



Salla Mehtälä

# Hybridirungon kosteudenhallinnan kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

30.1.2022

## Tiivistelmä

Tekijä: Salla Mehtälä  
Otsikko: Hybridirungon kosteudenhallinnan kehittäminen  
Sivumäärä: 92 sivua + 1 liitettä  
Aika: 30.1.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka  
Ammatillinen pääaine: Rakentamisen projektinhallinta  
Ohjaajat: Lehtori Kimmo Sani  
Työpäällikkö Tero Määttä

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lujatalo Oy:n toimeksiannosta. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia puun kosteudenhallintaa sekä kosteusteknisesti erilaisten materiaalien kosteudenhallintaa samanaikaisesti hybridirungossa.

Työssä tutkittiin jokaisen runkoon tulevan materiaalin kosteustekniset ominaisuudet erikseen sekä lisäksi avattiin kosteudenhallinnan toimintatapoja työmaalla yleisesti. Työssä selvitettiin millaisia kosteusteknisiä ominaisuuksia, mahdollisuuksia sekä haasteita eri materiaaleilla on sekä lisäksi tutkittiin eri materiaalien kosteusmittausmenetelmiä.

Opinnäytetyötutkimus sisältää kirjallisen tutkimuksen sekä haastattelututkimuksen. Haastattelututkimus on jaettu kolmeen eri näkökulmaan haastateltavien perusteella. Näkökulmia ovat tilaajan näkökulma, kosteustekninen näkökulma sekä kokemuseräinen näkökulma. Edellä mainittujen tutkimuksien perusteella lopputulokseksi saatiin koottua rungon kosteudenhallinnasta yhteen riskit sekä niiden hallinta. Työ sisältää myös pohdintaa, miten työmaalla kosteudenhallinnan tapoja voitaisiin kehittää.

---

Avainsanat Kosteudenhallinta, puu, hybridirunko, kosteudenhallinnan riskit, kosteudenhallinnan kehittäminen

## Abstract

Author: Salla Mehtälä  
Title: Development of Hybrid Frame Moisture Control  
Number of Pages: 92 pages + 1 appendices  
Date: 30 January 2022

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Civil Engineering  
Professional Major: Construction Project Management  
Supervisors: Tero Määttä, Project Manager  
Kimmo Sani, Senior Lecturer

---

This thesis was commissioned by Lujatalo Oy. The objective of this thesis was to study the moisture management of wood and the moisture management of moisture-technologically different materials inserted simultaneously in a hybrid frame.

In this thesis project each material's moisture technical characteristics were examined separately and also general methods of moisture management at construction sites were introduced. It was explored what types of moisture-proof properties, opportunities as well as challenges different materials have, and also moisture calculation methods of various materials were studied.

The thesis study includes literature review as well as interview research. The interview study is divided into three different perspectives based on interviewees. Perspectives include the client's perspective, moisture technical perspective and experience-based perspective. On the basis of the literature review and interview results, the risks in the moisture control of the frame and their management methods were compiled. The thesis also includes a reflection on how the methods of moisture management at the site could be developed.

---

Keywords Moisture Management, Wood, Hybrid Frame, Risks of Moisture Control, Development Of Moisture Control

# Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoite	1
1.3	Rajaus	2
1.4	Tutkimusmenetelmät	2
2	Kosteudenhallinta rakennushankkeessa	3
2.1	Kosteudenhallintaa koskevat määräykset ja ohjeet	3
2.1.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki	3
2.1.2	Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017)	4
2.2	Kosteus rakennustyömaalla	4
2.2.1	Kosteuslähteet	5
2.2.2	Kosteuden siirtyminen	5
2.3	Puun kosteustekniset ominaisuudet	7
2.3.1	Kutistuminen ja laajeneminen	11
2.3.2	Hirsi	11
2.3.3	Liimapuu	13
2.3.4	Cross Laminated Timber (CLT)	15
2.3.5	Kerto-Ripa-välipohjaelementti	18
2.4	Teräsbetoni	19
2.5	Kipsivalulattia	21
2.6	Kosteudenhallinta työmaalla	23
2.6.1	Kosteudenhallintasuunnitelma	24
2.6.2	Kosteudenhallinnan laadunvarmistus työmaalla	26
2.6.3	Kosteusriskien kartoitus ja ehkäisy	27
2.6.4	Runkorakenteiden kosteuden ehkäisy	29
2.6.5	Vuodenaikojen ja sääolosuhteiden vaikutus kosteudenhallintaan	30
2.6.6	Sää- ja kosteussuojaus työmaalla	32
2.6.7	Kosteudenhallinnan toimintamallit	36
2.7	Rakenteiden kuivuminen	37
2.7.1	Kuivumisajat	38
2.7.2	Kuivumisen aiheuttama halkeilu	40
2.8	Kosteusmittaus	41

2.8.1	Betonin kosteusmittaus	42
2.8.2	Puun kosteusmittaus	44
2.8.3	Kipsivalun kosteusmittaus	44
3	Haastattelututkimus	46
3.1	Case kohteen esittely: Lukio- ja kulttuuritalo Monio	46
3.1.1	Kohteen runkoratkaisu	47
3.1.2	Rungon aikataulu	49
3.2	Haastattelu - Tilaajan kosteudenhallintakoordinaattori WSP Oy	49
3.2.1	Kysymykset	49
3.2.2	Vastaukset	50
3.3	Haastattelu – Puuasiantuntija Vahanen Oy	52
3.3.1	Kysymykset	53
3.3.2	Vastaukset	54
3.4	Haastattelu – Kipsivalu Knauf Oy	57
3.4.1	Kysymykset	57
3.4.2	Vastaukset	58
3.5	Haastattelu – Kokemusasiantuntija	59
3.5.1	Kysymykset	59
3.5.2	Vastaukset	60
3.6	Haastatteluiden yhteenveto	63
4	Puupainotteisen hybridirungon kosteudenhallinnan riskit ja hallinta	64
4.1	Kosteuden siirtyminen	65
4.2	Kastuminen ja kuivaminen	68
4.3	Olosuhteet sääsuojan sisällä	70
4.4	Kosteusteknisesti erilaiset materiaalit	71
4.5	Monimuotoinen vesikatto ja puuseinä rakenteet	73
4.6	Asenteet	75
4.7	Logistiikka ja aikatauluviivästyks	76
4.8	Työmaa-aikainen vesitys	76
4.9	Suojaus ja varastointi	77
4.10	Kosteudenhallinnan seuranta ja raportointi	81
5	Johtopäätökset	82
5.1	Puu- ja hybridirungon kosteudenhallinta	82

5.2 Työmaan kosteudenhallinnan kehittämideoita	84
6 Yhteenveto	86
7 LÄHTEET	89

## Liitteet

Liite 1: Kosteudenhallinta – Tuusulan Monio 12534

# 1 Johdanto

## 1.1 Tausta

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Lujatalo Oy, mikä on osa yhtiötä Suomen suurinta rakennusalan konsernia, Luja-yhtiötä. Yhtiö on perustettu vuonna 1953 ja Lujatalo Oy:n lisäksi siihen kuuluvat Lujabetoni Oy sekä Fescon Oy. Suomen lisäksi yhtiöllä on toimintaa myös Ruotsissa ja Venäjällä.

Lujatalo Oy on toimitila- sekä asuntorakentaja, jonka erikoisalaa ovat peruskorjaus ja energiatehokas rakentaminen. Valtakunnallisesti Lujakoti merkki tunnetaan laatumerkkinä hyvälle asumiselle. Lujatalo Oy: llä on yhdeksän alueyksikköä valtakunnallisesti ympäri Suomea ja tällä hetkellä se työllistää noin 800 henkeä. Lujatalon pääkonttori sijaitsee Espoon Leppävaarassa, jossa istuu myös Lujatalon toimitusjohtaja Harri Savolainen.

Lujatalo urakoi Tuusulaan hybridirunkoisen lukio- ja kulttuuritalo Monio-hankkeen, missä kohteen runkoon on suunniteltu sekaisin terästä, betonia, hirttä, Kerto-Ripalaattaa sekä liimapuuta. Työn taustalla on tarve ymmärtää paremmin puupainotteisen sekarunkoisen rakennuksen kosteudenhallinnan keinoja, kun materiaalit ovat kosteusteknisesti hyvin erilaisia.

## 1.2 Tavoite

Tavoitteena on siis tutkia itse puun kosteudenhallintaa sekä lisäksi kosteusteknisesti erilaisten materiaalien kosteudenhallintaa samanaikaisesti rungossa. Työssä tutkitaan kosteusteknisestä näkökulmasta esimerkkikohteen toimivan Tuusulan Monio - hankkeen hybridirunkoon tulevia materiaaleja sekä lisäksi välipohjan päälle suunniteltua kipsivalua. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää millaisia ominaisuuksia, mahdollisuuksia ja haasteita materiaaleilla on ja pohtia mahdollisia riskejä niiden hallinnassa samanaikaisesti rungossa. Tavoitteena on siis saada lopputulokseksi pohdinta kosteudenhallinnan

toimintatavoista sekä sen kehittämistä hybridirungossa, missä on sekaisin kosteusteknisestä näkökulmasta hyvin erilaisia materiaaleja, painottuen kosteusherkkään puuhun.

### 1.3 Rajaus

Opinnäytetyötutkimus tehdään kosteusteknisestä näkökulmasta ja työ rajataan materiaalien osalta siten, että tutkittavat materiaalit ovat CLT, hirsi, liimapuu, teräsbetoni, kerto-ripaelementti ja kipsivalu. Tutkimusta rajataan myös ajallisesti sekä paikallisesti koskemaan vain runkovaiheen työmaalla tapahtuvaa kosteudenhallintaa.

### 1.4 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyötutkimus on kaksiosainen ja sisältää kirjallisen sekä kyselyhaastattelu tutkimuksen. Työ aloitetaan kirjallisella tutkimuksella, jossa alan kirjallisuuden pohjalta työhön luodaan teoriaosuus. Teoriaosuuden pohjalta pidetään neljä haastattelua, joissa selvitetään tilaajan näkökulma, kosteustekninen näkökulma sekä kokemukseräinen näkökulma puupainotteisen hybridirungon kosteudenhallinnan tavoista ja niiden kehittamisestä.

Haastattelututkimuksen apuna käytetään esimerkkinä luvussa 3.1.1 esiteltyä Lujatalon urakoimaa Tuusulan lukio- ja kulttuuritalo Monio – hanketta. Hanke on valittu tutkimuksen esimerkiksi, koska hankkeessa ollaan aloittamassa loppuvuodesta 2021 puupainotteisen hybridirungon pystyttämistä ja sekarungon kosteudenhallinnan kehittamisestä on siis konkreettista hyötyä nyt projektille. Haastattelututkimuksen pohjalta saadaan luotua lopullinen selvitys, miten materiaalit selviävät kosteusteknisestä näkökulmasta samanaikaisesti sekarungossa.



## 2 Kosteudenhallinta rakennushankkeessa

### 2.1 Kosteudenhallintaa koskevat määräykset ja ohjeet

Kosteudenhallinta aloitetaan jo kohteen hankesuunnitteluvaiheessa, mutta konkreettiset toimet kosteudenhallinnan osalta tapahtuvat vasta hankkeen rakentamisvaiheessa. Laissa ja määräyksissä on annettu suuntaa antavasti määritelmiä, miten kosteudenhallinta tulisi toteuttaa ja lisäksi kosteudenhallinnan toteuttamisesta on tehty paljon erilaisia ohjeistuksia ja asiakirjoja, joiden käyttö saattaa olla esimerkiksi rakennusluvan saamisen ehtona. Tämän kaltaisia ohjeistuksia ja asiakirjoja ovat esimerkiksi kuivaketju 10, kosteudenhallintaselvitys, kosteudenhallintasuunnitelma sekä kosteudenhallinta-asiakirja. [Huhtamäki 2017: 10]

#### 2.1.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslain tarkoituksena on luoda elinympäristö, mikä on terveellinen, turvallinen sekä viihtyisä ja mikä ottaa huomioon eri väestöryhmien tarpeet ja on lisäksi sosiaalisesti toimiva. Maankäyttö- ja rakennuslaki sisältää siis paljon säädöksiä rakennusten olennaisista teknisistä vaatimuksista. Pykälässä 17 c §:n on yksi erittäin selkeä asetus rakennuksien kosteusteknisestä toimivuudesta rakentamisvaiheessa. Alla suora teksti siitä:

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen. Rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien, säteilyn, veden tai maapohjan pilaantumisen, savun, jäteveden tai jätteen puutteellisen käsittelyn taikka rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi. [Ympäristöministeriö 2020]

Eli asetuksen mukaan rakennuttajalta vaaditaan rakennuksen toteuttaminen niin, ettei siitä pääse aiheutumaan kosteusvaurioista aiheutuvia terveyshaittoja.

### 2.1.2 Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017)

Maankäytön- ja rakennuslain pykälän 17 c §:n nojalla on annettu myös ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017), joka on astunut voimaan 1.1.2018. Tätä asetusta kutsutaan kosteusasetukseksi ja siinä on 29 pykälää, jotka säätelevät rakentamisen kosteudenhallintaa vielä maankäyttö- ja rakennuslakia tarkemmin.

[Ympäristöministeriö 2020]

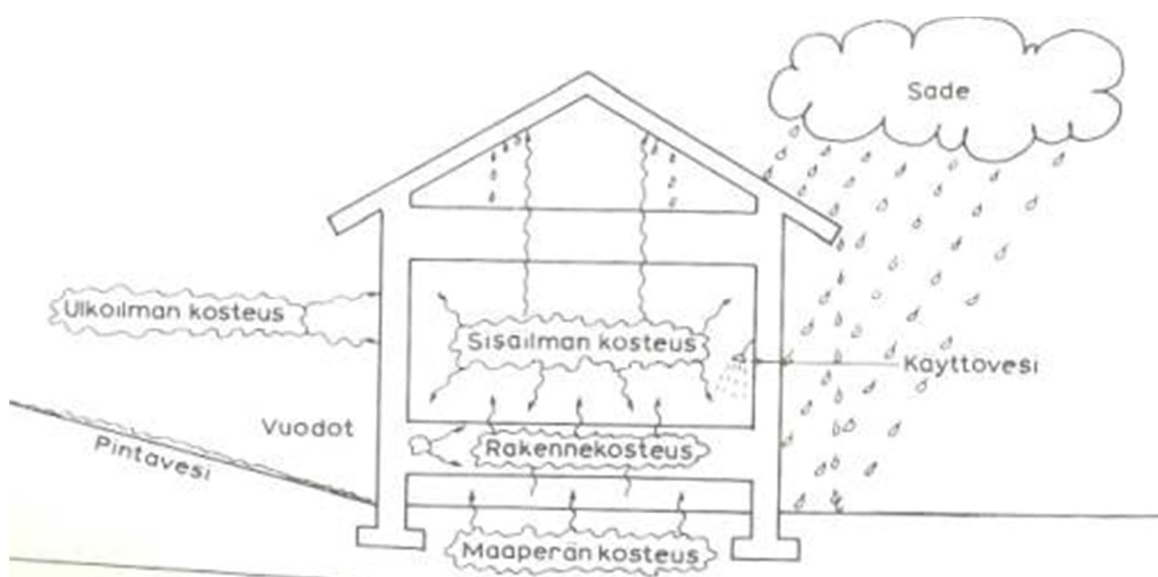
Asetuksessa mainittuja olennaisia vaatimuksia rakennuksen kosteusteknisestä toimivuuden kannalta ovat, että pää-, rakenne- ja erityissuunnittelija huolehtivat rakennuksen suunnittelusta siten, että rakennus varmasti täyttää sille määritellyt olennaiset vaatimukset kosteusteknisestä toimivuudesta näkökulmasta. Lisäksi suunnittelijan tulee varmistaa rakennusaikainen rakentamistapa ja kosteustekninen toimivuus, jos tehdään korjaus- ja muutostyötä. Olennaisina vaatimuksina ovat myös, että rakennus on kosteusteknisesti toimiva sen koko suunnitellun teknisen käyttöikänsä ja että liian suuri kosteuspitoisuus ei saa vaurioittaa rakennusta, eikä aiheuttaa siten terveysuhkaa. [Ympäristöministeriö 2020]

## 2.2 Kosteus rakennustyömaalla

Kosteus ilmaisee veden tai vesihöyryn määrän toisessa aineessa. Kosteutta terminä käytetään kaikille veden olomuodoille. Pahimmillaan kosteus voi aiheuttaa vaurioita rakenteisiin päästessä. Rakennukseen ja rakenteisiin pääsevällä kosteudella on kuvassa 1 esitettyjä erilaisia kosteuslähteitä, jotka voidaan jakaa ulkoisiin ja sisäisiin lähteisiin kosteuslähteisiin. [Sisäilmäyhdistys ry]

## 2.2.1 Kosteuslähteet

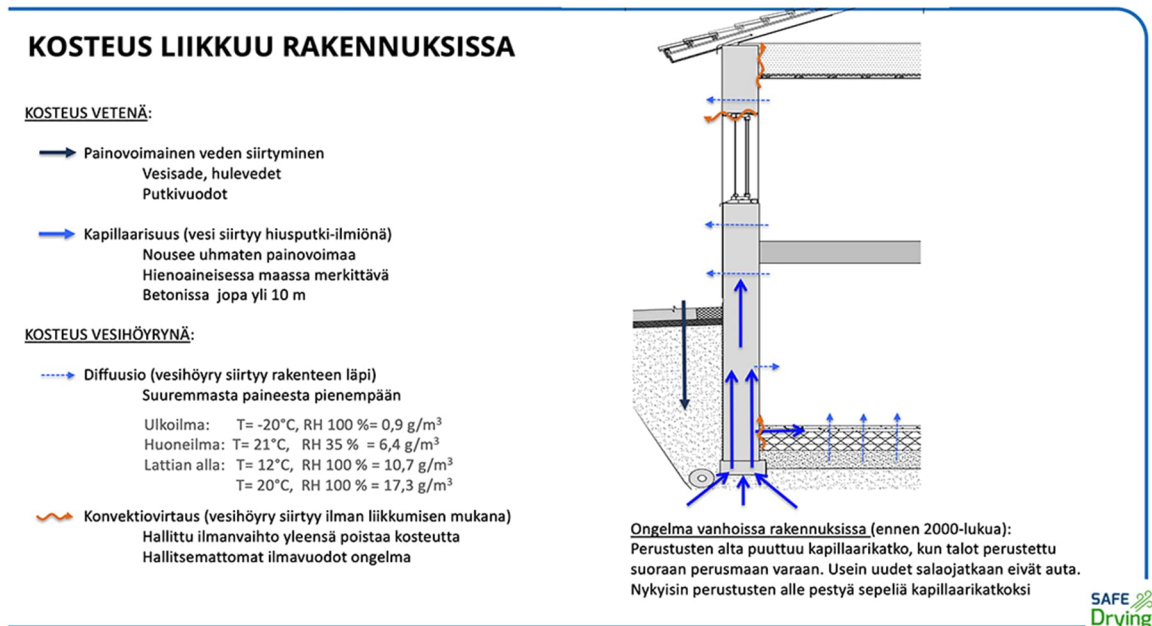
Sisäisiä kosteuslähteitä ovat esimerkiksi sisäilman kosteus, putkistojen vuodot, rakenteisiin jäänyt rakennekosteus, siivoaminen, talotekniset laitteet ja ilmanvaihdon/painesuhteiden vaihtelut. Ulkopuolisia kosteuden lähteitä sen sijaan ovat esimerkiksi sateen sekä tuulen kuljettama vesi ja lumi, pinta- ja hulevesi, ulkoilman kosteus, maaperän kosteus sekä jään ja veden sulamisvesi. Alapuolella olevassa kuvassa 1 on esitettyä ulko- ja sisäpuolisia kosteuslähteitä. [Sisäilmayhdistys ry; Kosteudenhallinta]



Kuva 1. Kosteuslähteet (Sisäilmayhdistys ry 2019a)

## 2.2.2 Kosteuden siirtyminen

Kosteutta esiintyy luonnossa kolmessa eri olomuodossa, joita ovat kaasu, neste ja kiinteä olomuoto. Rakenteiden sisällä sekä niiden läpi kosteus pääsee siirtymään kuvassa 2 esitetyin erilaisin ilmiöin – kapillaarisesti, painovoimaisesti, diffuusion vaikutuksesta sekä konvektion vaikutuksesta. [Taiarol Oy]



Kuva 2. Kosteuden liikkuminen rakenteissa

Veden kapillaarisella siirtymisellä tarkoitetaan veden siirtymistä imeytyneenä huokoisessa materiaalissa, tätä tapahtuu pysty- sekä vaakasuunnassa ja sen aiheuttaa huokosalipaine. Mitä suurempi huokosalipaine materiaalin huokosissa on, sitä suurempaa siirtyminen on. Jokaisella materiaalilla on oma huokosjakautumasta riippuva kyky siirtää kosteutta kapillaarisesti. Myös kosteuden siirtonopeus vaihtelee huokosalipaineesta ja veden virtausta vastustavista kitkavoimista riippuen. Kapillaarista veden nousua esiintyy yleensä maaperässä. [Sisäilmäyhdistys ry; Kosteudenhallinta]

Työmaalla suurimmat kosteusrasitukset tulevat veden painovoimaisesta siirtymisestä, esimerkiksi sateesta. Neste siis kulkeutuu ylhäältä alaspäin painovoiman vaikutuksesta. Jos veden poisjohtaminen rakenteista on puutteellinen tai ulkopinnat eivät ole rakenteessa vesitiiviitä, voi vesi päästä kulkeutumaan rakenteiden sisään painovoiman avulla, mikä aiheuttaa kosteusvaurioriskin. Veden painovoimainen siirtyminen voi olla siis hallittua ja suunniteltua esimerkiksi katto- ja räystäskourut tai haitallista siirtymistä, esimerkiksi läpivientien kohdat. [Sisäilmäyhdistys ry; Kosteudenhallinta]

Kosteus pääsee myös siirtymään rakenteissa diffuusiolla. Diffuusiolla tarkoitetaan kosteuden siirtymistä vesihöyryn muodossa kosteammasta tilasta kuivempaan tilaan. Yleensä siirtyminen tapahtuu lämpimämmästä kylmempään tilaan eli rakennuksen sisältä ulos. Lämpötilalla ei kuitenkaan ole niin suurta vaikutusta diffuusion suuntaan, vaan tilojen kosteusero määrää sen lopulta. Kosteusvaurioriski syntyy, jos rakenteen sisäpuolelta pääsee vesihöyryä enemmän rakenteeseen sisään, mitä rakenteesta pääsee vesihöyryä poistumaan. Tällöin riskinä on, että kosteutta tiivistyy rakenteeseen liikaa. [Sisäilmayhdistys ry; Kosteudenhallinta]

Neljäntenä ilmiönä kosteus voi myös siirtyä rakenteessa konvektion vaikutuksesta. Konvektiolla tarkoitetaan ilmanpaine-eroista syntyvien ilmavirtausten mukana siirtyvää vesihöyryä. [Sisäilmayhdistys ry]

### 2.3 Puun kosteustekniset ominaisuudet

Rakentamismääräykset ja -tilastot luokittelevat rakennuksen puutaloksi kantavan rungon mukaan. Eli virallisesti, kun puhutaan puurakentamisesta, niin puhutaan rakennuksen kantavasta rungosta. Puuta voidaan kuitenkin hyvin käyttää muiden materiaalien kanssa sekaisin rungossa sekä sisä- ja julkisivuverhoilussa. Eli vaikka rakennetaan puusta, ei kaikkea tarvitse tehdä puusta. [Laapotti 2020]

Puurakentamisen kosteudenhallinta on ajankohtainen aihe ja puurakentamisessa ilmenneet kosteudenhallinnan ongelmat ovat olleet esillä muun muassa Rakennuslehdessä koskien SRV:n Wood City projektia, jossa on paljastunut mikrobivaurioita uudessa rakennuksessa. Puu on ainoa rakennusmateriaali, joka uusiutuu ihmisen elinaikana ja esimerkiksi julkisessa rakentamisessa puun käyttö on tunnustettu yhdeksi keinoksi pienentää kuntien hiilidioksidipäästöjä. Hallituksen tavoitteena onkin ollut nostaa julkisessa rakentamisessa puurakentamisen määrää lähes puoleen kaikesta rakentamisesta. Teknisesti puu materiaalina soveltuu niin rakenteisiin, julkisivuihin kuin sisäpinnoiksiin. Puun käytöllä saadaan myös

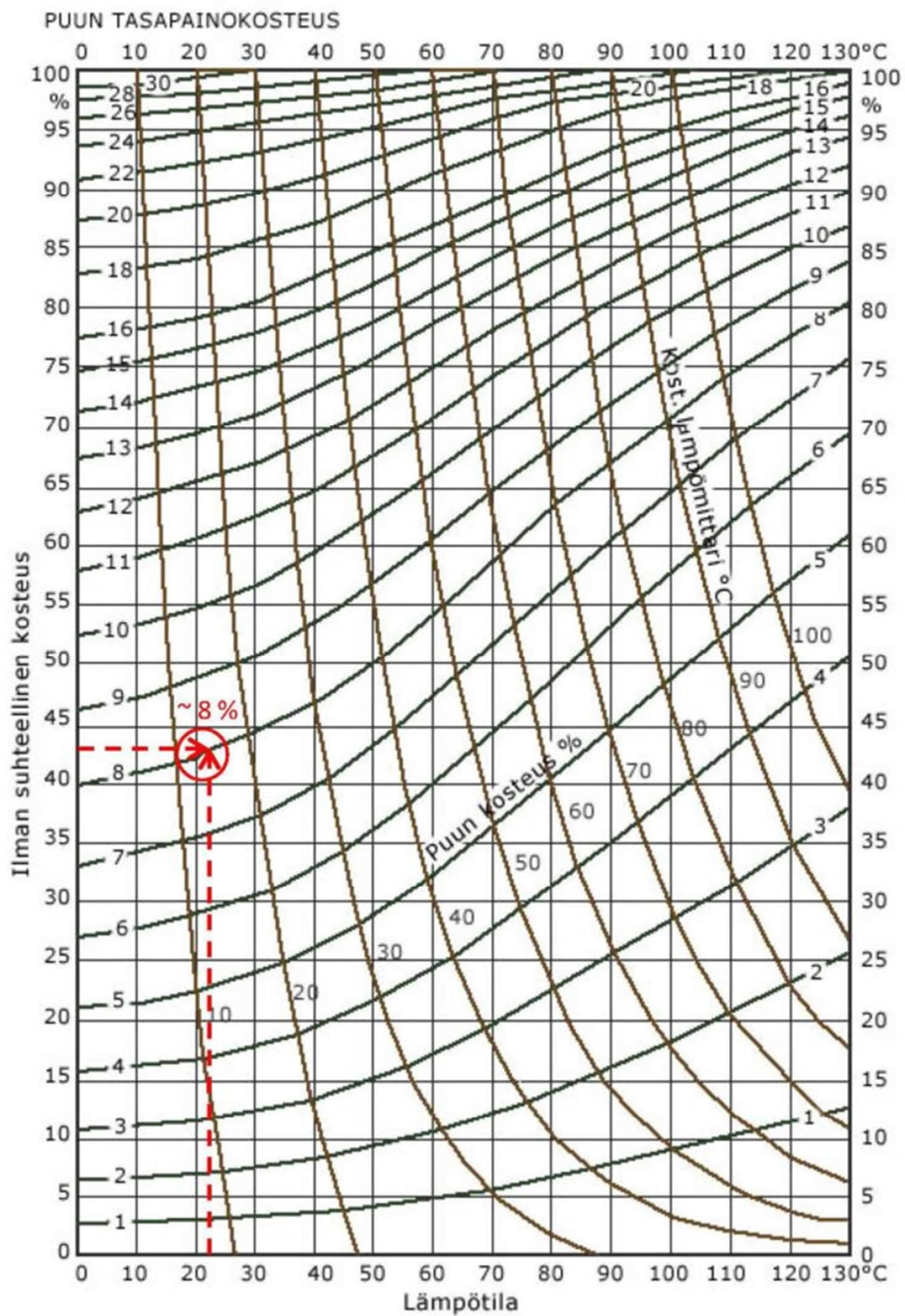
arkkitehtuurisesti kiinnostavia ratkaisuja. Erityisesti puurakentamista tulisi suosia koulu -ja päiväkotirakennuksissa. Puurakentamisen määrän kasvaessa on erittäin tärkeää, että rakennuksissa kosteustekniset ratkaisut sekä työmaa-aikainen kosteudenhallinta on toimivaa ja oikeanlaista, jotta rakennukset pysyvät toimivina ja terveinä. [Rakennuslehti; Puuinfo]

