



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# KOSTEUDENHALLINNAN YLEISOHJE

Eetu-Pekka Niinimäki

Opinnäytetyö  
Marraskuu 2017  
Rakennusalan työnjohdon koulutus



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon koulutus

NIINIMÄKI, EETU-PEKKA:  
Kosteudenhallinnan yleisohje

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 8 sivua  
Joulukuu 2017

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada aikaan kosteudenhallinnan yleisohje, jota voitaisiin käyttää apuna työmailla kosteudenhallinnan suunnittelussa. Aiheeseen päädyttiin sen ajankohtaisuuden vuoksi ja aiheen kiinnostavuuden vuoksi. Aiheen valintaan vaikutti myös se, että se on tärkeä ja oleellinen asia rakentamisessa.

Opinnäytetyön aineistona käytettiin eri asiantuntijoiden kirjallisuuslähteitä, tekijän omaa kokemusta aiheesta, nettiartikkeleita ja nettisivuja. Yhteistyökumppanina opinnäytetyön tekemisessä oli VRP Länsi-Suomi Oy. Opinnäytetyön tekemisen yhteydessä syntyivät esimerkit siitä, miltä kosteudenhallintasuunnitelma ja mittaussuunnitelma voivat näyttää. Työ rajattiin koskemaan kerrostalokohteita.

Lopputuloksena saatiin aikaan kosteudenhallinnan yleisohje, joka kertoo yleisesti kosteudenhallinnan toteuttamisesta rakennustyömaalla. Työssä esiteltiin eri tapoja kosteudenhallinnan toteuttamiseen, materiaalien suojaamiseen, rakennuksen lämmittämiseen ja miten kosteuksia voidaan työmaalla mitata. Kerrottiin myös miksi työmaalla tulee seurata kosteudenhallintaa. Työn avulla VRP Länsi-Suomi Oy voi varmentaa kosteudenhallinnan onnistumista työmaillaan.

Työstä voidaan vetää johtopäätös, että kosteudenhallinta on laaja aihe, mutta erittäin oleellinen osa rakennushanketta ja sen merkitystä ei pidä väheksyä. Opinnäytetyöstä voidaan päätellä myös, että työmaiden kosteudenhallinta kehittyy koko ajan ja kosteusongelmia pystytään kartoittamaan koko ajan paremmin. Kehittämisehdotuksena esitetään, että työmailla kokeiltaisiin myös uusia mittaustapoja vanhojen rinnalla.

---

Asiasanat: kosteudenhallinta, kosteuden mittaaminen, kosteudenhallintasuunnitelma, mittaussuunnitelma

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Site Management

NIINIMÄKI, EETU-PEKKKA:  
General Direction of Humidity Control

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 8 pages  
December 2017

---

The aim of this thesis was to make a general direction of humidity control at construction site. The intention was to create general direction which can help people who hasn't work with humidity control very much. With this direction people have easy way to explore the humidity control. The topic was chosen because it's very topical because there are so many stories about bad humidity control in past.

The thesis was defined to concern apartment houses. Material of this thesis were collected from different professional sources and writer's own experience. During the make of thesis there were created examples how humidity control plan and measurement plan can look like. The theory about humidity control was studied and then summarized to the paper. a partner in cooperation was VRP Länsi-Suomi Oy.

The result was a general direction which tells commonly about humidity control at construction site. In thesis, there were shown different ways how to put in action a humidity control, how to protect construction materials, heat the building and how you can measure a humidity in the structures. With this introductions VRP Länsi-Suomi Oy can make sure humidity control works at the construction site.

The thesis gives clearly and understandable introductions about humidity control. Thesis shows that humidity control is important thing in construction trade. There can be seen that humidity control is improving at construction sites. Proposal for improving for future is that there would be more use for newer measurement ways use with old ones.

Key words: humidity control, humidity control plan, measurement plan, construction materials, humidity

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	5
2	KOSTEUDENHALLINTATAVAT .....	7
2.1	Kosteudenhallinnan tarkoitus.....	7
2.2	Kosteudenhallintatapoja.....	10
2.3	Suojaustavat .....	11
2.3.1	Sääsuojahallit .....	11
2.3.2	Peitteet.....	13
2.3.3	Ilmaverhot .....	14
2.4	Lämmitys .....	14
2.4.1	Sähkölämmitys.....	14
2.4.2	Lämpömatto .....	15
2.4.3	Lankalämmitys.....	15
2.4.4	Lämpöpuhaltimet, säteilijät ja lämpökontit.....	16
2.4.5	Vesihöyryn käyttö sulatuskeinona .....	16
2.4.6	Kaukolämpö .....	17
2.5	Kuivatustapoja .....	17
3	KOSTEUDENHALLINNAN TOTEUTTAMINEN.....	18
3.1	Kosteudenhallintasuunnitelma.....	18
3.1.1	Riskien arviointi .....	19
3.1.2	Toimenpiteiden valinta.....	20
3.2	Mittausten valinta .....	21
3.2.1	Mittaussuunnitelma.....	21
3.2.2	Mittaustavat.....	22
3.3	Seuraaminen työmaalla.....	26
4	YHTEENVETO .....	29
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET.....	31
	Liite 1. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma.....	31
	Liite 2. Mittaussuunnitelma.....	38

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on kosteudenhallinnan yleisohje. Aihe on ajankohtainen, sillä Suomessa uutisoidaan usein sisäilmaongelmista, mitkä ovat seurausta huonosta kosteudenhallinnan toteuttamisesta, mikä on johtanut rakenteiden pilaantumiseen ja sitä kautta sisäilmaongelmiin. Aamulehdessä uutisoitiin Nokianvirran koulun kosteusongelmista, joita joudutaan korjaamaan syksyyn asti (Huovinen 2017). Suomessa tulisi kehittää kosteudenhallintaa paremmaksi, jotta kosteusongelmat vähentyisivät.

Nyt Suomessa pyritään pistämään kosteutta kuriin uudella asetuksella, joka toisi isoille työmaille kosteudenhallinnasta vastaavat henkilöt. Kyseinen asetus tulisi Suomessa voimaan vuonna 2018. Asetus otetaan rakennuslalla vastaan tervetulleena, sillä kosteudenhallinta vaihtelee eri työmailla. (Degerman 2017).

Hyvin suunniteltu kosteudenhallinta on hyvä apu rakennustöissä, sillä se auttaa hahmottamaan käsillä olevan rakennustyömaan aikataulua. Siitä nähdään kuinka pitkään erinäisillä rakenteilla vie aikaa saavuttaa tarpeellinen kuivuminen, jotta töitä voidaan jatkaa eteenpäin. Hyvin suunniteltu ja toteutettu kosteudenhallinta myös vähentää ja parhaimmillaan estää kosteusongelmien syntymisen rakenteisiin ja näin säästää rakentajia ongelmilta ja lisäkustannuksilta, joita jouduttaisiin hoitamaan ongelmien ratkaisemiseksi.

Aihe on rajattu uudiskerrostalo kohteeseen toteutettavaan kosteudenhallintaan. Sitä voidaan hyödyntää muissakin kohteissa. Tavoitteena on saada aikaan selkeä, asiallinen ja yksinkertainen yleisohjeistus, jota voidaan hyödyntää työmailla, kun suunnitellaan, miten kohteessa toteutetaan kosteudenhallinta työmaan rakennusaikana. Opinnäytetyössä käydään läpi mm. mitä kosteudenhallinta pitää sisällään, miksi se on hyvä suunnitella kunolla, miksi sitä toteutetaan työmailla, mitä sen toteuttaminen hyödyttää ja millaisia asioita on hyvä ottaa huomioon sen suunnittelussa. Tietolähteinä työssä käytetään saatavilla olevia tiedostoja yritykseltä, lehtiartikkeleita, internetistä löytyviä tietoja asiasta sekä aiheesta kertovia kirjallisuuslähteitä.

Kosteudenhallinnan yleisohjeistuksen tekeminen on tärkeää ja hyödyllistä ajatellen sellaisia henkilöitä, jotka eivät ole kunnolla olleet asian kanssa tekemisissä ennen. Työssä esitellään, millaisia erilaisia vaihtoehtoja voidaan käyttää kosteudenhallinnan toteuttamiseen. Ohjeistuksen tekeminen on hyödyllistä myös sen vuoksi, että kosteudenhallintakin kokee vähitellen muutoksia ja tämän ohjeistuksen yhtenä tarkoituksena on tarjota erilainen näkemys kosteudenhallinnan ohjeistuksesta, jotta myös ensikertalainen saa hyvät lähtökohdat sen suunnitteluun. Yleisohjeistus on laadittu näiden lähteiden pohjalta. Lisäksi työssä otetaan huomioon työelämäkumppanin, VRP Länsi-Suomi Oy, tarpeet.

