakennusaikataulun puitteissa. Länsi-Suomen asuinrakennuskohteessa betoniholvi (270 mm + 20 mm) todettiin päälylystyskel- poiseksi noin 15 viikossa, joka oli noin 6 viikkoa alustavia kuivumisaika-arviolaskelmia nopeammin (H4). Kohteessa panostettiin erityisesti olosuhdehallintaan ja betoniraken- teiden kuivana pitämiseen. Kohde toimi myös rakennusajan lyhentämisen pilottihank- keena.

4.2.6 Työmaaorganisaation osaaminen ja koulutus

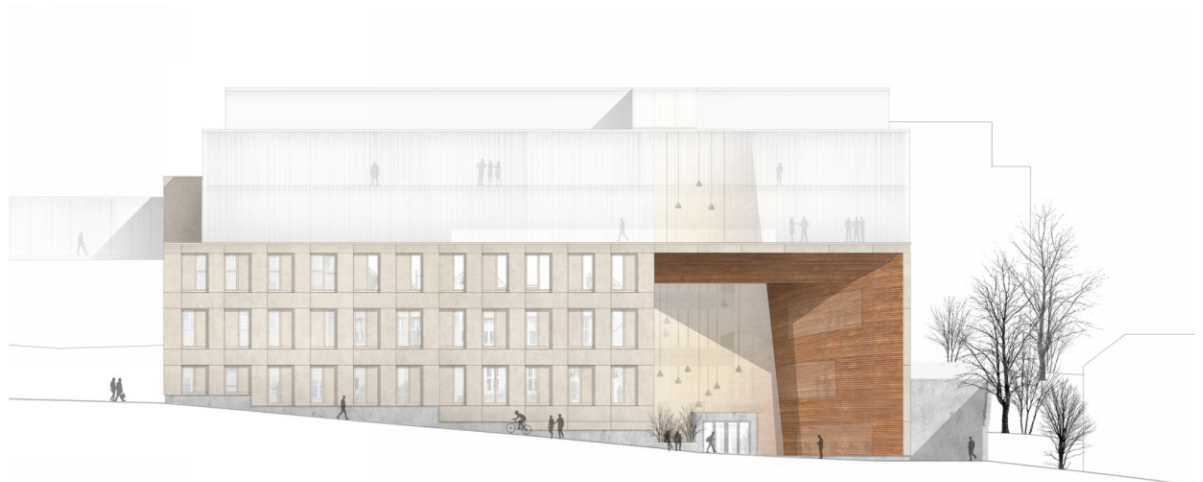
Suurimmiksi ongelmakohdiksi työmailla koettiin kosteudenhallinnan puutteellinen val- vonta, selkeän vastuuhenkilön puuttuminen, työmaahenkilöstön tietämättömyys sekä olosuhdehallinnan kustannusten ylittyminen. Joillain työmailla koettiin myös, että puut- teellinen kosteudenhallinta johtuu osittain työntekijöiden välinpitämättömyydestä (H5). Työntekijöiden sitouttamista asiaan pidettiin erityisen tärkeänä (H7). Työntekijöitä tulisi myös kannustaa ja vaatia entistä enemmän toimimaan annettujen ohjeiden mukaisesti. Työntekijöille voisi esimerkiksi esittää kokemuksia ja seuraamuksia hyvistä sekä hu- noista toimintatavoista (H5). Valvonnan ja tiedon lisäämisen tärkeyttä kosteuden haitta- vaikutuksista ja betonirakenteiden kuivumisedellytyksistä korostettiin kuitenkin eniten (H1; H2; H5).

Koulutuksen ja suunniteltujen työmaan kosteudenhallintamenetelmien valvonnan puute korostui myös haastatteluissa. Työmaahenkilöstölle on järjestetty sisäisiä koulutustilai- suuksia esimerkiksi Kuivaketju10-toimintamallista. Skanskalla on suunnitteilla myös uusi verkkokurssi työmaan kosteudenhallintaan liittyen (H2). Haastateltavan (H9) mielestä kurssi tulisi olla kaikille työnjohtajille pakollinen, sillä suorittamiseen kuluva aika on pieni hinta saavutetuista hyödyistä. Työmaiden välillä voisi järjestää myös sisäisiä auditoin- teja, joissa annettaisiin ehdotuksia kosteudenhallinnan ongelmakohtien ratkaisuun (H6). Esimerkiksi ontelolaattaväli- pohjan vesireikien auki poraamiseen ja veden poistamiseen kaivattiin hyviä menettelytapoja (H7). Viikoittaisia ns. Terve Talo -kierroksia järjestettiin vain muutamilla työmailla. Yhden henkilön vastuuttaminen tehtävään koettiin myös tar- peelliseksi.

Suurin osa haastateltavista toivoi selkeää listaa kosteudenhallinnan toimenpiteistä eri työvaiheissa, jotta kosteudenhallinnan suunnittelu helpottuisi. Muutamien haastateltavien mielestä Skanskalta löytyy kuitenkin jo nykyään riittävästi ohjeistuksia ja mallipohjia asian hoitamiseen. Haastateltavien (H6; H8) mukaan kosteudenhallinnan toimintamallia voisi kuitenkin selkeyttää. Työmaalla saatetaan ottaa myös tietoisia riskejä aikataulun pitämiseksi (H2). Haastateltavan (H7) mukaan vakiintuneet työtavat eivät ole aina paras mahdollinen tapa toimia. Työnjohdon ennakkoinnissa, esimerkiksi vesisateisiin, on myös parannettavan varaa (H6). Lisäksi työmaatiedottamisen tärkeyttä korostettiin (H9).

4.3 Oma havainnointi

Tämän diplomityön case-kohteena toimii Suomen Yliopistokiinteistö Oy:n Turun Yliopistonmäelle rakennuttama uudisrakennuskohde Aurum (Kuva 6). Rakennuspaikalla ennen sijaitseva 1970-luvun Juslenia-rakennus purettiin uudisrakennushankkeen yhteydessä todettujen sisäilmaongelmien vuoksi. Uudisrakennuksen tarkoituksena on toimia Turun yliopiston sekä Åbo Akademin opetus-, toimisto- ja laboratoriotiloina. Kohteen kustannusarvio oli noin 69 M€ ja laajuus 23 125 brm². Rakennus koostuu kellarista sekä 6 kerroksesta, jossa ylimmässä kerroksessa sijaitsee toimistotilojen lisäksi iv-konehuoneet. Rakennus on jaettu laboratorio- ja toimisto-osaan, joiden väliin sijoittuu koko rakennuksen korkuinen valoaula. Rakennus yhdistyy yhdyskäytävien avulla viereisiin yliopiston rakennukseen Naturaan sekä Kirjastoon. Rakennus on betonirunkoinen ja se koostuu kantavista pilarelementeistä ja elementtiseinistä. Vaakarakenteet koostuvat pääosin deltapalkeista ja ontelolaatoista. Kellarissa sijaitsevien väestönsuojien betonirakenteet ovat paikallavalettuja. Rakennukselle tavoiteltiin BREEAM Excellent -ympäristösertifikaattia.



Kuva 6 Aihio Arkkitehtien havainnekuva Aurum uudisrakennuksesta.

Hanke toteutettiin yhteistoiminnallisella, kaksivaiheisella projektinjohtourakkamallilla. Hankkeen kehitysvaiheessa Skanska Talonrakennus Oy toimi asiantuntijana liittyen rakentamisen tekniseen, ajalliseen ja taloudelliseen toteuttamiseen osallistuen samalla hankkeen suunnittelun ohjaukseen yhdessä tilaajan ja rakennuttajakonsulttien kanssa. Tarkoituksena oli, että mahdollinen toteuttaja kykenisi vaikuttamaan hankkeen suunnittelun ja kustannusten ohjaukseen jo hankkeen ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa. Skanskan kehitysvaiheen tehtäviin kuului esimerkiksi laatusuunnitelmien, kuten kosteuden- ja puhtaudenhallintasuunnitelmien sekä hankkeen riskianalyysin laatiminen. Riskianalyysistä selviää, mitä riskejä hankkeen johtamiseen, yhteistyöhön, laatuun, kustannuksiin tai aikatauluun liittyen hankkeen laskentavaiheessa on tunnistettu. Riskianalyysin perusteella laadittiin riskienhallintasuunnitelma, jossa määritetään riskit ehkäisevät toimenpiteet vastuuhenkilöineen. (Skanska Talonrakennus Oy 2018)

Skanska valittiin projektinjohtourakkamallin toisessa vaiheessa kohteen projektinjohtourakoitsijaksi (PJU). Tilaajan edustajana ja kohteen rakennuttajakonsulttina toimi Saraco D&M Oy ja pääsuunnittelijana Aihio Arkkitehdit Oy. Kohteen rakenne- ja talotekniikan suunnitteluvastuu alistettiin projektinjohtourakoitsijalle muun muassa järjestelmien toimivuuden varmistamiseksi. Projektissa painotettiin erityisesti asiakaslähtöisyyttä, joka huomioitiin järjestämällä käyttäjäsuunnittelupalavereja suunnittelu- ja rakentamisvaiheen aikana. (Skanska Talonrakennus Oy 2018) Kohde valmistui aikataulun ja laatuvaatimusten mukaisesti huhtikuussa 2021, jonka ansiosta keskeisimmät hankeosapuolet palkittiin SYK Oy:n myöntämällä Hyvän rakentamisen kohde 2021 -kunniakirjalla.

Case-kohteen kosteudenhallinnan suunnittelua ja toteutusta käsitellään teemoittain alaluissa 4.3.1–4.3.6. Tutkimustulokset perustuvat kirjoittajan omiin kokemukseräisiin havaintoihin, kokemuksiin ja hankkeessa laadittuihin asiakirjoihin. Diplomityön tekijä on toiminut kohteessa urakkavalvojana sekä työmaan kosteudenhallinnan vastuuhenkilönä.

4.3.1 Vaatimukset hankkeen kosteudenhallinnalle

Hankkeeseen ryhtyvä on ensisijaisesti vastuussa hankkeen terveyteen ja turvallisuuteen liittyvistä asioista, jonka vuoksi rakennuksen kosteuden- ja puhtaudenhallinnan päävaatimukset määriteltiin tilaajan toimesta jo hankesuunnitteluvaiheessa. Laaditun hankesuunnitelman mukaan rakennus on suunniteltava ja toteutettava siten, ettei rakenteet pääse missään sääoloissa kastumaan ja aiheuttamaan sisäilmariskejä. Sisäilman tulee olla puhdasta ja tukea käyttäjien terveyttä, ja rakennustyön kosteudenhallinnan on oltava korkeatasoista. Rakentaminen toteutettiin SYK Oy:n Terve Talo -ohjeiden mukaisesti, jonka lisäksi hankkeessa käytettiin Kuivaketju10-toimintamallia. Sisäilman laatuluokaksi

määritettiin S2 ja rakennusmateriaalien päästöluokaksi M1 sekä rakennus- ja ilmanvaihtotöiden puhtausluokaksi P1. (Ramboll Finland Oy 2017)

Kohteen kosteusteknisen suunnittelun kannalta haastavampia rakenteita olivat aulan kattoikkunat, terassirakenteet, sisäänvedetyn seinän ja katon liittymät sekä pääsisäänkäynnin lasiseinän liittymät. Kosteudelle alttiita rakenneratkaisuja olivat etenkin sandwich-seinäelementit, mineraalivillakatto sekä kosteusteknisesti kriittiset liittorakenteet, kuten deltapalkit. (H1) Mineraalivillakatto tulee aina suojata kosteudelta rakennustyön ajaksi. Hankkeessa ei vaadittu koko rakennuksen sääsuojasta, mutta rakenneratkaisut sekä rakennuksen suuri koko ja vesikaton monimuotoisuus huomioon ottaen, koko rakennuksen kattava sääsuoja koettiin parhaana ratkaisuna. Vesikattovaiheen valmistusajankohdan ajoittuessa loppusyksyyn, myös kosteat sääolosuhteet puolsivat päätöstä. Sääsuoja toteutettiin rakennuksen vesikatolle useassa eri osassa kuvan 7 mukaisesti. Sääsuojan ansiosta myös sisävalmistusvaiheet voitiin aloittaa aikaisemmin.



Kuva 7 Rakennuksen sadevesien hallinta toteutettiin koko rakennuksen kattavalla sääsuojalla.

Hankkeelle asetettujen tavoitteiden toteutumista seurattiin projektin kokousmenettelyn mukaisesti säännöllisesti kokouksissa ja palavereissa. Tavoitteiden täytyminen varmistettiin projektin ohjausryhmän seurannalla ja ohjauksella sekä erilaisilla mittauksilla rakentamisen aikana. Ohjaustoiminnan tavoitteena oli varmistaa, että rakennusfysikaali-

sen toimivuuden ja kosteudenhallinnan kannalta kriittisimmät tekijät tunnistetaan ja huomioidaan suunnitelmissa sekä työmaatoteutuksessa. (Sirate Group Oy 2021; Skanska Talonrakennus Oy 2018)

4.3.2 Kosteudenhallinnan suunnittelu

Hankkeen kosteudenhallinnan suunnittelusta kehitys- ja toteutusvaiheessa vastasi Skanska Talonrakennus Oy Länsi-Suomen yksikkö. Kehitysvaiheen suunnittelu toteutettiin tilaajan johdolla, jossa projektinjohtourakoitsijan tehtävänä oli arvioida suunnitelmia sekä tehdä kehitysehdotuksia erityisesti rakennettavuuden, toteutuksen riskienhallinnan ja rakennusaikataulun sekä -kustannusten kannalta. Tällöin PJU:lla oli mahdollisuus vaikuttaa rakenneratkaisujen ja päällystysmateriaalien valintaan etenkin riskienhallinnan, aikataulun sekä kustannusten näkökulmasta. Skanskan laatimassa kosteudenhallintasuunnitelmassa arvioitiin muun muassa betonirakenteiden kuivumista ja päällystettävyyteen liittyviä riskitekijöitä eri materiaaleilla.

