



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Sillanpää

# KOSTEUDENHALLINTA RAKENNUS- TYÖMAALLA

Sorsantien Palvelukeskus ja Senioritalo

Tekniikka ja liikenne  
2014

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ville Sillanpää
Opinnäytetyön nimi	Kosteudenhallinta rakennustyömaalla
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	64 + 3 liitettä
Ohjaaja	Heikki Paananen

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kosteudenhallintaa rakennustyömaalla. Esimerkkikohteena oli Sorsantien Palvelukeskus ja Senioritalo uudisrakennustyömaa.

Opinnäytetyön alussa on kerrottu tutkimuksen teoriaa, johon itse tutkimus on pohjautunut. Teoria käsittelee kosteuden syntymistä ja siirtymistä työmaalla, erilaisia kosteudenhallintamenetelmiä, betonin kosteusmittauksia sekä ongelmia ja hyötyjä kosteudenhallinnassa. Teoria-aineistoa olen kerännyt pääosin alan kirjallisuudesta, internetistä ja RT-korteista.

Työssä on tutkittu esimerkkikohteen rakennusaikaista kosteudenhallintaa, joka rajattiin yhdessä työn toimeksiantajan kanssa kosteudenhallintasuunnitelman käyttöön työmaalla, suojaustoimenpiteisiin, rakenteiden kuivumiseen ja kosteusmittausten osalta päällystettävyyssmittauksiin. Tietoa tutkittaviin asioihin olen saanut perehtymällä työmaan asiakirjoihin ja haastatteleamalla työmaan vastaavaa mestaria sekä kohteen valvojaa.

Tutkimustulosten perusteella saatiin tärkeää tietoa, miten ennakkosuunnittelu on tärkeässä osassa onnistunutta kosteudenhallintaa. Myös suunnitelmien saumaton noudattaminen on avain kosteudenhallinnan onnistumiseen. Näin välttyttäisiin toimenpiteiltä, jotka vaativat valmiin rakenteen purkamista, kuivattamista ja rakentamista uudestaan, mikä tuo odottamattomia kustannuksia ja saattaa johtaa aikatauluviivästyksiin.

## ABSTRACT

Author	Ville Sillanpää
Title	Moisture control at the construction site
Year	2014
Language	Finnish
Pages	64 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Heikki Paananen

---

The purpose of this thesis was to investigate the moisture control at the construction site. The case example was the Sorsantien Palvelukeskus and Senioritalo construction sites.

The thesis starts by describing research theory, to which the research is based on. Material was collected from the literature, the Internet and RT-card files.

In this thesis the moisture control at the construction period was investigated. This topic was restricted with the client to the study of how moisture control plan, weather protections, drying of structures and measurements of structure moistures are implemented at the site. Information about the research was gained by studying the documents of the construction site and interviewing the general superintendent and the construction supervisor.

The research results gave important information about the importance of advance planning with in successful moisture control. The key of the successful moisture control is also strict adherence to planning. In this way it is possible to avoid the actions which require removal of finished structure, drying of structures and rebuilding it again. These things may cause unexpected costs and delays in the schedule.

---

Keywords                      Moisture, weather protection, moisture measurement, drying

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	KOSTEUS RAKENNUSTYÖMAALLA .....	9
	2.1 Ulkopuoliset kosteuslähteet .....	9
	2.2 Sisäpuoliset kosteuslähteet.....	10
	2.3 Kosteuden siirtyminen .....	11
	2.3.1 Kapillaarisuus.....	11
	2.3.2 Diffuusio .....	12
	2.3.3 Konvektio.....	13
	2.4 Vaikutukset .....	14
3	KOSTEUDENHALLINTAMENETELMÄT .....	16
	3.1 Kosteudenhallintasuunnitelma.....	16
	3.2 Työnaikainen kuivatus ja lämmitys .....	17
	3.3 Betonin kuivumisen arviointi.....	20
	3.4 Ontelolaattojen kuivuminen.....	22
	3.5 Sisäilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaus .....	22
	3.6 Materiaalisuojaus ja varastointi .....	23
	3.7 Sääsuojaus.....	25
4	BETONIN KOSTEUSMITTAUS.....	27
	4.1 Kosteusmittaajan pätevyys.....	27
	4.2 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus ja menetelmät .....	27
	4.2.1 Porareikämittaus.....	28
	4.2.2 Näytepalamittaus.....	33
	4.3 Kosteusmittaukset ja mittauspisteet päällystettävyyden arvioimiseksi ..	35
	4.4 Mittaussyvyydet päällystettävyyden arvioimiseksi .....	38
	4.4.1 Kahteen suuntaan kuivuva teräsbetonirakenne .....	39
	4.4.2 Maanvarainen teräsbetonilaatta.....	39
	4.4.3 Ontelolaatta pintabetonivalulla .....	40
	4.4.4 Ontelolaatta lattiatasoitteella .....	40
	4.4.5 Kylpyhuonelaatta jälkivalulla .....	41

4.5 Tulosten tulkinta ja raportointi.....	41
5 ONGELMAT JA TAVOITTEET KOSTEUDENHALLINNASSA.....	43
5.1 Tyypillisimpiä ongelmia kosteudenhallinnassa .....	43
5.1.1 Perustukset ja alapohja.....	43
5.1.2 Ulkoseinät .....	44
5.1.3 Vesikatto ja yläpohja.....	44
5.1.4 Märkätilat .....	44
5.1.5 Välipohja- ja väliseinärakenteet.....	45
5.2 Kosteudenhallinnan tavoite.....	45
5.3 Hyödyt kosteudenhallinnasta .....	45
6 ESIMERKKIKOHDE .....	47
6.1 Työmaan esittely.....	47
6.2 Kosteudenhallintasuunnitelma.....	47
6.2.1 Vastaavan mestarin kommentit kosteudenhallintasuunnitelmasta..	
.....	49
6.3 Suojaustoimenpiteet.....	49
6.4 Rakenteiden kuivuminen .....	50
6.5 Kosteusmittaukset päällystettävyyden arvioimiseksi .....	52
6.5.1 Mittauspisteet Palvelukeskuksessa.....	52
6.5.2 Mittaustulokset.....	54
6.5.3 Lattian pintamateriaalien päällystettävyydsarvot.....	55
6.6 Kokemukset ja mielipiteet kosteudenhallinnasta rakennusaikana.....	55
6.6.1 Vastaava mestari .....	55
6.6.2 Valvoja .....	56
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	58
7.1 Kosteudenhallintasuunnitelma.....	58
7.2 Suojaustoimenpiteet.....	58
7.3 Rakenteiden kuivuminen .....	59
7.4 Kosteusmittaukset päällystettävyyden arvioimiseksi .....	59
8 YHTEENVETO .....	61
LÄHTEET.....	62
LIITTEET	

**KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuvio 1.</b>	Kosteuslähteet	s. 11
<b>Kuvio 2.</b>	Diffuusio seinärakenteessa	s. 13
<b>Kuvio 3.</b>	Konvektio vuodenaikojen mukaan	s. 14
<b>Kuvio 4.</b>	Kuivumisen tehostamisen avoin ja suljettu järjestelmä.	s. 18
<b>Kuvio 5.</b>	Porareikämittauksen vaiheet	s. 31
<b>Kuvio 6.</b>	Näytepalamenetelmän suoritus	s. 34
<b>Taulukko 1.</b>	Maalajien kapillaariset nousukorkeudet	s. 11
<b>Taulukko 2.</b>	Eri materiaalien varastointi- ja suojaolosuhteet	s. 25
<b>Taulukko 3.</b>	Mittalaitteen ja rakenteen välinen lämpötilavirhe	s. 32
<b>Taulukko 4.</b>	Eri päällystemateriaalien suhteellisen kosteuden ylärajat pinnoitustyön alkaessa.	s. 37

**LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Haastattelulomake vastaavalle mestarille ja valvojalle

**LIITE 2.** Mittauspöytäkirjat

**LIITE 3.** Kosteudenhallintasuunnitelma

## 1 JOHDANTO

Päädyimme yhdessä työn toimeksiantajan kanssa aiheeseen kosteudenhallinta rakennustyömaalla, koska aihe on tekijälle mielenkiintoinen ja toimeksiantajan mielestä ajankohtainen, sillä nykyään rakennuksien kosteusongelmat ovat nousseet yleiseksi keskustelunaiheeksi. Työn toimeksiantajana toimii Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomi. Työn esimerkkikohteeksi valitsimme Lemminkäisen Sorsantien Palvelukeskus ja Senioritalo -työmaan, jossa toimin viime kesänä työnjohtoharjoittelussa ja näin ollen tutkimuskohde oli entuudestaan tuttu.

Lemminkäinen on kansainvälinen rakennuskonserni, joka on suurimpia ja kokeneimpia talonrakentajia Suomessa. Lemminkäisellä on yli sadan vuoden kokemus laadukkaasta rakentamisesta. Lemminkäisen ”talonrakentamisen palveluihin kuuluvat asuntorakentaminen, liike- ja toimistorakentaminen, teollisuus- ja logistiikkarakentaminen sekä korjausrakentaminen.” /31/

Työn tarkoituksena oli tutkia esimerkkikohteen toteutunutta kosteudenhallintaa työmaa-aikana. Kosteudenhallinta on aiheena todella laaja, joten aihe rajattiin siten, että perehdyin tutkimuksessa Lemminkäisen toimintajärjestelmän mukaiseen kosteudenhallintasuunnitelmaan, työmaa-aikaisiin suojaustoimenpiteisiin, rakenteiden kuivumiseen ja kosteusmittauksien osalta päällystettävyyssmittauksiin. Tutkimuksen pohjalta on tehty johtopäätökset, joihin olen päätenyt tutkimustulosten perusteella.

Opinnäytetyön alussa on käyty läpi kosteudenhallintaan liittyvää teoriaa, joka on ollut apuna tutkimusta tehdessä. Teoriaosuudessa on käyty läpi, miten kosteus tulee rakennustyömaalle, miten kosteus siirtyy ja mitä vaikutuksia kosteudella on. Kosteudenhallintamenetelmät osiossa on käyty läpi erilaisia keinoja, miten rakennuksen kosteusongelmia voidaan välttää. Betonin kosteusmittaus osiossa on perehdytty lähinnä päällystettävyyssmittauksiin, jonka pohjalta uudisrakennustyömaalla tehdään päätöksiä päällystystyöhön ryhtymisestä. Ongelmat ja tavoitteet kosteudenhallinnassa osiossa on kerrottu tyypillisimpiä ongelmia eri rakennusosissa, sekä mitä kosteudenhallinnalla tavoitellaan ja hyödytään.



## 2 KOSTEUS RAKENNUSTYÖMAALLA

Ulkoiset ja sisäiset kosteuslähteet aiheuttavat rakennuksiin kosteus- ja homevaurioita. Rakennustyö on suoritettava siten, ettei näistä kahdesta lähteestä kosteus aiheuta haittaa, joka voisi tunkeutua rakenteisiin sekä rakennuksen sisätiloihin. Rakennustyömaalla kosteustekniset asiat tulisi ottaa huomioon jo ennen työmaan alkua, jotta näiltä ongelmilta vältyttäisiin. /3, 11/

### 2.1 Ulkopuoliset kosteuslähteet

Rakennuksen rakenteisiin aiheuttaa rasitusta ulkopuoliset kosteuslähteet. Ulkopuolisiin kosteuslähteisiin lukeutuvat sade, ulkoilman kosteuspitoisuus, pintavedet ja maaperän sisältämä kosteus. /1/

Ulkoisista kosteuslähteistä vaikuttavin on sade, joka voi esiintyä vetenä, räntänä, lumena tai jäänä. Syksy on kosteuden hallinnan kannalta epäedullisin vuodenaika, koska silloin sataa noin 30 % koko vuoden sademäärästä. Vesi voi tulla pystysaateena, jolloin se kastelee rakennusten vaakasuoria ja kaltevia pintoja, tai viistosateena, missä tuuli vaikuttaa sivuttaisesti sateeseen ja kastelee rakennusten pystysuuntaisia pintoja. Rakennusaikana kosteusherät materiaalit ja rakenteet tulee suojata sateen vaikutuksilta ja rakenteiden pinnoille mahdollisesti päässyt vesi tai lumi tulee poistaa välittömästi, jotta riskiä materiaalivaurioitumisesta ei olisi. Rakennustyömaalla kuitenkin on sama, tuleeko sade pystynä tai viistossa, se kastelee kaikki suojaamattomat materiaalit ja rakenteet. /1; 2, 40–41/

Ulkoilman kosteuden vesihöyrypitoisuuksissa on suuria vaihteluita. Tämä johtuu Suomen olosuhteissa hyvin isoista lämpötilan vaihteluista vuodenaikojen mukaan. Kesällä suhteellinen kosteus on alhaisempi kuin talvella, mutta ulkoilman kosteuspitoisuus on huomattavasti korkeampi kesällä kuin talvella, noin viisinkertainen. Eli mitä korkeampi lämpötila, sitä korkeampi kosteuspitoisuus. /2, 46–48/

Maaperässä olevaa kosteutta esiintyy pohjavetenä, pintavetenä ja maa-aineksien huokosissa vesihöyryinä. Maanvaraiset rakenteet altistuvat pitkäkestoisille kosteusrasituksille, jos näitä vastaan ei suojauduta oikein. Rakennuksien alla on aina jollain syvyydellä pohjavettä. Pohjaveden vaikutusta rakenteisiin estetään erilaisil-