## 2 KOSTEUDENHALLINTATAVAT

### 2.1 Kosteudenhallinnan tarkoitus

Kosteudenhallinnan tarkoituksena on estää kosteusvaurioiden syntyminen rakenteisiin ja pitämään rakenteet kunnossa, jotta rakentajan ei tarvitse ryhtyä korjaustoimenpiteisiin ja välttääisiin lisäkustannuksilta sekä aikaa vieviltä korjaustoimenpiteiltä. Kosteudenhallinta on tärkeä osa rakennushanketta ja siihen tulee syventyä jo suunnitteluvaiheessa, sillä kohteeseen valittavien rakennusmateriaalien tulee kestää myös hyvin kosteutta, jotta ne täyttävät rakennusmateriaaleille asetetut standardit. Kosteudenhallinta on laaja kokonaisuus, joka käsittää mm. rakennusmateriaalien suojaustoimenpiteet, varastoinnin kuin myös itse rakennuskohteen suojaamisen rakennusaikana Suomen sääolosuhteilta. Kosteudenhallinnassa pyritään estämään mm. kosteusongelmien kautta syntyvät homeongelmat ja sisäilmaongelmat. Tarkoituksena on jo suunnitteluvaiheessa tiedostaa mahdolliset kosteushallinnalliset riskit rakentamisen aikana ja miten riskejä voitaisiin pienentää ja jopa välttää.

Kosteudenhallinnan toteuttaminen työmaalla on haaste, joka joudutaan kohtaamaan päivittäin työmaalla. Kohteeseen pitää kehittää hyvä ja toimiva kuivaketjumenetelmä, jotta työmaalla päästään toteuttamaan kustannustehokasta ja laadukasta rakentamista, joiden seurauksena saadaan aikaan laadukas ja terve rakennus. Kosteudenhallinta on hyvin oleellinen osa rakennustyömaan aikataulua ja se auttaa hyvin toteutettuna hahmottamaan kohteen aikataulua. Rakenteiden kuivumisaikojen arvioiden avulla pystytään ohjaamaan työmaata ottamaan eri rakenteiden vaatimat kuivumisajat huomioon aikataulussa. Kosteudenhallinta tuo haasteita työmaalle, mutta hyvin toteutetulla suunnittelulla, niistä haasteista pystytään selviämään työmaalla hyvin. Hyvin suunnitellussa kuivumisketjussa on kyse siitä, että rakenteiden kuivuessa työt eivät pysähdy vaan töitä pystytään jatkamaan ketjumaisesti toisaalla edellisen kohteen kuivuessa. Edellisen kohteen kuivuttua pystytään jatkamaan töitä kyseissä kohdassa samalla, kun muut kohdat kuivuvat, eivätkä työt näin ollen pysähdy, eikä synny turhaa odottelua työmaalla vaan rakentaminen on laadukasta ja kustannustehokasta.

Työmaan kosteudenhallinnan tulee olla osa työmaan laadunhallintaa, aikataulusuunnittelua ja työnsuunnittelua. Töiden tekeminen on hyvä sijoittaa harkitusti. Näin rakennusten valmistus saadaan tehtyä laadittujen aikataulujen mukaisesti sääolosuhteista riippumatta. Kosteudenhallinnan toteuttaminen työmaalla on työnjohtajien vastuulla ja tämän vuoksi työnjohtajilla on hyvä olla kokemusta kosteudenhallinnasta sekä heidän tulisi perehtyä hyvin siihen, jotta he pystyvät opastamaan työmaalla sen toteuttamisessa. Työmaalla kosteudenhallinnalle tulee asettaa tavoitteita, jotka tulee saada täytettyä. Seuraava lista esittää työmaan tavoitteet kosteudenhallinnalle:

Työmaan kosteudenhallinnan tavoitteet ovat seuraavat:

- estää materiaalien ja tuotteiden haitallinen kastuminen
- varmistaa rakenteiden riittävä kuivuminen ilman aikatauluviivytyksiä
- vähentää kuivatustarvetta

(Seppälä 2013,10).

Työmaan kosteudenhallinta voidaan jakaa seuraaviin pääkohtiin:

- kosteusriskien kartoitus
- kuivumisaika-arviot
- olosuhdehallinta
- lämpökuvaus, kosteus- ja tiiveysmittaussuunnitelma
- organisointi, seuranta ja valvonta

(Seppälä 2013, 10).

Rakennuksen kosteudenhallinta tulee aloittaa jo hyvissä ajoin ennen rakennuksen suunnitteluvaiheen aloittamista rakennuttajan määrittämistä laatumääritteistä. Rakennuttajan tulee yhdessä insinöörin/pääsuunnittelijan kanssa määrittää rakennuksen kosteudenhallinnan laadulle tavoitetaso, jonka tulee olla ensisijaisesti enemmän kuin annettujen määräysten minimivaatimus. Rakennuttajan tulee laatia tarkistuslista, jonka avulla pystytään ohjaamaan ja sitomaan suunnittelua, työmaanrakennusvaihetta ja rakennuksen käyttöä sekä huoltoa. Seuraava lista käsittelee kosteudenhallinnan toimenpiteitä suunnitteluvaiheessa.



Kosteudenhallinnan toimenpiteitä ovat:

- rakennuttajan laatuun ja kosteudenhallintaan liittyvät vaatimukset ja tavoitteet on selkeästi määritelty
- kosteusriskit on kartoitettu
- rakennus-, rakenne- ja talotekniset suunnitelmat ovat tehtävän luonteeseen nähden riittävän kattavat
- kosteudenkertymät- ja kuivumislaskelmat ovat vaatimusten mukaisia
- työmaajohto täydentää kosteudenhallintasuunnitelmaa työnaikaisten toimenpiteiden osalta (suojaus, rakenteiden kuivumisen hallinta)
- viranomaistarkastukset ja ympäristöministeriön ohjeessa 21644 määrittelemät muut normaalit laadunvarmistustoimenpiteet suoritetaan asianmukaisesti.
- laaditaan käyttöä ja huoltoa koskevat ohjeet (Seppälä 2013, 10).

Kosteudenhallinnan toteutuksesta on lain edessä päävastuullinen kuitenkin rakennushankkeeseen ryhtyvä eli rakennuttaja/tilaaja. Rakenteiden rakentamisen aikaisiin kosteuksiin voidaan vaikuttaa huolellisella töiden suunnittelulla sekä suojaustoimenpiteillä. Olosuhteiden hallinta on oleellinen osa kosteudenhallintaa työmaalla. Olosuhteiden hallinnalla yritetään minimoida rakennukselle aiheutuvat kosteusriskit ja pyritään samalla varmistamaan, että kohteen rakentaminen voidaan toteuttaa sovitussa aikataulussa eri sääolojen puitteissa. Yksi erittäin tärkeä osa olosuhteiden hallinnassa on rakenteiden ja materiaalien kannalta oikein tehdyt suojaustoimenpiteet, jotta ne pysyvät kunnossa koko rakennusajan.

Kosteudenhallinnan toteuttamisen yhteydessä kartoitetut eri rakenteiden riskit on hyvä tiedostaa rakennushankkeessa aikaisessa vaiheessa, jotta niihin voidaan puuttua, juurikin jo suunnitteluvaiheessa. Rakennusvaiheessa havaittujen riskien tullessa vastaan, huolellisen suunnittelun avulla voidaan välttää riskit. Suunnittelemalla esimerkiksi, jonkin kosteudelle herkän rakenteen sääsuojaus, jonka avulla rakenne pysyy suojassa sateilta/lumisateilta ennen kuin rakennuksen katto saadaan valmiiksi. Parhain aloitusajankohta rakennushankkeen aloittamiselle on syksy, sillä syksyn aikana saadaan tehtyä maanrakennustyöt siihen pisteeseen, että seuraavana kesänä voidaan aloittaa rakennuksen perustusten teko.

Kesä on hyvää aikaa rakentaa rakennuksen runkoa ja vesikattoa, jotta ne saadaan valmiiksi hyvien sääolosuhteiden puitteissa ennen tulevan syksyn sateita. Vesikaton ollessa valmiina, kosteudenhallinnan kannalta kriittiset työvaiheet saadaan suojaan sateilta. Näin sisätyövaiheita voidaan tehdä säältä suojassa, jolloin kosteusriskit pienentyvät.