Aikataulunhallinta ja sovitun tuotantojärjestyksen noudattaminen olivat ratkaisevassa osassa hankkeen onnistumista. Kosteudenhallinnan osalta aikataulussa huomioitiin työvaiheiden järjestys sekä betonirakenteiden vaatima kuivumisaika, joita arvioitiin muun muassa by1021-laskentaohjelman avulla. Toteutusvaiheen aikatauluttamisen perustana toimi PJU:n hankkeelle laatima yleisaikataulu, jota tarkennettiin työvaihe-, viikko-, rakennusosa- ja luovutusvaihe aikatauluilla. Aikataulun hallinta perustui kohteen sisävalmistusvaiheessa tahtituotantomenetelmään, jossa rakennus jaettiin osakohteisiin ja lohkoihin. Näin aikataulun toteutumista oli helpompi seurata ja mahdollisiin poikkeamiin voitiin reagoida nopeammin.

Projektinjohtourakoitsijan laatiman hankekohtaisen laadunvarmistussuunnitelman tarkoituksena oli varmistaa hankkeelle asetettujen laatu-, aika- ja kustannustavoitteiden täyttyminen. Tavoitteena oli ehkäistä toiminnallisten ja teknisten laatuvirheiden syntymisen käyttämällä Skanska Talonrakennus Oy:n omia laadunhallinnan perustyökaluja. Työmaan kosteudenhallintaan liittyvät toimenpiteet ja laadunhallintamittaukset sisällytettiin erillistä suunnitelmista laadunvarmistusmatriisiin ja tehtäväsuunnitelmiin tarvittavin osin. (Skanska Oy 2018) Työmaalle valittiin kosteudenhallinnasta vastaava henkilö, jonka vastuualueena oli huolehtia työmaan olosuhdehallinnan suunnittelusta, toteutuksesta ja valvonnasta yhdessä muun työmaaorganisaation henkilöstön kanssa. Lisäksi tehtäviin kuului Kuivaketju10 dokumentointi urakoitsijan osalta. Vastuuhenkilö toimi myös yhtenä PJU:n edustajana Kuivaketju 10- ja Terve Talo -kokouksissa.

Vastuu työmaan kosteudenhallinnan suunnittelusta ja toteutuksesta oli hankkeen projektinjohtourakoitsijalla. PJU laati ensimmäisen version kosteudenhallintasuunnitelmasta jo hankkeen kehitysvaiheessa. Suunnitelman pohjana käytettiin Skanska Talonrakennus Oy:n kehittämää Excel-pohjaista kosteudenhallintasuunnitelmaa, joka koostuu seuraavista kahdeksasta kohdasta:

1. Suunnitteluvaihe
2. Riskien arviointi
3. Tarkastukset ja toimenpiteet
4. Märkätilat
5. Raja-arvot ja kuivumisaika
6. Mittaussuunnitelma
7. Kosteudenmittauspöytäkirja
8. Tulostettava kooste.

Suunnitelman ensimmäisessä kohdassa määritetään tilaajan asettaman kosteudenhallinnan tavoitetason saavuttamiseksi tarvittavat toimenpiteet ja toimintaperiaatteet. Kohteessa käytettävien rakennetyyppien kosteustekninen toimivuus tulee arvioida määrittämällä rakenteen riskitekijät, kosteudensietokyky sekä altistuminen kosteudelle rakentamisen aikana. Suunnitelmaan on listattu myös valmiiksi kosteusteknisesti kriittisiä rakenteita sekä todennäköisimpiä riskejä. Kolmannessa kohdassa suunnitellaan toimenpiteet työvaiheittain, joilla varmistetaan työmaan kosteudenhallinnan organisointi, seuranta ja valvonta sekä hyvät olosuhteet betonirakenteiden kuivumisen edistämiseksi. Lisäksi suunnitelmaan merkitään kosteusteknisesti kriittisten rakenteiden ja materiaalien suojaustoimenpiteet, varastointi sekä toteutuksen erityishuomiot ja vastuuhenkilöt. Kolmas osio toimii myös suunnittelu- ja toteutusvaiheen muisti- sekä tarkastuslistana. Lopuksi suunnitelmaan merkitään rakenteiden kuivumisaika-arviot, päällystemateriaalien kriittiset kosteusraja-arvot sekä arvioidut päällystysajankohdat. Kohta 6 (mittaussuunnitelma) jätettiin tyhjäksi, sillä kohteen kosteusmittaussuunnitelma laadittiin ulkopuolisen konsultin toimesta.

Kohteen välipohjarakenteeksi valittiin Peikon DELTABEAM-välipohjajärjestelmä, sillä pitkän jännevälän ansiosta rakenne mahdollisti paremman pohjaratkaisun sekä tilojen muuntojoustavuuden. Matalan välipohjarakenteen ansiosta LVIS-asennuksille jäi myös enemmän tilaa. Deltapalkin sisälle valettavan betonin hidasta kuivumista voidaan kuitenkin pitää riskienhallinnan sekä aikataulun kannalta merkittävänä tekijänä. Kuivumiseen

liittyvien epävarmuustekijöiden vuoksi betonilaatu määritettiin yhdessä PJU:n, rakennesuunnittelijan sekä betonitoimittajan kanssa. Betoniksi valittiin korkean lujuusluokan sekä hyvin matalan vesi-sementtisuhteen betoni, jolloin sen valmistuksessa käytettiin mahdollisimman vähän vettä. Deltapalkin ja ontelolaatan välisiin valusaumoihin asennettiin työmaalla lämmityskaapelit betonin kuivumisen edistämiseksi. Rakenteen pintaan valettiin pääosin noin 50–80 mm paksuinen pintabetonilattia. Lattia tasoitettiin myöhemmin vähintään 5 mm paksuisella matala-alkalisella tasoitekerroksella. Kohteen lattiamaateriaaleina käytettiin muun muassa laattaa, epoksimaalia, vinyylilankkua, tekstiilimattoa sekä vähäisin määrin muovimattoa. Tekstiilimattotyyppiksi valikoitui tarrakiinnitteinen tekstiilipalamatto, jolloin yhtenä kosteusteknisenä epävarmuustekijänä pidettyä mattoliimaa ei tarvinnut käyttää.

Märkätilaa voidaan pitää kosteusteknisesti kriittisenä rakenteena suuren kosteusrasituksen vuoksi. Erytystä huomiota kohteessa kiinnitettiin lattian kallistuksiin sekä vedeneristyksen tiiveyteen etenkin nurkkakohdissa ja läpivienneissä. Alustan suhteellisen kosteuden tuli olla myös riittävän alhainen betonin kutistuman minimoimiseksi ja laatan tartunnan takaamiseksi. Kosteudenhallintasuunnitelman lisäksi märkätilan toteutuksesta laadittiin yksityiskohtainen tehtäväsuunnitelma sekä mallityön tarkastus ensimmäisen työkohteen valmistuttua.

4.3.3 Olosuhdehallinta

Työmaalla sovellettiin kosteuden- sekä puhtaudenhallintaan liittyviä Terve Talo -periaatteita (liite D), joiden toteutumista seurattiin viikoittaisilla Terve Talo -kierroksilla. Myöhemmin tarkastus toteutettiin Congrid-sovelluksella Skanskan laatimalla tarkastuspohjalla. Työmaalla käytettiin monia erilaisia kosteudenhallintatoimenpiteitä, joiden toteutusta valvottiin säännöllisesti. Esimerkiksi kerroskohtaisten rakennusvesipisteiden alla pidettiin valuma-altaita ja päävesisulku sulkeutui automaattisesti työajan päätyttyä. Betoniholvilla havaittu irtovesi poistettiin välittömästi kerroksissa olevilla vesi-imureilla. Kerroksiin rakennettiin väliaikaisia laastinsekoituspisteitä, joissa betonilattian kastuminen oli estetty kuormalavojen päälle rakennetulla muovikaukalolla. Kastuneet, vaurioituneet tai likaantuneet materiaalit lähetettiin pois työmaalta, eikä niitä käytetty enää rakennusmateriaaleina. Terve Talo -viikkokierroksilla havaituille puutteille määriteltiin vastuuhenkilöt tai urakoitsijat, jonka jälkeen puutteet vaadittiin korjattavaksi viikoittain järjestettävässä urakoitsijapalaverissa.

Materiaalien suojaamiseen ja varastointiin laadittiin erillinen varastointi- ja suojausohje (liite E). Ohjeiden mukaisesti materiaalit tuli varastoida 100 mm irti betonilattiasta betonin

kuivumisen edistämiseksi. Materiaalien suojauksessa käytettiin lähinnä kevyitä suoja-
peitteitä ja materiaalivarastojen sijainnit oli merkattu aluesuunnitelmaan. Sandwich-ele-
menttien eristetilä oli suojattu jo valmiiksi elementtitehtaalla. Elementit suunniteltiin muu-
tenkin siten, että eristetilassa oleva kosteus pääsi poistumaan tuuletusurien ja -reikien
ansioista. Rakennusmateriaalit pyrittiin myös tilaamaan työmaalle täsmätoimituksena,
jolloin varastoinnin ja suojauksen tarve väheni.

Haastavinta työmaan olosuhdehallinnassa oli sadevesien hallitseminen. Ontelolaattavä-
lipohja asetti haasteita etenkin kosteudenhallinnan kannalta huonon vedenpitävyytensä
sekä onteloihin kerääntyvän veden vuoksi. Holvilla olevat aukot pyrittiin tiivistämään va-
nerin sekä kittauksen avulla, ja vesi pyrittiin ohjaamaan kaivojen sekä viemäriputkien
avulla ulos rakennuksesta. Lopullisia viemäriinjoja pyrittiin myös hyödyntämään sade-
veden poistamisessa. Ontelolaattojen vesireikien avaus suoritettiin työmaalla poraa-
malla järjestelmällisesti 16 mm reikiä, joista tuleva vesi valutettiin suuriin astioihin, joista
se pumpattiin ulos rakennuksesta. Holveilla oleva vesi kerättiin pois vesi-imurien sekä
uppopumppujen avulla. Vesi johdettiin hissikuiluihin tai rakennushissin telineeseen vie-
märiputkesta rakennettuun vedenpoistoputkeen. Rakennuksen sääsuoja rakennettiin
heti rakennuksen ollessa vesikattokorkeudessa, sillä levyväliseinätyöt sekä yläpohjan
lämmöneristystyöt (kuva 8) vaativat kuivat rakennusolosuhteet. Rakennuksen katon mo-
nimuotoisuuden vuoksi betonirakenteiden kuivumisen alkamisajankohtana voidaan pitää
hetkeä, jolloin sääsuoja oli täysin valmis. Kastuneista betonirakenteista ylläpidettiin lä-
täkkökarttaa, johon merkattiin kastuneet alueet sekä niiden kastumisajankohta.



Kuva 8 Yläpohjan lämmöneristystyöt toteutettiin sääsuojan alla.

Haastavaa olosuhdehallinnassa oli myös hyvien kuivatusolosuhteiden ylläpitäminen. Rakennuksen suuren koon ja korkeiden aulatilojen vuoksi erilaisia runkotyövaiheen väliaikaisia sääsuojaratkaisuja käytettiin useita. Esimerkiksi suuret ikkuna-aukot peitettiin tiiviillä muovilla kuvan 9 mukaisesti tai sään vaatiessa lämpöä eristävillä suojapeitteillä. Väliaikaisina lämmitysmenetelminä käytettiin polttoöljykäyttöisiä lämpöpuhaltimia sekä kaukolämpökäyttöisiä vesikiertolämmittimiä (kuva 9). Puhaltimien suuren määrän ja sijoittelun avulla voitiin samalla tehostaa myös rakennuksen ilmankiertoa. Rakennuksen lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta seurattiin etäluettavilla Humia:n sekä myöhemmin Foxerlot:n olosuhdeantureilla. Antureita asennettiin yhteensä 28 kpl (4 kpl/krs).



