

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

2020

Teemu Tuomi

# TYÖMAAN KOSTEUDENHALLINTA – Yhteisten toimintatapojen kehittäminen YIT Suomi Oy:ssä

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Koulutus: Rakennustekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön valmistumisajankohta 2020 | Sivumäärä 51

Tekijä: Teemu Tuomi

## TIIVISTELMÄ

Työmaan kosteudenhallinta – Yhteisten toimintatapojen kehittäminen YIT Suomi Oy:ssä

Kosteudenhallinta ja sisäilmaongelmat ovat olleet paljon esillä viime aikoina julkisiin rakennuksiin kohdistuneiden ongelmien takia. Tämän seurauksena kosteudenhallinta on noussut keskeiseen rooliin myös asuntorakentamisessa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään rakentamisvaiheen aikaiseen kosteudenhallintaan. Opinnäytetyössä kartoitetaan asuntotuotannossa esiintyviä kosteusriskejä. Tavoitteena on luoda ohjeet, joilla pystytään yhtenäistämään kosteudenhallinnan toimintatapoja YIT Suomi Oy:n asumisen Lounais-Suomen yksikössä.

Ympäristöministeriön uusien asetusten myötä, rakentaminen perustuu tulevaisuudessa tarkempaan kunnan viranomaisten valvontaan ja ohjaukseen. Tämän tavoitteena on varmistaa rakentamisen korkea laatu. Rakennuksen tuleekin olla rakentamismääräyskokoelman mukaisesti käyttäjälleen turvallinen ja terveellinen asuinympäristö koko sen elinkaaren ajan.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä hankkeen yleistiedot, vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen sekä kosteudenhallinnan henkilöresurssit. Lisäksi vastaavan työnjohtajan on huolehdittava kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta kosteudenhallintaselvityksen mukaisesti

Opinnäytetyössä käsitellään myös kosteudenhallintaan kehitelty toimintamalli Kuivaketju10, jonka avulla kohteen kosteudenhallinta voidaan toteuttaa lakien ja asetuksen vaatimusten mukaan. Työssä tarkastellaan yleisimpiä kosteuden aiheuttamia riskejä asuntotuotannossa ja tutkitaan kosteuden käyttäytymistä rakenteissa. Työssä kehitettiin toimintatavat YIT Suomi Oy:n asumisen liiketoiminnan Lounais-Suomen yksikköön. Kosteudenhallintaan luotiin yhtenäiset ohjeet, joissa on yhdistetty yrityksen sisäisiä hyviä käytänteitä ja tuotu uutta näkökulmaa Kuivaketju10:n toimintamallista.

ASIASANAT:

kosteus, kosteudenhallinta, kuivatus, Kuivaketju10, rakentamisen elinkaari, kestävä rakentaminen, kosteusvaurio, kosteusmittaus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Bachelor's Degree Programme in Construction engineering

2020 | 51 pages

Teemu Tuomi

## ABSTRACT

Humidity control in housing project – How creating common guidelines in YIT Suomi Oy

This thesis focuses on humidity control during construction phase. The target of this thesis was to create common instructions that can be used for humidity control in YIT company. Humidity control and indoor air problem have been in the news in negative context. Ministry of the Environment set a regulation stating that the authorities are responsible for supervising the construction. The building must be safe for its occupant throughout life cycle.

The company or person who commencing the construction project shall create humidity control strategy and a humidity control statement. The humidity control statement contains general information about the project, measures during the various stages of construction. The site manager's duties include create humidity control strategy on the basis humidity control statement.

This thesis discusses with Kuivaketju10 operating model. Kuivaketju10 helps to operate humidity control in accordance with laws and regulations. This thesis examines the most common humidity risks in housing production. The aim was to create uniform guidelines Housing South-West Finland unit in YIT Suomi Oy.

### KEYWORDS:

Humidity, humidity control, drying, life cycle, risks

# SISÄLTÖ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>SANASTOA</b>  | <b>6</b>  |
| <b>1 JOHDANTO</b>  | <b>8</b>  |
| <b>2 KOSTEUSLÄHTEET</b>                                    | <b>10</b> |
| 2.1 Kosteus työmaalla                                      | 10        |
| 2.2 Ulkopuoliset kosteuslähteet                            | 11        |
| 2.3 Sisäpuoliset kosteuslähteet                            | 12        |
| 2.4 Kosteuden siirtyminen                                  | 13        |
| <b>3 KOSTEUDENHALLINTA</b>                                 | <b>14</b> |
| 3.1 Kosteudenhallinnan suunnittelu ja vaikutus aikatauluun | 14        |
| 3.2 Kuivaketju10   | 15        |
| 3.3 Toimintamallin käyttö                                  | 16        |
| 3.4 Rakenteiden ja materiaalien suojaaminen                | 18        |
| 3.5 Materiaalivalinnat                                     | 20        |
| <b>4 BETONIN KUIVUMINEN</b>                                | <b>22</b> |
| 4.1 Betonin kuivuminen ja kuivumisaikojen arviointi        | 22        |
| <b>5 BETONIN KOSTEUSMITTAUKSET</b>                         | <b>26</b> |
| 5.1 Porareikämenetelmä                                     | 26        |
| 5.2 Näytepalamenetelmä                                     | 28        |
| 5.3 Mittauspiste ja betonipintojen päällystettävyyys       | 29        |
| <b>6 KOSTEUDENHALLINTA YIT SUOMI OY:SSÄ</b>                | <b>31</b> |
| 6.1 Taustaa  | 31        |
| 6.2 Kosteudenhallintaselvitys                              | 32        |
| 6.3 Kosteudenhallintasuunnitelma                           | 34        |
| 6.4 Toteutus   | 36        |
| 6.5 Kosteusmittaukset ja mittaustulokset                   | 39        |
| 6.6 Congrid dokumentointi                                  | 41        |
| <b>7 LOPUKSI</b>   | <b>48</b> |
| <b>LÄHTEET</b>   | <b>50</b> |

## KUVAT

|  |    |
|--|----|
| Kuva 1. Rakennuksen kosteuslähteitä  | 10 |
| Kuva 2. Kuivaketju10 riskilista  | 17 |
| Kuva 3. Massiivisen teräsbetoni-laatan peruskuivumiskäyrä                  | 24 |
| Kuva 4. Massiivisen teräsbetoni-laatan kerrointaulukko                     | 25 |
| Kuva 5. Porareikämittauksen työvaiheet                                     | 27 |
| Kuva 6. Näytepalamenetelmä   | 29 |
| Kuva 7. Faunan rakennusvaihe   | 31 |
| Kuva 8. Aluesuunnitelma As Oy Turun Fauna                                  | 32 |
| Kuva 9 Kosteudenpoistaja, vesikiertoinen lämpöpuhallin ja simpukkapuhallin | 38 |
| Kuva 10. Kosteusmittaussuunnitelma   | 39 |
| Kuva 11. Laadunhallintamatriisi  | 41 |
| Kuva 12. Tarkastusten valinta  | 43 |
| Kuva 13. Työvaiheen valinta  | 44 |
| Kuva 14. Maanrakennus vaiheen kosteudenhallinnan tarkastukset              | 45 |

# SANASTOA

|                              |   |
|------------------------------|---|
| absoluuttinen kosteus        | ilmoittaa aineen sisältämän vesihöyryn määrän tilavuutta kohden   |
| congrid-ohjelmisto           | rakennustuotantoon kehitelty laadunhallinnan ja työturvallisuuden ohjelmisto  |
| diffuusio                    | vesihöyryn siirtyminen suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään  |
| hydrataatio                  | betonissa tapahtuva reaktio, jossa vesi ja sementti reagoivat keskenään aiheuttaen betonin kovettumisen   |
| höyrynsulku                  | ainekerros, jonka tehtävä on estää haitallisen vesihöyryn diffuusio rakenteessa tai rakenteeseen  |
| ilmansulku                   | ainekerros, jonka tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus rakenteen läpi puolelta toiselle   |
| kapillaarivirtaus            | huokosalipaineen paikallisten erojen aiheuttamaa nesteen siirtymistä huokoisessa aineessa   |
| kondensoituminen             | ilma ei kykene lämpötilasta johtuen sitomaan itseensä enempää kosteutta, näin kosteus tiivistyy ympäröiville pinnoille  |
| konvektio                    | vesihöyryn siirtyminen ilmavirtojen mukana paine-erojen tasoittuessa  |
| kosteudenhallintaselvitys    | rakennusvalvonnan edellyttämä selvitys hankkeen kosteudenhallinta toimenpiteistä rakennuslupaa haettaessa   |
| kosteudenhallintasuunnitelma | kosteudenhallintaselvityksen pohjalta tehtävä työmaa-aikainen suunnitelma keskeisimmistä kosteusriskeistä ja niiden ennaltaehkäisemisestä                     |
| kosteuskoordinaattori        | rakennushankkeelle nimetty asiantuntijataho, joka valvoo ja ohjaa kosteudenhallinnan onnistunutta toteutusta  |
| kuivaketju10                 | kosteudenhallinnan toimintamalli; perustuu kymmenen kohdan riskilistaan, jolla pyritään estämään kosteusvaurioiden syntyminen rakennusprosessin eri vaiheissa |
| kyllästyskosteus             | kastepiste; ilmoittaa tietyssä lämpötilassa, kuinka paljon aine voi enintään sisältää vesihöyryä  |

pinnoitettavuus

materiaalien alustaltaan vaatimat suhteellisen kosteuden enimmäisarvot päällystyshetkellä

suhteellinen kosteus RH

ilmoittaa %-lukuna, paljonko aineen sisältämä kosteus on sen kyllästyskosteudesta

# 1 JOHDANTO

Suomessa on pitkään taisteltu rakentamisen laatuongelmien kanssa. Suomalaisten mielestä suurimmat ongelmat rakentamisessa ovat kosteus- ja sisäilmaongelmat, rakentamisen huono laatu ja rakennusvirheet. Syytä rakentamisen huonoon laatuun on etsitty muun muassa vastuiden puuttumisesta, ammattiympäristön katoamisesta ja valvonnan puutteesta. Laatuongelmille ei löydy yhtä yksittäistä syytä, vaan se on monien sattumien summa jatkuvasti muuttuvassa maailmassa. Rakennusalan maineen palauttamiseksi alan toimijoiden on ryhdistäydyttävä ja kannettava vastuu sekä nostettava ammattiympäristys takaisin kunniaan, sanoo Mika Katajisto tiedotteessaan vuonna 2017. (Brännäre & Kuukkanen 2017.)

Opinnäytetyö sai alkunsa vuonna 2018, kun ympäristöministeriön asetus rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta suunnittelun ja rakentamisen osalta säädettiin. Asetuksen luvun kolme mukaan: Kosteudenhallintaselvitys on laadittava aina rakennushankkeeseen ryhdyttäessä. Selvitykseen on sisällytettävä hankkeen yleistiedot, vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen sekä kosteudenhallinnan henkilöresurssit. Rakennushankkeen kosteudenhallinta selvitykseen on sisällytettävä myös tieto hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä.” Lisäksi ”Vastaavan työnjohtajan on huolehdittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitys huomioon ottaen.” (782/2017) Ympäristöministeriön asetukseen (782/2017) pohjautuen työn tavoitteena on luoda yhteiset toimintatavat YIT Suomi Oy:lle työmaan kosteudenhallinnan toteutukseen ja dokumentointiin asetuksen mukaisesti.

Työn teoriaosiossa taustoitetaan seuraavat asiat:

- mitä kosteus tarkoittaa työmaalla
- mitkä ovat työmaan keskeisimpiä kosteudenlähteitä
- mitä työmaan kosteudenhallinnan suunnittelussa tulee ottaa huomioon
- millainen vaikutus betonin valmistuksessa käytettävällä vedellä on betonirakenteen kuivumiseen
- millaisia toimenpiteitä käytetään, kun varmistetaan betonin riittävä kuivuminen ennen betonipintojen päällystystöitä.

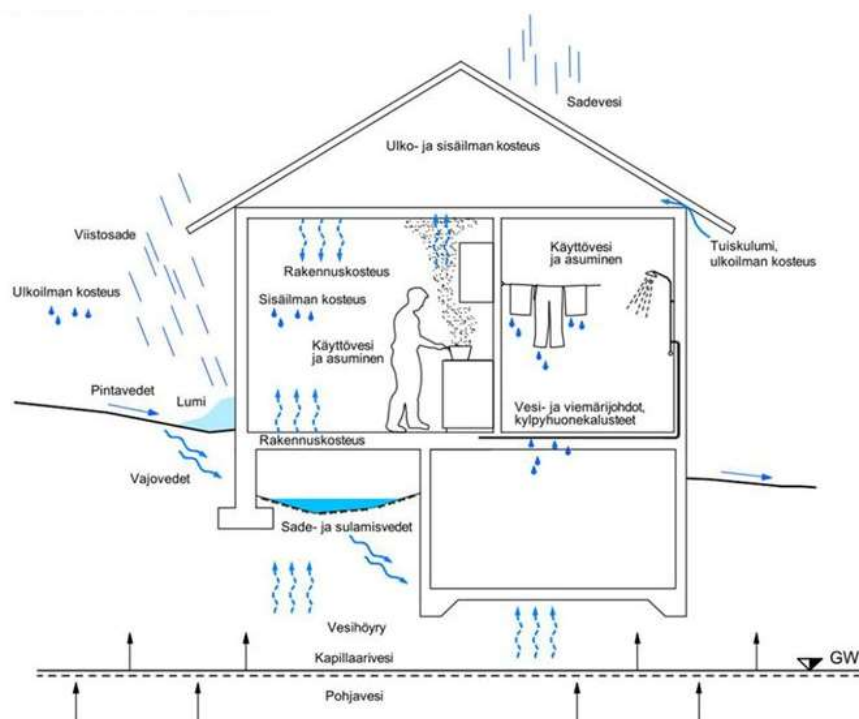


Opinnäytetyön tutkimusosa toimii yleisohjeena työmaan kosteudenhallintaan. Sen tiedot on kerätty As Oy Fabriikin Faunan rakentamisen ajalta. Tiedot on saatu haastattelujen pohjalta ja tutustumalla kohteen kosteudenhallintaselvitykseen ja kosteudenhallintasuunnitelmaan. Näihin dokumentteihin pohjautuen on kyseisen kohteen kosteudenhallinta toteutettu. Tutkimusosaan on kerätty keskeiset kerrostalohankkeen tarkastukset, joiden avulla kosteusriskit torjutaan. Tarkastukset toimivat esimerkkinä, joiden pohjalta hankkeiden kosteudenhallintaa voi lähteä toteuttamaan.

Yhteenvedossa pohditaan, mihin suuntaan kosteudenhallinta on tulevaisuudessa menossa, millaiset ovat ne keskeiset toimenpiteet, joiden kautta kosteudenhallintaa kannattaa lähteä suunnittelemaan, ja millaisin ajatuksin siihen olisi hyvä suhtautua. Yhteenvedo-osiossa tarkastellaan, miten YIT:n kaltaisessa suuressa yrityksessä voisi tulevaisuudessa toimia ja miten yrityksen sisäisen tiedon ja osaamisen voisi hyödyntää.

## 2 KOSTEUSLÄHTEET

Kosteutta voi esiintyä rakenteissa kolmessa eri muodossa vesihöyrynä, vetenä ja lumena tai jäänä. Kosteuslähteet voidaan jaotella sisäpuolisiin ja ulkopuolisiin kosteuslähteisiin, joita havainnollistetaan kuvassa 1. Kosteuslähteiden lisäksi on hyvä ymmärtää kosteuden fysikaalista toimintaa rakenteessa. Kosteuden siirtymistä tapahtuu konvektion, diffuusion ja kapillaarivirtauksen avulla (Teriö & Hämäläinen 2017, 10.)