Rakennusmateriaalina puu on vettä imevä eli hygroskooppinen aine ja vesi pääsee siihen kolmella erilaisella tavalla. Näitä tapoja ovat soluonteloiden kautta nesteinä kapillaarisesti, soluonteloiden kautta höyrynä ja soluseinämän kautta molekylaarisena diffuusiona. Kun puhutaan puun kosteudesta, tarkoitetaan siinä olevan veden massamäärän ja kuivan puuaineksen massan välistä suhdetta. Puun kosteussuhde prosentti saadaan näin ollen selville kaavasta:  $100 \times (\text{puun kostea massa} - \text{puun kuiva massa} / \text{puun kuiva massa})$ . Esimerkkinä, jos puu painaa 400 kg ja siitä on vettä 80, niin puun kosteusprosentti on noin 25 % ( $100 \times ((400-320) / 320) = 25$ ). [Penttilä 2017; Puuinfo]

Ilman suhteellinen kosteus kerrotaan ilman sisältämän vesimäärän suhteena veden enimmäismäärään vallitsevassa lämpötilassa. Yleensä puun kosteus on 8-25 painoprosentin välillä ilman suhteellisen kosteuden vaihdellessa. Hygroskooppisena aineena puu voi sitoa ja luovuttaa kosteutta sen mukaan, kun ilman suhteellinen kosteus vaihtelee. Näin ollen puu muuttaa muotoaan kutistuessaan tai turvotessaan kosteusvaihtelun seurauksena ja puun kosteuseläminen pitääkin ottaa huomioon rakenteita ja yksityiskohtia suunniteltaessa. Välillä puun kykyä sitoa ja luovuttaa kosteutta voidaan myös käyttää rakenteellisesti hyväksi. Esimerkkinä tästä on laittaa rakennukseen puuaineiset lämmöneristeet, joilla tasataan kosteuden kulku rakenteissa. [Penttilä 2017, Puuinfo]

Puun tasapainokosteudella tarkoitetaan tiettyä ilman lämpötilaa sekä suhteellista kosteutta vastaavaa tilaa, missä puun kosteuspitoisuus ei muutu enää vaan pysyy vakiona. Puu asettuu aina tasapainokosteuteensa ympäristönsä kanssa ja yleensä puutavara, joka on esikuivattu, asettuu

tasapainokosteuteensa kahdessa viikossa. Puun tasapainokosteuden asettumisen vuoksi on tärkeää huolehtia, että puutavaran kosteus ei pääse vaihtelevaan paljoa sen käyttötarkoitukseen suositellusta arvosta esimerkiksi varastoinnin tai kuljetuksen aikana. Tasapainokosteuden asettumiseen vaikuttavat kosteuden muutoksen suuruus, puutavaran koko sekä ilman lämpötila. Puun syissä kyllästymispisteeksi kutsutaan tilaa, missä vapaa vesi on poistunut soluonteloista, mutta soluseinät sisältävät vielä enimmäismäärän vettä. Normaalisti puun kyllästymispisteessä kosteuspitoisuus on noin 30 prosenttia. Seuraavalla sivulla kuvasta 3 nähdään, että lämpötilan ollessa noin 22 celsiusastetta ja ilman suhteellisen kosteuden noin 43 prosenttia, on puun kosteuspitoisuus kahdeksan prosenttia. Tästä voidaan päätellä, että esimerkiksi lattialautoja asentaessa, tulisi lautojen kosteuspitoisuuden olla mielellään alle yhdeksän prosenttia, jotta lautojen kosteudenmuutokset pystyttäisiin minimoimaan puun pyrkiessä tasapainokosteuteensa. [Penttilä 2017, Puuinfo]



Kuva 3. Puun tasapainokosteuden määräytyy ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mukaan [Puuinfo]



### 2.3.1 Kutistuminen ja laajeneminen

Puu aloittaa kutistumisen, jos sen kosteus alenee alle puun kyllästymispisteen ja vastaavasti puun laajeneminen loppuu, kun tähän kyllästymispisteeseen on päästy. Kutistuminen ja laajeneminen tapahtuvat eri tavoin ja määrin puun vuosirenkaiden säteen sekä tangentin ja puun syiden suhteen. Tästä puhuttaessa käytetään nimitystä anisotropia. Kun puun tiheys kasvaa, kosteudesta johtuva kutistuminen ja laajeneminen myös lisääntyvät. [Puuinfo]

Puuta kuivatessa ja sen kosteuden alittaessa syiden kyllästymispisteen eli puun kutistuessa, puun lujuusominaisuudet paranevat. Puu vaurioituu sen kosteuden pysyessä pitkän aikaa yli 20 prosentissa. Puu alkaa helposti esimerkiksi homehtumaan jo muutamassa kuukaudessa, jos ympärillä olevan ilman suhteellinen kosteus on yli 80 prosenttia. Kun ilman suhteellinen kosteus ylittää 90 prosenttia, puu aloittaa lahoamisen. Sekä lahoamisen että homehtumisen kriteerinä ovat kuitenkin, että ilman lämpötila on 0-40 celsiusen välillä. Pakkasella lahoamista ei siis tapahdu. [Puuinfo]

### 2.3.2 Hirsi

Hirsi on yleensä kuusesta tai männystä valmistettu paksu kokopuinen rakennusmateriaali. Hirttä käytetään pääsääntöisesti seinärakenteena ja sen muoto voi olla kulmikas tai pyöreä. Hirrellä rakentaessa erityispiirteenä on huomioitava painaumien ja puun elämisestä johtuvan halkeilun hallinta. Muuten piirteet ovat pääsääntöisesti samat kuin muullakin puulla rakentaessa. [Puuinfo]

Hirren nopea ja suuri kosteusvaihtelu aiheuttaa poikkileikkausmittoihin muutoksia. Kosteuspitoisuudesta riippuen hirren turpoamis-kutistumisilmiö tapahtuu epätasaisesti eri puolilla hirren poikkileikkaus aluetta, mikä aiheuttaa suuria jännityksiä hirren sisällä. Tästä kosteusvaihteluista johtuen hirret eivät pääse asettumaan tiivisti toisiaan vasten, mikä aiheuttaa painumia hirsiseiniin kosteuden kuivuessa. Turvonneen hirren asentaminen saattaa myös aiheuttaa

hirsipontin lohkeamisen. Halkeamia syntyy, kun kuivumiskutistumista aiheutuva jännitys ylittää puun tai liimasauman lujuuden. [Kontio]

Liiallinen rakennusaikainen kosteus aiheuttaa hirteen esimerkiksi turpoamista, pilkkuuntumista, sinistymistä ja tummentumia. Kosteuden kertyminen rakennusaikana ei aiheuta kuitenkaan lahovaurioita ellei rakentamisaika ole kohtuuttoman pitkä ja kunhan kuivumista ei estetä rakenteellisesti. Myös pintakäsittelyyn tulee kiinnittää huomiota, koska väärin tehtäessä lahovaurio on mahdollinen. [Kontio; Puuinfo]

Pääsääntöisesti hirrestä rakennettu rakennus on kosteusteknisesti turvallinen. Kun kosteus nousee sisäilmassa, puupinta imee kosteuden ja luovuttaa sitä, kun sisäilma on kuiva. Tämä ilmiö heikentyy, kun puupintoja käsitellään kosteuden siirtymistä estävillä pinnoiteaineilla. [Puuinfo]

Uusimpia innovaatioita hirsirakentamisessa on markkinoille tullut painumaton hirsi, jonka etuna on sen helppo yhdisteltävyys muiden rakennusmateriaalien kanssa. Yksi painumaton hirsityyppi on kappaleen alapuolella olevan kuvan 4 Kontiotuote Oy:n valmistama SmartLog-hirsi. Se eroaa vaakapuurakenteen hirsistä niin, että siinä on pystysuuntaisena kantavana osana pystypuurakenteen SmartLog – hirsyä asentaessa käytetään hirsien väliseen liitokseen ruuvivaarنویتusta, jonka avulla hirret saadaan asennusvaiheessa niin tiiviisti toisiaan vastaan, että hirsien väliin ei jää myöhemmin syntyvää asennuspainamaa. [Kontio]



Kuva 4. Smartlog hirsi [Kontio]

Smartlog hirsi poikkeaa normaaliin hirteen nähden myös kosteusteknisesti. SmartLog-hirressä päätypuun osuus on huomattavan suuri ja hirsi pääsee kostumaan päätypuun kautta nopeasti ja syvälle asti. Toisaalta päätypuu myös kuivuu huomattavasti nopeammin, kunhan kuivumiselle on olemassa suotuisat olosuhteet. Huomattavan suuri päätypuu on siis vaikutustekijänä hirren kostumis-kuivumisherkkyydelle. [Kontio]

### 2.3.3 Liimapuu

Liimapuulla on paljon hyviä muilta rakennusmateriaaleilta puuttuvia ominaisuuksia. Se on uusiutuva rakennusmateriaali, joka optimoi puurakentamisen hyvät ominaisuudet, eikä aseta rakenneteknisille mahdollisuuksille rajoja. [Pystynen 2003: 8]

Puhuttaessa liimapuusta, tarkoitetaan vähintään kahdesta maksimissaan 45 millimetrin paksuisista sahatavaralamelleista liimaamalla tehtyä rakenteellista puutuotetta, joiden syysuunta on liimapuutuotteen pituussuuntainen.

Liimapuusta on mahdollista valmistaa erittäin suuria rakennusosia, sillä lamellit sormijatketaan, mikä antaa rajattoman pituus mahdollisuuden ja liimataan toisiinsa saaden haluttu poikkileikkausdimensio. Liimapuun lujuus- ja jäykkyyssominaisuudet ovat paremmat, mitä toisella samankokoisella sahatavarakappaleella ja suhteessa omaan painoonsa se on terästä vahvempaa. Tämä mahdollistaa liimapuulla pääsyn pitkiin jänneväleihin ilman välitukia, mikä taas antaa suunnittelijoille melkein rajattomat mahdollisuudet suunnitella rakenteita. [Pystynen 2003: 8; Puuinfo]

Liimapuun raaka-aine on lujuusluokiteltua puutavaraa, Suomessa yleensä kuusta. Myös painekyllästetty mänty on yleinen liimapuun raaka-aine etenkin rakenteissa, joissa on rasitteena pitkäaikainen kosteusvaikutus. Puutavara saapuu kuivattuna ja lujuusluokiteltuna suoraan tai sahalta ja yhden liimattavan lamellipuutavaran kosteussisällön tulee olla 8-15 prosentin välillä. Liittyvien lamellien kohdilla kosteus voi poiketa enimmillään neljä prosenttia. Tällöin lujuus liimasaumassa on parempi ja kosteus riittävän lähellä tasapainoarvoa valmiissa rakenteessa, joten mahdollisesti halkeamien muodostuminen ei ole häiritsevää. [Pystynen 2003: 11; Puuinfo]

Kuten muukin puutavara, liimapuun turpooa kosteuden lisääntyessä ja kutistuu sen vähentyessä. Kosteudesta aiheutuvat liikkeet ovat paljon suuremmat kohtisuoraan puunsyitä vastaan, mitä niiden suuntaisesti. Kosteusliikkeet ovat noin 0,2 prosenttia kohtisuorassa puunsyitä vasten ja 0,1 prosenttia puunsyiden suunnassa jokaista kosteudenmuutos prosenttia kohden. Jos kosteusliikkeet estetään pakkovoimilla, syysuuntaan kohtisuora kapasiteetti saattaa ylittyä, minkä seurauksena puu halkeaa. Tämän vuoksi kaikki liitosdetaljit ja liittimet tulee tehdä niin, että kosteusliikkeitä estetään mahdollisimman vähän. [Pystynen 2003: 66]

Huomioitava asia kosteusliikkeissä on erilaiset kosteusliikkeet kylmällä ja lämpimällä sivulla. Ne saattavat aiheuttaa merkittäviä muodonmuutoksia rakenteeseen, jos kosteus on jakautunut epätasaisesti poikkileikkauksessa. Esimerkkinä palkki eristyskerroksessa, jos palkki on talvella toiselta puolelta lämmin ja kuiva mutta toiselta puolelta kosketuksissa ulkoilmaan, missä suhteellinen kosteus on korkea, niin palkin ulkosivu tulee silloin sisäsivua pidemmäksi. Tämän vuoksi katot ja ulkosivut pyrkivät talvisin taipumaan ylöspäin. [Pystynen 2003: 66]

### 2.3.4 Cross Laminated Timber (CLT)

CLT eli Cross Laminated Timber on levy, joka on nimensä mukaisesti 90 asteen kulmassa toisiinsa nähden ristiinliimattuja lautakerroksia, joiden paksuus valmistajasta riippuen vaihtelee 19-42 millimetrin väliltä. Yleensä lautakerroksia on kolme tai viisi, mutta niitä voi olla enemmänkin. Pienin sallittu levykerros määrä on kuitenkin kolme ja niistä vähintään kahden kerroksen tulee olla puutavaraa. Yleensä CLT-levyn raaka-aineena käytetään kuusta tai mäntyä mutta näkyvään osaan voidaan laittaa jotain muutakin puuainesta. Käytettävät laudat sormijatketaan ja lujuuslajitellaan. Levyjen valmistustapoja on monia, joista yksi usein käytetty tapa on liittää vakuuliimalla laudat toisiinsa kiinni tyhjiötä apuna käyttäen. Toinen uudempi tapa liimata laudat yhteen on puristaa levyt prässin avulla toisiinsa kiinni. Liimaustavassakin on kaksi erilaista tapaa, mitkä vaikuttavat CLT-levyn ominaisuuksiin. Alapuolella esimerkki ristiinliimatuista lautakerroksista, CLT:stä. [Puuinfo; Stora Enso]



Kuva 5. Cross Laminated Timber [Puuinfo]

Levyn pintakäsittelyyn vaikuttaa aina sen käyttökohde. Näkyviin jäävät pinnat käsitellään aina pyydetyn mukaisesti. Levyjä voidaan käyttää sekä kantavina, että jäykistävinä rakenteina niin seinissä kuin lattioissakin. Ulkolevyissä levyt eristetään normaalilla tavalla ja eriste laitetaan levyn ulkopuolelle. Välipohjissa CLT levyjä voidaan käyttää sellaisinaan, puupalkiston kanssa sekä liittorakenteena betonivalun kanssa. Jos kohteen välipohjan äänieristykselle ei ole asetettu suuria vaatimuksia, voidaan käyttää pelkkää CLT- levyjä. CLT kestää hyvin paloa, on jäykkä, todella luja ja ominaisuuksiinsa nähden kevyt rakennuslevy. Sen käytön suosio kasvaa koko ajan Suomessa ja se sopii erittäin hyvin tilaelementtien runkoratkaisuksi. [Puuinfo]

Ominaisuuksiltaan CLT:n katsotaan olevan samanlainen mitä puu, sillä liima-aineksen määrä CLT -levyssä on alle 1 %. Liima-aineksella on kuitenkin vaikutusta siinä, miten kosteus siirtyy CLT rakenteessa. Lisäksi ristiinnaulitut paneelit lisäävät kosteuskäyttäytymisellään haastetta. CLT- levyssä kosteus eläminen saattaa aiheuttaa levyn taipumisen sekä liitoskohdissa niiden aukeamisen tai turpoamisen. [RIL 205-1 2017, 33]

CLT -levyn ulkokerrosten paksuudella on suhteessa kokonaispaksuuteen merkitystä muutoksissa, mitä kosteus aiheuttaa. Levy taipuu ulkokerrosten syiden suunnassa sitä enemmän, mitä paksumpi ulkokerros on. Ulkokerroksista ei voida kuitenkaan tehdä kauhean ohuita, koska paksummat ulkokerrokset tasaavat puristusjännitystä paremmin ilmansuhteellisen kosteuden vaihteluissa. Lisäksi keskikerroksen materiaalin jäykkyydellä on havaittu olevan vaikutusta kosteuskäyttäytymisessä. Tämä korostuu etenkin, jos välikerroksena käytetään puupohjaista levyä, eikä puulamellia. [Kaunisto 2020: 21-23]

CLT- levyjä käyttäessä kosteusteknisessä suunnittelussa tulee ottaa pääsääntöisesti samat asiat huomioon mitä yleisesti puulla rakentaessa. Liiallinen kosteus heikentää lujuus- ja kestävyysominaisuuksia ja voi aiheuttaa rakenteeseen biologisen, fyysisen tai kemiallisen vaurion. CLT- levyissä fyysiset vauriot liiallisesta kosteudesta tai kuivumisesta voivat aiheuttaa levyn halkeamisen ja lamellien irtoamisen toisistaan. CLT: n kosteuspitoisuuden tulee olla 18 prosenttia, jotta sienet ja home eivät pääse aiheuttamaan biologisia vaurioita ja CLT rakenteeseen kiinnitettävien metallikiinnikkeiden ja liitososien tulee olla vähintään korroosiolta suojattuja, ettei korrosio pääse aiheuttamaan kemiallista vauriota. [Kaunisto 2020: 21-23]

CLT- levyjen liitoskohtia suunnitellessa pitää huomioida sen toteutus työmaa olosuhteissa. Liitosten toteuttamisen tulisi onnistua nopeasti ja mutkattomasti varsinkin, jos työmaalla ei ole telttä- tai katesuojaa, jotta liitoskohdat eivät pääse kastumaan. Myös liitosmateriaaleihin tulee kiinnittää huomiota, esimerkiksi kuusi kestää koivua paremmin säärassitteita, joten se on järkevämpi valinta. Liitoskohtia suunnitellessa pitää myös muistaa suunnitella ne niin, että sinne mahdollisesti joutunut vesi pääsee myös pois. Liitoskohdissa tulee ottaa huomioon kosteus elämisen vaatima tila. Liitokset tulee myös tiivistää elastisella materiaalilla niin, että liitoskohdat pysyvät ehjinä ja tiiviinä. [Kaunisto 2020: 21-23]

### 2.3.5 Kerto-Ripa-välipohjaelementti

Kerto Ripa välipohjaelementti on kertopuusta rakenneliimalla valmistettu tuote. Kerto-Ripa-välipohjaelementti tyyppiä on olemassa kolme erilaista, jotka eroavat poikkileikkauksiltaan toisistaan. Näitä tyyppiä ovat ripa-, kotelo- ja avokotelolaatat. Ne ovat havupuuvuiluista liimaamalla valmistettuja levymäisiä tuotteita, jotka sopivat hyvin lujuutta vaativiin rakenteisiin. Alapuolella on esitettyä kuva avokotelolaatasta, joka soveltuu hyvin esimerkiksi julkisten rakennusten ala- ja välipohjaksi. Se on jäykkä mutta rakennekorkeudelta silti matala eli värähtelymitoitettu lattia voidaan sen avulla toteuttaa kustannustehokkaasti. [VVR Wood]



KUVA 6. Avokotelolaatta [VVR Wood]

VVR wood sivujen mukaan Kerto Ripa elementtien avulla saadaan hyödynnettyä puurakentamisen merkittävimmät edut – keveys, nopeus ja ympäristöystävällisyys – tinkimättä rakenteiden laadusta. Yleensä käyttökohteina ovat julkisten rakennusten sekä asuintalojen ala- ja välipohjarakenteet. Kerto-Ripa-elementtien avulla rakennuksen jänneväli saadaan pidennettyä tai rakennekorkeutta madallettua. Elementin muu etu on, että rakennus pystytään tekemään vähemmällä määrällä pilareita, kannattajia sekä yksinkertaisia liitoksia ympäröiviin rakenteisiin. Työmaa-asennus on nopea ja välipohja saadaan nopeasti valmiiksi ja turvalliseksi tasoksi. [VVR Wood]

Kertopuulla on melko samanlaiset kosteustekniset ominaisuudet, mitä yleensäkin puulla. Kriittisenä kosteutena pidetään, kun puun kosteuspiitoisuus



on 18 prosenttia puun kuivapainosta. Kriittinen kosteus voi hetkellisesti ylittyä, kunhan varmistetaan, että rakenteisiin pääsevä vesi poistetaan heti ja rakenteet kuivataan. Kosteudenhallinnan suunnittelussa pitää miettiä, miten voidaan estää veden pääseminen rakenteiden liitoksiin ja saumoihin. Suunniteltaessa pitää yrittää välttää rakenneosien välisiä kapeita ilmarakoja, jotka tuulettuvat huonosti sekä umpinaisia kotelomaisia rakenteita, joita ei päästä enää myöhemmin tarkastamaan. [Metsä Wood]

Kertopuu kastuu erittäin nopeasti syrjä- sekä päätypintojen kautta ja kuivuminen taas on hidasta, varsinkin lapepinnan kautta. Tehtaalta tulevan kertopuun pinta on itsessään vettä hylkivää. Kertopuun pinnat kuivuvat nopeasti mutta, jos kertopuu ehtii kastua pintaviiluja syvemmältä, on sen kuivuminen hidasta. Liimakerrokset hidastavat merkittävästi kertopuun kuivumista, tämän vuoksi on erittäin tärkeää suojata syrjä- sekä päätypinnat, saumat ja rakenneliitokset. [Metsä Wood]

## 2.4 Teräsbetoni

Betonirakenteet ovat yleensä teräsbetonirakenteita eli rakenteita, joissa betoni ja rauditus yhdessä kestävätkä rakennetta kohti tulevat rasitukset. Teräsbetonin ominaisuus on, että rakenne saa betonista hyvän puristuskestävyyden ja rauditus antaa rakenteelle hyvän veto- ja taivutuskestävyyden. Betoni lisäksi suojaa rauditusta korroosiolta. Tavallisesti rauditus asetetaan betonin sellaisille kohdille, mihin uskotaan syntyvän vetorasituksia, mutta rauditusta käytetään esimerkiksi myös vahvistamaan puristusrasitettua betonia. [Suomen Betoniyhdistys 2018: 263]

Betonin ja raudituksen yhteistoiminta perustuu siihen, että rakenteessa tapahtuvat muodonmuutokset siirtyvät betonilta rauditukselle ja toisinpäin rauditukselta betoniin niiden välisen tartunnan vaikutuksesta. Tämän lisäksi yhteistoimivuuteen vaikuttaa teräksen ja betonin melkein samansuuruiset lämpötilakertoimet, jonka takia lämpötilamuutokset eivät aiheuta ylimääräistä turhaa rasitusta rakenteessa. Teräsbetonin edut verrattuna raudittamattomaan

betoniin ovat niin suuret, että nykyään teräsbetoni on paljon yleisempi käyttö-käyttömateriaalina, mitä tavallinen betoni. [Suomen Betoniyhdistys 2018: 263]

Vesi on betonin raaka-aine ja sen tehtävänä on muodostaa sementin kanssa sementtiliima, jolla kiviainekset sitoutuvat yhteen. Lisäksi vesi tekee betonista työstettävää. Betonin kovettuessa osa vedestä sitoutuu kemiallisesti päästessään reagoimaan sementin kanssa, mutta tämän kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on vain noin 20 % sementin painosta ja loppu vesi sitoutuu fysikaalisesti betonin huokosrakenteeseen niin, että rakenteen pyrkiessä ympäristön kanssa tasapainokosteuteen osa vedestä haihtuu ympäristöön. Betonista haihtuvan veden määrään vaikuttaa siis suuresti sementin raaka-aine määrä betonissa, sillä fysikaalisesti sitoutunut vesi poistuu betonista sen kuivuessa ja kemiallisesti sitoutunut vesi ei poistu rakenteesta. Mitä suurempi sementtimäärä, sitä enemmän vettä on sitoutuneena kemiallisesti ja sitä vähemmän vettä pääsee haihtumaan pois. [Suomen Betoniyhdistys 2018: 263; Betonitieto]

Betoni sisältää siis aina kosteutta, mikä on peräisin sen valmistamiseen käytetystä vedestä sekä ympäristöstä betoniin siirtyneestä kosteudesta. Huokoisena materiaalina betoni pystyy sekä luovuttamaan, että vastaanottamaan kosteutta. Kostuessa betoni turpoaa ja kuivuessa kutistuu. Tämä kosteusliike aiheuttaa betonirakenteessa mahdollisesti muodonmuutoksia ja esimerkiksi betonin kuivumiskutistumista pidetään yhtenä suurimmista betonin halkeilun syistä. [Suomen Betoniyhdistys 2018: 527; Betonitieto]

Vaikka betonilla on hyvä kosteudensietokyky ja yleensä betonille itsestään kosteudesta ei ole haittaa, on sen kosteudenhallinta työmaalla todella tärkeää, koska betonin kosteus aiheuttaa helposti vaurioita muihin kosteusherkeempiin rakennusmateriaaleihin ympärillä. Etenkin päällystettävissä betonilattioissa on ehdottoman tärkeää varmistaa betonin riittävä kuivuminen ennen päällystämistä, ettei päällystettävä materiaali vaurioidu. [Suomen Betoniyhdistys 2018: 527; Betonitieto]

## 2.5 Kipsivalulattia

Kalsiumsulfaatti eli kipsi on niukasti veteen liukeneva, pehmeä sekä vaalea mineraali, joka kristallisoituu veden kanssa yhdistyessään. Kalsiumsulfaatti menettää osan kidevedestään, kun se kuumennetaan 120 - 130 °C:seen. Kuivattu kalsiumsulfaatti pyrkii halukkaasti saamaan takaisin kidevetensä, mikä saa kipsivellin kovettumaan. [Knauf Oy 2015, 10.]