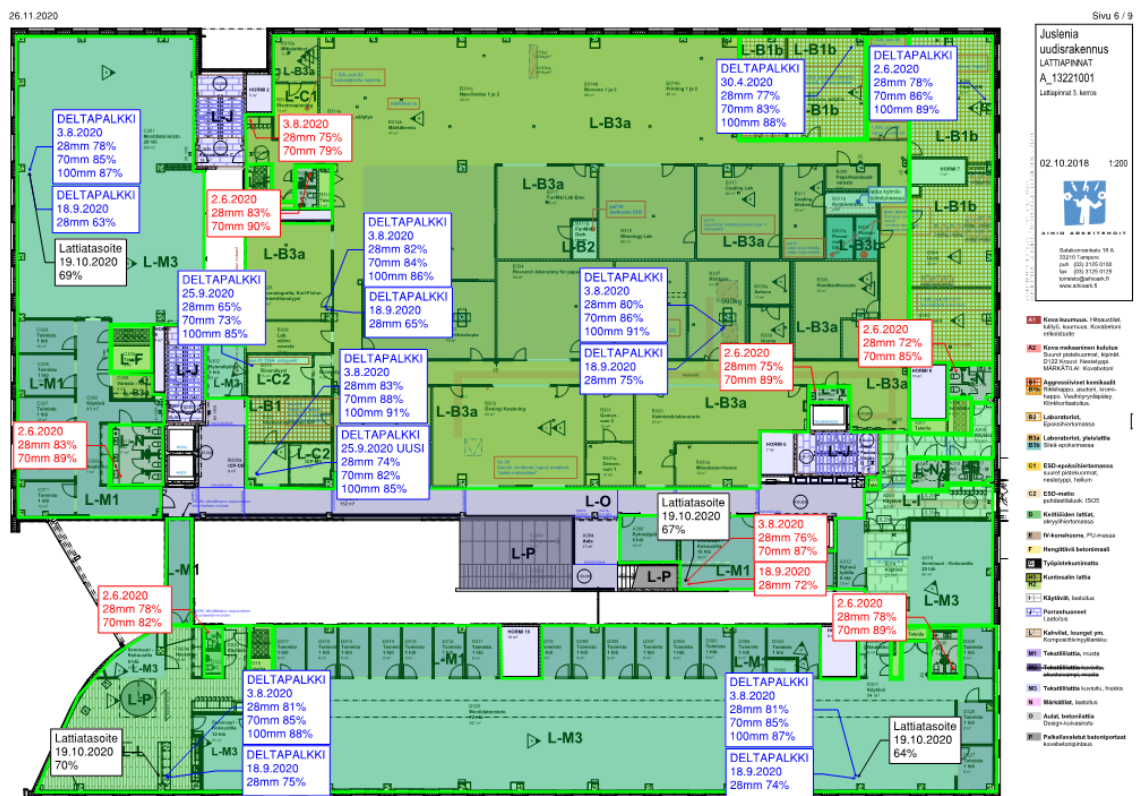
Kuva 9 Kohteen sääsuojausta ja lämmittämistä runkotyövaiheessa.

4.3.4 Betonirakenteiden kuivuminen ja kosteusmittaukset

Kosteusmittaussuunnitelman tarkoituksena on ohjata työmaalla toteutettavaa betonirakenteiden kuivumisen seuranta ja päällystettävyyden arviointia. Kosteusmittaukset sovittiin suoritettavaksi porareikämittauksena RT 14-10984 -ohjekortin mukaisesti kahdesta eri syvyydestä sekä tarvittaessa samasta syvyydestä kahdesta rinnakkaisesta reiästä. Mittaukset suoritettiin erikseen jokaisesta eri ala- ja välipohjarakenteesta sekä valualueesta. Kastuneet tai poikkeavissa olosuhteissa olevat rakenteet tuli mitata erikseen. Erityistä huomiota kiinnitettiin kosteusteknisesti kriittisiin rakenteisiin, kuten liittolaattojen,

deltapalkkien tai paikallavalukaistojen kuivumiseen. Deltapalkkien kohdalta kosteus mitattiin poikkeuksellisesti myös 100 mm syvyydeltä.

Kohteen kosteusteknisesti kriittisempien lattiamateriaalien, kuten muovi- ja tekstiilipallemattojen, RH-vaatimus arviointisyvyydeltä A oli 85 % ja pintaosan 75 %. Arviointisyvyudet tyypillisessä ontelolaattavälipohjarakenteessa olivat 28 mm ja 70 mm. Myös tasoitteen riittävän alhainen kosteuspitoisuus ($RH < 75\%$) varmistettiin kosteusmittauksin näytenpalamenettelmällä. Betoniseinä-rakenteita mitattiin erityisesti kellarin märkätaloista, mutta myös muualta pistokoeluontoisesti. Lisäksi kosteuspitoisuuksia mitattiin neljästä eri Sandwich-ulkoseinäelementin eristetilasta ulkoikkunoiden yläpuolelta. Kosteusmittaustulokset merkattiin lattiapintakaavioon kerroskohtaisesti kuvan 10 mukaisesti, joka mittausraporttien lisäksi hyväksyttiin hankkeen kosteudenhallintakoordinaattorilla. Pinnoitus- ja päällystyskelpoiset alueet on merkattu vihreäksi.



Kuva 10 Kosteusmittaustulokset esitettynä pintalattiakaaviossa.

Betonin kuivumista deltapalkeissa ja valukaistoissa edistettiin työmaalla asennettavien lämmityskaapeliavien avulla. Deltapalkin ja ontelolaatan välistä valusaumaa lämmitettiin sähkökäyttöisten lämmityskaapeliavien avulla (kuva 11). Deltapalkin sisällä olevan kosteuden tiedetään siirtyvän hyvin hitaasti palkin rei'istä saumavaluun ja siitä pintaa kohti etenkin päällystämisen jälkeen. Päällysteen alla oleva kosteuspitoisuus tasoittuu ajan myötä, mutta oleellista on huomioida, ettei kosteus välittömästi päällystämisen jälkeen nouse yli

pintarakenteen kosteudensietokyvyn. Mitä kuivemmaksi betonirakenteen pinta siis saadaan ennen päällystämistä, sitä epätodennäköisemmin kosteuspitoisuus nousee kriittisesti. Suurin riski piilee käytettäessä heikosti kosteutta kestäviä materiaaleja tai kiinnitysaineita, joiden vesihöyrynvastus S_d on suuri ($> 50 \text{ m}$). Vesivahinkoalueilla käytettiin lisäksi lämpösäteilijöitä ja kosteudenerottimia betonirakenteiden kuivumisen tehostamiseksi. Ilmankiertoa lisättiin myös simpukkapuhaltimien avulla. Kuivatettavat alueet osastoitiin, jolloin olosuhteita oli helpompi hallita.



Kuva 11 Deltapalkin ja ontelolaatan väliseen saumaan asennettu lämmityskaapeli ennen betonivalua betonin kuivumisen edistämiseksi.

Betonirakenteiden kuivumista seurattiin betoniin porattavien etäluettavien kosteusantureiden avulla (1kpl/krs). Mittalaitteiden epävarmuustekijöiden vuoksi seurantamittauksia suoritettiin lisäksi porareikämittauksin ensimmäisen kerran noin neljä kuukautta ennen suunniteltua päällystysajankohtaa. Mittaukset kohdistettiin erityisesti deltapalkkien ja ontelolaatan välisiin valusaumoihin. Seuraavat kosteusmittaukset kohdistettiin kahden kuukauden kuluttua märkätiloihin ja muihin aikaisemmin päällystettäviin rakenteisiin. Kosteusteknisesti kriittisimpien rakenteiden kosteuspitoisuudet pyrittiin mittaamaan vähintään kuukautta ennen päällystämistä, jolloin mahdollisesti tarvittaville kuivatustoimenpi-

teille jäi aikaa. Lattiatasoitteen kosteus mitattiin näytepalamenetelmällä noin kahden viikon kuluttua tasoittamisesta. Muutamia poikkeuksia ja jälkeen päin kastuneita alueita lukuun ottamatta, rakenteet kuivuivat riittävästi aikataulun puitteissa.

4.3.5 Kosteudenhallinnan toteutuminen, valvonta ja dokumentointi

Kaikki työmaalla olevat henkilöt perehdytettiin kosteudenhallinnan toimintatapoihin työmaan perehdytyksen yhteydessä. Perehdytysmateriaaliin lisättiin osio tärkeimmistä Kuivaketju10-toimintamallin toimintatavoista sekä Terve Talo -periaatteista. Toimintatapojen noudattamista valvottiin työmaalla päivittäin PJU:n urakkavalvojien toimesta ja laiminlyönteihin puututtiin välittömästi. Kosteudenhallintaan kuten työturvallisuuteenkin liittyvistä asioista oli mahdollista laatia turvallisuushavainto, jolloin hyvä tai huono käytäntö saatiin korjattua ja yhä useamman tietoisuuteen.

Sisävalmistusvaiheen alkaessa toimintatapojen noudattamista valvottiin viikoittaisilla PJU:n suorittamilla Terve Talo -tarkastuksilla. Tarkastuksissa kiinnitettiin huomiota erityisesti työmaan siisteyteen ja pölyisyyteen, materiaalien varastointiin sekä rakennuksen sääsuojauspuutteisiin. Kastuneet betonirakenteet merkattiin myös puutteiksi. Tarkastusdokumentit käsiteltiin muun muassa urakoitsijapalaverissa, jossa vastuuhenkilöitä kehoitettiin korjaamaan havaitut puutteet tai toimintatavat määrättyyn aikaan mennessä. Jatkuvan ja tehokkaan valvonnan ansioista saavutettiin huomattavaa kehitystä työmaahenkilöstön toimintatavoissa. Ensimmäisen kahden kuukauden keskiarvo Terve Talo -tarkastuksessa oli noin 92,5 %. Tulos parani kuitenkin koko ajan työmaan loppua kohden. Työmaan mittausten keskiarvo koko rakennusajalta oli 96,8 % tarkastuksia ollessa yhteensä 42 kpl.

Työmaalla ylläpidettiin lätkkökarttaa betonirakenteiden kuivumisajankohdan alkamisesta lähtien. Pohjapiirustukseen merkattiin kastuneen alueen ja rakenteen sijainti sekä kastumisajankohta. Dokumentoinnilla varmistettiin, että kosteusmittaajalla oli mahdollisimman hyvät tiedot mittauskohteen kosteushistoriasta. Tällöin päällystyskosteusmitaukset voidaan myös keskittää jälkeenpäin kastuneisiin rakenteisiin. Suuremmista vesivahingoista laadittiin erillinen kosteuskartoitus sekä poikkeamaraportti. Raportissa selvitetään tapahtuneen syyt, laajuus ja jatkotoimenpiteet, joilla rakenteiden kuivattaminen tullaan toteuttamaan ja kuivuminen varmistamaan.

Kuivaketju10:n sähköinen järjestelmä toimi hankkeessa kosteudenhallinnan suunnittelun ja toteutuksen varmistamisen sekä dokumentoinnin välineenä. PJU:n tehtävänä oli todentaa riskilistan tehtävien toteutuksen suunnitelmanmukaisuus lisäämällä todenta-

misdokumentti järjestelmään. Kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävänä oli koordinoita sekä hyväksyä Kuivaketju10:n riskilistan suunnittelu- ja todentamistehtävät. Hankkeessa järjestettiin myös Kuivaketju10- ja Terve Talo -kokous noin kolmen kuukauden välein. Kokoukseen osallistui kosteudenhallintakoordinaattori, suunnittelijat sekä PJU:n edustajat, jotka useimmiten olivat vastaava työnjohtaja sekä työmaan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö. Kokouksessa käsiteltiin työmaatilannetta, aikatauluasioita, urakoitsijan laadunvarmistusta, työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallinnan toteutumista sekä Kuivaketju10-järjestelmän dokumentointitilannetta. Muita käsiteltäviä asioita olivat muut laadunvarmistustoimenpiteet kuten ääneneristävyys-, tiiveys- ja sisäilmamittaukset sekä lämpökuvaus.

Rakennuksen vastaanottovaiheessa järjestettiin yhteensä neljän viikon tuuletusaika ennen rakennuksen käyttöönottoa. Osana urakoitsijan laadunvarmistusta rakennukseen suoritettiin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) mittauksia ennen rakennuksen luovutusta. Mittauksilla selvitettiin pintarakenteiden vaikutusta sisäilman laatuun ja varmistettiin sisäilman laatutaso urakkasuorituksen jälkeen. Rakennuksen sisäilman laatua tullaan seuraamaan myös takuuajana erilaisin mittauksin. Seurannan tarkoituksena on arvioida rakennushankkeen onnistuminen ja osoittaa hankkeelle asetettujen laatutavoitteiden toteutuminen. Sisäilman laadun jatkoseurannan tarve riippuu takuuajana tehdyistä havainnoista. Sisäilman laatua selvitetään aistinvaraisen havainnoinnin ja olosuhdeseurannan avulla. Rakenteiden kosteusteknistä toimivuutta arvioidaan pintakosteuskartoituksella ja tarvittaessa kosteusmittauksilla. Tarkastelu keskitetään erityisesti maanvastaisiin rakenteisiin. (Sirate Group Oy 2021)

Projektinjohtourakoitsija ja suunnittelijat toimittavat huoltokirjaan liitettävät järjestelmien yleiskuvaukset sekä sisäilman laatua mahdollisesti heikentävien rakenteiden sijainnit, niihin liittyvät riskit sekä mahdolliset jatkotoimenpiteet (Sirate Group Oy 2021). Tällaisia toimenpiteitä voivat olla esimerkiksi vesivahingon seurauksena tehtävät seurantakosteusmittaukset. Vesivahingoista kastuneet rakenteet saatiin kuitenkin kuivattua sekä mitattua ennen päällystämistä, joten jatkotoimenpiteille ei ollut tarvetta.

4.3.6 Työmaaorganisaation osaaminen ja koulutus

Kohdeyrityksen laatusuunnitelman mukaan jokainen työntekijä tuli perehdyttää Kuivaketju10-toimintamalliin siten, että työntekijä tuntee omaan työhön vaikuttavat riskilistan kohdat. Hankkeelle tuli nimetä kosteudenhallinnasta vastaava työntekijä, joka varmistaa oikea-aikaisen dokumentoinnin riskilistan kohtien osalta. Lisäksi työmaalle voitiin nimittää erikseen säänsuojista vastaava henkilö. Kuivaketju10-toimintamalliin liittyviä asioita käsiteltiin säännöllisesti kohteen työmaakokouksissa. Mahdollisista vesivahingoista

tuli tehdä poikkeamaraportti, jonka pohjalta alue voidaan tarvittaessa rajata pinnoituksesta, kuivata, mitata ja dokumentoida.