Vesikaton valmistumisen myötä rakennus toimii sääsuojana materiaaleille, jolloin niitä ei tarvitse säilöä ulos, vaan osa voidaan tuoda säilöön rakennuksen sisälle, jossa ne ovat tarvittaessa lähellä ja ulkona oleviin säilytystiloihin vapautuu lisää tilaa muille rakennusmateriaaleille. Näin ollen kosteudenhallinnan yhtenä tarkoituksena on varmistaa rakenteiden säilyminen kunnossa.

## **2.2 Kosteudenhallintatapoja**

Luku käsittelee nykyään tunnettavia ja käytettäviä kosteudenhallintatapoja yleisesti. Tapoihin ja niiden toteutuksiin syvennyttään seuraavassa alaluvussa. Työmaan kosteudenhallinnan toteutuksessa on käytettävissä monia erilaisia tapoja suojata rakennusta, rakenteita ja rakennusmateriaaleja kosteudelta. Niitä käytetään työmaalla sen mukaan, kuinka iso suojauksen tarve on riippuen mm. sääoloista ja materiaalien varastointipaikoista.

Valmiiden rakenneosien kanssa pystytään käyttämään väliaikaisia suojia ja osastoitavia suojia. Suojat voidaan ottaa pois, kun suojien käyttö ei ole enää välttämätöntä. Tämän tyyppisiä suojia ovat mm. porrasaukkojen suojat ja eristelevyistä tehdyt suojaseinät. Paras sääsuojaus saadaan työmaalla, kun käytetään useampaa sääsuojaustapaa samaan aikaan.

## 2.3 Suojaustavat

### 2.3.1 Säasuojahallit

Työmaan säasuojaus valitaan sen mukaan, miltä halutaan suojautua. Yleisimmin säasuojaus valitaan sateilta ja kylmältä suojautumisen vuoksi (kuvat 1,2 ja 3). Säasuojauksessa otetaan huomioon suojan tiiveys ja paikallapysyvyys, jotta lämpö ei pääse karkaamaan sen vuoksi, että suojaus on puutteellisesti kiinnitetty tai se ei ole tarpeeksi tiivis. Säasuojahalleja on ollut tapana käyttää ensisijaisesti remontointiurakoissa ja uudisrakennusten perustusvaiheessa. Suojahallit suojaavat rakennusta vesisateilta, auringolta, tuulelta ja lämmitettyinä kylmyydeltä. Etuina säasuojahallin käytössä on, että kuivatustarve vähenee ja töiden tekemisen tehokkuus kasvaa, sillä se aika, joka ilman säasuojaa pitäisi käyttää rakenteiden kuivumisen odottamiseen, voidaan säasuojan käytön vuoksi käyttää tehokkaaseen työntekemiseen, jolloin töihin ei synny viivytyksiä.

(Hämäläinen & Teriö 2017, 18-19.)

Säasuojahallit toimivat myös materiaalivarastoina rakennusmateriaaleille. Näin ollen talvirakentamisessa lumitöihin kuluva aika vähenee ja rakennusmateriaalit säilyvät paremmassa kunnossa säasuojan sisällä. Säasuojahalleja on mahdollista saada monia erikoja ja tyyppejä. Säasuojahallin pystyy rakentamaan omalle rungolle ja se voidaan näin sijoittaa monikerroksisen talon päälle. Siihen voidaan myös valita liikuteltavat tai avattavat kattorakenteet. Tämän johdosta materiaali voidaan purkaa ja siirtää työmaalla normaalisti ja työmaa säilyy silti kuivana säältä turvassa. Säasuojahalli voidaan lisäksi rakentaa kiskojen tai pyörien varaan, joka mahdollistaa tehokkaan logistiikan työmaalla. Yleisenä tapana on vuokrata säasuojahalli, jolloin niiden kokoaminen ja purkaminen kuuluvat toimittajan vastuulle. (Hämäläinen & Teriö 2017, 18-19.)

Kerrostalotyömailla tulee ottaa huomioon myös töiden eteneminen, uuden kerroksen rakentuminen, putoamissuojaus ja säasuojauksen paikallaan pysyvyys. Kustannuksien suuruus tuottavat haasteita säasuojauksen suunnittelulle. Asiallinen ja hyvä suunnittelu pienentää työmaalla säasuojauksesta koituvia kustannuksia, koska huolellisella suunnittelulla pystytään valitsemaan oikeat hallimoduulit ja kuljetusreitit lähtöpaikasta työmaalle. (Hämäläinen & Teriö 2017, 18-19.)



KUVA 1. Kuvassa sääsuojahalli.



KUVA 2. Kuvassa sääsuojahalli.



KUVA 3. Kuvassa sääsuojahalli suojaa rakennuksen holvia sateilta.

### 2.3.2 Peitteet

Suojapeitteet ovat hyvin yleinen suojaustapa sääsuojauksessa varsinkin kerrostalo työmailla. Suojapeitteet ovat monikäyttöisiä suojia ja hyödyllisiä varsinkin, kun tarkoituksena on suojata rakennusmateriaaleja sääolosuhteilta. Suojapeitteissä on hyvä vedenpitävyys, mikäli peitteitä on käytetty oikein ja ne on varastoitu oikein ja asianmukaisesti. Peitteiden lämmöneristävyys paranee, mikäli käytetään kahta peitettä yhdessä päällekkäin n. 10 cm ilmavälillä. (Hämäläinen & Teriö 2017, 20.)

Kevytpeitteet soveltuvat työmaalla vain väliaikaisena suojana pölyltä ja lialta. Ne pitävät huonosti lämpöä ja vettä. Kevytpeitteet menevät myös herkästi rikki. Kevytpeitteitä käytettäessä lämpöhäviöt ovat merkittäviä, jonka vuoksi lämpöeristyksessä kannattaa käyttää raskaampia suojapeitteitä, joissa lämpöhäviö on pienempi.

(Hämäläinen & Teriö 2017, 20.)

Eristepeitteet koostuvat kahdesta tiiviistä suojakankaasta ja niiden välissä on ohut lämmöneristekerros. Eristepeitteitä käytetään yleensä betonivalujen ja maanpohjan suojauksessa. Eristepeitteillä on paremmat lämmönsuojausominaisuudet kuin tavallisilla peitteillä. (Hämäläinen & Teriö 2017, 20.)

### 2.3.3 Ilmaverhot

Ilmaverhojen tarkoituksena on synnyttää ilmavirtaus avoimen aukon kohdalle siten, että aukon kautta kulkeva ilma pienenee. Ylhäältä alaspäin puhaltava ilmaverhossa tiiveys kasvaa 60%. Ilmanvaihto aukon kautta vähenee noin puolella verrattuna tilanteeseen ilman ilmaverhon käyttöä. (Hämäläinen & Teriö 2017, 21.)

Ilmaverhoa on hyödyllistä käyttää rakennustyömailla koko ajan auki olevien aukkojen tiivistämiseksi. Tästä hyvänä esimerkkinä toimivat ne ovi- ja ikkuna-aukot, joiden kohdalla rakennusmateriaalit nostetaan kerroksiin.

(Hämäläinen & Teriö 2017, 21.)

## 2.4 Lämmitys

Lämmitys on oleellinen osa kosteudenhallintaa. Rakennuksen lämmittämällä saadaan kuivatettua rakenteissa oleva kosteus huoneilmaan. Tämän jälkeen huoneilmaan siirtynyt kosteus siirretään ilmanvaihdon avulla rakennuksesta ulkoilmaan. Talviaikana rakennuksen lämmittäminen korostuu vesisateiden ja lumisateiden tuodessa kosteutta rakenteisiin. Lämpötilan on myös alhainen, jolloin lämmin ilma ei kuivata rakenteita.

### 2.4.1 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys on rakennustyömaalla käytettävä helppokäyttöinen ja toimintavarma lämmitystapa. Sähkölämmitys on pienissä rakennuskohteissa edullinen lämmitystapa, sillä energian hinta on tällöin kilpailukykyinen sekä asennuksen ja ylläpidon työmäärät ovat pieniä. Sähkölämmittimiä ovat

- lämmitysmatot
- lämpöpuhaltimet
- säteilijät
- betonin lämmityskaapelit
- uppokuumentimet (Hämäläinen & Teriö 2017, 30).