Kuva 1. Rakennuksen kosteuslähteitä (Pitkäranta 2016, 101).

### 2.1 Kosteus työmaalla

Työmaalla joudutaan varautumaan sääolosuhteisiin eri tavoin riippuen missä päin Suomea rakennetaan. Sää vaihtelee paljon vuodenaikojen mukaan. Kun vertaillaan lämpötilaeroja talvella ja kesällä, voi ero olla yli 50 astetta. Talvella ja keväällä ilmakeuhuus on alhaisimmillaan 60–80 % välissä, kun taas kesällä ja syksyllä sateiseen aikaan ilman suhteellinen kosteus voi kohota 80–100 %:iin. (Teriö & Hämäläinen 2017, 6.)

Materiaalien kastumista tulee ennaltaehkäistä oikeanlaisen suojaamisen avulla. Myös rakennusmateriaalien suojaus ja varastointi vaativat työmaalla suunnittelua. Näin pystytään varautumaan kaikenlaisiin riskeihin ja torjumaan kosteusvaurioita ennakoivasti. Varastoinnissa kannattaa hyödyntää valmiita rakenteita, kuten suojatelttoja ja pihavarastoja. Ulkovarastoinnissa tulee muistaa sadesuojien lisäksi, että yhtä tärkeää on suojata materiaalit maakosteudelta. Materiaalit tulisikin varastoida esimerkiksi kuormalavojen päälle ja asentaa kevytpeitteet irti materiaaleista, jolloin ilma pääsee kiertämään vapaasti materiaalin ja suojapeitteen välissä. (Teriö & Hämäläinen 2017, 25–26.)

Rakenteiden ja materiaalien kosteudenhallinnan kannalta oleellista on ilmaan sitoutuneen veden määrä eli absoluuttinen kosteus. Rakenteiden kuivatusta suunniteltaessa on hyvä tietää, että syksyllä ilmankosteus on suurimmillaan ja ilmaan sitoutuneen veden määrä on lähellä sisäilman kosteuspitoisuutta. Tällöin ilman kuivatuskapasiteetti on pieni eikä tuulettaminen ole tehokasta. Talvella ulkoilmaan sitoutuu paljon vähemmän kosteutta, vaikka ilman suhteellinen kosteus on suuri. Tästä syystä talvella rakenteita kuivattaessa kannattaa kosteampi sisäilma vaihtaa ajoittain kuivaan ulkoilmaan tuulettamalla, jolloin saadaan sisäilman kyky sitoa kosteutta paremmaksi. (Teriö & Hämäläinen 2017, 6–7.)

## 2.2 Ulkopuoliset kosteuslähteet

Ulkopuolisista kosteusrasituksista voimakkain on sade. Suomessa keskimääräinen vuotuinen sademäärä on 600 mm vettä. Syksyllä ja loppukesästä tästä määrästä voi tulla suurin osa, jolloin sateen todennäköisyys on korkeimmillaan. Sade tulee painovoimasta johtuen pystysuoraan alaspäin, mutta tuuli voi aiheuttaa myös viistosadetta. Tämä aiheuttaa kosteusrasitusta myös pystypinnoille esimerkiksi julkisivulle. Tuulenpaine voi siirtää vettä myös ylöspäin. Julkisivuilla veden siirtymistä rakenteiden sisään estetään myrskypelleillä ja muilla vesipelleillä. (Kosteuslähteet 2008; Teriö & Hämäläinen 2017, 10.)

Talvella sade tulee pääosin lumena, ja lumi voi siirtyä tuulen vaikutuksesta myös ylöspäin. Tuuli pystyy kuljettamaan lumihiuksia pienistäkin raoista vaaka- tai pystysuunnassa, esimerkiksi parvekelasien väleistä parvekkeelle tai yläpohjaan räystäsrakenteiden kautta. (Kosteuslähteet 2008.)

Maaperänkosteus on rakennukselle pitkäkestoinen kosteusrasitus. Pohjaveden kapillaarinen nousu rakenteisiin pyritään katkaisemaan erilaisilla maarakenteilla, joissa veden kapillaarinen nousu ei ole enää mahdollista. Maanvaraisessa laatassa lattian alla kosteustasapaino muodostuu salaojatorakerrokseen. Kosteustasapaino tilassa kosteus on noussut korkeudelle, jossa huokosalipaine ja maan vetovoima ovat tasapainossa eikä kapillaarista nousua pääse enää tapahtumaan. (Kosteuslähteet 2008.)

Pintavedet rasittavat rakenteita rakennuksen ulkopuolelta. Maanpinta tulee kallistaa rakennuksesta pois päin 1:20 kaltevuudella ainakin kolmen metrin matkalla. Maanpinnan tulee olla kallistettu myös seinien suunnassa, siten että lumien sulaessa sulamisvedet pääsevät valumaan pois rakennuksen seinustalta. Sulamisvedet aiheuttavat riskitilanteita etenkin, kun lattian pinta on alempana kuin maanpinta. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi, kun rakennuskohteet sijaitsevat rinteisessä maastossa. (Kosteuslähteet 2008, Kosteuden siirtyminen 2008.)

### 2.3 Sisäpuoliset kosteuslähteet

Sisäpuolisella kosteudella tarkoitetaan etenkin käytönaikaisia kosteuden lähteitä, kuten siivoamista ja peseytymistä. Asunnoissa käytetään päivittäin satoja litroja vettä. Kaikki nämä vedet tulee johtaa asianmukaisesti viemäreiden kautta pois rakenteista. Peseytymisvedet johdetaan kosteista tiloista vedeneristystä pitkin viemäreihin. Vedeneristeiden puutteellisuudet ovat olleet erittäin suuri kosteusvaurioiden aiheuttaja. Pesuvesien pääseminen väliseinärakenteiden sisään aiheuttaa homeille suotuisan kasvuympäristön. Pieni osa pesu- ja siivousvedestä haihtuu ilmaan nostaen tilojen kosteuspitoisuutta. Sisäilman vesihöyry ei kuitenkaan pienissä määrin vielä aiheuta merkittävää kosteuskuormaa rakenteille. (Kosteuslähteet 2008.)

Rakenteissa olevaa kosteutta kutsutaan rakennekosteudeksi. Rakennekosteuden on poistuttava rakenteista ennen kuin voidaan sanoa, että rakenne on kosteustasapainossa ympäristönsä kanssa. Toisiin materiaaleihin jää runsaammin kosteutta kuin toisiin. Esimerkiksi betonin kuivuminen päällystettäväksi kestää useita viikkoja ja kosteustasapainon muodostumiseen voi kulua vuosia. Betonin kuivumista käsitellään myöhemmin luvussa 4.3. Materiaalien oikeanlainen varastointi on tärkeä osa niihin jäävän kosteuden minimoimiseksi. Rakennekosteus itsessään ei aiheuta ongelmaa, jos kosteus pääsee hallitusti pois rakenteesta. Ongelmia tulee vasta, kun kostea rakenne päällystetään liian tiiviillä materiaalilla. (Kosteuslähteet 2008.)

## 2.4 Kosteuden siirtyminen

Kosteuden siirtymisessä on keskeistä, kuinka kosteuden siirtyminen tapahtuu ja mitkä ovat riskikohtia. On tärkeä ymmärtää, mitä eroa on *absoluuttisella kosteudella* ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) ja *suhteellisella kosteudella* (RH %). Kosteuden siirtymismuotoja ovat konvektio, diffuusio ja kapillaarivirtaus. Konvektiossa vesihöyry siirtyy ilmavirran mukana. Tyypillinen vesihöyryn konvektiovirtausriski on olemassa, kun sisätila on ylipaineinen ulkoilmaan nähden. Konvektiovirtaus tapahtuu yleensä rakenteiden saumoista ja läpivienneistä. Konvektion estämiseksi ulkovaipasta on tehtävä ilmatiivis erillisellä ilmasululla, ettei ilma ala kiertää rakenteen sisällä. Konvektiota voidaan myös hyödyntää tuuletuksessa ja kuivatuksessa. Esimerkiksi yläpohja saadaan harvoin niin tiiviiksi, että konvektio sisätilasta yläpohjaan voidaan estää. Tällöin yläpohjaa on tuuletettava, että liiallinen kosteus saadaan pois rakenteesta. (Mölsä 2017.)

Diffuusiosta vesihöyry siirtyy kosteammasta tilasta kuivempaan tilaan. Tyypillinen vesihöyryn diffuusioksiirtyminen esiintyy Suomessa talviaikana, kun sisäilmassa on enemmän vesihöyryä kuin ulkoilmassa. Sisäilman vesihöyry pyrkii diffusoitumaan ulkoilmaan rakennuksen vaipan läpi. Tämän takia höyrynsulkumuovi tulee asentaa aina rakenteen lämpimälle puolelle. Kapillaarivirtaus johtuu kapillaaristen voimien aiheuttamasta huokosalipaineesta, jonka suuruus riippuu huokosen koosta siten, että mitä pienempi huokonen on, sitä suurempi on huokosalipaine. Kapillaarivirtaus tapahtuu yleensä huokoisessa maaperässä tai ilmanvaihdon paine-erojen vaikutuksesta alipaineisesta rakenteesta, ylipaineiseen rakenteeseen. (Mölsä 2017; Rafnet-ryhmä 2004.)

Absoluuttinen kosteus ilmoittaa, kuinka monta grammaa vettä on kuutiometrissä ilmaa. Lämmin ilma voi sisältää huomattavasti enemmän vettä kuin kylmä ilma. Suurimman osan vuodesta Suomessa sisäilma on kosteampaa kuin ulkoilma, koska kylmän ulkoilman kosteussisältö on suhteellisen pieni.

Absoluuttisella kosteudella on lämpötilasta riippuva yläraja, joka kertoo, paljonko kuutioon ilmaa mahtuu vesihöyryä, ennen kuin se alkaa tiivistyä vedeksi. Tätä ylärajaa kutsutaan *kyllästyskosteudeksi*. *Kastepiste* on lämpötila, jossa tämä yläraja saavutetaan. Kastepisteessä ilman suhteellinen kosteus on 100 % ja kosteus alkaa silloin tiivistymään ympäröiviin pintoihin eli *kondensoitua*. (Mölsä 2017).

## 3 KOSTEUDENHALLINTA

Kosteudenhallinta ajatellaan useasti vain työmaalla tehtäviksi toimenpiteiksi, joilla varmistetaan rakennusteknisesti terveet rakenteet. Kosteudenhallinta tulee suunnitella hyvissä ajoin ennen töiden aloitusta, samoin kuin muut rakennusprojektin työvaiheet. Kosteudenhallinta tulee nähdä laajempuna kokonaisuutena ja suunnitella sen toteutus rakennuspaikan valinnasta aina rakennuksen käyttöönottoon asti, huomioiden myös rakenteiden kuivana pysyminen koko elinkaaren ajan. (Niemelä 2014, 33.)

### 3.1 Kosteudenhallinnan suunnittelu ja vaikutus aikatauluun

Kosteudenhallinnan suunnittelu tulee aloittaa jo rakennuspaikkaa valittaessa. Rakennuspaikan sijainti ja ympäröivät olosuhteet vaikuttavat siihen, onko hanke edes mahdollista teoriassa toteuttaa tietyssä ajassa. Hankkeen suunnittelussa tulee arvioida myös rakenteiden toimivuus kosteusolosuhteet huomioon ottaen. (Niemelä 2014, 33.)

Kosteudenhallintasuunnitelmaa tehtäessä on keskeistä asettaa rakennuttajan laatutavoitteet, joiden ympärille haluttu laatutaso muodostuu. Tämän laatutason mukaan arvioidaan kohteen keskeisimmät kosteusriskit, kriittiset rakenteet ja toimenpiteet, joilla mahdolliset ongelmat saadaan ratkaistua. Rakennustyömaalla olosuhteet vaihtelevat ympäri vuoden, joten materiaalien suojaus, varastointi ja toimitusajat tulee suunnitella etukäteen. Olosuhdehallinnan toimenpiteet tulee kirjata muistiin kosteudenhallintasuunnitelmaan. Kosteudenhallintasuunnitelmaa toteutetaan ja seurataan jatkuvasti vastuuhenkilöiden toimesta. Mahdollisista kohdekohtaisista erityispiirteistä tulee tehdä erittely ja kirjata tästä aiheutuvat toimenpiteet. Esimerkiksi työmaalla tulisi ennen pintalattiatöiden aloitusta vesikatolle olla asennettuna aluskate, joka estää sadevesien pääsyn alimmaisiiin kerroksiin. (Työmaan kosteudenhallinta 2008; Ahremaa 2018.)

Kohteen aikataulua suunniteltaessa valitut materiaalit ja suunnitteluratkaisut ovat kosteusteknisesti merkittävässä roolissa. Rakenteiden kuivumisajat määräävät pitkälti tiettyjen työvaiheiden aloitusajankohdan pinnoituksen kannalta. Kuivumisen tehostamiseksi onkin tärkeää saada rakennuksen vaippa tiiviiksi ja sisätiloihin lämmitykset päälle, jotta pystytään luomaan optimaaliset rakenteiden kuivatusolosuhteet. (Niemelä 2014, 34.)

Aikataulussa on syytä huomioida paljon kosteutta tuottavien työvaiheiden, kuten pintalattia-, tasoitus- ja maalaustyön vaikutukset aikatauluun. Näiden työvaiheiden aikana kosteudenpoistoa rakennuksen sisältä, voidaan joutua tehostamaan kosteudenpoisto laitteiden avulla. Näiden työvaiheiden kosteusrasitus heikentää sisäilman kykyä sitoa kosteutta ympäröivistä rakenteista. Siksi kosteusmittausten aikataulu tulee suunnitella etukäteen mahdollisimman tarkasti, jotta rakenteiden pinnoitettavuus pystytään varmentamaan. (Niemelä 2014, 39.)

### 3.2 Kuivaketju10

Huono sisäilmanlaatu on ollut pitkään merkittävä syy suomalaisten terveysongelmissa. Rakennusten home- ja kosteusvauriot ovat suurin syy huonolle sisäilmanlaadulle. Rakennushankkeeseen ryhtyvä on aina vastuussa siitä, että rakennus on terveellinen. Rakennusten tulee olla turvallinen sisäilma-, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet huomioon ottaen. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 958/2012, 117§.)

Erilaisista toimenpiteistä huolimatta sisäilmanlaatua ei ole saatu hallintaan, minkä takia eduskunnan tarkastusvaliokunta päätti tehdä tutkimuksen aiheesta. Tutkimuksessa tuli ilmi useita parannusehdotuksia. Keskeisimmät ehdotukset liittyivät mm. tilaajaosaamisen parantamiseen, paremman projektihallinnan vaatimiseen suunnittelijoilta ja urakoitsijoiden ja konsulttien vahingonkorvausvastuun nostamiseen. Ilmi tuli myös, että olisi suositeltavaa vaatia viranomaisavusteisesti kosteudenhallintasuunnitelmaa jo ennen rakentamisen aloitusta, koska pelkkä työmaan kosteudenhallinta ei ole riittävää. (TrVM 2013; Rakennusteollisuus 2017.)

Eduskunta edellytti kirjelmässään vuonna 2013, että hallitus ryhtyy toimenpiteisiin kosteudenhallinnan ohjaukseen ja sen nykyisen ohjausjärjestelmän parantamiseen. Näin alettiin kehittämään toimintamallia, joka ohjaa kosteudenhallintaa aina suunnitteluvaiheesta rakennuksen käyttövaiheeseen asti. Tämän pohjalta luotiin yhdessä rakennusalan toimijoiden kanssa Kuivaketju10-toimintamalli. Mukana Kuivaketju10:ä suunnittelemassa ovat olleet Oulun ja pääkaupunkiseudun rakennusvalvonnat, Rakennustarkastusyhdistys RTY, Rakennusteollisuus RT, SKOL, RAKLI ja Rakentamisen Laatu RALA. (Kuivaketju10, 2020; Rakennusteollisuus 2017.)