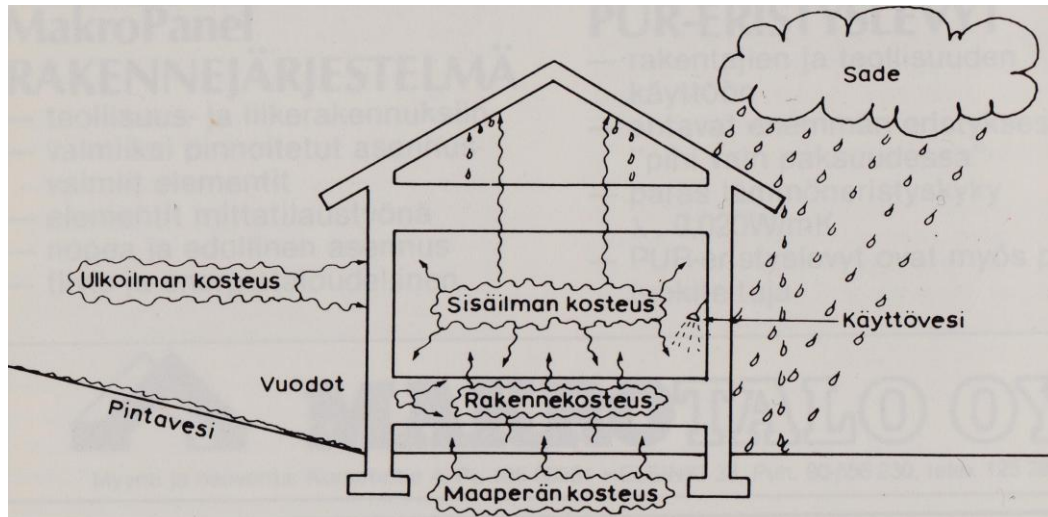
la rakennetuilla maakerroksilla. Maanvaraisia rakenteita rasittavat myös pintavedet, joiden vaikutusta voidaan ehkäistä maanpinnan kallistuksilla. Kallistuksien tulee olla rakennuksesta poispäin. Maaperässä olevat huokokset sisältävät ilmaa, joka sisältää vesihöyryä. Vesihöyryn pitoisuus vaihtelee suhteellisen kosteuden ja lämpötila vaihteluiden mukaan. Maaperän huokosten kosteus voi nousta ylempiin rakenteisiin kapillaarisen kosteuden nousun avulla. /1; 2, 49–50/

## **2.2 Sisäpuoliset kosteuslähteet**

Rakennusten sisälle kosteutta aiheuttavat ulkoilman kosteus, rakennekosteus ja rakennusaikainen käyttövesi. Sisäilman kosteuteen vaikuttavat tekijät ovat ulkoilman kosteuspitoisuus ja lämpötila, sisätiloissa kehitetyn kosteuden määrä, sisäilman lämpötila ja ilmanvaihdon suuruus. Talvella luonnollisin tavoin hoidettu ilmanvaihto laskee sisäilman kosteuspitoisuutta, sillä ulkona kylmässä ilmassa on pienempi kosteuspitoisuus, jolloin sisäilman suurempi kosteuspitoisuus luovuttaa ylimääräisen osansa ulkoilmaan. /2, 48–49; 5, 102–103/

Rakennekosteus käsitteenä tarkoittaa sitä vesimäärää, joka rakentamisen jälkeen rakenteesta on poistuttava, jotta se olisi ympäristönsä kanssa kosteustasapainossa. Rakennekosteuspitoisuudet vaihtelevat materiaaliakohtaisesti. Esimerkiksi betoni-lattiavalussa betoniin jää runsaasti kosteutta sen valmistusaikana. Kosteuden tulee poistua tarpeeksi ennen päällystystyön aloittamista, jotta se ei aiheuta rakenteisiin kosteusvauriota. Väärin varastoidut materiaalit ovat myös kosteuslähteitä, jos suojaaminen on ollut puutteellista ja materiaali on päässyt kastumaan ulkoilmassa. Tämä tuo rakennekosteutta sisätilaan ja haihtuu sisäilman kosteudeksi. Kosteuden tulee päästä poistumaan rakennuksen sisätiloista riittävän ilmanvaihdon avulla. /1; 2, 48–51/

Kuviossa 1 esitetään kosteuslähteiden vaikutusta rakenteissa.



**Kuvio 1.** Kosteuslähteet. Kuvassa käy ilmi rakennuksen ulkoisten- ja sisäisten kosteuslähteiden vaikutus rakenteisiin. /5, 100/

## 2.3 Kosteuden siirtyminen

### 2.3.1 Kapillaarisuus

Veden kapillaarisella siirtymisellä tarkoitetaan veden imeytymistä kiinteään rakennusmateriaalin tai maaperän huokosiin. Kapillaarivoimat kykenevät imemään vettä pohjavedenpinnan yläpuolelle maaperästä. Kapillaarisen ilmiön ehkäisemiseksi maaperän ja rakenteen väliin tulee tehdä kapillaarisuuden katkaiseva kerros (katso taulukko 1). Rakennusmateriaalien erottamisessa toisistaan on käytettävä kapillaarikatkosta, kun halutaan estää veden siirtyminen haitallisessa määrin materiaalista toiseen. /2, 53–55/

**Taulukko 1.** Maalajien kapillaariset nousukorkeudet.

Maalaji	Keskimääräinen raekoko		Kapillaarisuus cm	
	D50		Löyhä	Tiivis
Karkeahiekka	0,6	2	3...12	4...15
Keskihiekka	0,2	0,6	10...35	12...50
Hienohiekka	0,08	0,2	30...200	40...300
Karkeasiltti	0,02	0,06	150...500	250...800
Siltti	0,02	0,002	400...1000	600...1200
Savi		0,002	800	1000

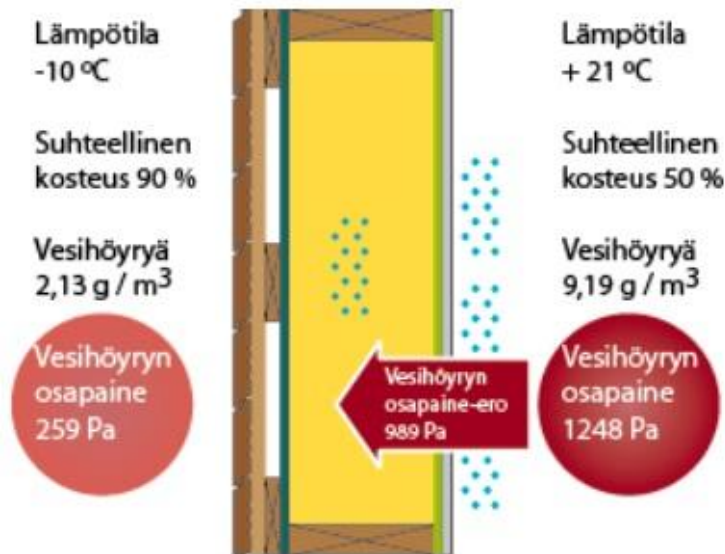
Kapillaariseen nousukorkeuteen vaikuttaa maalajin raekoko ja tiiveys. Tiiviissä ja pienijakoisessa maalajissa kapillaarinen nousu on suurempi kuin löyhässä isorakeisessa maalajissa. /5, 18/

### 2.3.2 Diffuusio

Sisä- ja ulkoilman vesihöyrypitoisuuksien välinen ero saa aikaan diffuusion. Vesihöyry siirtyy diffuusion vaikutuksessa suuremmasta pitoisuudesta pienempään. Diffuusion virtausvoima on sitä voimakkaampi, mitä suurempi vesihöyrynpitoisuusero on eri puolilla rakennetta. Vesihöyrypitoisuuserojen lisäksi materiaaleilla on omat vesihöyryn läpäisevyysarvot. Esimerkiksi 100 mm paksu betoni läpäisee vesihöyryä kymmenen kertaa enemmän kuin 0,2 mm muovikalvo. Rakennusten ulkovaipassa, rakenteiden sisäpinnassa käytetään höyrinsulkumuovia, jotta diffuusion avulla siirtyvän vesihöyryn kulku voidaan estää rakenteiden sisälle. Ulkovaipan ulkopinnassa taas käytetään vesihöyryä läpäisevää materiaalia, jotta rakennne tuulettuisi ja pysyisi kuivana. /2, 55–57; 4; 13/

Diffuusion suunta on yleisimmin sisältä ulospäin, johtuen suuremmasta kosteuspi-toisuudesta sisätiloissa kuin ulkona. Suunta ei kuitenkaan määräydy lämpötila-eroista, vaan alapohjarakenteissa diffuusion vaikutuksesta kosteus voi siirtyä kylmästä lämpimään. Tilanne on ongelmallinen kosteusvaurioiden kannalta, jos dif-fuusion vaikutuksesta rakenteeseen pääsee kosteutta enemmän kuin siitä voi pois-tua. /4/

Kuviossa 2 on esitetty diffuusion käyttäytymistä ulkoseinässä tietyissä olosuhteis-sa.



**Kuvio 2.** Diffuusio seinärakenteessa. Vesihöyry kulkee suuremmasta pitoisuudesta pienempään. Lämpimään ilmaan mahtuu enemmän vesihöyryä, vaikka suhteellinen kosteus olisi pienempi kuin kylmemmässä ilmassa. /13/

### 2.3.3 Konvektio

Konvektioksi kutsutaan vesihöyryn siirtymistä ilmavirran mukana. Ilmavirtauksia syntyy rakenteen eri puolilla vallitsevien ilmanpaine-erojen takia. Ilmanpaine-eroja syntyy tuulen vaikutuksesta, lämpötilaeroista ja ilmanvaihtojärjestelmistä. Konvektiota voi tapahtua materiaalien huokosissa tai rakenteessa olevissa rei'issä. Vertaamalla reikien kautta tapahtuvaa konvektiota huokoisten materiaalien kautta tapahtuvaan konvektioon, on reikien kautta tapahtuva konvektio huomattavampi. /2, 57–58/

Konvektion vaikutukset voidaan jakaa kahteen tapaukseen:

- Rakennuksen sisäpuolelta ulospäin virtaava ilma jäähtyy. Tässä tapauksessa kosteutta voi kerääntyä ja tiivistyä rakenteeseen haitallisin määrin.
- Rakennuksen ulkopuolelta sisäänpäin virtaava ilma lämpenee. Tässä tapauksessa ilman kosteuden sitomiskyky kasvaa ja ilmavirtaus kuivattaa rakennetta. /2, 57–58/

Kuviossa 3 esitetään vuodenaikojen vaikutuksia vesihöyryn kulkusuuntiin.



**Kuvio 3.** Konvektio vuodenaikojen mukaan. Vuodenaikojen vaihtelevat ilmanpaine-erot vaikuttavat konvektion kulkusuuntaan. /14/

## 2.4 Vaikutukset

Kosteus voi aiheuttaa rakenteisiin ja materiaaleihin mikrobiologisia, fyysisiä ja kemiallisia vaurioita. Mikrobiologinen vaurio käsittää rakenteen taikka materiaalin homehtumista tai lahoamista. Kemialliset ja fyysiset vauriot tarkoittavat materiaaliaineiden hajoamista, ruostumista ja muodonmuutoksia. /6/

Kosteusvaurion rakenteeseen aiheuttaa pitkäjäksoisesti vaikuttava liian suuri kosteuspitoisuus. Eri materiaaleilla on kuitenkin omat ominaisuutensa kosteuskäytännön kanssa ja niiden vaurioituminen alkaa tapahtua eri kosteuspitoisuuksissa. Lämpötilan nouseminen yleensä nopeuttaa vaurioitumista. /6/

Kosteuspitoisuuden suuruuteen vaikuttaa rakenteeseen tuleva ja poistuva kosteusvirta, sekä sen ominainen kyky sitoa kosteutta. Mikäli rakenne imee enemmän kosteutta itseensä kuin poistaa sitä, kosteuspitoisuus rakenteessa alkaa nousta ja pahimmassa tapauksessa rakenne alkaa vaurioitua. Joillakin materiaaleilla on hyvin korkea kosteudensitomiskyky. Tällöin kestää hyvin pitkän aikaa, että kosteuspitoisuus nousee niin korkeaksi, jotta vaurioita alkaa syntyä. /6/

Kosteusvirtaa rakenteissa aiheuttaa neljä kosteuden siirtymismuotoa ja kaikki vaikuttavat rakenteissa jonkin verran; veden virtaaminen painovoiman vaikutuksesta

alaspäin, veden kapillaarinen liike, diffuusio ja konvektio. Esimerkiksi vesi voi valua painovoimaisesti rakenteissa sellaiseen paikkaan, mistä se ei pääse poistumaan muulla tavalla kuin hitaasti siirtyvällä diffuusiolla. /6/