## 2.4.2 Lämpömatto

Mikäli perustustöitä pitää tehdä talvikuukausien aikana, tulisi suojaus- ja lämmitystapoihin kiinnittää erityistä huomiota. Mikäli mahdollista, niin rakennuksen routasuojaus tulisi asentaa ennen maanperän jäätymistä, jotta kallis ja hidas roudan sulatus pystyttäisiin välttämään. (Hämäläinen & Teriö 2017, 31.)

Lämpömattojen sisällä on lämpökaapeli, jonka päällä on heijastavaa materiaalia oleva pinta ja solumuovieriste. Lämpömaton ulkopinta tehdään PVC-päällysteistä nailonista. Lämpömatto on säästyvä ja lämpömatto liitetään yksivaiheiseen pistorasiaan. Lämpömatto pystyy sulattamaan maata n. 30 cm/vrk. Roudan sulamisnopeuteen vaikuttaa se, mikä maalaji on kyseessä. (Hämäläinen & Teriö 2017, 31.)

## 2.4.3 Lankalämmitys

Lankalämmityskaapeleita käytetään anturoiden, pilareiden, palkkien, seinien alaosien, valujen reuna-alueiden, ulokkeiden, elementtien saumojen ja kylmiä rakenteita vasten valettavien kohtien lämmittämiseen. Lämmityskaapeleita on saatavilla muuntajakäyttöisinä ja suoraan verkkovirtaan liitettävänä. Verkkovirtaan suoraan liitettävä lämmityskaapelin lämmitysteho on n. 40 W/m ja muuntajakäyttöisellä lämmityskaapelilla lämmitysteho on n. 100 W/m, mutta sen tehoa voidaan myös säädellä. Muuntajakäyttöistä lämmityskaapeleita käytetään usein isoissa talvella tehtävissä betonivaluissa sen edullisen hinnan ja suuren lämmitystehon vuoksi. (Hämäläinen & Teriö 2017, 32-34.)

Lämmityskaapelin tyypin valintaan vaikuttaa millainen on betonin lämmitystarve. Betonin lämmitystarve määräytyy betonin tyypin, rakenneosan paksuuden, suojauksen ja ulkolämpötilan mukaan. Lämpökaapelin asennus pitää tehdä asennusohjeiden mukaisesti. Lämmityskaapeli on energiatehokas lämmitystapa valettaville rakenteille. Kaapeleita käytettäessä pitää huolehtia hyvästä lämpösuojauksesta, jottei lämpötilaerot lämmitettävän betonirakenteen sisällä nouse liian korkeiksi sekä ettei lämpö pääse häviämään siirtymällä ympäröivään ilmaan. Lämmityskaapeli on myös hyvä tapa edistää betonin kuivumista valun jälkeen. (Hämäläinen & Teriö 2017, 32-34.)

#### 2.4.4 Lämpöpuhaltimet, säteilijät ja lämpökontit

**Lämpöpuhaltimet** sopivat parhaiten pienten kohteiden lämmitykseen. Lämpöpuhaltimien käyttö on yksinkertaista, mutta niiden energiankulutus on suuri ja niiden lämmitysteho jää pieneksi. Lämpöpuhaltimien kautta tulevaa lämpötilaa sekä ilmavirtaa pystytään säätelemään tarpeeseen sopivaksi. Lämpöpuhaltimien käyttöä työmaalla rajoittaa kiinteistön sähköliittymän maksimiteho. (Hämäläinen & Teriö 2017, 34-35.)

**Säteilijät** ovat kohdelämmittämiä ja niiden lämmitysteho suunnataan sille alueelle, joka halutaan lämmittää. Säteilylämmitin lämmittää rakennuksen rakenteita johtamalla lämpösäteilyä rakenteisiin, jotka lämpenevät kuumen säteilyn vaikutuksesta. Säteilylämmitin muuttaa sähkövirtauksen lämpösäteilyksi, joka lämmittää rakenteita.

(Hämäläinen & Teriö 2017, 39-40).

**Lämpökontteja** ja keskuksia voidaan käyttää kerrostalo työmaalla sääsuojien, huputettujen julkisivutelineiden ja parkkihallien lämmittämiseen. Lämpökontteja pitää huoltaa säännöllisesti, mikäli niitä käytetään lämmittämiseen pitkään. Tämän seurauksena huoltotoimenpiteitä pitää tehdä myös rakennustyömaalla. Lämpökontti pystyy puhaltamaan 13 300-18 000 kuutiota lämmintä ilmaa tunnissa. Öljyä kontti kuluttaa 20-45 l/h. Imuilmanotto tulisi ottaa samasta tilasta, jonne lämmin ilma tullaan puhaltamaan.

(Hämäläinen & Teriö 2017, 44-45.)

#### 2.4.5 Vesihöyryn käyttö sulatuskeinona

Vesihöyryä voidaan käyttää muottien ja maapohjan sulattamiseen lumesta sekä jäädä ennen betonivalua, mutta vesihöyryä käytetään sulattamiseen poikkeustapauksissa, sillä riskinä on höyrystyneen veden jäätyminen raudoituksen ja ympäröivien rakenteiden pinnalle. (Hämäläinen & Teriö 2017, 48.)

Tämän vuoksi raudoitteet ja rakenteet tulisi lämmittää ennen valutapahtumaa yli nollan asteen ja betonivalu pitää suorittaa ennen raudoitteiden ja rakenteiden jäähtymistä. Lämmittämiseen tarvittavan höyryn tuottoon on saatavissa sitä varten varusteltu höyryauto ja



höyrykontti. Taloudellisesti on kannattavampaa suojata työmaalla valettavat kohteet etukäteen enemmän kuin sulatella niitä jälkikäteen. (Hämäläinen & Teriö 2017, 48.)

#### **2.4.6 Kaukolämpö**

Kaukolämpöpuhaltimia voidaan käyttää työmaalla runkovaiheen loppupuolella sekä sisätyövaiheen alkaessa, kunnes rakennuksen oma lämmönjakeluverkosto saadaan toimintaan. Kaukolämpöpuhaltimet voidaan kytkeä rakennuksen lämmönvaihtimeen ja erilliseen lämmitysjärjestelmään. (Hämäläinen & Teriö 2017, 49.)

Rakennusaikana tarvitaan rakenteiden kuivattamiseen useimmiten enemmän lämmitystehoa kuin mitä valmiin rakennuksen lämmittämiseen tarvitaan, jolloin kaukolämmön rinnalla pitää käyttää muita lämmitystapoja tarvittavan lämmitystehon saamiseksi rakennukseen. Kaukolämpö on hyvin taloudellinen lämmitystapa, minkä johdosta sitä kannattaa käyttää mahdollisimman usein, sillä se on erittäin hyvä, kun voidaan ottaa käyttöön rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä. (Hämäläinen & Teriö 2017, 49.)

#### **2.5 Kuivatustapoja**

Pääsääntöisesti käytettäviä ilmankosteuskuivatustapoja ovat ilmanvaihto, tilakuivaus sekä kohdekuivaus. Ilmanvaihdon käyttäminen kuivattamiseen sopii hyvin talvella. Tilakuivauksessa tarkoituksena on lämmitellä koneellisesti rakenteen ympärillä oleva ilma. Samalla kuivatetaan rakennetta. Tässä menetelmässä tilan tulisi olla tiivis ja ilmanvaihtoa ei saisi olla ollenkaan. Tämä kuivatustapa on käytössä tavallisesti kesällä ja syksyn alkupuolella. (Hämäläinen & Teriö 2017, 61.)

Kohdekuivatuksessa lämmitettävä kohde lämmitetään ja poistettava kosteus poistetaan käyttämällä ilmanvaihtoa apuna. Menetelmä on käytössä vesivahinkojen kuivatuksessa. Ilmanvaihdossa ulkoilmaa päästetään avoimen aukon esim. ikkuna-aukon kautta rakennuksen sisään, jolloin ulkoilma tuo sisälle raikasta ja tuoretta ilmaa ja rakennuksen sisälle kerääntynyt kostea ilma siirtyy rakennuksen ulkopuolelle.

(Hämäläinen & Teriö 2017, 61.)