Kuivaketju10 on rakennusprosessin toimintamalli, jolla pyritään poistamaan mahdolliset kosteusvahingot koko rakennuksen elinkaaren ajalta. Kosteusriskien hallinta perustuu

ketjuun, jossa riskit torjutaan rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa. Toimintamalli sisältää Kuivaketju10-riskilistan ja -todentamisohjeen, joissa on esitetty kymmenen keskeisintä kosteusriskiä. Riskilista esitetty seuraavassa luvussa kuvassa 2. Näiden kosteusriskien hallinnalla vältetään yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista. (Kuivaketju10, 2020.)

### 3.3 Toimintamallin käyttö

Kuivaketju10:n käyttöönotto aloitettiin vuoden 2017 alussa luvanvaraisissa kohteissa, joissa suunnittelun aloituskokous on 1.1.2017 jälkeen. Kaikissa luvanvaraisissa kohteissa on oltava tilaajan tekemä kosteudenhallintaselvitys siitä, miten kosteudenhallinta hoidetaan hankkeessa koko sen elinkaaren ajan. Lisäksi tilaaja tekee työmaa-aikaisen kosteudenhallintasuunnitelman. Mikäli kosteudenhallinta päätetään toteuttaa Kuivaketju10:n avulla, tilaajan on kiinnitettävä hankkeelleen ulkopuolinen kosteuskoordinaattori. Tämän tehtävänä on valvoa ja ohjata Kuivaketju10:n toteutumista suunnitteluvaiheesta aina rakennuksen käyttöönottoon asti. Koordinaattorin apuna on Kuivaketju10-riskilista, jonka onnistunut toteutus kaikkien osapuolten on hyväksyttävä ja todennettava kosteuskoordinaattorilta. (Kuivaketju10, 2020.)

Tilaajan päätettyä käyttää Kuivaketju10:ä tulee tilaajan sopia käytettävästä toimintamallista suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa jo tarjouspyyntövaiheessa. Kuivaketju10 tulee kirjata pakollisena vaatimuksena myös lopullisiin suunnittelu- ja urakkasopimuksiin. Tilaajan velvollisuuksiin kuuluu antaa suunnitteluun, työmaatoteutukseen ja käyttöönottoon realistinen aikataulu, jota myöhemmässä vaiheessa voidaan tarkentaa. (Kuivaketju10, 2020.)

Toimintamallin tärkein työkalu on kymmenkohdan riskilista, joka perustuu kymmeneen yleisimpään riskiin suomalaisessa rakennustuotannossa. Riskilistassa on keskeisimmät kosteusriskit ja toimenpiteet, joilla niitä torjutaan. Todentamisohjeessa esitetään, miten riskit tulee torjua suunnittelu- ja urakkavaiheessa. Suunnitteluvaiheessa Kuivaketju10-toimintamalli koskee arkkitehti-, rakenne-, LVI-, sähkö- ja automaatiosuunnittelijoita. Heistä jokainen toteuttaa toimintamallia omalla erikoisalallaan. Suunnittelijat toteuttavat suunnitelmansa riskilistan ja todentamisohjeen mukaisesti ja tarkentavat niiden sisällön vastaamaan hankkeen erityispiirteisiin. Riskilistalta voi poistaa kohtia työmaakohtaisessa tarkentamisessa vain, jos kyseistä kohtaa ei ole rakennettavassa kohteessa lainkaan. Kuivaketju10-riskilistaa ja todentamisohjetta käytetään suunnittelun



tarkastuslistana, jonka tavoitteena on tehdä yksityiskohtaiset suunnitelmat riskikohtien toteuttamisesta. Suunnittelun loppuvaiheessa suunnittelijat tarkastavat yhdessä kosteuskoordinaattorin ja urakoitsijan kanssa onko suunnitelmat toteuttamiskelpoisia riskikohtien osalta. Lisäksi suunnittelijat perehdyttävät työmaorganisaation tehtyihin suunnitelmiin ja osallistuvat työmaakokouksiin, joissa käsitellään heidän suunnitelmiaan. (Kuivaketju10, 2020.)

Työmaavaiheessa Kuivaketju10:n noudattaminen on pääurakoitsijan vastuulla. Pääurakoitsija huolehtii, että kaikki työmaalla työskentelevät saavat perehdytyksen käytettävästä toimintamallista. Perehdytykseen on sisällytettävä tiedot Kuivaketju10:n pääperiaatteista ja todentamisohjeen mukainen urakoitsijoiden tarkastuslista. Näin työntekijällä on mahdollisuus toteuttaa työ onnistuneesti. Suunnittelijoiden tarkentaman työmaakohtaisen riskilistan onnistunut toteutus varmistetaan tarkastuksin ja dokumentoinnin. Urakoitsijan päätehtävä onkin todentaa tarkastuslistan avulla työvaihe onnistuneeksi. Dokumentointivelvoitteen avulla varmistetaan, että todentaminen tehdään määrättyllä tavalla. Kokonaisvastuu todentamisesta täytyy määrittää yhdelle kosteuskoordinaattorin hyväksymälle henkilölle. Valitulla henkilöllä täytyy olla riittävästi resursseja työn hoitamiseen, näin henkilö huolehtii työvaiheiden tarkistamisesta ja dokumentoinnista tarkastuslistan mukaisesti.

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

Kuva 2. Kuivaketju10 riskilista (Kuivaketju10, 2020).

Kuivaketju10 tarkoituksena on luoda edellytykset rakennuksen käyttäjille ja huoltohenkilökunnalle ylläpitää rakennusta laadukkaasti, siten että käyttäjä on tietoinen käytön aikaisista riskeistä ja huoltotoimenpiteistä.

Rakennuksen käyttöönotto jaetaan Kuivaketju10:ssä kahteen vaiheeseen. Ensimmäisen vaiheen tehtävät ovat samat kuin työmaatoteutuksessa. Pääurakoitsijan tärkein tehtävä on todentaa ja dokumentoida riskilistan käyttöönottovaiheeseen liittyviä riskikohtia. Ensimmäisen vaiheen lopuksi rakennuksen käyttäjien ja huoltohenkilökunnan tulee saada opastus käytönaikaiseen ylläpitoon. Tähän voi liittyä esimerkiksi huolto- ja kotikansioon tutustumista ja käytännön toimenpiteitä. Käyttöönoton toisessa vaiheessa arvioidaan, kuinka hyvin Kuivaketjun toteuttamisessa on onnistuttu. Arviointi perustuu koordinaattorin seurantaan ja raportointiin koko hankkeen ajalta, sekä tehtyihin dokumentointi toimenpiteisiin. Käyttöönotolle on varattava aikaa muutamasta viikosta muutamiin kuukausiin hankkeen laajuudesta riippuen. Aikaa tarvitaan siihen, että kaikki talotekniset laitteet säädetään ja niiden toimivuus varmennetaan. Tämä on tärkeää, koska talotekniikan käyttöönotto sisältää riskejä, joka voi myöhemmässä vaiheessa aiheuttaa kosteusvaurioita. (Kuivaketju10, 2020.)

Rakennuksen käyttöönoton tavoitteena on varmistaa rakennuksen pitkäikäisyys ja perehdyttää käyttäjä sen ylläpitämiseksi. Onnistuneen todennuksen jälkeen rakennukselle voidaan hakea Kuivaketju10-statusta, jonka myöntää Rakentamisen Laatu RALA ry. (Kuivaketju10, 2020.)

### 3.4 Rakenteiden ja materiaalien suojaaminen

Rakennukseen kohdistuu sen elinkaaren aikana monenlaisia kosteusrasituksia. Siksi rakennusaikaiseen rakenteiden kastumiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Sadevesien pääsyä rakenteisiin ei kuitenkaan rakennusaikana pystytä kokonaan estämään. Kosteutta tuottavia valumavesiä ja viistosateen vaikutusta pystytään kuitenkin merkittävästi vähentämään. Kapillaarinen maakosteuden nousu alapohjarakenteisiin estetään laatan alla olevalla kapillaarikatkolla ja sokkelin vesieristys

toteutetaan bitumikermieristyksenä. Tuuletusvälit tuulensuojan ja julkisivumateriaalin välissä on syytä toteuttaa suunnitelmien mukaan, jotta rakenteiden kuivumisesta pystytään varmistumaan. (Teriö & Hämäläinen 2017, 57–58.)

Työmaan suojaustarpeeseen vaikuttavat erityisesti rakennusajankohta ja käytettyjen materiaalien kosteudensietokyky. Hankesuunnittelu vaiheessa päätetään, suojataanko rakennus kokonaan vai vain tiettyjä osia ja materiaaleja. Betonirakenteisessa talossa koko rungon sääsuojaus ei ole kustannustehokasta, koska betonin vedensietokyky on hyvä muihin materiaaleihin verrattuna. Betonirunkoisessa talossa tulee huomioida riittävät kuivumisajat ja huolehdittava veden poistosta niin hyvin kuin se on mahdollista. (Ratu S-1232, 2013.)

Suojausmenetelmä valitaan sen mukaan, miltä halutaan suojautua. Talvella tyypillisesti suojaudutaan kylmältä, tuulelta ja lumisateelta. Myös rakennuspaikka voi aiheuttaa erityissuojaustarpeita, kuten esimerkiksi meren rannalle rakennettaessa. Sääsuojien tuenta ja kiinnitys suunnitellaan valmistajan ohjeiden, työnaikaisen rasituksen ja vallitsevien olosuhdehaittojen, kuten tuulen mukaan. Huomioon tulee ottaa erityisesti suojien tiiveys ja paikallaan pysyminen. (Ratu S-1232, 2013.)

Runkovaiheessa vaippa tulisi vesikattoineen saada nopeasti umpeen, sekä ikkunat, vesipellit ja ovet tulisi asentaa heti kun se on mahdollista. Nopealla työtahdilla tehtäessä seuraava kerros toimii aina edellisen katteena. Holviin tehtävät kaadot ohjaavat suurimmat sadevedet suoraan viemäriverkostoon, mikä taas vähentää alempiin kerroksiin pääsevän veden määrää. Vesikaton valmistusta voidaan nopeuttaa, jos on mahdollista rakentaa yläpohja valmiiksi maassa. Näin saadaan alhaalla tehdyt elementit kokonaisina nostettua paikalleen ja alapuoliset osat säältä suojaan. Työkohdekohtaiset suojatarpeet arvioidaan aina työmaakohtaisesti. Julkisivumuuraukseen voi usein riittää sääsuojakatos nostimen päälle, estämään suurimman sateen pääsy muurattavaan seinään, mutta talviaikaan suojan sisäosia voidaan joutua lämmittämään säteilijöiden avulla. Työmaalla joudutaan joka päivä tarkastelemaan vallitsevia sääolosuhteita ja reagoimaan suojauksin sen mukaisesti. Sääsuojat tulee aina asentaa päivän päätteeksi paikalleen, vaikka ennusteet eivät sadetta lupaisikaan. Näin estetään sateen lisäksi yökasteen kosteushaitan vaikutusta. Esimerkiksi sandwich-elementtien villatilat tulisi suojata yläpäästään suojapeittein. (Ratu S-1232, 2013)

Materiaalien suojaus tulee tehdä heti, kun materiaalit toimitetaan työmaalle, jos niitä ei heti saada sisätiloihin tai muuhun sadesuojattuun tilaan. Rakennusmateriaalien

pakkauksia ei ole tarkoitettu muuhun kuin kuljetuksen aikaiseen suojaukseen. Materiaalit suojataan ja varastoidaan aina mahdollisimman lähelle niiden asennuspaikkaa valmistajan varastointiohjeiden mukaan. Sisälle tulevien rakennusosien välivarastointia vältetään ulkotiloissa, koska niiden kosteudensietokyky on usein heikko. Varastointi tehdään irti alustastaan esimerkiksi kuormalavojen päälle. Materiaalien päälle asennetaan suojapeite, joka on kallistettu ohjaamaan sadevedet pois niiden päältä. Myös suojapeite tulee asentaa irti varastoitavista materiaaleista, jotta katettu tila pääsee tuulettumaan. Suojapeitteitä käytettäessä on syytä huomioida, että ne ovat vedenpitäviä usein vain yhden käyttökerran. (Ratu S-1232, 2013.)

### 3.5 Materiaalivalinnat

Rakennusmateriaalien kosteusrasituksen kesto vaihtelee paljon materiaalien välillä. Jos suunnitteluvaiheessa on tiedossa, että rakennusaikana tietyt rakennusosat joutuvat alltiiksi vedelle, tulee materiaalit valita mahdollisimman hyvin kosteutta kestäviksi ja suojaustarve suunnitella sen mukaan. Rakennusmateriaalit voidaan jakaa orgaanisiin ja epäorgaanisiin materiaaleihin. Materiaalien kosteudensietoa voidaan arvioida yleistentietojen pohjalta tai sen pohjalta aiheuttaako kosteus materiaalin rakenteessa kemiallisia reaktioita. Materiaalien kosteusteknistä arvioimista helpottaa materiaalin valmistajan ohjeet tuotteen toiminnasta ja ominaisuuksista. (Niemelä 2014, 46–47.)

Rakennuksen runkomateriaali ja runkoratkaisu asettavat tarpeita suojata rakenteita säältä. Puurunkoiset rakenteet ja näihin liittyvät rakenneosat tulee suojata säästä aiheutuvilta kosteusrasituksilta. Betonin kosteudensietokyky on hyvä, eikä se ole kosteudesta vaurioituva rakenne. Kastumaan päässeeseen betonin kuivatuksesta tulee kuitenkin huolehtia, koska kastuneen betonirakenteen kuivuminen on hitaampaa kuin betonin valmistamisessa käytettävän veden kuivattaminen. Betoni kestää hyvin kosteutta ja on sen puolesta turvallinen materiaali, mutta useat päällysteet vaativat betonilta riittävän kuivumisajan. Betonirungon lämmöneristeiden suojaamiseen on kiinnitettävä huomiota, etenkin on estettävä veden kulkeutuminen Sandwich-elementtien eristetilaan. (Niemelä 2014, 46–47.)

Sääolosuhteet eivät ole rakennusaikana ainoa kosteudenlähde rakennustyömaalla. Myös materiaalit ovat keskeisiä rakennekosteuden lähteitä. Täyselementtirunkoinen talo vaatii vähemmän kuivatusta työmaalla, kun elementtien kuivattaminen on aloitettu jo tehtaalla. Paikalla valettu holvi on itsessään suuri kosteudentuottaja, kun verrataan sitä

ontelolaattavälipohjaan. Betoni voi sisältää jopa 90 litraa kuivattamista vaativaa vettä kuutioita kohden. Ontelolaattavälipohjien ongelmana on niiden huono tiiveys. Ennen ontelolaattojen saumausta ne päästävät sadevedet lävitseen alimpiin kerroksiin. Lisäksi ontelolaattojen onteloihin jää helposti vettä makaamaan, joka on suotuisa mikrobien kasvuympäristö. Rakenteet tulisikin suunnitella juuri työmaakohtaisten tarpeiden mukaan. (Parma Oy 2015; Teriö & Hämäläinen 2017, 55-56).

