TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MIIKA VARJONMAA

RAKENNUSTYÖMAAN KOSTEUDENHALLINNAN KEINOT

Kandidaatintyö

Tarkastaja: Hannu Koski

TIIVISTELMÄ

MIIKA VARJONMAA: Rakennustyömaan kosteudenhallinnan keinot / (Means of humidity control on a construction site)
Tampereen teknillinen yliopisto
Kandidaatinityö, 33 sivua, 2 liitesivua
Kesäkuu 2018
Rakennustekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Talonrakentaminen
Tarkastaja: Hannu Koski

Avainsanat: kosteudenhallinta, rakennuskosteus, lämmitys, suojaaminen, kuivatus

Rakennusalalla kosteusongelmat ovat nousseet pinnalle varsinkin homeongelmien kautta. Työn tarkoituksena oli tutkia työmaan kosteudenhallintaa ja sen erilaisia käytössä olevia keinoja ja sitä kautta selvittää, onko kosteudenhallinnassa puutteita. Jos puutteita havaittiin, pohdittiin mahdollisia ratkaisuja kosteudenhallinnan onnistumiseksi.

Työ tehtiin kirjallisuustutkimuksena käyttäen apuna alan kirjallisuutta sekä verkko- ja lehtiartikkeleita. Myös yksi haastattelu toteutettiin. Käytetty aineisto sisälsi tietoa kosteudenhallinnan suunnittelusta ja toteuttamisesta sekä menetelmistä.

Jotta voidaan ymmärtää, miksi kosteudenhallinta on tärkeää, tulee tietää kosteuden vaikutukset työmaalla. Kosteutta esiintyy muuallakin kuin sateissa ja siksi rakennusmateriaalien sekä rakenteiden suojauksessa on estettävä kosteuden siirtymisreitit näihin. Esimerkiksi suojaamattomassa väliseinäeristeessä eristeen sisään jäänyt kosteus luo edellytykset kosteusvaurion syntymiselle ja pahimmillaan aiheuttaa rakennuksen käyttöaikana terveyshaittoja.

Vaikka suojaamisessa oltaisiin huolellisia, voi kosteutta silti muodostua. Erityisesti paikallavaluissa rakenteisiin jää kosteutta, joka tulee poistaa. Tämä voidaan tehdä käyttämällä erilaisia lämmittimiä tai kuivaimia vuodenajasta riippuen. Rakenteiden kuivumista tulee seurata aktiivisesti kosteusmittauksin koko kuivumisen ajan, jotta voidaan varmistua niiden riittävästä kuivuudesta. Sekä suojaaminen että kosteudenpoisto pohjautuvat kosteudenhallintasuunnitelmaan, joka tehdään jo suunnitteluvaiheessa ennen rakentamisen aloittamista.

Työn tuloksena todettiin, että oikein toteutettuna nykyiset suojaus- kosteudenpoistomenetelmät eivät niinkään aiheuta suuria ongelmia tai puutteita. Ongelmat aiheutuvatkin enemmän huonosta suunnittelusta ja tietämyksestä kosteuden haitoista. Työmaan kosteudenhallinnasta vastaavien henkilöiden tulee seurata kosteudenhallintaa ja puuttua työntekijöiden ohella havaitsemiinsa epäkohtiin. Tämä tulee ilmi myös esimerkiksi Kuivaketju10-mallissa, jonka mukaisesti hankkeen toteuttamista kannattaa harkita. Mihin myös kannattaa pyrkiä, on huolellisempi suunnittelu. Tämän merkittävänä apuvälineenä toimii työmaan kosteudenhallintasuunnitelma. Suunnitelmaa seuraamalla ja sitä aktiivisesti päivittämällä saavutetaan paremmin hankkeen niin laadulliset, taloudelliset kuin aikataululliset tavoitteet. Työn jatkotoimenpide-ehdotukset ovatkin kosteudenhallinnan huolellisemmassa suunnittelussa ja paremmassa perehdytyksessä kosteudenhallintaan.

ALKUSANAT

Tämän kandidaatintyön kirjoitusprosessi alkoi tammikuussa 2018. Pääpainon piti aluksi olla työmaan lämmityksessä ja kosteudenpoistossa, mutta kirjoittamisen edetessä aihe laajeni kosteudenhallinnan keinoihin.

Aihe valikoitui pitkälti omasta kiinnostuksestani työmaatekniikkaa kohtaan. Työtä tehdessä varsin mukavaa oli huomata, että mitä pidemmälle etenin, sitä enemmän opin ja kiinnostuin aiheesta lisää. Esimerkiksi kesän työtehtävissä palaverissa kosteudenhallintakoordinaattoreiden kanssa huomasin, miten paljon työn tekeminen oli vaikuttanut tietoihini, ja palaveriin osallistuminen oli näin paljon luontevampaa.

Suuret kiitokset haluan välittää opiskelutovereilleni, joista moni teki kandidaatintyönsä samalla toteutuskerralla. Ilman hyvää vertaistukeanne kirjoittaminen olisi ollut paljon haastavampaa. Kiitokset myös ohjaajalleni Hannu Koskelle, jonka ohjaaminen ja neuvonanto kehitti minua paljon tieteellisten tekstien kirjoittamisessa.

Helsingissä, 14.6.2018

Miika Varjonmaa

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO ... 1
   1.1 Tutkimuksen tausta ... 1
   1.2 Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset ... 1
   1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset ... 2
   1.4 Tutkimusmenetelmät ja aiemmat työt aiheesta ... 2
   1.5 Työn rakenne ... 2
2. KOSTEUS TYÖMAALLA ... 3
   2.1 Kosteuden muodostuminen ja siirtyminen ... 3
      2.1.1 Sateet ... 4
      2.1.2 Betonista haihtuva vesi ... 5
      2.1.3 Kaasunpolton vesi ... 5
      2.1.4 Ilman ja maan kosteus ... 6
      2.1.5 Työmaan käyttövesi ... 6
   2.2 Riskit ja seuraukset ... 6
3. KOSTEUDEN EHKÄISEMINEN JA POISTAMINEN ... 8
   3.1 Sääsuojaus ... 8
   3.2 Lämmittäminen ja kuivaaminen ... 11
      3.2.1 Lämmittimet ... 11
      3.2.2 Kuivaimet ... 14
      3.2.3 Pikakuivatus infrapunasäteilijöillä ... 15
      3.2.4 Kosteusmittaukset ... 16
      3.2.5 Haastattelu lämmityslaitteista ... 17
   3.3 Kosteudenhallintasuunnitelma ... 17
      3.3.1 Kosteudenhallintasuunnitelman sisältö ... 18
      3.3.2 Suunnitelman osien sisältö ... 18
4. TOIMIVA KOSTEUDENHALLINTA ... 20
   4.1 Riskit ja ongelmat ... 20
      4.1.1 Suojaamistavan valinta ... 20
      4.1.2 Kosteudenpoistotavan valinta ... 21
      4.1.3 Tietoisuus työmaalla ... 22
      4.1.4 Kosteudenhallintasuunnitelman riskien huomiointi ... 23
   4.2 Hyvän kosteudenhallinnan toteuttaminen ... 24
      4.2.1 Kosteudenhallintakoordinaattori ja kosteusvastaava ... 24
      4.2.2 Kosteudenhallintasuunnitelman toteuttaminen ... 25
      4.2.3 Tehokas suojaaminen ... 26
      4.2.4 Tehokas lämmittäminen ja kosteudenpoisto ... 26
   4.3 Tulosten ja lähteiden arviointi ... 28
5. YHTEENVETO ... 30
LÄHTEET ... 32

LIITE A: OTE 1 KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMASTA

LIITE B: OTE 2 KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMASTA

1. JOHDANTO

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan työmaan kosteudenhallintaa ja sen menetelmiä. Työn tekemiseen on käytetty alan julkaisuja, aiheesta aiemmin tehtyjä töitä ja esimerkiksi lehtiartikkeleita.

1.1 Tutkimuksen tausta

Kosteusongelmat ovat nykypäivän rakentamisessa nousseet pinnalle. On pohdittu, johtuvatko kosteusongelmat jo työmaa-aikaisesta kosteudenhallinnan laiminlyömisestä vai jostain muusta. Myös tekniikan lisensiaatti Pekka Seppälä Oulun rakennusvalvonnasta toteaa kirjoituksessaan (Rakennuslehti 8.5.2014), että sääsuojaus on vain osa rakennuksen kosteudenhallinnan keinoja ja todellisuudessa rakennuksen kuivanapito jatkuu vielä työmaa-ajan ulkopuolelle. Seppälä korostaa, että rakentamisessa on alettava panostaa tehokkaan kuivaketjun löytämiseen ja käyttöön, mikä mahdollistaa rakenteiden kuivana pysymisen niin rakentamisen aikana kuin jälkihoidossakin. Loppujen lopuksi kuivauksen ja kosteudenpoiston keinot kun ovat kuitenkin hyvin samanlaisia esimerkiksi rakennuksen runkorakenteesta riippumatta.

Työssä haluttiin selvittää, mitä työmaalla tehdään väärin, jos sisäilma- ja homeongelmat johtuvat työmaalla tehtävistä virheistä. Jos selviäisi, että kosteudenhallinnassa on joitain puutteita, haluttiin työssä ottaa selvää puutteiden syistä.

1.2 Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset

Puutteellisen kosteudenhallinnan aiheuttamat ongelmat voivat näkyä vasta vuosien päästä rakennuksen valmistumisesta. Kuten aiemmin mainittiin, voivat ongelmat johtua jo rakentamisen aikana tapahtuvista virheistä, jotka altistavat kosteusongelmien syntyyn. Tutkimusongelmana on työmaan kosteudenhallinnan puutteet eli mitä kosteudenhallinnallisia tekijöitä työmaalla ei toteuteta riittävän hyvin.

Suurimpia puutteista seuraavia riskejä ovat laadulliset, kustannukselliset ja aikataululliset riskit. Tavoitteena hankkeessa on toteuttaa kosteudenhallinta mahdollisimman hyvin ja välttää kaikkia riskejä. Tutkimuskysymyksenä onkin selvittää, mitkä kosteudenhallintaan liittyvät tekijät ovat työmaalla puutteellisia. Lisätutkimuskysymyksenä on, miten kosteudenhallinta toteutetaan työmaalla mahdollisimman hyvin.

1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset

Tässä kandidaatintyössä tarkastelun kohteena ovat työmaan rakennusmateriaalien ja -osien kosteudenhallinnan eri keinot. Työn tarkoituksena on perehtyä tärkeimpiin kosteudenhallintaan liittyviin keinoihin ja tekijöihin tarkemmin ja löytää toimiva toimintamalli kosteudenhallintaan. Pois rajataan siis sekä ennen että työmaavaiheen jälkeen tapahtuva kosteudenhallinta, kuten aiemmin mainitun jälkihoidon toteuttaminen.

1.4 Tutkimusmenetelmät ja aiemmat työt aiheesta

Työ toteutettiin kirjallisuustutkimuksena. Lähteinä käytettiin aiempia aiheesta tehtyjä tutkimuksia sekä muuta kirjallisuutta, lehtiartikkeleita ja verkkojulkaisuja. Lisäksi työssä toteutettiin yksi haastattelu. Apuna on myös käytetty Rakentamisen Laatu RALA ry:n ylläpitämää Kuivaketju10-ohjelmaa. Ohjelman toimintamallissa esitellään kymmenen yleisintä rakennushankkeen aikana ilmenevää kosteusriskiä sekä torjuntakeinoja näihin. Ohjelman mukaan näillä kosteusriskien hallinnalla voidaan välttää jopa 80 % aiheutuvista kosteusriskeistä sekä tehdä merkittäviä säästöjä kustannuksista.

1.5 Työn rakenne

Työn alussa pohjustetaan tutkimusta perehtymällä kosteuden muodostumiseen ja siirtymiseen sekä sen vaikutuksista materiaaleihin. Alussa selvitetään myös, miksi ylimääräisen kosteuden poistaminen on tärkeää ja mitä seurauksia voi olla, jos tätä ei toteuteta riittävän tehokkaasti. Tarkoituksena on kuvata niin kosteuden kertymisen ennaltaehkäisyä kuin myös liikakosteuden poistamista ja keinoja, joilla tämä on mahdollista toteuttaa. Lopuksi työssä kootaan yhteen onnistuneen kosteudenhallinnan kannalta olennaiset tekijät ja pohditaan kehityskohteita kosteudenhallintaan. Pohdinnan kohteina ovat muun muassa ratkaisujen kustannukset, työmenekki, tehokkuus sekä kosteudenhallinnan suunnittelu.

2. KOSTEUS TYÖMAALLA

Kosteudella tarkoitetaan jossakin aineessa esiintyvää vettä. Kosteudesta puhuttaessa mielletään tämä yleensä helposti ilmankosteudeksi, mutta varsinkin rakentamisessa rakennusmateriaalien kosteudella on lisäksi paljon merkitystä, sillä liiallinen kosteus aiheuttaa rakenteille rasitusta. Lähes kaikki home- ja laho-ongelmat johtuvat juuri siitä, että niissä alusmateriaalin kosteuspitoisuus ylittää sen kosteusrajan, jota materiaali pystyy sietämään (Lumme & Merikallio 1997). Kosteus on siis merkittävä sisäilmaongelmien ja materiaalivaurioiden aiheuttaja.

Rakennusmateriaalit altistuvat työmaalla kosteudelle useammallakin eri tavalla ja materiaaleja ei aina pystytä varastoimaan esimerkiksi katettuihin tiloihin suojaan välittömiltä kosteusrasituksilta. Kosteutta voi siirtyä materiaaliin niin maasta kuin ilmastakin, ellei materiaalia ole asianmukaisesti suojattu.

Työmaalla kosteudenhallintaan voidaan vaikuttaa niin kosteusvaurioiden ennaltaehkäisyllä kuin myös jo olemassa olevan rakennekosteuden poistamisella. Materiaalien ja rakenteiden suojaaminen oikein toteutettuna mahdollistaa kosteusriskien vähenemisen koko hankkeen aikana (Lindberg & Sahlstedt 2013).