### 3 KOSTEUDENHALLINNAN TOTEUTTAMINEN

#### 3.1 Kosteudenhallintasuunnitelma

Kosteudenhallintasuunnitelma on kooste toimenpiteistä, jotka tehdään työmaalla asetettujen laatutavoitteiden saavuttamiseksi. Opinnäytetyön tuloksena laadittu työmaan kosteudenhallintasuunnitelma (LIITE 1) sisältää riskien kartoittamisen, tehtävät toimenpiteet sekä kosteudenmittausuunnitelman (LIITE 2). Kosteudenhallintasuunnitelmalle asetetut tavoitteet määräytyvät teknisten asiakirjojen mukaan, joissa on huomioitu lainsäädännön asettama tavoitetaso ja hyvä rakennustapa. Kosteudenhallinnan kannalta tärkeitä keskeisiä asioita ovat sellaiset tekijät, joiden avulla varmistetaan lopputuotteelle asetettu laatu-taso. Kosteudenhallintasuunnitelmaa laadittaessa on hyvä ottaa huomioon rakennuskoh-teelle laadittu aikataulu, jotta kosteudenhallintatoimenpiteet voidaan suunnitella kunnolla ilman, että kohteen aikatauluun syntyy viivytyksiä. Kunnolla ja huolellisesti laaditun kos-teudenhallintasuunnitelman avulla pystytään arvioimaan ja kartoittamaan mahdolliset ris-kit kosteudenhallinnan kannalta ja ne voidaan poistaa tai ainakin tiedottaa muita ajoissa asiasta. Kosteudenhallintasuunnitelman ansiosta voidaan aikataulussa arvioida, milloin kohteessa ei ole mahdollista tehdä enää muutoksia käytettäviin rakennusmateriaaleihin.

Kosteudenhallinnan suunnittelussa tarkastellaan seuraavat työtavat, toimenpiteet, raken-teet, materiaalit ja rakenneosat, joille määritetään ja kirjataan tavoitetasot:

- pinnoitettavat rakenteet ja pinnoitemateriaalit
- pinnoitemateriaalien alle jäävien rakenteiden suurin sallittu kosteus (RH)
- rakennusosat, joiden kosteus voi aiheuttaa ongelmia niiden jäädessä rakenteiden sisälle
- helposti kosteudesta vaurioituvat rakenteet
- vaipan vesitiiviiksi saamisen ajankohta
- lämmityksen aloittamisen ajankohta
- työnaikaisen kosteuden tavoitetaso ja alentaminen
- työnaikainen lumen, jään ja veden poisto
- väliaikaiset suojaukset
- varastointi ja työmaan sisäinen logistiikka asennuspaikalle
- materiaalien pakkaustavat
- mittaustavat, mittaukset ja dokumentointi (Niemelä 2014, 58).

### 3.1.1 Riskien arviointi

Ensimmäinen osa kosteudenhallinnansuunnittelussa on riskien arviointi. Riskien arviointia jatketaan rakennusurakan edetessä toteutusvaiheessa. Toteutusvaiheessa riskien arvioinnissa huomioidaan toteuttamiseen liittyvät riskitekijät tarkasti ja kattavasti. Riskien arvioinnissa on tärkeää, että siihen sisältyy myös muita näkökulmia kuin pelkästään pinnoitettavuuden ja siihen liittyviä kuivumisaikojen arvioimista. Kosteudenhallinnan riskien arvioinnissa on hyödyllistä käyttää apuna käsillä olevaa kohdetta vastaavien aiemmista kohteista saatavaa takuukorjaus- ja virhedataa sekä materiaalivalmistajilta saatavia tietoja tuotteista. Julkiset tutkimushankkeet kuten Hometalkoot, Frame, FISE Oy:n rakennevirhejulkaisut, kosteudenhallinnasta tehtyjä ympäristöministeriön ohjeistuksia yms. on hyvä käyttää apuna riskien arvioinnissa. Riskien arvioinnissa onnistutaan parhaiten, mikäli käytetään arvioinnissa apuna myös aiempien kohteiden tietoja, RIL- tai RYL-ohjeistusta tai RT-korttien ja valmistajien ohjeita sekä viranomaisten esim. sosiaali- ja terveysministeriön ja ympäristöministeriön julkaisuja aiheesta. (Niemelä 2014, 59-60.)

Kosteusvaurioihin liittyvää riskien arviointia on hyödyllisintä lähteä tutkimaan rakennuskohteen detaljeja apuna käyttäen. Riskien arvioinnin pystyy rakennuskohteessa tekemään myös rakenneosittain. Tässä tapauksessa tarkastellaan kyseisen rakenneosan suunniteltu kosteustila ja rakenteen pinnoitettavuuden arvot. Seuraavaksi tarkastetaan kuinka hyvin rakenneosat sietävät kosteutta ja tarkastellaan niiden mahdollisuutta tuulettua ja kuivua, kun materiaalit jäävät rakenteiden sisään. (Niemelä 2014, 59-60.)

Riskien arvioinnissa voidaan käyttää apuna esimerkiksi nelikenttäanalyysiä. Nelikenttäanalyysissä käytettävien materiaalien ominaisuudet asetetaan tiettyyn riskikenttään. Ne rakenteet, joiden vikasetokyky on huono ja työnaikainen kosteusrasitus on suuri, saavat nelikenttäanalyysissä luokituksen korkea kosteusvaurioitumisriski ja suuri kosteusrasitus. Nämä rakenteet asettuvat nelikenttäanalyysin ristikon oikeaan yläreunaan. Rakennusosat, jotka ovat rakentamisen aikana kuivissa olosuhteissa ja joilla on vähäinen kosteusvaurioitumisriski, asettuvat nelikenttäanalyysissä vasempaan alanurkkaan. Rakenteet saavat luokituksen vähäinen kosteusvaurioitumisriski ja vähäinen kosteusrasitus. Riskien arvioinnissa toimenpiteet kohdistetaan luonnollisesti niihin rakennusosiin ja rakenteisiin, joiden vaurioitumisriski on suurin. Seuraavaksi panostetaan niihin rakennusosiin, joiden kosteusvaurioitumisriski on suuri ja asennusolosuhteet ovat kuivat. Kolmanneksi panostetaan rakenneosiin, joiden kosteudensietokyky on hyvä ja kosteusrasitus suuri ja vähiten

painoarvoa annetaan rakenneosille, joiden kosteusvaurioitumisriski on pieni ja olosuhteet ovat kuivat. Riskienarvioinnin perusteella tehtävillä ratkaisuilla tulee päästä lopputulokseen, missä mikään rakenneosa tai materiaali ei ole huonosti kosteutta sietävänä alistuneena runsaalle kosteudelle. (Niemelä 2014, 59-60.)

### 3.1.2 Toimenpiteiden valinta

Kosteusvaurioiden välttämiseen rakennustyömaalla tehtävät toimenpiteet pohjautuvat kohteeseen tehtyyn riskien kartoittamiseen. Mikäli riskejä kartoitettaessa havaitaan rakenneosa, jolla on riski saada kosteusvaurio ja kyseinen rakennusosa altistuu rakennusaikana runsaalle kosteudelle, niin ensisijaisena toimenpiteenä on kosteusrasituksen vähentäminen tai materiaalin vaihtaminen uuteen tai toiseen materiaaliin, joka sietää paremmin kosteutta. Mikäli rakenneosan kosteusvaurioitumisriski on suuri, mutta mikäli kosteusrasitus on rakenteellisista tai rakennusolosuhteista johtuen vähäistä, voidaan toimenpiteenä tyytyä seuraamaan tilannetta. (Niemelä 2014, 61.)

Työmaalla tehtäviä olosuhdemittauksia voivat olla mm. rakenteen suhteellisen kosteuden mittaaminen, puun kosteusmittaus, sisäilman suhteellisen kosteuden mittaaminen tai talonrakentamisen ympäristömittaus. Kyseisten mittausten avulla voidaan seurata projektin yleisen tason ohella myös valittuja kosteudenhallinnan kannalta kriittisiä asioita.

(Niemelä 2014, 61.)

Yleisesti peruserostalorakentamisen kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään seuraavat toimenpiteet:

- kuivumisaika-arvioinnit
- lämmityksen aloitusajankohdan tavoitteen ajoittaminen
- suojaaminen
- pakkausmateriaalin valinta varastointi ja asennustapa huomioiden
- työnaikaisen vedenpoistojärjestelmän toteutustapa
- betonin koostumukseen liittyvät valinnat
- työmenetelmät ja työjärjestykset
- veden poiston suunnittelu rakenteiden kastuessa
- mahdollinen lämmittäminen ja kosteusrasituksen vähentäminen
- kosteudenmittaussuunnitelma (Niemelä 2014, 61).