Kipsimassa on pumpattava ja itsestään tasoittuva valumassa, joka koostuu hiekasta ja kipsisideaineesta. Kipsivalumassaa voidaan käyttää aluslattiavalussa sekä uivissa lattiarakenteissa ja se on betonivalulattia nopeampi tehdä. Kipsivalun valupaksuus uivassa lattiarakenteessa on yleensä 30-80 millimetriä. Hyvän lämmönjohtokykynsä vuoksi kipsimassalattiat soveltuvat hyvin lattialämmityksellä varustettaviin pintalattioihin. Kipsivalulattia reagoi betonia nopeammin lämpötilan muutoksiin ja tasoittaa näin lämmönvaihtelut. Kipsivalualattia on betonivaluun verrattuna myös 20-30 prosenttia kevyempi, joten valukerroksen ollessa ohuempi, se myös kuivuu nopeammin ja mahdollistaa seuraavien työvaiheiden aloittamisen aiemmin. Alapuolella kuvassa 7 on esitettyä esimerkki kipsivalun levittämisestä. [Knauf Oy]



Kuva 7. Kipsivalu Monion työmaalla

Kipsivalulattia saadaan ihanneajassa päällystysvalmiiksi, kun sen annetaan kuivaa oikeaoppisesti ja esteettä. Kuivumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat lämpötila, tilassa vallitseva ilmankosteus, ilmannoisuus ja pumpatun kipsivalun kerrospaksuus. Kuivuminen on sitä nopeampaa, mitä korkeampi lämpötila, alhaisempi ilmankosteus ja suurempi ilmanvaihtuvuus, tilassa vallitsee. Jälkihoito alkaa ovien ja ikkunoiden kiinnittämällä kahden ensimmäisen vuorokauden ajan. Tämän jälkeen aloitetaan ilmanvaihto. Kosteaa sisäilmaa korvataan kylmemmällä ja vähemmän kostealla ulkoilmalla, näin lattiamassan kuivuminen pääsee tapahtumaan. Jos ulkoa sisään tuleva kuivempi korvausilma ei riitä, voidaan tuuletusta tehostaa lisäksi asentamalla kosteudenpoistajia. Kosteuden poisjohtamisen onnistuminen on tärkeää, koska kipsimassa sisältää huomattavan määrän kosteutta, mikä tulee saada johdettua

pois koko rakennuksesta. Kipsivalumassan kuivuessa siihen sekoitetusta vedestä noin puolet haihtuu ilmaan ja puolet jää sitoutuneena lattiamassaan. Lattialämmitystä voidaan käyttää apuna kuivumisen tehostamisessa myös. Otollisissa olosuhteissa kipsivalulattia kuivuu samoin kuin betoni eli noin 1 cm/vko. Hyvät olosuhteet kuivumiselle ovat +20°, RH 65 % sekä tarpeeksi hyvä ilmanvaihto. [Knauf Oy; Ahveniston rakennuspalvelu Oy]

Kipsivalulattiaan saavutetaan kävelykelpoisuus jo 24 tunnin kuluttua pumppauksesta ja sen saa kuormittaa seitsemän vuorokauden kuluttua pumppauksesta. Kipsivalulattia voidaan päällystää tavanomaisilla pintamateriaaleilla esimerkiksi laminaatilla, muovimatoilla, akryylillä ja epoksilla. [Ahveniston rakennuspalvelu Oy]

Kipsin ominaisuuteen kuuluu, että imee ympäristöstä kosteutta ja tarvittaessa luovuttaa sitä. Kastuessa se menettää lujuuttaan, mutta säilyttää muotonsa ja muut ominaisuudet. Materiaalin uudelleen kuivuessa lujuus palautuu lähes samalla tasolle, jolla se oli ennen kastumista. Kipsin kastuessa ja uudelleen kuivuessa, ei tapahdu kutistumista eikä laajenemista. [Knauf Oy 2015, 101.]

## 2.6 Kosteudenhallinta työmaalla

Työmaan yleiset pääpiirteiset tavoitteet kosteudenhallinnan suhteen ovat estää kosteusvaurioiden synty, varmistaa rakenteiden kuivuminen ilman aikatauluviivytyksiä, vähentää kuivatustarvetta ja pienentää materiaalihukkaa. Jotta kosteudenhallinta toimisi mahdollisimman mutkattomasti, tulee työmaalla sopia kosteudenhallinnasta vastaavat henkilöt ja jakaa heille omat vastuualueet sekä tehtävät mahdollisimman tarkasti. Kosteudenhallinnan tehtäviä voivat olla esimerkiksi kosteudenhallintasuunnitelman laatiminen, työmaa-aikainen dokumentointi, kuivumisaika seuranta, kosteusmittaukset sekä osallistuminen kosteusteknisesti riskialttiiden työvaiheiden aloituspalaveriin. Tärkeä osa kosteudenhallintaa on myös osata kartoittaa etukäteen työmaan kosteudenhallinnan riskikohdat ja -rakenteet, jotta työvaiheiden ollessa

käynnissä niihin osataan kiinnittää tarpeeksi huomiota. [Kosteudenhallinta; Si-Sisäilmayhdistys ry]

Onnistuneeseen kosteudenhallintaan kuuluu hankkeen alussa pidettävä yhteinen aloituspalaveri, missä osapuolille kerrotaan jo hankkeen sopimusvaiheessa esitetty kosteudenhallinnan yleinen tavoite ja tavoitteeseen päästävät toimenpiteet. Ennen kaikkea hyvä kosteudenhallinta on kaikkien osapuolten yhteistoimintaa, jossa pääurakoitsijan vastuulla on pitää huoli, että jokainen työmaalla työskentelevä ymmärtää kosteudenhallinnantoimintamallin ja tunnistaa omaan työhönsä liittyvät kosteudenhallinnan kriittiset työvaiheet. [Kosteudenhallinta]

Tilaaajan tehtävänä on luoda kosteudenhallintaselvitys, missä tilaaja tuo ilmi vaatimuksensa hankkeen kosteudenhallinnasta. Tilaaja myös määrittää rakennushankkeeseen alustavan riskiarvion perusteelta kosteusriskiluokan, minkä perusteella hankkeen kosteudenhallinnan menettelytaso valitaan normaaliksi tai tehostetuksi. Näiden pohjalta työmaalla luodaan kosteudenhallintasuunnitelma, missä ilmaistaan toimenpiteet tilaajan vaatimusten toteuttamisista. [Kosteudenhallinta]

### 2.6.1 Kosteudenhallintasuunnitelma

Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen pohjalta jokaiselle työmaalle laaditaan ennen rakentamisen aloittamista yksilöity kosteudenhallintasuunnitelma. Kosteudenhallintasuunnitelman tarkoituksena on kertoa konkreettiset toimenpiteet, millä tilaajan vaatimukseen päästään ja ehkäistä ennalta kosteusvaurioriskejä. Hyvässä kosteudenhallintasuunnitelmassa ilmenee vähintään alla luetellut asiat. [Kosteudenhallinta; Sisäilmayhdistys ry]

#### 1. Yleistiedot

- hankkeen perustiedot ja kohteen erityispiirteet
- vastuuhenkilöt - ketkä vastaavat kosteudenhallintatoimenpiteistä

## 2. Laatuavoitteet

- rakennuttajan laatuavoitteet
- urakoitsijan laatuavoitteet

## 3. Kosteusriskit

- suunnittelijan riskianalyysi (rakenteet, olosuhteet)
- valittu menettelytaso
- kriittiset rakenteet, materiaalit ja työtavat
- toimenpiteet

## 4. Kuivumisajat

- päällystämiseen liittyvät raja-arvot materiaaleittain
- rakennuksen, rakenteiden ja materiaalien kuivumisaika-arviot ja kosteudensieto
- aikataulusuunnittelu
- toimenpiteet, jos rakenne ei kuivu suunnitellussa ajassa

## 5. Olosuhdehallinta ja kuivumisolosuhteet

- materiaalien ja rakennusosien sekä taloteknisten laitteiden suojaus ja varastointi (Rakennusosien suojaussuunnitelma laaditaan osana kosteudenhallintasuunnitelmaa.)
- työnaikaisten vesivuotojen torjunta (vesijohto-, sadevesiviemäri- ja vesikiertoisten lämmitysjärjestelmät)
- kuivumisolosuhteet (lämpötila, suhteellinen kosteus, tuuletus)

## 6. Erityisohjeet

- märkätilat
- muut erityistilat

## 7. Valvonta ja mittaus

- valvonnan organisointi
- kosteusmittausuunnitelma (tehtävät mittaukset, mittausmenetelmät ja niiden aikataulu sekä -laajuus, mittaussyvytydet ja mittauspisteiden sijainti sekä mittapisteiden sijainnin ja syvyyksien valintaperusteet)
- muut mittaukset
- tarkastusten kirjaus
- allekirjoitus (kosteudenhallinnasta vastaava, vastaava mestari, rakennuttaja, rakennesuunnittelija)

## 8. Erityispiirteet

- korjaus- ja muutostöiden erityispiirteet (esimerkiksi säilytettävien rakenteiden suojaus ja osastointi)

[Kosteudenhallinta]

## 2.6.2 Kosteudenhallinnan laadunvarmistus työmaalla

Työmaalla kosteudenhallinnan laadunvarmistus lähtee liikkeelle siitä, että kaikki työmaalla työskentelevät työntekijät perehdytetään myös kosteudenhallinnan osalta. Kaikkien työntekijöiden olisi hyvä ymmärtää kosteudenhallinnan merkitys ennen kuin aloittavat töiden tekemisen sekä tietää miten toimia vesivahingon havaitessa. Jokaista työntekijää tulee myös velvoittaa ilmoittamaan välittömästi työmaan työnjohdolle kaikista kosteusriskeistä ja vaurioista mitä havaitsee.

[Kosteudenhallinta]

Jokaiselle työmaalle tulisi nimetä työmaan kosteusvastaava, joka huolehtii, että työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetyt asiat toteutuvat.

Kosteusvastaavan tehtävänä on tarkkailla työmaata päivittäin ja dokumentoida tarvittaessa. Kun seuranta ja valvonta ovat päivittäistä, laadunvarmistuksen takaaminen on helpompaa. Muita kosteusvastaavan tehtäviä ovat osallistua riskialttiiden työvaiheiden palavereihin ja koordinoita olosuhdehallintaa eli esimerkiksi puhaltimien asemia sekä kosteusmittauksia. Vaikka työmaalla on erikseen mainittu kosteusvastaava, laadunvarmistuksen takaamiseksi, jokaisen työnjohtajan on huolehdittava oma työvaihe laadullisesti loppuun asti ja ilmoittaa poikkeamista kosteusvastaavalle. [Suomen rakennusteollisuus ry]

Yhtenä laadunvarmistuksen toimenpiteenä on vaatia aliurakoitsijoilta oman työvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma. Tällöin aliurakoitsija saadaan mukaan itse miettimään työhönsä liittyvät kosteudenhallinnalliset asiat ja sen jälkeen noudattamaan niitä. Kun aliurakoitsija osallistutetaan kosteudenhallintaan, yleinen suhtautuminen ja asenne asian suhteen muuttuu paremmaksi. Aliurakoitsijoiden asenteella on suuri vaikutus kosteudenhallinnan onnistumiseen työmaalla, sillä pääurakoitsijan on mahdotonta seurata täysin kaikkea työmaalla tapahtuvaa toimintaa koko ajan. Kun asenne aliurakoitsijoilla on kunnossa, välinpitämättömyydestä johtuvat kosteusriskit poistuvat. [Suomen rakennusteollisuus ry]

Työmaan viikkopalavereissa olisi myös hyvänä toimintatapana pitää oma osio kosteudenhallinnasta. Viikkopalavereissa pystytään tuomaan kaikille samaan



aikaan tiedoksi viikon sisällä havaittuja kosteudenhallinnan asioita sekä samalla yhdessä ratkoa mahdollisia ongelmia siihen liittyen. [Suomen rakennusteollisuus ry]

### 2.6.3 Kosteusriskien kartoitus ja ehkäisy

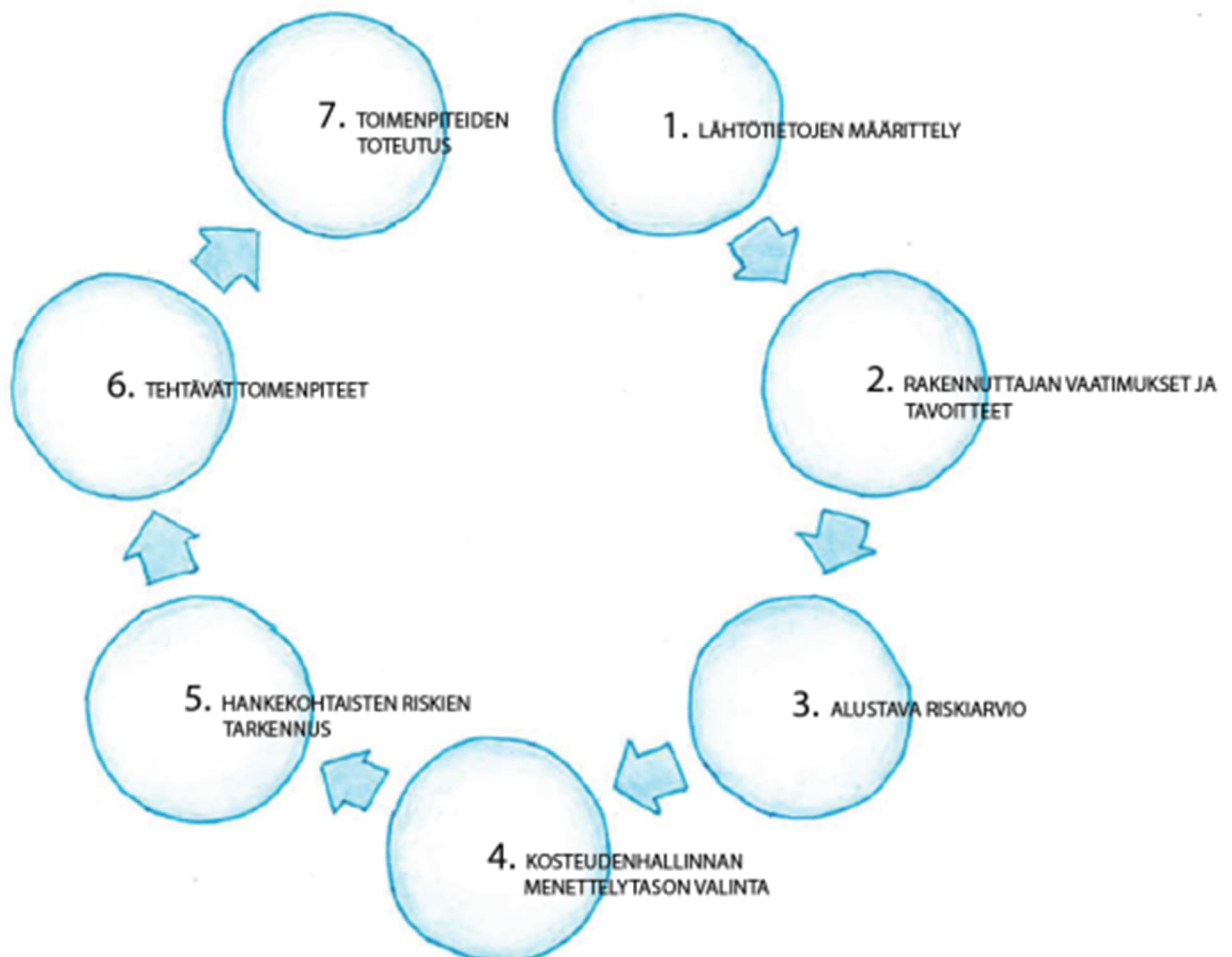
Rakentamisen prosessiin liittyy aina materiaalien kastumisen riski. Useimmat kosteusriskit koskevat samoin betonirakentamista kuin puurakentamista, mutta on olemassa myös erityisiä riskejä, joita ilmenee nimenomaisesti puurakentamistyömailla. Näiden varsinkin jo kosteudenhallintasuunnitelmassa tunnistettujen riskien hallitseminen on työmaatoteutuksen vastuulla.

Riskienhallinnan kannalta työmaatoteutuksessa tuleekin pyrkiä ammattimaisesti koko ajan minimoimaan ja poistamaan riskejä sekä tehdä yhteistyötä niin suunnittelun kuin kaikkien muidenkin kohteen osapuolten kanssa, jotta virheilitä päästään välttymään. [Sahlstedt & Koskenvesa 2016; 5-12; Sisäilmayhdistys ry]

Jotta kosteusriskejä päästään välttämään, ovat riskit järkevää käydä läpi erityisellä taulukolla, missä ne sijoitetaan todennäköisyyksien sekä riskin toteutumisesta seuraavien haittojen perusteella. Tähän on olemassa erilaisia työvälineitä, esimerkiksi Kuivakejtu 10:n riskilistat. [Sahlstedt & Koskenvesa 2016; 5-12]

Kohteen ominaisuudet määrittävät aina kosteusteknisen vaatimuksen. Sivulle 31 sijoitetun kuvan 8 mukaan kosteusriskien kartoitus voidaan jakaa seitsemään vaiheeseen. Riskien kartoitus lähtee käyntiin rakennuttajan keräämistä lähtötiedoista, joiden perusteella tilaaja luo yhdessä asiantuntijoiden kanssa kosteudenhallinnalle laatutavoitteet. Tämän jälkeen tilaaja tarkastelee kosteuden kannalta kriittiset laatutekijät ja luo alustavan riskiarvion, jonka avulla myös määritellään kohteeseen kosteusriskiluokka 1-3. Tämän valitun kosteusriskiluokan ja laatutavoitteiden perusteelta valitaan normaali tai tehostettu kosteudenhallinnan menettelytapa. [Sahlstedt & Koskenvesa 2016; 5-12]

Hankekohtaiset riskit tarkennetaan tekemällä riskianalyysi, jonka laajuus ja laadintatapa riippuvat kohteen vaativuudesta. Kaikista tunnistetuista kosteusriskeistä määritetään niiden toteutumisesta johtuvat seuraukset ja todennäköisyys. Todettuihin riskeihin myös määritetään laadunvarmistustoimenpiteet, joiden laajuus ja sisältö riippuvat sovitusta kosteudenhallinnan menettelytasosta. Kaikkia kosteusriskejä ei pystytä poistamaan, mutta niiden todennäköisyyttä ja vaikutuksia pystytään pienentämään toteuttamalla kosteudenhallinnan menettelytason mukaisia toimenpiteitä suunnittelussa, rakentamisessa sekä ylläpidossa. [Sahlstedt & Koskenvesa 2016; 5-12; Kosteudenhallinta]



Kuva 8. Kosteusriskien kartoitus [Sahlstedt & Koskenvesa 2016; 5]

Yleisiä kosteusriskejä ovat rakennusmateriaalien ja rakenteiden kastuminen sekä niiden kosteussuojauksen rikkoutuminen tai puuttuminen kokonaan. Myös mainitsemisen arvoinen kosteusriski on märkätilojen rakentaminen oikein. Märkätiloja ei saisi rakentaa, jos vedeneristettävä pinta ei ole tarpeeksi kuiva ja puhdas. Myös työmaa-aikaisten vesijärjestelmien pitää olla semmoiset, etteivät ne hajotessaan aiheuta valtavia vesivahinkoja. [Kuivaketju 10]

Puurakentamiseen liittyy myös yksi erityispiirteinen kosteusriski, mikrobivauriot. Niitä voi päästä syntymään nopeastikin puurakenteisiin, jos olosuhteet ovat siihen otolliset. Sisäilmayhdistyksen mukaan optimiolosuhteet mikrobivaurioiden syntyyn vallitsevat esimerkiksi lämpötilan ollessa 20-25 °C välillä ja suhteellisen ilmankosteuden ollessa yli 70 prosenttia. Puurakenteiden hitaasti syntyvät mikrobivauriot johtuvat usein yksinkertaisesti kastumisesta tai liian hitaasta kuivumisesta. Lisäksi muita puurakenteille tyypillisiä kosteusriskejä ovat liian suuret kuivumiskutistumat ja kastumisesta aiheutuvat ulkonäkövirheet rakenteen pinnassa. [Kosteudenhallinta]

#### 2.6.4 Runkorakenteiden kosteuden ehkäisy

Runkorakenteita voidaan suojata kosteudelta erilaisin toimenpitein. Alapuolella on esitettyä lista, jonka sisäilmayhdistys ry on koonnut toimenpiteistä, jotka nimenomaan suojaavat runkoa kosteudelta.

- Höyrynsulku kermi väliaikaiskatteena.
- Kattotuolit elementeistä, ei paikalla rakennettuna, työ nopeutuu.
- Aluskate nopeasti paikoilleen
- Sadevesi ohjataan hallitusti pois ylimmiltä holveilta imuroimalla tai käyttämällä pysyvää viemärijärjestelmää, ettei vesi pääse valumaan seinäeristeisiin tai pitkälle alempiin kerroksiin
- Talvirakentamisessa lumi poistetaan ensisijaisesti mekaanisesti, ei sulattamalla
- Holveissa olevien aukkojen (läpiviennit, saumat jne.) suojaamisella estetään veden valuminen alimpiin kerroksiin
- Sadeveden tunkeutuminen ulkoseinä rakenteisiin pyritään estämään

- Ovet ja ikkunat asennetaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tarvittaessa aukoissa käytetään väliaikaisia suojauksia.
- Alakerrosten kosteudelle herkkiä vaiheita ei aloiteta ennen kuin vesikatto on kiinni.
- Kevyteleментit suojataan muovikalvolla, joka poistetaan ennen päällekkäisen elementtien asennusta.
- Vesikaton rakenteista laaditaan erillinen suojaussuunnitelma [Sisäilmäyhdistys ry]

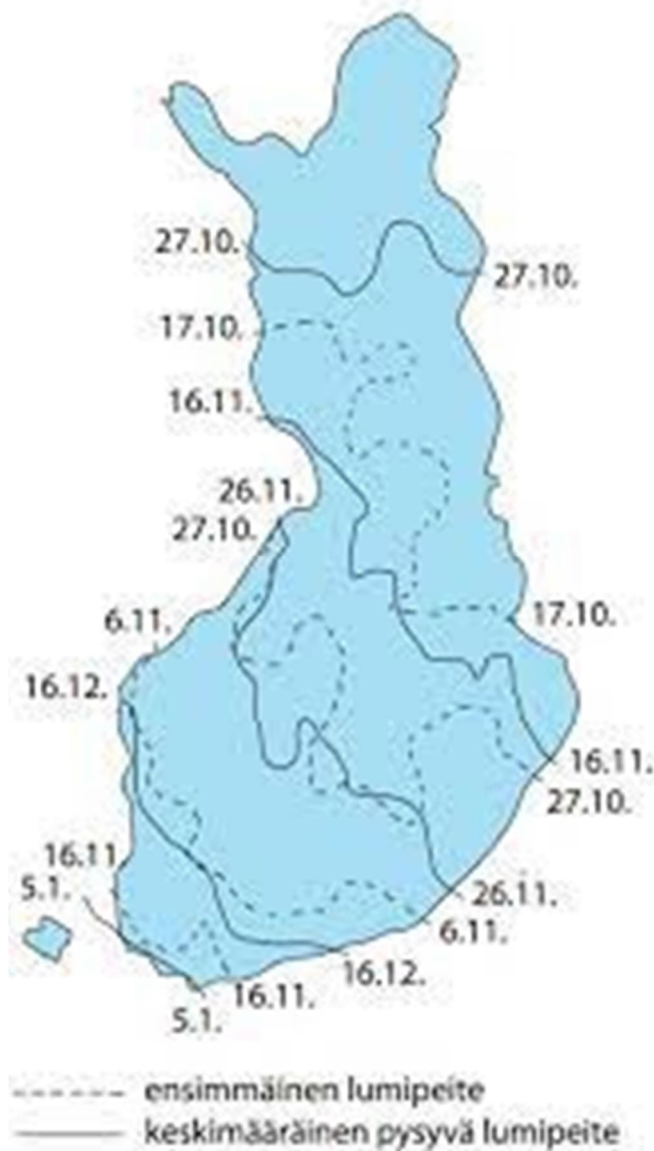
### 2.6.5 Vuodenaikojen ja sääolosuhteiden vaikutus kosteudenhallintaan

Suomessa joudutaan ympärivuoden varautumaan rakenteiden ja materiaalien suojaamiseen kosteuden- sekä sääolosuhteiden vuoksi. Jatkuvasti vaihtelevat sademäärät ja lämpötilat vaikuttavat suoraan rakentamisen kosteudenhallinnan toteutukseen. Vuodenajat vaikuttavat etenkin suojaus-, lämmitys- ja kuivausmenetelmien käyttämiseen. Kaikessa suojauksessa tulee miettiä, onko se riittävä sadetta vastaan. Suojauksen laajuuteen lisäksi vaikuttaa sateen muoto eli onko se lunta, räntää vai vettä. Eri vuodenaajoista riippuvat lämpötilat vaikuttavat suoraan lämmityksen ja kuivatuksen tarpeeseen ja esimerkiksi kesällä yleensä joudutaan käyttämään koneellista kosteudenpoistoa, kun talvella usein riittää tehokas lämmitys ja riittävä ilmanvaihto. [Koskenvesa]

Kun vuorokautinen lämpötila on alle nolla celsiusastetta, puhutaan talvikaudesta. Etelä-Suomessa talvikausi kestää keskimäärin 140 vuorokautta, kuitenkin jos huomioidaan vielä kevään ja syksyn satunnaiset kylmät kaudet, voidaan sanoa, että talvikauden pituus on noin puolet vuodesta. [Koskenvesa]

Talvella lumi ja jää aiheuttavat kosteudenhallinnan riskin ja jos lumitöitä ei suoriteta tehokkaasti, aiheutuu ongelmia viimeistään keväällä lumen sulaessa vedeksi. Lumen ja jään poistoon käytettäviä työmenetelmiä ovat harjaaminen, lapiointi, auraaminen ja kolaaminen. Lumen poistaminen vähentää kosteuden muodostumista rakenteisiin. Talvirakentaminen lisää siis kustannuksia, työmenekkiä ja materiaalihukkaa sekä lähes poikkeuksetta viivästyttää rakentamista. Tämän lisäksi voimakkaat sateet tai myrskyt voivat aiheuttaa jopa keskeytyksiä rakentamiseen. Tämän vuoksi etukäteen tulisi

huomioida lämmityskalusto, valaistus, suojaus, lumenpoistokalusto sekä vedenpoistokalusto, ettei työmaalla tapahdu yllätyksiä. Jotta talvikauteen voidaan varautua etukäteen, vaatii se etukäteissuunnittelua. Kuvassa 9 on esitettyä katkoviivalla ensilumen keskimääräinen saapuminen ja yhtenäisellä viivalla pysyvän lumen keskimääräinen saapuminen ympäri Suomea. Tällöisen aiemmista vuosista kerätyn tilastotiedon avulla voidaan yrittää ennustaa sääolosuhteita, mutta poikkeuksiin tulee olla varautunut, sillä Suomessa sääolosuhteet ovat todella vaihtelevia ja pakkas- sekä kosteusmäärät voivat poiketa paljon edellisistä vuosista. [Koskenvesa; Sisäilmäyhdistys ry]



Kuva 9. Ensilumen ja pysyvän lumen arvioitu saapumisaikakartta

### 2.6.6 Sää- ja kosteussuojaus työmaalla

Kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään tavoitekosteudet rakennusmateriaaleille, mitkä tulee huomioida varastoinnin, kuljetuksen sekä itse rakennustyömaan. Usein tavoitekosteudessa pysymisessä tarvitaan avuksi erilaisia suojausmenetelmiä, jotka valikoituvat tapauskohtaisesti. Materiaalit pitää suojata sade- ja valumavesiltä, vesivahingoilta sekä rakennekosteudelta. Kastumista voidaan ennalta ehkäistä varastoimalla materiaalit tuotteen valmistajan ohjeiden mukaisesti, vahvoilla sääsuojilla, tarkastamalla sääsuojien kunto säännöllisesti, suosimalla oikea-aikaisia toimituksia, käyttämällä kuljetusaikaisia suojauksia, suunnittelemalla vedenohjaus hallitusti ulkopuolelle suojauksesta sekä suunnittelemalla logistiikka ja varastointi hyväksi.