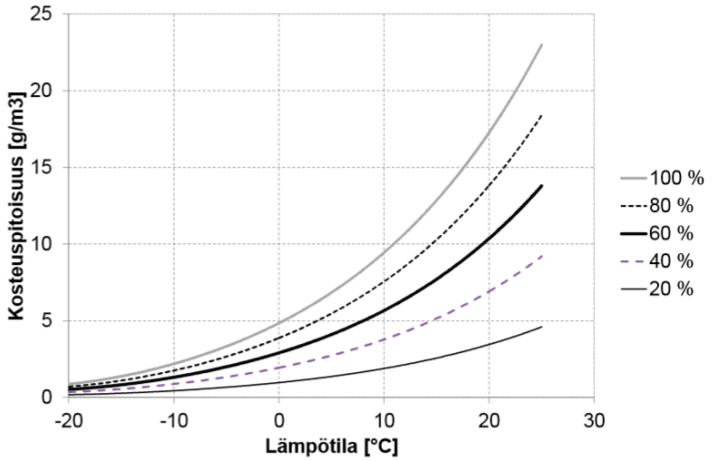
2.1 Kosteuden muodostuminen ja siirtyminen

Suurimmat kosteuslähteet rakenteille ovat sadevesi, ilman ja maan kosteus sekä rakenteiden sisältämä kosteus (Björkholtz 1990, s. 32). Kosteutta voi siirtyä rakenteissa vesihöyrynä, vetenä tai lumena ja jäänä (Björkholtz 1990, s. 23). Vesihöyryn yleisiä siirtymismuotoja ovat muun muassa diffuusio sekä konvektio ilmavirran mukana. Vedellä yleisimpiä kosteuden siirtymistapoja ovat muun muassa kapillaarisesti materiaalin huokosia pitkin tai painovoimaisesti alaspäin. Lumen liike on pääasiassa painovoimaista ja ilmavirran mukaista. (Holmström et. al. 2016, s. 111–113)

Kosteudenhallinnassa diffuusiolla tarkoitetaan kosteuden liikkumista vesihöyrynä. Tämä tapahtuu suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään, kuten myös suuremmasta suhteellisesta kosteudesta pienempään. Kosteus pyrkii joka tilanteessa siirtymään kuivempaan materiaaliin tai ilmaan (Lindberg & Sahlstedt 2013). Vesihöyryn diffuusio pyrkii siis tasaamaan osapaine-eroja rakenteen eri puolilla. Kun huokosilman vesihöyrypitoisuus saavuttaa tietyssä lämpötilassa kyseiselle lämpötilalle ominaisen kyllästyskosteuden, jolloin suhteellinen kosteus on 100 %, vesihöyry tiivistyy vedeksi (Holmström et. al. 2016, s. 103).

Ilman suhteellinen kosteus on hyvin riippuvainen lämpötilasta. Mitä suurempi lämpötila on, sitä enemmän ilmaan voi sitoutua kosteutta (Björkholtz 1990, s. 25). Kuivumisen

kannalta tämä tarkoittaa sitä, että ilman lämpötilan kasvaessa sen suhteellinen kosteus pienenee, jolloin korkeamman suhteellisen kosteuden omaava materiaali voi luovuttaa diffuusion kautta kosteutta ilmaan. Ilman kosteuspitoisuuden ja lämpötilan välinen riippuvuus on esitettynä kuvassa 1.



Kuva 1. *Ilman suhteellisen kosteuden ja kosteuspitoisuuden riippuvuus lämpötilasta. (Holmström et. al. 2016, s. 101–105)*

Eri materiaalit sitovat myös erilaisia määriä kosteutta, mikä vaikuttaa rakenteiden kosteustekniseen toimintaan. Esimerkiksi ilman suhteellisen kosteuden ollessa 50 % kivivillan keskimääräinen kosteuspitoisuus on noin 0,21 kg/m^3, kun taas betonin (vesi-sementtisuhde 0,5) kosteuspitoisuus on jopa 48 kg/m^3 (Holmström et. al. 2016, s. 101–105).

2.1.1 Sateet

Suomessa sataa kaikkina vuodenaikoina melko paljon, ja siksi sateet ovatkin merkittävä kosteusrasitusten aiheuttaja. Sade voi olla vettä, lunta tai esimerkiksi räntää. (RT 05-10410 1989) Sadevesi sataa sitä viistompana, mitä enemmän tuulee. Rakenteiden kannalta tämä ei kuitenkaan ole kovin olennaista, sillä ne kastuvat sateen vaikutuksesta tuulen suuruudesta huolimatta, jos niitä ei ole suojattu. (Björkholtz 1990, s. 32)

Sateen synnyttämä kosteusrasitus voi olla sekä veden, lumen että jään aiheuttama. Suurimmillaan kosteusrasitus on syyskuukausina, jolloin ilman kosteuspitoisuus on korkea. Lisäksi silloin vuorokauden sisäiset lämpötilavaihtelut ovat pieniä ja toisaalta eri sadejaksojen välinen aika on niin lyhyt, ettei kuivumista edellisestä sadejaksosta ehdi tapahtua. (Holmström et. al. 2016, s. 110)

Yleisesti sadevesi rasittaa rakenteiden vaakapintoja, kuten kattoja ja terasseja. Jos materiaalia ei ole suojattu, pääsee sadevesi vapaasti kulkeutumaan sen sisään ja voi siellä pysyessään aiheuttaa kosteusvaurion ja siten pilata materiaalin. Sade voi aiheuttaa kosteus-

rasitusta myös roiskeina tai esimerkiksi hulevesien vaikutuksesta, jos maa viettää rakenteeseen päin. Tällöin on suuri mahdollisuus kosteuden siirtymisestä rakenteeseen painovoimaisesti, joka aiheuttaa suuren kosteusrasituksen. Sadevesien liike on painovoimaista, vaikka tuulen vaikutuksesta se voi myös liikkua sopivissa olosuhteissa ylöspäin rakenteen pinnalla. (Holmström et. al. 2016, s. 110–113; Merikallio 1998 mukaan)

Yläpohjarakenteissa esimerkiksi kattorakenteiden vuotokohtien kannalta vesi ja lumi ovat ongelmallisia. Jos lunta pääsee yläpohjaan, se sulaa lämpötilan kasvaessa ja aiheuttaa näin suuria paikallisia kosteusvaurioita. Sulamisen tapahduttua vesi voi jäätyä lämpötilan laskiessa. (Holmström et. al. 2016, s. 111)

2.1.2 Betonista haihtuva vesi

Yksi merkittävimpiä kosteuslähteitä rakenteille on betonin kuivuessa luovuttama vesi ympäröivään ilmaan. Esimerkiksi täyselementtitalossa tämä määrä voi olla jopa 8–9 litraa rakennuskuutiometriä kohden (Motiva 2018). Betonirakentaminen on hyvin yleistä, ja paikalla valettavat rakenteet tuottavatkin siksi kuivuessaan hyvin suuren määrän kosteutta. Myös betonielementit voivat sisältää suuria määriä kosteutta, varsinkin jos niitä ei ole säilytetty kuivissa olosuhteissa.

Betoni sisältää paljon vettä. Se luovuttaa kosteutta ilmaan diffusiivisesti vesihöyrynä, jos kuivumisolosuhteet ovat sopivat. Betonista poistuvan vesihöyryn määrä on suuri, ja tämän kosteuden poistamiseen tilasta tulee kiinnittää erityistä huomiota, jotta vesihöyry ei jää tilaan hidastamaan kuivumista.

Haasteita betonirakenteiden kuivattamiseen aiheuttaa esimerkiksi joidenkin betonirakenteiden hidas kuivuminen, kuten massiivirakenteet ja kelluvat betonilattiat. Lisäksi betonirakenteista haihtuva vesi on ongelmallista puu- ja betonirakenteita yhdessä käytettäessä, sillä haihtuva vesi imeytyy helposti puurakenteisiin, jos sen poistamisesta ei huolehdita riittävästi. (Motiva 2018)

2.1.3 Kaasunpolton vesi

Tavallinen Suomessa myytävä nestekaasu sisältää paljon propaania. Nestekaasun hyvä puoli on toki sen suhteellisen puhdas palaminen ilman nokeamista tai pakokaasuja, mutta rakenteiden kosteusrasituksen kannalta nestekaasu on kuitenkin ongelmallinen, sillä palamistuotteena syntyy hiilidioksidin lisäksi paljon vesihöyryä. Esimerkiksi 33 kg nestekaasua voi tuottaa jopa 53 kg vesihöyryä. (Motiva 2018; Björkholtz 1990, s. 54 mukaan)

Rakennustyömailla nestekaasu on tyypillinen energianlähde esimerkiksi lämmittimien käytössä (Björkholtz 1990, s. 73–74). Myös työkoneissa, kuten trukeissa, kaasu on yleinen polttoaine.

2.1.4 Ilman ja maan kosteus

Ilman kosteus siirtyy materiaaliin pääasiassa diffuusiolla. Diffuusio johtuu ilmassa olevien vesimolekyylien törmäyksistä, jonka seurauksena vesihöyryn pitoisuuserot pyrkivät tasaantumaan (Holmström et. al. 2016, s. 113). Suojaamattomana materiaali on kosketuksissa ilman kanssa, jolloin kosteutta voi siirtyä materiaaliin ja aiheuttaa näin kosteusvaurion.

Maan kosteus imeytyy tyypillisesti kapillaarisesti. Kapillaarisella kosteustasapainolla tarkoitetaan kosteuspitoisuutta, johon materiaali asettuu, kun se on kosketuksessa vapaan veden kanssa. Sama voi tapahtua myös, jos materiaali on kosketuksissa maaperän kanssa. Kapillaarisuus riippuu merkittävästi materiaalin huokoisuudesta. Mitä huokoisempi materiaali, sitä pienempää kapillaarisuus on. (Holmström et. al. 2016, s. 105–106) Maan kosteus pääsee imeytymään materiaaliin helposti esimerkiksi silloin, kun se ei ole korotettuna maasta, jolloin kosteutta voi imeytyä maasta kapillaarisesti.

2.1.5 Työmaan käyttövesi

Kaikki kosteusrasitukset eivät aiheudu esimerkiksi sateista tai ilman ja maan kosteudesta. Työmaalla käytetään vettä erilaisiin tarkoituksiin, kuten puhtaanapitoon, materiaalien valmistamiseen tai betonivalujen kasteluun. Näistä aiheutuu niin ikään rakennuskosteutta, joiden poistumisesta sekä kuivumisesta pitää huolehtia. (Merikallio 1998; Koskenvesa 1999 mukaan)

Esimerkiksi betonin valmistusprosessissa roiskevedet voivat imeytyä lattia- ja seinärakenteisiin. Tämä viivyttää näiden rakenteiden kuivumista ja pahimmillaan aiheuttaa kosteusvaurion. Sama pätee myös työmaan siivoamisessa käytettäviin vesiin.

2.2 Riskit ja seuraukset

Puutteellinen kosteudenhallinta rakennusaikana voi lisätä kosteusriskien määrää ja aiheuttaa haitallisia seurauksia. On myös mahdollista, että jonkin kosteusongelman seurauksena syntyy uusia haittoja. Esimerkiksi vaurioitunut materiaali voi aiheuttaa myöhemmin käyttäjille terveyshaittoja rakennuksen käyttöaikana.

Riskejä on sekä taloudellisia, aikataulullisia että laadullisia. Usein hankkeiden aikataulua pidetään kiireellisenä ja sen tuomia ongelmia vältetään. Tämä johtuu myös siitä, että tiukassa aikataulussa jonkin työvaiheen myöhästyminen aiheuttaa helposti myös seuraavien työvaiheiden myöhästymisen. Tyypillinen kosteudenhallinnan aikataulullinen ongelma on kuivumisaikojen piteneminen. Varsinkin betonirakenteissa kuivumisajan merkitys on hankkeen etenemisen kannalta suuri, sillä usein betonirakenteiden pinnoitteet vaativat

alusrakenteeltaan riittävän alhaisen kosteuspitoisuuden ollakseen asennettavissa. Jos kuivumisaikaa ei pidennetä, pinnoitustöiden aloittaminen myöhästyy, kun alusrakenne ei ole tarpeeksi kuiva. Seurauksena on hankkeen viivästyminen aikataulusta.

Mitä huonommin betonirakenne suojataan, sitä enemmän materiaaliin pääsee haitallista kosteutta ja sitä enemmän sitä tarvitsee kuivattaa. Tämä hankaloittaa betonin kuivatusprosessia, sillä kuivumisaika vaaditun kosteuspitoisuuden saavuttamiseksi kasvaa. Vaihtoehtona on lisätä lämmittimien ja kuivaimien määrää kuivumisen nopeuttamiseksi. Toisaalta tämä nostaa hankintamenoja ja luonnollisesti kasvattaa kustannuksia. Kosteat rakennusmateriaalit ovat laadullinen ongelma ja lämmityshankintojen kustannukset tuovat taloudellisia ongelmia.

Merkittävä rakennuksen käyttöaikainen ongelma on rakennuskosteuden aiheuttamat terveysriskit. Se luo kasvualustan mikrobeille, jotka päästessään hengitysilmaan ovat haitallisia terveydelle. Kosteutta esiintyy tyypillisesti kohdissa, joihin on jäänyt rakennusaikaista kosteutta tai joissa rakenteet eivät toimi kosteusteknisesti oikein. Myös käyttöaikana voi siis esiintyä laadullisia ongelmia. Vaurioituneiden rakenteiden korjaaminen aiheuttaa luonnollisesti myös kustannuksia.

Materiaalien huolimaton suojaaminen tai suojaamatta jättäminen altistaa ne kosteusrasituksille sekä myöhemmille seurauksille. Työnaikainen materiaalien ja rakenteiden suojaaminen estää tai vähentää niiden vaurioitumista rakennusaikana ja tulevaisuudessa. Se myös vähentää vaurioiden korjaamisesta aiheutuvia kustannuksia ja kuivumisaikoja. (Koskenvesa 1999) Mikäli rakennettaessa huomataan materiaalin tai rakenneosan vaurioituneen kosteuden seurauksena, tulee se kuivattaa käyttökelpoiseksi tai vaihtaa uuteen. On myös huomioitava, että vaurioitunutta rakennusmateriaalia ei ikinä saa asentaa. (Lindberg & Sahlstedt 2013) Esimerkkinä kuvassa 2 on esitetty kapillaarisen veden aiheuttama kosteusvaurio.