Työmaaorganisaation osaamista ja tietämystä kosteudenhallintaan liittyvistä asioista pyrittiin kehittämään koko hankkeen ajan. Työmaan kosteudenhallinnan ja betonilattiarakenteiden vastuutyönjohtajat suorittivat hankkeen alkuvaiheessa päivän mittaisen Rudus Oy:n järjestämän koulutuksen, jossa käsiteltiin erityisesti betonipintalattioiden onnistumisen edellytyksiä ja toimenpiteitä sekä betonirakenteiden kuivumista. Koulutus auttoi ymmärtämään paremmin kosteuden käyttäytymistä betonirakenteessa, ja siten helpotti työmaan kosteudenhallinnan vastuuhenkilön tehtävissä onnistumista.

Kosteudenhallintaan liittyviä asioita käsiteltiin työmaaperehdytyksessä jokaisen uuden työntekijän kanssa. Varsinaisia koulutustilaisuuksia pidettiin ainoastaan puhtaudenhallinnan sekä P1-puhtausluokituksen osalta. Kosteudenhallinta-asiat olivat kuitenkin esillä säännöllisesti palaverissa sekä työmaan ilmoitustauluilla, jonka ansiosta taso parani jatkuvasti hankkeen edetessä.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA TYÖN TULOKSET

5.1 Tutkimuksen kriittinen tarkastelu

Työn tärkeimpänä tutkimusmenetelmänä käytettiin puolistrukturoitua teemahaastattelua. Haastateltaviksi valittiin toimihenkilöitä kohdeyrityksen kuudelta eri työmaalta sekä kosteudenhallinnan asiantuntijoita. Haastateltavat valittiin yrityksen kahdesta eri yksiköstä mahdollisten alueellisten erojen selvittämiseksi. Noin kaksi kolmasosaa haastatteluista kohdistuivat kuitenkin pääkaupunkiseudulle. Tarkemman kokonaiskuvan muodostamiseksi ja alueellisten erojen selvittämiseksi haastatteluja tulisi suorittaa huomattavasti enemmän etenkin Länsi-Suomen yksikössä työskenteleville. Lisäksi Skanska Konevuokraus Oy:n olosuohdehallintapalveluista vastaavaa henkilöstöä voisi haastatella olosuohdehallinnan teknologian työkalujen tarkemman työmaakäytön ja hyötyjen selvittämiseksi.

Tutkimukseen käytetyn ajan rajallisuuden vuoksi tutkimustuloksia ei voida pitää kaiken kattavana. Vaikka Skanskan toimintamallit ovat hyvin vakioituja, muodostuu väkisinkin alueellisia eroja. Jokaisella eri alueella ja työmaalla on myös omia hankekohtaisia kosteudenhallinnan haasteita sekä ongelmakohtia. Suurin osa kosteudenhallinnan haasteista, kuten sadevesien hallinta tai betonirakenteiden kuivattaminen, ovat kuitenkin samat koko rakennusalalla hankemuodosta riippumatta. Tutkimustuloksista saatuja havaintoja sekä tehtyjä johtopäätöksiä voidaan siis käyttää toiminnan kehittämiseen. Esimerkiksi sadevesien hallintaan voidaan laatia yleispäteviä toimintatapoja, mutta yksilöllisen työmaakohtaisen toteutuksen suunnittelu jää kuitenkin jokaisen työmaaorganisaation omaksi tehtäväksi.

5.2 Tutkimustulosten pohdinta

Rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessin toimintaperiaatteet ovat melko vakiintuneita koko rakennusalalla. Käytännön eroja kuitenkin on riippuen esimerkiksi rakennushankkeen laajuudesta tai urakkamuodosta. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee aina ensisijaisesti vastata kosteudenhallinnan järjestämisestä hankkeen eri vaiheissa. Hankkeeseen ryhtyvän tulee valita tehtävän hoitamiseen ulkopuolinen asiantuntija eli kosteudenhallintakoordinaattori. Lisäksi pääurakoitsijan tulee valita työmaan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö. Kyseisillä vastuuhenkilöillä on nykyään entistä suurempi rooli hankkeen kosteudenhallinnan toteutumisessa, valvomisessa ja dokumentoinnissa.

Työmaan kosteudenhallintatoimenpiteillä on usein välitön rakennuskustannuksia nostava vaikutus. Esimerkiksi koko rakennuksen kattavan sääsuojan käyttö nostaa huomattavasti rakennuskustannuksia. Aikaisemmista rakennushankkeista on kuitenkin opittu, että kosteudenhallintaan panostamalla voidaan saavuttaa huomattavia kustannussäästöjä sekä aikatauluhyötyä. Onnistunut kosteudenhallinta ja sen dokumentointi ovat myös merkittäviä tekijöitä urakoitsijan riskienhallinnan kannalta. Hyvän suunnittelun ja onnistuneen työmaan olosuhdehallinnan avulla voidaan esimerkiksi välttää ylimääräiset betonin kuivatuskustannukset. Lisäksi välttyään puutteellisesta kosteudenhallinnasta johtuvista korjauskustannuksilta.

Tutkimuksen mukaan hankkeissa, joissa on ollut haasteita esimerkiksi betonirakenteiden kuivumisessa, on kosteudenhallinnan suunnittelu ollut usein heikkoa tai valvonta puutteellista. Betonirakenteiden kuivumista on hidastanut erityisesti niiden kastuminen jälkihoitoajan jälkeen. Joissain esimerkkikohteissa myös olosuhdehallinnan kustannukset ovat ylittyneet. Työmaan kosteudenhallinnan suunnitteluun ja toteutukseen tulisi varata jatkossa enemmän resursseja. Tutkimuksen mukaan voidaan myös todeta, että selkeille kosteudenhallinnan toimintatavoille sekä kosteusmittausohjeille on tarvetta

Lattialämmitysjärjestelmän käyttö kohdeyrityksen asuinrakennuskohteiden lämmitysjärjestelmänä on lisääntynyt. Kantavan betonilaatan kuivattaminen riittävästi ennen lattialämmitysjärjestelmän asentamista on todettu ongelmalliseksi. Nykyisten kosteusmittausohjeiden mukaan rakenteen suhteellinen kosteuspitoisuus ennen eristekerroksen asentamista tulee olla alle 90 (RH %). Vaadittu mittaussyvyys riippuu muun muassa eristeen vesihöyrynläpäisevyydestä sekä rakenteen kuivumismahdollisuuksista pintavalun jälkeen. Haastavinta tapauksessa on optimaalisten kuivumisolosuhteiden ylläpitäminen. Betonin kuivattaminen tapahtuu usein runkotyövaiheen aikana eikä pysyvää lämmitysjärjestelmää, esimerkiksi kaukolämpöä, ole tällöin saatavilla. Ylimääräiset kuivatuskustannukset tai aikatauluviiveet, sekä niihin liittyvät muut riskit, tulee tällöin huomioida jo hankkeen suunnitteluvaiheessa.

Rakennusalalla käytettyjen Kuivaketju10-toimintamallin ja Terve Talo -rakentamisen eroavaisuus tunnistettiin heikosti. Terve Talo -rakentaminen käsittää sisäilmaolosuhteisiin vaikuttavat tekijät kokonaisvaltaisesti hankkeen kaikissa vaiheissa, ja Kuivaketju10 huomioi ainoastaan kymmenen keskeisintä rakentamisen kosteusriskiä. Kuivaketju10-toimintamallia käytetään huomattavasti enemmän kosteudenhallinnan apuvälineenä, sillä siinä keskitytään torjumaan selkeämmin rakentamisen yleisiä kosteusriskejä. Jotkin rakennusvalvonnat myös vaativat, että kosteudenhallinta järjestetään hankkeissa heidän hyväksymällään toimintatavalla. Terve Talo -rakentamisen toimintaperiaatteita käyte-

tään lähtökohtaisesti hankkeissa, joissa halutaan keskittyä erityisesti puhtaudenhallintaan kosteudenhallinnan lisäksi. Toimintamalleja pidettiin pääsääntöisesti tärkeinä työkaluina terveellisen rakentamisen edistämiseksi.

Rakennushankkeiden läpivientiaikojen tiukentuessa ja betonirakenteiden kuivumisvaatimusten kasvaessa tarvitaan lisää keinoja rakenteiden kuivattamiseen. Esimerkiksi betonilaadun valinnalla tiedetään olevan vaikutusta betonirakenteen kuivumisnopeuteen. Tutkimustulosten perusteella matalan vesi-sementtisuhteen betoni kuivui arviolta 10–30 % normaalia betonia nopeammin. Tärkein tekijä betonin kuivumiselle on kuitenkin rakenteen kuivana pitäminen jälkihoitoajan jälkeen, sillä uudelleen kastumisen jälkeen betonin kuivuminen hidastuu entisestään. Merkittävänä tekijänä kuivumisen kannalta voidaan pitää myös rakenteen ympärillä vallitsevia olosuhteita. On myös hyvä tiedostaa, että betonin kuivuminen hidastuu jatkuvasti betonin suhteellisen kosteuden laskiessa. Esimerkiksi betoni saavuttaa kosteuspitoisuuden RH 90 % suhteellisen nopeasti osittain hydrataatioreaktion seurauksena, mutta siitä eteenpäin kuivuminen tapahtuu huomattavasti hitaammin. Erikoisbetoneista ja niiden kuivumiskyvystä työmaaolosuhteissa normaaliin betoniin verrattuna tarvitaan kuitenkin vielä enemmän kokemusta ja tutkimustietoa. Vähäisen tutkimustiedon sekä betonin korkean hinnan vuoksi käytön kustannustehokkuutta on haastavaa arvioida.

Huhtikuussa 2021 julkaistu uusi RT-kortti betonin suhteellisen kosteuden mittaamisesta asettaa erilaisia haasteita rakennustuotannolle. Uuden ohjeistuksen mukaan kosteusmittaus on suoritettava arviointisyvyydeltä A kahdesta rinnakkaisesta reiästä mittausvarmuuden parantamiseksi. Päälystettävyyttä arvioidessa mittaustulosta tulee verrata myös päälystysraja-arvoon mittausepävarmuus huomioon ottaen. Mittausepävarmuus huomioimalla varmistetaan, ettei kosteus päälysteen alla nouse kriittisesti epävarmuustekijät kuten mittalaitteen tarkkuus, mittaussuorituksen yksityiskohdat sekä mittausolosuhteiden vaikutus huomioon ottaen. Päälystettävyydsmittauksia tehdessä kokonaismittausepävarmuusluokkana tulee käyttää vähintään tarkkuusluokkaa ± 2 , mutta enintään ± 4 (RH %), joka käytännössä vähennetään saadusta mittaustuloksesta. Epävarmuustekijöiden huomioiminen ilman betonin kuivumista edistäviä toimenpiteitä tulee väistämättä lisäämään betonirakenteiden vaatimia kuivumisaikoja.

Kosteusmittausmenetelmien osittainen tiukentuminen ja mittausepävarmuustekijöiden huomioiminen mittaustuloksissa edellyttävät jatkossa entistä tehokkaampaa olosuhdehallintaa etenkin rakentamisen läpivientiaikojen lyhentyessä. Päälystettävyydsmittausten ja mittaustulosten tulkinnan kiristyneet vaatimukset edellyttävät tarkempaa huolellisuutta myös kosteusmittaajalta sekä työvaiheen ja työmaan kosteudenhallinnan vastuuhenkilöiltä. Mittausolosuhteiden tulee pysyä lähes muuttumattomana ± 3 °C:een tarkkuudella

porauksesta lukemienottoon asti, joka saattaa tuottaa haasteita työmaaolosuhteissa. Kosteusmittaajan tulee myös arvioida mittausten tarkkuutta mittausepävarmuustarkastelulla kosteusmittausraporttia laadittaessa. Kosteusmittaus voidaan suorittaa porareikämenetelmällä ainoastaan, mikäli rakenne on käyttölämpötilassa ± 5 °C:een tarkkuudella. Muussa tapauksessa kosteuspitoisuus tulee todentaa näytepalamenetelmällä, joiden käyttö saattaa lisääntyä muutosten seurauksena.

Uuden kosteusmittausohjeistuksen mukaan tapauksissa, joissa rakenne on hyvin paksu, lattiapäällyste hyvin tiivis (S_d yli 50 m), betonin vesi-sementtisuhde korkea tai rakenne ei pääse kuivumaan alaspäin, on kosteus syytä mitata normaalia 70 mm syvemältä. Jos päällyste päästää vesihöyryä nopeammin lävitse kuin betonin pintaosa, voidaan arvostelumittaussyvyytenä kuitenkin käyttää mahdollisesti perusmittausyvyttä matalampaa syvyyttä. Mittausyvyksien tarkentamisen (syventämisen tai madaltamisen) tulee aina perustua riittävän tarkkaan tapauskohtaiseen rakennusfysikaaliseen tarkasteluun, eikä sitä tule tehdä kevyin perustein. Mittausyvyksien kasvattaminen saattaa pidentää kuivumisaikaa merkittävästi, joka tulee huomioida muun muassa rakennusaikataulua laatiessa. Maksimimittausyvytenä voidaan käyttää siis edelleen 70 mm, ellei rakennusfysikaalisin tarkasteluin toisin edellytetä.