[Rakennustieto; Puttonen 2018]

Varsinkin herkimpien materiaalien, mihin puupohjaisetkin materiaalit lukeutuvat, suojaamiseen kosteusrasitteita vastaan on panostettava. Hyvällä suojauksella saadaan pidennettyä puun ja puusta valmistettujen rakennusten käyttöikää säilyttäen samalla materiaalin hyvät ominaisuudet. Ilman suojaamista esimerkiksi ulkotiloissa, suurena riskinä on puun homehtuminen, lahoaminen tai sinistymisen nopeasti. Normaalisti puu säilyy ilman käsittelyä pitkiäkin aikoja, kunhan sen rakenteellisesta suojauksesta huolehditaan hyvin. Jos puuta ei pystytä suojaamaan ainoastaan rakenteellisin menetelmin, voidaan käyttää lisäksi kemiallisia suoja-aineita. Puun suojaamiseen kosteutta vastaan on olemassa paljon erilaisia tapoja sen rakenteiden ja niiden käyttöikä odotuksien mukaan.

[Puttonen 2018; Koivisto 2014]

Sääsuojan tarkoitus on suojata rakentamista, rakennusmateriaaleja ja rakennustarvikkeita erilaisilta sääolosuhteilta. Kun suunnitellaan hyvin sekä valitaan ja järjestetään suojaustavat oikein, rakennustyömaa säästää paljon aikaa ja rahaa. Työmaalla suojaustapaan vaikuttaa vuodenajan ja rakennustavan lisäksi esimerkiksi rakentamisnopeus, kustannukset ja tilaajan

vaatimukset. Puurakennustyömailla materiaali saapuu kuivana ja se tulisi onnistua myös pitämään mahdollisimman kuivana. Kosteudenhallinnassa on muistettava, että sahatavaraa lukuun ottamatta, suojattukin puutavara kastuu aina vähän työmaalla varastoimisen ja asennusten aikana. [Puuinfo, Rakennustieto]

Tärkeää on onnistua pitämään materiaalin mukana tulleet sääsuojat ehjinä ja ottaa ne pois vasta, kun asennukset alkavat. Kun materiaali saapuu työmaalle, tulee tarkastaa sen kosteuspitoisuus, kunto sekä myös sääsuojauksen kunto. Jokaisella työmaalla olisi suositeltavaa olla jonkinmoinen sääsuoja, esimerkiksi katos, säilytettäville materiaaleille ja muille tavaroille. Rakennusmateriaalien saapuessa työmaalle, tulee ne nostaa suoraan jonkinmoiselle alustalle esimerkiksi lavalle, mikä estää maakosteuden pääsyn materiaaliin. Lisäksi tavara tulee suojata päältä pressulla tai varastoida esimerkiksi telttakatoksen alle, jos semmoinen löytyy työmaalta. [Puuinfo, Rakennustieto]

Sekä sääsuojatoimittajia, että sääsuoja on erilaisia. Sääsuoja voidaan asentaa kiinni telineisiin tai sääsuojalle voidaan rakentaa erikseen runko, mihin suoja kiinnitetään. Lisäksi kustannukset vaihtelevat paljonkin eri suojausmenetelmiä käyttäen ja onkin tärkeää onnistua valitsemaan juuri se oikea, jotta tavara saadaan suojattua onnistuneesti, mutta myös kustannustehokkaasti. Normaaleja sääsuojaustapoja työmailla ovat telttasuojaus ja suojakatto, mutta olemassa on myös muita tapoja, esimerkiksi muovikalvosuojaus ja itseliimautuva mikrokuitukangas. [Puuinfo, Rakennustieto]

### *Telttasuojaus*

Telttasuojaus menetelmä valitaan usein paikallaan rakentaessa ja suurelementtien esimerkiksi massiivipuurakenne elementtien yhteydessä. Teltassa pitää olla siltanosturi tai vaihtoehtoisesti teltasta voidaan tehdä niin suuri, että sisään mahtuu nosturi. Yksi vaihtoehto on myös, että teltan katto on aukeava, tällöin nosturi pääsee nostamaan teltan ulkopuolelta sisään. Viimeisen vaihtoehdon miinuspuoli on, että työskentely ei onnistu sateella ja Suomessa sataa usein. Telttasuojaus maksaa melko paljon, mutta se mahdollistaa

työskentelyn säästä riippumatta. Telttasuojaus toimii myös hyvänä varastona rakennustarvikkeille ja sen avulla töitä pystytään järjestelemään suojauksetonta työmaata paremmin. Laskettaessa telttasuojauksen kustannuksia pitää siis muistaa huomioida lyhentynyt rakennusaika ja tästä saatavat säästöt, kun säästä riippumatta päästään rakentamaan. Alapuolella kuvassa 10 on esimerkkinä suojateltan pystytys Lujatalon urakoimalla Monio- hankkeen työmaalla. [Puuinfo]



Kuva 10. Suojateltan pystytys Monion työmaalla

### *Suojakatto*

Kosteussuojaus pystytään myös rakentamaan rakennuksen päälle tulevasta siirrettävästä suojakatosta. Suojakatto toimii niin, että runkotyövaiheen edetessä suojakatto siirretään pois ja asennetaan takaisin taas vaadittaessa. Suojakattoja on erilaisia ja ne voivat olla koko rakennuksen kokoisia tai ne voivat koostua useammasta osasta. Se voi olla myös vain väliaikainen, joka tullaan purkamaan lopuksi tai se voi olla myös jo rakennuksen lopullinen



vesikatto. Suojakaton käyttäminen on yleistä tilaelementtirakentamisessa, kun telttasuojaus on haastava esimerkiksi tilaelementtien painon vuoksi. Suojakatto vaihtoehto soveltuu kuitenkin hyvin myös paikalla rakentamiseen sekä suurelementtirakentamiseen. Lisäksi suojakatto voi olla myös sääsuojan ja nosturin yhdistelmä (ks. kuva 11), jolloin rakennettava kohde pysyy koko ajan sääsuojan sisällä, joka nousee rakennuksen noustessa mukana. [Puuinfo]



Kuva 11. Esimerkki työn mukana nouseva suojakatto

### *Hyödyt ja haitat*

Rakentaminen sääsuojan sisällä mahdollistaa rakennuksen pitämisen koko rakennusajan kuivana, jolloin ennaltaehkäistään paljon kosteusriskejä. Lisäksi sääsuoja parantaa rakennusolosuhteita, mikä lisää työturvallisuutta. Myös työn tehokkuus paranee, kun esimerkiksi talvisin lumitöihin ei kulu aikaa ja energiaa sekä rahaa säästetään, kun ei tarvitse kuivata ja lämmittää niin paljoa. Kun rakennetaan sääsuojan alla, ei työ viivästy huonon tai yllättävän sään vuoksi koskaan. Lisäksi on tutkittu, että sääsuojat parantavat rakennusliikkeiden imagoa. Myös luontoa säästetään, kun kaikki rakentamisesta aiheutuvat pölyhaitat eivät päädy luontoon. [Puttonen 2018]

Välillä sääsuojat kuitenkin voivat myös hankaloittaa töiden tekemistä, esimerkiksi nostoissa tulee suojaus ottaa huomioon. Lisäksi myös sääsuojauksen alla rakentaessa tulee sää huomioida. Esimerkiksi kovalla tuulella tulee suojan ankkuroinnin tukevuus tarkastaa. Myöskin kovalla tuulella, esimerkiksi telttasuojauksessa, täytyy varmistaa, että teltan seinät ovat riittävän tiiviit, ettei tuuli pääse väliin avatessa ja tee suojasta purjetta, joka pahimmassa tapauksessa voi kaataa koko suojan. Lisäksi tulee huolehtia riittävästi valaistusta ja ilmanvaihtoa. Varsinkin, jos työskennellään vaarallisten kaasujen kanssa tai tehdään tulitöitä, on toimivalla ilmanvaihdolla valtava merkitys. [Puttonen 2018]

### 2.6.7 Kosteudenhallinnan toimintamallit

Kosteudenhallinnan helpottamiseksi apuvälineinä on olemassa erilaisia toimintamalleja, jotka auttavat tilaajaa sekä rakentajaa paremmassa kosteudenhallinnassa. Tämmöisiä toimintamalleja ovat esimerkiksi Kuivaketju10- ja Terve Talo – mallit. [Kuivaketju 10]

Kuivaketju10 on kosteudenhallinnan toimintamalli, jonka avulla pyritään vähentämään kosteusvaurioiden riskejä. Toimintamalli sisältää kymmenestä keskeisimmästä kosteusriskistä (ks. kuva 12) listan- ja todentamisohjeen sekä näihin hankekohtaisesti muokatut alakohdat. Kuivaketju10 otetaan käyttöön työmaalle tilaajan päätöksestä ja siihen kiinnitetään tilaajan toimesta kosteuskoordinaattori, joka hallinnoi kuivaketju10 toimintamallin toteutumista

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

koko hankkeen aikana. [Kuivaketju 10]

Kuva 12. Kuivaketju10 toimintamallin kymmenen keskeisintä kosteusvaurioriskiä [Kuivaketju 10]

Terve Talo – toimintamallin lähtökohtana on varmistaa rakennuksen hyvä sisäilma. Terve talo toteutuksen kriteerit ovat toteutusohje, jossa kuvataan tärkeimmät vaatimukset, jotta saadaan rakennettua toimiva, terveellinen ja sisäilmasto-olosuhteet täyttävä rakennus. Erona kuivaketju10 toimintamalliin, toimintamalli ottaa huomioon kaikki sisäilmaolosuhteisiin vaikuttavat tekijät, eikä vain kymmentä suurinta kosteusriskiä. Vuonna 2003 on ilmestynyt erityisesti toimitilarakentamiseen suunnattu Terveen Talon kriteeristö, joka on Sisäilmayhdistyksen julkaisema sisäilmaopas. [Sisäilmayhdistys ry]

## 2.7 Rakenteiden kuivuminen

Rakenteiden kuivatustarpeeseen vaikuttaa aiheuttaako siinä oleva kosteus rakenteeseen kosteusvaurion ja pääseekö kosteus poistumaan rakenteesta riittävän nopeasti. Kosteus poistuu rakenteista lämpötilan ja rakennetta ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden vaikutuksesta. Ilman suhteellisen kosteuden pitää olla tarpeeksi matala, että rakenteen ympäröivä ilma pystyy vastaanottamaan rakenteesta poistuvaa kosteutta. Jokaisella materiaalilla on myös oma kosteudensiirto-ominaisuus, mikä myös vaikuttaa kuivumisen nopeuteen. [Kosteudenhallinta; Sisäilmayhdistys ry]

Kuivattamisen pääidea on saada poistettua mahdollisimman paljon kosteutta mahdollisimman vähäisellä lisälämmittämisellä. Rakenteiden kuivatukseen on olemassa erilaisia menetelmiä, joista yleisimpinä voi mainita luonnollisen kuivamisen, lämpötilaeron tai ilmavirran luomisen, lämpötilan nostamisen ja koneellisen kuivaamisen. Tehokkain kuivamisen menetelmätapa on nostaa lämpötilaa. Kun sisäilman lämpötilaa nostetaan, ympäröivän ilman RH laskee ja rakenteiden lämpötila nousee, mikä aiheuttaa rakenteiden kosteuden siirtävän

voiman vahvistumisen. Yleisohje on, että kun rakenteita kuivataan, tulisi sisä-  
sisälämpötilan olla vähintään 20 celsius astetta ja ilman RH maksimissaan 50  
prosenttia. [Kosteudenhallinta]

Rakenteiden kuivattamistavan valitsemiseen vaikuttaa olennaisesti vallitseva  
vuodenaika. Esimerkiksi talvella rakenteet saadaan kuivattua parhaiten  
lämpötilaa nostamalla, mutta kesällä ulkoilman ilmankosteus saattaa olla niin  
suuri, ettei lämpötilan nostattaminen riitä, vaan saatetaan tarvita ottaa käyttöön  
myös erilliset kosteudenkerääjät. [Kosteudenhallinta; Puuinfo]

Rungon kuivattamiseen helpoin menetelmä on ottaa rakennuksen  
lämmitysjärjestelmä mahdollisimman nopeasti käyttöön, sillä väliaikaiset  
kosteudenpoistajat ja säteilijälämmittimet toimivat paremmin pienien yksittäisten  
pinta-alojen kuivamiseen. [Kosteudenhallinta]

Kaiken kaikkiaan rakenteita kuivattaessa on aina varmistettava, että sisäilmalla  
on tarpeeksi kapasiteettia vastaanottaa rakenteista lähtevää kosteutta sekä  
varmistaa, että sisäilman lämpötila on riittävä sekä vaihtuu tarpeeksi usein. Jos  
tarvitaan ottaa käyttöön lisälämmitysjärjestelmä, tulee se suunnitella tarvittavaa  
tehokkaammaksi, koska keskeneräisessä rakennuksessa on aina vuotokohtia.  
[Kosteudenhallinta]

### 2.7.1 Kuivumisajat

Rakenteen ominaisuuksista kuivamisaikaan vaikuttavia tekijöitä ovat  
rakenteiden materiaalit, koostumus, paksuus ja lämpötila. Kuivumiseen  
vaikuttavat myös, kuinka moneen suuntaan rakenne pystyy kuivumaan sekä  
tilan kuivumisolosuhteet, missä rakenne kuivuu. Rakenteiden kuivumisesta  
laaditaan kuivumisaika-arviot työmaa-aikataulun avuksi. Kuivumisaika-arvioista  
voidaan määrittää työmaa-aikatauluun rakeiden pinnoittamisajankohdat.  
[Kosteudenhallinta; Sisäilmayhdistys ry]

Puu ja betoni ovat molemmat hygroskooppisia materiaaleja mikä tarkoittaa, että  
niissä olevien ilmahuokosten suhteellinen kosteus yrittää päästä tasapainoon

sitä ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden kanssa. Esikuivattu puu tavoittaa tasapainokosteuden ympäristön kanssa yleensä noin kahdessa viikossa. Betonirakenteissa kuivuminen tasapainokosteuteen ympäristön kanssa voi kestää jopa vuosia, mutta niiden ei tarvitsekaan rakennusaikana saavuttaa tasapainokosteutta. Yleensä betonirakenteiden pitää kuivua päällystettävälle materiaalille asetetun kriittisen kosteusraja-arvoa pienemmäksi, nämä rajat ovat yleensä 80-90 prosentin välillä. [Kosteudenhallinta]

Rakenteiden kuivumisaika-arviot tulee huomioida työmaan aikataulussa. Jokaisen rakenteen kuivumisaika-arvio määrittää seuraavaan työvaiheen aloitusajankohdan. Pitkä kuivumisaika saattaa aiheuttaa tehtävien päällekkäisyyksiä, kun pinnoitus päästään tekemään myöhäisessä vaiheessa. Aikataulussa on otettava huomioon rakenteiden teoreettisten kuivumisaika-arvioiden lisäksi ne toimenpiteet, jotka vaikuttavat kuivumiseen. Merkittäviä ja huomioitavia vaiheita rakenteiden kuivamisen kannalta ovat lämmitysjärjestelmän käyttöönotto, kaikki ne työvaiheet, jotka aiheuttavat kosteusrasitusta esimerkiksi valut ja muuraus sekä rakennusvaipan ja vesikaton valmistuminen. [Kosteudenhallinta; Talonrakennusteollisuus ry]

Kuivumisaika-arvioita verrataan suunniteltuun aikatauluun ja siitä saatuun rakenteen kuivumisaikaan ennen päällystämistä. Kuivumisaika-arviot ja aikataulu yhdessä määrittävät olosuhteet, mitä pitää luoda kuivumisen varmistamiseksi aikataulussa. Kuivuminen viivästyy, jos rakenne pääsee kastumaan kuivumisaikana. Kuivumisen hidastumisesta johtuvaa vaikutusta aikatauluun negatiivisesti pystytään pienentämään parantamalla kuivumisolosuhteita, betonilaadun valinnalla, poistamalla sementtiliima, kastumisen estotoimilla, päällystysmateriaalin vaihtamisella vähemmän kosteusherkkään tai muuttamalla työjärjestystä. [Kosteudenhallinta; Talonrakennusteollisuus ry]

### 2.7.2 Kuivumisen aiheuttama halkeilu

Puu halkeaa joka kerta, kun sen vierekkäiset osat pääsevät kuivumaan eri tahdissa ja näin ollen siis muuttavat muotoaan myös eri tahdissa. Kuivattaessa puu kutistuu täysin märästä täysin kuivaan tangentin suhteen noin kahdeksan prosenttia, säteen suunnasta keskimäärin noin neljä prosenttia ja puun syiden suhteen noin 0,2-0,4 prosenttia. Kutistuminen tangentin suhteen aiheuttaa suurikokoiselle puutavaralle halkeilua ja se halkeaa usein kohdasta, missä puun pinnasta ytimeen on lyhyin etäisyys. Puun kutistumisesta aiheutuu poikittaisia vetojännityksiä puun sisään ja kun vetolujuus ylittyy, puu halkeaa. Mitä nopeammin kuivuminen sekä tämän seurauksena kutistuminen tapahtuu, sitä helpommin halkeilua syntyy.

Puun kuivattamisen onnistuminen tarpeeksi hitaasti ja tasaisesti on siis todella tärkeää. Koska puu kuivuu nopeasti syysuunnasta, niin esimerkiksi laudassa sen pää pääsee halkeamaan helposti, kun kosteus pääsee poistumaan osan matkaa todella nopeasti laudan päässä. [Kaunisto 2020; Merikallio 2002]

Kuivumishalkeilun hallinta on iso prosessi. Halkeiluun voidaan vaikuttaa eniten hallitsemalla ulkoisia lämpö- ja kosteuslähteitä sekä erilaisilla rakenteellisilla tekijöillä. Näitä rakenteellisia keinoja hallita puumateriaalien kuivumishalkeilua on esimerkiksi suojata ulkoverhouksen avulla katkaisupinnat. Pääajatus kuivumishalkeilun hallitsemisessa on onnistua pitämään puurakenteiden kosteuspitoisuus mahdollisimman tasaisena niin rakentamisaikana, kuin rakennuksen käyttöaikana. Kuivaaminen tulee järjestää mahdollisimman hitaasti ja liian nopeaa kuivumista pystytään hidastamaan esimerkiksi poistamalla kuljetuksessa käytössä olleet muovisuojat osissa, ei kaikkia kerralla. Lyhykäisydessään, koska puurakenteissa kuivumistavoite on 6% per vaihe, on kuivumiselle varattava paljon aikaa, jotta voidaan minimoida halkeilun riski. [Kaunisto 2020; Merikallio 2002]

Betonissa kuivumiskutistumisesta aiheutuvia halkeamia syntyy, kun kutistuminen ei pääse tapahtumaan vapaasti. Kuivumiskutistuminen johtuu sementtikiven tilavuuden pienenemisestä, kun vesi haihtuu pois sen huokosista. Kuivumiskutistumista voidaan ehkäistä valitsemalla betoni, jossa on enemmän kiviainesta, joka vastustaa kutistumista. Myös veden määrän vähentäminen raaka-aineena, ehkäisee kuivumiskutistumista. Kuivumiskutistuminen aiheuttaa myös halkeamia, kun betonin toisissa kiinni olevat eri osat kuivuvat eri tahtiin ja näin myös kutistuvat eri nopeudella, tämä aiheuttaa betoniin sisäisiä jännityksiä ja siitä seuranneita halkeamia. Tärkeää kuivumiskutistumisen estämiseksi on varmistaa jälkihoidon oikeaoppisuus. Vesipitoisuus ei saa päästä laskemaan ennen kuin betoni kestää kuivumiskutistumisesta aiheutuvat vetojännitykset. [Suomen betoniyhdistys 2018; 105-107]

## 2.8 Kosteusmittaus

Hyvin toimivan kosteudenhallinnan osalta työmaalla tärkeässä roolissa ovat kosteusmittaukset. Mittausten hyvä suunnittelu ja niiden riittävä määrä varmistavat kosteudenhallinnan toimivuutta. Kosteusmittaus tulee tehdä huolellisesti, sillä väärällä tuloksella voi olla mittavat haittavaikutukset. Virheellisellä tuloksella saatetaan saada aikaiseksi mittaava aikatauluviivästys ja lisäksi kosteusvaurioriski. Tämän vuoksi kosteusmittauksia suorittavalla henkilöllä tulee olla aina virallinen ammattipätevyys työhön. [Merikallio 2002; 7; Kosteudenhallinta]

Kosteusmittaustapoja on useita erilaisia. Osa rikkoo rakenteita ja osa ei. Kosteusmittaustavan valintaan vaikuttavat monet eri tekijät, joita ovat esimerkiksi materiaali, mistä mittatulos otetaan sekä haluttavan tuloksen tarkkuus. Jos tulokseksi riittää suuntaa antava, niin mittaus voidaan tehdä rakennetta rikkomatta pintakosteusmittarilla. Pintakosteusmittarilla saadun tuloksen perusteella ei kuitenkaan saa tehdä rakenteiden päällystettävyysspäätöstä tai määrittää kuivatustarvetta rakenteille. Näihin tarvitaan aina rakennetta rikkova mittausmenetelmä. [Merikallio 2002; 7; Kosteudenhallinta]

Ennen kosteusmittausten aloittamista tehdään kosteusmittaussuunnitelma, jossa kerrotaan mitä mittauksia kohteessa tehdään ja millaisia menetelmiä sekä laitteita niiden tekemiseen käytetään. Suunnitelmasta tulee selvitä myös riittävän henkilöserfikaatin omaavan mittausten tekijän nimi. Muita kosteusmittaussuunnitelmaan määriteltäviä asioita ovat niiden aikataulu, laajuus sekä mittauspisteiden sijainnit. [Airaksinen ym. 2011; 106]

Ennen kaikkea kosteusmittaus on siis laadunvarmistuksen toimenpide, jonka avulla saadaan parhaiten varmistettua, ettei rakenteisiin tai materiaaleihin ole jäänyt kosteutta ja sillä saa turvallisen mielen jatkaa kohti seuraavaa työvaihetta. [Airaksinen ym. 2011; 106]



### 2.8.1 Betonin kosteusmittaus

Ennen betonin päällystämistä tai pinnoittamista sen kosteus voidaan määrittää vain mittaamalla se. Betonin kriittinen kosteus ilmoitetaan suhteellisena kosteutena RH (%), jonka vuoksi betonistakin nimenomaan mitataan aina sen suhteellinen kosteus eli, mikä on betonin huokosen ilmatilan suhteellinen kosteus. Betonin suhteellista kosteutta voi mitata kahdella eri tavalla, reikäporamittauksella tai näytepalatekniikalla. [Merikallio & Niemi & Komonen 2007; 81; Betoniyhdistys ry]

Koska betonin päällystämistä arvioitaessa tarvitaan saada tietoon betonin suhteellinen kosteus, tulee kosteusmittaus suorittaa mittalaitteella, joka antaa tuloksen suoraan suhteellisena kosteutena. Työmailla on yleensä käytössä laite, mikä koostuu mitta-anturista ja näytöstä. Myös kuivumisolosuhteiden seuranta pystytään hoitamaan samalla laitteella. [Merikallio & Niemi & Komonen 2007; 81]

Yleisin menetelmä betonin suhteellisen kosteuden selvittämiseen on porareiästä tehtävä mittaus. Mittauksen tekijän tulee olla ammattitaitoinen sillä tuloksen luotettavuuteen vaikuttaa moni tekijä. Vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi porareiän syvyys, puhdistus, tiivistys ja tasaantuminen sekä ympäröivän ilman lämpötila ja sen vaihtelut mittauksen aikana. Mittauksessa betonirakenteeseen porataan useita eri syvyisiä reikiä, minkä jälkeen mittari asennetaan reikään ja tiivistetään niin, ettei ilma pääse vaihtumaan. Tämän jälkeen mittausreikien annetaan tasaantua 3-7 päivää niin, että tasapainokosteus saavutetaan. Porareikämittausta tehtäessä rakenteen lämpötilan tulisi olla mahdollisimman lähellä tulevaa käyttölämpötilaa eli yleensä noin 20 celsiusta. Jos lämpötila poikkeaa yli viidellä asteella alle tai yli, mittaus suositellaan tehtävän näytepalamenetelmällä. [Merikallio & Niemi & Komonen 2007; 82-83; RT 14-10984, 2021]