## 3.2 Mittausten valinta

Kosteudenhallinnassa käytettävien mittaustapojen valinta perustuu riskien arvioinnin perusteella valittujen toimintatapojen vaikuttavuuteen, arvioitaessa havaittujen riskien seuraamiseen ja rakenteisiin liittyvien riskialttiiden rakenneosien päällystämisen aloittamisen seurantaan. Kohteessa käytettävät mittaustavat valitaan käytettävien materiaalien ja arvojen mukaan. Mittaustapoja on olemassa erilaisia ja kohteeseen tulee valita sellaiset mittaustavat, joihin voidaan luottaa ja niiden tuloksia osataan tulkita.

(Niemelä 2014, 62).

Tehtävät mittaukset voivat olla olosuhdemittauksia, rakenteen ominaisuuden mittauksia tai valittujen toimenpiteiden seuranta. Parhaimpaan lopputulokseen pääsemiseksi, tulee valita sellaiset mittauskohdat, joissa mittaukset edustavat mahdollisimman hyvin rakenteita, jotka ovat riskialttiita. (Niemelä 2014, 62.)

### 3.2.1 Mittaussuunnitelma

Rakennuskohteen kosteudenhallintasuunnitelman tulee aina pitää sisällään myös kosteudenmittaussuunnitelma, jossa on suunniteltu, miten ja millä tavoilla kohteessa toteutetaan mittaukset, joiden avulla tarkastetaan ja seurataan rakennuskohteen rakenteiden kosteuden kehitystä, jotta voidaan tarvittaessa reagoida mahdollisiin ongelmiin ennen niiden pahentumista. Kohteen kosteudenmittaussuunnitelma voidaan tehdä, kun ollaan saatu selville tarvittavat tiedot kohteessa käytettävistä materiaaleista ja menetelmistä. (LIITE 2.) (Niemelä 2014, 62.)

Rakennuskohteen mittaussuunnitelmaan kirjataan seuraavat asiat:

- mittaustavat
- mittauspaikat
- mitattavat rakenteet
- reunaehdot mittauksille kuten olosuhteet, ajankohdat yms.
- menetelmäkuvaus mittauksesta
- mittausolosuhteet (Niemelä 2014, 62).

### 3.2.2 Mittaustavat

Kosteudenhallinnan kannalta tärkeitä mittauksia voi tehdä rakenteiden pinnoitettavuuden arvioimiseksi, vaurioiden selvittämiseksi, kuivumisolosuhteiden arvioimiseksi tai päätettyjen toimenpiteiden seuraamiseksi. Kosteusmittaukset tulee tehdä hyvää rakennustapaa noudattaen sekä laillisesti hyväksyttävillä mittausten menetelmillä ja hyväksyttävissä olosuhteissa sekä mittaussuunnitelmassa merkityissä paikoissa. Mittauksia tekevällä henkilöllä tulee olla asianmukainen pätevyys. Seuraavat seitsemän mittaustapaa ovat esimerkkejä, miten kosteutta voidaan mitata:

- suhteellisen kosteuden mittaus
- pintakosteudenosoitin
- piikkimittaus
- kuivatus-punnitusmenetelmä
- lämpökamerakuvaus
- talonrakentamisen ympäristömittari
- SolidRH- kosteudenhallinta järjestelmä (Niemelä 2014, 62).

**Suhteellisen kosteuden mittaus** perustuu materiaalin ilmahuokosissa olevan ilman kosteuden mittaamiseen. Kosteutta mitataan useimmiten porareikämittausmenetelmällä ja vaurioiden todentamistarkoituksessa viiltomittauksella. Kosteusmittauksia voidaan myös mitata huoneen sisäilmasta, tällöin pystytään seuraamaan olosuhteiden eroa kuivumisai- kalaskennassa käytettyihin olosuhteisiin nähden. Porareikämittauksessa, joka on tyyppi- llin suhteellisen kosteuden mittaustapa, voidaan porata esimerkiksi betoniin halutulle sy- vyydelle reikä, jonne asennetaan ilmatiivis suojaputki. Suojaputki suljetaan ja annetaan tasaantua. Tasaantumisen jälkeen suojaputkeen asennetaan ilmatiiviisti anturi ja annetaan tasaantua anturikohtaisen tasaantumisajan verran. Anturin antama lukema ilmoittaa ra- kenteen ilmahuokosten suhteellisen kosteuden arvon kyseisessä lämpötilassa. (Niemelä 2014, 62.)

Porareikämittausta suoritettaessa tulee välttää tekemästä seuraavan laisia virheitä:

- Mittaus suoritetaan liian alhaisessa lämpötilassa.
- Mittausten aikana lämpötilavaihtelu on liian suuri.
- Suojaputkea ei käytetä tai se ei ole ilmatiivis ja saatu arvo on todellista alhaisempi. (Niemelä 2014, 62-63.)

Toinen käytettävä suhteellisen kosteuden mittaustapa on viiltomittaus, joka kertoo min-kälaisissa olosuhteissa rakenteet ovat vesihöyrynvastuksen omaavan materiaalin alla. Viiltomittauksessa tehdään esimerkiksi muovimattoon viilto, jossa maton alle sijoitetaan kosteudenmittausanturi. Anturin ja maton liittymäkohta tiivistetään. Mittausanturin annetaan tasaantua tasaantumisajan, jonka jälkeen luettu arvo kertoo, kuinka suuressa kosteusrasituksessa esimerkiksi mattoliima on. Tässä mittaustavassa yleisimmät virheet ovat puutteellinen tiivistys, liian kylmät mittaolosuhteet ja lämpötilan vaihtelut sekä mittapään vaurioituminen. (Niemelä 2014, 62-63.)

Suhteellista kosteutta voidaan mitata lisäksi myös näytepalamenetelmällä, jossa esimerkiksi otetaan betonista näytepaloja. Näytteet suljetaan ilmatiivisti, jottei niihin pääse muodostumaan kondenssivettä. Seuraavaksi näytteet viedään tilaan, jossa niitä pidetään käyttöolosuhteita vastaavissa olosuhteissa tasaantumisajan ja niiden suhteellinen kosteus mitataan. Mikäli rakennuskohdetta ei saada lämmitetty, niin näytepalamenetelmä on hyvin toteuttamiskelpoinen kosteuden mittaustapa. Menetelmän avulla saadut tulokset paljastavat mikä on kohteen betoniholvin suhteellinen kosteus arviointisyvyydellä käyttöolosuhteissa. Mittaustavan ongelmana on, että siitä jää rakenteisiin melko suuria kohtia paikattavaksi piiloon näytteiden oton jälkeen. (Niemelä 2014, 62-63.)

**Pintakosteudenosoittimilla** mitataan rakenteiden pinnan sähkönjohtavuutta. Mitä kosteampi materiaali on sitä paremmin se johtaa sähköä. Pintakosteudenosoittimella pystytään todentamaan samasta materiaalista tehdyn rakenteen kohonneita kosteusarvoja. Lopullinen arvio rakenteen kosteudesta tehdään muilla menetelmillä, sillä pintakosteudenosoittimella ei varsinaisesti mitata rakenteen suhteellista kosteutta. Mikäli menetelmällä saadut mittaustulokset poikkeavat vastaavasta materiaalista tehdyssä rakenteessa, poikkeaa myös rakenteen sähkönjohtavuus. Tämä on merkki kohonneesta kosteudesta tai jostain muusta syystä johtuvasta parantuneesta sähkönjohtavuudesta. Kosteusvaurion määrittäminen vaatii yleensä suhteellisen kosteuden mittauksen. (Niemelä 2014, 65.)

**Piikkimittauksessa** käytetään apuna sähkönjohtavuutta, kun tarkastellaan puumateriaalin resistanssia. Puun piikkimittaus on haastavaa ja mittauksen aikana voi helposti tulla virheitä. Piikkimittauksessa on tärkeää mitata samaan suuntaan puun syiden mukaan ja samalta syvyydeltä. Tärkeää on käyttää mittauksessa käytettävän mittarin valmistajan antamia puulajikohtaisia arvoja sekä lukema-arvoja. Mittauksella saadut arvot ovat suuntaa-

antavia arvoja kuten myös pintakosteuden osoittimella saadut arvot. Puun kosteus saadaan arvioitua, kun tehdään näytepalasta kuivatus-punnitusmenetelmällä.

(Niemelä 2014, 65.)

**Kuivatus-punnitusmenetelmässä** mitataan materiaaliin absoluuttisesti fysikaalisesti sitoutuneen kosteuden määrää. Kohteesta otettu materiaalinäyte punnitaan, minkä jälkeen materiaali kuivataan ja punnitaan uudelleen. Punnintatulosten ero kertoo absoluuttisen vesimäärän, jonka näyte sisältää. (Niemelä 2014, 65.)