## 4 BETONIN KUIVUMINEN

Betonin kosteus on peräisin sen valmistukseen käytettävästä vedestä. Suurin osa betonin kosteudesta tulee juuri valmistuksessa. Vesi yhdessä sementin kanssa muodostaa sementtiliiman, joka sitoo betonin lujuuden tuovan kiviaineksen yhteen. Osa vedestä sitoutuu betoniin kemiallisesti, osa haihtuu kokonaan ja osa jää pitkiksikin ajoiksi rakenteeseen. Betonin kuivuminen jatkuu, kunnes se on saavuttanut kosteustasapainon ympäröivän ilmankosteuden kanssa. Betonikuutiosta haihtuu vettä noin 70–100 litraa, joka tarkoittaa asuinkerrostalossa 8–10 litraa asuinkuutiota kohden. Betoni kuivuu pinnastaan melko nopeasti, kun kapillaarinen imu tuo kosteutta betonin pintaan. Tästä se haihtuu ympäröivään ilmaan, mikäli ilman suhteellinen kosteus on otollinen ottamaan vastaan kosteutta. Kuivuminen hidastuu vesimäärän pienentyessä ja betonin kuivuminen jatkuu vesihöyryn diffuusion avulla. (Teriö & Hämäläinen 2017, 56,58.)

### 4.1 Betonin kuivuminen ja kuivumisaikojen arviointi

Betonin kuivumisessa osa sen sisältämästä vedestä sitoutuu kemiallisesti betoniin. Tätä betonin kovettumisreaktiota kutsutaan hydrataatioksi. Reaktiossa vain osa seosvedestä kuluu, joten betoniin jää vielä paljon haihdutettavaa vettä. Rakenteisiin jäävä vesi sitoutuu betonin huokosrakenteisiin. Vesi haihtuu rakenteista hiljalleen pyrkiessään kosteustasapainoon ympäröivän tilan kanssa. Hygroskooppien tasapaino toteutuu, kun betonin huokosten suhteellinen kosteus on sama kuin betonin ympäröivän tilan suhteellinen kosteus. (Suomen Betoniyhdistys 2009, 432–433.)

Betonin kuivattamisen tavoitteena on saada aikaan betonille ominainen luja ja terve rakenne. Kuivattamista ei saa aloittaa liian nopeasti betonoinnin jälkeen. Liian nopeaa kuivumista voidaan estää levittämällä rakennusmuovi tai jälkihoitoaine betonin pinnalle. Betonin jälkihoitoa tulee jatkaa noin 2 viikkoa betonoinnin jälkeen. Näin saadaan aikaan riittävä betoninlujuus ja estetään betonille ominaista kutistumasta johtuvaa halkeilua. Tehostettu kuivaaminen voidaan aloittaa noin 3 viikon päästä valutyöstä. (Teriö & Hämäläinen 2017, 59.)

Kuivatustavat ovat riippuvaisia vuodenajasta ja tarpeesta saada betonin pinta päällystettäväksi tiiviin aikataulun takia. Yleisesti ottaen Suomessa ulkoilman suhteellinen kosteus on sisäilmaa kuivempaa, jolloin riittävällä lämmityksellä ja tilojen

tuuletuksella rakenteet saadaan kuivatettua. Kesällä ja alkusyksyllä voidaan joutua käyttämään tilakuivatusta, kun ulkoilma on hyvin kostea. Tilakuivatuksessa rakenteen ympäröivää ilmaa lämmitetään, jolloin myös itse rakenne kuivuu. Tilakuivatuksessa rakennuksen vaipan tulee olla tiivis eikä rakennuksen omaa ilmanvaihtoa saa käyttää. (Teriö & Hämäläinen 2017, 61.)

Talon omaa ilmanvaihtojärjestelmää ei tulisi käyttää kuivattamiseen, koska kanaviin joutuva pölyinen ja kostea ilma on otollista kasvuympäristöä mikrobeille. Kun runkovaiheessa kaikkia ovia ei ole vielä asennettu, kannattaa ilman liiallista karkailua hallita väliaikaisin ovirakentein. Tällöin ilma pääsee vaihtumaan hallitusti pienemmistä raoista, etenkin korkeissa rakennuksissa, joissa rakennuksen yläosiin syntyy ylipainetta ja vastaavasti alaosiin alipainetta. (Teriö & Hämäläinen 2017, 62–64.)

Betonin resepti vaikuttaa merkittävästi betonirakenteen kuivumiseen, käytetty raekoko, vesisementtisuhte, hienoaineksen määrä ja prosessissa käytetyn veden määrä vaikuttavat rakenteen pinnoitettavuuteen. Matalan vesi-sementtisuhteen betoni kuivuu rakenteen sisältä hitaasti. Tästä ei kuitenkaan ole usein haittaa, koska rakenteen sisäosat eivät vaurioita pinnoitemateriaaleja pinnan ollessa kuiva. (Niemelä 2014, 48–49.)

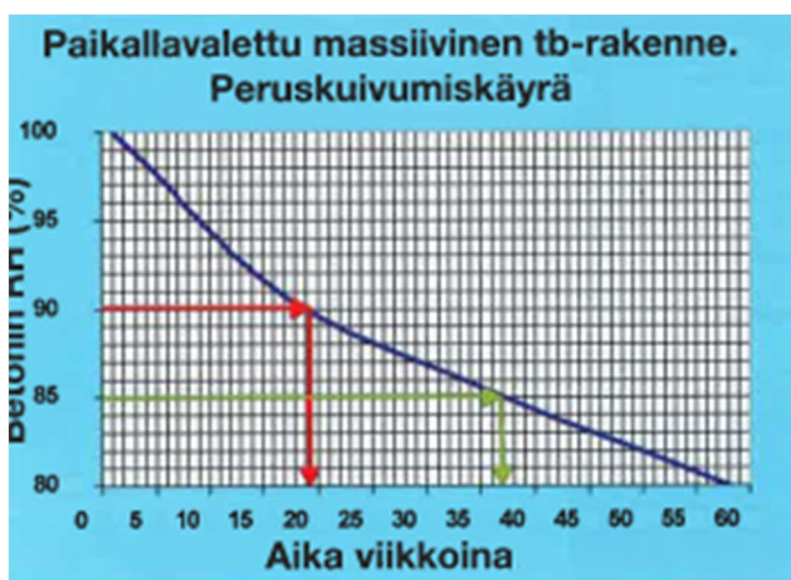
Muita kuivumisaikaan vaikuttavia tekijöitä on rakenteen paksuus, alustan kosteus ja kuivumisolosuhteet. Kuivumisaika-arviot ovat aina suuntaa antavia ja niihin tulee suhtautua varauksella. Arviot kuivumisajasta on tarkoitettu rakennusaikataulun ja kuivatuksen suunnitteluun. Päälystettävyyden varmistamiseksi kuivuus tulee aina varmistaa kosteusmittauksin, eikä ainoastaan luottaa kuivumisaika-arvioihin. (Merikallio 2002, 38–39.)

Kuivatettaessa rakenteita betonille tulisi luoda ihanteelliset olosuhteet kuivumisen varmistamiseksi. Lämpötilaa ja ilman riittävää vaihtumista säätelemällä saadaan kuivumista nopeutettua. Tuulettaessa tulee seurata lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta. Sisäilman lämpötila tulee pitää yli 21 asteessa ja suhteellinen kosteus alle 50 prosentissa. Näissä olosuhteissa sisäilman kosteuspitoisuus on  $8 \text{ g/m}^3$  ja kyky ottaa haihtuvaa kosteutta vastaan on hyvä. Tuuletuksessa kosteuspitoisuuden tulee olla sisällä suurempi kuin ulkona. Suomessa ulkoilman kosteuspitoisuus on käytännössä kesäkuusta lokakuulle korkeampi kuin  $9 \text{ g/m}^3$ . Sisäilma tulee tällaisessa tilanteessa nostaa yli 21 asteen, jolloin kuivuminen on mahdollista. Talvea kohti mentäessä

ulkolämpötila laskee ja samalla ilman kosteuspitoisuus laskee. Tällöin myös tuuletuksen kuivatusteho paranee. (Teriö & Hämäläinen 2017, 62.)

Lämmittämällä itse betonirakennetta betonin rakenteissa oleva kosteus saadaan siirtymään betonin pinnalle ja tätä kautta haihdutettua ympäröivään ilmaan. Tätä kuivatusta kutsutaan kohdekuivatukseksi. Haihtumista saadaan nopeutettua lisäämällä ilmanvirtaa betonin pinnalla esimerkiksi simpukkapuhaltimien avulla tai alentamalla ilman suhteellista kosteutta tuulettamalla ja koneellisilla kuivaimilla. Betonirakenteen uudelleenkastuminen voi kasvattaa kuivumisaikaa jopa kaksin- tai nelinkertaiseksi. Siksi on erityisen tärkeää saada vesi ohjattua hallitusti pois rakenteista ja poistaa näkyvä vesi vesi-imurin avulla. Myös betonirakenteen pinnalla oleva lika ja pöly heikentävät vesihöyryn haihtumista sitoessaan kosteuden itseensä. (Teriö & Hämäläinen 2017, 59–60.)

Kuivumisaika-arviot voidaan laskea arviointiohjeiston mukaan yleisesti käytettäville lattia- ja seinärakenteille. Ohjeistossa on peruskuivumiskäyrät ja muunnoskertoimet maanvastaiselle teräsbetonilaatalle, liittolaattarakenteille, kuorilaattarakenteille, ontelolaattavälipohjille, kelluville pintabetonilattioille ja massiiviselle teräsbetonirakenteelle, jota voidaan soveltaa sekä lattiaan että seiniin. Kuvissa 3 ja 4 esitetään massiivisen teräsbetonirakenteen peruskuivumiskäyrä- ja muunnoskerrointaulukko. Niiden avulla esimerkissä lasketaan rakenteelle kuivumisaika-arvio. (Merikallio 2002, 40–41.)



Kuva 3. Massiivisen teräsbetonilaatan peruskuivumiskäyrä (Merikallio 2002, 41).



Esimerkkinä käytetään 200 mm paksua välipohjalaattaa C25/30-betonilla, joka on päässyt kastumaan 2 viikon ajan betonoinnista. Kahden viikon päästä valusta on kuivatus aloitettu 25 asteen lämpötilassa, suhteellisen kosteuden ollessa 50 %. Rakenteen tavoitteellinen kosteus on 85 %, jolloin betonin päällystettävyyys monella pinnoitteella on mahdollinen. Peruskuivumiskäyrästä saadaan peruskuivumisajaksi 37 viikkoa. Peruskuivumisaika kerrotaan vesi-sementtisuhteen, rakenteen paksuuden-, kuivumissuunnan ja olosuhteiden kertoimilla, josta saadaan rakenteen kuivumisajaksi 27 viikkoa. Saadut arvot on koottu kuvaan 4. (Merikallio 2002, 42.)

|                         | Kerroin               |     |     |     |
|-------------------------|-----------------------|-----|-----|-----|
|                         | Vesideainesuhte (v/s) |     |     |     |
|                         | 0,7                   | 1   |     |     |
|                         | 0,6                   | 0,7 |     |     |
|                         | 0,5                   | 0,5 |     |     |
|                         | 0,4                   | 0,2 |     |     |
| Rakenteen paksuus (mm)  | Vesideainesuhte (v/s) |     |     |     |
|                         | 0,7                   | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| 200                     | 0,7                   | 0,7 | 0,7 | 0,8 |
| 230                     | 0,9                   | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| 250                     | 1,0                   | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 280                     | 1,3                   | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| 300                     | 1,6                   | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| Kuivumissuunta          | Vesideainesuhte (v/s) |     |     |     |
|                         | 0,7                   | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| Kahteensuuntaan         | 1,0                   | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Yhteensuuntaan          | 3,2                   | 2,6 | 2,3 | 2,0 |
| Olosuhteet              |                       |     |     |     |
| RH(%)                   | Lämpötila (C°)        |     |     |     |
|                         | 10                    | 18  | 25  | 30  |
| 35                      | 1,2                   | 0,8 | 0,7 | 0,6 |
| 50                      | 1,2                   | 0,9 | 0,7 | 0,6 |
| 60                      | 1,3                   | 1,0 | 0,8 | 0,7 |
| 70                      | 1,4                   | 1,1 | 0,8 | 0,7 |
| 80                      | 1,7                   | 1,2 | 1,0 | 0,9 |
| Kastuminen              | Vesideainesuhte (v/s) |     |     |     |
|                         | 0,4                   | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
| Kuivassa                | 1                     | 0,9 | 0,9 | 0,8 |
| Kosteassa yli 2 viikkoa | 1,0                   | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Kastunut yli 2 viikkoa  | 1,1                   | 1,2 | 1,3 | 1,5 |

Esimerkki:  
200 mm paksu välipohja, betoni C25/30 (v/s=0,7), kastunut yli 2 viikkoa, kuivatuksen alettua olosuhteet 25 C°/50 RH%. Tavoitekosteus 85% --> (Perusaika 37 viikkoa) x (v/s-kerroin 1,0) x (paksuuskerroin 0,7) x (kuivumissuuntakerroin 1,0) x (olosuhdekerroin 0,7) x (kastumiskerroin 1,5) = 37 x 1,0 x 0,7 x 1,0 x 1,5 = 27,2 = 27 viikkoa

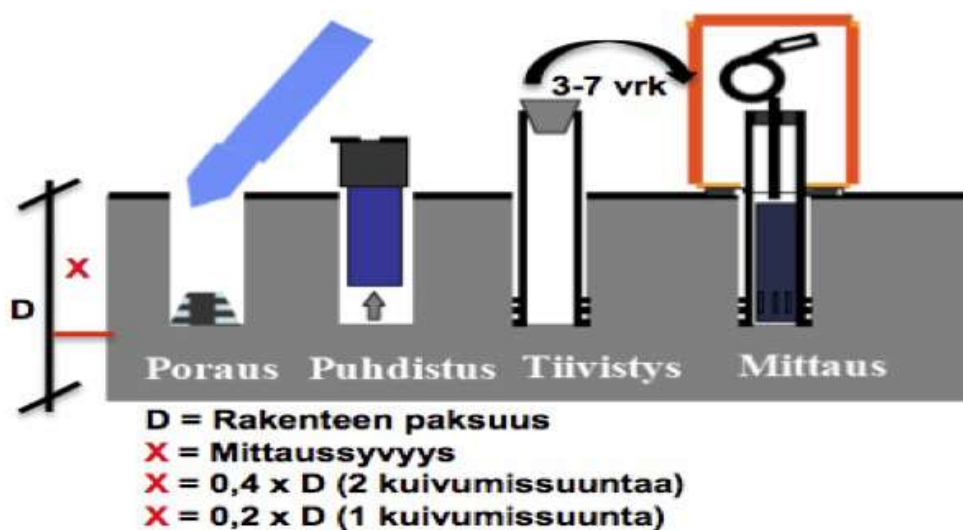
Kuva 4. Massiivisen teräsbetonilaatan kerrointaulukko (Merikallio 2002, 41).

## 5 BETONIN KOSTEUSMITTAUKSET

Betonirakenteista tehtävillä suhteellisen kosteuden mittauksilla pyritään saamaan selville rakenteen kosteusteknistä käyttäytymistä sekä mihin päin kosteus rakenteessa liikkuu. Mittaustulosten perusteella voidaan arvioida ylimääräisen veden määrä suhteessa ympäröivään ilmaan. Mittauksen perusteella arvioidaan, onko betonirakenne riittävän kuiva, jotta se voidaan päällystää ilman kosteusvaurioriskiä. Suhteellista kosteutta voidaan mitata, joko porareikämenetelmällä tai rakenteesta otettavilla näytepaloilla. Suhteellisen kosteuden mittaaminen on melko haastava tehtävä, koska monet asiat voivat johtaa virheelliseen tulokseen. Päällystettävyyssmittauksissa mittauksiin vaikuttavat valuajankohdat, rakenteen kastuminen, betonilaatu, päällystysmateriaali, rakenneratkaisu ja mitattavan paikan olosuhteet. Mittaustuloksen oikeellisuus on tärkeää, koska virheellinen mittaaminen voi johtaa töiden viivästymiseen tai liian aikainen päällystys materiaalin kosteusvaurioon. (Merikallio 2002, 11–12.)