***Kuva 2**. Kapillaarinen vesi on aiheuttanut kosteusvaurion väliseinän alaosaan. (Holmström et. al. 2016, s. 111)*

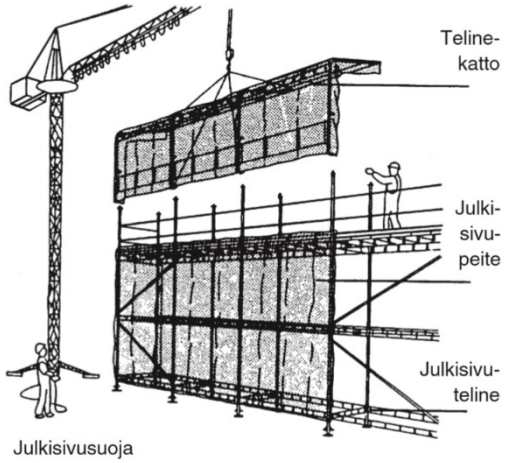
3. KOSTEUDEN EHKÄISEMINEN JA POISTAMINEN

Kosteudenhallinnan tärkeimpänä tavoitteena on kosteusvaurioiden estäminen (Merikallio 1998). Kosteuden poistamisessa työmaalta voidaan käyttää niin kosteutta ennaltaehkäiseviä kuin esimerkiksi jo asennettuja materiaaleja kuivattavia keinoja. Lisäksi työmaan olosuhteita voidaan muokata esimerkiksi sisätilojen lämpötilaan vaikuttamalla.

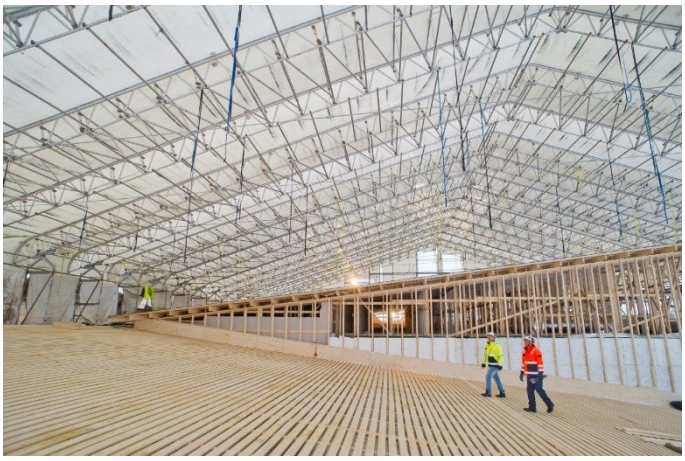
3.1 Sääsuojaus

Sääsuojaus on kosteuden muodostumista ennaltaehkäisevä kosteudenhallintatapa. Sen toimintaperiaate on varsin yksinkertainen. Sääsuojauksella estetään suojattavan kohteen välitön kosketus kosteuden kanssa ja näin vältetään kosteuden pääsy materiaaliin. Sääsuojauksella voidaan suojata materiaaleja, kokonaisia rakenneosia (esimerkiksi elementtejä) tai valmiin rakennuksen osia useammilla erilaisilla suojilla. Myös koko kohteen suojaaminen on mahdollista.

Sääsuojaustavan valintaan vaikuttavat suojattavan kohteen koon ja muodon lisäksi myös sen alttius vaurioitumiselle. Kustannustehokkaassa rakentamisessa on järkevää miettiä, voidaanko rakennus suojata säältä kokonaan huputtamalla vai suojataanko vain osa tai osia rakennuksesta. Esimerkiksi kokonaan huputtamisen ja julkisivusuojan hyödyt riippuvat paljon rakennusvaiheesta: julkisivusuoja on perustamisvaiheessa hyödytön, kun taas huputtamalla mahdollistetaan kuiva rakentaminen myös perustusten rakentamisen jälkeen, mutta tällöin työmenekki on suurempi kuin julkisivusuojan asentamisella (Ratu 07-3022 1992; Ratu S-1232 2013). Kuvassa 3 on esitetty julkisivusuojan asentaminen ja kuvassa 4 kokonaan huputettu rakennus.



Kuva 3. *Julkisivusuojan asentaminen. (Ratu S-1232 2013)*



Kuva 4. *Sääsuojalla voidaan huputtaa myös koko rakennus. (Kosteudenhallinta 2018)*

Suojattaessa koko rakennusta tai suuria rakennuksen osia voidaan käyttää sääsuojia tai suojapeitteitä. Suojaamiseen vaikuttaa, miltä halutaan suojautua, sillä esimerkiksi lämpötilaerot kesällä ja talvella vaikuttavat kylmältä suojautumisen tarpeeseen. Suojapeitteitä on olemassa erilaisia suojaustarpeen mukaan, esimerkiksi rakennuspeite kestää sään vaihtelevia rasituksia paremmin kuin julkisivupeite, joka taas läpäisee rakennuspeitettä paremmin auringonvaloa. Erityisiä suojaustoimia varten on myös erikoispeitteitä, jotka eroavat muista muun muassa lämmöneristysominaisuuksiensa takia. Suojapeitteiden pääasiallinen tarkoitus on toimia lisäsuojina ja muita suojaustapoja tukevina peitteinä. (Ratu 07-3022 1992) Siksi ne soveltuvat myös ulkotiloissa säilytettävien materiaalien suojaukseen jos niitä ei ole saatu pääasiallisen sääsuojan alle varastoitaviksi. Suojapeitteiden käytöstä on esimerkki kuvassa 5.

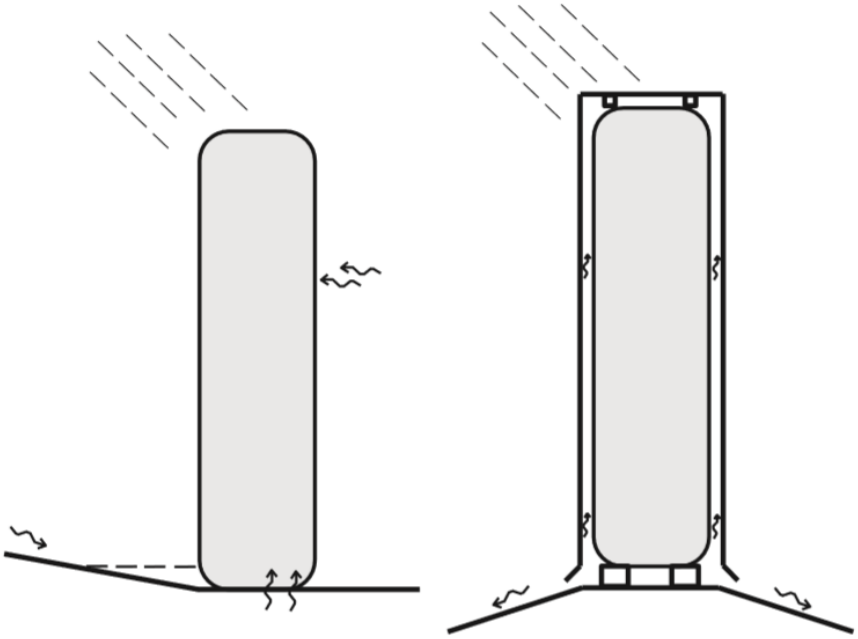
Kuva 5. *Esimerkiksi ikkunat suojataan usein työmaalle kuljetuksen ajaksi. Tämä ei riitä ulos varastoitaessa, joten suojauksessa käytetään erillistä suojapeitettä. (Motiva 2018)*

Materiaalien suojauksessa tärkeää on huomioida, että materiaalit sietävät kosteutta eri tavoin. Suojauksessa tulisi yleensä pyrkiä siihen, että materiaalit varastoidaan olosuhteissa,

jossa ne olisivat valmiissa kohteessa (Lindberg & Sahlstedt 2013). Yleensä rakennusmateriaalien pakkauksessa on ohjeita säilytykseen, ja näitä tulisi ensisijaisesti noudattaa materiaalin laadukkuuden ja toimivuuden varmistamiseksi. Lindberg ja Sahlstedt (2013) toteavat, että vaikka materiaalit ovatkin usein valmiiksi suojattuina pakkauksissaan, pitää ne suojata vielä erikseen saapuessaan työmaalle.

Merkittäviä kustannussäästöjä materiaalien varastointiin tehdään varastoimalla ne kosteudelta rakennuksen rungon sisäpuolelle. Myös materiaalien mahdollisimman lyhyt varastointiaika vähentää niiden riskiä altistua kosteudelle. Hyvän rakentamistavan mukaista olisikin tilata materiaalit työmaalle niin, että ne asennettaisiin mahdollisimman nopeasti tavaran vastaanottamisen jälkeen. (Kosteudenhallinta 2018) Rakennuksen vaipan nopeaan sulkemiseen kannattaa myös pyrkiä, sillä se luo aina sitä enemmän suojaa säältä, mitä pidemmälle rakennus valmistuu, ja siten myös lisää varastointitilaa.

Kosteuslähteitä ovat muun muassa sateet, maaperän kosteus, ilmankosteus, pintavedet ja rakentamisen käyttövesi (Lindberg & Sahlstedt 2013). Asianmukaisessa suojauksessa kosteuden siirtyminen näitä reittejä pitkin on estetty. Lisäksi oikeastaan kaikkiin suojauksiin pätee, että niiden päälle ei saa lammikoitua vettä tai kinostua lunta. Kosteuden eri siirtymismuotoja rakennusmateriaaleihin on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. *Suojaamaton ja sääsuojattu materiaali. (Lindberg & Sahlstedt 2013)*

Kuvasta 6 nähdään, että oikeanpuoleisessa suojauksessa materiaali on

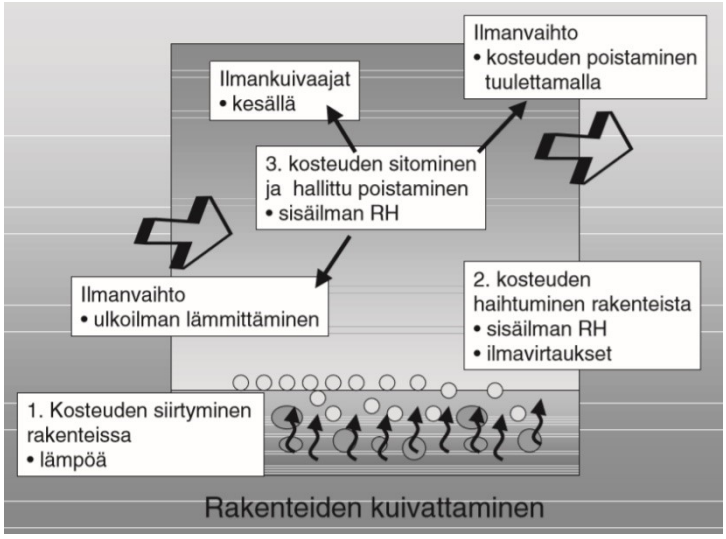
- korotettuna maasta
- sijoitettuna niin, että maa viettää sade-/käyttövedet materiaalista poispäin
- suojattu asianmukaisesti säärasituksilta.

Materiaalien suojaamisessa ei pelkästään riitä niiden peittäminen suojapeittein, vaan on varmistettava myös niiden riittävä tuulettuvuus, kuten kuvassa 3 oikealla. Tällä voidaan vielä vähentää kosteuden kertymistä materiaaliin.

3.2 Lämmittäminen ja kuivaaminen

Rakenteet on saatava ennen seuraavan työvaiheen alkamista sellaiseen tilaan, jossa työvaiheen aloittaminen on mahdollista sopimusasiakirjojen mukaisissa olosuhteissa (Ratu 07-3032 1992; Koskenvesa 1999 mukaan). Yksi olosuhdevaatimus on rakenteiden riittävä kuivuus. Haitallinen kosteus pitää saada poistettua rakenteista, jotta vältyttäisiin myöhemmiltä ongelmilta.

Rakenteiden saattamiseksi riittävän kuivaan tilaan voidaan käyttää erilaisia lämmitys- ja kuivausmenetelmiä. Lämpötiloja ja kuivumisolosuhteita myös seurataan mittauksin. Lämmittimien ja kuivaimien käyttäminen riippuu esimerkiksi ulkoilman olosuhteista vuodenajasta riippuen. Rakenteiden lämmittämisen ja kuivattamisen periaate on esitetty kuvassa 7.



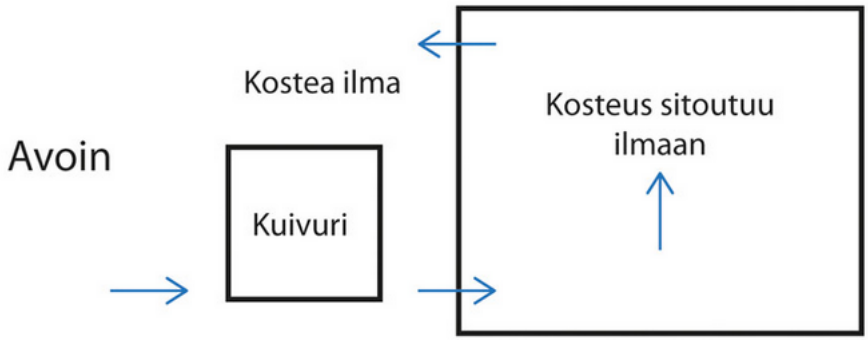
Kuva 7. *Rakenteiden kuivattamisen periaate. (Merikallio 1998)*

3.2.1 Lämmittimet

Lämmittimien käyttäminen on yksinkertainen vaihtoehto lämpötilan nostamiseen. Niillä voidaan nostaa niin rakennuksen ilman lämpötilaa kuin tietyn rakenneosankin lämpötilaa. Kosteudenpoiston kannalta sisälämpötilan nostamisella pyritään siihen, että ilman lämpötilan noustessa se pystyy sitomaan itseensä enemmän kosteutta (katso kuva 1). Näin rakenteissa oleva kosteus siirtyy diffusiivisesti kylmemmistä, korkeamman suhteellisen kosteuden omaavista rakenneosista ilmaan. Tällöin on myös huomioitava, että kosteam-

maksi muuttuvan sisäilman on päästävä kuivumaan tai vaihtumaan korvaavaan, kuivempaan ilmaan. Tässä voidaan käyttää avuksi myös ilmankuivaimia, joista lisää alaluvussa 3.3.