Mittausepävarmuuteen eli mittaukseen vaikuttavat epävarmuustekijät tulee huomioida mittaustulosta tulkittaessa. Materiaalivalmistajien määrittämät raja-arvot tarkoittavat betonin kosteuspitoisuutta, jossa materiaali ei vaurioidu. Huomioimalla päällysteen vesihöyrynläpäisevyys, voidaan kuitenkin tarvittaessa osoittaa, ettei betonin pinta kosteuden tasaantuessa saavuta kriittistä raja-arvoa päällysteen korkean vesihöyryläpäisevyyden ansiosta. Mittausyvyksiä ja raja-arvoja on siis mahdollista tarkentaa, sillä raja-arvoissa saattaa olla varmuusmarginaalia, eikä niissä ole välttämättä huomioitu materiaali-eroja. Rakennusfysikaalisilla laskelmilla voidaan siis osoittaa, ettei kriittinen raja-arvo tule ylittymään päällysteen alapuolella, vaikka kosteus arviointisyvyydellä olisikin päällystysketkellä korkeampi. Tällöin arviointisyvyyden päällystysraja-arvoa voitaisiin perustellusti nostaa. Päällystysen jälkeisen kosteuden uudelleen jakaantumisen arvioimisen tukena voidaan käyttää esimerkiksi by2020 laskentaohjelmiston päällystettävien rakenteiden rakennusfysikaalista mallinnustyökalua.

Työssä selvitettiin Betoniyhdistys ry:n kehittämän by2020 betonin kuivumisaika-arvio ohjelmiston käyttötarvetta kohdeyrityksessä. Ohjelmiston ominaisuuksia ja antamia kuivumisaika-arvioita verrattiin muun muassa aikaisempaan by1021 versioon ja muuhun kokemusperäiseen tietoon, jonka perusteella ohjelmiston käyttömahdollisuutta hankkeiden riskienhallinnan ja aikataulusuunnittelun apuvälineenä arvioitiin. Tavanomaisen kahteen suuntaan kuivuvan betoniholvin kuivumisajan arvio uudella laskentaohjelmalla vaikutti

luotettavalta, mutta ontelolaattaväli-pohjan kuivumisen mallintamisessa vaikuttaisi olevan vielä kehitettävää. Erityisen hyödylliseksi työkaluksi osoittautui ohjelmiston uusi Päälylystämisen riskiarvio -ominaisuus. Ominaisuuden avulla voidaan laatia erilaisia riskiarvioita, ja arvioida nouseeko kosteus päälylysteen alla kriittisesti päälylystämisen jälkeen. Ohjelma päätettiin ottaa laajempaan käyttöön kohdeyrityksessä.

Betonin ja päälylysteen välissä suositellaan käytettäväksi matala-alkalista tasoitetta. Nykytiedon mukaan betonin alkalisuus yhdessä kosteuden kanssa reagoivat ainoastaan mattoliimojen kanssa, sillä uuden RT-kortin mukaan matala-alkalisen tasoitteen käyttöä vaaditaan erityisesti liimattavien päälylysteiden kanssa. Tasoitetta on kuitenkin suositeltavaa käyttää myös muiden tiiviiden päälylysteiden kanssa. Yli 5 mm tasoitekerroksen ja betonin pintaosan riittävän alhainen kosteuspitoisuus tulee varmistaa aina kosteusmittauksin ennen päälylystämistä.

Työmaahenkilöstöllä tulee olla riittävä osaaminen rakennusfysiikasta ja betonin kuivumisesta, jotta osataan valita oikeat menetelmät hyvien sisäilmaolosuhteiden luomiseksi ja betonin kuivumisen edistämiseksi. Oleellisinta on tiedostaa rakentamisessa esiintyvät kosteuslähteet sekä ymmärtää, miten kosteus käyttäytyy ilmassa sekä rakenteissa eri olosuhteissa. Betonin kastumista jälkihoitoajan jälkeen tulee välttää kuivumisen hidastumisen vuoksi.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että Skanskan toimintatavat kosteudenhallinnan osalta ovat hyvin vakioituja. Toimintatavoissa on kuitenkin pieniä alueellisia sekä työmaakohtaisia eroavaisuuksia. Kohdeyrityksen eri työmaiden käyttämiä toimintatapoja voidaan yhtenäistää noudattamalla laaditun toimintamallin periaatteita, julkaisemalla erilaisia ohjeistuksia sekä valvoa niiden noudattamista. Sisäilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta tulisi jatkossakin seurata etäluettavien mittareiden avulla. Etäluettavia betonin kosteusantureita voidaan käyttää erityisesti kosteusteknisesti kriittisten betonirakenteiden kosteuspitoisuuden arviointiin. Suunniteltuja työmaan olosuhteidenhallinnan toimenpiteitä tulisi valvoa tehokkaammin esimerkiksi viikoittaisten tarkastuskierroksien avulla. Työmaalla tulee valita myös selkeä kosteudenhallinnasta vastaava henkilö. Hyväksi todettuja toimintatapoja ja muita kehitysehdotuksia voitaisiin jakaa muun muassa sisäisten auditointien avulla. Työntekijöiden välinpitämättömyyteen voitaisiin puuttua ja osaamista lisätä esimerkiksi lisäämällä keskustelua ja koulutuksia. Lisäksi kosteudenhallinnan puutteista ja hyvistä käytännöistä tulisi tehdä lisää työmaakohtaisia havaintoja. Kosteudenhallintakeskustelun lisääminen sekä epäkohtiin puuttuminen ovat myös erittäin tärkeitä toimenpiteitä yrityksen hyvän laatukulttuurin luomisessa.

5.3 Työn tulokset

Hankkeen vaatimusten täyttyminen tulee varmistaa huolellisella tuotannon suunnittelulla, henkilöstön kouluttamisella ja perehdyttämällä sekä huolellisella toteutuksella ja valvonnalla. Tavoitteiden saavuttamisen varmistamiseen tarvitaan erilliset suunnitelmat ja käytännöt toteutuksen jatkuvaan seurantaan ja raportointiin. Työn tuloksena kohdeyritykselle laadittiin toimintamalli rakennusvaiheen kosteudenhallinnasta, joka toimii tuotannon kosteudenhallinnan suunnittelun ja toteutuksen apuvälineenä. Toimintamalli sisältää tärkeimpiä keinoja kosteusturvallisen rakentamisen varmistamiseen. Malli laadittiin hyödyntämällä kohdeyrityksen omaa kosteudenhallinnan materiaalia sekä tässä tutkimuksessa tehtyjä havaintoja.

Toimintamallissa olevia toimintatapoja ja menetelmiä tulee soveltaa hankekohtaisesti. Menetelmät on kuitenkin suunniteltu koskemaan lähinnä betonirunkoisen rakennuksen kosteudenhallintaa, ja niillä pyritään edistämään erityisesti betonirakenteiden kuivumista. Kosteudenhallinnan onnistumisen ja laatutavoitteiden täyttymisen edellytyksenä voidaan pitää myös tehokasta toteutuksen valvontaa sekä dokumentointia. Valvonnasta ja dokumentoinnista vastaa erityisesti työmaa kosteudenhallinnasta vastaava henkilö. Pääurakoitsijan tulee perehdyttää kaikki työmaalla olevat työntekijät työmaan kosteudenhallinnan toimintatapoihin, jolloin jokainen urakoitsija vastaa kosteudenhallinnasta oman tehtävänsä osalta.

Työn toisena tuloksena kohdeyritykselle laadittiin lyhyt ohjeistus betonin suhteellisen kosteuden mittaamisesta uuden RT 103333 -ohjekortin mukaisesti. Uusi RT-kortti julkaistiin huhtikuussa 2021 ja se korvaa kortin RT 14-10984. Laadittu ohjeistus on tarkoitettu yleisohjeeksi kosteusmittauksien ja mittaustulosten tulkintaan Skanskan hankkeissa. Ohjeistus on saatavilla ainoastaan Skanskan työntekijöille. Tarkemmat ohjeet betonirakenteiden suhteellisen kosteuden mittaukseen eri mittausmenetelmillä (porareikämittaus, näytepalamittaus, jaksoittain luettavat seurantamittaukset ja jatkuvatoimiset seurantamittaukset) löytyvät edelleen RT-kortista. Kortissa annetaan lisää ohjeita myös eri tilanteissa tehtäville mittauksille sekä mittaustulosten tulkinnalle.

Laaditun ohjeistuksen ensimmäisessä alaluvussa kerrotaan materiaalin kriittisestä kosteuspitoisuudesta ja tekijöistä, jotka siihen vaikuttavat. Toisessa alaluvussa määritetään tarkemmin, kuinka rakenteen päällystettävyyden arviointiin tehtävät mittaukset tulee suorittaa. Kohdassa on myös kuva yleisesti käytettävistä perusmittausvyvyksistä. Kolmannessa alaluvussa kerrotaan, mitkä epävarmuustekijät vaikuttavat mittaustuloksen todennukaisuuteen sekä miten epävarmuus tulee huomioida tulosta tulkittaessa. Lopussa on

taulukko, josta selviää käytettävien mittausperiaatteiden kokonaismittausepävarmuusluokat.

Uuden RT-kortin julkaisun sekä by2020 kuivumisaika-arvio laskentaohjelman käyttöönoton myötä syntyi tarve päivittää kohdeyrityksen kosteudenhallintasuunnitelma. Yrityksen kosteudenhallintasuunnitelmapohja on hyvin kattava, ja se käsittää rakennushankkeen yleisimmät kosteusriskit sekä toimenpiteet niiden torjumiseen kosteusmittausuunnitelmaa myöden. Kosteusmittausuunnitelman välilehti 5. *Raja-arvot ja kuivumisaika* päivitettiin uuden betonin kuivumisaika-arvio laskentaohjelman by2020 käytön ohjeistuksella ja välilehti 6. *Mittausuunnitelma* kosteusmittausohjeiden osalta uuden RT 103333 -ohjekortin mukaisesti. Päivitykset suoritettiin osana tätä kehitystyötä.

6. YHTEENVETO

Rakennushankkeen kosteudenhallinnalla tiedetään olevan suora yhteys rakennuksissa todettuihin sisäilmaongelmiin. Rakennusalan laadunhallintaa kehitetään jatkuvasti eri tahojen toimesta, ja Kuivaketju10 sekä Terve Talo ovat jo tunnettuja käsitteitä koko rakennusosalalla. Viranomaisten määräykset ja ohjeistukset edellyttävät myös rakentamisen suorittamista entistä kosteusturvallisemmin. Merkittävimpana muutoksina kosteudenhallinnan osalta voidaan pitää rakennushankkeeseen ryhtyvän ja päätoteuttajan vastuun lisäämistä sekä betonirakenteiden kosteusmittausohjeiden tiukentumista.

Tämän kehittämistyön päätavoitteena oli kehittää Skanska Talonrakennus Oy:n laadunhallintaa sekä laadunmittauksen suorittamista kosteudenhallinnan osalta yrityksen hankkeissa. Tutkimusmenetelmänä käytettiin yrityksen toimihenkilöille ja muille asiantuntijoille suunnattua puolistrukturoitua teemahaastattelua sekä omia havaintoja. Työssä pyrittiin selvittämään erityisesti yrityksen nykyisten toimintatapojen toimivuutta sekä yhdenmukaisuutta eri alueiden työmaiden välillä.

Tutkimuksen mukaan kohdeyrityksen laadunvarmistuksen toimintatavat ovat hyvin vaki-
oituja. Yrityksen oma kosteudenhallintasuunnitelmapohja toimii muun muassa koko rakennushankkeen kosteusriskien, olosuhteiden ja betonin kuivumisen hallitsemisen suunnittelun apuvälineenä. Sadevesien hallintaa pidettiin haastavimpana osa-alueena työmaan olosuohdehallinnassa. Myös hyvien kuivumisolosuhteiden ylläpitämistä pidettiin haastavana erityisesti lämpiminä ja kosteina vuodenaikoina. Rakennuksen sisäilmaolosuhteita seurattiin aktiivisesti lähes kaikilla työmailla etäluettavien mittareiden avulla. Eniten eroavaisuuksia oli kosteusmittauskäytännöissä.

Työmaahenkilöstön osaamista pidettiin hyvin oleellisena tekijänä työmaan kosteudenhallinnassa. Rakennusfysiikan riittävä tuntemus kosteuden käyttäytymisen osalta on perusedellytys betonirakenteiden tarvittavien kuivatustoimenpiteiden sekä kosteusmittausten suunnittelun sekä toteutuksen osalta. Työmaahenkilöstön, etenkin kosteudenhallinnasta vastaavien, kouluttamista on jatkettava siis jatkossakin esimerkiksi Skanskan oppimisympäristöön julkaistavan kosteudenhallinnan verkkokurssin avulla.

Työn tuloksena laadittua rakennusvaiheen kosteudenhallinnan toimintamallia voidaan käyttää Skanskan hankkeiden suunnittelun ja toteutuksen apuvälineenä. Laaditun kosteusmittausohjeen tarkoituksena on ennen kaikkea selkeyttää kosteusmittausprosessia sekä varmistaa betonirakenteiden riittävän alhainen kosteuspitoisuus ennen päällystämistä.

LÄHTEET

Booch, G., Rumbaugh, J. & Jacobson, I. (1998). The Unified Modeling Language. User Guide.

Eurofins Expert Services Oy. (2021). Rakentamisen sertifikaatti, henkilösertifiointi. Rakenteiden kosteuden mittaaja.