### 5.1 Porareikämenetelmä

Betonin suhteellinen kosteus mitataan yleisimmin porareikämenetelmällä, jossa betoniin poratessa reiässä kosteus asettuu tasapainoon ympäröivän betonin kanssa. Mittausreiä porataan sille syvyydelle, mistä mittaustulos halutaan saada. Mittaustuloksia on suositeltavaa ottaa useammalta eri syvyydeltä. Porareikämenetelmän työvaiheet esitetty kuvassa 5. Mittausreiän halkaisijan tulee olla muutaman millin mittapäästä suurempi. Useimmat mittapäätyypit edellyttävät 16 mm:n reiää. Markkinoilla on myös saatavilla pienempää reikään tarkoitettuja mittapäitä. Tällaiset 4–6 mm:n mittapäät soveltuvat kosteusvaurio mittauksiin esimerkiksi laattojen saumoista. Alle 10 mm:n reiästä ei betonin kosteudenmittauksessa päästä yhtä hyvään mittatarkkuuteen, koska pienen reiän sivuja ei pystytä tiivistämään luotettavasti. (Merikallio 2002, 13.)



Kuva 5. Porareikämittauksen työvaiheet (Merikallio 2002, 13).

Reiät porataan kuivaporausmenetelmällä, jolloin reiän kosteuspitoisuus ei lisääny. Mittareikää tehtäessä tulee varmistaa etukäteen tunnetuista dokumenteista, että paikka soveltuu mittauspisteeksi. Poratessa tulee varoa poraamista sähkö- tai vesiputkiin. Porauksen jälkeen reikä tulee puhdistaa huolellisesti porauksesta syntyneestä pölystä. Puhdistamaton reikä antaa yleensä liian korkeita kosteustuloksia. Porauksen jälkeen reikään asetetaan mittausputki, joka tiivistetään putken juuresta ja päältä. Tällöin olosuhteet putken sisällä eivät pääse muuttumaan. Putken annetaan tasaantua reiässään 3–7 vuorokautta, jonka jälkeen mittaus voidaan suorittaa. Jos mittaus tehdään liian nopeasti porauksen jälkeen, saadaan liian korkeita kosteuden arvoja. Porauksen jälkeen reiän lämpötila nousee kitkan takia, ja kosteustasapaino betonin huokosissa häiriintyy. Porauksen vaikutus on sitä suurempi, mitä kuivempaa betonia mitataan. Kostea betonia mitattaessa ei kosteus voi hirveästi nousta porauksen vaikutuksesta, mutta kuivan betonin arvot voivat vääristyä 15–20 %. (Merikallio 2002, 13.)

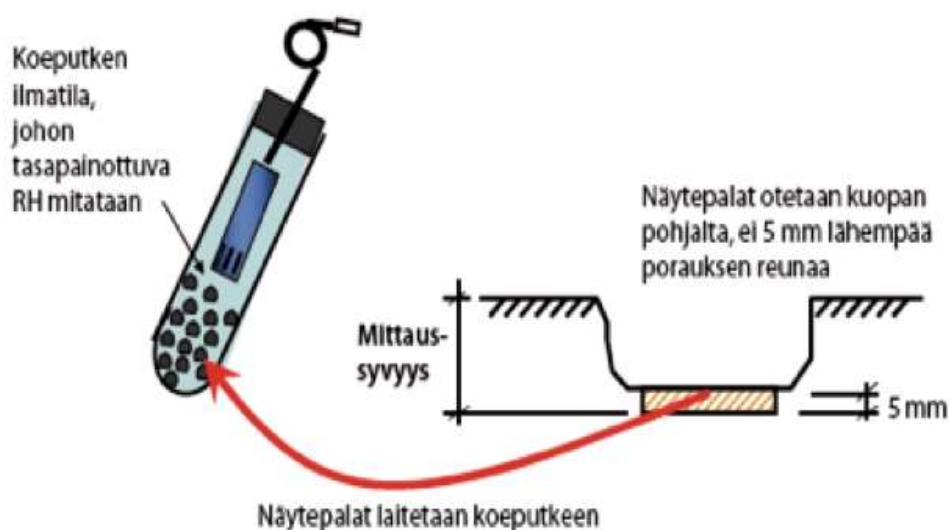
Ennen mittapään asennusta mittausreikään tulee testata mittapään toimintakunto ja suorittaa sen kalibrointi. Lisäksi mittapään tulee tasaantua mitattavaa rakennetta ympäröiviin olosuhteisiin. Olosuhteiden on myös pysyttävä tasaisina mittauspisteessä. Ovista tuleva kylmä ilma voi aiheuttaa mittapäähän veden kondensoitumista, mikä antaa liian suuria kosteuksia. Myös kylmän mittapään asentaminen mittausreikään voi aiheuttaa kosteuden tiivistymisen anturiin. Anturin voi asentaa mittareikään heti porauksen jälkeen, mutta yleisimmin reiän annetaan tasaantua kolme vuorokautta.

Mittapää on kuitenkin laitettava reikään heti, kun reiän tiivistys avataan. Tämän jälkeen anturin ja mittausputken sauma on tiivistettävä huolellisesti. Anturin annetaan tasaantua putkessa niin kauan, kunnes putken kosteustasapaino saavutetaan. Tasaantumisaika on 1–24 tuntia, riippuen anturityypistä, mittapään kosteuskapasiteetista, betonin kosteudesta sekä halutun mittauksen tarkkuudesta. Tasaantumisaajan jälkeen mittapää luetaan kosteusmittarilla, jolloin laite antaa kosteuden ja lämpötilan porareian pohjalta. Saadut arvot otetaan ylös ja kirjataan mittauspöytäkirjaan. (Merikallio 2002, 14–15.)

Lämpötila voi aiheuttaa merkittäviä virheitä porareikämittauksessa. Lämpötilan on oltava mittauspisteessä lähellä rakennuksen lopullista käyttölämpötilaa. Lämpötilan muutokset mittauksen aikana tai anturinpään ja betonin lämpötilaerot antavat myös virheellisiä tuloksia. Porareikämittausta tehdessä rakenteen tulisi olla lähellä 20 asteen lämpötilaa, joka on rakennuksen käyttölämpötila. Lämpötilassa viiden asteen heitto suuntaan tai toiseen voi aiheuttaa 0–5 % virheen mittauksessa. Lämpötilaero mitta-anturin ja betonin välillä voi syntyä, jos mittaushetkellä aurinko pääsee paistamaan mitattavaan kohteeseen tai ulko-ovi avataan talvella mittaushetkellä. Mikäli porareikämittauksen olosuhteita ei pystytä hallitsemaan, tulee mittaus tehdä näytepalamenetelmällä, joka käsitellään seuraavaksi. (Merikallio 2002, 16.)

## 5.2 Näytepalamenetelmä

Näytepalamenetelmä on porareikämenetelmään nähden nopeampi ja luotettavampi kosteudenmittaustapa. Näytepalamenetelmää käytetään silloin, kun tulokset halutaan nopeasti tai ympäröivät olosuhteet vaihtelevat mittauksen aikana. Mittauspisteessä rakenteeseen porataan halkaisijaltaan 100–150 mm:n piiri aina mittausyvyyteen asti. Piirin sisään jäänyt betoni piikataan irti, jolloin esiin tullut pinta on näytteenottopinta. Näytteenottopinnasta hakataan irti betonimursusia ja ne asetetaan koeputkeen mittausta varten. Putkeen ei tule laittaa hakkauksesta syntyvää betonipölyä. Koeputken tilavuudesta tulee täyttää noin kolmasosa mitattavalla kiviaineksella, jonka jälkeen koeputken päähän asennetaan mittapää ja se tiivistetään huolellisesti. Näytteenoton jälkeen koeputki siirretään 20 asteen lämpötilaan tasaantumaan ja odottamaan mittaustulosten lukemista. Siirron ajaksi koeputket laitetaan lämpöeristettyyn astiaan lämpötilavaihteluiden estämiseksi. Näytepalojen annetaan tasaantua vakiolämpötilassa 2–12 tuntia, jonka jälkeen luetaan kosteusarvo ja lämpötila. Kuvassa 6 havainnollistetaan näytepalamenetelmän keskeinen ajatus. (Merikallio 2002, 17–18.)



Kuva 6. Näytepalamenetelmä (RT 14-10675. 1998).

### 5.3 Mittauspiste ja betonipintojen päällystettävyys

Rakennustyömaalla kannattaa ennakkoon tehdä kosteusmittaus suunnitelma, josta käy ilmi mittausajan kohdat ja mittauspiste. Ensimmäinen mittaus tulisi tehdä heti kun rakenteet ovat alkaneet kuivua ja ylimääräinen kosteusrasite on loppunut. Ensimmäinen mittaus antaa kuvan kuivatustarpeesta. Mittauksia jatketaan 2–4 viikon välein, jolloin pystytään seuraamaan kuivumisen etenemistä. Mittauksia tehdään aina siihen asti, kunnes rakenne on riittävän kuiva päällystettäväksi. (Merikallio 2002, 21.)

Mittauspiste valitaan rakenteen tyyppin, valuajankohdan ja halutun rakennustilan mukaan. Mittauksia suositellaan kerrostalossa tehtävän kahdesta eri huoneistosta ja lisäksi kahdesta eri kylpyhuoneesta. Mittausten määrässä on huomioitava erilaisten päällystysmateriaalien lukumäärä ja niiden asettamat kosteusvaatimukset. Mikäli rungon eri osissa on rakenteellisia eroja, kuten valuseiniä ne tulee huomioida mittauspisteissä tai jos jotkin rakenteet tiedetään kastuneet runkovaiheessa enemmän kuin toiset. (Merikallio 2002, 21.)

Betoni itsessään kestää hyvin kosteutta, mutta betonin sisältämä kosteus voi vaurioittaa päällystettäviä materiaaleja ja niiden kiinnitysmateriaaleja. Rakenteen kosteusjakauma voi olla hyvinkin suuri. Tämä tarkoittaa sitä, että betonin pintarakenteet voivat olla hyvinkin kuivia, mutta syvemmillä kosteus voi olla 95 %. Ajan kuluessa betoni rakenne kuivuu ja kosteus siirtyy kohti pintaa, mikä voi aiheuttaa vaurioita päällystettäville

materiaaleille. Vaurioiden syntyyn vaikuttaa päällystysmateriaaliin kohdistuva kosteusvirta ja materiaalin vesihöyrynläpäisevyys. Mikäli kosteusvirta on suuri ja vesihöyrynläpäisevyys on huono, aiheuttaa se riskin kosteusvaurioiden synnylle. Ennen päällystämistä tehtävillä mittauksilla halutaan varmistua sillä, että alusta betonin kosteussisältö ei ole kriittisellä tasolla. (Merikallio 2002, 22–23.)

Taulukossa 1 on annettu suuntaa antavia päällystysmateriaalien raja-arvoja. Huomioitavaa kuitenkin on, että rakennustuotteiden valmistajat ovat yleensä testanneet tuotteet, joten valmistajan antamat arvot ovat luotettavampia kuin suuntaa antavat arviot.

Taulukko 1. Raja-arvot eri lattiapäällysteille (Betonilattian pintatarvikkeet 2018.)

| <b>Lattiapäällyste</b>  | <b>Betonin RH (%)<br/>arviointisyvyydeltä<br/>(A)<sup>1</sup></b> | <b>Betonin ja/tai<br/>tasoitteen RH (%)<br/>pinnassa 1–3 cm:n<br/>syvyydeltä (0,4 x A)</b> |
|---|---|--|
| <b>Kelluva lautaparketti ja alusmateriaali</b>  | 85  | 75   |
| <b>Alustaan liimattava lautaparketti (Normaali betoni)</b>  | 85  | 75   |
| <b>Laminaatti</b>   | 85  | 75   |
| <b>Mosaiikkiparketti (Normaali betoni)</b>  | 85  | 75   |
| <b>Muovimatot</b>   | 85  | 75   |
| <b>Linoleumi</b>  | 85  | 75   |
| <b>Kumimatot</b>  | 85  | 75   |
| <b>Tekstiilimatto, tiivis alusta (pvc, kumi, kumilateksisively) tai luonnonmateriaalista tehty</b>  | 85  | 75   |
| <b>Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta</b>   | 90  | 75   |
| <b>Muovi-,kumi- ja linoleumilaatat</b>  | 90  | 75   |
| <b><sup>1)</sup> Arviointisyvyys A on rakenteen paksuudesta riippuva kosteusmittaus syvyys. Kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa mittaus syvyys on 20 %:a rakenteen paksuudesta ja yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa 40 %:a. Maksimimittaussyvyys on 70 mm:ä.</b> |   |  |

## 6 KOSTEUDENHALLINTA YIT SUOMI OY:SSÄ

Opinnäytetyön tutkimusosion tiedot on kerätty YIT Suomi Oy:n kohteen As Oy Fabriikin Faunan rakentamisen ajalta. Tutkimusosion haastattelut päätettiin toteuttaa Faunassa, koska kyseinen kohde toimi myös YIT Suomi Oy:n asumisen liiketoiminnan Lounais-Suomen yksikön tahtituotannon pilottikohteenä, jonka menetelmät pohjautuvat LEAN-ajatteluun. Tahtituotanto otetaan käyttöön tulevaisuudessa yrityksen kaikissa alkavissa asuntokohteissa. Tahtituotannon tarkoituksena on lyhentää rakentamisaikaa, joten myös kosteudenhallintaa on hyvä tutkia tahtituotantokohteessa. Tutkimusosion tiedot on kerätty haastattelemalla kohteen vastaavaa työnjohtajaa Aki Ahremaata, työmaainsinööri Janne Heinosta ja tutustumalla kohteen kosteudenhallintaselvitykseen ja kosteudenhallintasuunnitelmaan.

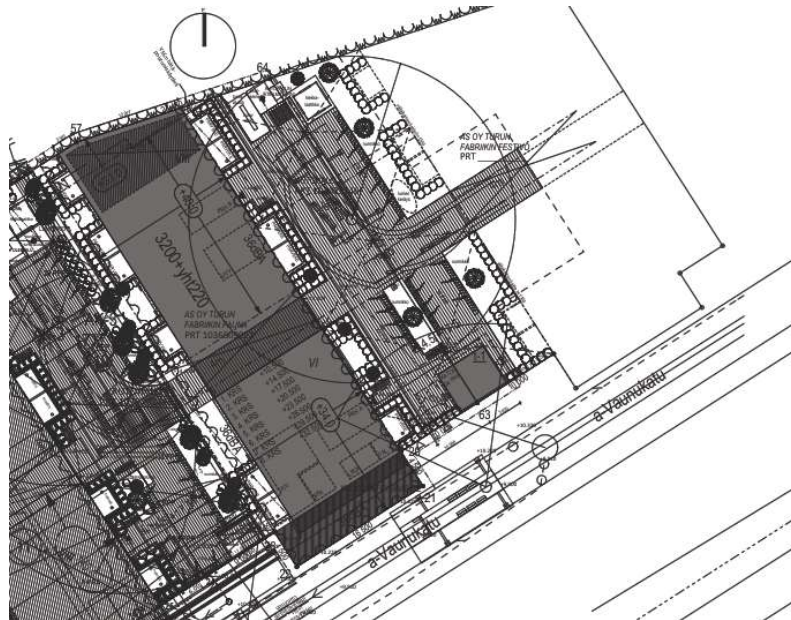


Kuva 7. Faunan rakennusvaihe

### 6.1 Taustaa

Turun Logomon alueelle on kaavoitettu yli 30 kerrostaloa, jotka sisältävät noin 1 200 asuntoa. Ensimmäiseen vaiheeseen suunnitellut kuusi taloa tulevat aivan Turun-Helsingin radan varteen, joihin on suunniteltu noin 350 asuntoa. Faunan rakentaminen aloitettiin tammikuussa 2018 ja se valmistui huhtikuussa 2019. Kohde sisältää 96 asuntoa kahdessa portaassa. Talon pohjakerrokseen toteutettiin pihakansirakenne,

jonka alle on suunniteltu autohalli 32 autolle. Faunan asunnot ovat pinta-alaltaan pääosin pieniä 20 m<sup>2</sup> – 61,5 m<sup>2</sup>:n yksiöitä ja kaksioita. Asuntojen keskipinta-ala on 29,5 m<sup>2</sup>. Faunan väliseinät toteutettiin pääosin elementtirakenteisena, jonka välipohjat tehtiin paikallavaluina. (YIT Suomi Oy 2019.)