### 3 KOSTEUDENHALLINTAMENETELMÄT

#### 3.1 Kosteudenhallintasuunnitelma

Jokaiselle uudisrakennustyömaalle tulee laatia yksilöllinen kosteudenhallintasuunnitelma. Kosteudenhallintasuunnitelma on työkalu, jonka avulla työnaikaisia kosteusvaurioriskejä pyritään vähentämään ja rakenteiden kuivuminen voidaan varmistaa siihen varatussa aikataulussa. Kosteudenhallintasuunnitelma tulee laatia jo ennen rakentamisvaihetta, jolloin ennakoidaan työvaihekohtaisesti mahdolliset kosteudesta aiheutuvat riskitekijät. Suunnitelmaan tulee luetteloida kohteessa käytettävät kosteusherät rakenteet ja materiaalit, joiden kuivana pysymiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Kun kosteudesta aiheutuvia riskejä arvioidaan, tulee näihin ongelmiin miettiä torjuntatoimia ja miten mahdolliset riskit pystytään korjaamaan. Jos rakennusaikana kosteudesta ilmenee riskejä, joita suunnitteluvaiheessa ei ole huomioitu, tulee suunnitelmaa päivittää tarpeen mukaan rakennustyön edetessä. /24; 25/

Kosteudenhallintasuunnitelmaan tulee sisällyttää rakenteiden kuivumisaika-arviot jokaiselle rakennetyypille, jotka aiotaan päällystää ja jossa huomioidaan kuivumisolosuhteet. Myös jokaisen rakenteen päällysteen tavoitekosteuden arvot tulee määrittää. /24/

Suunnitelmassa tulee ilmetä, miten olosuhteiden vaikutuksiin reagoidaan. Tämä on osa olosuhdehallintaa, jolloin tulee miettiä, mitä suojausratkaisuja käytetään ulkoisten olosuhteiden torjumiseksi, miten materiaalit voidaan pitää riittävän kuivina niiden koko elinkaaren ajan valmistuksesta asennukseen ja asennuksen aikana. Mahdolliseen vesivahinkotapaukseen tulee varautua ja miettiä, miten toimitaan sen sattuessa. /24/

Olosuhdehallinnan toinen osa on rakenteiden kuivatus. Rakenteiden kuivatuksessa tulee miettiä, minkälaisia toimenpiteitä noudattaen saadaan rakenteet riittävän kuivaksi. Kyseisiä toimenpiteitä ovat esimerkiksi, milloin rakennuksen vaippa on niin tiivis, että rakenteiden kuivumista pystytään hallitsemaan ja milloin rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä voidaan kytkeä päälle. /24/



Suunnitelman yhtenä osana on myös kosteudenmittaussuunnitelma. Kosteusmittaussuunnitelman tulee sisältää mittausmenetelmät, mittauslaitteet, mittausajankohdat ja mittauspaikat. /24/

### 3.2 Työnaikainen kuivatus ja lämmitys

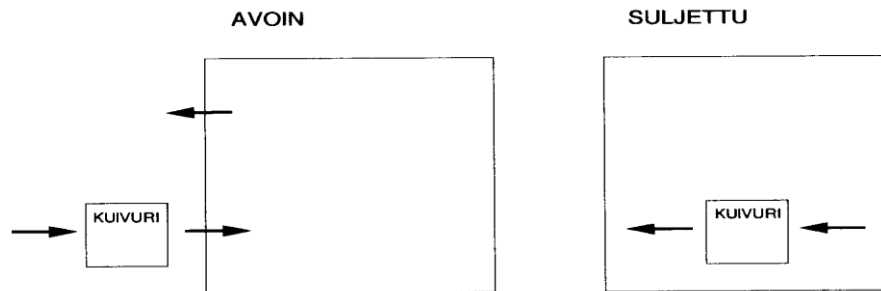
Sisätilan alhainen lämpötila ja huomattavan kostea ilma aiheuttaa kosteuden tiivistymistä rakenteiden pintaan. Tästä syystä rakenteita ryhdytään lämmittämään ja kuivattamaan. Eri rakennusvaiheissa ongelmana sisätilojen osalta on ylläpitää tasainen lämpötila ja jakaa se tasaisesti. /12, 2/

Kuivatuksella pyritään poistamaan rakenteista ylimääräinen kosteuspitoisuus niin, että kosteusvaurioriskiä ei enää pinnoitusvaiheessa ole olemassa. Rakenteet kuivuvat luonnollisesti kosteudensiirtymisen vaikutuksesta. Kuivuminen luonnollisin keinoin saattaa kuitenkin venyä liian pitkäksi työmaan aikataulun kannalta ja näin ollen rakenteiden kuivumista joudutaan tehostamaan erilaisin menetelmin. /7, 52; 8/

Kuivumista voidaan tehostaa kolmella tapaa:

- Pikakuivatuksella, jossa rakennetta lämmitetään ja huolehditaan tilan riittävästä ilmanvaihdosta.
- Suljetulla kuivatuksella, jossa ilman suhteellista kosteutta pyritään pienentämään rakenteen ympärillä. Tässä tapauksessa on huomioitava ilmanvaihdon olemattomuus ja riittävän suuri lämpötila.
- Avoimella järjestelmällä, jossa huolehditaan tilassa olevan ilman lämmityksestä ja riittävästä ilmanvaihdosta. /7, 52/

Kuviossa 4 havainnoidaan suljettu ja avoin kuivatustapa.



**Kuvio 4.** Kuivumisen tehostamisen avoin ja suljettu järjestelmä. /12, 4/

Rakennuksen lämmittämisen avulla rakenteissa oleva kosteus haihtuu lämpimään sisäilmaan, mutta sisäilman suhteellisen kosteuden täytyy kuitenkin olla riittävän matala, noin 50 %, jotta rakenteessa oleva kosteus pääsee haihtumaan. Sisäilman suhteellisen kosteuden alhainen taso varmistetaan rakennusaikaisella ilmanvaihdolla. /7, 54–55/

Rakennuksen kuivatuksessa lämmittämällä, olennaisena osana on ilmanvaihdon mitoittaminen riittäväksi. Ilmanvaihdon tarkoitus on poistaa ylimääräinen kosteus kuivatettavasta tilasta energiatehokkaasti. Liian suureksi mitoitettu ilmanvaihto laskee kuivatettavan tilan lämpötilaa ja kuluttaa ylimääräistä energiaa. /12, 2/

Kesällä sisätilan kosteuspitoisuus ja lämpötila ovat korkealla ja vastaavat hyvin ulkoilmassa olevia arvoja. Luonnollinen ilmanvaihto on kesällä ja sateisina aikoina hankalaa, kun sisätilan suhteellinen kosteus pysyy korkeana ja rakenteiden kuivuminen on hidasta. Talvella sisäilman ollessa kuivaa ja lämmintä, sitoo se suuressa määrin kosteutta. Kosteus voidaan ilmaa kuivaamalla tai tuulettamalla johtaa pois rakennuksesta. /12, 3/

Ennen rakennuksen lämmittämiseen ja kuivattamiseen ryhtymistä ja sen aikana tulee huomioida seuraavat oleelliset asiat, jotta haluttu lopputulos saavutettaisiin:

- Poistetaan kaikki näkyvä kosteus, kuten lumi ja vesi. Eri työvaiheissa tarvittava vedenkäyttö pyritään minimoimaan, jotta kuivuminen ei hidastuisi tahallisesti.
- Rakennusmateriaalit ja tarvikkeet suojataan siltä osin, ettei kosteus pääse niihin vaikuttamaan haitallisesti.

- Suljetaan kaikki aukot, ulko-ovet ja ikkunat, sekä varmistetaan niiden tiiviys. Rakennuksen tulee olla niin tiivis, että lämpötilaa pystytään kohottamaan ja varmistamaan sen pysyminen rakennuksessa.
- Osastoidaan sisätiloja, jotta rakenteet lämpenevät tasaisesti, sekä kostean ja lämpimän ilmavirran tiivistyminen rakenteisiin estetään.
- Suunnittelemalla tavaran sisäänottoa varten tuulikaapit kuivatettavan tilan kulkuaukon yhteyteen estetään lämpötilan laskeminen kuivatettavassa tilassa.
- Suunnitellaan erillisten kuivaimien ja lämmittimien käytön tarve sekä pyritään aikaistamaan oman lämmitysjärjestelmän käyttöönottoa, jotta rakennuksen lämmitys jakaantuisi tasaisesti ja erillisistä lämmittimistä voidaan luopua.
- Sisälämpötilaa ja ilman kosteuspitoisuuksia mitataan päivittäin lämmityksen aikana ja huolehditaan riittävästä ilmanvaihdosta.
- Ulkoilman olosuhteiden vaihtelut tulee huomioida suunniteltaessa lämmitystä ja kuivatusta. /12, 2/

Rakenteiden väliaikaiseen lämmittämiseen rakennustyömaalla käytetään yleisesti ilma- ja säteilylämmittimiä, koska niiden siirtäminen ja käyttöönotto on helppoa. Lämmittimen tulee olla teholtaan vähintään 5 kW:a, jotta riittävä jatkuva lämmitysteho voidaan varmistaa. Rakentamisen edetessä siihen pisteeseen, että rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä saadaan kytkettyä päälle, luovutaan väliaikaisista lämmitysmenetelmistä. /12, 3/

Tilojen lämmitykseen ja ilmanvaihtoon voi käyttää ilmalämmitystä. Lämmitystapa liitettynä hormistoihin soveltuu yhden pienemmän tilan tai suuremman alueen lämmittämiseen. Toinen ilmalämmittämiseen soveltuva tapa on lämpimän ilman kierrättäminen. Ilman lämpenemisellä alennetaan tilan suhteellista kosteutta, jolloin rakenteet alkavat kuivumaan. Kolmas ilmalämmitystapa, jolla kosteutta voidaan myös poistaa, on lämmitetyn ulkoilman puhaltaminen sisätilaan. Ulkolämpötila kuitenkin vaikuttaa lämmitystehoon. Säteilylämmitystä käytetään yksittäisten rakenteiden tai kokonaisen tilan lämmittämiseen. Säteilylämmityksen toimintape-

riaatteena on lämpösäteiden johtuminen materiaaliin. Kyseisten lämmittimien polttoaineena käytetään yleisesti nestekaasua, öljyä tai sähköä. /12, 3/

Sorptio- ja kondenssikuivaajat ovat ilman kuivaamiseen tarkoitettuja laitteita. Laitteiden käyttö sijoittuu aikavälille kesä-syky, sillä toimiakseen oikealla tavalla laitteet vaativat suhteellisen korkean lämpötilan. Kondenssikuivaajan toimintaperiaate on imeä tilan kuivatettava ilma jäädytyspatterin ohi, jossa osa ilman sisältämästä kosteudesta kondensoituu patterien pinnoille. Kuivunut ilma läpäisee lämmityspatterin, joka puhaltaa ilman takaisin kuivatettavaan tilaan. Tämä kuivaintyyppi sopii kosteiden ja lämpimien tilojen (vähintään + 25 °C) kuivattamiseen. /7, 63/

Sorptiokuivaajan toimintaperiaate on imevän aineen avulla poistaa kosteutta kuivatettavan tilan ilmasta. Imevänä aineena ”toimii yleensä kalsium- tai litiumkloridiliuoksella kyllästetty materiaali. Sorptiokuivaaja voi olla esim. roottori, jossa on suuri määrä ohutseinäisiä kanavia, joiden läpi ilmavirta kulkee kosteuden sitoutuessa roottoriin.” Sorptiokuivaajaa käytettäessä tulee kuivatettavan tilan lämpötilan olla vähintään + 10 °C, mutta suositeltavaa olisi + 20 °C lämpötila. /7, 63/

### **3.3 Betonin kuivumisen arviointi**

Rakennuksen sisätiloissa betonirakenteet päällystetään tai pinnoitetaan yleensä jollain toisella materiaalilla. Ennen pinnoittamista tulee varmistaa, että betonin kosteuspitoisuus on alle materiaalin asennuksen vaatiman raja-arvon. Rakenteen ollessa liian kostea, saattaa pinnoitemateriaali vaurioitua. /10, 32/

Betoni kuivuu muita rakennusmateriaaleja hitaammin. Betonirakenteen kuivumisnopeuteen vaikuttavat mm. betonilaatu, rakenneratkaisu ja kuivumisolosuhteet. Olosuhteet vaikuttavat merkittävästi siihen, paljonko betonin pinnasta pääsee haihtumaan kosteutta ja miten sen sisällä oleva kosteus pääsee siirtymään lähelle pintaa. Betonirakenteisiin imeytynyt sadevesi tai rakennusaikainen käyttövesi vaikuttaa kuivumisnopeuteen haitallisesti, koska veden poistuminen on hidasta kuivumisvaiheessa olevasta betonista. Rakennustyömaalla betonirakenteiden kuivumisen asettamat vaatimukset tulee ottaa jo ajoissa huomioon. Jos niistä lipsutaan,

saattaa koko rakennusaikataulu viivästyä tai kostean rakenteen pinnoittamisesta aiheutuu kosteusvaurio. /10, 32; 11, 130/

Valuvaiheessa betonin suhteellinen kosteus on 100 %. Suhteellinen kosteus alkaa laskea, kun betoni kovettuu ja osa valmistamiseen käytetystä vedestä sitoutuu. Kovettumisen tapahduttua betonin suhteellinen kosteus on 90–98 % riippuen betonilaadusta. Betonilla on tavoitteena saavuttaa tasapainokosteus (esimerkiksi sisätilassa 40–60 %) ympäristönsä kanssa, mutta tähän tavoitteeseen ei ole tarvetta päästä rakennusaikana, vaan pinnoitemateriaalien raja-arvojen (katso taulukko 4 sivu 38) alle pääsy riittää. /9, 20/