Suhteellinen kosteus voidaan määrittää myös ottamalla näytepaloja betonirakenteesta. Näytepalamenetelmää käytetään yleensä, kun tulos halutaan saada nopeasti tai kun betonin lämpötila on liian alhainen tai suuri

reikäporamittaukseen. Tällöin rakenteesta otetaan betonimurusia halutulta mittasyvyydeltä ja muruset laitetaan tiiviiseen koeputkeen yhdessä suhteellisen kosteuden mittapään kanssa. Koeputkessa betonipalat saavuttavat tasapainokosteuden siellä olevan ilman kanssa. Betonimurujen kosteussisältö koeputkessa on paljon suurempi, mitä sinne joutuvan ilman mikä aiheuttaa sen, että koeputkessa olevan ilman suhteellinen kosteus saavuttaa saman arvon, kuin betonin huokosten ilman suhteellinen kosteus. Näytepalamittausta voidaan käyttää melkein minkä lämpöiseen betoniin tahansa. [Merikallio & Niemi & Komonen 2007; 82-83; RT 14-10984, 2021]

Mittapisteet tulee valita huolella, koska mittaus rikkoo aina rakennetta. Mittakohtien valinnassa pitää huomioida ainakin olosuhteiden erot, valupäivät sekä rakenteiden kastuminen. Mittauskohtien paikat ja määrät ovat aina tapauskohtaisia, mutta suositeltavaa olisi tehdä mittauksia sekä paikalla valetuista, että elementtirakenteista. Kriittisissä rakenteissa on suositeltavaa tehdä lähtötasomittauksen lisäksi myös seurantamittauksia. Jos rakennuksen runko on tehty useammista eri rakenteista, tulee mittauspisteitä lisätä. Myös jos on tiedossa olosuhde-eroja rungon eri kohdissa, tulee näillä alueilla tehdä tarkastusmittauksia. [Merikallio & Niemi & Komonen 2007; 84]

Betonirakenteen päällystettävyyuskosteusmittauksessa mittaussyvyyksiin vaikuttavat rakenneratkaisut ja rakenteiden paksuudet. Yleinen ohje on, että kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa arviointisyvyys päällystettävyyuskosteusmittaukselle tulee olla 20 prosentin syvyydeltä rakenteen paksuudesta, sen sijaan yhteen suuntaan kuivuvissa rakenteissa arviointisyvyys tulee olla 40 prosentin syvyydestä koko rakenteen paksuudesta. Näiden lisäksi mittatulos pitää myös ottaa rakenteen pinnasta sekä 0,4 x arviointisyvyydestä. Pinnasta tehtävän mittauksen tarkoitus on varmistaa sen kapasiteetti esimerkiksi päällystemateriaalin kiinnittämiseen liimalla. Kerroksellisissa rakenteissa mittaus tulee suorittaa vielä useammalta syvyydeltä. Rakenteen kerrosten väleillä saattaa olla lämpötilaeroja, mitkä saattavat aiheuttaa mittatulos virheen. Tämän vuoksi mittauspiste on aina hyvä eristää. [Merikallio & Niemi & Komonen 2007; 86]

### 2.8.2 Puun kosteusmittaus

Puun kosteusmittaus tehdään yleensä piikkimittauksella. Se on nopea ja melko edullinen tapa selvittää materiaalin kosteus painoprosentteina. Piikkimittaus tehdään mittausanturilla, jonka päässä on metallielektrodit. Mittaus perustuu näiden metallielektrodien välisen konduktanssin mittaamiseen. Mittausta tehdessä on tiedettävä tarkka puulaji, sillä mittausalue säädetään sen mukaan. Kosteus voidaan mitata joko puun pinnasta tai sisältä. Mittaustuloksiin vaikuttavat suolapitoisuus, metallielektrodien asettaminen sekä puun suolapitoisuus. [Pitkäranta 2016; 57]

Toinen tapa mitata puun kosteutta on punnitus-kuivatusmenetelmä, missä puusta otetaan näytepala, joka kuivataan uunissa. Kuivumisaikaan vaikuttaa näytepalan koko ja alkukosteus. Kosteasta kappaleesta vähennetään kuivatun näytepalan paino ja näin saadaan veden määrä selvitettyä. Tämän erotuksen kertominen sadalla kertoo puun kosteusprosentin. [Kärkkäinen 2003]

### 2.8.3 Kipsivalun kosteusmittaus

Kipsivalua mitatessa mittapisteen syvyys määrittyy valupaksuuden mukaan. Suhteellinen kosteus saadaan mitattua kipsivalusta kahdella eri menetelmällä, porareikä- ja näytepalamenetelmällä. Lisäksi suuntaa antavasti kipsin kuivumista voidaan arvioida pintakosteusilmaisimilla. [Knauf]

Porareikämenetelmällä suhteellisen kosteuden mittalaite asennetaan rakenteen mittapiste kohtaan, mistä suhteellinen kosteus tarvitaan selvittää. Porareikämenetelmä on parhain yleensä +15 - +25 celsiusen lämpötilassa. [Knauf]

Näytepalamenetelmällä kosteuspitoisuuden mittalaite laitetaan koeputkeen yhdessä kipsirakenteen kipsimurujen kanssa, mistä mittatulos halutaan. Mittaus perustuu siihen, että kipsimurujen kosteussisältö (kg/kipsi-m<sup>3</sup>) on paljon suurempi, mitä koeputkessa olevan ilman kosteussisältö (kg/ilma-m<sup>3</sup>) jolloin

koeputkessa ilman suhteellinen kosteus saavuttaa saman arvon kipsin suhteellisen kosteuden kanssa. Näytepalamenetelmää voidaan käyttää -20 - +80 celsiusen lämpötilassa tai vaihtoehtoisesti menetelmä myös valitaan silloin, kun vallitsevat lämpötilaosuhteet ovat epävakaat, mittatarkkuus tulee maksimoida tai tulos tarvitaan nopeasti. [Knauf]

### 3 Haastattelututkimus

Haastattelututkimus toteutettiin pitämällä neljä kyselyhaastattelua, joiden apuna käytettiin luvussa 3.1 esiteltyä esimerkkikohtetta, Tuusulan lukio- ja kulttuuritalo Moniota. Haastattelut jaettiin kolmeen näkökulmaan, joita ovat tilaajan näkökulma, kosteustekninen näkökulma sekä kokemuspohjainen näkökulma.

Haastattelut järjestettiin Teams- työvälineen kautta jokaiselle haastateltavalle erikseen. Haastateltaville oli lähetetty ennalta sähköpostilla haastattelussa läpi käytävät kysymykset, mutta itse haastattelut olivat vapaampaa keskustelua kysymysten pohjalta. Näistä poikkeus oli kipsivalu haastattelun osalta, jossa kysymyksiä ei lähetetty ennalta ja lyhyt haastattelu tapahtui työpalaverin yhteydessä. Haastatteluiden tarkoituksena oli saada lisää aineistoa ja tietoa teorian tueksi hybridirungon kosteudenhallinnan kehittämistä sekä yleisesti puurakentamisen kosteudenhallinnasta.

#### 3.1 Case kohteen esittely: Lukio- ja kulttuuritalo Monio

Haastattelututkimuksen esimerkki kohteena toimii Lujatalo Oy:n urakoima Tuusulaan nouseva monitoimitalo, joka tulee kokoamaan Tuusulan lukion, opiston, lasten ja nuorten kuvataidekoulun ja Keskisen Uudenmaan musiikkiopiston saman katon alle toimivaksi dynaamiseksi ja vireäksi oppimis- ja harrastusympäristöksi. Suunniteltavan rakennuksen peruslähtökohtia ovat terveellisyys, turvallisuus, viihtyisyys ja muuntojoustavuus, joilla tarjotaan kaikille tilojen käyttäjille mahdollisimman hyvät edellytykset oppimiselle, itsensä kehittämiselle sekä yhteistoiminnan eri muodoille. Kuvassa 13 on havainne kuva valmiista lukio- ja kulttuuritalo Moniosta.



Kuva 13. Tuusulan lukio- ja kulttuuritalo Monio [Kontio]

### 3.1.1 Kohteen runkoratkaisu

Kohteen perustukset ovat teräsbetonirakenteiset. Muotit tehdään teräksestä ja vanerista ja puretaan vielä ennen täyttötöitä.

Anturat tehdään paikalla valettuina ja maanvaraisina teräsbetonista.

Perusmuurit ja -pilarit tehdään pääosin elementtirakenteisina säänkestävästä betonista. Näkyvät sokkelipinnat tehdään vanerimuottipinnalle puhtasvalu laatutasoon.

Perusmuurin maarakenteiden alapuolelle jäävän osan ulkopintaan asennetaan kosteuseristys ja vedeneristyksen alustan kulmat ja nurkat pyöristetään.

Alapohja on pääosin ryömintätillainen. Kantava alapohja tehdään ontelolaatoista ja ontelolaatan päälle tulee lämmöneriste ja pintalaatta. Osa alapohjasta tehdään maanvaraisena koneellisesti tiivistetyn murskearinan varaan.

Alapohjalaatan ja lämmöneristyksen alle tehdään vähintään 300 mm paksu ka-kapillaarikatkokerros, johon asennetaan tuuletuskanavisto mm. radon- ja mikrobikaasujen torjumiseen ja kanavisto tuuletetaan koneellisesti vesikatolle. Myös kaikki ryömintätilat tuuletetaan koneellisesti vesikatolle.

Rakennuksen kantava runko koostuu kerrosliimapuupilareista ja teräskotelopalkeista (wq-palkit). Alapohja on pääosin ontelolaattarakenteinen. Välipohjat olivat alkuun suunniteltu teräskotelopalkkeihin tukeutuviksi CLT-laatoiksi mutta maailmalla vallitsevan materiaalipulan vuoksi ne vaihdettiin kerto-ripalaatoiksi, jotta ei riskeerata kohteen alkuperäistä vastaanotto aikataulua. Välipohjan päälle tulee askelääneneristys ja kipsivalu. Rakennuksen jäykistys hoidetaan teräsbetonisilla porras- ja hissikuiluilla sekä liimapuurakenteisilla vinojäykisteillä. Rakennuksen yläpohja on myös korvattu CLT -laattarakenteista kerto-ripalaattarakenteiseksi. Ison ja pienen salin kantava runko on pilari-palkkirunko. Salien pilarit ovat teräsbetonipilareita ja palkit jännepunos-palkkeja. Salien kantava yläpohja on TT-laattarakenteinen ja salien jäykistys hoidetaan teräsbetoniseinin.

Ulkoseinät ja aulatilojen seinät toteutetaan painumattomasta lamellihirrestä ja hirsiseinien nurkkasalvokset jätetään sisällä näkyviin. Näkyviin jäävät hirren päät käsitellään halkeamien estämiseksi syiden päiden sulkuvahalla. Aulatilain yleisöportaat toteutetaan puurakenteisina ja länsijulkisivun sisäänkäyntikatosten ulkoportaat toteutetaan betonirakenteisina.

Julkisivut toteutetaan painumattomasta lamellihirrestä, lukuun ottamatta juhlasalin molemmin puolin sijaitsevia poistumistieportaita, joiden ulkoseinät toteutetaan paikalla muurattuna tiilijulkisivuna käsin lyödystä tiilestä erikoismuurauksella. Räystäiden näkyviin jäävät puupinnat, ulkonurkkien peitelaudat ja muut julkisivupinnoissa näkyviin jäävät puupinnat käsitellään yhtenäisiksi hirsijulkisivun kanssa.

Vesikatot tehdään harjakattoina ja toteutetaan konesaumattuina peltikattoina sinkitystä teräspellistä. Harjakattojen kattokulma on 30° ja vastakaatojen

kaltevuus 1:10 (peltikate). Yläpohja on lähtökohtaisesti painovoimaisesti tuulet-  
tuulettuva. Tarvittaessa yläpohjatilan riittävä tuuletus varmistetaan koneellisesti.

### 3.1.2 Rungon aikataulu

Runko tehdään täysin sääsuojan alla, jonka teko aloitetaan marraskuussa viikolla 46. Runko on jaettu kuuteen lohkoon (A-F) ja ensimmäisessä lohkossa puuelementtien asennus alkaa viikon 48 puolella välissä. Rungon aikataulun mukaan rungon ja vesikaton asennukseen on aikataulutettu sääsuojan kasaamisesta sen purkuun aikaa yhteensä 28 viikkoa ja rakentaminen tapahtuu näin ollen Suomen talviolosuhteissa.

## 3.2 Haastattelu - Tilaajan kosteudenhallintakoordinaattori WSP Oy

Ensimmäisen haastattelun kysymyksiin vastasi Lukio- ja kulttuuritalo Monio – hankkeen tilaajan kosteudenhallintakoordinaattori Jari Suomalainen WSP Oy:ltä. Haastattelun kysymyksillä pyrittiin saamaan esille tilaajan näkökulma siitä, miten kosteudenhallinta tulisi Monio- hankkeen puupainotteisessa hybridirungossa hoitaa.

### 3.2.1 Kysymykset

Haastattelu aloitettiin kartoittamalla haastateltavan rooli hankkeessa sekä hänen kokemuksensa vastaavan kaltaisista kohteista. Tästä haastattelu eteni tilaajan näkökulman kysymyksiin. Kysymyksiä esitettiin rungon kosteudenhallinnan riskikohdista, toimenpiteistä riskien välttämiseksi, olosuhde seurannasta sekä tilaajan puolen valvonnasta, organisoinnista ja tarkastusasiakirjoista. Haastattelun kysymykset ovat alla esitettyinä.

1. Mikä on sinun roolisi hankkeen kosteudenhallinnan osalta?
2. Onko sinulla aikaisempaa kokemusta puun ja betonin yhdistämisestä rungossa?
3. Mihin asioihin tilaajan puolelta tulette eniten kiinnittämään huomiota?



4. Mitkä ovat mielestäsi tämän hankkeen rungon kosteudenhallinnan suurimmat riskikohdat? Ja miten niihin on varauduttu?
5. Mikä on mielestäsi tärkein asia kohteen rungon kosteudenhallinnassa ja sen onnistumisen varmistamisessa?
6. Mitkä ovat yleisimmät virheet, mitä työmaalla saatetaan tehdä ja miten ne voidaan välttää?
7. Miten työnaikainen kosteudenhallinnan organisointi, seuranta ja valvonta on järjestetty tilaajan puolelta?
8. Miten normaalista poiketen olet varautunut rungon kosteudenhallintaan, kun siinä on niin paljon kosteusherkkää puuta materiaalina?
9. Mitä suunnitelmia tilaaja on vaatinut rungon kosteudenhallinnasta?
10. Millaista olosuhde seuranta tulisi tehdä?
11. Mitä tarkastusasiakirjoja sinulla on käytössä runko vaiheessa?
12. Mitä jälkiseuranta menetelmää tilaajan puolelta käytätte?
13. Minkä tilaaja näkee rakentajan osalta tärkeimmäksi asiaksi kosteudenhallinta mielessä?

### 3.2.2 Vastaukset

Haastattelu pidettiin tilaajan näkökulmasta ja kysymyksiä siten esitettiin useita kohdistuen suoraan tilaajan toimiin ja keinoihin puuttua kohteen kosteudenhallintaan. Haastattelusta selvisi, että tilaajalla on tarkoitus käydä hirsitoimittajan tehtaalla vierailulla ja päästä näin dokumentoimaan koko kuivaketju tehtaalta työmaalle asti.

Tilaajan puolen organisointi, seuranta ja valvonta kosteudenhallinnan suhteen tapahtuu niin, että Suomalainen pyrkii olemaan mahdollisimman paljon itse työmaalla seuraamassa sitä etenkin alkuvaiheessa. Ennen rungon töiden aloittamista pidetään myös kosteudenhallinnan seurantapalaveri ja kuukauden päästä toinen samanlainen, missä katsotaan tarkemmin seurannan tarve kokousten osalta. Haastattelussa Suomalainen kertoi, että he tilaajan puolelta työskentelevät tiiminä niin, että myös valvojat raportoivat kosteudenhallinnan havainnoista hänelle. Keskustelu kosteudenhallinnasta pyritään pitämään

avoimena. Kohteeseen tilaaja on vaatinut rakentajalta samat asiakirjat, mitä kaikissa kohteissa vaaditaan kosteudenhallinnan osalta ja kohteessa menetellään normaalin kuivaketju10 nimikkeistön mukaisesti. Virallisesti kohteessa on määritelty käyttöön Terve Talo- toimintamalli ja Suomalaisella on tarkastusasiakirjoina käytössä Terve Talo- paperi sekä rakennusvalvonnan lomake YL07.

Työmaalla tilaajan puolelta suurta huomiota tullaan Suomalaisen mukaan kiinnittämään etenkin puutavaran varastointiin ja suojaamiseen. Tilaajaa kiinnostaa myös logistinen osuus, miten hirret saadaan tuotua sääsuojan sisään juuri oikeasta paikasta oikeaan aikaan niin, ettei hirsinippuja jouduttaisi avaamaan sääsuojan ulkopuolella. Tärkeäksi asiaksi Suomalainen nosti myös rakentamisaikaisen olosuhdehallinnan. Hänen mielestään olisi erittäin tärkeää pystyä luomaan sääsuojan sisään stabiili olosuhde, missä kosteus ja lämpötila eivät heittelisi suuresti. Tämä sen vuoksi, että materiaalien reagointi ympäröivään olosuhteeseen saataisiin minimoitua, kun kosteus- ja lämpötilaheitot eivät olisi suuria ja näin materiaalien vaurioitumisriskejä saataisiin minimoitua.

Suurimmiksi riskeiksi kosteudenhallinnan osalta Suomalainen mainitsi suojaamisen. Aina on kastumisen riski, kun sääsuojaa joudutaan aukaisemaan. Etenkin hirren yläpinnan kuivana pysyminen on tärkeää, kun seuraava hirsi asennetaan päälle, koska tämän jälkeen tiiviinä liitoksena se ei enää pääse kuivamaan. Tehtaalta työmaalle saapuvan hirsinippu paketin aukaiseminen aiheuttaa myös kostumisriskin ja olisi hyvä, jos paketti saataisiin sääsuojan sisälle ennen avaamista. Suomalainen painottaa tärkeänä siis tehtaalla hirsien oikeaan järjestykseen pakkaamisen onnistumisen.

Haastattelussa esitettiin kysymys työmaan yleisistä virheistä ja siitä Suomalainen mainitsi lattianvalujen kosteuskuormiin reagoinnin riittäväillä kuivaimilla ja puhaltimilla. Toisena asiana hän otti esiin rakennuksen työaikaisen vesityksen hallinnan. Vesipisteet eivät saa roiskia seinille. Esimerkkinä vesityspisteestä hän antoi muutamalla muulla työmaalla

näkemänsä vesityspisteen halkaistusta tynnyristä kuormalavan päällä. Tynnyri oli halkaistu niin, että sen alapää venttiiliin oli lyötynä kiinni viemäriputki, millä johdettiin vesi pois ja hana oli kiinni pöntössä eli se samalla toimi altaana ja esti roiskevesiä. Kolmantena työmaan mahdollisena virheenä hän mainitsi sääsuojan aukaisemisen liian aikaisin. Ennen kuin sääsuoja avataan, tulisi vaipan ulkopuolen olla valmis. Erityisesti ikkunoiden alapuolella olevien vesipellityksien tulisi olla kauttaaltaan valmiit ja räystäskourujen paikallaan.

Kosteudenhallinnan keinoista Suomalainen mainitsi tärkeimpänä sääsuojan sisällä rakentamisen. Toisena varastoinnista huomiona, että tavara on suojapaketissa ja työmaalla menee vielä pressun alle. Työmaan perehdytyksestä Suomalainen mainitsi, että siihen tulisi ottaa mukaan oma kohta kosteudenhallinnasta. Tällä varmistettaisiin, että työntekijät varmasti ymmärtäisivät sen merkityksen ja esimerkiksi sen, että pinnat ovat valmiita, eikä seiniin näin ollen saa piirtää mitään. Yksi keinoista hallita kosteutta on myös sen jatkuva seuraaminen, mikä tapahtuu loggereiden avulla. Suomalainen mainitsi, että urakka-asiakirjoissa on mainittu loggereiden määrät ja niistä saatavan tiedon mukaan kuivataan ja lämmitetään tarpeen tullen. Kohteeseen tehdään myös pilottikokeilu ja hirsien sisälle asennetaan jo tehtaalla loggerit, joista voidaan seurata hirren olosuhdetta tehtaalta kuljetuksen kautta työmaalle asennuksesta käyttöön asti. Loggereista saatava tieto toimii siis myös tilaajan jälkiseurannan menetelmänä silmämääräisen menettelyn lisäksi.

Tilaajan mielestä rakentajan tärkein asia kosteudenhallinnan osalta on kuivana asentamisen ja kuivana pysymisen onnistuminen eli rakentajalla on oltava koko tuotantoketju hallinnassa.

### 3.3 Haastattelu – Puuasiantuntija Vahanen Oy

Tilaaja on vaatinut pääurakoitsijaa nimeämäänsä kohteeseen ulkopuolisen puurakentamisen asiantuntijan, jonka Lujatalo Oy on palkannut Vahanen Oy:ltä. Toinen haastattelu pidettiin kosteusteknisestä näkökulmasta ja siihen vastasi kohteen puuasiantuntija, Antti Haapasalmi. Haastattelun tarkoituksena oli saada

tietoa kosteudenhallinnan keinoista ja riskeistä kosteusteknisen näkökulman kautta.

### 3.3.1 Kysymykset

Haastattelu käynnistettiin samankaltaisesti kuin aikaisempi kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa, kartoittamalla haastateltavan asema hankkeessa sekä aiempi kokemus samankaltaisista hankkeista. Haastattelussa keskityttiin etenkin rungon rakennekohtaisiin riskeihin ja niiden välttämiseen, betonin ja puun liitoskohtien kosteusteknisiin huomioihin, ilmankosteuden tavoitearvoon ja siinä pysymiseen sekä olosuhteiden raja-arvoihin.

Haastattelussa esitetyt kysymykset ovat alapuolella listattuna.

1. Mikä on roolisi hankkeessa?
2. Onko sinulla aikaisempaa kokemusta betonin ja puun hybridirungosta?
3. Mitä erityisiä kosteusteknisiä huomioita hybridirakenteessa on verrattuna pelkkään puu tai betoni runkoon?
4. Mitkä ovat mielestäsi rungon suurimmat riskikohdat kosteudenhallinnan näkökulmasta ja miten näihin tulee varautua?
5. Mikä on runkovaiheen ilmankosteuden tavoitearvo? Miten se saavutetaan ja miten siinä pysytään?
6. Mitkä ovat mielestäsi kosteusteknisesti vaativimmat liitoskohdat?
7. Mitä erityisesti tulisi huomioida betonin ja puun liitoskohdissa?
8. Millaiset rakenneratkaisut aiheuttavat mielestäsi suurimmat kosteusriskit? Miten tällaisia kohtia voidaan välttää?
9. Millaisia mahdollisia ongelmia kohteen rungon kosteudenhallinnan osalta on saatu korjattua jo suunnitteluteknisesti ja mitä ovat työmaalla erityishuomiota vaativat kohdat?
10. Mitkä ovat yleisimmät virheet, mitä työmaalla saatetaan tehdä ja miten ne voidaan välttää?
11. Mitä tehdään, jos sääsuoja pettää ja vettä pääsee lorahtamaan sisälle? Millä tällöin varmistetaan, etteivät rakenteet ole vaurioituneet kosteusrasituksesta?

12. Miten kosteusmittaukset tulisi kohteen runkovaiheessa suorittaa?
13. Kerto-Ripalaatasta koostuvan välipohjan päälle tulee kipsivalu, millä varmistetaan, ettei se pääse rakenteeseen aiheuttamaan vauriota?
14. Millaisia olosuhteita voidaan pitää sisällä kipsivalua kuivaessa, niin ettei puurakenteet pääse kärsimään liiallisesta koneellisesta kuivattamisesta ja millä tämä varmistetaan?
15. Miten työmaalla varmistetaan puuelementtien saapuessa, että kuivaketju on säilynyt tehtaalla ja kuljetuksessa?
16. Millaista olosuhdeseurainta puurakenteille pidetään rakentamisen aikana ja mitkä ovat raja-arvot?
17. Mitkä ovat suhteellisen kosteuden ja lämpötilan olosuhdearvot toimivan kosteudenhallinnan näkökulman kannalta, ettei esimerkiksi homekasvustoa pääse syntymään pinnalle?
18. Millaisia takuuajaisia riskikohtia keksit rungon kosteudenhallinnan osalta?

### 3.3.2 Vastaukset

Haapasalmen rooli hankkeessa on toimia ulkopuolisena puuasiantuntijana. Hän on aiemmin ollut mukana muutamien hirsikoulun rakentamisprojektissa ja sitä kautta hänellä on kokemusta puun ja betonin yhdistämisestä. Monio-hankkeesta hän kommentoi, että välipohjissa olevat teräspalkit ovat hänelle uusi ratkaisu ja ilmeisesti Suomessa muutenkin melko harvinainen ratkaisu.

Haastattelussa käytiin läpi erityisesti hybridirungon kosteusteknisiä huomioita sekä itse puurakentamisen. Haapasalmi mainitsi erityisenä kosteusteknisenä huomiona hybridirungossa materiaalien erilaiset kosteustekniset toimivuudet sekä reunaehdot. Esimerkkinä hän mainitsee puun ja betonin kuivatuksen. Puhtaassa betonirungossa kuivatus aloitetaan normaalisti hyvinkin aggressiivisesti vesikaton valmistuessa ja lämpöjen laitattaessa päälle. Puun kuivattaminen liian nopeasti sen sijaa aiheuttaa siihen helposti halkeilua, eikä sitä näin ollen saa liian aggressiivisesti kuivata.

Itse puurakentamisesta Haapasalmi mainitsi huomioitavana asiana sen elämisen. Puun pituus voi talven ja kesän välillä muuttua jopa viisi senttimetriä ja sillä tulisi olla tilaa siihen muutokseen. Jos puun elämisestä johtuvaa pituuden vaihtelua ei oteta huomioon, eikä se mahdu vapaasti elämään, aiheutuu puuhun pakkovoimista jännityksiä, mikä saattaa aiheuttaa puuhun halkeamia. Puurakenteissa rakenneratkaisujen tulee olla myös kunnolla tuulettuvia. Ilmassa on aina kosteutta, joten puurakenteen on päästävä kuivumaan. Jos tuuletus on puutteellinen niin esimerkiksi keväällä ja syksyllä tulee helposti otolliset olosuhteet homekasvustolle.