Kuva 8. Aluesuunnitelma As Oy Turun Fauna (SokoPro-projektipankki 2019).

Samalla alueella alkoi syksyllä 2018 myös seuraava aluehankkeen kohde, Turun Fabriikin Festivo. Festivo on lähes samanlainen rakennus kuin Fauna, mutta korttelin suunnikkaan muodon takia Festivon pituus on hieman Faunaa lyhyempi. Faunan rakentamisen yhteydessä on tehty osa Festivon pihakannesta, jonka alapuolista autohallia käytettiin Faunan materiaalien varastoinnissa hyödyksi. (YIT Suomi Oy 2019.)

## 6.2 Kosteudenhallintaselvitys

Maankäyttö- ja rakennuslaki (958/2012, 117. §) velvoittaa, että

”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.”



Maankäyttö- ja rakennuslain momentin 958/2012 mukaisesti säädettiin ympäristöministeriön asetus 782/2017, rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta. Asetuksen luvun kolme mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Kosteudenhallintaselvityksessä esitetään ne toimenpiteet, joilla rakennushankkeeseen ryhtyvä varmistaa kosteudenhallinnan toteutumisen koko elinkaaren ajan. (Ympäristöministeriö 782/2017.)

Ahremaan mukaan Faunassa oli vielä turhan aikaista ottaa käyttöön Kuivaketju10-toimintamallia, koska se oli vasta muotoutumassa. Kohteen kosteudenhallintaselvityksessä oli käytetty apuna Kuivaketju10:n kymmenen kohdan riskilistaa. Kosteudenhallintaselvityksen tarkoituksena oli esittää toimenpiteet, joilla päästään kosteudenhallinnan tavoitteeseen, selkeytetään ja tiedotetaan eri osapuolten vastuut eri vaiheissa, tunnistetaan kosteudenhallinnanriskit suunnitteluvaiheesta käyttöönottoon ja määritetään menettelytavat edellä mainittujen riskien hallintaan. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019.)

Kosteudenhallintaselvityksessä on esitetty hankkeen yleiskuvaus aikatauluineen ja rakennusosien kosteusriskiluokka. Kosteusriskiluokka määräytyy kohteen kosteusteknisestä ja kosteudenhallinnan vaativuuden perusteella. Riskiluokan valintaan voi vaikuttaa myös kosteusvaurioiden seuraukset, jolloin vakavien tai laajojen seuraamusten perusteella riskiluokkaa voidaan nostaa. Faunan kohdalla riskiluokka on kaksi, mutta vaativat rakennusosat kuuluvat luokkaan kolme. Selvityksessä esitetään hankkeen rakenteet ja mahdolliset erityispiirteet, jotka Faunassa ovat julkisivun ulosvedetyt rakenteet, kipsipintalattiat, autohallin kannet, rakennusvaiheiden työsaumat ja vesikattorakenteet. Kosteudenhallintaselvityksessä hankkeelle nimettiin kosteuskoordinaattori, jonka tehtävä on valvoa ja ohjata kosteudenhallinnan tavoitteiden toteutumista suunnittelu vaiheesta rakennuksen käyttöönottoon asti. Faunan kosteuskoordinaattoriksi valittiin henkilö yrityksen sisältä, joka ei ollut kuitenkaan työmaantoihmihenkilö. Kosteuskoordinaattoriksi voidaan valita myös ulkopuolinen henkilö, jos kelpoisuusvaatimukset eivät täyty. (YIT Suomi Oy 2019, Kosteudenhallinta 2020.)

Suunnitteluvaiheessa suunnittelijat vastaavat oman suunnittelualansa kosteusteknisestä toimivuudesta huomioiden rakennusfysikaalinen toiminta, toteutettavuus ja käytönaikainen huollettavuus. Kosteuskoordinaattori valvoo suunnitteluvaiheessa kosteudenhallinnan tavoitteiden toteutumista. Suunnitteluvaiheen päättyessä

hankkeesta on laadittu kosteudenhallinnan alustava riskianalyysi hankkeen rakentamisen valmistelua varten. Tämän pohjalta laaditaan kosteudenhallintasuunnitelma kosteudenhallintakoordinaattorin hyväksyttäväksi. Hankkeelle nimetään kosteuskoordinaattorin hyväksymä kosteudenhallintavastaava työmaatoteutusta varten, joka varmistaa, että kosteudenhallintasuunnitelmaan kirjatut toimenpiteet tehdään suunnitelmien mukaisesti. (YIT Suomi Oy 2019.)

Ennen rakennusvaiheen alkua päätoteuttaja laatii yksityiskohtaisen työnaikaisen kosteudenhallintasuunnitelman kosteudenhallintaselvityksen pohjalta ja hyväksyttää sen kosteuskoordinaattorilla. Työnaikaisessa kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään seuraavat asiat:

- kosteusriskien kartoitus
- työmaan olosuhdehallinta
- materiaalien ja rakenteiden suojaaminen kastumiselta
- kosteusmittausuunnitelma
- organisointi, vastuunjako, seuranta ja valvonta.

Hanketta varten laadittu kosteudenhallinnan vastuunjakomatriisi liitettiin rakentamisvaiheessa työnaikaiseen kosteudenhallintasuunnitelmaan. Kosteudenhallinnan valvonnan vastuunjakomatriisiin kootaan

- eri työvaiheiden kosteudenhallinnan valvontakohteet
- näiden kohteiden tarkastukset
- tarkastuksen suorittajat ja päiväykset ja kuittaukset tehdyistä tarkastuksista.

Kaikki hankkeen urakoitsijat sitoutettiin urakkasopimuksilla noudattamaan kosteudenhallintasuunnitelmassa esitettyjä toimintatapoja ja -periaatteita. (YIT Suomi Oy 2019.)

### 6.3 Kosteudenhallintasuunnitelma

Ympäristöministeriön asetuksessa 782/2017 esitetään vaatimukset rakennuksen kosteusteknisistä vaatimuksista rakennushankkeeseen ryhtyvältä. Vastaavan työnjohtajan on huolehdittava, että kosteudenhallintasuunnitelma tehdään hankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuen. Kosteudenhallintasuunnitelman laatimiseen käytetään ympäristöministeriön asetusta 216/2015, joka määrää rakentamista

koskevista suunnitelmista ja selvityksistä. Asetuksessa 216/2015 edellytetään, että kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään toimenpiteet, joilla varmistetaan, että rakennusaineet, -tuotteet ja -osat suojataan työmaan olosuhteista aiheutuvilta kosteusvaikutuksilta. (Ympäristöministeriö 782/2017.)

Työnaikaisessa kosteudenhallintasuunnitelmassa kartoitetaan mahdolliset kosteusriskit ja toimenpiteet, miten näitä riskejä torjutaan kaikissa vaiheissa. Työmaan olosuhdehallinta suunnitellaan siten, että materiaalit ja rakenteet pystytään suojaamaan kastumiselta koko työmaan ajan. Kosteudenhallintasuunnitelma sisältää myös kosteusmittaus suunnitelman, jossa määritetään kosteusmittausaikataulut ja näytteenottopisteet, huomioiden erityiset rakenteet ja materiaalien päällystettävyyden arvot. Faunan kosteusmittaus suunnitelmaa käsitellään myöhemmässä luvussa. Hanketta varten laaditaan vastuunjakomatriisi, joka liitetään työnaikaiseen kosteudenhallintasuunnitelmaan. Vastuunjakomatriisiin kirjataan eri työvaiheiden kosteudenhallinnan valvontakohteet, näiden tarkistukset ja tarkistuksen suorittajat, sekä kuittaukset tehdyistä tarkastuksista. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019.)

## **Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältö**

1. Toimitus
  - Toimitusten oikea-aikaisuus (JOT)
  - Varastointi- ja käsittelyohjeet
  - Suojaukset kuljetuksen aikana
2. Suojaukset
  - 2.1 Materiaalit
    - Varastointipaikat
    - Suojaus ulkona
    - Suojaustarvikkeet
    - Siirrot työmaalla
  - 2.2 Keskenkäynteiset rakenteet
    - Väliaikaiset suojaukset
    - Sadeveden poisto holvilta
    - Suojaustarvikkeet
3. Rakenteiden kuivatus
  - Pinnoitettavuus ja kuivumisajat

- Kuivatusmenetelmät
  - Kuivatusolosuhteet
  - Vaativat rakenteet
  - Kosteusmittaukset
4. Tiedottaminen ja koulutus
- Työntekijöiden asennekasvatus
  - Työntekijöiden tiedottaminen
5. Erityispiirteet

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan on sisällytetty vastuunjakomatriisi, kosteusriskianalyysi ja keskeisimmät kosteudenhallinnan menettelytavat. Kosteudenhallintasuunnitelman ovat hyväksyneet allekirjoituksin vastaava työnjohtaja, kosteusvastaava ja kosteudenhallintakoordinaattori. (YIT Suomi Oy 2019.)

#### 6.4 Toteutus

Ahremaan mukaan kohteen keskeisimmät kosteudenhallintaa parantavat toimenpiteet olivat rungon valmistuminen yhden rapun viikossa. Tällöin yhden kerroksen rakentamiseen meni aikaa noin kaksi viikkoa, kun talossa oli kaksi rappua. Kahden viikon kierrolla saatiin seuraavan kerroksen holvi suojaamaan alempia kerroksia sateen vaikutuksilta. Rungon noustessa ylöspäin oli tärkeää vaipan aukkojen sulkeminen ikkuna- ja ovi-asennuksin. Ikkuna-asennusten jälkeen rakennuksen kaukolämpöön kytketty lämmitysjärjestelmä saatiin kytkettyä päälle, jolloin rakenteiden kuivaaminen saatiin käyntiin. Seuraava keskeinen asia oli Ahremaan mielestä, että runko saatiin valmiiksi mahdollisimman nopeasti, jolloin rakennuksen vesikattotyöt oli mahdollista aloittaa. Vesikattotyön jälkeen veden pääsy rakennuksen sisälle pysähtyy. Se oli olennainen osa pinnoitustöiden aloitusajankohtaa suunniteltaessa. Tasoite-, maalaus- sekä laatoitustyöt vaativat, että pinnoitettavat seinä- ja lattiarakenteet ovat riittävän kuivia. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019.)

YIT Suomi Oy:n työmailla otettiin vuoden 2019 alussa laajalti käyttöön työmaan hallintaan kehitelty Congrid-järjestelmä, jota käytettiin aluksi turvallisuushavaintojen ja TR-mittausten tekemiseen. Järjestelmän kehityttyä siitä tuli tärkeä työkalu työmaan kosteudenhallintaan. Congridiin luotiin valmiita valvontakohteita työvaiheittain, joiden mukaan työnjohto työmaakierroksella ollessaan varmisti, että kosteudenhallinnan toimenpiteet toteutettiin suunnitelmien mukaan. Älypuhelinsovelluksen avulla työnjohtaja

sai dokumentoitua valokuvan avulla valvontakohteen hyväksytyksi. Congridin tarkastuslistoja ja niiden sisältöä käsitellään myöhemmässä luvussa. (Heinonen 2019, haastattelu 6.5.2019.)

Työmaatoteutuksessa materiaalien olosuhdehallinta oli huomioitu jo kuljetusten aikaisessa suojauksessa. Tällöin rakennusmateriaalit olivat kuivia saapuessaan työmaalle. Toimitusten oikea-aikaisuus oli tärkeä osa kuivana pysymisen ketjua, koska tällä pystyttiin varmistamaan, että työmaalla oli toimituksen saapuessa edellytykset varastoida materiaalit valmistajan ohjeiden mukaisesti. Toimitusajat ja varastointipaikat oli suunniteltu etukäteen ja näin vältettiin turhaa välivarastointia. Varastoinnissa otettiin huomioon varastoitavan materiaalin vaurioherkkyys ja tämän mukaan materiaalit varastoitiin ulko- tai sisätiloihin. Ulkovarastointia pyrittiin välttämään herkimpien materiaalien osalta. Ulkovarastointi toteutettiin tuulettuvalle alustalle irti maasta ja materiaalit suojattiin pressuilla ilmatilat huomioiden. Omat työntekijät perehdyttiin kosteudenhallinnan päivittäiseen toimintaan, jotta esimerkiksi materiaalien siirtojen ja työpäivän jälkeiset suojaukset huolehdittiin kuntoon oikeaoppisesti. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019.)

Maa- ja pohjarakennusvaiheessa tarkistettiin, että salaojat oli asennettu suunnitelmien mukaiseen korkotasoon. Kapillaarikerrosten sijainti ja kerrospaksuudet dokumentoitiin valokuvoin Congrid-ohjelmistoon, kun ne oli todettu suunnitelmien mukaisiksi. Maanpinnan korkeustasot tarkistettiin rakennuksen nurkkapisteistä ja 3 metrin päästä rakennuksesta. Maanpinnan tulee olla vähintään 1:20 kallistettuna rakennuksesta pois päin. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019; Congrid 2020.)

Perustusvaiheessa tarkistettiin, että ulkopuoliset vedeneristykset on tehty suunnitelmien mukaisesti ja perusmuurin yläpintaan on sivelty kapillaarikatko estämään kosteuden nousun alapohja rakenteisiin. Ennen pohjalaatan valua viemäreiden suunnitelmien mukaisuus tarkastettiin autohallin kaadot huomioiden. Tarkastukset dokumentoitiin valokuvoin ennen rakenteiden peittämistä. Alapohjalaatan korot ja kaadot tehtiin suunnitelmien mukaisesti ja ne tarkistettiin ja todennettiin tarkepiirustukseen. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019; Congrid 2020.)

Autokannen vedenpitävyys oli riskilistan tärkeimpiä asioita, koska mahdolliset vuodot on vaikea paikantaa ja mahdoton korjata ilman rakenteiden purkamista. Tällaiset korjaustoimenpiteet ovatkin usein hyvin kalliita. Autokannen valutöitä tehdessä varmistettiin kaatojen riittävyys ja suunnitelmien mukaisuus. Näin sadevedet saatiin

ohjattua hallitusti jo rakennusaikana viemäriverkoston. Kannen lämmöneristeiden ja pintabetonoinnin jälkeen kannelle tehtiin 3-kerroksinen bitumihuopaeristys ylösnostoineen, jolloin rakenteesta saatiin vesitiivis ja alapuolinen autohalli oli mahdollista ottaa varastointikäyttöön. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019; Congrid 2020.)

Faunan runkovaihe päästiin toteuttamaan suhteellisen kuivissa olosuhteissa kesän ollessa vähäsateinen. Ikkuna- ja oviaasennukset tehtiin välittömästi holvimuotin purun jälkeen, jolloin estettiin viistosateen pääsy sisälle rakennukseen. Ikkuna- ja oviaasennuksen jälkeen rakennuksen vaippa oli tiivis, joten vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä oli mahdollista kytkeä päälle. Huonon kuivumisen takia, kuivumista tehostettiin simpukkapuhaltimin ja kosteudenpoistajin. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019; Congrid 2020.)