Jos sisäilman kosteuspitoisuuteen pyritään vaikuttamaan ilman kuivaimia puhutaan niin sanotusta avoimesta järjestelmästä. Siinä sisäilman lämpötilaa nostetaan lämmittimien avulla. Kun sisäilman lämpötila nousee ja sen kosteuspitoisuus kasvaa, korvataan kuivattavan tilan sisäilmaa ilmanvaihdon avulla ulkoilmalla, jonka kosteuspitoisuus on pienempi. Korvaavan ilman lämmetessä sen suhteellinen kosteus aluksi luonnollisesti laskee lämpötilan samanaikaisesti noustessa, jolloin se pystyy taas sitomaan tilan rakenteiden luovuttamaa kosteutta. (Björkholtz 1990; Kosteudenhallinta 2018 mukaan) Avoimeen järjestelmään kuuluvat siis lämmittimet sekä ilmanvaihto, ja apuna käytetään ilmavirran konvektiota. Avoimen järjestelmän periaatekuva on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. *Avoin kuivatusjärjestelmä. (Kosteudenhallinta 2018)*

Avointa järjestelmää käytettäessä ilmanvaihto toteutetaan tuuletuksella ja pienillä ilmarei'illä. Näitä reikiä voivat olla esimerkiksi talotekniikalle varatut läpiviennit ja ovien kynnysaukot. Kuivatettavan tilan tiiviyteen kannattaa pyrkiä ja kulkua tilassa välttää. Jotta lämmitysprosessi olisi mahdollisimman tehokasta, seurataan tilan suhteellista kosteutta ja lämpötilaa. +20 °C lämpötila ja 50 % suhteellinen kosteus ovat hyviä ohjearvoja. Alhaisempi lämpötila hidastaa kuivumista ja korkeampi taas vähentää taloudellista hyötyä. Alhaisempi ilman suhteellinen kosteus ei taas merkittävästi nopeuta kuivumisprosessia, mutta korkeampi hidastaa. Ilmanvaihdossa on lisäksi hyvä huolehtia, ettei ulkoilmaa oteta tiloihin liikaa, jolloin kylmän ulkoilman lämmittäminen aiheuttaa turhia lämmityskuluja. (Björkholtz 1990; Kosteudenhallinta 2018 mukaan)

Kun arvioidaan avointa järjestelmää kuivatusvaihtoehtona, on huomioitava talvi- ja kesäkausien eroavaisuudet korvausilman kosteuspitoisuuksissa. Talvella ulkoilman ollessa kylmempää sen kosteuspitoisuus on huomattavasti kesäkuukausia pienempi. Kesällä tilanne on erilainen, sillä silloin ulkoilman lämpötila ja kosteuspitoisuus ovat hyvin lähellä sisäilman vastaavia. Tällöin korvausilmasta saatava hyöty on käytännössä mitätöntä ja avointa järjestelmää kannattaakin käyttää enimmäkseen kylminä talvikuukausina.

Lämmityspuhaltimia on olemassa erilaisia: sähkö-, öljy- ja kaasukäyttöisiä. Näistä sähkökäyttöiset lämmittimet ovat yksinkertaisimpia käyttää ja hyötysuhteeltaan melko hyviä. Ongelmana on, että sähkölämmittimet ovat usein kalliita ja sähkön hinta on muita vaihtoehtoja korkeampi. Sähkökäyttöiset lämmittimet ovat olleet suosittu lämmitysjärjestelmä perinteisillä kerrostalotyömailla erityisesti sisävalmistusvaiheessa. Varsinkin pitkäkestoisista ja laajaa kuivatusta vaativissa kohteissa muut lämmitysmuodot muodostuvat yleensä kannattavammiksi, ja muiden laitteiden hankinta muodostaakin näissä laajemmissa hankkeissa yleensä ison osuuden lämmityskustannuksista. (Björkholtz 1990, s. 73; Ratu S-1234 2017 mukaan)

Öljy- ja nestekaasukäyttöisistä lämmittimistä kaasukäyttöiset lämmittimet ovat hyötysuhteeltaan parempia, mutta tuottavat käytössä myös vettä ja hiilidioksidia. Vesi aiheuttaa tarpeita lisäkuivatukselle ja hiilidioksidipitoinen ilma taas korvausilmalle. Öljykäyttöisten lämmittimien hyötysuhde vaihtelee paljon, mutta on silti hyvä, vaikkakin huonompi kuin kaasukäyttöisillä. Toisaalta nestekaasu on myös kalliimpi vaihtoehto. Kumpaa tahansa käytettäessä on huolehdittava laitteiden valvonnasta, jotta nämä eivät aiheuta riskitilanteita, kuten vuotoja putkien liitoskohdissa tai jopa räjähdysvaaraa. (Björkholtz 1990, s. 73; Ratu S-1234 2017 mukaan) Lämmittimien valintaa mietittäessä on siksi hyvä muistaa, että sähkökäyttöiset lämmittimet ovat lähes aina turvallisia käyttää ja helposti siirreltäviä, eikä niiden käytössä tarvita jatkuvaa valvontaa.

Yleensä kustannustehokas vaihtoehto varsinkin suurilla työmailla on liittää rakennus kaukolämpöverkkoon. Ongelmaksi kaukolämmössä on usein muodostunut järjestelmälle tulevan veden tarpeellista alhaisempi lämpötila, jolloin puhaltimien tehokkuus laskee, ja siksi voi olla hyödyllistä käyttää kaukolämpöä yhdessä jonkin muun järjestelmän kanssa. Edullisuutensa takia järjestelmää kuitenkin käytetään, vaikka järjestelmän asentaminen voi olla työlästä. Kaukolämpö vaatii toimiakseen rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän, joten kustannussäästöjen saamiseksi rakennuksen lämmitysjärjestelmän aikaiseen valmistumiseen kannattaa pyrkiä. Jos rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä on valmis käytettäväksi, kannattaa sitä ensisijaisesti käyttää lämmittämisessä. Tämä vähentää tarvittavien lisälämmittimien määrää ja on näin kustannustehokkaampaa. (Björkholtz 1990, s. 54; Hämäläinen 2012, s. 38 mukaan)

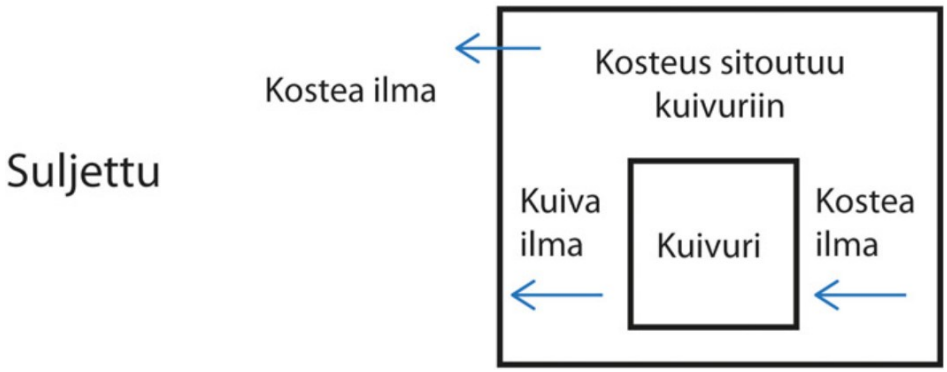
Lämmittimien tarvetta määritettäessä pitää laskea kuivatettavan tilan lämmitystehon tarve. Tämä voidaan tehdä joko laskemalla tai lukemalla tarvittava lämmitysteho nomogrammeista. (Björkholtz 1990, s. 72) Laskemalla saatu tulos on hitaampi tapa, mutta antaa tarkemman tuloksen ja voi johtaa myös kustannussäästöihin. Kun lämmitystehon tarve on selvillä, nostetaan tätä vielä saadusta arvosta, jotta varmistetaan tilan nopea lämpeneminen hyvien kuivumisolosuhteiden saavuttamiseksi (Björkholtz 1990). Lämmitystarpeen ylimitoittamisella voidaan pyrkiä kuivumisolosuhteiden nopean saavuttamisen lisäksi myös siihen, että tilan kuivumisolosuhteet pysyvät haluttuina mahdollisista ilmavuodoista huolimatta. Lämmittäminen on tehokkaampaa myös useammalla pienellä lämmittimellä kuin yhdellä teholtaan suuremmalla lämmittimellä. Tällä varmistetaan lisäksi

paremmin lämpötilan jakautuminen tasaisesti kuivatettaviin tiloihin ja siten paremmat kuivumisolosuhteet (Kosteudenhallinta 2018).

Vaikka rakenteissa olisi kosteutta näkyvänä vetenä tai lumena ja jäänä, näitä ei ole tarkoitus poistaa lämmityslaittein. Tämä aiheuttaa merkittäviä menoja kustannuksissa ja pitkittää kuivumista. (Björkholtz 1990, s. 52) Tällaisissa tilanteissa lumi ja vesi pitää poistaa rakennuksesta esimerkiksi lapioimalla tai vesi-imurilla.

3.2.2 Kuivaimet

Ilmankuivaimilla toteutettavaa rakennuksen kuivattamista kutsutaan suljetuksi järjestelmäksi. Eroja avoimeen järjestelmään ovat muun muassa kuivatettavan tilan huomattavasti parempi ilmatiiveys ja ilmankuivaimien käyttäminen ilmanvaihdon sijaan (tosin ilmanvaihtoa voidaan myös tarvita kuivaimia käytettäessä, esimerkiksi jos tilan suhteellinen kosteus ylittää 50 %). Myös suljetussa järjestelmässä tila eristetään muusta rakennuksesta, tosin avointa järjestelmää tiiviimmäksi, ja kaikki mahdolliset ilmavuodot pyritään estämään. Tilan lämpötilaa nostetaan tavoitelämpötilaan, jolloin rakenteet luovuttavat kosteutta ilmaan. Kostea ilma ohjataan kuivaimeen, joka kuivaa ilman ja palauttaa sen takaisin tilaan. Laitteeseen kerääntyvä kosteus johdetaan ulkoilmaan. (Björkholtz 1990; Kosteudenhallinta 2018 mukaan) Suljettu järjestelmä on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. *Suljettu järjestelmä. (Kosteudenhallinta 2018)*

Ilmankuivaimia on kahta tyyppiä: kondenssi- ja sorptiokuivaimia. Kondenssikuivaimessa ilma kulkee laitteessa olevan jäähdytyspatterin läpi. Osa ilman kosteudesta tiivistyy laitteen pinnalle ja ohjataan siitä vettä keräävään säiliöön. Lopuksi kuivattu ilma puhalletaan lämmityspatterin läpi ja palautetaan tilaan. Laitteeseen kerääntyvä vesi poistetaan joko viemäriin tai ulkotiloihin. Parhaiten laite toimii lämpimissä ja kosteissa tiloissa. Kylmissä tiloissa käytettäessä kuivaaja pitää varustaa jäätymistä estävällä järjestelmällä. (Björkholtz 1990; Kaukiainen 2012 mukaan, s. 15–16)

Sorptiokuivaimen (myös adsorptiokuivain) toimintaperiaate on erilainen. Siinä ilmaa kuivatetaan aineella, joka pystyy keräämään itseensä kosteutta. Tämä voi esiintyä laitteen

roottorissa esimerkiksi sarjana ohuita kalvoja, jotka on kyllästetty kosteutta imevällä aineella. Kostea ilma puhalletaan näitä päin ja kalvojen läpi kulkeutuessaan ilma kuivuu. Kuiva ilma kierrätetään takaisin tilaan ja kostea, vesihöyrypitoinen ilma poistetaan tilasta. Sorptiokuivaimia on olemassa myös kaksi erilaista, ja nämä eroavat vielä toisistaan hieman. (Björkholtz 1990; Kaukiainen 2012 mukaan, s. 14–15)

Kuivaimien valintaan vaikuttavat muun muassa kuivattavan tilan kosteuspitoisuus, lämpötila ja arvioitu energiankulutus. Jos kuivattava tila on hyvin kostea ja lämmin, on kondenssikuivain selkeästi tehokkaampi vaihtoehto. On kuitenkin huomattava, että rakenteiden kuivuessa myös niiden kuivumisnopeus hidastuu, jolloin kondenssikuivaajan tehokkuus laskee. Jossakin vaiheessa rakenteiden kuivuessa on siis sorptiokuivaimen käyttö tehokkaampaa. Kaukiainen (2012) toteaa myös, että sorptiokuivain on huomattavasti tehokkaampi poistettaessa viimeisiä tarvittavia kosteuksia rakenteista.

3.2.3 Pikakuivatus infrapunasäteilijöillä

Joissakin tapauksissa, yleensä betonirakenteissa, voi käydä niin, että rakenteet täytyy saattaa päällystystöiden vaatimaan kuntoon todella nopeasti. Tällöin tavallisten lämmittimien tai kuivaimien käyttö ei riitä tai se on liian kallista kustannusten kannalta. Vastaavissa tilanteissa voidaan apuna käyttää säteilylämmittimiä, kuten infrapunasäteilijöitä. (Björkholtz 1990 s. 60–61)

Säteilylämmittimiä käytetään betonirakenteiden kuivatuksessa. Menetelmä lyhentää kuivumisaikaa huomattavasti. Pikakuivatuksessa rakenteen lämpötilaa nostetaan säteilijöillä noin +40 °C ja +50 °C väliin jaksottaisesti tai yhtäjaksoisesti, joista jaksottainen lämmittäminen on paljon yleisempää. Kuivumisnopeuteen vaikuttaa menetelmän nopeudesta huolimatta esimerkiksi rakenteen paksuus, kuivumisolosuhteet ja lämpötila, betonin laatu ja koostumus sekä ikä. (Björkholtz 1990, s. 60)

Infrapunasäteilijät eivät lämmitä ilmaa suoraan, vaan materiaalia, jonka ne kohtaavat. Vuorostaan materiaali, johon säteily osuu, lämmittää ilmaa. Infrapunasäteilijöitä käyttämällä materiaali saadaan lämmitettyä kustannustehokkaammin kuin muilla laitteilla. Jos materiaalin lämpötilaa halutaan kohottaa esimerkiksi + 40 °C:seen lämmittimillä, lämpenee ympäröivä ilma myös voimakkaasti, mikä nostaa merkittävästi kustannuksia. (Björkholtz 1990, s. 61) Säteilijöillä lämpötilan kohottaminen voidaan helpommin siis kohdistaa haluttuun kohteeseen, jolloin ympäröivä ilma ei lämpene yhtä nopeasti. Koskenvesan (1999) mukaan infrapunasäteily etenee sähkömagneettisena aaltoliikkeenä, josta vain kappaleeseen imeytyvä lämpösäteily nostaa lämpötilaa, toisin kuin kappaleesta heijastuva säteily. Näin myös työskentely samassa tilassa on mukavampaa lämpötilan ollessa sopivampi.