Betonin ja ilman rajapinnan kautta ilmaan haihtuu vettä, koska betonin suhteellinen kosteus on yleensä suurempi kuin rakennetta ympäröivän ilman suhteellinen kosteuspitoisuus. Betonirakenteen suuremman kosteuspitoisuuden osasta siirtyy diffuusion tai kapillaarisen huokosalipaineen avulla vettä pienemmän kosteuspitoisuuden osalle. Tätä betonin kuivumistapaa kutsutaan siirtymiskuivumiseksi. Betonin veden haihtumista voidaan kutsua myös haihtumiskuivumiseksi, silloin vesi haihtuu betonirakennetta ympäröivään ilmaan. /10, 33/

Betonin kuivumista voidaan nopeuttaa seuraavilla keinoilla:

- Betonimassaa huokoistetaan valmistusvaiheessa 8–10 %.
- Pienennetään vesisementtisuhdetta.
- Valitaan kiviainekselle mahdollisimman suuri raekoko.
- Suojataan betonirakennetta kastumiselta runkovaiheessa. /11, 130/

Betonin kuivumista voidaan tehostaa seuraavilla keinoilla:

- Lasketaan sisäilman suhteellinen kosteus alle 50 % koneellisella kuivaimella tai tuuletuksella.
- Nostetaan lämpötilaa. Betonin kuivumista saadaan tehostettua paremmin lämmittämällä itse betonirakennetta kuin sitä ympäröivää ilmaa.
- Hiotaan sementtiliima lattiapinnasta pois, jolloin kosteus pääsee haihtumaan nopeammin. /11, 130/

Kuivatuksen tehostaminen lattialämmityksellä:

- Betonin tulee olla lujuudeltaan riittävä (vähintään 60 % 28 vuorokauden lujuudesta) käytettäessä lattialämmitystä kuivumisen tehostamiseen, koska rakenteen tulee kestää rasitukset, joita aiheutuu lämpötilan muutoksista.
- Laatan optimaalinen kuivatuslämpötila on 30–35 °C. Laatan lämpötilaa tulee nostaa hitaasti, vähän kerrallaan ja korkeintaan 5 °C vuorokaudessa. Samalla tavalla toimitaan kuivatuksen loputtua, eli laatan lämpötilaa laskeetaan portaittain takaisin huonelämpötilaan ennen pintamateriaalien asennusta. /11, 130/

### **3.4 Ontelolaattojen kuivuminen**

Ontelolaattojen kastuminen hidastaa huomattavasti laataston kuivumisnopeutta. Kosteutta ontelolaattoihin pääsee sadeveden mukana holvin ollessa ulkoilmalle avonaisena. Kosteutta pääsee laatastoihin myös muilla keinoilla, kuten ontelosauamavaluissa, joissa hyvin yleisesti käytetään vettä paremman työstettävyyden takaamiseksi sekä saumaamiseen käytettävä massa sisältää huomattavasti kosteutta. Myös pintabetonivalun tai –tasoitteen sisältämä kosteus sitoutuu ontelolaattojen pintaosiin. /17, 17/

Ontelolaattoihin sitoutunut ylimääräinen kosteus tulee poistaa rakenteesta, jotta se ei aiheuttaisi ongelmia myöhemmässä vaiheessa. Ontelolaattojen kuivuminen tulee varmistaa poraamalla vesireikiä laattojen alapintaan onteloiden kohdalle. Reiät voidaan porata sopimuksen mukaan jo tehtaalla etukäteen. Työmaalla tulee kuitenkin varmistua, että mahdolliset tehtaalla poratut reiät ovat avonaisia, ja tarpeen vaatiessa porattava lisäreikiä kuivumisen varmistamiseksi. Reiät tulee porata jokaisen ontelon päihin ja pitkissä ontelolaatoissa on hyvä varmistua poraamalla useampia reikiä koko laatan pituudelta, jotta vesi ei varastoidu tietylle laatan osalle. /18, 28/

### **3.5 Sisäilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaus**

Rakenteiden kuivatuksessa on tärkeää mitata ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta, jotta kuivumisnopeutta pystytään arvioimaan. Tilan lämpötilaa mitataan

tavallisella lämpömittarilla tai suhteellisen kosteuden mittaukseen tarkoitettulla laitteella. Mittaamalla lämpötiloja päivittäin kuivatettavan tilan useasta kohtaa, varmistetaan siltä, jakaantuuko kuivatus tasaisesti ja tarpeen mukaan pystytään siirtämään kuivaimien paikkaa tai säätämään kuivatustehoa. Mittauksista saadut arvot kirjataan ylös, jotta niitä pystytään analysoimaan. Kuivumisaika saadaan lyhenemään kuivatuslämpötilaa nostamalla. Täytyy kuitenkin huomioida voidaanko pinnoitustöihin ryhtyä aikaisemmin. /7, 66/

Ilman suhteellisen kosteuden mittaamiseen käytetään sähköisiä mittalaitteita. Tulisikin varmistaa, että mittaukset suoritetaan vain sähköisillä mittalaitteilla, koska ilman kosteuden mittaukseen käytettävät ns. ”hiushygrometrit” ovat epäluotettavia ja paljon huoltoa vaativia. Mittaukset suoritetaan lämpötilan mittauksen tapaan useasta kohtaa kuivatettavaa tilaa. Tulokset antavat tietoa tilan ilmanvaihdon tarpeesta. Ilmanvaihtoa tulee lisätä, jos suhteellinen kosteus nousee yli 50 prosentin. Ilmanvaihdon supistamiseen tulee ryhtyä, jos suhteellinen kosteus laskee 20–30 prosenttiin. Kosteuden tuotto kuivatettavassa tilassa myös pienenee jatkuvasti kuivatuksen myötä. /7, 66–67/

### **3.6 Materiaalisuojaus ja varastointi**

Materiaalien kuivana pysymisen varmistamiseksi tulisi työvaiheittain tarvittavat materiaalit tilata ja sopia toimituksen oikea-aikaisuus työmaalle niin, että ne voidaan ottaa suoraan käyttöön ja vältetään turhaa varastoimista työmaalla. Työmaalle tullessaan materiaalit pyritään viemään välittömästi sisätiloihin tai sadesuojaan. Tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista, vaan materiaalit joudutaan varastoimaan ulkona ja suojaamaan ne esimerkiksi suojapeitteillä, koska materiaalien tehdaspakkaukset eivät ole tarpeeksi suojaavia kosteudelta. Rakennusmateriaalit ja tarvikkeet tulee suojata ja varastoida asianmukaisesti, että kosteus ei pääse niihin vaikuttamaan haitallisesti. Materiaalitoimittajilta tulee myös vaatia kuljetuksenai-kaista suojausta. Tällä tavoin varmistetaan, että materiaalit eivät kastu missään vaiheessa. /15, 9/

Varastointipaikat suunnitellaan niin, että materiaalit sijaitsevat mahdollisimman lähellä työkohdetta, mutta kuitenkin sellaisessa paikassa, mikä ei aiheuta työmaan

toiminnalle ja liikenteelle esteitä. Suojavarastoina voidaan käyttää varastokontteja tai rakentaa väliaikainen kevytrakenteinen ulkovarasto. Varastoitaessa materiaaleja tulee noudattaa valmistajien varastointiohjeita ja järjestää varastointiolosuhteet käytön aikaista vastaaviksi. Kosteuden kulkeutuminen materiaaliin alustan kautta tulee aina estää varastoimalla materiaalit kuljetuslavojen tai aluspuiden päälle. Tulee myös varmistua, että alustan kallistukset ovat varastointialueelta pois päin, jotta vesi ei jää makaamaan ja aiheuta turhaa kosteusriskiä. /15, 9/

Työmaalle tulee varata rakennusaikana riittävästi suojapeitteitä, joilla materiaaleja suojataan sääolosuhteiden vaihteluilta. Suojapeitteiden olisi hyvä olla kestäviä, jotta niitä voidaan käyttää useasti. Kevytpeitteet ja rakennusmuovit eivät ole tarpeeksi kestäviä ja ne ovat käyttöiltään kertakäyttöisiä. Suojauksessa tulee huomioida, että materiaali peitetään niin hyvin, että vesi ei pääse materiaalin kanssa kosketuksiin missään vaiheessa. Materiaalin ja suojapeitteen väliin tulee varmistaa ilmarako, jotta suojan sisällä ilma pääsee kiertämään ja näin estetään kosteuden tiivistymistä. Vaakapintojen osalta suojapeitteen tulee olla kaltevasti ja kireällä, jotta vesi pystytään ohjaamaan hallitusti pois ja vesitaskujen syntyminen peitteen pinnalle estetään. /15, 9/

Elementtien suojaukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, sillä elementtien lämmöneristeet eivät saa altistua kosteudelle missään vaiheessa. Suojaustoimenpiteet olisi hyvä sopia jo hankintavaiheessa elementtivalmistajan kanssa. Sopimuksen mukaan elementteihin on mahdollista tehdä valmiit rakennusaikaiset suojaukset elementtitehtaalla. Elementtien suojauksesta tulee huolehtia valmistuksesta asennukseen asti ja asennuksen jälkeen, kunnes rakentamisen valmiusaste mahdollistaa suojauksen poistamisen. /18, 14/

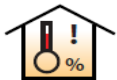




Elementtien pysymiseksi kuivana, tulee eri osapuolten noudattaa seuraavia toimenpiteitä:

- ”Elementtitehtaan on järjestettävä asiallinen välivarastointi valmistuksen ja kuljetuksen välille
- Kuljetusaikainen suojaus hoidetaan kuljetuskalustolla tai kuljetuksen aikaisella huputuksella.
- Työmaalla elementit välivarastoidaan sääsuojissa tai huputettuna.” /18, 14/



Rakennustyömaalla käytettävillä materiaaleilla on jokaisella tietynlainen tarve varastoinnin ja suojauksen suhteen. Materiaalien ohjeelliset suojausolosuhteet on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Eri materiaalien varastointi- ja suojausolosuhteet.

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

Materiaalit kuitenkin suojattava valmistajan antamien ohjeiden mukaan. /15, 10/

### 3.7 Sääsuojaus

Rakentamisvaiheen suojauksen tarpeeseen vaikuttaa vuodenaika, sillä suojauksen tarve on suurin sateisina vuodenaikoina. Säärasituksille alttiina olevien rakennusosien ja työvaiheiden suojaus suunnitellaan etukäteen ja vuodenajan mukaan valitaan oikeat suojausratkaisut. Rakennuksen suojaamisasteesta päätetään hanke-suunnitteluvaiheessa. /15, 2/

Sääsuojien lukuisat osat mahdollistavat jokaisen rakennuksen räätälöidyn suojauksen. Sääsuojauksen perimmäinen tarkoitus on estää olosuhteista aiheutuvan kosteuden pääsy rakenteisiin ja suojata materiaaleja sekä järjestää työskentelyolosuhteet mielisiksi. Sääsuojahalleja käytetään yleisesti suuren kokoluokan rakennuksissa, kuten kerrostalokohteissa. Riittävä suunnittelu kylminä vuodenaikoina sääsuojahallia käyttämällä mahdollistaa myös perustus- ja runkotyövaiheen toteuttamisen. Kosteusherkit työvaiheet tulee tehdä aina sääsuojatussa tilassa. Sääsuojien käyttö tuo huomattavasti lisää kustannuksia, mutta mahdollistaa työn suorittamisen kerralla kuntoon ilman riskiä myöhemmistä kosteuden aiheuttamista korjauksista. /15, 6/

Sääsuojien valinnassa tulee huomioida runkoratkaisu. Esimerkiksi elementtirakentamisessa rakennusta ei voida peittää kokonaan, sillä suojat olisivat elementtinosojen tiellä. Elementtirakentamisessa tulee käyttää vaihtoehtoisia suojausmenetelmiä, kuten elementtien kattaminen suojapeitteillä varastoinnin aikana ja asennuksen jälkeen. Elementtirakentamisessa rakenteiden vaakapinnat jäävät yleensä sään armoille, sillä rungon noston yhteydessä ylin holvi ei välttämättä ole vedenpitävä. Tällöin ylimmän holvin kautta alempiin kerroksiin pääsee valumaan vettä, joka voi aiheuttaa kosteusherkkiin materiaaleihin kosteusvaurion. Veden valuminen alempiin kerroksiin tulee estää käyttämällä hallittua vedenohjaus- tai padotusmenetelmää. Vedenohjaus- ja padotusmenetelmässä holvilla oleva vesi tulee johtaa pois rakennuksen omaan tai väliaikaisesti rakennettuun viemäriverkostoon. /25/

## **4 BETONIN KOSTEUSMITTAUS**

Uudisrakennuskohteen rakennusvaiheessa betonista mitataan kosteuspitoisuuksia, jotta varmistutaan ennen pinnoitustyöhön ryhtymistä betonin riittävän alhaisesta kosteuspitoisuudesta. Kosteusmittaus on ainoa keino, jolla betonin tarkka kosteuspitoisuus saadaan varmistettua. Kosteusmittausten kanssa tulee olla erittäin huolellinen, sillä tulosten ollessa virheellisiä, saattaa se aiheuttaa aikatauluviivästyksiä ja pitkällä aikavälillä jopa kosteusvaurion riski on olemassa. Mittauksilla saadaan tärkeää tietoa rakenteiden kuivumisen kannalta, eli kuivuuko rakenne riittävästi aikataulun puitteissa vai tarvitseeko kuivumista tehostaa mahdollisesti lämmityksen ja kuivauksen avulla. /10, 5/