FISE Oy. (2021). Pätevyyspalvelu. Kosteudenhallintakoordinaattori. Saatavissa: <https://fise.fi/patevyyspalvelu/hae-patevyytta/valvojat/kosteudenhallintakoordinaattori/>

Hakamäki, H. & Virtanen, M. (2020). Rakennuksen kosteusongelmien ennaltaehkäisy käyttööntottovaiheen hyvällä ohjauksella. Sisäilmastoseminaari 2020. 157–161 s.

Hirsijärvi, S. & Hurme, H. (2015). Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö.

Kosteudenhallinta.fi. (2020). Rakentamisen kosteudenhallinta. Kosteuslähteet. Saatavissa: <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/riskit/kosteuslahteet>

Kosteudenhallinta.fi. (2020). Rakentamisen kosteudenhallinta. Kosteudenhallintaselvitys. Saatavissa: <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/kosteudenhallintaselvitys>

Maankäyttö- ja rakennuslaki. (2000). 5.2.1999/132.

Merikallio, T., Niemi, S. & Komonen, J. (2007). Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen, Suomen betonitieto Oy, Helsinki, s. 9–15, 18, 20–21, 27–28, 32, 34, 43, 71, 75, 79–80.

Merikallio T. (2002). Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi, Rakennustieto Oy, s. 5, 11, 13–16.

Niemelä, T. (2014). Kosteusvaurioiden ehkäiseminen rakennustuotannossa, Suomen rakennusmedia Oy, Helsinki. s. 5, 14–15, 28, 32–37, 39, 45–47, 50–51, 53, 55, 56–61.

Pentti M. (2013). Rakennusfysiikan käsikirja, Luku 8, Rakennusfysiikan rakennusfysiikallinen toiminta, s. 28, 92.

Pentti M. (2018). Tampereen teknillinen yliopisto, Opintojakso: Eristysrakenteet, Lämpö ja kosteus.

Pentti M. (2016). Tampereen teknillinen yliopisto, Opintojakso: Eristysrakenteet, Kosteuden siirtyminen, s. 1, 9, 14.

Rakennusfysiikka 2009. Uusimmat tutkimustulokset ja hyvän käytännön ratkaisut, Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere, s. 207, 210.

Ramboll Finland Oy. (2017). Hankesuunnitelma, Juslenia 2 -uudisrakennus, Suomen Yliopisto-kiinteistöt Oy. Viitattu 12.4.2021.

Rakentamisen Laatu RALA ry. (2018). Kuivaketju10. Toimintaohjeet. Saatavissa: <http://kuivaketju10.fi/#toimintaohjeet>

Rakennusteollisuus RT ry. Tiedote 21.2.2019. Uusilla ohjeilla torjutaan muovimattopäällysteisten betonilattioiden kosteusriskiä. Saatavissa: rakennusteollisuus.fi > Ajankohtaista > Tiedotteet > 2019

RIL 250-2011. (2011). Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, s. 19–20, 28, 60–62, 68, 70, 93–95, 104–106, 208.

RT 07-10832. (2004). Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle. Rakennustieto Oy, s. 3, 7.

RT 07-11299. (2018). Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustieto Oy, s. 1, 12.

RT 103333. (2021). Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Rakennustieto Oy.

RT 14-11103, SisäRYL. (2013). Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen sisätyöt. s. 276.

Sahlstedt, S., Mittaviiva Oy. (2013). Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus. Talonrakennusteollisuus ry & Rakennustietosäätiö RTS.

Sahlstedt, S. & Kivimäki, C., Mittaviiva Oy. (2017). Ratu S-1234 Olosuhteiden vaikutus rakentamisessa. Talonrakennusteollisuus ry & Rakennustietosäätiö RTS.

Sirate Group Oy. (2021). Sisäympäristön laadunvarmistussuunnitelma, TY-04585 Aurum, Suomen Yliopistokiinteistöt Oy. Viitattu 12.4.2021.

Sisäilmastoseminaari. (2019). Sisäilmayhdistys ry, SIY Raportti 37, Helsinki, s. 223–226.

Sisäilmayhdistys ry. (2008). Terve talo -kriteerit.

Sisäilmayhdistys ry. (2021). Mikrobikasvuston edellytykset.

Sisäilmayhdistys ry. (2021). Puolueetonta tietoa sisäilmasta.

Skanska Oy. (2020). Tietoa Skanskasta. Saatavissa: <https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/skanska-lyhyesti/>

Skanska Oy. (2018). Laadunvarmistussuunnitelma, TY-04586 Juslenia uudisrakennus. Viitattu 12.4.2021.

Skanska Talonrakennus Oy. (2018). Kehitys- ja toteutusvaiheen projektisuunnitelma, TY-04586 Juslenia 2, Suomen Yliopistokiinteistöt Oy. Viitattu 12.4.2021.

Suomen betoniyhdistys ry. (2021). Betonin kuivumisaika-arvio 2020. Saatavissa: <http://www.betoniyhdistys.fi/> > Julkaisut > Betoniohjelmat

Teriö, O. & Hämäläinen, J. (2017). Kestävä rakentaminen – rakennusaikainen kosteudenhallinta ja energiatehokkuus, Opetushallitus, Helsinki, s. 6–12, 19, 25–28, 54, 64, 70.

VTT. (2020). SI-mittayksiköt Suomessa, lämpötila ja kosteus. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/si-mittayksikot-suomessa-lampotila-ja-kosteus>

Ympäristöministeriö. (1994). Terveysturvallisuuslaki 1994/763. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763>

Ympäristöministeriö. (2017). Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

Ympäristöministeriö. (2015). Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150216>

LIITE A: HAASTATTELUKYSYMYKSET: ASiantuntijat

Vaatimukset hankkeen kosteudenhallinnalle:

- Millaisia tavoitteita ja vaatimuksia tilaaja voi asettaa hankkeen kosteudenhallinnalle? Mitä kosteudenhallintaselvityksestä tulee ilmetä?
- Tulisiko rakennushankkeeseen ryhtyvän edellyttää rakennuksen suojaamista rakentamisen ajaksi koko rakennuksen tai rakennusosan kattavalla sääsuojalla?
- Millaiset suunnitteluratkaisut tai käytettävät materiaalit ovat sellaisia, jotka vaativat tarkempaa kosteusteknistä suunnittelua tai tarkastelua?
- Millaisissa hankkeissa pääurakoitsijalla on mahdollista vaikuttaa kohteen suunnitteluratkaisuihin, kuten rakenneratkaisujen, tuotantomenetelmien tai betonilaidun valintaan?
- Mitkä ovat kosteudenhallintakoordinaattorin tärkeimmät tehtävät rakennushankkeessa?

Kosteudenhallinnan suunnittelu:

- Mitkä ovat työmaan kosteudenhallinnan kannalta suurimmat riskitekijät ja ongelmakohdat? Miten mahdolliset riskirakenteet tunnistetaan?
- Miten betonin kuivumiseen vaadittava aika tulee huomioida kohteen rakennusaikataulussa? Millä tavoin betonirakenteiden kuivumista voidaan arvioida?
- Millaisia betonin kuivumisaika-arvion laskentatyökaluja Skanskalla käytetään?
- Miten kosteudenhallinnan suunnittelulla voidaan vaikuttaa hankkeen rakennuskustannuksiin? Mitkä ovat kosteudenhallintakoordinaattorin mahdollisuudet vaikuttaa kohteiden suunnitteluratkaisujen valintaan?
- Miten kehittäisit työmaan kosteudenhallintaa Kuivaketju10-toimintamallin osalta?

Olosuhdehallinta:

- Mitkä tekijät vaikuttavat uuden betonirunkoisen kerrostalorakennuksen sääsuojauksen valintaan? Milloin suosittelisit koko rakennuksen sääsuojausta?

- Tulisiko rakennuksen sisäilman lämpötilaa ja kosteutta mitata jatkuvasti esim. etäluettavien antureiden avulla? Mitkä ovat optimaalisimmat olosuhteet kuivumisen kannalta?
- Mikä pidät haastavimpana työmaan olosuhdehallinnassa? Miten olosuhdehallintaa voisi mielestäsi kehittää?

Betonirakenteiden kuivuminen ja kosteusmittaukset:

- Mitä menetelmiä työmaalla tulisi käyttää betonirakenteiden kuivumisen edistämiseksi? Suositteletko kosteudenerottimien käyttöä ilmankosteuden alentamiseksi?
- Miten betonirakenteiden kuivumisen toteutumista tulisi seurata? Kuinka usein suosittelet seurantakosteusmittausten ottamista?
- Mitä päällystettävyyden edellyttävien kosteusmittauksien suunnittelussa tulisi ottaa huomioon? Millä perusteilla kosteusmittausten määrä ja sijainnit tulisi määrittää? Kuka määrittää?
- Millä perusteella kosteusmittausmenetelmä (porareikämittaus tai näytepala) valitaan? Mitä erilaisia epävarmuustekijöitä mittaussuunnitelmaan liittyy ja miten ne tulisi työmaalla huomioida?
- Tulisiko kosteusmittaustuloksen oikeellisuus varmistaa mittaamalla tulos samasta syvyydestä kahdesta rinnakkaisesta reiästä?

Työmaan kosteudenhallinnan toteutuminen, valvonta ja dokumentointi:

- Onko Kuivaketju10-toimintamalli mielestäsi toimiva apuväline rakennushankkeen kosteudenhallinnan valvontaan ja dokumentointiin?
- Mitä ongelmakohtia työmaan kosteudenhallintaan erityisesti liittyy?
- Käytetäänkö Skanskalla sisäilman olosuhteiden tai betonirakenteen kosteuden seuraamisessa jotakin teknologian työkalua? Entä työmaan kosteudenhallinnan dokumentoinnin apuvälineenä?
- Miten kosteudenhallintakoordinaattorin ja pääurakoitsijan välistä yhteistyötä ja kommunikointia voisi kehittää?

Työmaaorganisaation osaaminen ja koulutus:

- Onko työmaan henkilöstön (toimihenkilöt ja työntekijät) tietämys kosteudenhallinnasta ja sen merkityksestä hankkeen onnistumisen kannalta mielestäsi riittävä?
- Ymmärretäänkö työmaalla puutteellisen kosteudenhallinnan ja aikataulun kiirehtimisen aiheuttamat taloudelliset riskit?
- Tulisiko työmaan henkilöstöä kouluttaa lisää työmaan kosteudenhallinnan ja Kuivaketju10-toimintamallin tai Terve Talo -periaatteiden osalta? Miten?

Lopuksi: Voitko kuvailla kosteudenhallinnan kannalta sekä onnistuneita että epäonnistuneita hankkeita? Mitkä tekijät johtivat onnistumiseen/epäonnistumiseen?

LIITE B: HAASTATTELUKYSYMYKSET: OMAPERUSTEINEN TUOTANTO

Vaatimukset hankkeen kosteudenhallinnalle:

- Millaisia tavoitteita ja vaatimuksia hankkeen kosteudenhallinnalle on asetettu?
Onko hankkeelle laadittu kosteudenhallintaselvitys?
- Onko kohteen sijainti, koko, muoto, suunnitteluratkaisut tai kohteessa käytettävät materiaalivalinnat sellaisia, jotka vaativat tarkempaa kosteusteknistä suunnittelua tai tarkastelua?

Kosteudenhallinnan suunnittelu:

- Onko pääurakoitsija voinut vaikuttaa kohteen suunnitteluratkaisuihin, kuten rakenneratkaisujen, tuotantomenetelmien tai betonilaadun valintaan?
- Mitkä ovat työmaan kosteudenhallinnan kannalta suurimmat riskitekijät ja ongelmakohdat?
- Käytetäänkö kohteessa tunnetusti kosteusteknisesti haastavia rakenteita tai päällyste- ja pinnoitemateriaaleja? Miten kosteusriskit on huomioitu kohteen suunnittelussa sekä toteutuksessa?
- Miten betonin kuivumiseen vaadittava aika on huomioitu kohteen rakennusaikataulussa? Millä tavoin betonirakenteiden kuivumista on arvioitu? Onko betonirakenteista laadittu kuivumisaika-arvioita?
- Miten kosteudenhallinnan suunnittelu on vaikuttanut hankkeen rakennuskustannuksiin? Tulisiko työmaan kosteudenhallintaan budjetoida mielestäsi enemmän rahaa?
- Käytetäänkö rakennushankkeessa Kuivaketju10-toimintamallia? Millä tavoin se näkyy hankkeessa? Järjestetäänkö työmaalla Terve Talo -viikkokierroksia?
- Onko työmaalle valittu kosteudenhallinnasta vastaavaa henkilöä? Mitkä ovat työmaan kosteudenhallinnasta vastaavan henkilön vastuut ja tehtävät?
- Onko kohteelle laadittu kosteudenhallintasuunnitelma ja perustuuko se hankkeelle laadittuun kosteudenhallintaselvitykseen?

Olosuhdehallinta:

- Millaisia menetelmiä työmaalla käytetään rakennuksen, rakennusosien ja materiaalien sääsuojauksessa?
- Miten materiaalien sekä rakennusosien kastuminen työmaalla on estetty? Ylläpidetäänkö kastuneista alueista ns. lätäkkökarttaa?
- Seurataanko työmaalla sisäilman lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta? Miten?
- Mikä on mielestäsi haastavinta työmaan olosuhdehallinnassa ja miten sitä voitaisiin kehittää?