3.2.4 Kosteusmittaukset

Kosteusmittauksilla seurataan rakennuksen sisäilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta, tai rakenteiden lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Kosteusmittauksilla voidaan varmistua rakenteiden riittävästä kuivumisesta ja siten edetä seuraavaan työvaiheeseen. Esimerkiksi päällystystöihin ei saa ryhtyä pelkkien kuivumisaika-arvioiden perusteella, sillä kyseessä on vain arvio. Vain mittaamalla voidaan varmistua todellisesta kosteuspitoisuudesta. Ilman kosteusmittauksia voi aiheutua

- pinnoitemateriaalin vaurioituminen alusrakenteen ollessa liian kostea
- ylimääräisiä lämmityskustannuksia ja aikatauluviiveitä alusrakenteen oltua riittävän kuiva päällystystöihin jo paljon aikaisemmin. (Björkholtz 1990, s. 65; Merikallio 1998 mukaan)

Kosteusmittaukset tehdään kosteudenhallintasuunnitelmassa olevien kosteusmittaussuunnitelmien mukaisesti (Merikallio 1998). Tärkeitä mittaukset ovat juuri päällystettävissä rakenteissa, kuten usein betonirakenteissa. Mittauksia suoritetaan yleensä 2–4 viikon välein, ja ensimmäinen mittaus tehdään rakennuksen rungon ollessa valmis. Viimeiset mittaukset tehdään vähintään kaksi viikkoa ennen päällystystyön alkamista ja juuri ennen päällystämistä tehdään vielä tarkastusmittaus. Myös muita mittauksia liittyen kuivatettavien tilojen lämpötiloihin ja suhteellisiin kosteuksiin tehdään, jotta saadaan tietoja siitä, ovatko kuivumisolosuhteet riittäviä. (Merikallio 1998; Merikallio 2003) Mittaustulosten perusteella voidaan siis vielä vaikuttaa olosuhteisiin kuivumisen nopeuttamiseksi, kuten lisäämällä ilmanvaihtoa.

Ensimmäisen mittauksen tarkoituksena on saada tietoa rakenteen kosteustilasta ja näin sen kuivatustarpeesta. Seuraavat mittaukset ovat tarkistusmittauksia, joilla seurataan rakenteiden kuivumista suunnitellusti ja aikataulun mukaisesti. Mittaukset tehdään asettamalla mittauslaite sille rakenteeseen porattuun reikään tai ottamalla näyte halutusta materiaalista. Mittausta tekevän henkilön tulee olla perehtynyt mittaustyöhön ja käyttämäänsä laitteistoon sekä mittaustuloksiin vaikuttaviin tekijöihin. Syynä tähän on muun muassa mittausten merkittävä vaikutus kustannuksiin. (Merikallio 1998; Merikallio 2003 mukaan)

Mittauksista vastaa työmaalle nimetty kosteusvastaava. Hän myös merkitsee mittaustulokset muistiin ja vastaa työmaan kosteudenhallintasuunnitelman toteuttamisesta (Merikallio 2003). Mittauksista saadut tiedot on tärkeää säilyttää kosteudenhallintasuunnitelman yhteydessä (Kosteudenhallinta 2018).

3.2.5 Haastattelu lämmityslaitteista

Koska tietoa lämmittämisen nykytilanteesta ja -käytöstä oli melko haastavaa löytää, käytettiin kandidaatintyön lähteenä myös yhtä haastattelua. Lisäksi lähteet, joista tietoja löytyi, olivat monta vuotta vanhoja, joten haluttiin myös selvittää, onko muutoksia laitteisiin liittyen tapahtunut.

Haastattelu toteutettiin puhelinhaastatteluna. Haastateltavana toimi keskisuuren rakennuskonevuokraamon kokenut työntekijä.

Kysymys 1: Mitkä lämmitintyypit ovat nykyään yleisiä? Miksi?

- Öljy- ja kaasukäyttöiset lämmittimet ovat edelleen yleisiä laajemmissa hankkeissa ja varsinkin runkovaiheessa, etenkin kerrostaloissa. Kohteissa, joissa betonirakenteita on paljon, ovat nämä edelleen hyvin käytettyjä. Syitä tähän ovat muun muassa niiden hyvä hyötysuhde ja tehokkuus tuottaa lämpöä nopeasti. Myös kaukolämpöä käytetään, ja se on kustannustehokas vaihtoehto.
  Tyypillinen käyttökohde ja -tarve on talvella rungon kokoamisen yhteydessä holvin lämmittäminen. Laina-aika on tavallisesti tällöin varsin lyhyt, alle viikon.

Kysymys 2: Onko esimerkiksi öljypohjaisten lämmittimien käyttö vähentynyt nykyään ekologisten arvojen ollessa pinnalla?

- Ei oikeastaan. Niitä käytetään edelleen paljon tehokkuutensa ansiosta. Mikä öljypohjaisissa lämmittimissä on eniten muuttunut, on aineen puhtaampi ja parempi palaminen ja sitä kautta päästöjen väheneminen.

Kysymys 3: Onko sähkölämmittimien tehokkuus muuttunut?

- Sähkölämmittimiä käytetään kyllä edelleen, mutta enemmänkin pienemmissä kohteissa, joissa betonirakenteita on vähemmän, kuten rivitaloissa. Sähkölämmittimien käyttöä rajoittaa nimenomaan sen liitäntäteho sähköverkkoon. Karkeasti mitä pienempi lämmitin on teholtaan, sen parempi sen hyötysuhde on. Sähkönsiirrossa tapahtuu jo tehohäviöitä, jotka vaikuttavat lämmittimen tehokkuuteen.
  Mikä sähkölämmittimissä on kehittynyt, on niiden kasvanut puhallusteho ja kehittyneempi ilmankierto, eli tilaan puhallettava ilma jakaantuu tasaisemmin koko tilaan. Lisäksi lankalämmityksessä sähköä käytetään, sillä kyseisellä menetelmällä saadaan tehokkaasti lämpö sinne, minne se halutaan.

3.3 Kosteudenhallintasuunnitelma

Kun hanke etenee suunnitteluvaiheessa, laaditaan sille kosteudenhallintasuunnitelma. Suunnitelman tarkoituksena on ohjata kosteudenhallintaa hankkeen eri vaiheissa. Esimerkiksi työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään työmaan toiminnan kannalta

oleellisia asioita, kuten rakentamistapaan, kosteudenpoistotapoihin, kosteusalttiisiin rakenteisiin sekä kosteudenhallinnan valvontaan liittyviä tekijöitä. Suunnitelma voidaan tehdä apuna käyttäen esimerkiksi hankkeen rakenne- ja rakennuspiirustuksia, suunnitteluvaiheessa rakennukselle tehtäviä riskianalyysejä, rakenteiden toimenpideselostuksia sekä hankkeen aikataulua. Apuna voidaan myös käyttää aiempien mahdollisesti samankaltaisten hankkeiden kosteudenhallintasuunnitelmia. On kuitenkin huomioitava, että jokainen hanke on erilainen, ja siksi suunnitelma tehdäänkin jokaiselle työmaalle yksilöllisesti. (Merikallio 2003) Monilta suuremmilta rakennusliikkeiltä löytyy jo valmis pohja suunnitelman tekemiseen, joka osaltaan nopeuttaa suunnitelman laatimista.

Kosteudenhallintasuunnitelman pohjana toimii aluksi alustava kosteudenhallintasuunnitelma (myös kosteudenhallinta-asiakirja), jonka tekee yleensä tilaaja tai rakennuttaja. Tässä selvitetään kosteudenhallinnalle asetettavat tavoitteet sekä esitetään, miten suunnitelma kehittyy jatkossa ja miten kosteudenhallinta toteutetaan. Tämä suunnitelma kehittyy koko suunnitteluvaiheen ajan ja sitä täydennetään sitä mukaa, kun suunnitelmat selkiytyvät. Hankkeen siirtyessä rakennesuunnitteluvaiheeseen suunnittelijoiden lähtötietona toimii alustava kosteudenhallintasuunnitelma, ja tuloksena syntyy rakennussuunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma. Nämä suunnitelmat toimivat lähtötietoina myöhemmin tehtävälle työmaan kosteudenhallintasuunnitelmalle. (Kosteudenhallinta 2018)

3.3.1 Kosteudenhallintasuunnitelman sisältö

Kosteudenhallintasuunnitelma sisältää kaikki työmaan kosteudenhallintaan olennaisesti vaikuttavat tiedot. Suunnitelman tulee sisältää ainakin

- selvitykset kosteusriskeistä
- kuivumisaika-arviot
- kosteusmittaussuunnitelmat
- selvitykset olosuhdehallinnasta
- suunnitelmat kosteudenhallinnan toteutuksesta, valvonnasta ja raportoinnista.

Kosteudenhallintasuunnitelmasta käyvät ilmi myös työmaalle nimetyt kosteudenhallinnan vastuuhenkilöt, kuten kosteudenhallintakoordinaattori ja työmaan kosteusvastaava, joka vastaa pääasiassa suunnitelmien toteutumisesta. Lisäksi suunnitelmassa selvitetään yleensä valmiiden rakenteiden laatuvaatimukset ja kosteudenhallinnan tavoitteet. (Merikallio 2003; RIL 250-2011; Kosteudenhallinta 2018 mukaan)

3.3.2 Suunnitelman osien sisältö

Suunnitteluvaiheessa suunnittelijaryhmät selvittävät rakennepiirustusten pohjalta kosteuden kannalta riskialttiit rakenteet. Päätavoitteena tässä on löytää rakenneratkaisuista sellaiset, jotka ovat kosteusteknisesti riskialttiita niin rakennettaessa kuin mahdollisesti

myöhemminkin. Selvityksessä käy ilmi myös mahdollisesti rakennetyypissä käytettävät kosteusalttiit rakennemateriaalit, jotka luovat riskin kosteusvaurion synnylle. Analyysin perusteella voidaan antaa toimintaohjeita tuotantovaiheeseen, jotta kosteusriskit voidaan rakennettaessa välttää ja samalla ehdottaa paremmin kosteusrasitusta kestäviä materiaalia ja rakenneratkaisuja. Suunnittelussa tulee myös huomioida rakennusaikainen kosteus ja varmistaa, että se pääsee poistumaan aikataulussa. Riskialttiista rakenteista kootaan lista, jonka pohjalta rakenteiden toteuttamisen seuranta työmaalla helpottuu. (Merikallio 1998)

Kuivumisaika-arvioita tehdään pääasiassa päällystettäville betonirakenteille. Ne ovat suuntaa antavia rakenteiden kuivumisen seurannassa. Kuivumisaika-arvioiden tekemisessä voidaan käyttää apuna eri betonilaatujen pohjalta tehtyjä kuvaajia, joista kuivumiseen tarvittava aika tietyissä olosuhteissa on helposti luettavissa. On kuitenkin tärkeää muistaa, että todellinen rakenteen kosteus saadaan selville ainoastaan mittaamalla sen kosteuspitoisuus. Arvioita ilman mittausta ei tulisi käyttää todellisena arvona esimerkiksi ennen päällystystöihin siirtymistä. (Merikallio 1998)

Olosuhdehallintaosiossa esitetään suunnitelmat erilaisille materiaalien ja rakenteiden suojauskeinoille sekä tarpeet lämmittämiselle ja kuivattamiselle. Hankkeen kosteusriskit on arvioitu ja tämän pohjalta voidaan tehdä arvioita hankkeen kannalta oleellisimpien kuivumisolosuhteiden luomisesta. (Merikallio 2003) Osiossa voidaan esittää esimerkiksi alustavat suunnitelmat tarvittavasta lämmitys- ja kuivatuskalustosta eri vuodenaikoina.

Mittaussuunnitelmissa esitetään ainakin mittausten aikataulu, mittauslaitteisto, laajuus ja mittauspisteiden sijainti. Suunnitelmissa annetaan kuivatusjakson alussa kuivumisolosuhteiden lähtötiedot, kuivumisjakson edetessä mahdolliset tiedot olosuhteiden muuttamisesta ja kuivumisen lopussa tiedot esimerkiksi materiaalin riittävän alhaisesta kosteudesta, jotta jatkotoimenpiteisiin voidaan ryhtyä. Useampia mittauksia tekemällä on helpompi seurata kuivumisaika-arvioiden toteutumista ja varmistua siitä, että rakenteet kuivuvat aina todennäköisemmin suunnitelmien mukaisessa ajassa (Kosteudenhallinta 2018).

4. TOIMIVA KOSTEUDENHALLINTA

Rakennusprojektin sujuvuuden kannalta on melko selvää, että toimiva kosteudenhallinta on isossa osassa. Onnistuneella kosteudenhallinnalla saavutetut edut näkyvät niin alhaisissa lämmitys- ja kuivatuskustannuksissa kuin myös hankkeen etenemisessä aikataulussa, jopa aikataulusta edellä. Tärkeintä kuitenkin on, että kosteus saadaan rakenteista poistettua, jotta kosteus ei pääse aiheuttamaan rakenteissa kosteusvaurioita.

Toimiva kosteudenhallinta vaatii sekä huolellista suunnittelua että toteuttamista työmaalla asianmukaisesti. Kosteudenhallinta jatkuu myös hankkeen valmistumisen jälkeen, jolloin käyttäjälle luovutetaan esimerkiksi ohjeita rakennuksen kosteuden kannalta kriittisten kohtien seurantaan (kuten märkätilat) ja rakentamisen aikaisia tietoja kosteusmittauksista (Kosteudenhallinta 2018).

4.1 Riskit ja ongelmat

Rakennushanke altistuu rakentamisen aikana monille erilaisille riskeille myös kosteuden aiheuttamien ongelmien takia. Esimerkiksi rakennustarvikkeiden varastoinnissa on merkittävänä riskinä ulkopuolisen kosteuden pääseminen materiaaleihin. Mitä pidempään materiaaleja joudutaan varastoimaan, sitä merkittävämmäksi kasvaa niiden riski altistua ylimääräiselle kosteudelle. Toisaalta jos materiaalit tilataan työmaalle mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa liikakosteuden välttämiseksi, voi toimituksen myöhästyminen hidastaa hankkeen etenemistä materiaalien puuttuessa. Työmaalla on siis huomioitava molemmat riskit ja tilattava materiaali työmaalle ajoissa kuitenkin varmistaen, että varastointi toteutetaan riittävän hyvin. Ongelmia voi kuitenkin tulla aikatauluviivästyksistä ja nousevista kustannuksista.