**Lämpökamerakuvaus** on kosteuden mittaamiseen tarkoitetuista mittaustavoista, jossa rakennuksen mitattavia rakenteita kuvataan lämpökameralla, joka mittaa mitattavan rakenteen kosteuden. Lämpökamerakuvausta käytetään kosteuden mittaamiseen yleensä kohteen luovutusvaiheen laadunvarmistustoimenpiteenä. Lämpökameralla pystytään löytämään rakennuksen rakenteissa olevat epäviihtyvyystekijöitä aiheuttavat ilmavuodot, jotka saattavat aiheuttaa rakenteille kosteusrasitusta. Kuvaus on hyvä suorittaa, sellaisessa rakennusvaiheessa, jolloin rakennukseen saadaan paine-ero kiinteistön omalla ilmanvaihtojärjestelmällä ja ettei rakenteisiin enää tehdä läpivientejä, mutta kittaukset sekä tiivistämiset ovat vielä mahdollisia tehdä. Lämpökamerakuvaus ei ole kesäkuukausina erityisen luotettava ja käyttökelpoinen mittaustapa kosteudenhallinnassa, sillä sitä rajoittavat ulko- ja sisälämpötilojen erot. (Niemelä 2014, 65-66.)

**Talonrakentamisen ympäristömittari** on osa rakennustyömaan yleistä siisteyttä ja järjestystä. Ympäristömittarissa osa-alueina käytetään kosteudenhallintasuunnitelmia, materiaalien suojaamista ja varastointia sekä valmiita rakenneosia. Talonrakentamisen ympäristömittari toimii rakennustyömaalla samalla tavalla kuin työturvallisuusmittaus eli TR-mittaus. (Niemelä 2014, 66.)

Ympäristömittauksessa merkitään väärin- ja oikeinmerkinnät lomakkeeseen tukkimiehenkirjanpidolla. Lopuksi lasketaan oikeinmerkintöjen suhde väärinmerkintöihin, joista muodostuu prosenttiosuus, joka kuvastaa mittauksen arvoa, kuten TR-mittausta tehtäessä. Mittaukselle asetetaan tavoitetaso, johon työmaalla pyritään. Tavoitetason alle sijoittuva mittaustulos on merkki huonontuneesta tuottavuudesta työmaalla. Lisääntyvät väärinmerkinnät kertovat kohonneesta kosteusvaurioriskistä. (Niemelä 2014, 66.)



**SolidRH- kosteuden hallintajärjestelmä** on uudennainen, kustannustehokas ja helppokäyttöinen järjestelmä rakenteiden kosteus- ja lämpötilan seurantaan. Mittaukset tehdään eri tyyppisillä langattomilla mittausantureilla ja käsikäyttöisellä lukulaitteella saadaan mitattua antureista kätevästi kosteuden määrä. Mittaustekniikaltaan SolidRH perustuu yleisesti rakennusmittauksissa käytettyyn kapasitiiviseen suhteellisen kosteuden anturiin ja mahdollistaa betonin suhteellisen kosteuden mittaamisen tarkasti halutuilta syvyyksiltä. Pilvipalveluna selaimessa toimivalla Relia-tiedonhallintaohjelmalla voidaan helposti laatia kosteusmittaus suunnitelma, tallentaa tulokset lukulaitteesta sekä seurata rakenteiden kuivumista selkeiden kuvioiden ja tulostettavien raporttien avulla.

(RT 38796 SolidRH-kosteuden hallintajärjestelmä Wiiste Oy 2016, 1-2.)

Järjestelmän mittalaitteet ja Relia-ohjelmisto tarjoavat käyttäjälle helppokäyttöisen ja kustannustehokkaan ratkaisun rakennustyömaan hallittuun kosteudenhallinnan seuraamiseen. Relia-ohjelmisto mahdollistaa mittapisteiden merkitsemisen rakennuksen pohjakuvaan, selkeän tilannekuvan saamisen, mittaustulosten seuraamisen taulukoiden ja graafien avulla sekä tiedon jakamisen ja raportoinnin hoitamisen vaivattomasti. Järjestelmässä on käytössä erilaisia mittausantureita, joita voidaan käyttää erilaisissa mittaustilanteissa. Mittaustuloksia ei tarvitse kirjata käsin talteen, vaan tulokset pystytään siirtämään suoraan mittauslaitteesta Relia-pilvipalveluun, jossa ne pysyvät tallessa ja ovat helposti nähtävissä. (RT 38796 SolidRH-kosteuden hallintajärjestelmä Wiiste Oy 2016, 1-2.)

SolidRH-laitteistolla on helppoa mitata rakenteiden kosteuksia myös rakennusajan jälkeen, rikkomatta rakenteen päällystemateriaalia tai vedeneristystä. Tämä helpottaa ja nopeuttaa mittaamista. Lisätietoa SolidRH- kosteuden hallintajärjestelmästä saa tutustumalla järjestelmän RT-korttiin.

(RT 38796 SolidRH-kosteuden hallintajärjestelmä Wiiste Oy 2016, 1-2.)

### 3.3 Seuraaminen työmaalla

Kosteudenhallinnan toteutuksessa on erittäin tärkeää saavuttaa tekijöiden kesken keskusteluyhteys, jotta suunnitelmissa oleva informaatio saadaan siirrettyä yksittäisille työtehtäviä suorittaville henkilöille vaivattomasti (Niemelä 2014, 68).

Hyvin suunniteltu kosteudenhallinta on puoliksi tehty työ, mutta sen lisäksi työmaalla tulee varmistua sitä toteuttamaan lähtevien henkilöiden ammattitaidosta, sillä parhaimpaan suunnitelma ei korvaa tekijöiden osaamisen ja taidon mahdollisia puutteita. Hyvin suunnitellulla kosteudenhallintasuunnitelmalla ja pätevillä työntekijöillä päästään työmaalla kosteudenhallinnan kautta laadukkaaseen ja parhaaseen lopputulokseen. Kosteudenhallintaprosessia voidaan kuvata kaavion avulla. (KUVIO 1).



KUVIO 1. Kosteudenhallintaprosessi. (Ympäristöministeriö, Rakennusteollisuus, Mittaviiva Oy & Tampereen Teknillinen Yliopisto 2017).

Työmaalla tulee järjestää tehtäväkohtaisesti aloituspalaveri, jossa perehdytetään pääura-koitsijan ja aliurakoitsijan työntekijät tehtävään. Aloituspalaverin järjestämisestä vastaa kyseisestä tehtävästä vastaava työnjohtaja. Aloituspalaveriin osallistuu pääurakoitsijan työnjohtajan ja työntekijöiden lisäksi myös aliurakoitsijoiden työntekijät sekä heidän työnjohtajansa.

Aloituspalaverissa käydään läpi seuraavat asiat:

- tehtävät toimenpiteet
- aloitusedellytykset
- työvaiheet
- aikataulu
- kosteudenhallinnan kannalta kriittiset työvaiheet
- mittaukset
- dokumentaatio (Niemelä 2014, 69).

Työmaalla seurataan töiden edistymistä ja kosteuden kehittymistä rakenteissa kosteudenhallintasuunnitelman mittaussuunnitelmassa määritetyillä kosteudenmittauksilla, joilla voidaan valvoa myös etenevien töiden laadunkehitystä ja laadunvalvontaa sekä uusien työtehtävien aloitusedellytysten täytyminen. Mittauksia tehtäessä on hyvä tiedottaa työmaalla työskenteleviä työntekijöitä, että mittauksia tehtäessä lähettyvillä olevat ovi- ja ikkuna-aukot tulee pitää kiinni, jottei tuulenvire tai ulkoa tuleva kylmä ilma aiheuta mittauksella lämpötilanlaskua tilassa, sillä kosteudenmittaus on herkkähäiriöille ja näin mittaustulokset voivat vääristyä ulkopuolisten häirtatekijöiden vuoksi.

(Niemelä 2014, 69.)

Ennen aikaisemman tehtävän valmistumista tai uuteen tehtävään siirtymistä, pitää tehdä tarkistus annetusta työtehtävästä, jotta voidaan varmistua työnjäljen olevan toivotun lainen, laatuvaatimukset ovat täyttyneet ja työ on kosteudenhallinnan kannalta kunnossa. Työvaiheen jälkeen työpisteen tulee olla siivottu seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä varten, eikä seuraavan työvaiheen työntekijän tarvitse siivota edellisen työnjälkiä.