Betonirakenteiden kuivuminen ja kosteusmittaukset:

- Mitä menetelmiä ja kalustoa työmaalla käytetään betonirakenteiden kuivumisen edistämiseksi? Onko ulkoilman vesihöyrypitoisuuden muuttuminen ulkolämpötilan mukaan eri vuodenaikoina huomioitu kuivatusmenetelmien valinnassa?
- Miten betonirakenteiden kuivumisen toteutumista seurataan?
- Kuka on laatinut työmaan kosteusmittaus suunnitelman? Kuka toimii kosteusmittaajana?
- Millä perusteilla kosteusmittausten määrä ja sijainnit määritetään? Kuka määrittelee?
- Millä perusteella kosteusmittausmenetelmä (porareikämittaus tai näytepala) valitaan?
- Ollaanko työmaalla tietoisia, mitä epävarmuustekijöitä mittausten menetelmiin liitetty? Miten varmistetaan, että porareikämenetelmällä mitattaessa mitattavan betonirakenteen ja ympäristön lämpötila pysyy lähellä käyttölämpötilaa koko mittauksen ajan?
- Varmistetaanko kohteessa mittaustuloksen oikeellisuus mittaamalla tulos samasta syvyydestä kahdesta rinnakkaisesta reiästä?
- Kuka myöntää rakenteiden päällystettävyyden- ja pinnoitusluvan? Miten?

Kosteudenhallinnan toteutuminen, valvonta ja dokumentointi:

- Onko Kuivaketju10-toimintamalli mielestäsi toimiva apuväline rakennushankkeen kosteudenhallinnan valvontaan ja dokumentointiin?

- Miten kosteudenhallintasuunnitelman toteutumista valvotaan ja dokumentoidaan? Päivitetäänkö suunnitelmaa rakentamisen aikana?
- Mitä ongelmakohtia työmaan kosteudenhallinnassa on ilmennyt? Onko työvaiheiden aloitusajankohtaa jouduttu siirtämään tai aikataulu pitkittynyt betonirakenteiden korkean kosteuspitoisuuden vuoksi?
- Käytetäänkö sisäilman olosuhteiden tai betonirakenteen kosteuden seuraamisessa jotakin teknologian työkalua? Entä työmaan kosteudenhallinnan dokumentoinnin apuvälineenä?
- Millä tavoin kosteudenhallintakoordinaattorin toiminta näkyy hankkeessa?
- Voitko kuvailla kosteudenhallinnan kannalta sekä onnistuneita että epäonnistuneita hankkeita? Mitkä tekijät johtivat onnistumiseen/epäonnistumiseen?

Työmaaorganisaation osaaminen ja koulutus:

- Onko työmaan henkilöstön (toimihenkilöt ja työntekijät) tietämys kosteudenhallinnasta ja sen merkityksestä hankkeen onnistumisen kannalta mielestäsi riittävä?
- Ymmärretäänkö työmaalla puutteellisen kosteudenhallinnan ja aikataulun kiirehtimisen aiheuttamat taloudelliset riskit?
- Miten työmaan henkilöstöä koulutetaan tai ohjeistetaan kosteuden- ja olosuhteidenhallinnan sekä ongelmatilanteiden, kuten vesivahingon osalta?
- Tulisiko työmaan henkilöstöä kouluttaa lisää työmaan kosteudenhallinnan ja Kuivaketju10- toimintamallin tai Terve Talo -periaatteiden osalta? Miten?

Lopuksi:

- Mitä Skanskan kosteudenhallinnan ohjeistuksia tai mallipohjia työmaalla on käytetty?
- Miten ohjeistuksia tai mallipohjia voitaisiin yhtenäistää tai kehittää?

LIITE C: HAASTATTELUKYSYMYKSET: URAKKATUOTANTO

Vaatimukset hankkeen kosteudenhallinnalle:

- Millaisia tavoitteita ja vaatimuksia tilaaja on asettanut hankkeen kosteudenhallinnalle? Onko hankkeelle laadittu kosteudenhallintaselvitys? Ovatko kosteudenhallintaan liittyvät vaatimukset ja vastuualueet esitetty selkeästi?
- Edellyttääkö tilaaja rakennuksen suojaamista rakentamisen ajaksi koko rakennuksen tai rakennusosan kattavalla sääsuojalla?
- Onko kohteen sijainti, koko, muoto, suunnitteluratkaisut tai kohteessa käytettävät materiaalivalinnat sellaisia, jotka vaativat tarkempaa kosteusteknistä suunnittelua tai tarkastelua?

Kosteudenhallinnan suunnittelu:

- Onko pääurakoitsija voinut vaikuttaa kohteen suunnitteluratkaisuihin, kuten rakenneratkaisujen, tuotantomenetelmien tai betonilaadun valintaan?
- Mitkä ovat työmaan kosteudenhallinnan kannalta suurimmat riskitekijät ja ongelmakohdat? Miten mahdolliset riskirakenteet tunnistetaan?
- Käytetäänkö kohteessa tunnetusti kosteusteknisesti haastavia rakenteita tai päällyste- ja pinnoitemateriaaleja? Miten kosteusriskit on huomioitu kohteen suunnittelussa sekä toteutuksessa?
- Miten betonin kuivumiseen vaadittava aika on huomioitu kohteen rakennusaikataulussa? Millä tavoin betonirakenteiden kuivumista on arvioitu? Onko betonirakenteista laadittu kuivumisaika-arvioita jo hankkeen suunnitteluvaiheessa?
- Miten kosteudenhallinnan suunnittelu on vaikuttanut hankkeen rakennuskustannuksiin?
- Käytetäänkö rakennushankkeessa Kuivaketju10-toimintamallia tai Terve Talo -periaatteita? Millä tavoin se näkyy hankkeessa?
- Onko työmaalle valittu erillistä kosteudenhallinnasta vastaavaa henkilöä? Mitkä ovat työmaan kosteudenhallinnasta vastaavan henkilön vastuut ja tehtävät?
- Perustuuko työmaan kosteudenhallintasuunnitelma hankkeelle laadittuun kosteudenhallintaselvitykseen?

Olosuhdehallinta:

- Millaisia menetelmiä työmaalla käytetään rakennuksen, rakennusosien ja materiaalien sääsuojauksessa?
- Miten materiaalien sekä rakennusosien kastuminen työmaalla on estetty? Onko aluesuunnitelmaan merkitty varastointipaikka myös herkästi kosteudesta vaurioituville materiaaleille?
- Seurataanko työmaalla sisäilman lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta? Miten?
- Mikä on mielestäsi haastavinta työmaan olosuhdehallinnassa kosteudenhallinnan osalta?
- Miten työmaan olosuhdehallintaa voitaisiin kehittää?

Betonirakenteiden kuivuminen ja kosteusmittaukset:

- Mitä menetelmiä ja kalustoa työmaalla käytetään betonirakenteiden kuivumisen edistämiseksi? Onko ulkoilman vesihöyrypitoisuuden muuttuminen ulkolämpötilan mukaan eri vuodenaikoina huomioitu kuivatusmenetelmien valinnassa?
- Miten betonirakenteiden kuivumisen toteutumista seurataan?
- Kuka on laatinut työmaan kosteusmittaus suunnitelman? Kuka toimii kosteusmittaajana?
- Millä perusteilla kosteusmittausten määrä ja sijainnit määritetään? Kuka määrittelee?
- Millä perusteella kosteusmittausmenetelmä (porareikämittaus tai näytepala) valitaan?
- Ollaanko työmaalla tietoisia, mitä epävarmuustekijöitä mittausmenetelmiin liitetty? Miten varmistetaan, että porareikämenetelmällä mitattaessa mitattavan betonirakenteen lämpötila pysyy lähellä käyttölämpötilaa koko mittauksen ajan?
- Varmistetaanko kohteessa mittaustuloksen oikeellisuus mittaamalla tulos samasta syvyydestä kahdesta rinnakkaisesta reiästä?
- Kuka myöntää rakenteiden päällystys- ja pinnoitusluvan? Miten?

Kosteudenhallinnan toteutuminen, valvonta ja dokumentointi:

- Onko Kuivaketju10-toimintamalli mielestäsi toimiva apuväline rakennushankkeen kosteudenhallinnan valvontaan ja dokumentointiin?

- Miten kosteudenhallintasuunnitelman toteutumista valvotaan ja dokumentoidaan? Päivitetäänkö suunnitelmaa rakentamisen aikana?
- Mitä ongelmakohtia työmaan kosteudenhallinnassa on ilmennyt? Onko työvaiheiden aloitusajankohtaa jouduttu siirtämään tai aikataulu pitkittynyt betonirakenteiden kosteuden vuoksi?
- Käytetäänkö sisäilman olosuhteiden tai betonirakenteen kosteuden seuraamisessa jotakin teknologian työkalua? Entä työmaan kosteudenhallinnan dokumentoinnin apuvälineenä?
- Millä tavoin kosteudenhallintakoordinaattorin toiminta näkyy hankkeessa? Miten kosteudenhallintakoordinaattorin ja pääurakoitsijan välistä yhteistyötä ja kommunikointia voisi kehittää?
- Voitko kuvailla kosteudenhallinnan kannalta sekä onnistuneita että epäonnistuneita hankkeita? Mitkä tekijät johtivat onnistumiseen/epäonnistumiseen?

Työmaaorganisaation osaaminen ja koulutus:

- Onko työmaan henkilöstön (toimihenkilöt ja työntekijät) tietämys kosteudenhallinnasta ja sen merkityksestä hankkeen onnistumisen kannalta mielestäsi riittävä?
- Ymmärretäänkö työmaalla puutteellisen kosteudenhallinnan ja aikataulun kiirehtimisen aiheuttamat taloudelliset riskit?
- Miten työmaan henkilöstöä koulutetaan tai ohjeistetaan kosteuden- ja olosuuhallinnan sekä ongelmatilanteiden, kuten vesivahingon osalta?
- Tulisiko työmaan henkilöstöä kouluttaa lisää työmaan kosteudenhallinnan ja Kuivaketju10-toimintamallin tai Terve Talo -periaatteiden osalta? Miten?

Lopuksi:

- Mitä Skanskan kosteudenhallinnan ohjeistuksia tai mallipohjia työmaalla on käytetty?
- Miten ohjeistuksia tai mallipohjia voitaisiin yhtenäistää tai kehittää?

LIITE D: TERVE TALO - VIIKKOTARKASTUSLOMAKE

SKANSKA

TERVE TALO VIIKKOTARKASTUS

Työmaa: TY-04586 Aurum uudisrakennus
Pääurakoitsija: Skanska Talonrakennus Oy

Tarkastuskerta:
Päivämäärä:

TARKASTETTAVA OSA-ALUE	OIKEIN	Yht.	VÄÄRIN	Yht.
1. Rakennusmateriaalit on suojattu				
2. Rakennusosat ja ulkovaippa on suojattu				
3. Rakennusosat on tarkastettu				
4. Talotekniikan vaativat työt on tehty				
5. Puhelaudenhallinnan toteutus on asiantmukaista				
6. Työmaa järjestelyt				
KUNNOSSA YHTEENSÄ		0	EI KUNNOSSA YHTEENSÄ	0

TERVE TALO TULOS = $\frac{\text{OIKEIN}}{\text{OIKEIN} + \text{VÄÄRIN (KPL)}} \times 100 = \frac{0}{0} \times 100 = \text{\#DIV/0!}$

HUOMAUTUKSET JA KOMMENTIT	Vastuuhenkilö	Korjattu pvm

Tarkastettavien kohteiden tarkempi erittely (erittelyssä on annettu esimerkkejä tarkastettavista kohteista):

1. Rakennusmateriaalit on suojattu

- materiaalit ovat irti maasta, esim. kuormalavalla
- materiaalit on suojattu vähintään rakennusmuovilla
- materiaalien omat, säänkestävät pakkaukset ovat ehjät ja materiaalien päällä on peitteet
- materiaalit on suojattu siten, että ilma kiertää suojauksen alla
- kastuneet tai likaantuneet materiaalit on poistettu käytöstä
- materiaalipakkauksista puhdistetaan lumet/vedet ennen sisälle siirtoa
- sisällä varastoidut materiaalit ovat kuormalavojen tai muiden korokkeiden päällä
- materiaalit ovat omilla pakkauksissaan
- varastoidut materiaalit ovat puhtaita ja ehjiä

2. Rakennusosat ja ulkovalppa on suojattu

- ulkovalppan aukot on suljettu muovilla
- holvit on suojattu kosteudelta
- lumityöt tehty asianmukaisesti
- sääsuoja on tarvittavilla osin kunnossa ja tarkastettu säännöllisesti
- sääsuojan sadevedet on ohjattu hallitusti pois
- vesikatto pitää vettä
- vesikaton sadevedet on ohjattu hallitusti pois
- sokkeleiden ja seinien alaosien roiskevesisuojaus on tehty
- välitkaikset aukot on suljettu
- ikkuna- ja oviaukot on suljettu
- vesien poistamiseen on kalustoa (vähintään 1 vesi-lmuri ja lastoja)
- vesipisteiden alueet on suojattu; mahdollisuuksien mukaan vesipisteet ulkona
- elementit, yms. rakenneosat on suojattu välivarastossa
- elementeissä olevat aukot ja vapaat eristeet on suojattu