4.1.1 Suojaamistavan valinta

Jotta kosteusriskit saataisiin minimoitua, tarvitsee suoralle säärasitukselle alttiit rakenteet aina suojata. Tämä voidaan toteuttaa suojaamalla rakenne osittain tai kokonaan huputtamalla (Lindberg & Sahlstedt 2013, s. 159). Työmaalla suojaustavan valintaan voivat vaikuttaa kokonaan huputtamisen ja osittain huputtamisen työmenekit ja kustannukset. Tapauskohtaisesti miettimällä huolellisesti voidaan saavuttaa säästöjä kustannuksissa. Erityisen tärkeää kosteudenpoiston kannalta olisi suojata rakennuksen runkovaiheessa seinäelementtien eristetilat. Vaikka runkovaiheessa rakennuksen huputtaminen sääsuojalla tuokin lisäkustannuksia, ovat kustannukset silti pieniä verrattuna korjaustöihin, jotka aiheutuvat runkovaiheessa eristetilaan päässeestä kosteudesta, kun työvaihe on päätetty toteuttaa suojaamatta (Björkholtz 1990, s. 45). Suojaamisen tuomia kustannuksia kannattaa siis ajatella aina kosteudenpoiston ja rakennuksen käyttöaikaiskustannusten kannalta: jos

suojaamisessa säästettiin kustannuksia vähentämällä suojausta, ne näkyvät usein lisäkustannuksina kosteudenpoistossa tai kosteusvaurioiden aiheuttamina kustannuksina rakennuksen käyttöaikana.

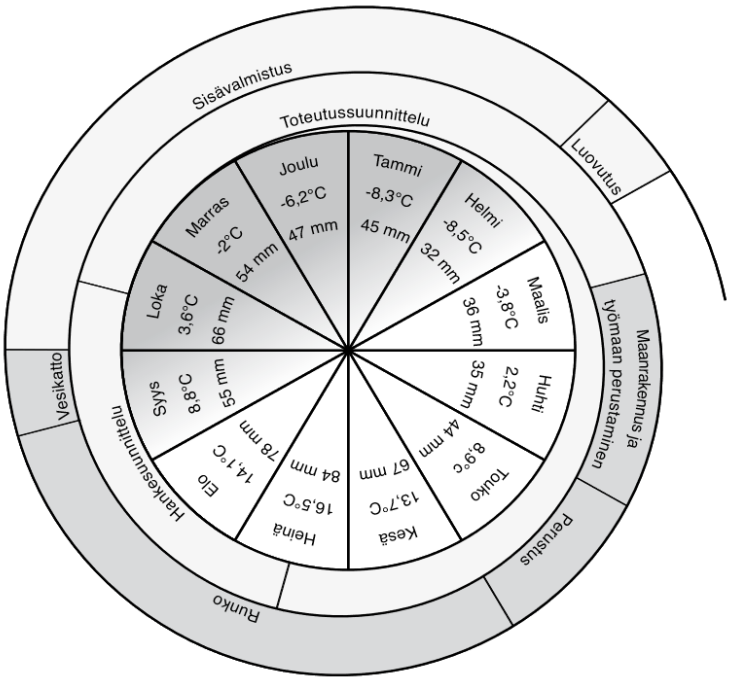
4.1.2 Kosteudenpoistotavan valinta

Rakenteiden lämmityksessä ja kuivatuksessa merkittävä riski on näiden kustannukset. Tarvittavien lämmittimien määrä on mitoitettavissa laskemalla tai arvioimalla lämmitystarve kuvaajista, samoin kuten ilmankuivaajien tarve (Björkholtz 1990, s. 58–60, 63–64). Tarkasti laskemalla saadaan jo vähennettyä lämmityskustannuksissa mitoittamalla laitteiden määrä oikein. Kustannuksiin vaikuttavat luonnollisesti esimerkiksi vuodenaika, tilan suuruus ja tiiveys sekä valittujen laitteiden teho ja määrä. Lämmityksessä ja kuivatuksessa on kuitenkin tärkeää muistaa, että kosteuden tiivistymisen estäminen on tehokkaampaa kuin lämmittäminen (Ratu S-1232). Riski kalliista lämmityskustannuksista laskee siis sitä enemmän, mitä paremmin rakennekosteuden muodostumisen estämisessä ollaan onnistuttu. Kustannussäästöjä tehdään myös tarkkailemalla kuivumisolosuhteita aktiivisesti ja puuttumalla niihin varhaisessa vaiheessa. Esimerkiksi säätämällä lämpötila ja ilmanvaihto kuivumisolosuhteille optimaalisemmaksi voidaan säästää lämmityksestä aiheutuvista kustannuksista.

Lämmityskustannukset vaihtelevat käytettävästä lämmitysenergiasta riippuen. Edullisinta olisi käyttää mahdollisimman varhaisessa vaiheessa rakennuksen omaa lämmitysjärjestelmää ja kaukolämpöä, jos mahdollista (Hämäläinen 2012, s. 38). Ongelmaksi muodostuu kaukolämmön riittämättömyys koko kohteen lämmittämiseen, ja samaan ongelmaan törmätään usein myös sähkölämmittimiä käytettäessä. Suuret öljy- ja kaasukäyttöiset lämmittimet kykenevät tuottamaan paljon lämpöä ja ovat todella tehokkaita, mutta niiden hankintakustannukset ovat suuret ja ne vaativat aina jatkuvaa tarkkailua. Lisäksi etenkin kaasun palaessaan tuottama vesihöyry tuottaa lisää kosteudenpoistotarvetta. Päätös lämmityslaitteiden valinnasta tulisi olla siis sekä kustannustehokas että riittävä koko kohteen lämmittämiseen.

Myös aikataulullinen riski on olemassa lämmittämisessä. Jos lämmityslaitteiston teho yhdistettynä muihin tekijöihin, esimerkiksi kuivumisolosuhteisiin, ei riitä rakenteiden riittävään kuivattamiseen, voi seurauksena olla hankkeen aikataulun venyminen. Myös vaihteleva poistettavan kosteuden määrä on ongelmana, mutta sen suuruuteen vaikuttaa enemmän se, kuinka kosteuden muodostumisen estämisessä on onnistuttu.

Kosteudenhallinnassa merkittävää on työmaalla vuodenaikojen vaihtuvien olosuhteiden mukaisesti toimiminen ja hankintojen ennakoiminen (Ratu S-1234 2017, s. 13). Hankintojen ennakoinnilla tarkoitetaan tässä esimerkiksi lämmityslaitteiden hankkimista työmaalle jo hyvissä ajoin ennen syksyn viileneviä ilmoja, jotta rakenteiden kuivuminen ei keskeydy äkillisten lämpötilamuutosten takia. Kuvassa 10 on esitetty esimerkki rakennustyömaan rakennusvaiheiden ajoittumisesta.



Kuva 10. *Esimerkki rakennusvaiheiden ajoittumisesta vuodenajan mukaan. Sektoreilla rajatun keskiön ympärillä kulkevalla spiraalilla on esitetty tavoitteellinen eri rakennusvaiheiden kesto ja alkamisajankohta. Sektorien lämpötilat ja keskimääräiset sademäärät ovat Jyväskylässä sijaitsevalta havaintoasemalta. (Ratu S-1234 2017)*

4.1.3 Tietoisuus työmaalla

Vaikka työmaalla olisikin käytössä hyvin toteutettu kosteudenhallintasuunnitelma ja kosteudenhallintaa seurataan aktiivisesti esimerkiksi kosteudenhallintakoordinaattorin kautta, merkittävä osa hankkeen kosteusteknistä onnistumista on työntekijöiden tietoisuus kosteuden tuomista ongelmista. Suuri vastuu rakenteiden sekä rakenneosien toimivuudesta on itse työn tekijöillä. Björkholtzin (1990, s. 44) mukaan kosteuden mukanaan tuomista ongelmista päästään parhaiten eroon silloin, kun jokainen osapuoli materiaalien kuljetuksesta työmaalle aina asennukseen ymmärtää vastuunsa kosteuden muodostumisen estämisessä.

Merkittäväksi ongelmaksi hankkeen laadullisissa tekijöissä voi koitua tietynlainen välinpitämättömyys kosteudenhallintaa kohtaan. Syitä tähän voi olla useita, kuten työntekijöiden huono tietämys kosteuden muodostumistavoista tai pienenkin liikakosteuden haittavaikutuksista. Esimerkiksi monet rakennusmateriaalit pakataan muoveihin, ja kuljetuksen aikaisen suojauksen kuvitellaan usein riittävän, jolloin materiaalit varastoidaan ilman ulkopuolista suojausta työmaalla. Suojamuovi kuitenkin repeää helposti ja vielä suurempi ongelma on sen sisään pääsevä kosteus, joka tiivistyy muovin sisäpintaan aiheuttaen mer-

kittävän kosteusriskin (Björkholtz 1990, s. 45). Työmaalla kuvitellaan materiaalien valmiin suojauksen usein riittävän, eikä tuotteita viitsitä suojata viemällä niitä katokseen tai käyttämällä erillistä peitettä.

Myös työnjohdon puolella voidaan törmätä ongelmiin. Jos rakennusmateriaalit ovat vaurioituneet, niitä ei saa asentaa. Uusien materiaalien tilaaminen aiheuttaa lisäkustannuksia ja viivästyksiä aikataulussa. Houkutus vaurioituneen materiaalin asentamisesta on tällöin suuri. Myös tästä syystä työmaan kosteudenhallintakoordinaattori pyritään nimeämään pääurakoitsijan organisaation ulkopuolelta, millä varmistettaisiin käytettävien materiaalien laatu ja asianmukainen käyttö.

4.1.4 Kosteudenhallintasuunnitelman riskien huomiointi

Kosteudenhallintasuunnitelmaan liitetään suunnitteluvaiheessa tehdyn kosteusriskianalyysin tulokset, joista selviää muun muassa

- todetut riskit ja kriittiset laatutekijät
- kosteusriskiluokka
- kosteudenhallinnan menettelytaso
- suunnitteluvaiheen riskienhallintatoimenpiteet
- työmaavaiheen riskienhallintatoimenpiteet. (RIL 250-2011 2011, s. 97)

Todetut riskit voivat olla esimerkiksi rakennedetaljeja, joista kaikki käydään läpi kosteusteknisen toiminnan kannalta. Jos rakenne todetaan kosteusteknisesti toimivaksi, tarkastetaan seuraavaksi, onko rakenteen toteuttaminen haastavaa. Jos toteuttaminen todetaan haastavaksi, annetaan työmaalle erityiset ohjeet rakenteen oikeanlaiseen toteutukseen. Muissa tapauksissa rakenteesta tehdään vaihtoehtoinen ehdotus tai toimivuuden toteaminen ei aiheuta toimenpiteitä. (RIL 250-2011 2011, s. 97–98)

Kosteusriskiluokka riippuu rakennuksen kosteusteknisestä ja kosteudenhallinnallisesta vaativuudesta ja tätä kautta myös hankkeen laajuudesta ja vaativuudesta. Kosteusriskit voidaan jakaa luokkiin 1–3, joista 3 on haastavin. Tällaisissa kohteissa kosteudenhallintaan kiinnitetään erityistä huomiota. Kosteusriskiluokkien mukaan muuttuvat yleisesti myös kosteudenhallinnan menettelytasot. Näitä ovat normaali ja tehostettu menettelytaso sekä näiden yhdistelmä. Tehostettua menettelyä käytetään tyypillisesti aina kosteusriskiluokassa 3. Nimensä mukaisesti menettelytasossa kosteudenhallinnan toimet ovat normaalia tärkeämpiä ja jo suunnitteluvaiheessa tähän kiinnitetään tavallista enemmän huomiota. (Kosteudenhallinta 2018; RIL 250-2011 2011 s. 97 mukaan)

Ongelmaksi kosteudenhallinnan kannalta voi muodostua puutteet kosteudenhallintasuunnitelmassa. Suunnitelmassa todettu hankkeen kosteusriskiluokka voikin olla liian pieni hankkeen vaativuuteen nähden, mikä tuo mukanaan puutteita kosteuden poistamiseen.

Jos suunnittelu on toteutettu huolimattomasti tai työmaan kosteudenhallinta ei pohjaudu suunnitelmaan, voidaan kohdata ongelmia.

4.2 Hyvän kosteudenhallinnan toteuttaminen

Tässä alaluvussa käsitellään tehokasta kosteudenhallintaa ja kosteudenpoistamista työmaalla. Apuna on käytetty erityisesti RILin julkaisua 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen (2011) sekä Kuivaketju10-ohjelmaa (2018). Lisäksi alaluvussa esitetään tutkimuksen tuloksia ja kehitysehdotuksia löydettyihin ongelmiin.

Tutkimuskysymyksenä oli työmaan kosteudenhallinnan puutteet. Tarkoituksena oli myös pohtia, miten kosteudenhallinta toteutettaisiin onnistuneesti. Nykyisillä suojaamis- ja kosteudenpoistomenetelmillä vaikuttaisi siltä, että ongelmat eivät niinkään ole käytettyjen menetelmien riittämättömyydessä, vaan niiden puutteellisessa toteuttamisessa – nykyisiä menetelmiä tuskin käytettäisiin, jos niiden katsottaisiin olevan oikeinkin toteutettuina tehottomia. Tutkimustuloksena voidaan päätellä ongelmia olevan siis muun muassa työmaalla olevien huono tietoisuus kosteudenhallinnan tärkeydestä ja huono suunnittelu.

Työntekijöiden ja työmaan toimihenkilöiden tietoisuutta voidaan parantaa perehdytyksillä, jotka ovat myös osa kosteudenhallintakoordinaattorin ja työmaan kosteusvastaavan tehtäviä. Suunnittelun parantaminen taas sisältää suojaamisen ja kosteudenpoiston huolellisemman suunnittelun sekä kosteudenhallintasuunnitelman tarkemman ylläpitämisen ja laatimisen. Seuraavassa on avattu näitä tekijöitä tarkemmin ja esitetty myös kehitysehdotuksia kosteudenhallinnan parantamiseksi.

4.2.1 Kosteudenhallintakoordinaattori ja kosteusvastaava

Yksi hyvä ratkaisu kosteudenhallinnan parantamiseen voi olla hankkeen toteuttaminen jonkin kosteudenhallintamallin mukaisesti. Tällainen on esimerkiksi Kuivaketju10, jonka mukaisesti toteutetulla kosteudenhallinnalla on pystytty estämään jopa 80 % merkittävimmistä kosteusongelmista ja niiden tuomista korjauskustannuksista. Mallin toteuttaminen vaatii tilaajan päätöstä hankkeen alussa toteuttaa hanke ohjelman mukaisesti. (Kuivaketju10 2018)

Kuten kosteudenhallintasuunnitelmassa yleensä, myös Kuivaketju10:ssä hankkeen alussa nimetään tilaajan edustajaksi kosteudenhallintakoordinaattori hyvän kosteudenhallinnan varmistamiseksi. Koordinaattoriksi voidaan valita myös ulkopuolinen edustaja, mikäli urakoitsija ja tilaaja edustavat samaa tahoa. Kosteudenhallintakoordinaattorin tärkeimpiä tehtäviä on huolehtia siitä, että kaikki työmaan toimihenkilöt ovat tietoisia työmaan kosteudenhallinnan keinoista ja toimivat sen mukaisesti. Tärkein tehtävä on kuitenkin todentaa työvaiheiden jälkeen niiden oikeanlainen toteutus. Lisäksi koordinaattori ylläpitää tarkastusasiakirjaa ja osallistuu työmaakokouksiin. Tehtävät voivat vaihdella hankkeen vaativuudesta riippuen. (Kuivaketju10 2018)

Työmaalla nimetään pääurakoitsijan toimesta kosteusvastaava, joka vastaa työmaan kosteudenhallintasuunnitelman toteuttamisesta, dokumentoinnista ja kosteusmittauksista. Kosteusvastaava toimii kosteudenhallintakoordinaattorin tärkeänä yhdyshenkilönä, ja on merkittävässä roolissa siinä, että työntekijät perehdytetään kosteudenhallintaan ja sillä saavutettaviin hyötyihin. (Merikallio 2003; Kuivaketju10 2018 mukaan).