### **4.1 Kosteusmittaajan pätevyys**

Kosteusmittauksia suorittavalta henkilöltä vaaditaan riittävä tuntemus rakennustekniikasta ja materiaaleista, sekä virallisia kosteusmittauksia suoritettaessa ammattipätevyys. Ammattipätevyydellä tarkoitetaan tutkintotodistuksia tai suoritettua koulutuksen asiakirjoja, kuten rakenteiden kosteusmittaajan pätevyys VTT:n sertifioimana. Mittaajan tulee hallita lämpö- ja kosteustekniikan fysikaaliset perusteet arvioitaessa rakenteiden toimintaa näiltä osin. Mittaajan tulee tuntea käyttämiensä mittaustaitteiden toiminta, sekä niiden soveltuvuus käytännön työhön. Mittaajan on osattava tulkita mittaustuloksia ja sen pohjalta muuntaa tulokset raportin muotoon. /16, 3/

### **4.2 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus ja menetelmät**

Betonin suhteellisen kosteuden mittauksilla selvitetään rakenteiden kosteuskäyttäytymistä ja kosteusjakaumaa, jolla pystytään arvioimaan kosteuden siirtymissuunta rakenteissa. Mittauksilla saaduista tuloksista arvioidaan rakenteen kuivumisnopeutta ja mahdollista kuivatustarvetta ylimääräisen kosteuden poistamiseksi, jotta päällystystyö voidaan tehdä ilman kosteusvaurioriskiä. /10, 11/

Betonin suhteellista kosteutta mitatessa tulee noudattaa täydellistä huolellisuutta, sillä mm. mittauskohdeolosuhteet ja betonin ominaisuudet saattavat antaa virheellisiä mittaustulosten kannalta. On ensiarvoisen tärkeää saattaa mittaukset huolellisesti

llesesti läpi, jotta välttyttäisiin virheellisiltä tuloksilta. Jo pieni prosentti-yksikön muutos mittaustuloksissa saattaa aiheuttaa kuivumisen pitkittymistä ja näin ollen aikatauluviivästyksiä, tai vaihtoehtoisesti päällystystyö aikaistetaan ja tämä saattaa johtaa kosteusvaurioon myöhemmässä vaiheessa. Huolellisesti tehdyillä kosteusmittauksilla säästytään ylimääräisiltä kustannuksilta, joita saattaa aiheutua rakenteiden turhasta tai väärästä kuivatustavasta. /10, 12/

Kosteuden mittaajalta edellytetään mittausten huolellista suorittamista ja tulosten oikeanlaista tulkintaa, koska tulosten perusteella tehtävät päätökset voivat olla kustannusten kannalta hyvinkin suuria. Mittaajan tulee tuntea käyttämänsä mittauslaitteisto, mittaustyön oikea suoritustapa ja tulosten tulkintaan vaikuttavat tekijät. /10, 12/

”Betonin suhteellisen kosteuden mittaukseen vaikuttavia tekijöitä:

- Mittapäiden kalibrointi
- Mittausreiän puhdistus, tiivistys ja tasaantuminen
- Mittapäiden tasaantumisaika rakenteessa, vasteaika ja lämpötilakapasiteetti
- Ympäristön ja betonin lämpötila
- Betonin ominaisuudet (vesisementtisuhde, tiiviys)” /10, 12/

Mittaukset voidaan tehdä tarkasti kahdella tavalla, joko porareikämittauksella tai näytepalamittauksella. Molempien tapojen suoritus on työlästä ja aikaa vievää sekä rakenteiden pintoja joudutaan rikkomaan. Tästä johtuen mittauskohdat ja niiden lukumäärä tulee suunnitella jo etukäteen ja tehdä siitä oma mittaussuunnitelma. Mittauskohtaa ei valita aivan mielivaltaisesti, vaan täytyy olla jokin erityinen syy siihen, miksi kyseistä kohtaa aletaan mittaamaan. Ennen mittaukseen ryhtymistä tulee varmistaa, että mittauspisteessä betonin seassa ei ole mitään putkia, jotka porauksen yhteydessä voisivat vaurioitua. Uudisrakennuskohteessa tulisi ennen valuvaihetta merkata ylös kaikki putkilinjat, jotta kosteusmittauspiste voidaan ennalta määrätä. /16, 3/

#### **4.2.1 Porareikämittaus**

Porareikämittauksessa reikä porataan kuivaporauksena iskuporakoneella, eli veden käyttäminen porauksen yhteydessä on kielletty, sillä porauksessa käytetty vesi

voi vaikuttaa mittauksien tuloksiin virheellisesti. Porauksessa käytettävän terän halkaisija on yleensä 16 mm, mutta riippuen mittalaitteistosta ja siihen kuuluvien mittapäiden asennusputkista, reikien halkaisija saattaa olla myös eri kuin 16 mm. Reiän halkaisijan tulee kuitenkin olla vähintään 10 mm, jolloin reiän putkituksessa varmistetaan sen asettuminen tarkasti oikeaan mittaussyvyyteen. Pienen porareian ongelmana on pohjan pinta-alan riittämättömyys verrattuna putken sisäiseen ilmatilaan, myös mittatarkkuus kärsii suurempaan reikään verrattuna. Reikä porataan millimetrin tarkkuudella ennalta määrättyyn ja haluttuun mittaussyvyyteen, josta kosteuspitoisuus halutaan selvittää. Porauksen saavutettua mittaussyvyyden, reikä tulee puhdistaa todella huolellisesti porauksen tuottamasta pölystä, joko paineilmailla tai imuroimalla. Reiän ollessa mittaushetkellä epäpuhdas saattaa se vääristää suhteellisen kosteuspitoisuuden arvoja suuremmaksi kuin todellisuudessa on. /10; 16; 17/

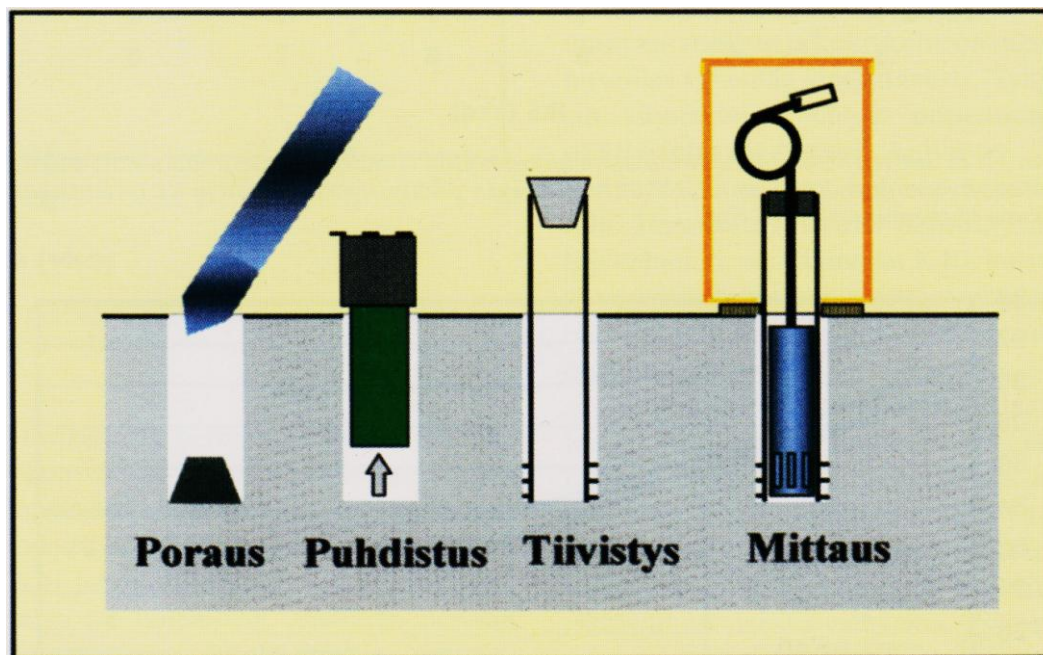
Poraushetkellä reiän ilmatilan sekä sitä ympäröivän betonin lämpötila nousee jyrkästi. Porareian tiiveydestä tulee huolehtia porauksen ja puhdistuksen jälkeen, jotta suhteellinen kosteuspitoisuus ja lämpötila tasaantuisi todelliseen arvoonsa. Tasaantumisaajan pituus on riippuvainen käytetystä betonilaadusta. Mittauspisteen on annettava tasaantua noin 3–7 vuorokautta ennen mittauksen suorittamista. Porareikämittauksen tiivyyden varmistamiseksi paras tapa on käyttää reiässä muoviputkea, kun halutaan kosteuspitoisuus ennalta määrättyltä syvyydeltä. Putkittamattomassa mittausreiässä tulokseksi tulee koko reiän pituudelta kosteuspitoisuuden keskiarvo, joka voi johtaa vääränlaisiin tulkintoihin pinnoitettavuuden kannalta. Putkena voidaan käyttää esimerkiksi laitevalmistajien kosteusmittauksiin kehittelemiä omia asennusputkia tai vaihtoehtoisesti sähköputkea. Putki tulee tiivistää sen ja betonin yläpinnan liittymiskohdasta vesihöyryä läpäisemättömällä kitillä. Putken yläpään tiiveydestä täytyy aina huolehtia, joko kitillä, muovi- tai kumitulpalla. /10, 14–15/

Mittapäiden asentamista edeltää niiden toimintakunnon varmistaminen ja kalibrointi, jotta voidaan varmistua että mittaukset onnistuvat halutulla tarkkuudella. Mittapää voidaan asentaa mittareikään putken asentamisen yhteydessä, jolloin mittapään tasaantumista ei tarvitse erikseen huomioida, vaan voidaan tasaantu-

misaikana pitää reiän vaatimaa tasaantumisaikaa. Vaihtoehtoisesti mittapää voidaan asentaa mittareikään mittauspäivänä, jolloin ennen mittauksen suorittamista tulee varmistua mittapään tasaantumisesta sitä ympäröiviin olosuhteisiin. Mittauspäivänä suoritettavan mittauspään asennuksessa tulee olla riipeä, sillä mittareian ei tulisi olla kauaa avoinna ja asentamisen jälkeen reiän ja mittapään väli tulee tiivistää huolellisesti. Mittapään tasaantumisajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu, kun mittapää on saavuttanut tasapainon sitä ympäröivän lämpötilan ja suhteellisen kosteuden kanssa. Mittauspäivänä asennettavan mittauspään tulee antaa tasaantua yhdestä tunnista yhteen vuorokauteen. Tasaantumisaikaan vaikuttavia tekijöitä ovat käytettävän mittapään anturityyppi ja kosteuskapasiteetti, betonilaatu, betonin kosteuspitoisuus sekä vaadittu mittaustarkkuus. Betonin ollessa tiivistä tai kuivaa, saattaa tasaantumisaika pidentyä. /10, 15; 16, 4–5/

Mittapään tasaannuttua sitä ympäröiviin olosuhteisiin, mittaustulosten lukeminen tapahtuu asentamalla näytöllinen lukupää mittauspisteessä olevaan mittapäähän. Lukupää ilmoittaa betonissa olevan suhteellisen kosteuspitoisuuden ja lämpötilan. Jos mittapää on kalibroitu ennen mittauksen suorittamista näyttämään oikeat lukuarvot tai näyttölaite laskee kalibroitukertoimia käyttäen todellisen mittauseron, voidaan lukemat kirjata ilman muokkaamista suoraan mittauspöytäkirjaan. Jos näin ei ole kuitenkaan menetelty, täytyy laskentapään ilmoittamat arvot käsitellä laskennallisesti kalibroitukertoimia käyttämällä. Tulosten lukemisessa tulee huomioida, että mittapääkohtaisia oikeita kalibroitukertoimia on käytetty. /10, 15–16/

Kuviossa 5 on havainnoitu porareikämittauksen vaiheet.