Kaikista suurimmaksi kosteustekniseksi riskiksi puurunkoisten rakennusten osalta Haapasalmi mainitsi ilman sääsuojaa rakentamisen, koska silloin ollaan täysin sään armoilla ja Suomessa sataa paljon. Toisena isona kosteusriskinä hän otti haastattelussa esiin maaperän ja perustusten väliset liittymät. Puuta ei tulisi koskaan upottaa maaperään, vaan puun alla pitää olla fiksun korkuiset betoni- tai kivirakenteiset sokkelit. Pitää myös muistaa huomioida, että perustuksissa oleva betoni on märkää ja siitä nousee kapillaarisesti kosteutta ylöspäin. Kosteuden nousu tulee siis huolehtia hyvin katkaistuksi, kun betonista siirrytään puuhun. Perinteisenä tapana Haapasalmi mainitsee betonin ja puun väliin laitettavan bitumikaistaleen, mutta myös tehtaalta saadaan jo valmiiksi puun päälle tuleva epoksi pinnoite, joka estää kosteuden siirtymisen betonista puuhun. Myös seinissä, missä betoni ja puu ovat vierekkäin, tulee huomioida betonin suuri kosteus rakentamisvaiheessa ja usein näidenkin väliin tarvitaan bitumikaistale.

Haastattelussa keskusteltiin myös olosuhteiden tavoite arvoista runkovaiheessa sääsuojan alla. Hyväksi arvoksi Haapasalmi arvioi 20 asteen lämpötilan ja 45-65 prosentin suhteellisen ilmankosteuden. Tämä siksi, että tehtaalta työmaalle saapuvassa puutavarassa kosteutta on yleensä 8-12 prosenttia, jolloin ympäröivän ilman suhteellinen kosteus kahdenkymmenen asteen lämpötilassa on edellä mainittu 45-65 prosenttia. Jos sääsuojan sisällä ilman suhteellinen kosteus pystyttäisiin pitämään 45-65 asteen välillä, puu pysyisi siinä kosteuspitoisuudessaan, missä työmaalle saapuukin, eikä se esimerkiksi

pääsisi kostumaan. Nämä olosuhteet olisivat myös lattiavalujen kannalta otollisempia. Haapasalmen mukaan lattiavaluissa otolliset olosuhteet ovat 20 astetta lämmintä ja ilman kosteusprosentti 50 prosenttia. Jos sääsuojan sisällä pystytään pitämään ilman suhteellinen kosteus esimerkiksi 60 prosentissa, on siitä luontevaa siirtyä lattiavalulle otolliseen 50 prosenttiin lämpöjen päälle laitettaessa. Tällöin ilman suhteellisen kosteuden muutos on niin pieni, ettei puurakenteisiin synny haittaa olosuhdemuutosten seurauksesta.

Myös puutavaran kastuessa on syytä seurata ilman suhteellista kosteutta. Esimerkkinä Haapasalmi mainitsi kastuneen puutavaran, jonka kosteusprosentti on 20 prosenttia. Kuivatessa kastuneen puun, jossa kosteutta on 20 prosenttia, ympäröivän ilman suhteellista kosteutta ei saisi laskea alle 70 prosentin, koska muuten olosuhde-ero puun ja ilman kosteuden suhteen on niin iso, että puulle tapahtuu muodonmuutoksia. Tällöin siis tulisi huolehtia, että puuta kuivatessa ympäröivän ilman suhteellinen kosteus pysyisi 70 prosentin yläpuolella. Olosuhteiden seuranta Haapasalmen mukaan on parhain hoitaa kosteusmittauksin ja olosuhteissa pysyminen voidaan tarvittaessa vuodenajasta riippuen varmistaa erillisillä ilman kuivattimilla ja ilmantuuletuksella.

Haastattelussa keskusteltiin myös itse tutkimuksen esimerkkikohteena olevan Monio- hankkeen haastavista kosteudenhallinnan paikoista. Haastavimmiksi kosteusteknisiksi liitoskohdiksi Haapasalmi mainitsi monimuotoisen vesikaton liitoksia. Monimuotoisessa katossa on paljon liittymiä, jotka saattavat olla Haapasalmen mukaan haastavia tehdä vedenpitäviksi. Rakennesuunnittelija pystyy tekemään leikkaukset perus liitoskohdista, mutta kaikkiin kolmiulotteisiin nurkkakohtiin suunnittelija ei välttämättä pysty ennalta ottamaan kantaa ja osa tulee esiin vasta rakentamisvaiheessa.

Yleisesti puurakennuksien katoista Haapasalmi mainitsi, että niihin tulee tehdä selvät kaadot ja ulkopuolinen vedenpoisto. Sisäpuolisella vedenpoistolla otetaan turhia riskejä ulkoiseen vedenpoistoon nähden. Haapasalmi myös mainitsee tässäkin jo aiemmin puhutusta tuulettavuudesta, eli yläpohjan

tuulettavuuteen tulee kiinnittää huomiota ja varmistaa, että tuuletusraot ovat varmasti riittävän suuret.

Haastattelussa keskusteltiin myös työmaan toimista puutavaran saapuessa ja Haapasalmen mielestä riittää, kun työmaalle saapuva puutavara silmämääräisesti tarkastetaan kuivaksi. Jos kuitenkin on epäily, että materiaali olisi saattanut kastua tehtaalla tai kuljetuksessa, tulee siihen tehdä kosteusmittaus sen työmaalle saapuessa. Itse työmaalla Haapasalmi painottaisi erityistä huomiota tuotteiden suojaukseen. Kaikki rakennusmateriaalit, mitkä eivät kestä kosteutta, tulisi suojata niin, ettei kosteus pääse imeytymään materiaaliin. Esimerkiksi liimapuun ollessa pitkän aikaa alttiina kosteudelle, pääsee kosteutta imeytymään syväälle sisään, mikä aiheuttaa kuivaamisen tarpeen. Kuivaaminen aiheuttaa taas ylimääräisiä riskejä vaurioiden syntyyn. Hyvällä suojaamisella turhat riskit kuivaamisesta päästään välttämään.

Haastattelun lopuksi keskusteltiin vielä takuuajaisista riskikohdista, mitä kosteus voi aiheuttaa. Haapasalmi mainitsi myöhemmin esiin ilmestyvät halkeamat. Talviaikana suhteellisen kosteuden laskeessa halkeamat pääsevät näkyviin selkeämmin, kun puu kuivuu. Haapasalmi mainitsi myös esimerkiksi laudan, jonka pituus voi kesän ja talven välillä muuttua viisi senttimetriä ja jos tälle muutokselle ei ole tilaa, tulee se esiin luultavasti takuuajana halkeamana.

### 3.4 Haastattelu – Kipsivalu Knauf Oy

Toinen kosteusteknisestä näkökulmasta pidetty haastattelu järjestettiin kipsivalulattian tiimoilta. Haastattelu pidettiin kipsivalulattiaa käsittelevän työpalaverin yhteydessä ja kysymyksiin vastasi Knauf Oy:ltä Jenna Alakoski ja Kati Alakoski.

#### 3.4.1 Kysymykset

Haastattelu poikkesi muista siten, että kysymyksiä ei annettu ennalta haastateltavalle ja niitä oli muihin haastatteluihin verraten paljon vähemmän.



Haastattelu kysymyksillä haluttiin saada tietoa kipsivalulattian kosteudenhallinnasta sekä sen kosteusteknisestä toimivuudesta puun kanssa yhdessä. Haastattelun kysymykset ovat alla listattuna.

1. Onko kokemusta siitä, että jostain saumasta pääsee lorahtamaan kipsivalua välipohjaan ja miten tämä pystytään huomaamaan ajoissa?
2. Mistä työmaalla etenkin tulee huolehtia? Onko jotain yleistä kosteudenhallinnan mokkaa?
3. Miten nopeasti kipsivalulattia on pinnoitettavissa ja millä asioilla kuivumiseen voidaan vaikuttaa?
4. Ovatko toimenpiteet kipsivalua tehdessä jotenkin erilaiset, kun välipohja alla on puuta, eikä betonia?

#### 3.4.2 Vastaukset

Alakosken mukaan kipsivalulattiaan voidaan laittaa lattialämmitys päälle jo viikko pumppauksesta, mikä nopeuttaa sen kuivumista. Kuivuessa kipsivalu haihduttaa paljon kosteutta ilmaan ja tuulettuvuus on todella suuressa merkityksessä, ettei kosteus pääse imeytymään ympäröiviin puuseiniin, vaan ohjautuu ulos rakennuksesta. Alakoski otti puheeksi myös ilman suhteellisen kosteuden, jonka tulisi olla riittävän matala, että haihtuessa kosteus mahtuu ilmaan. Alakoski mainitsikin otolliseksi ilman suhteelliseksi kosteudeksi alle 65 prosenttia kipsivalun aikana.

Työmaalla yleiseksi kosteudenhallinnan mokaksi Alakoski mainitsi kipsivalun peittämisen liian aikaisin, jolloin valu ei pääse kuivumaan. Toisena, ei niin yleisenä mokana työmaalla, Alakoski mainitsi vielä huonot olosuhteet, hän muistuttaa, että ilmanvaihdon on tosissaan pelattava hyvin myös perimmäisessä nurkassakin ja otollinen lämpötila on 20 astetta. Jos lämpötila laskee 5-10 asteeseen, ovat olosuhteet hallitsemattomat.

Yksi kysymys haastattelussa käsitteli, miten huomataan ajoissa, jos valu vuotaa välipohjaan. Alakoski sanoi, ettei tällaisesta vahingosta ole kokemusta. Hän

epäili, että se huomattaisiin kuitenkin nopeasti, koska reikäkohtaan, josta valua vuotaisi, muodostuisi pieni kuoppa. Tässä yhteydessä Alakoski huomautti pumppauksen suunnan merkityksestä, jos aluspapereita ei ole teipattu. Eli pumppauksen suunta niin, ettei papereiden välistä pääse valua läpi.

Alakosken mukaan kosteusteknisiä eroja ei ole pahemmin välipohjan ollessa puuta, eikä betonia, koska aluspaperi tulee väliin kuitenkin.

### 3.5 Haastattelu – Kokemusasiantuntija

Haastatteluiden kolmantena näkökulmana oli kokemuspohjainen näkökulma. Kokemuspohjalta haastatteluun vastasi Joonas Pusila, joka oli useamman vuoden mukana Jätkäsaaren Wood City projektissa. Wood City on Suomen suurin puupohjainen toimistorakennus, joka rakennettiin ilman sääsuojaa meren vierellä, joten kosteudenhallinta oli siellä isossa roolissa.

*Wood City -puukortteliin valmistunut toimistorakennus käsittää kahdeksankerroksisen puutoimistorakennuksen sekä kolmekerroksisen 170 autopaikan parkkitalon. Toimisto on peliyhtiö Supercellin pääkonttori. Toimistorakennuksen ensimmäinen kerros, kellari sekä jäykistävät hissi/porraskuilut ovat betonirakenteisia ja 2. – 8. kerrokset puurakenteisia. Puukerrostien kantavina rakenteina on käytetty LVL-pilareita, -palkkeja ja ripalaattoja. Julkisivut ovat puuverhoiltuja. (Puuinfo)*

#### 3.5.1 Kysymykset

Haastattelun kysymykset pyrittiin tekemään niin, että haastateltava pystyi Wood City hankkeen pohjalta antamaan kosteudenhallinnan keinoja, joita myös muissa hankkeissa voidaan hyödyntää. Kysymyksiä esitettiin paljon nimenomaan Wood City hankkeessa käytetyistä kosteudenhallinnan toimintatavoista ja lisäksi joitain yleisempiä. Tässä haastattelussa kysymykset painottuivat enemmän puun kosteudenhallinnan keinoihin, eikä hybridirungon. Haastattelun kysymykset ovat alla listattuna.

1. Millaisia erityisiä tehostettuja toimenpiteitä kosteudenhallinnan osalta Wood City – projektissa oli, mitä myös Monio – hankkeen runkovaiheessa voisi käyttää?

2. Millaisia isoimpia virheitä Wood City hankkeen työmaalla tehtiin kosteudenhallinnan osalta ja miten niiltä oltaisiin voitu välttyä?
3. Miten Wood City hankkeessa varmistettiin puutavaran tullessa työmaalle, että sen kuivaketju oli pysynyt tehtaalla ja kuljetuksessa?
4. Millä eri tavoilla Wood City:ssä kuivatettiin rakenteita niiden päästessä kastumaan? Miten varmistitte, ettei kuivaaminen päässyt aiheuttamaan vaurioita puurakenteisiin?
5. Millä erilaisilla keinoilla varmistitte, että materiaalien kuivaaminen ei aiheuttanut toiselle materiaalille vieressä haittaa? Esimerkiksi kipsivalu kuivuessa haihduttaa vettä noin 50%, miten varmistetaan ettei kosteutta pääsee viereisiin rakenteisiin?
6. Miten suojasitte valmiita puupintoja niin, ettei kosteus päässyt tiivistymään rakenteisiin, mutta kuitenkin puu pääsi hengittämään?
7. Millaisilla menetelmillä suojasitte työmaalla materiaaleja?
8. Millaisia kosteudenhallinnan riskejä ottaisit esiin puupainotteisen betonin, teräksen ja puun hybridirunkoratkaisussa?
9. Mitkä ovat mielestäsi työmaan viisi nyrkkisääntöä, joita kaikkien tulisi noudattaa onnistuneen kosteudenhallinnan kannalta?
10. Millaisia ongelmia elementtiasennusten myöhästyminen voi aiheuttaa rungon kosteudenhallinnassa? Ja miten tällöin tilannetta tulisi korjata aiheuttamatta kosteudenhallinnan riskejä?
11. Mitkä mielestäsi ovat työmaalla riskien hallinnan kannalta oleellimmat tekijät?
12. Millä voitaisiin varmistaa, että kaikki osapuolet hankkeessa ovat tietoisia kosteudenhallinnan käytännöistä työmaalla?
13. Mitkä ovat yleisimpiä työmaalla tehtäviä virheitä ja miten näiltä välttyttäisiin?

### 3.5.2 Vastaukset

Haastatteluiden kolmantena näkökulmana oli kokemuspohjainen näkökulma. Kokemuspohjalta haastatteluun vastasi Joonas Pusila, joka oli useamman vuoden mukana Jätkäsaaren Wood City projektissa. Wood City on Suomen

suurin puupohjainen toimistorakennus, joka rakennettiin ilman sääsuojaa meren vierellä, joten kosteudenhallinta oli siellä isossa roolissa.

Haastateltava työskenteli Wood City- hankkeessa mukana useamman vuoden ja osallistui kosteudenhallinnan palavereihin.

Wood City- projektin tehostetuista toimenpiteistä kosteudenhallinnan osalta haastateltava mainitsi nimenomaan suunnittelun, joka oli alkanut jo vuoden ennen rakentamisen aloittamista. Palavereihin osallistui n.10-30 henkilöä ja mukana olivat esimerkiksi julkisivu- ja runko materiaalitoimittajat. Kokouksia pidettiin ensimmäiset puolivuotta noin kahden viikon välein ja sen jälkeen noin kuukauden välein. Suunnittelupalaverissa pyrittiin ennalta miettimään kaikkia mahdollisia kosteusriskikohtia. Kohteen detaljit suunniteltiin myös mahdollisimman pitkälle niin, että jos pääsisi vettä, ei vauriota kuitenkaan sattuisi. Niiden detalji paikkojen osalta, mitä ei voitu ennalta suunnitella tarpeeksi hyvin, panostettiin suojaamiseen. Rakennuksen runkovaiheessa pidettiin kosteudenhallinnan koordinointi kierros viikoittain. Wood City- projektissa oli myös koko ajan niin kutsuttu lastapartio valmiudessaan siihen asti, että rakennuksen vaippa oli saatu kokonaan umpeen. Lastapartio toimi niin, että kovan myrskyn aikaan he saapuivat auttamaan vedenohjauksen kanssa. Viimeisenä tehostettuna toimenpiteenä mainittiin välipohjien väliaikaiset viemärit. Rakennesuunnittelija oli määrittänyt kohdat, mihin pystyttiin tekemään reiät väliaikaisiksi sadevesien poistoiksi.

Yksi haastattelun aihe oli vesivahingot ja se, miten niissä tilanteissa tulisi toimia. Hankkeen aikana ei tapahtunut isoja vesivahinkoja. Pieniä vesivahinkoja aiheutti vesikatolla ja räystäsosuuudella muutamat haastavat detaljit. Kun vettä pääsi sisään, he avasivat kaikki pintarakenteet eristeisiin asti, jotka ottivat pois ja sitten rakenteelle tehtiin kosteusmittaus, jonka tuloksen perusteella tarvittaessa kuivattiin rakenteet kuiviksi.

Haastattelun aiheena käsiteltiin myös, miten heidän projektissaan varmistettiin, että kuivaketju oli pysynyt tavaran saapuessa työmaalle ja että tavara pysyi kuivana työmaalla. Tehtaalla mitattiin lähtevän tavaran kosteusprosentti ja

materiaalit pysyivät tehtaalla suojatuissa suojuissa ihan viime hetkelle asti ennen asennusta. Elementeissä esimerkiksi suoja otettiin pois vasta kun seuraava laitettiin päälle. Tämä oli mahdollista, koska elementtitoimittajat olivat osallistuneet suunnittelupalaverihin, joten materiaalien pakkaaminen saatiin varmistettua oikeaan järjestykseen. Osa porukasta oli myös käynyt tehdasvierailulla varmistamassa, että sovitut toimenpiteet toteutuivat. Työmaalla materiaalin suojaamisesta mainittiin, ettei työmaalla juuri jouduttu muuta tekemään kuin laittamaan varalta ylimääräisen pressun tehdassuojien päälle, koska toimitukset olivat täsmällisiä. Haastattelussa otettiin kuitenkin esille toimitusviivästyksistä mahdollisesti aiheutuvien riskien hallinta. Jos esimerkiksi elementtiasennukset myöhästyivät, oli heillä ennalta määritetty lyhytaikainen viivästyminen ja pitkäaikainen viivästyminen. Lyhytaikainen viivästyminen oli heillä määritelty neljäksi viikoksi, minkä asennukset sai myöhästyä ilman radikaaleja toimenpiteitä.

Rakenteiden kuivaamisen osalta hankkeessa oli käytössä kaksi tapaa. Ensimmäisenä mahdollistettiin luonnollinen kuivuminen eli annettiin rakenteiden vain tuulettua. Niin kauan kuin julkisivu ei ollut ummessa, luotettiin siihen, että ilma kuivattaa. Kun julkisivuelementit olivat asennettu, alettiin myös lämmöllä kuivattaminen. Lattiavalujen aikaan työmaalla oli käytössä ylemmästä välipohjasta ripustettuna ilmankierrättäjiä ja kosteuden poistajia. Lattiavalujen osalta etukäteen oli selvitetty, paljonko kosteutta sai haihtua ja miten kosteuden leviämistä voisi estää, esim. ovien sulkemisella tai avaamisella. Etukäteen oli selvitettyä myös riskipaikat ja ne kohdat mihin kosteus nimenomaan saattaisi imeytyä. Näistä kohdista sitten seurattiin poramittauksien avulla kosteutta. Valmiita puupintoja ei tarvittu suojata erikseen valujen aikaan, joten puun hengittämisestä tiiviistä suojaamisesta huolimatta ei tarvinnut huolehtia.

Haastattelun yksi aihe oli rungon riskikohdat ja haastattelussa mainittiin ylimääräisen veden poisohjaamisen kastumisen yhteydessä. Etukäteen tuli miettiä, miten ylimääräinen vesi saatiin ohjattua pois tarpeeksi nopeasti, kun asennustöiden tai työvuorojen ulkopuolella satoi vettä. Toisena riskikohtana

mainittiin vaikeat liittymäkohdat. Niitä tulisi miettiä ennalta, jos isoimmat riskipai- riskipaikat saataisiin poistettua jo suunnittelupöydillä.

Yleisesti kosteudenhallinnan osalta hankkeessa noudatettiin neljää nyrkkisääntöä, jotka olivat töiden hyvä suunnittelu, suunnitelmien mukaisiin toimenpiteisiin sitoutuminen, nopea reagointi mahdollisiin poikkeuksiin ja avoimuus. Eli suunnitellaan, sitoudutaan, pystytään reagoimaan kuitenkin, jos jotain käy ja avoimesti tuodaan esille, jos jotain on sattunut. Riskienhallinnan kannalta oleellisimmiksi tekijöiksi mainittiin hyvän suunnittelun ja työtätekevien sitoutumisen suunnitelmaan. Hankkeessa oli perehdytyksen yhteydessä oma huomattavasti normaalia kattavampi osio myös kosteudenhallinnasta. Laaja tiedotus ja puhuminen kosteudenhallinnan merkityksestä, antaa tiedon työntekijöille sen tärkeydestä ja näin sitouttaa heitä siihen. Tällä tavalla Wood Cityn hankkeessa pystyttiin välttämään yleinen työmailla tapahtuva virhe eli väärät asenteet. Jos työntekijät eivät koe kosteudenhallinnan koskevan omaa työtä, ei siihen panosteta. Kaikille pitää tehdä selväksi, että kosteudenhallinta on jokaisen tehtävä ja jokaisen velvollisuus, jotta siitä on mahdollisuus selvitä hyvin. Näin kosteudenhallinnan toimenpiteisiin tulisi soveltaa samoja periaatteita kuin työturvallisuuteenkin.

### 3.6 Haastatteluiden yhteenveto

Vaikka haastattelut pidettiin kolmesta eri näkökulmasta, nousi sieltä tiettyjä aiheita, mistä useampi haastateltava mainitsi. Näitä aiheita olivat esimerkiksi stabiilien olosuhteiden pitäminen sääsuojan sisällä, kipsivalulattiat, itse sääsuojan sisällä rakentaminen ja materiaalien suojaus muutenkin.

Muita mainittavia nostoja haastatteluista mielestäni ovat Pusilan mainitsemat työntekijöiden asenteet eli miten työntekijät saadaan sitoutumaan kosteudenhallintaan, Haapasalmen mainitsema puun kosteuseläminen, monimuotoinen vesikatto sekä eri materiaalien erilaisten reunaehto- jen huomioiminen ja Suomalaisen mainitsema logistiikan onnistuminen niin, että hirret puretaan suojusta sääsuojan sisällä vasta juuri ennen asennusta.

Haastattelut antoivat hyvin tukea jo teorialutkimuksessa ilmi tulleista asioista. Jokaisesta haastattelusta sai hyvin keskustelua aikaan ja myös uusia pointteja esille, mitä vielä teorialutkimuksessa ei ollut tullut ilmi. Etenkin haastattelut antoivat konkreettisia kosteudenhallinnan toimintamenetelmiä, riskejä sekä niiden laiminlyömisestä aiheutuvia seuraamuksia.

#### **4 Puupainotteisen hybridirungon kosteudenhallinnan riskit ja hallinta**

Tässä luvussa esitetyt puu- ja hybridirunkoa koskevat kosteudenhallinnan riskikohdat ovat luvussa kaksi käydyn teorialutkimuksen ja luvussa kolme esimerkkikohteen pohjalta tehdyn haastattelututkimuksen perusteelta kerättyjä kosteudenhallinnan mahdollisia riskitekijöitä. Puurakentamista sekä kosteusteknisesti erilaisten materiaalien yhdistämistä koskevia kosteudenhallinnallisia riskikohteita ovat esimerkiksi:

- Työntekijöiden asenteet
- Monimuotoinen vesikatto – hankalat liitoskohdat
- Kosteuden siirtyminen rakenteisiin ja rakenteista eri tavoin
- Rakenteiden kastumista ja kuivumisesta aiheutuvat riskitekijät
- Vedenohjaus sekä työmaa-aikainen vesitys
- Olosuhteet sääsuojan sisällä – ilmanvaihto, lämpötila, kosteus
- Varastointi ja suojaus

- Työmaan seuranta ja dokumentointi
- Vierekkäisien materiaalien toisistaan poikkeavat kosteusominaisuudet
- Talven aiheuttamat riskitekijät
- Logistiikka
- Puun kosteus eläminen

#### 4.1 Kosteuden siirtyminen

Kosteutta siirtyy rakenteisiin ja niistä pois eri keinoin, mikä aiheuttaa kosteudenhallinnallisia riskikohtia. Kosteuden siirtymisestä johtuvia riskejä ovat esimerkiksi lattiavaluista haihtuva kosteus, perustuksista kapillaarisesti nouseva kosteus, kosteuden painovoimainen siirtyminen esimerkiksi sateista ja kerrosten välisistä valumista johtuen sekä puu ja betoni seinäliitosten välinen kapillaarinen veden siirtyminen.

Noin 50 prosenttia lattiavalun kosteudesta haihtuu ympäröivään ilmaan ja jos sen ulospääsyyn rakennuksesta ei varauduta ennakkoon se saattaa päästä imeytymään seinärakenteisiin ja aiheuttaa näin kosteusriskipaikan.

Lattiavaluista haihtuvasta kosteudesta johtuvaa kosteusriskiä voidaan hallita varmistamalla oikeat olosuhteet siihen, että kosteus pääsee siirtymään rakennuksesta ulos, eikä tiivisty seiniin. Tärkeänä osana riskinhallintaa on selvittää etukäteen tietoon pahimmat riskikohdat eli ne seinät, mihin etenkin kosteus saattaa tiivistyä ja seurata näitä kohtia kosteusmittauksin. Etukäteen tulee myös miettiä jokaisen oven kohdalta, miten sen sulkeminen tai avaaminen vaikuttaa kosteuden siirtymiseen ulos rakennuksesta. Haihtumisesta johtuvan veden pois pääsyä rakennuksesta tulee myös tehostaa ilmankierrättäjillä ja kosteudenpoistajilla, joita voidaan ripustaa esimerkiksi ylempään välipohjaan. Viimeinen mainittava asia on, että ennen lattiavaluja tulee ennalta varmistaa,



että ilman suhteellinen kosteus on riittävän matala, jotta lattiavalusta haihtuva kosteus mahtuu siihen ja pääsee näin ilman mukana ulos rakennuksesta. Yksi keino hallita kosteuden mahtumista ilmaan, on puhaltaa sisälle alhaalta kuivaa ilmaa ja ylhäältä päästää se ulos. Lattiavaluissa voisi myös pyrkiä ottamaan avuksi lattialämmityksen.

Toinen kosteuden siirtymisestä johtuva riski on maaperästä perustuksiin ja perustuksista vielä eteenpäin kapillaarisesti nouseva kosteus. Jos kapillaarista kosteuden siirtymistä ei estetä mitenkään, on tiedossa varma kosteusriskipaikka.

Tämän kosteusriskin hallinta lähtee siitä, ettei puuta ikinä upoteta suoraan maaperään, vaan alle tehdään riittävän korkuiset betoni- tai kivirakenteiset sokkelit. Perustukissa oleva betoni on aina märkää, joten betonin ja puun väliin tulee laittaa bitumikaistale estämään kosteuden kapillaarinen nouseminen vielä puupintaan. Alapuolella kuvassa 14 näkyy, miten Monion työmaalla on tehty betonisokkeli ennen hirsiasennuksia.