Kuva 9 Kosteudenpoistaja, vesikiertoinen lämpöpuhallin ja simpukkapuhallin (YIT Suomi Oy 2019).

Ylimpien kerrosten rakentaminen ajoittui alkusyksyyn, jolloin myös sade tuli ottaa enemmän huomioon työskentelyssä. Holvilla vedet johdettiin paikalliskaadoin viemäriverkoston. Hormielementtien kautta alakertaan valuva vesi estettiin hormin yläpäihin asennettavin väliaikaisin vanerilapuvin. Asuntojen pintalattiat toteutettiin kipsimassalla. Kipsi pintalattiamateriaalina oli uusi tuttavuus työmaalla, josta aiheutuikin monia toimenpiteitä, kun kipsin aiheuttama kosteuslisä rakennuksen sisällä oli suuri ja kuivuminen luultua hitaampaa. Kuivatusta jouduttiin tehostamaan lattialämmityksen ja ilmankuivainten avulla. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019; Congrid 2020.)

Vesikatto tehtiin kahdessa osassa, kun A-portaan kuusi kerrosta valmistuivat noin viisi viikkoa B-portaan kahdeksaa kerrosta aikaisemmin. Ylimmälle holville asennettiin vedenpoistoa varten kuivakaivot, joista vesi johdettiin rakennuksen ulkopuolelle paikalliskaadoin ja ulosheittäjä putkin. Ennen vesikaton puutöiden aloitusta holvin

pinnalle asennettiin bitumihuopa, jonka ansioista holvista saatiin vesitiivis. Eristys tuotiin myös seinälinjan yli, mikä vähensi veden valumista julkisivumuuraus mestalle. Lämpivientien ylösnostojen tiiveyteen kiinnitettiin erityistä huomiota, jotta rakenteesta saatiin vesitiivis. Myös avoinna olevat ilmastointiputket suojattiin pressurakentein, näin estettiin veden valuminen kanavistoon. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019; Congrid 2020.)

## 6.5 Kosteusmittaukset ja mittaustulokset

Faunan kosteusmittauksista tehtiin kosteusmittaus suunnitelma, joka määrittelee valettujen pintalattioiden aikataulua (kuva 10). Pintalattioita valettiin yksi kerros viikossa ja valetun kerroksen kuivumisen seuranta aloitettiin kahden viikon kuluttua valusta porareikämenetelmällä. Porareikämittaukset suoritettiin työmaan toimesta Väisälä HM40S-kosteusmittaria käyttäen. Ennen pintalattiatöiden aloitusta holvin kuivuus oli varmistettu kahdesta eri mittauspisteestä. Samalla kertaa mitattiin elementtirakenteiset väliseinät, jotka todettiin myös pinnoitettavan kuivaksi. Seinien mittauksia jatkettiin ylemmistä kerroksista lattiamittausten yhteydessä. Näissä mittauksissa ei kuitenkaan havaittu pinnoitettavuuden estäviä kosteuspiitoisuuksia. Olosuhteita asunnoissa pidettiin kuivumiselle ihanteellisina, kun ilman suhteellinen kosteus oli alle 50 % ja lattialämmön kierron lämpötila oli 20 astetta. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019; Heinonen 2019, haastattelu 6.5.2019.)

| Kosteusmittaus suunnitelma As Oy Fabriikin Fauna |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pvm: Päivitetty 15.10.2018                       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Laatija: Mittausmerkit: PL=pintalattia           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Mittauskuivatil (RH<85%) S=seinä                 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Krs  | vk 36 | vk 37 | vk 38 | vk 39 | vk 40 | vk 41 | vk 42 | vk 43 | vk 44 | vk 45 | vk 46 | vk 47 | vk 48 | vk 49 | vk 50 | vk 51 | vk 52 |
| A2   | PL    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| A3   |       | PL    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| A4   |       |       | PL    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| A5   |       |       |       | PL    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| A6   |       |       |       |       | PL    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| B2   |       |       |       |       |       | PL    |       |       |       | PL    |       |       |       |       |       |       |       |
| B3   |       |       |       |       |       |       | PL    |       |       |       | PL    |       |       |       |       |       |       |
| B4   |       |       |       |       |       |       |       | PL    |       |       |       | PL    |       |       |       |       |       |
| B5   |       |       |       |       |       |       |       |       | PL    |       |       |       | PL    |       |       |       |       |
| B6   |       |       |       |       |       |       |       |       |       | PL    |       |       |       | PL    |       |       |       |
| B7   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | PL    |       |       |       | PL    |       |       |
| B8   |       |       |       |       |       |       |       |       | S     |       |       | PL    |       |       |       | PL    |       |
|  |       |       |       |       |       |       |       |       | S     |       |       |       |       |       |       |       |       |

CRAMO  
mitannut  
näytepala  
kipsivalu  
15.10.2018

Kuva 10. Kosteusmittaus suunnitelma (YIT Suomi Oy 2019).

Kipsilattia oli uusi pintalattiamateriaali kohteessa ja sille oli luvattu toimittajan puolesta nopeampi kuivuminen kuin aikaisemmin käytössä olleelle kuitubetonille. Ensimmäisen mittauksen tuloksista kuitenkin huomattiin, ettei kuivuminen kylpyhuoneissa ollut alkanut odotetulla tavalla. Tämän jälkeen kuivumisolosuhteita parannettiin kosteudenkerääjiä lisäämällä ja kiinnittämällä enemmän huomiota ilman vaihtuvuuteen. Työmaalle hankittiin myös kosteusmittareita, joilla pystyttiin varmistamaan riittävän alhainen sisäilman kosteus. Rakenteiden annettiin kuivua parannetuissa olosuhteissa muutaman viikon ajan, jonka jälkeen mittaukset uusittiin kahdessa alimmaisessa kerroksessa. Tulokset eivät tämän kuivatusjakson aikana olleet parantuneet vielä kuin muutaman prosenttiyksikön. Tässä vaiheessa myös kuivientilojen 35 mm paksu lattiarakenne todettiin riittävän kuivaksi. Ongelmaksi näytti tässä vaiheessa jääneen märkätilojen 75 mm paksu kipsilattia. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019; Heinonen 2019, haastattelu 6.5.2019.)

Rakenteiden kuivatusta jatkettiin taas muutaman viikon ajan, jonka jälkeen haluttiin varmistaa mittaustulosten laatu ulkopuolisen mittaajan toimesta. Ulkopuolinen mittaaja käytti kosteusmittauksessaan näytepalamenetelmää, joka mielletään luotettavuudeltaan porareikä menetelmää luotettavammaksi. Mittaustulokset otettiin kaikista A-rapun kuuden kerroksen pesuhuoneista, näytesyvyyden ollessa 30 mm. Jokaisesta pesuhuoneesta otettiin varmuudeksi kaksi näytepalaa. Nämä tulokset olivat kaikki linjassaan samanlaisia, mutta lattioiden suhteellinen kosteus oli vieläkin yli 90 %. Tässä vaiheessa kipsilattian kuivumista aloitettiin tutkia monista eri lähteistä, kun ensimmäisen lattian valusta alkoi olla kulunut jo viisi viikkoa. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019; Heinonen 2019, haastattelu 6.5.2019.)

Aiheesta löytyi vuonna 2017 Arto Haarasen tekemä diplomityö ”Kelluvan kipsivalulattian kuivumisesta”. Työtä tutkittaessa huomattiin, että lattialämmön tehostaminen moninkertaisti kuivumisen. Tämän havainnon ansioista vesikiertoinen lattialämmitys säädettiin 40 asteeseen. Viikon päästä tästä ulkopuolisen mittaajan käynti uusittiin. Tulokset olivat parantuneet viikon teholämmityksen aikana 30 prosenttiyksikköä kolmessa alimmassa kerroksessa. Lämmityksen lisäämisellä saatiin ratkaisu hitaaseen kuivumiseen, jonka paksumpi pintalattiarakenne aiheutti. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019; Heinonen 2019, haastattelu 6.5.2019.)



## 6.6 Congrid dokumentointi

Kohteen laadunhallinta tehtiin Congrid-järjestelmään, joka on pilvipohjainen tuotannonhallinnan sovellus. Järjestelmää käytetään niin laadun kuin turvallisuudenkin hallintaan. Congridiin voidaan myös dokumentoida valokuvia, piirustuksia tai raportteja erilaisista tarkastuksista. Laadunhallinnan keskeisin työkalu on laatumatriisi, josta selviää, mitä tarkastuksia tietyn työvaiheen aikana tulisi suorittaa. Laadunhallintamatriisiin oli lisätty oma rivi kosteudenhallinnan tarkastuksille. Tarkastukset oli lajiteltu rakennusosien mukaisesti, mikä helpottaa tarkastusten tekemistä oikea-aikaisesti. Laatumatriisissa näkyy kosteudenhallinnan kohdalla vihreä ruutu, mikäli kyseiselle rakennusosalle on suunniteltu tehtäväksi kosteudenhallintaan liittyviä tarkastuksia. Laatumatriisi esitetty kuvassa 11.

| Työvaihe, työvaiheen numero ja nimi           | Mestari vastaanotto | Malliasennustarkastus | Osakohteen tarkastus | Työvaiheenvastaanotto | CE-dokumentit | Kosteudenhallinnan tarkastukset |
|---|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------|---------------------------------|
| 0 Työmaan yleinen kosteudenhallinta           | 0                   |                       |                      |                       |               | 5                               |
| 1 Maa- ja pohjarakennus                       | 0                   |                       |                      |                       |               | 3                               |
| 1000 Maanrakennustyö                          | 0                   | 0                     | 0                    | 0                     |               |                                 |
| 1011 Raivaus ja Purku                         | 0                   | 5                     | 6                    | 6                     | 5             |                                 |
| 1032 Louhinta                                 | 0                   | 4                     | 6                    | 6                     | 4             |                                 |
| 1043 Paalutus                                 | 0                   | 5                     | 5                    | 5                     | 5             |                                 |
| 1047 Maa- ja kalliovahvistus                  | 0                   | 5                     | 6                    | 6                     | 3             |                                 |
| 1051 Salaojat                                 | 0                   | 6                     | 6                    | 6                     | 6             |                                 |
| 1052 Viemärit ja kaivot                       | 0                   | 0                     | 0                    | 0                     | 0             |                                 |
| 1054 Vesijohdot                               | 0                   | 0                     | 0                    | 0                     | 0             |                                 |
| 1063 Alapohjan alustäyttö                     | 0                   | 0                     | 0                    | 0                     | 0             |                                 |
| 1065 Täyttö rakennusalueella                  | 0                   | 0                     | 0                    | 0                     | 0             |                                 |
| 1071 Nurmikot ja istutukset                   | 0                   | 4                     | 5                    | 5                     | 5             |                                 |
| 1083 Urheilu- ja leikkivärsheet               | 0                   | 0                     | 0                    | 0                     | 0             |                                 |
| 2 Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet       | 0                   |                       |                      |                       |               | 5                               |
| 2021 Anturoiden muottityöt ja rauditus        | 0                   | 10                    | 11                   | 11                    | 7             |                                 |
| 2001 Anturoiden betonointi                    | 0                   | 4                     | 5                    | 5                     | 5             |                                 |
| 2022 Perusmuurit, peruspilarit ja peruspalkit | 0                   | 10                    | 11                   | 11                    | 7             |                                 |

Kuva 11. Laadunhallintamatriisi (YIT Suomi Oy 2020).

Dokumentointi Congridiin tapahtuu valokuvien tai merkitsemällä havainnot, esimerkiksi kaivojen paikat sähköisesti tallennettuihin suunnitelmiin. Valokuvan lisääminen ei ole välttämätöntä tarkastuksen yhteydessä. Tarkastus on mahdollista kuitata tehdyksi ilman valokuvaa tai muuta dokumentaatioita eli laatumatriisi toimii myös muistilistana vaadittaville kosteudenhallinnan tarkastuksille. Kaikki laadunhallinnan tarkastukset, joita työmaan aikana tehtiin, dokumentoitiin Congrid-ohjelmistoon. Työnjohtajan tehdessä tietyn osakohteen tarkastusta merkitsi työnjohtaja tarkastuksen tehdyksi, jos puutteita ei löytynyt. Mikäli tarkastuksessa havaittiin puutteita, siitä tehtiin virrehavainto Congrid-

järjestelmään. Havainto kuitattiin valmiiksi vasta, kun vaadittava korjaustoimenpide voitiin todentaa suoritetuksi. (A. Ahremaa 2019, haastattelu 6.5.2019; Congrid 2020.)

Laadunhallintamatriisiin on kerätty kosteudenhallintaselvityksen ja kosteudenhallintasuunnitelman mukaisia tarkastuksia, näissä tarkastuksissa on huomioitu samoja tarkastuskohteita, kuin Kuivaketju10-toimintamallissa. Tarkastuslistat on mahdollista kopioida uusiin alkaviin kohteisiin edellisistä kohteista, mutta niiden päivitys tulee tehdä hyvissä ajoin ennen rakennustöiden aloitusta kohteen kosteusriskit ja suunnitelmat huomioon ottaen. Kosteudenhallinnan tarkastusten tekeminen työmaalla tapahtuu Congrid-mobiilisovelluksen avulla. Sovelluksesta valitaan laatuviilehdeltä uusi tarkastus, jonka jälkeen valikon alimmaisena on kosteudenhallinnan tarkastus (kuva 12).

Uusi tarkastus

Tarkastus Tarkastuspohja Alue

Osakohteen tarkastus

Malliasennus

Työvaiheen vastaanotto

Kosteushallinnan tarkastukset

Tarkastus Ei vielä valittuna  
Työvaihe Ei vielä valittuna  
Tarkastuspohja Ei vielä valittuna  
Alue

Peruuta Luo tarkastus

Kuva 12. Tarkastusten valinta (Congrid 2020).

Tämän jälkeen valitaan, mistä rakennusosasta tarkastus halutaan tehdä (kuva 13).



Uusi tarkastus

Tarkastus Tarkastuspohja Alue Tarkastus

2 Perustusvaihe: osakohteen tarkastus, kosteudenhallinta, maanrakennus

3 Runkovaihe: Osakohteen tarkastus, kosteudenhallinta, runko

3 Runkovaihe: Osakohteen tarkastus, kosteudenhallinta, vesikattorakenteet - Kopio

4 Sisätyövaihe: Osakohteen tarkastus, kosteudenhallinta, sisävalmistus

5 Julkisivun pintarakenteet ja aluerakenteet: Osakohteen tarkastus, kosteuden hallinta, julkisivu

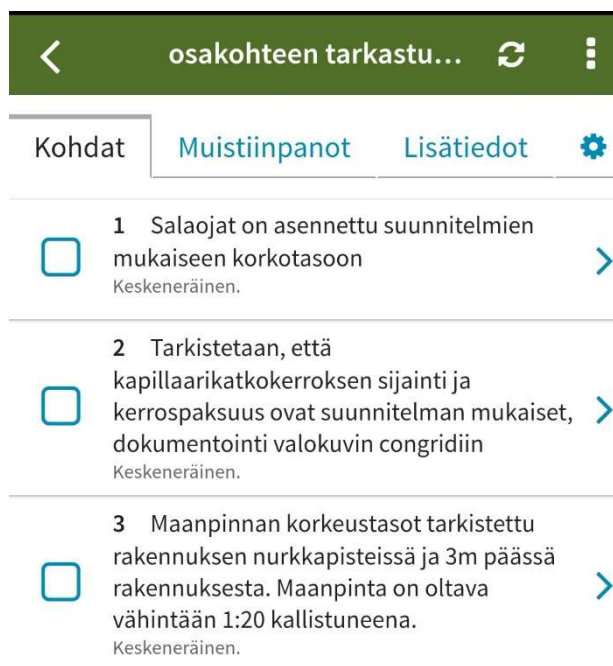
14 Kosteudenhallintasuunnitelma: Kosteusmittaus

Tarkastus Kosteushallinnan tarkastukset  
 Työvaihe Ei vielä valittuna  
 Tarkastuspohja Ei vielä valittuna  
 Alue

Peruuta Luo tarkastus

Kuva 13. Työvaiheen valinta (Congrid 2020).