Seuraamisen kannalta olisi tärkeää ja hyödyllistä dokumentoida sähköiseen muotoon kohteessa käytetyt materiaalit. Materiaalit on hyvä yksilöidä mahdollisimman tarkasti, lisäksi ne on hyvä voida jäljittää tarpeen vaatiessa. Lisäksi materiaalien asennustapa ja olosuhteet on hyvä pystyä todentamaan myöhemmin, mikäli rakenteissa tai materiaaleissa havaitaan ongelmia. Lisäksi kosteusmittauksissa saadut mittaustulokset on hyvä tallentaa sähköiseen muotoon, jotta niitä voidaan tarkistella myöhemmin, mikäli kosteudenhallinnassa on ilmennyt ongelmia ja halutaan varmistua siitä, millaisia mittaustuloksia on saatu rakentamisen aikana tehdyissä mittauksissa.

Kosteusmittauksia on hyvä tehdä ajoittain rakennuksen valmistumisen jälkeen takuuai- kana. Takuuai- kana tehtyjä mittauksia voidaan verrata rakennusaikana tehtyihin mittauk- siin ja tehdä päätelmät kosteuden kehittymisestä kohteen rakenteissa. Näin pystytään ha- vaitsemaan mahdolliset kosteusongelmat ja ne voidaan korjata ennen kuin ne pääsevät pahenemaan ja aiheuttamaan lisää ongelmia.

## 4 YHTEENVETO

Kosteudenhallinta työmaalla on tärkeä osa rakennusprojektia, sillä hyvin suunniteltuna, valvottuna ja toteutettuna saadaan aikaan kosteusteknisesti laadukas ja hyvä lopputulos, joka voidaan hyvällä omallatunnolla luovuttaa tilaajalle ja asukkaiden käyttöön. On hyvä olla olemassa ohjeita, jotka antavat hieman apua kosteudenhallinnan suunnitteluun työmaalla, jotta työnjohtajat, jotka eivät ole olleet asian kanssa paljoa tekemisissä, saavat hieman apua ja ohjeistusta, miten kosteudenhallinnan suunnittelussa kannattaa lähteä liikkeelle ja mitä eri osa-alueita suunnitelman laadintaan kuuluu sekä mitä asioita on hyvä huomioida suunnitelmaa laadittaessa.

Opinnäytetyötä tehtäessä käsitys työmaan kosteudenhallinnasta laajeni ja ymmärrys sitä kohtaan kasvoi ja sitä oppi ajattelemaan ja ymmärtämään paremmin kuinka laaja kokonaisuus se on. Aikaan saatiin hyvä yleisohjeistus, joka auttaa kokemattonta työnjohtajaa ymmärtämään paremmin kosteudenhallinnan merkitystä työmaan kannalta ja sen tärkeyttä. Yleisohjeistuksen avulla kokemattomankin työnjohtajan on helpompi lähteä suunnittelemaan kohteen kosteudenhallintaa, eikä hänen näin tarvitse hypätä tuntemattomaan, vaan yleisohjeistus on apuna helpottamassa suunnittelun alkutaipaletta.

Työmaiden kosteudenhallinta kehittyy jatkuvasti mittaustapojen ja laitteiden kehittyessä. Mittauslaitteista tulee koko ajan tarkempia, jolloin saatuihin mittaustuloksiin voidaan luottaa entistä enemmän. Mittaustapojen laajentuminen ja monipuolistuminen ovat hyvä asia, sillä erilaisiin rakennuskohteisiin sopii eri mittaustavat kuin toisiin ja toiset mittaustavat voivat antaa tarkempaa tietoa kuin toiset mittaustavat. Mittaustapojen kehittämiseen on hyvä panostaa tulevaisuudessa, jotta kosteusmittausten tekeminen olisi entistä helpompaa ja vaivattomampaa. Lisäksi on hyvä nimetä henkilö, joka vastaa työmaan kosteudenhallinnasta.

Haluan kiittää VRP Länsi-Suomi Oy:tä kiinnostuksesta ja mahdollisuudesta tehdä kosteudenhallinnan yleisohjeistus heidän tukemanaan ja toivon, että opinnäytetyöstä on joku päiväisessä työnteossa hyötyä.

## LÄHTEET

Degerman, R. 2017. Homeongelmiin puututaan uudella asetuksella: ensi vuonna joku on aina vastuussa, että betoni on kuivaa ja elementit sateelta suojassa. Yle-uutiset. Päivitetty 24.10.2017. Luettu 24.10.2017. <https://yle.fi/uutiset/3-9879038>.

Huovinen, J. 2017. Kosteusongelmista kärsivää Nokianvirran koulua korjataan syksyyn saakka-Koulussa 570 oppilasta. Aamulehti. Päivitetty 1.3.2017. Luettu 6.11.2017. <https://www.aamulehti.fi/kotimaa/kosteusongelmista-karsivaa-nokianvirran-koulua-korjataan-syksyyn-saakka-koulussa-570-oppilasta-24312064>.

Hämäläinen, J. & Teriö, O. 2017. Kestävä rakentaminen – rakennusaikainen kosteudenhallinta ja energiatehokkuus. Helsinki: Opetushallitus.

Niemelä, T. 2014. Kosteusvaurioiden ehkäiseminen rakennustuotannossa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

RT 38796 SolidRH-kosteuden hallintajärjestelmä Wiiste Oy. 2016. RT-kortisto. Tampere. Grano Oy, Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö, Wiiste Oy.

Seppälä, P. 2013. Rakentamisprosessin kosteudenhallinta. Oulun yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut/rakennusvalvonta. [verkkoaineisto]. Päivitetty 11.11.2013. Luettu 25.9.2017. <http://www.rescaoulu.fi/wp-content/uploads/Rakentamisprosessin-kosteudenhallinta-Pekka-Sepp%C3%A41%C3%A4-11.11.2013.pdf>

Ympäristöministeriö, Rakennusteollisuus, Mittaviiva Oy & Tampereen Teknillinen Yliopisto. 2017. Rakennushankkeen kosteudenhallinta prosessi. Luettu 7.9.2017. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/>.

**LIITTEET**

1 (7)

Liite 1. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Kohde:

Työnumero:

Suunnitelman laatijan yhteystiedot:

Työmaan yhteyshenkilö:

<b><i>Kosteusriskien kartoittaminen työmaalla</i></b>	
<b>Rakenne</b>	<b>Selite</b>
<b><i>Salaojat</i></b>	
<b><i>Perustusrakenteet</i></b>	

2 (7)

Rakenne	Selite
<i>Alapohjat</i>	
<i>Välipohjat</i>	
<i>Yläpohja ja vesikatto</i>	



3 (7)

Rakenne	Selite
<i>Märkätilat</i>	
<i>Parvekkeet</i>	
<i>Julkisivut</i>	
<i>Sadevesien johtaminen poispäin rakennuksesta</i>	

4 (7)

<b>Kuivumisaika-arviot ja käytettävät päällystemateriaalit</b>			
<b>Rakenne</b>	<b>Rakenteen sijainti</b>	<b>Päällystemateriaali</b>	<b>Selite</b>
<i>AP 1</i>			
<i>AP 3</i>			
<i>VP 1</i>			
<i>VP 3</i>			

<b>Olosuhteidenhallinta työmaalla</b>	
<b>Tapahtuma</b>	<b>Selite</b>
<i>Rungon suojaaminen kastumiselta</i>	
<i>Kesken eräisten rakenteiden suojaaminen</i>	
<i>Materiaalien suojaaminen</i>	
<i>Mahd. vesivahingot</i>	

<b>Kuivatus</b>	
<b>Asia</b>	<b>Selite</b>
Ulkoilman vaikutukset	
Rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän hyödyntäminen	
Tarvittavat lisälämmitys- ja kuivatuslaitteet	
Mahdollinen kuivatussuunnitelma	

7(7)

<b>Kosteudenmittaus suunnitelma</b>	
Toimenpide	Selite
<i>Tehtävät mittaukset</i>	
<i>Mittaustavan ja laitteiden valinta</i>	
<i>Mittaajan valinta</i>	
<i>Mittauslaitteiden tarkastus</i>	
<i>Tehtävien mittausten aloitusajankohta sekä laajuus</i>	
<i>Mittaustulosten tarkastelu</i>	

-----  
Päiväys ja paikkakunta

-----  
Vastaava mestari