Kosteudenhallintakoordinaattori perehdyttää pääurakoitsijan työmaaorganisaation ohjelman mukaiseen kymmenen kohdan riskilistaan sekä todentamisohjeeseen (Kuivaketju10 2018). Myös työntekijöiden, erityisesti urakoitsijoiden ja rakennusosavalmistajien, ohjeistaminen oikeanlaisesta kosteudenhallinnasta vähentää kosteudesta aiheutuvia riskejä (RIL 250-2011 2011, s. 93–94). Perehdytyksellä saavutetut hyödyt näkyvät työntekijöiden paremmassa suhtautumisessa kosteusongelmiin ja puuttumisessa niihin. Merkittävä osa kosteudenhallintakoordinaattorin sekä kosteusvastaavan töistä on siis työntekijöiden ohjeistaminen niin, että nämä tunnistavat kosteuden tuomat riskit ja osaavat omalla toiminnallaan ennaltaehkäistä niiden tuomia haittoja.

4.2.2 Kosteudenhallintasuunnitelman toteuttaminen

Työmaan kosteudenpoisto pohjautuu kosteudenhallintasuunnitelmaan ja kosteudenhallintaa toteutetaan sen mukaisesti (Merikallio 2003, s. 2). Kosteusongelmia voidaan vähentää tekemällä suunnitelma huolellisesti ajan kanssa sekä päivittämällä sitä aktiivisesti hankkeen edetessä.

Rakennushankkeeseen ryhtyvä on vastuussa siitä, että lopullinen rakennus vastaa viranomaismääräyksiä ja lakeja. Siten hän on vastuussa myös työmaan kosteudenhallinnasta, joka voi olla kosteuden muodostumisen kannalta hankkeen tärkein vaihe. Onnistuneessa kosteudenhallinnassa ensiarvoisen tärkeää on kosteudenhallintasuunnitelman huolellinen tekeminen ja toteuttaminen (RIL 250-2011 2011, s. 93–94). Kosteudenhallintasuunnitelmaa tehtäessä on huomioitu kosteuden kannalta ongelmalliset tilanteet työmaalla ja rakenteet, jotka ovat riskialttiita. Hyvässä kosteudenhallintasuunnitelmassa on tarkat ja monipuoliset ohjeet näiden ongelmien ehkäisemiseksi, ja toimivassa kosteudenhallinnassa näihin tekijöihin on puututtu varhaisessa vaiheessa.

Työmaalla toimiva kosteudenhallinta voidaan jakaa tavoitteellisesti pääasiassa kolmeen kohtaan. Nämä ovat lämmitys- ja kuivatustarpeen väheneminen, materiaalien ja rakenteiden kuivuminen aikataulussa sekä materiaalien ja rakenteiden kastumisen estäminen (RIL 250-2011 2011, s. 94). Nämä tavoitteet saavutetaan muun muassa erilaisilla kosteudenpoistomenetelmillä niitä tehokkaasti käyttäen. Tehokkuudella tarkoitetaan tässä oikeanlaisia menetelmiä oikeissa paikoissa. Tämä voidaan saavuttaa oikeanlaisella suunnittelulla ja ennakoinnilla aiheuttamatta viivästyksiä tai lisäkustannuksia.

4.2.3 Tehokas suojaaminen

Rakenteiden ja materiaalien suojaaminen antaa hyvän suojan sään tuomilta rasituksilta, etenkin lumi- ja vesisateilta. Siksi suojia on hyvä käyttää, jos halutaan varmistua varsinkin ylimääräisen kosteuden tuomilta rasituksilta.

Sääsuojien ongelmia ovat muun muassa niiden hankkimisen kustannukset, asennukseen kuluva aika ja työ sekä mahdollisesti hankalissa olosuhteissa esimerkiksi suojan telineiden tuenta. Varsinkin tiukassa aikataulussa ja suojaamistarpeen ollessa suuri tarvitaan erityistä suunnittelua sääsuojan asentamiseen, jottei hanke myöhästy aikataulusta. On tärkeää muistaa, että suojaaminen tulee kuitenkin halvemmaksi kuin kosteuden tuomien ongelmien korjaaminen ilman suojausta.

Sääsuojauksessa tärkeimpänä tekijänä on, että suojausmateriaaleja on riittävästi – vähintään saman verran, mitä suojattavia osia on (RIL 250-2011 2011, s. 102). Tämä tulee ottaa huomioon myös materiaalien suojauksessa: työmaalla olevia materiaaleja varten on hyvä olla ylimääräisiä suojapeitteitä yllättävän suojaustarpeen esiintyessä. Näin materiaalit saadaan nopeasti suojaan kosteudelta ja ne pysyvät käyttökelpoisina pidempään.

Suojaamisessa kannattaa ottaa myös huomioon, että mitä paremmin siinä onnistutaan, sitä vähemmän kuivatustarvetta esiintyy myöhemmin. Siksi suojaamiseen kannattaa myös panostaa. Esimerkiksi varastoimalla rakennusmateriaalit mahdollisimman lähellä niitä olosuhteita, joissa ne olisivat valmiissa kohteessa, pysyvät ne myös parhaassa kunnossa (Lindberg & Sahlstedt 2013). Noudattamalla materiaalipakkausten varastointiohjeita saavutetaan usein paras lopputulos.

Sääsuojauksessa tulee huomioida rakennuksen koko, tyyppi ja muoto. Erikokoisille ja -muotoisille rakennuksille toinen sääsuoja soveltuu paremmin kuin toinen. Parhaan sääsuojan valinta saadaan suunnittelemalla sääsuojien hankinta ja käyttö huolellisesti muun suunnittelun ohessa.

4.2.4 Tehokas lämmittäminen ja kosteudenpoisto

Jotta lämmittämisessä päästäisiin parhaaseen lopputulokseen, tulee lämmittimien käyttö suunnitella huolellisesti sekä varautua ennakoiden välillä nopeastikin muuttuviin olosuhteisiin. Paras lopputulos voidaan saavuttaa huomioimalla eri tekijöitä ja vertailemalla erilaisia vaihtoehtoja, kuten lämmitintyyppejä.

Tällä hetkellä Suomessa työmaan lämmittämisessä ja kuivatuksessa ei niinkään ole suurempia ongelmia, sillä käytettävät menetelmät ovat oikein toteutettuina tehokkaita ja tuloksena on syntynyt laatuvaatimuksia vastaavia rakennuksia. Mitä voitaisiin kehittää, on

aiempaa tarkempi kuivatuksen toteuttaminen sekä huolellisempi suunnittelu. Tähän voidaan vaikuttaa esimerkiksi aiempaa aktiivisemmalla kuivumisolosuhteiden seurannalla tai valitsemalla lämmitintyypit sekä määrät huolellisemmin.

Lämmitintyyppien valinnassa tulee huomioida erityisesti tarvittava lämmitysteho. Sähkökäyttöiset lämmittimet eivät tarvitse valvontaa, joka toisinaan helpottaa työntekoa, mutta yksin runkovaiheen lämmittämiseen niiden teho on hyvin rajallinen, eikä runko välttämättä kuivu tällöin aikataulussa. Parempi vaihtoehto voisi olla käyttää suuritehoisia kaasu- ja öljykäyttöisiä lämmittimiä, jolloin tarvittava kosteutta poistava teho saavutetaan nopeasti. Tätä kautta lämmittimien käyttäminen pysyy kustannustehokkaana, kun rakenteet saadaan kuiviksi nopeasti. Sähkökäyttöiset lämmittimet toimivat tällaisissa tapauksissa hyvinä lisälämmittiminä ja esimerkiksi tarpeen tullen kohdelämmittiminä, jolloin lämmön jakautuminen kuivatettavaan tilaan pystytään paremmin varmistamaan. Tämä edellyttää luonnollisesti myös huolellisesti toteutettuja kuivumisolosuhteita.

Lämmittimien valinnassa tulee myös huomioida kohteen koko ja tyyppi, sillä erilaiset lämmittimet ja lämmitinmäärät soveltuvat erilaisiin kohteisiin toisia paremmin. Pienessä hankkeessa suuritehoisen lämmittimen hankintakustannus voi kasvaa jo niin isoksi, ettei lämmittimen suuri tehokaan riitä tasoittamaan hankinnasta aiheutuneita kustannuksia. Sisälämmittämisessä taas kaasukäyttöisten lämmittimien käytössä tulee huomioida kosteuslisänä kaasun palaessaan tuottama vesihöyry. Jotta tilan rakenteet kuivuvat tasaisesti joka puolelta, tulee huomioida tarvittaessa lämmitinten sijoittaminen niin, että lämpö jakautuu tasaisesti tilaan, tai että lämmin ilma kiertää tilassa joka puolelle.

Tehokasta esimerkiksi keskisuuressa kerrostalohankkeessa voisi olla valita runkovaiheeseen suuritehoinen öljy- tai kaasukäyttöinen lämmitin. Sisävalmistusvaiheessa pyritään rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän aikaiseen valmistumiseen ja käyttämään sitä hyödyksi yhdessä useamman pienen sähkölämmittimen kanssa. Pienet sähkölämmittimet toimivat samalla helposti käyttöön otettavina lisälämmittiminä tarpeen tullen.

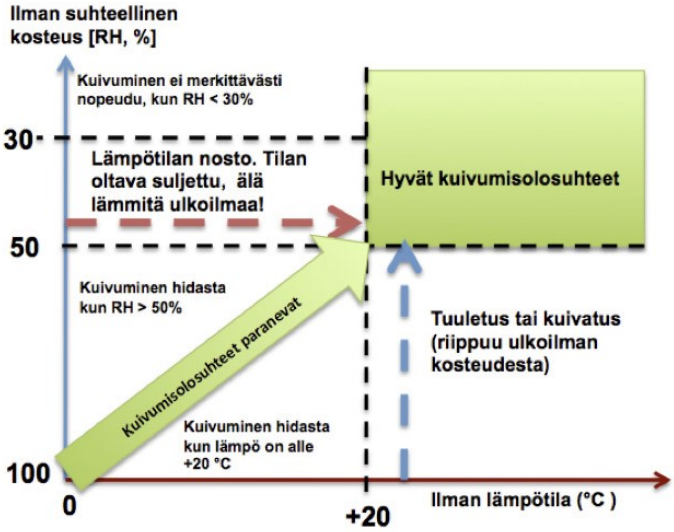
Kesäaikana ilmankuivaimien käyttö kuivatukseen on tehokkaampaa kuin tilojen lämmittäminen. Kuivaimien valinnassa tulee päättää, käytetäänkö sorptio- vai kondenssikuivaimia. Kondenssikuivain on tehokas hyvin kosteissa ja lämpimissä tiloissa. Jos kuivatus on edennyt jo pitkälle ja kosteutta on rakenteissa enää vain vähän, on sorptiokuivain tällöin tehokkaampi vaihtoehto. Kuivumisnopeuksia ja -olosuhteita seuraamalla voidaan valita parempi vaihtoehto hyvissä ajoin.

Käytännössä tehokas lämmittäminen ja kosteudenpoisto voidaan suunnitella esimerkiksi huolehtimalla seuraavien kohtien toteutuksesta:

- suunnittelemalla kosteudenpoiston tavoitteet ja keinot huolellisesti
- laskemalla tilojen tarvittavan lämmitystehon määrä tarkasti
- kuivatustavan valinta: avoin- vai suljettu järjestelmä

- kuivatettavan tilan tiivistäminen kuivatustavasta riippuen
- käytettävien lämmittimien valinta
- kuivatettavan tilan suhteellisen kosteuden sekä lämpötilojen aktiivinen seuraaminen.

Kuvassa 11 on vielä tiivistetysti esitetty hyvien kuivumisolosuhteiden luominen. Tähän kannattaa työmaalla pyrkiä, jotta saavutetaan kustannussäästöjä ja rakenteiden nopea kuivuminen.



Kuva 11. *Hyvien kuivumisolosuhteiden luominen. (Kosteudenhallinta 2018)*

4.3 Tulosten ja lähteiden arviointi

Tutkimustuloksena olivat työmaalla olevien huono tietoisuus kosteusongelmista sekä puutteellinen suunnittelu. Suojaaminen ja kosteudenpoisto pohjautuvat kosteudenhallintasuunnitelmaan, joten niiden parempi toteuttaminen vaatii suunnittelulta huolellisuutta. Tuloksia voidaan pitää aiheellisina, sillä suunnittelu ja työmaatoteutus ovat merkittäviä suojaamisen ja kosteudenpoiston kannalta. Näissä on vaikeaa onnistua, jos suunnittelu ja työntekijöiden tietoisuus ei ole riittävää.

Björkholtzin (1990) mukaan samanlaisia suojaus- ja kosteudenpoistomenetelmiä on käytetty jo 30 vuotta sitten. Työssä toteutetun haastattelun (2018) tuloksena saatiin selville, että menetelmät eivät ole kehittyneet merkittävästi tässä ajassa. Menetelmät ovat siis lähes täysin yhtä tehokkaita kuin aiemmin. On luonnollista ajatella, että suunnittelussa ja toteutuksessa on tällöin puutteita.

Jos suojaus- tai kosteudenpoistomenetelmät olisivatkin tehottomia, on syytä miettiä, miksei tehokkaampaa menetelmää ole kehitetty. Vaikka puutteita menetelmissä olisi, eivät ne kuitenkaan ehkä olisi niin suuria, että menetelmien kehittämiseen kannattaisi ryhtyä. Yksi alan kehityskohde voisikin olla nykyisten suojaus- ja kosteudenpoistomenetel-

mien kehittäminen, kuten nykyään paljon käytettävien sähkökäyttöisten lämmittimien tehokkuuden parantaminen. Myös täysin uuden menetelmän kehittäminen voisi olla vaihtoehto. Sen sijaan suunnitteluun ja kosteudenhallinnan kehittämiseen on jo ryhdytty, josta esimerkkinä ovat Kuivaketju10:n tapaiset toimintamallit.