Mikäli halutaan esimerkiksi luoda tarkastus maanrakennustöille, aukeaa seuraavalta välilehdeltä maanrakennustöihin liittyvät tarkastukset (kuva 14). Mikäli osakohteen tarkastuslistan asiat on tarkastettu ja toteutettu suunnitelmien mukaisesti, voidaan ne kuitata hyväksytyiksi. Esimerkiksi kapillaarikerrosten sijainti ja kerrospaksuudet on hyvä tallentaa valokuvin järjestelmään. Peittyvien rakenteiden dokumentointi valokuvin on helppoa tehdä Congridin avulla. Myöhemmin valokuvia voidaan etsiä juuri tietyn rakennusosan nimellä, joka helpottaa tiedon löytymistä järjestelmästä. (Congrid 2020.)



Kuva 14. Maanrakennus vaiheen kosteudenhallinnan tarkastukset (Congrid 2020).

Seuraavassa on listattuna esimerkki laadunhallintamatriisin kosteudenhallinnan tarkastuksista rakennusvaiheittain (Congrid 2020):

#### 1. Materiaalihallinta

- ulkovarastointi toteutettu tuulettuvalle alustalle, materiaalit suojataan pressuilla ilmatila huomioiden; pyritään välttämään ulkovarastointia
- materiaalien siirtojen jälkeen ja työpäivän päätteeksi suojaukset huolehdittu kuntoon
- hankinnoissa huomioitu materiaalien suojaus toimituksen aikana.
- kosteudelle herkkien materiaalien suojaus huomioitu valmistajien ohjeiden mukaan
- omat työntekijät on perehdytetty päivittäiseen kosteudenhallintaan

#### 2. Maanrakennus

- salaojat on asennettu suunnitelmien mukaiseen korkotasoon
- tarkistetaan, että kapillaarikerroksen sijainti ja kerrospaksuus ovat suunnitelmien mukaiset, dokumentointi valokuvoin Congridiin
- maanpinnan korkotasot tarkistettu rakennuksen nurkkapisteissä ja kolmen metrin päässä rakennuksesta; maanpinta oltava vähintään 1:20 kallistuneena

### 3. Runkovaihe

- ikkuna- ja oviaukot suljettu heti muotin purkamisen jälkeen
- ylimmälle kerrokselle satava sadevesi johdettu hallitusti viemärijärjestelmään; varmistetaan kaivojen auki olo; dokumentointi valokuvin Congridiin
- lumi ja jää poistettu holvilta
- tarkistetaan, että hormit on tiivistetty ja veden valuminen hormia pitkin on estetty; dokumentaatio valokuvin Congridiin
- varmistetaan, että hormit on kuvattu ennen vesikattotöiden aloitusta
- tarkistetaan, että apukarmien päälle on asennettu huopakaista
- varmistetaan, että kaivojen korot on tarkastettu ja viemäriputket on valokuvattu

### 4. Vesikatto

- tarkistetaan, että höyrynsulkukermi on asennettu suunnitelmien mukaisesti
- tarkistetaan LVIS- läpivientien asennukset ja pellitykset, dokumentaatio valokuvin Congridiin
- vesikaton kaadot toteutettu suunnitelmien mukaisesti.
- vesikaton bitumikermieristys toteutettu suunnitelmien mukaisesti läpiviennit ja nostot tarkastettu, dokumentaatio valokuvin Congridiin
- varmistettu, että yläpohja on kuiva ennen puhallusvillan asennusta
- varmistettu, että raitisilmahormit ja muut avoinna olevat läpiviennit on sateelta suojattu

### 5. Sisävalmistus

- tarkistetaan, että ikkunoiden ja ovien sisäpuoliset ilmansulkukittaukset on toteutettu suunnitelmien mukaan
- rakenteiden kuivatus on toteutettu suunnitellusti, kuivatus aloitettu heti kun rakennuksen vaippa on saatu tiiviiksi ja väliaikainen lämmitys on saatu asennettua; kuivatukseen varattu riittävästi kalustoa (simpukkapuhaltimet, kosteudenkerääjät ja vesikiertoiset lämmittimet); huolehdittu riittävästä tuuletuksesta ja varmistettu kosteus- ja lämpömittarein ihanteelliset kuivumisolosuhteet; dokumentointi valokuvin Congridiin

- rakenteiden kosteutta mitattu kosteudenhallinta suunnitelman mukaisesti; mahdollisiin poikkeamiin reagoitu kuivatusta tehostamalla; kosteuden mittausraportit tehty Congridiin
- betoniseinät ja pintalattiat hiottu auki kuivumisen nopeuttamiseksi
- märkätilojen lattiakaadot ja tulvakynnykset toteutettu suunnitelmien mukaisesti; kaivojen korot tarkistettu ennen pintalattiavaluja
- hanakulmien kittaukset on toteutettu suunnitellusti
- kevyiden väliseinien sisään jäävät vesi- ja viemäriputket on kuvattu
- märkätilojen vesieristykset on toteutettu suunnitelmien mukaisesti; vesieristyksen koepalat on otettu ja arkistoitu
- lattialämmityspotket on valokuvattu; dokumentaatio löytyy Congridista
- keittiökalusteiden kosteussulku ja läpivientien kittaus toteutettu suunnitelmien mukaan; astianpesukoneiden alle asennettu vuotovesikaukalo
- putkiurakan kytkennät ja liitokset on toteutettu suunnitelmien mukaan ja ne on tarkastettu; painekokeet on suoritettu

#### 6. Julkisivu

- maanpaineseinien vedeneristys toteutettu suunnitelmien mukaisesti
- julkisivun lämmöneristys on toteutettu suunnitelmien mukaan, tuulensuojavillan saumat on teipattu
- julkisivun lämmöneristeet on asennettu mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jolloin estetään seinien sisäpintojen kondensoituminen ja näin mahdollistettu sisäseinien tasoitetyön aloitus
- julkisivu rakenteissa huomioitu tuuletusraot
- julkisivupellitykset ja niiden liitokset toteutettu suunnitelmien mukaan
- parvekkeiden vedenpoisto on toteutettu suunnitelmien mukaan
- julkisivujen kittaukset.

## 7 LOPUKSI

Kosteudenhallinta on aikaisemmin ollut työmailla enemmän reagoivia vaihteleviin sääoloihin. Toimenpiteet on tehty enemmän ja vähemmän vanhojen tapojen mukaan ilman suurempia suunnitelmia. Kosteudenhallinta on kuitenkin menossa ongelmien ennaltaehkäisevään suuntaan, jossa ongelmia torjutaan rakentamisen kaikissa vaiheissa. Rakenteiden kuivatuksesta on aina huolehdittu, mutta kosteuden fysikaalisista ominaisuuksista ei ole tiedetty niin tarkasti kuin ehkä olisi tarpeen. Rakennusmateriaalit ja -rakenteet ovat kehittyneet jatkuvasti monimutkaisempaan suuntaan. Tämä tarkoittaa, että kosteudenhallinnankin on kehityttävä tämän päivän tuotteiden mukaiseksi.

Rakennustyömaiden kosteudenhallintaan on kiinnitetty viime vuosina enenevässä määrin huomiota. Jatkuvat sisäilma- ja kosteusongelmat ovat johtaneet siihen, että muutoksia on tehtävä. Rakennusala on menossa jatkuvasti kohti tehdasmaisempia toimintatapoja, joissa keskitytään tuottavuuden parantamiseen. Tämä johtaa siihen, että rakennusaikaa lyhennetään, mikä taas kasvattaa riskiä kosteusvaurioiden synnylle. Hankkeiden tiiviimmät aikataulut pakottavat urakoitsijoita suunnittelemaan kosteudenhallintaansa aikaisempaa enemmän. Valmiit toimintamallit, kuten Kuivaketju10, ovat tulevaisuudessa helppoutensa ansiosta varmasti suosittuja kosteudenhallintakeinoja.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017) tuli noudatettavaksi 1.1.2018, sen tarkoitus on ennaltaehkäistä kosteuden aiheuttamia haittoja rakentamisessa. YIT:n kaltaisessa suuressa rakennusliikkeessä kosteudenhallintaan on kehitelty riittävät toimenpiteet kosteudenhallinnan toteuttamiseen. Työmaiden on vain löydettävä tehokkaimmat tavat kosteusriskien torjumiseen. Työmaiden yhteistoiminta helpottaa pääsemään parempiin tuloksiin myös kosteudenhallinnassa. Valmiita pohjia ja ohjeita kosteudenhallintaselvityksen ja kosteudenhallintasuunnitelman tekoon löytyy valmiina. Ne tulee vain päivittää hankekohtaiset riskit huomioon ottaen.

Kosteudenhallinta nähdään työmaalla yleensä vähän toissijaisena asiana ja muiden töiden sivutuotteena. Mikäli tulevaisuudessa kosteudenhallinta nähtäisiin enemmän omana kokonaisuutenaan, myös mahdollisten virheiden tekeminen vähenisi. Näin rakennusalan huonontunut maine saataisiin ehkä uuteen nousuun. Kuivaketju10:ssä kosteudenhallinta nähdään enemmän jatkuvana ketjuna, joka lähtee jo



suunnitteluvaiheesta ja jatkuu aina rakennuksen käyttöön asti. Siinä halutaan varmistaa, että myös suunnittelijat ovat suunnitelmissaan huomioineet mahdolliset kosteusriskit. Tällöin suunnittelijat yhdessä kosteuskoordinaattorin ja urakoitsijan kanssa pystyvät reagoimaan mahdollisiin riskikohtiin riittävän aikaisessa vaiheessa. Tällaista ajattelutapaa, jossa vastuuta jaetaan kaikille osapuolille, pitäisi yrittää ajaa sisään kaikille rakennushankkeeseen osallistuville.

Hankkeiden kosteudenhallinta lähtee liikkeelle jo paljon aikaisemmin, kuin itse rakennustyöt lähtevät liikkeelle. Rakennuspaikka, valitut materiaalit ja vuodenaika vaikuttavat merkittävästi siihen millaisia kuivumisaikoja joudutaan noudattamaan. Uudet tuotantomenetelmät, kuten tahtiaikataulut, haastavat rakennuttajia tulevaisuudessa kosteudenhallinnan toteuttamisessa.

Työmaalla kosteudentorjunta aloitetaan jo materiaalien toimitusvaiheessa. Materiaalit on suojattava kosteudelta ennen käyttöä yhtä hyvin kuin asennetut materiaalit. Jos suunnittelijoilta vaaditaan terveitä rakenteita, niin myös työmaan on toteutettava rakenteet suunnitelmien mukaisesti, jotta kosteusvahingoilta vältyttäisiin. Kuivumisaika-arviot on tarkoitettu työmaalla vain aikataulu suunnitteluun. Riittävä kuivuminen tulee aina todentaa mittauksin. Näin vältytään liian kosteiden rakenteiden pinnoittamiselta.

Congrid-laadunhallintaohjelmisto on selkeä keino helpottamaan työmaan kosteudenhallintaa. Congridissa kosteudenhallinta nähdään omana kokonaisuutenaan. Tarkastuksia on helpompi seurata ja toteuttaa muiden laadunhallinta tarkastusten ohella. Kosteudenhallinnan tarkastuksia suunniteltaessa ennen työmaan aloitusta. Kuivaketju10:n kymmenen kohdan riskilista on hyvä pohja suunnittelulle. Niiden riskien torjumisen hankkeen kaikissa vaiheissa helpottaa terveellisen talon toteuttamista.

## LÄHTEET

Betonilattian pintatarvikkeet 2018 [verkkajulkaisu] Helsinki: Betoniteollisuus ry. Viitattu 15.10.2018.

<https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/lattiat/betonilattian-pintatarvikkeet/>.

Brännäre, S & Kuukkanen, T. Verkkajulkaisu 2017. Nyt se on selvitetty: Rakentamisen maine on mennyt. Yle uutiset. Viitattu 5.1.2020

Kosteuden siirtyminen 2008. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. Viitattu 8.10.2018

<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>.

Kosteudenhallinta 2020. Kosteusriskiluokat. Viitattu 12.1.2020

[www.kosteudenhallinta.fi](http://www.kosteudenhallinta.fi).

Kosteuslähteet 2008. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. Viitattu 8.10.2018

<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuslahteet>.

Kuivaketju10. 2018. Toimintamalli. Espoo: Rakentamisen Laatu RALA ry. Viitattu 22.10.2018

<http://kuivaketju10.fi/>.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 958/2012. Annettu Helsingissä 21.12.2012. Saatavilla

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120958>.

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Betonikeskus.

Mölsä, S. 2017. Kosteudenhallintakoulutus halutaan pakolliseksi työmaille. Rakennuslehti 31.10.2017. Helsinki: Sanoma Tekniikkajulkaisut Oy. Viitattu 8.10.2018

<https://www.rakennuslehti.fi/2017/10/kosteudenhallintakoulutus-halutaan-pakolliseksi-tyomaille/>.

Niemelä, T. 2014. Kosteusvaurioiden ehkäiseminen rakennustuotannossa. Tampere: Suomen Rakennusmedia OY

Outinen, K. 2016. Kuivaketju10 verkkosivusto. Viitattu 22.10.2018

<http://kuivaketju10.fi/kuivaketju10n-taustalla-eduskunnan-kannanotto-rakennusten-kosteus-homeongelmista/>.

Parma Oy 2015. Parman ontelo- ja kuorilaataston asennus- ja työmaaohje. Nummela 25.8.2015. Viitattu 6.1.2020

Pitkäranta, M. 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Rafnet-ryhmä 2004. Rakennusfysiikkaa insinööriille. Kosteus. Saatavilla

[http://www.tekniikka.oamk.fi/~kimmoi/talrajatko/kosteus\\_27092004.pdf](http://www.tekniikka.oamk.fi/~kimmoi/talrajatko/kosteus_27092004.pdf).

Rakennusteollisuus 2017. Ratkaisu rakentamisen kosteusongelmiin uudesta yhteisestä toimintamallista. Helsinki: Rakennusteollisuus. Viitattu 22.10.2018

<https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2017/ratkaisu-rakentamisen-kosteusongelmiin-uudesta-yhteisestä-toimintamallista/>.

Ratu S-1232. 2013. Rakennustyömaan sääsuojaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.  
<https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/109926.html.stx>.

RT 14-10675. 1998. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy

Suomen Betoniyhdistys 2009. Betonitekniikan oppikirja 2018 BY 201. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Teriö, O. & Hämäläinen, J. 2017. Kestävä rakentaminen. Tampere: Opetushallitus.

TrVM = Tarkastusvaliokuntamietintö 2013. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Annettu 20.2.2013. Saatavissa  
<https://www.edilex.fi/mt/trvm20130001>.

Työmaan kosteudenhallinta. 2008. Verkkojulkaisu. Helsinki: Sisäilmayhdistys ry. Viitattu 8.10.2018.  
<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Korjausten-laadunvarmistus/Tyomaan-kosteudenhallinta>.

Ympäristöministeriö 782/2017. Asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Annettu Helsingissä 24.11.2017. Saatavilla  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>.