**Kuvio 5.** Porareikämittauksen vaiheet. /17, 22/

Mittaushetkellä tulee rakenteen lämpötila pyrkiä saamaan lähelle käytönaikaista lämpötilaa, jotta mittaustuloksiin ei tule virhettä ja tuloksia pystytään tulkitsemaan oikein. Mittausaikana tulee varmistua rakenteen tasaisesta lämpötilasta, sillä mittauksien aikana tapahtuvat lämpötilojen vaihtelut vaikuttavat tuloksiin virheellisesti. Mittalaitteen anturin tulee myös olla mittaushetkellä samassa lämpötilassa rakenteen kanssa, sillä sekin voi aiheuttaa huomattavia muutoksia mittaustuloksiin. On toivottavaa, että rakenteen lämpötila olisi mittaushetkellä  $+20\text{ °C}$ , ja tästä lämpötilasta saa poiketa korkeintaan  $\pm 5\text{ °C}$ . Jos rakenteen mittausaikainen lämpötila on eri kuin edellä mainittu mittaustulostilaväli  $+15\text{ °C} \dots +25\text{ °C}$ , saattaa mittaustuloksiin tulla vaikuttavia virheitä, joita ei pystytä hallitsemaan. Rakenteen lämpötilan ollessa alhaisempi kuin tavoitelämpötila  $+20\text{ °C}$ , mittaustuloksien kosteusarvot näyttävät todellista mittaustuloksia alhaisempia lukemia ja tavoitelämpötilaa korkeampi lämpötila rakenteessa aiheuttaa mittaustuloksiin todellisia suurempia lukemia. /10, 16/

Betonirakenteen lämpötilalla on suuri vaikutus siihen, voidaanko porareikämittauksia suorittaa. Jos betonirakenteen kuivumista on tehostettu nostamalla sen lämpötilaa, täytyy vastaavasti lämpötilaa alentaa vastaamaan tilan käyttölämpötilaa,

ennen kuin betoniin voidaan porata reikiä ja suorittaa niistä mittauksia. Porattuun mittausreikään saattaa tiivistyä kosteutta, jos betoni on poraushetkellä ollut lämmitettyä ja lämpötilaa on sen jälkeen aloitettu laskemaan tilan käyttölämpötilaa vastaavaksi. /10,16/

Mittaustulosten pysymiseksi luotettavina, olennaisinta on, että mitattavan betonirakenteen ja mittalaitteen anturin välillä ei ole minkäänlaista lämpötilaeroa. Näiden kahden kappaleen välinen jo hyvin pienikin lämpötilaero aiheuttaa todella suuria virhelukemia mitattavissa kosteuspitoisuuksissa. Lämpötilaeroja betonirakenteen ja anturin välille voi aiheutua esimerkiksi talvella, jos mitattavassa tilassa on kulku ulos esimerkiksi ulko-ovesta. Tällöin lämmin sisäilma pyrkii haihtumaan rakennuksen vaipassa olevasta aukosta kylmempään ulko-ilmaan. Vaihtoehtoisesti auringonpaiste voi vaikuttaa anturin lämpötilan nousuun. Taulukossa 3 on esimerkki, miten paljon lämpötilaero vaikuttaa betonirakenteen ja mittalaitteen anturin välillä virheellisesti kosteuspitoisuuteen, betonin lämpötilan ollessa +20 °C ja suhteellisen kosteuspitoisuuden (RH) 90 %. Anturin lämpötilan ollessa pienempi kuin betonirakenteen, vaikuttaa virhe todelliseen tulokseen alentavasti ja vastavasti anturin lämpötilan ollessa suurempi kuin betonirakenteen, vaikuttaa virhe korottamalla todellista mittauksista. Mittauksia suoritettaessa on ensiarvoisen tärkeää, että mitattavassa tilassa lämpötila pysyy tasaisena, jotta mitattavan betonirakenteen ja mittalaitteen anturin välille ei synny lämpötilaeroja missään vaiheessa. /10, 16/

**Taulukko 3.** Mittalaitteen ja rakenteen välinen lämpötilavirhe.

Betonirakenteen ja mittalaitteen anturin välinen lämpötilaero, [°C]	Lämpötilaerosta aiheutuvan virheen vaikutus suhteelliseen kosteuspitoisuuteen, [%RH]
0,1	0,5
0,2	1
0,4	2
1	5

Taulukossa esitetään, miten pienikin lämpötilaero betonirakenteen ja mittalaitteen anturin välillä aiheuttaa suurta muutosta todelliseen betonin suhteellisen kosteuden pitoisuuteen. /17, 22/

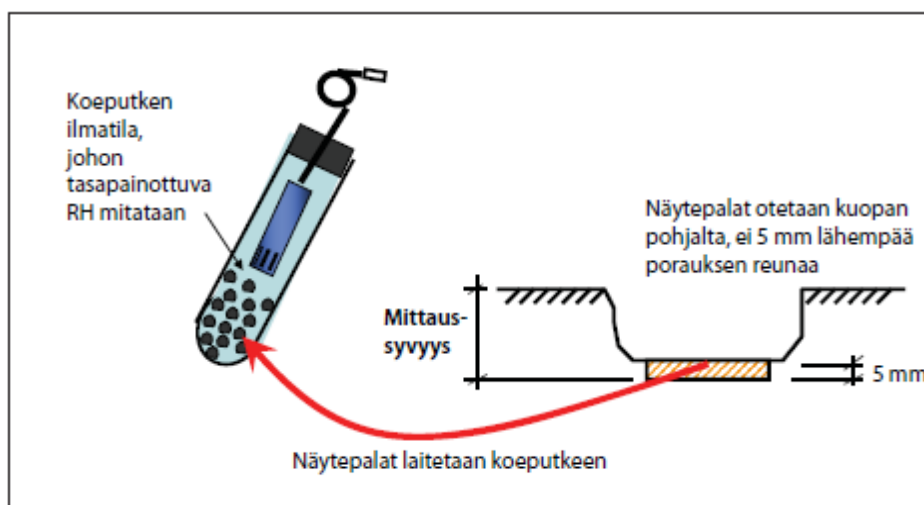


#### 4.2.2 Näytepalamittaus

Betonin suhteellista kosteuspitoisuutta voidaan mitata näytepalamenetelmällä, jossa koeputkeen laitettujen betonin näytepalojen sisältämä suhteellinen kosteus tasaantuu tiivistetyn putken ilmatilaan. Tätä menetelmää käytetään, kun mittauksien tulokset halutaan selvittää nopeasti. Aikataulullisesti näytepalamenetelmä on porareikämenetelmää nopeampi, eivätkä epävakaut olosuhteet aiheuta virheitä mittaustuloksiin. Näytepalamenetelmä tulee ainoaksi vaihtoehdoksi, kun mitattavan betonirakenteen lämpötila mittaushetkellä on porareikämittauksen vaatiman lämpötilan ylä- tai alapuolella. /10, 17; 16, 8/

Näytteenottoa varten betonirakenteeseen tehdään halkaisijaltaan noin 100 mm kokoinen kuoppa. Kuoppa tehdään haluttua mittaussyvyyyttä 5 mm vajaaksi, joko poraamalla tai piikkaamalla ja aina kuivamenetelmällä. Kuopan halkaisijan tulee olla suurempi, jos samasta mittapistestä otetaan näytepaloja useilta eri syvyyksiltä, tai betonin runkoaineen maksimiraekoko on >16 mm. Kuoppa voidaan tehdä esimerkiksi porakoneeseen kiinnitettävällä kuppiterällä, jolla betoniin porataan ura, ja keskelle jäänyt betoni poistetaan mittaussyvyyyttä 5 mm vajaaksi. Keskeltä poistetun betonin jälkeen, kuopan pohjan tulee olla tasainen ja samansuuntainen kuin yläpuolisen betonipinnan. Näytepaloja otetaan kuopan keskeltä, kuitenkin vähintään 5 mm etäisyydeltä kuopan reunoista mittaussyvyyteen asti, esimerkiksi piikkaamalla. Luotettavan mittaustuloksen saamiseksi, varmin tapa on ottaa kaksi koeputkellista näytettä samasta mittaussyvyydestä, jolloin molemmissa koeputkissa on eri anturit ja mahdollisiin virheellisiin mittaustuloksiin pystytään tällä tavoin varautumaan sekä selvittämään virheellisten tulosten alkuperä. Koeputken tulee olla tiiviistä materiaalista, kuten lasista, valmistettua. Koeputken halkaisijan tulee olla vähintään 20 mm ja putki täytetään vähintään kolmasosalla samasta mittaussyvyydestä otetuilla näytepaloilla. Tällä tavoin varmistetaan betonin sisältämän kosteuden tasoittuminen koeputken ilmatilaan. Näytepalojen raekoon tulee olla vähintään 5 mm ja paras tulos saadaan, kun käytetään mahdollisimman suuria näytepaloja, kuitenkin sellaisia, jotka mahtuvat koeputkeen. Koeputken ja näytepalleiden tulee olla täysin puhtaita, näytteistä on poistettava irtonainen pöly. Kun koeputkesta on saatu täytettyä kolmasosa näytepaloilla, tulee putkeen asentaa

välittömästi mitta-anturi, jolla suhteellista kosteutta voidaan mitata. Koeputkeen asennettavan mitta-anturin tulee olla toimintakuntoinen sekä kalibroitu. Koeputken suu ja mitta-anturin johdon välinen tila tiivistetään täysin vesihöyryä läpäisemättömällä kitillä, niin ettei koeputken sisällä oleva kosteus pääse haihtumaan pois. Mittaukseen käytettävän anturin tulee olla sellainen, joka ei sido itseensä kosteutta juuri ollenkaan. Tämän myötä luettavat mittaustulokset pitäisi olla luotettavia. Kuviossa 6 on käyty läpi näytepalamenetelmä. /10, 17; 16, 7–8/



**Kuvio 6.** Näytepalamenetelmän suoritus. Betoniin tehdään kuoppa 5 mm haluttua mittaussyvyyttä vajaan. Kuopan pohjalta irroitetaan näytepaloja vähintään kolmasosan verran yhtä koeputkea kohden. Samalla asennetaan koeputken sisälle mitta-anturi, jolla saadaan tasaantunut lämpötila ja suhteellinen kosteuspitoisuus luettua. Koeputken suun ja mitta-anturin välinen tila tiivistetään täysin vesihöyryä läpäisemättömällä kitillä. /16, 7/

Näytteenottoaikalla, kun koeputket on saatu tiivistettyä näytteiden ja mitta-anturin asennuksen jälkeen, laitetaan ne lämpöeristettyyn laukkuun kuljetuksen ajaksi, jotta suurimmat lämpötilavaihtelut voidaan estää. Jos koeputki pääsee jäähtymään liikaa, saattaa putken sisälle tiivistyä kosteutta, mikä aiheuttaa virheellisyttä mittaustuloksiin. Koeputket siirretään näytteenottoaikalta sellaiseen tilaan tasaantumaan, jossa vakiolämpötila on +20 °C ja tasaantumisaika on 2–12 tuntia. Päälystettävyyden selvittämisessä tarvitaan tarkkuutta, joten tasaantumisaika tulee olla vähintään 6 tuntia. Tasaantumisaika kasvaa, jos näytettä on otettu lämmitetystä betonista tai betonin vesi-sementtisuhde on pienempi kuin 0,5. Näytteiden tasaannuttua riittävästi, liitetään koeputkeen tiivistettyyn mitta-anturin joh-

toon näytöllinen lukulaite, joka ilmaisee suhteellisen kosteuden arvot. Mikäli mittapisteen samalta syvyydeltä otetuissa kahden koeputken välisissä tuloksissa on eroavaisuuksia enemmän kuin 3 % RH, täytyy syy selvittää ja mittaus uusaa. Koeputkissa olevien näytteiden määrän ollessa erisuuri tai putken ollessa tiivistetty huolimattomasti, saattaa vesihöyry päästä kulkeutumaan putkesta ulos. Tämä saattaa olla syynä mittaustulosten eroavaisuuteen. Mittaushetkellä on tärkeää kirjata ylös ympärillä vallitsevat olosuhteet, jotta mittaustarkkuutta pystytään arvioimaan. /16, 8/

Näytepalamenetelmässä dokumentoitavia tietoja raporttia varten ovat:

- Mittapisteen sijainti
- Mittapisteen ympäristön lämpötila
- Mittapisteen ympäristön suhteellinen kosteuspitoisuus
- Näytteenottosyvyys
- Mitta-anturin yksilöllinen numero
- Koeputkeen tasaantunut suhteellinen kosteuspitoisuus
- Koeputkeen tasaantunut lämpötila
- Päivämäärä ja kellonaika, jolloin lukemat on mitattu. /16, 8/

#### **4.3 Kosteusmittaukset ja mittauspisteet päällystettävyyden arvioimiseksi**

Betonirakenteen kuivumista tulee seurata, kun se aiotaan päällystää jollain toisella materiaalilla. Rakenteiden kuivumista seurataan kosteusmittauksin, kunnes kosteuspitoisuus rakenteissa on laskenut alle päällystysmateriaalin salliman raja-arvon. Päällystemateriaalien kosteuden raja-arvot ilmoitetaan suhteellisenä kosteuspitoisuutena. Tällöin kosteusmittauksista saatuja tuloksia voidaan suoraan vertailla pinnoitemateriaalien raja-arvoihin. Taulukosta 4 käy ilmi ohjeellisesti, minkälaiset suhteellisen kosteuden enimmäisarvot eri materiaalit sallivat betonirakenteen pintaosissa ennen päällystystyöhön ryhtymistä, jotta kosteus ei aiheuttaisi ongelmia myöhemmässä vaiheessa. Käytettävien päällystemateriaalien suhteellisen kosteuden enimmäisarvot on tarkistettava aina valmistajan ohjeista ja noudatettava niitä. /10, 20; 11, 132/