Kuva 14. Betonisokkeli hirsiseinän alla

Kosteus siirtyy kapillaarisesti myös sivusuunnassa ja näin aiheuttaa kosteusriskikohdan myös kaikissa puun ja betonin välisissä liittymäkohdissa muutenkin. Keino hallita tätä riskiä, on laittaa bitumikaistale myös näidenkin väliin.

Kolmas merkittävä riski on kosteuden painovoimaisesta siirtymisestä aiheutuva kosteudenhallinnan riski, esimerkiksi sateet. Vesi kulkeutuu sateen mukana alaspäin painovoiman vaikutuksesta ja jos veden poisjohtaminen rakenteista on puutteellinen tai rakenteen ulkopinnat eivät ole vesitiiviitä, voi vesi päästä kulkeutumaan rakenteiden sisään painovoimaisesti ja aiheuttaa näin kosteusvaurioriskin.

Sateista aiheutuva riskinhallinta lähtee siitä, että rakennetaan sääsuojan alla siihen asti, että rakennuksen vaippa on ummessa. Ennen kuin sääsuoja

avataan, tulisi varmistaa, että vaipan ulkopuoli on kauttaaltaan valmis. Erityises-  
Erityisesti ikkunoiden alapuolella olevien vesipellityksien tulisi olla valmiit ja  
räystäskourujen paikallaan, jotta sadevesi myös ohjautuu pois päin  
rakennuksen seinistä.

## 4.2 Kastuminen ja kuivaminen

Rakennusmateriaalien kastuminen on aina kosteudenhallinnalle riski ja turhaa  
kastumista tulisikin välttää kaikin mahdollisin keinoin. Osa  
rakennusmateriaaleista menee heti kastuessaan pilalle esimerkiksi kipsilevyt,  
kun taas osa materiaaleista kestää kastumista paremmin.

Puulle kastumisesta aiheutuu vaurioitumisriskejä, jos sen kosteus pysyy pitkän  
aikaa yli 20 prosentissa ja se alkaa esimerkiksi helposti homehtua jo  
muutamassa kuukaudessa, jos sen ympärillä olevan ilman kosteus pysyy yli 80  
prosentissa ja lahoamaan, kun suhteellinen kosteus ylittää 90 prosentin, nämä  
vaativat tietysti myös otollisen ilman lämpötilan. Puu myös turpoaa kastuessa.

Hirren nopea ja suuri kosteusvaihtelu aiheuttaa riskejä poikkileikkausmittojen  
muutoksista. Ja liiallinen rakennusaikainen kosteus aiheuttaa hirteen  
esimerkiksi turpoamista, pilkkuuntumista, sinistymistä ja tummentumia.

Työmaalle saapuvien rakennusmateriaalien kastumista pystytään vähentämään  
edellyttämällä toimittajilta suojausta kuljetuksen ajaksi, noudattamalla  
valmistajan antamia ohjeita varastoinnin suhteen, pyrkimällä oikea-aikaisiin  
toimituksiin, suunnittelemalla ajoissa varastointialuepaikat, käyttämällä  
sääsuojia keskeneräisten rakenteiden suojaamisessa sekä suunnittelemalla  
työsuoritus aina ennalta huolellisesti ja toteuttamalla se pienissä osissa niin,  
että keskeneräiset rakenteet keritään suojaamaan vielä saman työvuoron  
päätteeksi.

Vesivahinkoja, esimerkiksi patteriverkoston vuotoa, vesiletkun katkeamista tai  
vesisäiliön kaatumista voidaan ennalta ehkäistä valistamalla työmaalla  
työskentelevät veden ”vaarallisuudesta”, jotta kaikki osaltaan huolehtisi, ettei

oman työsuorituksen seurauksena rakenteisiin pääse ylimääräistä kosteutta, varmistamalla painevesiverkoston liitokset ennen verkoston ja sulkemalla työmaan käyttövesijohdot yöksi. Työmaalla tulee myös olla nopeasti saatavilla vesi-imureita vesivahingon sattuessa, jotta rakenteet saadaan mahdollisimman nopeasti kuiviksi. Myös letkujen käytön kieltäminen työmaalla pienentää riskejä huomattavasti.

Jos vettä pääsee sisään, tulee kaikki pintarakenteet avata eristeisiin asti, jonka jälkeen rakenteelle tehdään kosteusmittaus. Kosteusmittauksen perusteella hoidetaan mahdolliset kuivaamiset sitten.

Myös materiaalien kuivumisesta aiheutuu riskejä. Kuivamistarve saattaa aiheuttaa aikatauluviiveitä, rakenteille epähaluttuja muodonmuutoksia ja lisäksi rakenteiden kuivumisessa tulee myös huomioida viereiset rakenteet, esimerkiksi puu halkeaa liian aggressiivisesta kuivaamisesta.

Kuivumisen apuna tulee käyttää kuivumisaika-arvioita. Lisäksi kuivatettava paikka tulee osastoida niin, ettei siitä haihtuva kosteus pääse siirtymään viereisiin tiloihin. Tilasta on myös varmistettava, ettei siellä ole kylmiä pintoja, mihin kosteus pääsisi kondensoitumaan. Jos kuivaamiseen liittyy lunta tai jäätä, tulee ne poistaa aina mekaanisesti, eikä sulattamalla.

Puun kuivumishalkeilusta johtuva riskinhallinta on laaja prosessi, joka pitää jo ennalta miettiä suunnitteluvaiheessa. Puurakenteiden kuivaaminen täytyy järjestää mahdollisimman hitaasti. Liian nopeaa kuivumista pystytään hidastamaan esimerkiksi poistamalla kuljetuksessa käytössä olleet materiaalien muovisuojaukset asteittain, eikä kaikkia kerralla. Puuta kuivatessa tulee kiinnittää paljon huomiota ympäröivän ilman suhteelliseen kosteuspitoisuuteen, eikä sitä saa laskea liian alhaiseksi, ettei olosuhde-ero puun ja ympäröivän ilman välillä kasva liian suureksi ja tämän vuoksi puu pääse muuttamaan muotoaan. Riskin hallitsemiseksi kuivamisolosuhteita tulee seurata tarkasti kosteusmittausten avulla ja kuivumisen apuna voidaan vuodenaikasta riippuen käyttää myös ilman kuivattamia tai tuuletusta. Puurakenteiden kuivumiselle on varattava paljon aikaa halkeilun riskin minimoitavaksi.

### 4.3 Olosuhteet sääsuojan sisällä

Sääsuojan sisällä oleva suhteellinen ilmankosteus on isossa roolissa kosteudenhallinnan suhteen. Puu materiaalina on herkkä olosuhdemuutoksille ja muuttaa helposti muotoaan ympäröivän ilman suurissa suhteellisen ilman kosteuden vaihteluissa. Myös ilman kosteuden ollessa liian lähellä kastepistettä, lämpötilavaihtelut aiheuttavat kosteudenhallinnan riskejä, kun kosteus kondensoituu pisaroina rakenteiden pintaan, koska rakenne ei lämpene ilman kanssa yhtä nopeasti. Tästä saattaa koitua kosteusriski esimerkiksi, jos hirren yläpinta on kondensoitumisen vuoksi märkä ja seuraava hirsi asennetaan päälle, jolloin pinta ei enää pääse kuivumaan. Myös jos sääsuojateltan alla seisoo jotain tavaraa ilman erillistä suojaa, aiheutuu kondensoitumisesta niille vaurioitumisen riski.

Suhteellisen ilmankosteuden ja lämpötilojen lisäksi erikseen mainittava tärkeä olosuhde tekijä on riittävä ilmanvaihto. Riittämätön ilmanvaihto aiheuttaa paljon kosteudenhallinnan riskejä ja esimerkiksi lattiavalun aikaan, jos ilmanvaihto ei ole tarpeeksi hyvä, saattaa valusta tiivistyä haihtuva kosteus seinärakenteisiin. Muutenkin puurakenteissa rakenneratkaisujen tulee olla kunnolla tuulettuvia, koska ilmassa on aina kosteutta ja näin ollen puurakenteilla on aina tarve päästä vähän kuivumaan. Jos tuuletus on puutteellinen niin riskiksi koituu keväällä ja syksyllä otolliset olosuhteet homekasvustolle.

Hirteen nopea ja suuri kosteusvaihtelu aiheuttaa poikkileikkausmitta muutoksia, mikä aiheuttaa riskin hirren turpoamis-kutistumisilmiölle, jonka tapahtuessa epätasaisesti syntyy suuria jännityksiä hirren sisällä, mikä saattaa aiheuttaa hirren halkeamisen. Kosteusvaihteluista johtuen hirret eivät myöskään pääse asettumaan tiivistä toisiaan vasten, mikä voi aiheuttaa painumia hirsiseiniin kosteuden kuivuesssa.

Kosteuden kondensoitumista rakenteiden pintaan voidaan ehkäistä pitämällä rakennuksen runko ja ympärys niin tasalämpöisenä kuin mahdollista. Suomen talviolosuhteissa tämä tarkoittaa väistämättä lämmittämistä erillisillä lämmittimillä. Ennen lämmittämistä varmistettava, että sääsuojankin sisällä

kaikki tehdassuojista avatut materiaalit suojataan päivän päätteeksi esimerkiksi pressulla kondensaatiovedeltä.

Jotta puurakenteiden kanssa välttyttäisiin olosuhdevaihteluista johtuvista muodonmuutos riskeiltä, tulisi olosuhteiden pysyä melko stabiilina koko ajan. Hyvä olosuhde olisi 20 celsiusasteen lämpötila ja 60 prosentin suhteellinen ilmankosteus. Tällöin puu pysyy kosteuspitoisuudessaan, missä työmaalle saapuukin, eikä se pääse kostumaan. Lattiavaluissa otollinen ilman suhteellinen kosteus on 50 prosenttia, koska tällöin muutos on niin pieni, ettei puu kärsi olosuhteen vaihteluista.

Hitaasti syntyvät mikrobivauriot puurakenteissa johtuvat yleensä yksinkertaisuudessaan kastumisesta taikka liian hitaasta kuivumisesta. Joten myös tämän riskinhallitsemisen kannalta ilman suhteellisen kosteuden olisi hyvä pysyä 60 prosentissa ja työmaalla tulisi varmistaa, ettei ilman suhteellinen kosteus pääse liian korkeaksi ja että kaikki liitoskohdat ovat kuivia, jotta kosteus ei jää liitosten väliin muhimaan.

Olosuhteiden hallintaa tulee seurata säännöllisesti kosteusmittausten avulla ja olosuhteiden stabiilina pysymisen apuna voidaan käyttää erillisiä lämmittämiä, ilmankuivaimia sekä puhaltimia.

#### 4.4 Kosteusteknisesti erilaiset materiaalit

Kosteusteknisesti hyvin erilaisien reunaehto- omaavien materiaalien yhdistäminen, esimerkiksi puu ja betoni, aiheuttaa kosteudenhallinnan riskejä eri tavoin. Lähtökohtaisesti betoni on märkää ja puu kuivaa työmaalle saapuessa. Liitoskohdissa on riskinä, että betonista pääsee siirtymään kosteutta puuhun, jolloin puu kostuu. Toinen riski aiheutuu kuivaamisesta. Puhtaassa betonirungossa kuivatus aloitetaan normaalisti hyvinkin aggressiivisesti vesikaton valmistuessa ja lämpöjen laitattaessa päälle. Puun kuivattaminen liian nopeasti sen sijaa aiheuttaa siihen helposti halkeilua, eikä sitä näin ollen saa liian aggressiivisesti kuivata. Myös lattiavalut puuseinien

vieressä aiheuttavat puun kastumisen riskin, jos valusta haihtuva kosteus pääsee imeytymään puuhun.

Puu- ja betonielementtien käsittely samalla työmaalla vaatii erityistä suunnittelua. Puun ja betonin liitoskohtiin on hyvä laittaa bitumikaistale estämään kosteuden siirtymisen betonista puuhun. Betonia ja lattiavaluja ei saa kuivaa liian aggressiivisesti lämmöllä, ettei puu halkea. Kuivaamisen tulee tapahtua hitaammin ja apuna on hyvä käyttää kosteudenpoistajia, ettei esimerkiksi betonista haihtuva suuri vesimäärä pääse tiivistymään puuelementtien pintaan. Kuvassa 15. on kuvattu Monion työmaalta puun ja betonin yhdistyminen rungossa.

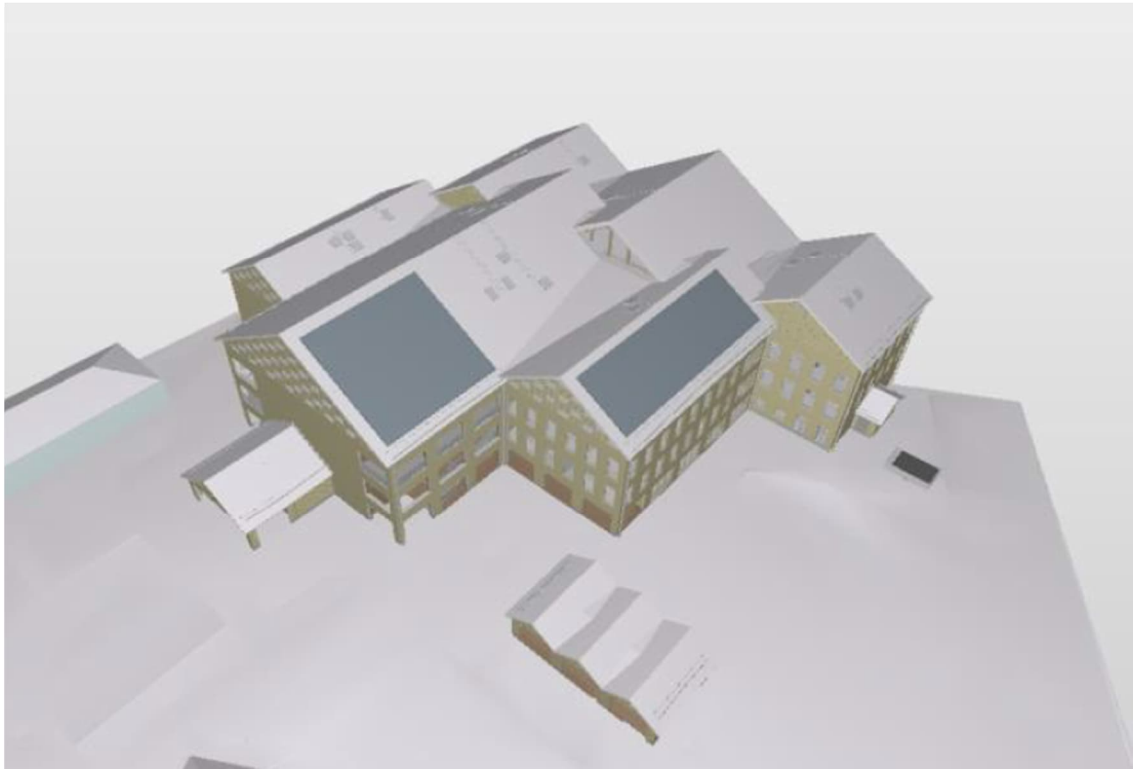


Kuva 15. Puun ja betonin välinen seinäliitos

#### 4.5 Monimuotoinen vesikatto ja puuseinä rakenteet

Monion monimuotoinen vesikatto voidaan laskea myös omaksi kosteudenhallinnan riskikohdaksi. Monimuotoisessa katossa on paljon liittymiä, jotka saattavat olla haastavia tehdä vedenpitäviksi, koska rakennesuunnittelija ei pysty ottamaan ennalta kantaa kaikkiin kolmiulotteisiin nurkkakohtiin, jolloin osa tulee esiin vasta rakentamisvaiheessa. Alapuolella kuvassa 16 on tietomallista otettu kuvakaappaus Monion monimuotoisesta vesikatosta.





Kuva 16. Monion monimuotoinen vesikatto.

Yleisesti puurakenteisten kattojen kosteudenhallinnan riskejä hallitaan tekemällä niihin selvät kaadot ja ulkopuolinen vedenpoisto. Myös yläpohjan tuulettavuuteen tulee kiinnittää huomiota ja varmistaa, että tuuletusraot ovat varmasti riittävän suuret. Haastavien detelji kohtien ilmetessä tulee ne heti tuoda suunnittelijoiden tietoon, jotta ratkaisuja päästään tekemään nopeasti.

Vaikka hirsiseinät ovat usein kosteusteknisesti hyvin toimivia, on niissä myös kosteudelle alttiita riskikohtia. Suurimpia riskikohtia ovat hirsien painaumat, päät, sekä sisäpuolinen lämmöneristys. Ongelmana sisäpuolisessa lämmöneristeessä ovat syntyvät otolliset olosuhteet kosteuden kondensoitumiselle hirsirakenteen ja lämmöneristeen rajapinnassa. Tämä tila ei pääse luonnollisesti hengittämään ja täten on hyvä paikka kosteusvaurion syntymiselle.

Kosteusvaurioiden kannalta puurunkoisissa ulkoseinärakenteissa kriittisiä kohtia ovat seinärakenteen puutteellinen tuuletus, ikkunoiden ja läpivientien

tiivistyksset, kylmäsilat, huonosti asennetut lämmöneristeet ja kapillaarikatkon puuttuminen seinärakenteen ja perusmuurin liitoksesta.

Seinärakenteisiin kosteudenhallinnan riskitekijöitä voidaan hallita etenkin suunnittelemalla teknisesti toimiva sadevesitiiveys. Etenkin kaikki liitos- ja läpivientikohdat ovat riskipaikkoja ja kaikki sateelle alttiit liitokset tulee tehdä niin, että ne ovat kaltevia ulospäin. Parhaiten julkisivu suojataan viistosateelta asentamalla räystäät. Huomiota pitää myös kiinnittää ulkoverhouksen takana olevaan tuuletukseen. Vesi saattaa päästä kovassa tuulessa seinää ylöspäin nousemaan ulkoverhouksen läpi, jolloin sen pitää päästä kuivumaan, eli ulkoverhouksen takana on oltava toimiva tuuletus.

#### 4.6 Asenteet

Yhtenä kosteudenhallinnan riskinä voidaan pitää yleistä asennetta kosteudenhallintaa kohtaan. Jos yksikin työmaalla työskentelevä henkilö ajattelee, ettei kosteudenhallinta koskisi häntä ja hänen työvaihettaan, on kosteusriski olemassa. Riskin ilmeneminen käytännössä saattaisi tapahtua esimerkiksi tilanteessa, missä työntekijä havaitsee jonkun rakenteen kastumisen, mutta ei raportoi asiasta eteenpäin, koska se ei vaikuta omaan työvaiheeseen. Välinpitämättömyys on aina kosteudenhallinnan riski.

Keinoja parantaa työmaalla työskentelevien tietoja ja asenteita kosteudenhallinnan suhteen ovat esimerkiksi järjestää työmaalle perehdytyksen yhteydessä oma kattava osio kosteudenhallinnasta. Perehdytyksessä tulisi ainakin ilmetä millaisia haittoja vesivahinko voi aiheuttaa rakennukseen sekä miten toimia ja kenelle ilmoittaa sellaisen havaitessa. Toinen keino on osallistuttaa aliurakoitsijat mukaan velvoittamalla heitä kosteudenhallintasuunnitelma omasta työvaiheesta. Kun itse joutuu miettimään työvaiheen kosteudenhallinnan riskitekijät ja niiden hallinnan, tulee automaattisesti paneuduttua asiaan enemmän. Hyvän kosteudenhallinnan tulisi olla kaikkien työmaalla työskentelevien yhteinen päämäärä.

#### 4.7 Logistiikka ja aikatauluviivästyksset

Kosteudenhallinnalliseksi riskiksi voidaan myös nimetä huono logistiikka sekä aikatauluviivästyksset. Mitä pidempään puutavaraa joudutaan varastoimaan ja suojaamaan työmaalla, sitä suuremmaksi kastumisen riski kasvaa. Myös erilaiset aikatauluviivästyksset materiaalin toimittamisessa tai asennuksissa lisäävät kosteudenhallintaan riskejä, kun rakenteet ovat näin pidempään alttiita kosteudelle.

Logistiikka tulisi olla suunniteltu ennalta niin, ettei ylimääräistä tavaraa jouduta säilömään työmaalla ja, ettei tavarantoimittajia tarvitsisi turhaan avata. Tähän apuna on ottaa tavarantoimittajat mukaan jo suunnittelupalaveriin, näin materiaalien oikeassa järjestyksessä pakkaaminen ja oikeaan aikaan työmaalle saapuminen varmistuu. Rakentamisen aikatauluviivästyksistä ja huonosta logistiikasta johtuviin kosteudenhallinnan riskeihin voidaan esimerkiksi toimitusten suhteen valmistautua määrittelemällä etukäteen lyhytaikainen viivästyminen ja pitkäaikainen viivästyminen.

Esimerkkinä hirsiasennukset, missä on erittäin tärkeää, että etenkin hirren yläpinta pysyy kuivana, kun seuraava hirsi asennetaan päälle, koska tämän jälkeen tiiviinä liitoksena se ei enää pääse kuivamaan. Hirsitoimituksista tulisikin ennalta siis määritellä minkä verran toimitukset saavat myöhästyä ennen radikaaleja toimenpiteitä. Myös jos esimerkiksi asennus viivästyy toisesta työvaiheesta johtuvasta syystä tai logistiikka ei pelaa ja materiaalia tulee työmaalle liian aikaisin ja näin ollen materiaaleja joudutaan seisottamaan työmaalla kauan aikaa, tulee etukäteen suunnitella varastointipaikat ja menetelmät niin, ettei tavara missään olosuhteissa pääse kastumaan.

#### 4.8 Työmaa-aikainen vesitys

Yksi kosteusriskikohta on myös työmaan vesitys. Vesipisteitä käyttäessä roiskuu aina vettä. Jos veden roiskuminen ei ole hallittua ja vettä pääsee esimerkiksi roiskumaan puuseinille, on kosteusvaurion riski olemassa.

Vesipisteen alapuolella olevat rakenteet ovat myös kosteusriskipaikka, jos eivät pääse tuulettumaan riittävästi.

Vesipisteistä aiheutuvia kosteusriskikohtia voidaan hallita suunnittelemalla vesipisteet niin, etteivät ne pääse mitenkään roiskimaan seinille tai valumaan vesipisteiden alapuolisille rakenteille. Kaikkien vesipisteiden hanojen alapuolella tulee olla sijoitettuna valuma-altaat, joita tyhjennetään säännöllisesti. Nämä estävät veden vuotamisesta aiheutuvan riskin alapuoliselle rakenteelle. Vuotoriskien hallintaan kuuluu myös joka päivän päätteeksi hanojen sulku. Ympärillä olevia seiniä voidaan suojata tekemällä vesipisteen ympärille kaukalo. Esimerkkinä hallitun työmaa-aikaisen vesityksen järjestämisestä voitaisiin se vesipiste tehdä halkaistulla tynnyrillä, joka asetetaan kuormalavan päälle. Tämä toimisi samaan aikaan altaana, että kaukalona mikä estäisi roiskevesien pääsyn seinäpinnoille. Lisäksi vesipisteen alla olisi jatkuva tuuletus, kun se on sijoitettuna lavan päälle.

Toinen keino hallita vesipisteistä aiheutuvia riskejä on mahdollisuuden salliessa sijoittaa ne pois puupintojen lähetyviltä. Monio- hankkeessa vesipisteet esimerkiksi tullaan asentamaan betonisiin porrashuoneisiin. Letkujen käyttö tulee kieltää ja vettä saa vain porrashuoneiden vesipisteiltä. Lisäksi tulisi pyrkiä välttämään vettä vaativia työvaiheita, jos ne ovat ilmankin vettä tehtävissä.

#### 4.9 Suojaus ja varastointi

Suojaukseen ja varastointiin liittyy monenlaisia kosteudenhallinnallisia riskejä. Materiaalit on suojattava työmaalla sade- ja valumavesiltä, rakennekosteudelta sekä vesivahingoilta. Jos suojaus on puutteellinen ja materiaali sen alla pääsee kastumaan, syntyy kosteusvaurion riski. Kuitenkin myös liian aikaisella suojaamisella, esimerkiksi lattiavalujen kohdalla, voidaan aiheuttaa kosteudenhallinnanriski, kun märkä valu ei pääse tiiviin suojan alla kuivamaan.

Materiaalien suojaamiseen liittyviä kosteudenhallinnan riskejä hallitaan edellyttämällä jo materiaalitoimittajilta, että tavara saapuu työmaalle oikein

suojattuna. Tärkeää on pitää materiaalin mukana tulleet sääsuoijat ehjinä ja poistaa ne vasta asennusten alkaessa. Tavarán saapuessa työmaalle tulee siitä tarkistaa kosteuspitoisuus, materiaalin kunto sekä sääsuojuuksen kunto. Työmaalla on oltava sääsuoja säilytettävälle rakennusmateriaaleille ja tarvikkeille ja muutenkin työmaan tulee varata ennalta riittävä määrä sääsuoja saapuville materiaaleille. Keskenäiset rakenteet tulisi suojata myös aina varalta päivän päätteeksi. Tässä tulee myös huomioida, ettei pelkkä sääsuojuateltan alla varastoiminen riitä suojaksi, koska talvikeleillä teltta kondensoi vettä herkästi.

Sääsuojuateltan kohdalla tulee varmistaa, että se kestää siihen tulevat rasitukset esimerkiksi lumikuormat. Suojauksen kuntoa tulee tarkistaa säännöllisesti ja puutteita havaitessa tulee ne hoitaa heti kuntoon. Tärkeä asia on myös suunnitella vedenohjaus niin, että vesi ohjautuu hallitusti sääsuojuan ulkopuolelle. Sääsuojuja ei tulisi purkaa ennen kuin rakennuksen vaippa on ummessa ja ikkunoiden alapuoliset vesipellitykset ovat valmiit ja räystäskourut paikallaan, jotta sadevesi ohjautuu pois päin rakennuksen seinistä. Seuraavalla sivulla kuvassa 17 kuvattuna Monion sääsuojuateltta ensimmäisten kolmen lohkon osalta.