Työn lähteinä käytettiin monipuolisesti erilaisia alan tutkimuksia, RT- ja Ratu-kortteja sekä muita julkaisuja. RT- ja Ratu-kortit ovat hyvin luotettavia lähteitä ja niin myös monet aiemmat opinnäytetyöt, sillä niiden lähteissä on käytetty kyseisiä kortistoja tai samoja lähteitä mitä tässä työssä. Myös monissa lähteissä esitellyt huomioon otettavat asiat erilaisissa suojaus- ja kosteudenpoistomenetelmissä olivat samoja kuin toisissa lähteissä sekä täydensivät toisiaan. Tämä lisäsi lähteiden luotettavuutta ja loi varmuutta niiden käyttämiseen. Tietoa on haettu eri vuosikymmeniltä sekä myös erilaisilta verkkosivustoilta, joiden luotettavuus niin ikään perustuu alan julkaisujen tiedon täydentämiseen ja yhteneväisyyteen.

5. YHTEENVETO

Työmaalla kosteus on ongelma, sillä se jää rakenteisiin ja materiaaleihin, ellei näitä pidetä kuivina. Kosteus altistaa rakenteet laadullisille haitoille, kuten kosteusongelmille, ja voi myöhemmin aiheuttaa esimerkiksi terveyshaittoja käyttäjille. Jotta kosteudelta vältyttäisiin, täytyy rakenteita ja materiaaleja suojata työmaalla ulkopuoliselta kosteudelta sekä varmistaa niiden riittävä kuivuminen. Oman haasteensa tähän tuovat hankkeen laadulliset, taloudelliset ja aikataululliset tavoitteet, joiden mukaisesti kosteudenhallinnan olisi onnistuttava.

Kosteudelta voidaan välttyä niin ennaltaehkäisevästi kuin sitä poistamallakin. Näitä keinoja ovat suojaaminen, lämmittäminen ja kuivaaminen. Menetelmien pitäisi nykyisellään riittää oikein toteutettuina varmistamaan rakenteiden riittävä kuivuus ja sitä kautta edesauttaa hankkeen laadullisten tavoitteiden saavuttamisessa. Oikeanlaiseen suojaus- ja kosteudenpoistomenetelmien toteutukseen vaikuttaa merkittävästi työntekijöiden tietoisuus kosteudenongelmien estämisen tärkeydestä ja asenne kosteusriskien ehkäisemiseen. Myös kosteudenhallinnan suunnittelulla on tähän vaikutusta.

Aikataululliset ja kustannukselliset tavoitteet voidaan saavuttaa parhaiten huolellisella kosteudenhallinnan suunnittelulla. Tässä edesauttavat esimerkiksi kuivumisaikojen aktiivisempi seuraaminen, lämmitystarpeen tarkempi mitoittaminen ja erilaisiin olosuhteisiin sekä tilanteisiin varautuminen jo suunnitteluvaiheessa. Huolellisella suunnittelulla varmistetaan paremmin kosteudenhallinnan organisointi ja vältytään yllättäviltä ongelmilta.

Suojaamalla rakennus oikein joko kokonaan tai osittain vähentää jo myöhempää kuivatustarvetta. Huolellisesti suunnittelemalla valitaan parempi vaihtoehto kokonaan tai osittain suojaamiselle. Lämmitystarpeessa tavoitteisiin päästään valitsemalla olosuhteiden mukaan suljettu- tai avoin järjestelmä, laskemalla tarvittava teho tarkasti ja valitsemalla oikeanlaiset lämmittimet tai kuivaimet oikeisiin kohteisiin. Tätä tukevat säännöllisin väliajoin ja oikein toteutetut kosteusmittaukset, jolloin varmistutaan riittävästä kuivuudesta.

Merkittävä tekijä kosteudenhallinnan onnistumisessa on työntekijöiden perehdyttäminen kosteudenhallintaan ja kosteuden tuomiin ongelmiin. Tällä saavutetaan työntekijöiden parempi tietämys kosteuden haitoista ja huomion kiinnittämistä tavallista enemmän kosteusriskeihin. Työmaalle nimetään urakoitsijan organisaatiosta kosteusvastaava ja ulkopuolelta kosteudenhallintakoordinaattori, jotka vastaavat hankkeen kosteudenhallinnallisesta toteutuksesta. Hankkeen kannalta hyvä vaihtoehto voi olla myös sen toteuttaminen jonkin kosteudenhallintamallin mukaisesti. Mallin mukaisesti toteuttaminen ei ole pakollista, mutta esimerkiksi Kuivaketju10-toimintamallin riskilista kattaa jo suuren osan rakennuksen kosteustekniseen toimivuuteen vaikuttavista tekijöistä. Myös asiantuntijoiden

osaamiseen kannattaa panostaa, ja siksi kosteudenhallintakoordinaattorin aktiivinen käyttäminen voi olla hyödyksi.

Tärkeimmät parannuskohteet ovat siis hankkeen huolellisempi kosteudenhallinnallinen suunnittelu ja työmaan organisaation jokaisen henkilön parempi perehdyttäminen kosteudenhallintaan. Oikein valitut suojaus- ja kuivatustavat saavat lähtökohtansa huolellisesta suunnittelusta ja työmaan toimihenkilöt oikein näitä toteuttamalla varmistavat osaltaan sen, että hankkeessa päästään niin laadullisesti, taloudellisesti kuin aikataulullisestikin haluttuun lopputulokseen.

Työn pohjalta tehtäviä kehitysehdotuksia kosteudenhallinnan parantamiseen ovat suhtautuminen kosteudenhallinnan tärkeyteen paremmin ja sitä kautta sen suurempi huomioiminen suunnittelussa. Työmaahenkilökunnan ja työntekijöiden perehdyttämiseen kannattaa panostaa enemmän. Jatkotoimenpiteitä työlle alalta löytyy ja aiheen laajentaminen diplomityöhönkin voisi olla mahdollista. Esimerkiksi laajemmin suojaus- ja kosteudenpoistomenetelmiin perehtymällä voisi tehdä selvityksen tavallisen ja erittäin tehostetun työmaan suojaamisen vaikutuksista kosteudenpoiston kustannuksiin. Uudenlaisten menetelmien luominenkin olisi vaihtoehto, mutta sellaisten kehittäminen voi olla hankalaa.

LÄHTEET

Björkholtz, D. (1990). Rakennuksen kuivattaminen. Suomen Rakennusteollisuusliitto r.y.. Oy Dick Björkholtz Consulting Ab ja Rakentajain Kustannus Oy. 76 s.

Energiatehokas rakentaminen – 2 Rakennustyömaan sääsuojaus, BUILD UP Skills -koulutusmateriaalit, Motiva, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.5.2018): https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/build_up_skills_finland/build_up_skills_-koulutusmateriaalit?931_a=comments&931_m=1218

Haastattelu lämmityslaitteista, diplomi-insinööri, kokenut työntekijä, keskisuuri rakennuskonevuokraamo, Tampere. Haastattelu 16.5.2018.

Hämäläinen, J. (2012). Rakennustyömaan energiatutkimus. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere. 87 s. Saatavissa (viitattu 3.5.2018): https://tut.finna.fi/Record/tutcat.233518

Kaukiainen, S. (2012). Rakenteiden kuivatuksen toteutus työmaalla. Opinnäytetyö, ylempi AMK. Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, s. 14-16. Saatavissa (viitattu 23.1.2018): http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012120318001

Koskenvesa, A. (1999). Talvirakentaminen. Teoksessa: Rakentajain Kalenteri 1999. Rakennusmestarien Keskusliitto RKL. Rakennustietosäätiö. s. 697-713.

Kuivaketju10 – Kosteudenhallintakoordinaattorin ohjekortti, Kuivaketju10, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 13.5.2018): http://kuivaketju10.fi/

Kuivatuksen suunnittelu ja toteutus, Kosteudenhallinta, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 15.3.2018): http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/kuivatus/kuivatuksen-suunnittelu-ja-toteutus

Lindberg, R. & Sahlstedt, S. (2013). Materiaalien suojaus työmaalla. Teoksessa: Rakentajain kalenteri 2014. Rakennustieto Oy. s. 157-163.

Lumme, P. & Merikallio, T. (1997). Betonin kosteuden hallinta. Suomen Betonitieto Oy. Suomen Rakennusmedia Oy. 31 s.

Materiaalien suojaus, Kosteudenhallinta, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 6.3.2018): http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/materiaalien-suojaus

Merikallio, T. (1998). Rakennustyömaan kosteudenhallinta ja sen suunnittelu. Humitest Oy.

Merikallio, T. (2003). Rakennustyömaan kosteudenhallinta. Humitest Oy.

Holmström, J., Kantola, J., Kauriinvaha E., Kettunen, A-V., Komulainen, J., Laamanen, P., Laine, K., Makkonen, H., Niemi, S., Pitkäranta, M., Saarinen, J., Sandtström, V., Tuovinen, H. & Viljanen, K. (2016). Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Teoksessa: Pitkäranta, M. (toim.) Ympäristöopas 2016. Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto, s. 101-105.

Ratu S-1232 (2013). Rakennustyömaan sääsuojaus, Rakennustietosäätiö, 14 s.

Ratu S-1234 (2017). Olosuhteiden vaikutus rakentamisessa, Rakennustietosäätiö, 26 s.

Ratu 07-3022 (1992). Sääsuojaus. Sääsuojat, suojapeitteet, julkisivusuojat. Rakennustietosäätiö, 4 s.

RIL 250-2011 (2011). Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 05-10410 (1989). Ilmasto, kosteus, sade ja lumi. Rakennustietosäätiö, 8 s.

Yleisiä kuivatukseen liittyviä asioita, Kosteudenhallinta, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 13.3.2018): http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/kuivatus/yleisiae-kuivatukseen-liittyviae-asioita

LIITE A: OTE 1 TYÖMAAN KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMASTA

Kohteen nimi
Kohteen numero

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Rakenteet ja rakennusosat	Suunnitelmakatselmus	Olosuhdehallinta ja kuivatustoimenpiteet	Materiaalien varastointi ja suojaus	Kosteusmittaukset ja RH% vaatimuksen todennus	Muut tarkastukset, mittaukset ja testit	Olosuhteidenhallinta, kuivatus ja vuodenajan vaikutukset Materiaalien varastointi- ja suojaustoimenpiteet Tarkastuksien, kosteusmittauksien tai testien kuvaus	Vastuuhenkilö, kuittaus ja PVM (Versio 1: Kaikkien toimenpiteiden vastuuhenkilönä on vastaava työnjohtaja Erkki Esimerkki)
Runkotyöt	☒	☒	☐	☐	☐	Elementtien saumavalut vibrataan tiiviiksi, jolloin sadevesi ei valu talon betonirakenteisiin. Pyritään minimoimaan holvien kastumista. Työmaalla pidetään koko ajan valmiudessa kahta vesi-imuria, joilla sadevesi imuroidaan holvilta pois niissä tapauksissa joissa vapaata vettä on päässyt holville. Runko ei ajoitu lumiseen vuodenaikaan, mutta jos lunta kuitenkin sataa, sitä ei sulateta vaan se poistetaan mekaanisesti.	
Ontelolaatat	☒	☒	☐	☐	☐	Vedenpoistoreiät porataan auki asennuksen jälkeen. Tarvittaessa onteloihin puhalletaan ilmaa.	
Lattiatasoitteet	☐	☒	☐	☒	☐	Kosteusmittaukset kohdan1 mukaisesti. Raportit taltioidaan urakoitsijan arkistointijärjestelmään.	

LIITE B: OTE 2 TYÖMAAN KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMASTA

Kohteen nimi
Kohteen numero

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Versio 1
1.1.2018

1 Rakenteiden kuivumisaika-arviot

Paikka/Tila	Pinnoitusmateriaali	Valmistajan ilmoittama < RH%	Yleisaikat. Plaano/ Valu (vko)	Yleisaikat. Pinnoitus (vko)	Yleisaikat. Kuivumiseen varattu aika (vko)	Laskennallinen Kuivumisaika-arvio (vko)	Mittaaja työmaalle (vko)
Kellari, tekniset tilat	Epoksimaali	85			12	12	
Kellari, VSS (sos.tilat)	Muovimatto 1,5 mm Upofloor Lami	85			12	12	
Kellari, hissiaula	Mosaiikkibetonilaatta	85			12	12	
Kellari, WC	Laatoitus, Pukkila Natura	85			12	12	
1. krs. sisääntuloaula	Laatoitus, kuivan tilan laatta, vaativa	85			12	12	
1. krs. lounasravintola	Laatoitus, kuivan tilan laatta	85			12	12	
1. krs. valmistuskeittiö	Akryylibetoni	85			12	12	
1. krs. liiketilat	Vinyylikvartsilaatta	85			12	12	
1. krs. neuvotteluhuoneet	Linoleumi, julkiset tilat 2,0 mm	85			12	12	
2. krs. hissiaula	Laatoitus, kuivan tilan laatta	85			12	12	
2. krs. WC	Laatoitus, Pukkila Natura	85			12	12	
2. krs. toimistohuoneet	Vinyylilankku	85			12	12	
2. krs. käytävä / avotila	Vinyylilankku	85			12	12	
3. krs. hissiaula	Laatoitus, kuivan tilan laatta	85			12	12	
3. krs. WC	Laatoitus, Pukkila Natura	85			12	12	
3. krs. toimistohuoneet	Vinyylilankku	85			12	12	
3. krs. käytävä / avotila	Vinyylilankku	85			12	12	
4. krs. hissiaula	Laatoitus, kuivan tilan laatta	85			12	12	
4. krs. WC	Laatoitus, Pukkila Natura	85			12	12	
4. krs. toimistohuoneet	Vinyylilankku	85			12	12	
4. krs. käytävä / avotila	Vinyylilankku	85			12	12	
5. krs. hissiaula	Laatoitus, kuivan tilan laatta	85			12	12	
5. krs. WC	Laatoitus, Pukkila Natura	85			12	12	
5. krs. toimistohuoneet	Vinyylilankku	85			12	12	
5. krs. käytävä / avotila	Vinyylilankku	85			12	12	
6. krs. hissiaula	Laatoitus, kuivan tilan laatta	85			12	12	