Betonirakenteen kuivumista tulee seurata ennen varsinaista päällystettävyyssmittausta. Kun rakennuksen vaippa on tarpeeksi tiivis, jolloin mitattavan rakenteen ympäröivä tila pystytään pitämään riittävän lämpimänä ja rakenne ei pääse kastumaan, voidaan sanoa, että rakenne alkaa tällöin kuivumaan. Tässä tilanteessa olisi hyvä tehdä ensimmäinen seurantamittaus, jotta rakenteen suhteellisen kosteuden tilasta olisi tietoa. Kuivumista seuraamalla pystytään arvioimaan, saavuttaako rakenne tietyn kosteuden raja-arvon ennalta määrätyn aikataulun puitteissa ja tarvitseeko kuivumista mahdollisesti tehostaa, jotta päällystystyö voidaan aloittaa ilman aikatauluviivästyksiä. Hyvä väli betonirakenteiden seurantamittauksille on 2–4 viikkoa, jotta saadaan tarkka kuva kuivumisnopeudesta. Seurantamittausten tulosten perusteella, kun rakenne alkaa oletettavasti olemaan suhteelliselta kosteuspiitoisuudeltaan riittävän alhainen päällystystyön aloittamiseen, suoritetaan päällystettävyyssmittaus. Se antaa tarkan lukeman rakenteen suhteellisesta kosteuspiitoisuudesta ja sen tuloksen perusteella voidaan tehdä päätös päällystystyön aloittamisesta. /10, 20–21/

Mittapisteitä valitessa ei jokaisen huoneiston tai tilan rakenteista lähdetä selvittämään suhteellisen kosteuden arvoja, vaan järkevin tapa suurissa rakennuksissa on jakaa mittapisteet tasaisin välein. Esimerkiksi pitkässä rakennuksessa mittauspisteet jaetaan kolmeen osaan, molemmissa rakennuksen päissä sekä keskellä rakennusta. Mittapisteiden määrittämisessä on myös huomioitava, että kosteusmittauksia suoritetaan paikoista, joissa käytetään erilaisia päällystemateriaaleja, jolla on vaikutus mittauspisteiden kokonaislukumäärään. Samoin tulee myös menetellä kerroksellisissa rakenteissa. Sijainnin määrittämisessä on myös huomioitava käytetty betonimassa, valujankohta sekä rakenteen tyyppi. /10, 21/

Tarkasteltaessa suhteellisen kosteuden jakaantumista betonirakenteissa, kosteusmittauspisteessä on yleensä useampi mittausreikä, kukin eri syvyydellä. Pinnoitettavuuden selvittämiseksi kosteusmittauksissa samassa mittapisteessä on useampi reikä, joista arvostelusyvyydellä on aina kaksi vierekkäin olevaa reikää samalla syvyydellä 100...300 mm etäisyydellä toisistaan. Betonirakenteessa arvostelusyvyudeksi kutsutaan sitä kohtaa, jossa betonin suhteellisen kosteuden arvo alittaa päällysteen asennuksen vaatiman enimmäisarvon. Arvostelusyvyyyteen vaikut-

taa betonipeitteen paksuus ja oletuksena on, että päällystämistyön jälkeen pinnoitteen alla kosteuspitoisuus nousee enimmillään ennen päällystämistyötä arvostelusyvyydeltä mitattuun suhteellisen kosteuden arvoon. /10, 22/

Mittapisteessä kosteuksia tulee mitata myös muiltakin syvyyksiltä kuin arvostelusyvyydeltä, jotta rakenteen kosteusjakauman voi selvittää. Suositeltavaa on mitata aivan pinnasta eli 0...10 mm mittaussyvyydeltä, läheltä rakenteen pintaa eli 20...30 mm mittaussyvyydeltä, sekä arvostelusyvyyttä syvemmistä osista. Pinnasta suoritettava mittaus on helpoin tehdä näytepalamenetelmällä. /10, 22/

**Taulukko 4.** Eri päällystemateriaalien suhteellisen kosteuden ylärajat pinnoitus-työn alkaessa.

Betonin suhteellisen kosteuden (RH) enimmäisarvo, %	Päällyste	Huomautuksia
80 Betonin pintaosien (2...3 cm) oltava alle 75 %	– Mosaiikkiparketti <sup>1)</sup>	Kosteusliikkeet Puulajikohtainen (esim. pyökki 80 %, tammi 85 %)
85	– Lautaparketit <sup>2)</sup> – Huopa- tai solumuovipohjaiset muovimatot – Kumimatot – Korkkilaatat, laattojen alapinnassa kosteudeneristys (muovikalvo) – Tekstiilimatot, joissa on alusrakenne (kumi, PVC, kumilateksisively) – Luonnonmateriaalista tehdyt tekstiilimatot ilman alusrakennetta	Betonin pintaosat alle 75 % RH Bakteeritoiminta, sienikasvu, vesiliukoisten liimojen kosteuden kestättömyys
90	– Muovilaatat – Muovimatot ilman huopa- tai solumuovipohjaa <sup>3)</sup> – Linoleum  – Alustaan kiinnittämättömät puulattiat (lautaparketit) <sup>2)</sup> , puun ja betonin välissä kosteudeneristys ja sen alla kosteuden poistokanavointi – Polyuretaanimuovimassat – Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta (erikoistapauksissa suht. kosteus <97%)  – Keraaminen laatoitus	Kosteus voi aiheuttaa päällysteen muutoksia. Käytettävän liiman on kestävä kyseinen kosteus (valmistajan ohjeet!). Vesiliukoista liimaa käytettäessä yleinen kosteusraja on 85 %.  Parketin alla esimerkiksi melko tiivis korkkiraematto saumat teipattuina. Seinustoilla maton päällä muovikaista, jonka reunat käännetään seinille. Jalkalistoissa uritus kosteuden poisjohtamista varten.  Märissä tiloissa sekä betonin kosteuden ollessa suuri (>90%) mattojen kiinnitykseen on käytettävä vedenpitävää liimaa ja riittävän runsaalla liimamäärällä varmistettava saumojen pitävyys Betonin kutistumat (laattojen tartunta) <sup>5)</sup>
97	– Epoksi-, akryyli- ja polyestermuovimassat <sup>4)</sup>  – Sementtipolymeeripinnoitteet	Betonin pinnan on oltava muovimassaa levitettäessä kuiva sekä riittävän lämmin, muussa tapauksessa pinta on kuivattava välittömästi ennen massan levitystä esim. säteilylämmityksellä kovettumisen ja tartunnan varmistamiseksi Betonin pinta kostea mutta ei irtovettä. Huom. valmistajan ohjeet!

»<sup>1)</sup> Tasoitetta käyttäessä sen on annettava kuivua vähintään 3...4 päivää ennen parketin liimaustyön aloittamista, ellei tasoitteen valmistaja anna tämän kumoavia ohjeita. <sup>2)</sup> Tiiviin muovikalvon käyttö rakenteen pinnassa, niin että se estää rakenteen kuivumisen, ei ole suositeltavaa, koska se aiheuttaa rakenteen pintaan mikrobikasvun riskin. <sup>3)</sup> Erilaisten muovimattojen vesihöyrynläpäisevyyksissä on merkittäviä eroja. Erityisen tiiviille muovimatolle (kovat muovimatot) raja-arvo on kriittisempi kuin paremmin vesihöyryä läpäiseville matoille (pehmeät muovimatot). <sup>4)</sup> Betonin pintaosan kuivuus ja oikeat lämpötila- ja kosteusolosuhteet pinnoitetta tehtäessä riittävät turvaamaan muovimassan kovettumisen ja tartunnan. Betonin sisältämä suuri vesimäärä voi vaikeissa olosuhteissa kuitenkin aiheuttaa ongelmia. <sup>5)</sup> Kuivumiskutistuman aiheuttamat jännitykset ylittävät kiinnipitokapasiteetin. Ongelmat voivat ilmetä vasta vuosienkin jälkeen.” /11, 132–133/

#### 4.4 Mittaussyvyydet päällystettävyyden arvioimiseksi

Betoni sitoo itseensä paljon kosteutta. Ennen päällystystä on kuitenkin varmistuttava siitä, ettei kosteuspitoisuus lähellä betonin pintaa ole liian suuri. Rakenteen kuivuminen luo rakenteeseen kosteusjakauman, jossa betonin pintaosat ovat kuivempia ja syvemmällä betonissa on enemmän kosteutta. Pinnoitteiden vesihöyrynläpäisevyydestä johtuen tulisi varmistua siitä, että betonin pintaosien suhteellinen kosteus on alle 75 % ennen päällystystyöhön ryhtymistä. Päällystemateriaalin vesihöyrynläpäisevyyden ollessa suuri, ei korkeakaan betonin suhteellinen kosteus aiheuta ongelmia myöhemmässä vaiheessa, vaan kosteus siirtyy hitaasti rakenteen sisältä pintaa kohti ja haihtuu päällystemateriaalin kautta pois. Päällystemateriaalin ollessa tiivistä, jolloin vesihöyry ei pääse haihtumaan sen läpi, tai kosteusvirran rakenteen sisällä ollessa suuri, kosteuspitoisuus voi tiivistyä päällystemateriaalin alle ja aiheuttaa kosteusvaurion. Rakenteiden pintaosien tulisi olla kuivia myös siinäkin tapauksessa, että päällystemateriaalin alusta tasoitetaan tai liimataan. Liimaaminen aiheuttaa betonin pintaosissa kosteuden välitöntä nousua, ja jos betonin pintaosat ovat siinä vaiheessa liian kosteat, voi kosteuspitoisuus nousta yli päällystemateriaalin asennuksen salliman RH:n enimmäisarvon ja aiheuttaa päällysteisiin vaurioitumista. Suhteellisen kosteuspitoisuuden ollessa  $\leq 75\%$ , 20...30 mm syvyydellä betonirakenteessa pystytään sanomaan pintaosien olevan tarpeeksi kuivia. /10, 23/

#### 4.4.1 Kahteen suuntaan kuivuva teräsbetonirakenne

Kahteen suuntaan kuivuva teräsbetonirakenne on rakennuksissa hyvin yleinen rakenneratkaisu ja sitä käytetään seinä- tai välipohjarakenteena. Kyseisen rakenteen kosteusmittaukset suoritetaan seuraavilta syvyyksiltä:

- 0...10 mm syvyydeltä rakenteen pinnasta, josta selviää, onko pinnalla mahdollisuus ottaa vastaan tasoitteesta tai liimasta aiheutuva kosteus ilman vaurioriskiä
- Pintaosista 20...30 mm syvyydeltä. Suhteellisen kosteuspitoisuuden tulee olla alle 75 %
- Rakenteen arvostelusyvydeltä, joka on 0,2 x koko rakenteen paksuus. Suhteellisen kosteuden arvon tulee olla tällä syvyydellä alle päällystymateriaalin asennuksen vaatiman ohjearvon. /10, 24/

#### 4.4.2 Maanvarainen teräsbetonilaatta

Maanvaraisen laatan alla on yleensä lämmöneriste ja jopa muovikalvo, jonka päälle betonirakenne on valettu. Jos laatan alla on käytetty muovia, kuivuu rakenne vain yhteen suuntaan. Kun betonirakenne on valettu lämmöneristeen päälle, on kuivuminen kahteen suuntaan mahdollista, joskin epätodennäköistä. Tästä johtuen maanvaraisen laatan suhteellisen kosteusmittauksen arviointisyvyydeltä suoritettava mittaus otetaan syvemältä kuin tavallisella kahteen suuntaan kuivuvalla betonirakenteella. Kyseisen rakenteen kosteusmittaukset suoritetaan seuraavilta syvyyksiltä:

- 0...10 mm syvyydeltä rakenteen pinnasta, josta selviää, onko pinnalla mahdollisuus ottaa vastaan tasoitteesta tai liimasta aiheutuva kosteus ilman vaurioriskiä
- Pintaosista 20...30 mm syvyydeltä. Suhteellisen kosteuspitoisuuden tulee olla alle 75 %
- Rakenteen arvostelusyvydeltä, joka on tässä tapauksessa 0,4 x koko rakenteen paksuus. Suhteellisen kosteuden arvon tulee olla tällä syvyydellä

alle päällystemateriaalin asennuksen vaatiman ohjearvon. /10, 25; 17, 16–17/

#### **4.4.3 Ontelolaatta pintabetonivalulla**

Ontelolaattojen päälle valettava pintavalu nostaa ontelolaattojen suhteellista kosteutta. Lisäksi rakennusaikana laatat ovat saattaneet kastua ulkoisten kosteuslähteiden vaikutuksesta. Tällöin pintabetoni estää ontelolaatan kuivumista huomattavasti. Kyseisen rakenteen kosteusmittaukset suoritetaan aina sauman tai kannaksen kohdalta ja seuraavilta syvyyksiltä:

- 0...10 mm syvyydeltä rakenteen pinnasta, josta selviää, onko pinnalla mahdollisuus ottaa vastaan tasoitteesta tai liimasta aiheutuva kosteus ilman vaurioriskiä
- Pintavalun kokonaispaksuuden puolestavälistä. Suhteellisen kosteuden arvon tulee olla tällä syvyydellä alle päällystemateriaalin asennuksen vaatiman ohjearvon. Suosituksena kuitenkin suhteellisen kosteuden arvo alle 75 %
- Kyseisen rakennetyypin arvostelusyvyydeltä, joka on tässä tapauksessa 20 mm ontelolaatan yläpinnasta alaspäin, kuitenkin enintään 70 mm ontelolaatan yläpinnasta. Suhteellisen kosteuden arvon tulee olla tällä syvyydellä alle päällystemateriaalin asennuksen vaatiman ohjearvon. /10, 26; 17, 17/