Kuva 17. Monion työmaa sääsuojan alla

Materiaalien varastoiminen työmaalla etenkin pitkän aikaa aiheuttaa myös lisämahdollisuuden kosteusriskin syntymiseen. Mitä pidemmän ajan materiaalia varastoidaan työmaalla, sitä pidempää se on alttiina kosteudelle ja hyvän suojaamisen tärkeys korostuu. Varastoimisesta syntyvän kosteudenhallinnan riskiä hallitaan vaatimalla toimittajilta oikea-aikaista toimitusta. Etukäteen suunnitellaan toimitusajat niin, että saapuva materiaali päästään asentamaan paikalleen mahdollisimman nopeasti, jolloin varastointi aika lyhenee. Myös perjantai toimituksia tulisi pyrkiä välttämään, että työmaalla varmasti keretään järjestämään asianmukaiset varastointipaikat materiaalille aikataulun



viivästyessäkin. Jos materiaalia joudutaan työmaalla varastoimaan, tulee huomioida materiaalivalmistajien ohjeet sekä pitää huoli, ettei varastoitu materiaali ole koskaan maa- tai lattiakosketuksessa, eikä kiinni holvissa. Tavaransaapuaessa työmaalle olisi varastointipaikan myös hyvä olla jo valmiiksi katsottuna sääsuojan sisällä. Tällöin vältetään materiaalin turhalta seisottamiselta taivaan alla. Kaiken kaikkiaan varastoinnin tulee olla suunniteltu hyvin ja seurata sen toteutusta aktiivisesti. Alla kuvassa 18 malli Monion työmaalta, miten materiaali tulee pitää tehdassuojissa irti maasta varastoituna.



Kuva 18. Ikkunat varastoituna Monion työmaalla irti maasta tehdassuojissa

Lattiavaluja suojatessa kosteusriski syntyy, jos valu ei ole kuiva, kun se suojataan. Liian aikaisen suojaamisen riskiä hallitaan varmistamalla kosteusmittauksin valun olevan riittävän kuiva ennen sen suojaamista.

#### 4.10 Kosteudenhallinnan seuranta ja raportointi

Yksi mittaava kosteudenhallinnan riski on sen puutteelliseksi jäävä seuranta ja tiedottaminen esimerkiksi kiireen vuoksi. Jos kosteudenhallintaa ei seurata päivittäin, pääsee syntymään tilanteita, mitkä pahimmassa tapauksessa johtavat kosteusriskiin.

Jokaisella työmaalla työskentelevällä on vastuu huolehtia kosteudenhallinnasta. Kuitenkin usein työmaalla on kiire ja kaikkia huomioita ei välttämättä ehditä havaitsemaan. Jotta seuranta olisi riittävää, tulisi työmaalle nimetä työmaan kosteusvastaava, joka huolehtii, että kaikki työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetyt asiat toteutuvat. Kosteusvastaavan tulisi käydä työmaa kerran päivässä läpi ja dokumentoida tarvittaessa. Työmaan viikkopalaveriinhin voi lisätä oman osion kosteudenhallinnasta, jotta kaikki ovat varmasti tietoisia sen hetkisistä tilanteista. Kosteudenhallinnan seuraamisen apuvälineinä voi käyttää kuivaketju 10 listaa, tervetalo asiakirjaa sekä kosteudenhallintasuunnitelmaa. Lisäksi apuvälineinä on erilaisia mittausvälineitä kuten loggereita, joita seurata. Parhaimpaan tulokseen päästään, kun keskustelu on avointa hankkeen jokaiseen osapuoleen.



## 5 Johtopäätökset

### 5.1 Puu- ja hybridirungon kosteudenhallinta

Puu materiaalina on erittäin altis kosteudelle ja siitä syntyville erilaisille vaurioille. Tämän vuoksi puurakennustyömailla kosteudenhallintaan on kiinnitettävä vielä normaalia enemmän huomiota. Jokaisen työmaalla työskentelevän henkilön täytyy tietää puusta vähintään sen olevan todella altis kosteudelle ja, että vakavina seurauksina laiminlyömisestä voi riskinä olla jopa mikrobi- ja homekasvustoa.

Mielestäni pääasia työmaan kosteudenhallinnassa on pyrkiä sen kuivana pitoon. Kuivan rakentamisen periaatteessa rakenteiden ei anneta missään vaiheessa kastua ja rakentamiseen käytettävät materiaalit suojataan kastumiselta jo tehtaalla ja pidetään suojattuna vaipan ummistukseen asti. Kuivaan rakentamiseen kuuluu myös rakenteiden pitäminen suunnitellussa lämpötilassa ja ilmankosteudessa asentamisen jälkeen. Hyviä arvoja tähän ovat lämpötila 20 celsiusastetta ja suhteellinen ilmankosteus 60 prosenttia.

Hybridirunkoratkaisussa tulee huomioida materiaalien erilainen kosteudensietokyky, olosuhdetavoitteet ja niiden seuranta. Mielestäni betonin ja puun liitoskohdissa ei ole mitään kosteusteknistä ongelmaa, kunhan kosteuden siirtyminen betonista puuhun estetään, esimerkiksi bitumikaistaleella. Valuissa tulee huolehtia riittävä ilman kierto, tarpeeksi alhainen ilman suhteellinen kosteus ja mahdollisesti ripustaa kosteudenpoistajia, näin estetään valusta haihtuvan kosteuden tiivistyminen hirsiseinille. Myös lämmittämisen kohdalla tulee muistaa materiaalien toisistaan poikkeavat reunaehdot, eikä näin puun läheisyydessä saa lämmittää liian aggressiivisesti. Hyvällä suunnittelulla ja tietotaidolla hybridirunkoratkaisuista saadaan hyvin toimivia. Alapuolella kuvassa 19 Monion työmaalla hirren ja betonin liitoskohta rungossa.



Kuva 19. Hirren ja betonin liitos rungossa

Itse työmaan kosteudenhallinta onnistuu mielestäni parhaiten, kun kaikki työmaalla työskentelevät saadaan sitoutumaan yhdessä siihen, että työmaa pidetään kuivana mutta kuitenkin riskikohdat ovat etukäteen mahdollisimman hyvin tiedostettuja ja valmius on olemassa reagoida heti kastumisen sattuessa. Riskien etukäteen tiedostamiseen kuuluu myös tunnistaa liian riskialttiit suunnitelmat ja keksiä niihin uusia mahdollisia ratkaisuja. Esimerkiksi Tuusulan Monio työmaalla korvattiin deltapalkit wq- palkeilla, koska katsottiin deltapalkkien betonointi liian kosteusriskialttiiksi työvaiheeksi. Wq-palkkeja ei tarvitse betonoida päältä ja näin työmaalta saatiin poistettua jo yksi

kosteusriskialtis työvaihe. Tärkeä osa sujuvaa kosteudenhallintaa on myös pitää koko ajan avoin keskustelu kaikkien hankkeen eri osapuolten kesken, eli ei piilotella mitään.

## 5.2 Työmaan kosteudenhallinnan kehittämideoita

Työnjohtajilla on suuri merkitys työmaan kosteudenhallinnan johtamisessa ja toteutumisen varmistamisessa. Työnjohdon tulee tietää, miten materiaalit suojataan oikeaoppisesti ja miten toimitaan materiaalien kastuessa. Mielestäni myös yrityksellä on siis merkittävä rooli kosteudenhallinnan toteutumisen onnistumisessa ja työnjohdolle voisikin olla olemassa erillinen koulutus, miten kosteudenhallinta tulisi toteuttaa kosteuserhän puun kanssa työskennellessä, sillä tiedon lisääminen ja esille tuonti on erittäin tärkeää kosteusteknisesti toimivan rakentamisen edistämiseksi ja onnistumisessa. Kosteudenhallintaan perehtyneiden ja koulutettujen henkilöiden lisääminen ja heidän tietämyksensä jakaminen rakennushankkeessa on todella arvokasta.

Tärkeää on myös saada työntekijät sitoutumaan työmaan kuivana pitoon, joten työmaan perehdytykseen olisi hyvä lisätä oma kohta kosteudenhallinnasta, missä kerrotaan oikeat toimintatavat ja niiden laiminlyömisestä aiheutuvat seuraukset. Myös etenkin kosteusriskialttiiden työvaiheiden urakoitsijoilta voisi vaatia työvaiheen kosteudenhallintasuunnitelman, jotta voidaan varmistaa, että he ovat oikeasti tietoisia ja sitoutuneita työskentelemään oikein kosteuserhän puun ympärillä. Opinnäytetyön liitteeksi (liite1) on luotu Tuusulan Monio-kohteen työmaan perehdytykseen lyhyt lisäosa koskien kosteudenhallintaa.

Työmaalle olisi hyvä myös nimetä työnjohdosta yksi kosteusvastaava, joka kiertäisi säännöllisesti työmaan läpi ja laatisi siitä raportin. Kierroksella tulisi ainakin tarkistaa materiaalien suojien pitävyys ja irtovesien poisjohtaminen puurakenteista. Raportti voitaisiin käydä läpi työmaan viikkopalaverissa, jolloin kaikille varmasti tulisi tietoon sen hetken kosteudenhallinnan tilanne.

Lisäksi uusien riskianalyysien tekeminen koko ajan rakentamisen aikana edesauttaa kosteusteknisesti toimivan rakennuksen toteutuksessa.

Kosteudenhallintaa voitaisiin lisäksi tehostaa laatimalla työmaalle oma kosteusriskimittari, johon merkittäisiin kaikki hankkeen tunnistetut kosteusriskit ja niiden takana olevat syyt sekä seuraukset. Kosteusmittaria voitaisiin siten käyttää myös kosteusriskien vakavuuksien arvioinnissa ja riskeille voisi määrittää varautumistoimenpiteet.

Toinen mahdollinen tapa lisätä kosteudenhallinnan toimivuutta olisi ottaa käyttöön tarkistuslista, johon laadittaisiin kosteudenhallintasuunnitelman pohjalta lista tehtävistä, joiden tulee tapahtua kosteudenhallinnan toteutumiseksi, esimerkiksi Congrid- järjestelmässä on tällöinen mahdollisuus. Kosteusvastaava voisi viikoittain kiertää TR- kierroksen tapaisen kierroksen koskien ainoastaan kosteudenhallintaa. Tämä helpottaa eri vaiheiden toteutumisen valvomista, jolloin on todennäköisempää, ettei mikään kriittinen vaihe jää huomiotta.

## 6 Yhteenveto

Kosteudenhallinta on erittäin laaja käsite ja siitä on tehty vuosien varrella paljon erilaisia tutkimuksia. Kosteudenhallinta aloitetaan jo kauan ennen itse rakentamisen aloittamista ja nykyisin jo pelkän rakentamisluvan saamisen ehtona on usein erilaisten kosteudenhallinnan asiakirjojen ja ohjeiden käyttäminen. Koska kosteudenhallinta aiheena on niin laaja kokonaisuus, tässä opinnäytetyössä aihe rajattiin tutkimaan ainoastaan työmaa-aikaista runkovaiheen kosteudenhallintaa sekä lattiavalua. Tarkemmin vielä työssä tutkittiin työmaa-aikaista puupainotteisen hybridirunkoisen rakennuksen kosteudenhallinnan keinoja, reunaehtoja ja mahdollisia kosteusriskejä, kun materiaalit ovat kosteusteknisesti hyvin erilaisia. Erikseen käsiteltiin siis eri materiaalien kosteusteknisiä ominaisuuksia, kuivumista sekä kosteusmittauksia, jonka jälkeen pohdittiin, millaisia kosteusriskejä eri materiaalit aiheuttavat hybridirungossa ja miten näitä pystytään hallitsemaan samanaikaisesti rakennuksen rungossa.

Materiaalien kosteusteknisen ymmärtämisen lisäksi tärkeässä arvossa työmaan kosteudenhallinnan onnistumisessa on itse työmaan kosteudenhallinnan menetelmät ja toimintatavat. Työssä tutkittiin siis myös itse työmaalla tapahtuvaa kosteudenhallintaa ja sen helpottamiseen tarkoitettuja keinoja ja kehittämisideoita. Näitä ovat esimerkiksi kuivaketju 10, tervetalo-kriteeristön ja kosteudenhallintasuunnitelman käyttäminen apuna päivittäisessä työssä sekä kosteusvastaavan nimeäminen työmaalle.

Teoriatutkimuksen avuksi opinnäytetyöhön kerättiin tietoa pitämällä yhteensä neljä haastattelua kolmesta eri näkökulmasta, joita olivat tilaajan näkökulma, kosteustekninen näkökulma sekä kokemuspohjainen näkökulma.

Haastatteluissa käytettiin apuna Lujatalon urakoimaa Tuusulan Monio-hanketta, missä runkoon on sekoitettuna hirttä, liimapuuta, kerto-ripalaattaa, terästä sekä betonia. Lisäksi tutkittiin vielä kipsivalua, koska tämän työvaiheen toteuttaminen tuo kosteusteknistä lisähaastavuutta puurungon läheisyydessä. Haastattelut antoivat paljon tukea teoriatutkimukseen sekä lisäksi konkreettisia

ohjeita ja esimerkkejä kosteudenhallinnan hyvästä toteutumisesta, riskeistä ja laiminlyönnin seuraamuksista työmaalla. Teoria sekä haastattelututkimuksen pohjalta opinnäytetyöhön kerättiin runkovaiheen kosteusriskejä ja niiden hallintakeinoja sekä työmaalla tapahtuvan kosteudenhallinnan kehittämideoita.

Kosteusteknisesti hybridirungot tuovat omanlaista haastavuutta materiaalien erilaisten reunaehtojen vuoksi. Esimerkiksi betoni- ja puurungon kuivaaminen tapahtuu eri lailla. Betonia voidaan kuivata hyvinkin aggressiivisesti, kun taas puu ei kestä sellaista ja halkeaa. Kuitenkin hyvällä suunnittelulla ja eri materiaalien kosteusteknisten ominaisuuksien ymmärtämisellä myös hybridirungot ovat hyvin toimivia ratkaisua.

Itse puun kanssa rakentaessa korostuu erityisesti työmaan olosuhdehallinta. Koska puu hygroskooppisena materiaalina asettuu aina tasapainokosteuteen ympäröivän ilman kanssa eli sitoo ja luovuttaa kosteutta koko ajan ilman suhteellisen kosteuden vaihteluiden mukaan, on tärkeää pitää ympäröivä ilma mahdollisimman stabiilina. Puu muuttaa aina olomuotoaan kastuessaan ja kuivuessaan ja jos nämä muutokset pääsevät tapahtumaan liian nopeasti, puu halkeaa.

Lattiavalut tuovatkin siis erityisen kosteudenhallinnan riskin mahdollisuuden. Valusta haihtuu kosteutta ilmaan noin 50 prosenttia ja on pystyttävä varmistamaan, ettei haihtuva kosteus tiivisty puuseinien pinnoille. Riskin hallitsemiseksi on varmistettava, että ilman suhteellinen kosteus on tarpeeksi alhainen eli että kosteus mahtuu ilmaan ja sen jälkeen tämän ilman ohjaaminen ulos rakennuksesta. Hyvä ilman suhteellinen kosteus valuvaiheessa on 45-60 prosenttia ja tästä saadaankin myös työmaalle tavoitteeksi pitää ilman suhteellinen kosteus 60 prosentin hujakoilla koko ajan, jotta olosuhdemuutokset työmaalla pysyvät minimissä ja puu pääsee reagoimaan mahdollisimman vähän. Suomen olosuhteissa ilman suhteellisen kosteuden pitäminen koko ajan stabiilina on lähes mahdotonta ennen lämmittämisen aloittamista ja silloin tärkeimmässä roolissa onkin huolehtia, että ilma vaihtuu hyvin työmaalla.

Stabiilien olosuhteiden lisäksi opinnäytetyössä kerättiin kosteudenhallinnan riskien osalta tärkeiksi asioiksi huolehtia esimerkiksi materiaalien oikeaoppinen suojaus, logistiikan pelaaminen, vesityksen järjestäminen, kuivaaminen materiaalien reunaehdot huomioiden, kosteudenhallinnan riittävä seuranta sekä työntekijöiden sitouttaminen työmaan kuivana pitämiseen. Riittävällä tietotaidolla ja sitoutumisella näitäkin kaikkia edellä mainittuja riskejä pystytään hallitsemaan hyvin.

Itse kosteudenhallinta lähtee käyntiin työmaan kuivana pitämisen ajatuksesta. Koska tekemällä sattuu, on työmaalla kuitenkin erityisen tärkeää osata ennalta tiedostaa mahdolliset riskikohdat ja varautua niihin oikein resurssein. Monia kastumisen riskejä voidaan hallita jo järjestämällä työvaiheet niin, ettei vahinkoa pääse tapahtumaan. Esimerkiksi vesivahinkoriskien minimoimiseksi kannattaa mahdollisuuksien mukaan vesipisteet asettaa pois puupintojen lähetyviltä ja kieltää letkujen käyttäminen työmaalla. Myös, jos työmaalla havaitaan joku työvaihe liian kosteusriskialttiiksi, tulee siihen pyrkiä keksimään uusi vaihtoehtoinen toteutustapa. Typeriä riskejä ei kannata ottaa, koska puun kanssa rakentaessa pahimmillaan seurauksena on home- ja mikrobikasvustoa ja valmiiden seinäpintojen halkeamia.

Työntekijöiden työmaalle perehdytys on hyvä paikka tehdä kaikille työmaalla työskenteleville selväksi kosteudenhallinnan toimintatavat ja sitouttaa heidät noudattamaan niitä. Kosteudenhallinta on ennen kaikkea kaikkien yhteispeliä ja se ei voi ikinä onnistua täysin, jos kaikki työmaalla työskentelevät eivät asennoidu pitämään sitä tärkeänä. Myös avoin puhuminen kaikkien osapuolten kesken on tärkeässä roolissa, eikä kosteusriskipaikkoja tule peitellä.

Ennen kaikkea kosteudenhallinnan onnistumisen takaamiseksi ennalta suunnitellaan, yhdessä sitoudutaan, varmistetaan reagoimiseen resurssit, jos jotain käy ja avoimesti tuodaan kaikille esille, jos jotain on sattunut.

## 7 LÄHTEET

Ahveniston rakennuspalvelu Oy verkkosivut, <http://www.kipsivaluinfo.fi/>, luettu 24.10.2021

Airaksinen, M., Viitanen, H., Valjus, J., Pekkala, V., Laaksonen, E., Siikala, J., Siikanen, U., Seppälä, P. & Åström, G. 2011. RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Saarijärven Offset Oy. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen 2007/ Suomen betonitieto Oy

Betonitekniikan oppikirja 2018/Suomen betoniyhdistys 201

Huhtamäki, Henri. 2017. Rakennusaikaiset kosteudenhallinnan vaatimukset ja menetelmät. Mestarityö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Kerto-käsikirja, kosteuseläminen. 2015. Metsä Wood verkkosivut. [www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/Kerto-kasikirja-Kosteuselaminen.pdf](http://www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/Kerto-kasikirja-Kosteuselaminen.pdf), luettu 20.10.2021

Knauf.fi verkkosivut, <https://knauf.fi/ratkaisut/alapohja>, luettu 30.10.2021

Kontion esite

Koskenvesa, Anssi. Talvirakentaminen, Verkkodokumentti, Luettu 1.12.2021

Kosteudenhallinta.fi, verkkosivut, <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/mittaus/103-rakenteista-tehtaevaet-mittaukset>, luettu 24.10.2021



Kosteudenhallinta.fi, verkkosivut,

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/kosteudenhallintasuunnitelma>, luettu 1.11.2021

Kosteudenhallinta.fi, verkkosivut,

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/onnistuneen-kosteudenhallinnan-menettelytavat>, luettu 1.11.2021

Kosteudenhallinta.fi, verkkosivut,

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/rakenteiden-kuivuminen>, luettu 20.20.2021

Kosteudenhallinta.fi verkkosivut,

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/ulkoseinaet/hirsiseinaet>, luettu 24.10.2021

Kosteudenhallinta.fi, Verkkodokumentti,

<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/kosteudenhallintasuunnitelman-noudattamisenvallvonta>, luettu 20.11.2021

Kosteudenhallinta.fi, Verkkodokumentti,

<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/kosteudenhallintasuunnitelman-noudattamisenvallvonta>, luettu 21.11.2021

Kosteusopas, Sahlstedt & Koskenvesa 2016

Kuivaketju 10 verkkosivut, [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf),

luettu 24.10.2021

Kärkkäinen, Matti. 2003. Puutieteen perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Laapotti, Sari, artikkeli, <https://www.tuni.fi/unit-magazine/artikkelit/rakennetaanko-puusta-vai-rahasta-puu-taipuisi-moneen-mutta-rahayhtalo-sakkaa>, luettu 20.12.2021

Liimapuu käsikirja 2003/ Heimo Pystynen

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arvionti. Helsinki: Suomen betonitieto Oy.

Metsä Wood. Kerto-Ripa-välipohja, verkkoaineisto, <http://www.metsawood.com/fi/tuotteet/elementit/kerto-ripa-valipohja/Pages/default.aspx>, luettu 24.10.2021

Metsä Wood. Kertopuu, verkkoaineisto, <http://www.metsawood.com/fi/tuotteet/kerto/Pages/Kerto.aspx>, luettu 1.20.2021

Opinnäytetyö, Ari Puttonen, Puukerrostalon sääsuojaus, 2018  
<http://www.theseus.fi/bitstream/10024/148995/1/Puttonen%20Ari.pdf>, luettu 24.10.2021

Opinnäytetyö, Henna Kaunisto, Ristiinlaminoidun massiivipuulevyn (CLT) kosteustekninen tarkastelu, 2020  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/344107/Kaunisto\\_Henna.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/344107/Kaunisto_Henna.pdf?sequence=3&isAllowed=y), luettu 24.10.2021

Opinnäytetyö, Tomi Koivisto, metsätalouden koulutusohjelma 2014  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77879/22052014\\_tomi\\_koivisto\\_pakattu\\_valmis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77879/22052014_tomi_koivisto_pakattu_valmis.pdf?sequence=1&isAllowed=y), luettu 24.10.2021

Penttilä, Olavi. 2017. Puukerrostalojen kosteudenhallintaprosessi ja sen kehittäminen. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto

Pitkäranta, M.2016. Ympäristöopas 2016 Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninenkuntotutkimus. Turenki. Rakennustieto Oy

Puuinfo verkkosivut, <https://puuinfo.fi/puutieto/insinööri tuotteet/monikerroslevy-clt/>, luettu 24.10.2021

Puuinfo verkkosivut, <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/kosteusteknisiä-ominaisuuksia/> luettu 24.10.2021

Puuinfo verkkosivut, <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/ominaispiirteita/>,  
Luettu 24.10.2021

Puuinfo verkkosivut, <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/tekniset-tiedotteet/kosteudenhallinta-puurakentamisessa/>, luettu 24.10.2021

Puuinfo verkkosivut, <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/tekniset-tiedotteet/puunkosteuskäyttäytyminen/> luettu 24.10.2021

Rakennuslehden verkkosivut,  
<https://www.rakennuslehti.fi/2017/11/jatkasaarenhomehtuneet-wood-city-puukerrostalot-ovat-stora-enson-osin-rahoittama-tutkimuskohde-tyomaalla-testattiin-miten-puurakentaminen-onnistuu-ilman-saasuojaa/>, luettu 24.10.2021

Rakennuslehden verkkosivut,  
<https://www.rakennuslehti.fi/2020/09/hallituksenhurja-tavoite-liki-puolet-julkisesta-rakentamisesta-puuta-vuonna-2025/>, luettu 24.10.2021

Rakennustieto verkkosivu,  
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK140507.pdf>, luettu 10.11.2020

RIL 250-1. 2017. Puurakenteiden suunnitteluohje. Eurokoodi EN 1995-1-1.  
Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry

RT 14-10984. 2021. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus

Sisäilmäyhdistys ry. Verkkoaineisto.  
<<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset->

tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>. Luettu 8.10.2021

Sisäilmayhdistys ry. Verkkoaineisto.

<<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuslahteet>>. Luettu 8.10.2021

Sisäilmayhdistys ry, verkkosivut, <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Terve-Talo-kriteerit>, luettu 20.10.2021

Stora Enso. 2014. Stora Enso CLT. Puu – maailman vanhin ja myös modernein rakennusmateriaali. Stora Enso Building and Living.

Suomen Rakennuteollisuus ry 1990. Talvirakentaminen. Rakentajainkustannus Oy

Taiarol Oy. Verkkosivut. <<https://taiarol.fi/rakennusfysiikka-ja-ilmanvaihto/kosteuden-siirtyminen-rakenteissa/>> Luettu 8.10.2021

Vvr.fi verkkosivut, <https://www.vvr.fi/tuotteet/kerto-ripa-puuelementit/>, luettu 24.10.2021

Ympäristöministeriö. 2020. Rakennusten kosteustekninen toimivuus, ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Verkkoaineisto. luettu 8.10.2021





# TYÖMAAN KUIVANA PITÄMINEN ON KAIKKIEN YHTEINEN TAVOITE!

- Tarkasta aina työpisteesi olevan kuiva ennen töiden aloittamista
- Mitään ei saa asentaa märän pinnan päälle
- Varmista, ettei oma työskentelysi aiheuta turhia kosteusriskejä
- Jokaisella työmaalla työskentelevällä on velvollisuus ilmoittaa HETI Lujatalon työnjohdolle, jos havaitsee jossain vettä tai jonkun rakenteen olevan märkä, vaikka se ei koskisi omaa työntekoa

# SEURAUKSET LAIMINLYÖNNEISTÄ!

- Puu on todella altis kosteudelle ja vakavina seurauksina laiminlyömisestä voi riskinä olla jopa mikrobi- ja homekasvustoa
- Puu turpoaa kastuessa ja kutistuu kuivuesssa → aiheuttaa jännityksiä → puu saattaa haljeta
- **KAIKESSA TYÖSKENTELYSSÄ SIIS VÄLTETTÄVÄ KASTUMISTA!**



# VESIVAHINGON SATTUESSA

- Soita heti Lujatalon työnjohdolle ja kerro missä vesivahinko tapahtunut
- Työmaan kosteusvastaava Salla Mehtälä 044 585 2597
- Hae vesi-imuri, vesi-imurit löytyvät **porrashuoneiden alapäistä!**

# VARASTOINTI JA SUOJAUS

- Varastointi vain **sovittuihin** paikkoihin
- Ei poisteta tehdassuojia turhaan
- **Mitään ei saa varastoida suoraan maahan**
- **Mitään ei varastoida holviin kiinni**
- Kaikki tehdassuojista avatut materiaalit suojataan päivän päätteeksi vähintään pressulla, vaikka ne olisivat sääsuojan alla



# VETTÄ VAIN VESIPISTEILTÄ!!

- Vesipisteet ovat sijoitettu portaisiin ja vettä saa hakea vain sieltä!
- Hanat suljetaan joka työpäivän päätteeksi!
- LETKUJEN KÄYTTÖ AINA KAIKESSA TYÖSKENTELYSSÄ KIELLETTY!!



## MUUTA HUOMIOITAVAA

- Ovia ja ikkunoita ei pidetä turhaan auki, ettei olosuhdehallinta vaikeudu
- Lumi ja jää kolataan aina pois! Ei koskaan anneta sulaa!