3. Rakennusosat on tarkastettu (esimerkkikohteita)

- saiaojen asennus on tehty oikein
- routaeristeet on asennettu oikein
- perusmaan muotoilu on tehty oikein
- radon suojaus on tehty oikein
- anturan kapillaarikatko on asennettu oikein
- maatyttöjen laatu täyttää vaatimukset
- sokkele- ja maanpäinrakenteiden vedeneristeet on tehty asianmukaisesti
- elementtien tiivistysvillat on oikein asennettu ja kulvat
- höyrynsulkurakenteiden asennus on oikein tehty
- vesikaton asennukset on tehty suunnitelmien mukaan
- märkätilojen kallistukset on tarkastettu
- putkirakenteiden liitokset, vuotovahdit, yms. on tarkastettu
- vedeneristeet on tarkastettu ja dokumentoitu
- ulkoseinien liittymät
- ikkunoiden ja ovien liittymät ulkovalppaan
- alakattorakenteet asianmukaisia
- räystäsdetailit ovat tarkoituksen mukaiset ja asiallisesti toteutettuja
- myrskypeilit ovat tarkoituksen mukaiset ja asiallisesti toteutettuja
- ikkuna- ja ovipeilit ovat tarkoituksen mukaiset ja asiallisesti toteutettuja
- tuuletusrakenteet ovat asianmukaisia

4. Talotekniikan vaatimat työt on tehty

- lämpösäteilijät, pääte-elimet, yms. laitteet ovat tehdaspaketeissaan loppusilvoukseen asti
- valaisimet ovat suojamuovissaan tai muutoin suojattu
- tarvittaessa laitteet on suojattu esim. kovalevyä
- suojaamattomat osat puhdistettu

5. Puhtaudenhallinnan toteutus on asianmukaista

- holvella ei ole rakennusjätettä
- asennusalueilla on jäteastiat
- jätteille on laivat
- lattia- ja tasopinnolla ei ole irtolikaa
- harjasilvous on kielletty
- ovia on kuramatot / ruohomatot
- tiloja silvotaan säännöllisesti
- ulko-ovet on varustettu kiinni menevällä ovelta
- tarvittavat all- ja ylipaineistukset on tehty
- Ilmanvaihtokanavien asennuksessa käytetään nakertajaa
- Ilmanvaihdon asennusalue on merkitty selkeästi
- tarpeeton kulku ilmanvaihdon asennusalueella on kielletty
- pölyävät työvälineet ilmanvaihdon asennusalueella on kielletty
- kaikissa asennuksissa ja työvaiheissa käytetään kohdepoistolla varustettuja koneita tai tiilat ovat alipaineistettuja
- materiaalit puhdistetaan tarvittaessa ennen asennusta
- Ilmanvaihdon asennusalueet / P1 –puhtausluokan alueet on osastoitu erilleen (toimintakoevalhe)
- talotekniikan laitteet on suojattu
- Ilmanvaihdon asennusalueet / P1 –puhtausluokan alueiden ovilla selkeät merkinnät alueen P1 luokasta (toimintakoevalhe)
- Ilmanvaihdon asennusalueet / P1 –puhtausluokan tilojen lattiat ovat Imuripuhkaat (toimintakoevalhe)
- Ilmanvaihdon asennusalueet / P1 –puhtausluokan tiloissa ei tehdä enää pölyäviä töitä (toimintakoevalhe)
- Ilmanvaihdon asennusalueet / P1 –puhtausluokan tiloissa ei varastoida rakennusmateriaaleja (toimintakoevalhe)
- läpikulku P1 –puhtausluokan tilojen kautta on estetty (toimintakoevalhe)

6. Työmaajärjestelyt

- tupakointia varten on osoitettu erillinen piste
- ovia on tupakointi kielletty -merkit
- tupakointia valvotaan
- rakennusmateriaalien varastointialueilla ei polteta
- rakennuskohteen sisällä ei ole sosiaalityötiloja

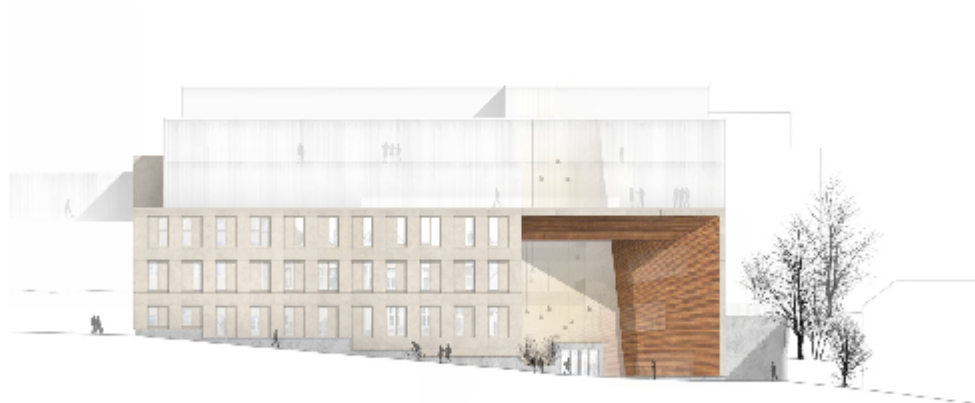
LIITE E: VARASTOINTI- JA SUOJAUSOHJE

SKANSKA

4.12.2017

Varastointi- ja suojausohje

TY-04586 Juslenia 2



Sisällys

1. Materiaalien suojaus ja varastointi	2
1.1. Materiaalien toimitus työmaalle	2
1.2. Materiaalien varastointi	2
1.3. Materiaalien säilytys työmaalla	3
2. Suojaus- ja varastointitavat	3
2.1. Suojaustavat	3
2.2. Varastointipaikat ja välivarastointi	4
2.3. Varastointialueet	4
2.4. Varastointiolosuhteet	5

1. Materiaalien suojaus ja varastointi

Tämä ohje perustuu RATU S-1232 suunnitteluohjeeseen, Terve Talo -ohjeeseen ja Skanskan työturvallisuus-, ympäristö- ja logistiikkavaatimukset -asiakirjaan.

1.1. Materiaalien toimitus työmaalle

Urakoitsijoiden on hyväksyttävä varastointitilaa tarvitsevien materiaalien toimituserien koot ja toimitusajat projektinjohtourakoitsijan edustajan kanssa hyvissä ajoin ennen toimitusta. Urakoitsija saa toimittaa pääsääntöisesti kerralla vain viikon materiaalitarpeen työmaalle.

Jokaisen urakoitsijan on osaltaan vastattava omien materiaaliensa kuljetuksesta siten, että materiaalit eivät pääse likaantumaan tai kastumaan missään vaiheessa. Materiaalien kunto on aina tarkastettava vastaanotettaessa kuljetusta. Kastuneet, likaantuneet tai muuten virheelliset materiaalit tulee vaihtaa välittömästi uusiin.

1.2. Materiaalien varastointi

Jokainen urakoitsija on vastuussa materiaaliensa oikeaoppisesta varastoinnista ja suojauksesta. Materiaalit on varastoitava valmistajan ohjeen mukaisesti projektinjohtourakoitsijan edustajan osoittamaan paikkaan. Materiaalien tulee mahtua osoitetulle varastopaikalle, eikä materiaalia saa säilyttää muilla alueilla. Urakoitsijan on huolehdittava varastopaikan siisteydestä, järjestyksestä ja materiaalien suojauksista.

1.3. Materiaalien säilytys työmaalla

Erityisesti herkästi kosteudesta vaurioituvat materiaalit, kuten eristeet, puutavara ja pintamateriaalit sekä ilmanvaihtokanavisto- ja kojeisto on tuotava työmaalle vasta lähellä asennusta. Mikäli mahdollista, nämä materiaalit tulee säilyttää joko sisällä tai umpikontissa.

Lattioiden päälle ei saa varastoida pitkäksi ajaksi rakennustarvikkeita tai laitteita, jotka estävä betonirakenteiden kuivumista. Jos sisätiloissa varastoidaan materiaaleja, on varastoitavien tavaroiden alle asennettava korotuspalat siten, että tavaroiden ja lattiapinnan väliin jää vähintään 100 mm:n korkuinen, tuulettuva ilmaväli.

Tavarapinojen väliin (esim. levypinot) jätetään vähintään 500 mm: levyinen väli, jotta ilma pääsee kiertämään esteettömästi.

Sisällä on suositeltavaa varastoida ainoastaan ne materiaalit, jotka ovat välittömästi asennettavissa. Urakoitsija saa tuoda pääsääntöisesti vain yhden päivän materiaalitarpeen työpisteelle kerrallaan. Materiaalit on säilytettävä työpisteessä lavoilla, aluspuilla tai muulla tavalla irti lattiapinnasta pölyntorjunnan sekä siirtojen helpottamiseksi.

Ulkona säilytettäessä materiaalien tulee olla irti maasta siten, että ilma pääsee kulkemaan niiden alla. Materiaalien säilytys alueen alle on suositeltavaa asentaa muovikalvo tai muu vastaava, joka estää maakosteuden nousun. Varastointi alueen maanpinnan tulee olla mahdollisimman tasainen, jotta vesi ei lammikoidu.

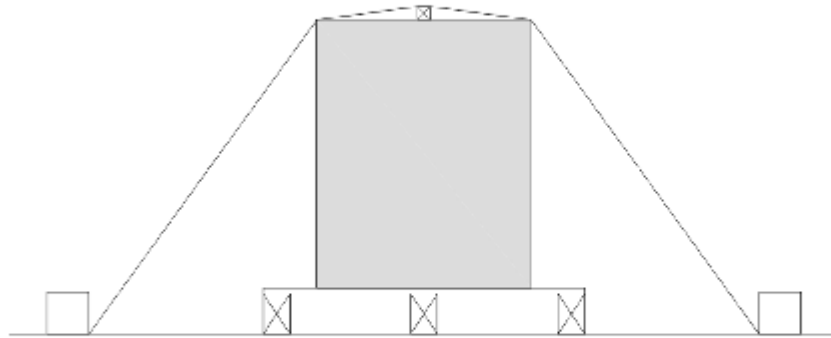
2. Suojaus- ja varastointitavat

2.1. Suojaustavat

Materiaalit varastoidaan aina irti alustastaan esim. aluspuiden tai kuljetuslavan päälle. Alustan tulee ohjata vedet pois ja kantaa lujuudeltaan varastoitava materiaali.

Materiaalien peittäminen tulee tehdä siten, että peitettävä materiaali jää kokonaan peitteen alle. Peitteen tulee olla asennettu siten, että se ei lähde materiaalin päältä pois kuin erikseen poistamalla. Tuotteiden tulee kuitenkin päästä aina tuulettumaan, joten suojapeite asennetaan irti materiaaleista esim. rimojen avulla. Suojapeitteen asentaminen kaltevaksi ehkäisee suojapeitteisiin syntyviä taskuja, jotka keräävät vettä.

Materiaalit tulee suojata kosteuden lisäksi myös lialta ja kolhuilta. Suojaustapaa mietittäessä tulee huomioida, että rakennusmuovi ja kevytpeite kestävät vain yhden käyttökerran.



Kuva 1. Peri-

aatekuva suojauksesta.

2.2. Varastointipaikat ja välivarastointi

Varastointipaikat järjestetään siten, että muusta työmaan toiminnasta tai liikenteestä ei aiheudu materiaalien vaurioitumista.

Pitkiä varastointiaikoja ja välivarastointia on pyrittävä välttämään, jotta materiaalit eivät vaurioidu tai likaannu ylimääräisten siirtojen aikana. Jokaisen urakoitsijan on pyrittävä tilaamaan materiaalit työmaalle oikea aikaisesti.

2.3. Varastointialueet

Varastointialueiden tunnukset on merkitty kohteen aluesuunnitelmaan. Varastointialueiden määrä ja sijainti saattavat muuttua hankkeen edetessä. Muutokset päivitetään aluesuunnitelmaan.

V1 = Ulko-tila

V2 = Suojainen tila

V3 = Sisätila

V4 = Lämmin tila

V5 = Käyttötila

Kaikissa varastointitavoissa on huolehdittava, että materiaalit varastoidaan vähintään 100mm irti maasta tai lattiasta.

2.4. Varastointiolosuhteet

Varastointiolosuhteet on järjestettävä sellaisiksi, että ne vastaavat mahdollisimman hyvin materiaalin käytön aikaisia olosuhteita.

Taulukko 2. Symbolit ja ohjeellinen kuvaus materiaalien suojaamisesta. Tarkasta aina valmistajan ohjeet suojauksesta.

Käyttötila	Lämmin tila	Sisätila	Suojainen tila	Ulkotila
				
Säilytys lämmityksessä sisätilassa. Materiaalilla voi olla erityisiä olosuhdevaatimuksia, kuten lämpötila tai ilmankosteus.	Materiaali säilytetään lämmitetyssä sisätilassa.	Materiaali tulee säilyttää sisätilassa katumiselta. Ei välttämättä lämpötilavaatimusta. Varastoinnissa esim. ulkorakennus tai varastokontti.	Materiaali voidaan säilyttää katetussa ulkotilassa. Esimerkiksi suojapeitteillä tai katoilla suojattu tila.	Materiaalilla ei ole erityistä suojaustarvetta.
Parkeetit, laminaatit Kalusteet Matot Kipsi- ja laastulevyt Pintatuotteet Suojaemättömät puukkuunet ja -ovet Pintapuutavara IV-koneet ja asennusvälineet				
		Laesit Runkopuutavara Puukkuunet ja -ovet (lyhytaikainen) Metallikkunat ja -ovet Kivi- ja betoni Lämmönesteet Metallikasetit Puuelementit Betonielementit Kesämökki, tilet ja laatat Puuolitteet Metallivarusteet Maa-ainekset Kattoiliet Ulkovanusteet		

Kuva 2. Suojaus materiaaleittain (RATU S-1232).