#### **4.4.4 Ontelolaatta lattiatasoitteella**

Ontelolaattojen päälle tuleva tasoitekerros nostaa samalla tavalla ontelolaattojen suhteellista kosteutta kuin pintavalukin. Tällöin lattiatasoitekerros estää ontelolaatan kuivumista huomattavasti. Kyseisen rakenteen kosteusmittaukset suoritetaan aina sauman tai kannaksen kohdalta ja seuraavilta syvyyksiltä:

- 0...10 mm syvyydeltä rakenteen pinnasta, josta selviää, onko pinnalla mahdollisuus ottaa vastaan tasoitteesta tai liimasta aiheutuva kosteus ilman vaurioriskiä



- Ontelolaatan yläpinnasta 20 mm alaspäin. Suhteellisen kosteuden arvon tulee olla tällä syvyydellä alle päällystemateriaalin asennuksen vaatiman ohjearvon. Suosituksena kuitenkin suhteellisen kosteuden arvo alle 75 %
- Rakenteen arvostelusyvyydeltä, joka on 0,2 x koko rakenteen paksuus. Suhteellisen kosteuden arvon tulee olla tällä syvyydellä alle päällystemateriaalin asennuksen vaatiman ohjearvon. /10, 26; 17, 17/

#### **4.4.5 Kylpyhuonelaatta jälkivalulla**

Kylpyhuonelaattoja käytetään rakennuksissa märkätilojen kohdalla. Ontelolaattojen päihin tehdään tehtaalla syvennykset, jotka mahdollistavat lattiavalun kaatojen tekemisen työmaalla niin, että viemäriputket ja mahdollinen lattialämmitysjärjestelmä saadaan valulla peitettyä. Ennen valuvaihetta olisi hyvä dokumentoida valussa olevat putkivedot, jotta kosteusmittausvaiheessa tiedettäisiin, mistä kohdasta voidaan mittaus suorittaa. Kyseisen rakenteen kosteusmittaukset suoritetaan seuraavilta syvyyksiltä:

- 0...10 mm syvyydeltä rakenteen pinnasta, josta selviää, onko pinnalla mahdollisuus ottaa vastaan tasoitteesta tai liimasta aiheutuva kosteus ilman vaurioriskiä
- Pintaosista 20...30 mm syvyydeltä. Suhteellisen kosteuspitoisuuden tulee olla alle 75 %
- Rakenteen arvostelusyvyydeltä, joka on tässä tapauksessa 0,4 x jälkivalun paksuus. Suhteellisen kosteuden arvon tulee olla tällä syvyydellä alle päällystemateriaalin asennuksen vaatiman ohjearvon. /10, 27/

#### **4.5 Tulosten tulkinta ja raportointi**

Kosteusmittauksista saatujen tulosten mukaan tehdään rakennustyömaan jatkoon kannalta päätöksiä lisäkuivatustarpeesta tai päällystystyön aloittamisesta. Nämä päätökset ovat hyvin huomattavia rakennusaikaisen aikataulun ja kustannusten kannalta. On todella tärkeää, että mittaustulosten perusteella tehdyt päätökset ovat paikkansapitäviä, niin ettei ylimääräisiä kustannuksia pääsisi syntymään. Näiden asioiden johdosta mittauksia suorittavalla henkilöllä tulee olla riittävä tietotaito

rakenteiden lämpö- ja kosteusfysikaalisesta toiminnasta, sekä mittauksiin käytettyjen laitteistojen toiminnasta ja menetelmien käytöstä käytännön työssä. /10, 28/

Tulosten tulkinnassa tulee ottaa huomioon tarkasteltavan rakenteen rakenneratkaisu. Esimerkiksi sisätiloissa oleva betonirakenne voi sitoa itseensä huomattavan määrän kosteutta aiheuttamatta ongelmia sen kestävyys. Tärkeintä on, ettei betonirakenteen sisältämä kosteus pääse siirtymään betonin pintaosiin, josta se voisi päästä aiheuttamaan vaurioita betoniin kosketuksissa oleviin kosteusherkkiin materiaaleihin, kuten puutavaraan tai maalipintaan. Rakenteen korkea kosteuspitoisuus ei aina tarkoita, että siitä aiheutuisi kosteusvaurioita. Johtopäätökset täytyy tehdä tutkimalla rakenteen kosteusjakaumaa, kosteuden siirtymisnopeutta ja kuinka paljon päällystemateriaali päästää vesihöyryä läpi. Kosteusmittauksen yhteydessä mittapistettä ympäröivästä tilasta tulee mitata ilman lämpötila. Tällöin voidaan arvioida, vaikuttaako ilman lämpötila mittauksesta saatuun tulokseen. /10, 28/

Suoritetuista mittauksista ja menetelmistä tulee tehdä ymmärrettävä raportti. Raportista tulee selvittää kaikki tarvittavat tiedot, joiden mukaan voidaan tehdä lopulliset johtopäätökset. /10, 29/

Raportista tulee ilmetä:

- ”Mittauskohdetiedot (osoite, yhteyshenkilö yhteystietoineen)
- Mittaajan yhteystiedot
- Kohteen kuvaus (huoneisto/ tila, rakenneratkaisu, betonilaatu, valupäivä jne.)
- Piirros mittauskohdasta (mittauspisteiden sijainti pohjakuviin)
- Mittausajankohta
- Käytetyt mittalaitteet (mittalaitetyyppi, mittapään numero, kalibrointiajankohta)
- Mittausmenetelmäkuvaus (porauspäivä, mittapäiden asennushetki, tasaantumisaikat, lukemien ottohetki)
- Sisä- ja ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus
- Mittaussyvyydet
- Mittaustulokset
- Tulosten tulkinta
- Johtopäätökset
- Valokuvia (mittauspisteestä, mahdollisesta vauriosta, vaurion syystä jne.).” /10, 29/

## **5 ONGELMAT JA TAVOITTEET KOSTEUDENHALLIN- NASSA**

### **5.1 Tyypillisimpiä ongelmia kosteudenhallinnassa**

Kosteus on huomattava ongelman aiheuttaja rakennustyömaan läpiviennin aikana. Ongelmia saattaa aiheutua eri työvaiheissa, jos kosteudenhallintaa laiminlyödään tai siinä on puutteita. Eri työvaiheissa kosteutta syntyy käytetyistä työmenetelmistä ja ilmaston vaikutuksesta. Kosteuden sitoutuessa rakenteisiin saattaa se pahimmassa tapauksessa aiheuttaa hallitsemattomia ongelmia. Näistä ongelmista voi myöhemmin aiheutua rakennuksen loppukäyttäjälle terveydellisiä vaaroja. /18, 8; 25/

#### **5.1.1 Perustukset ja alapohja**

Perustuksiin ja alapohjiin aiheutuu hyvin suuria kosteusrasituksia pinta- ja pohjaveden, sekä maaperän ja sisäilman kosteuden vaikutuksesta. Kosteudenhallinta tulee aloittaa jo, kun perustustyövaihe alkaa. Perustuksien ja alapohjan tyypillisimpiä kosteudesta aiheutuvia ongelmia ovat:

- Pintavesien hallitsematon poisto, jossa rakennuksen vierustan maanpintojen kallistukset eivät ole rakennuksesta pois päin, jolloin perusmuuriin aiheutuu huomattava kosteusrasitus, joka voi siirtyä muihin rakenteisiin ongelmia aiheuttaen.
- Salaojien puutteellinen toiminta, joka voi aiheutua väärästä asennustavasta, jolloin salaojaputkiin saattaa jäädä tukkeumia tai vesi ei pääse salaojaputkea pitkin hallitusti johtumaan rakennuksen vierustalta pois.
- Ryömintätilan liian korkea kosteuspitoisuus, joka saattaa aiheutua ryömintätilan puutteellisesta tuuleutuksesta tai puutteellisesta kapillaarikerroksesta ryömintätilan pohjalla.
- Ryömintätilassa orgaanista rakennusjätettä, joka kastuessaan voi aiheuttaa sisäilmaongelmia. /19/

### 5.1.2 Ulkoseinät

Ulkoseinärakenteet altistuvat ulkoisille rasituksille rakennusaikana ja sen jälkeenkin. Olosuhteet tulee ottaa huomioon runkotyövaiheen sääsuojauksessa. Kosteudesta aiheutuvia ongelmia voi syntyä kun:

- Ikkunoiden ja ulkoverhouksen vesipellitykset ovat puutteellisia tai rakennusaikana suojaustoimenpiteet on laiminlyöty, jolloin kosteus voi päästä ulkoseinärakenteeseen haitallisesti.
- Ikkunoiden sekä muiden julkisivussa olevien aukkojen tiivistys on huolimaton, jolloin kosteutta voi tiivistyä konvektion vaikutuksesta rakenteeseen.
- Betonielementtien saumaukset ovat puutteellisia.
- Perusmuurin ja ulkoseinän rajapinnan kapillaarikatko on puutteellinen tai puuttuu kokonaan.
- Puutavara ja eristeet kastuvat ennen asennustyötä tai asennustyön jälkeen.
- Työvaihekohtainen sääsuojaus on puutteellinen, jolloin rakenteen kosteuserkät materiaalit vaurioituvat.
- Tuulettuvan ulkoseinän tuuletusrako on riittämätön tai tukossa. Tämä voi aiheuttaa kosteuden tiivistymistä rakenteen ulkopintaan. /20/

### 5.1.3 Vesikatto ja yläpohja

Rakennusaikana, ennen vesikattotöitä, yläpohjarakenteet ovat alttiina huomattavalle kosteusmäärälle, jos asianmukaisesta säänsuojauksesta ei ole huolehdittu. Yläpohjan vaakapinnoille voi kasaantua vesi- ja lumisade, jotka sulana vetenä pääsevät helposti valumaan ja imeytymään alas muihin rakenteisiin. Vesi ja lumi tulee aina poistaa rakenteiden pinnoilta. Vesikatteen huolimaton asennus voi aiheuttaa vuotoa yläpohjarakenteisiin. Vesikatteen saumat, läpiviennit tai liitokset ovat yleisimpiä vuotokohtia. /21/

### 5.1.4 Märkätilat

Märkätiloissa kosteusteknisten ongelmien esiintyminen on hyvin yleistä. Ongelmia saattaa aiheutua, kun vedeneristys tehdään liian aikaisin, jolloin rakenteen

liian suuri kosteuspitoisuus aiheuttaa päällystevaurion. Vedeneristys voi olla puutteellinen, jolloin vesi pääsee rakennuksen käytön aikana imeytymään rakenteisiin aiheuttaen kosteusongelman. Puutteellisella vedeneristyksellä voidaan tarkoittaa lattiakaivon ja vedeneristeen liitoksen vuotokohtaa, vedeneristeenä käytettävän muovimaton saumojen vuotoa tai siveltävän vedeneristeen kerrospaksuus on liian pieni. Vedeneristyksen puutteellisuudesta johtuen kosteutta pääsee rakenteisiin, jos lattiavalun kaadot eivät ole riittävät tai kallistukset ovat lattiakaivosta pois päin ja näin ollen saattaa esiintyä veden lammikoitumista lattiarakenteen päälle. /22/

### **5.1.5 Välipohja- ja väliseinärakenteet**

Välipohja- ja väliseinärakenteiden yleisin kosteuden aiheuttama ongelma on pinnoiteaurio. Se syntyy, kun liian märkä rakenne pinnoitetaan. Rakenteiden kylmiin pintoihin saattaa myös tiivistyä kosteutta sisäilmasta. Loppusiivousvaiheessa siivoamiseen käytettävä vesi voi imeytyä rakenteisiin, kuten kipsilevyjen alareunaan, jolloin saattaa syntyä mikrobivaurioita. /23/

## **5.2 Kosteudenhallinnan tavoite**

Rakennusaikaisen kosteudenhallinnan päällimmäisenä tavoitteena on saattaa rakennettava lopputuote laatuvaatimusten mukaan valmiiksi niin, ettei kosteus aiheuta haittaa rakennuksen energiatehokkuuteen, turvallisuuteen tai terveellisuuteen. Hankkeen suunnitteluvaiheessa tulee jo miettiä, millaisia rakenneratkaisuja ja työmenetelmiä käytetään, jotta kosteuden aiheuttamaa riskiä voidaan työmaaloissa pienentää. Työmaalla käytettävä hankekohtainen kosteudenhallintasuunnitelma on kuivan rakentamisen työkalu, jota tulee noudattaa tiukasti koko työmaan keston ajan, jotta työnaikaiset kosteusongelmat vähenisivät sekä rakenteiden kuivatarve pieneneisi ja kuivatus myös tapahtuisi aikataulun puitteissa. /25/

## **5.3 Hyödyt kosteudenhallinnasta**

Kosteudenhallintaan panostamalla ja sitä oikeaoppisesti käyttämällä voi rakennusaikana saavuttaa useita hyötyjä. Kosteudesta aiheutuvat rakennusaikaiset ongelmat vähenevät ja kuivatuksen tehostamistarpeen osuus pienenee. Hyvällä kosteu-

denhallinnalla vältetään ongelmien tuomista kustannuksista ja aikatauluviivästyksiltä. /18, 11/

Hyvän kosteudenhallinnan tuomia hyötyjä ovat:

- ”Prosessi-, sade- ja kondenssivesien aiheuttamat ongelmat vähenevät.
- Rakennuskosteutta esiintyy vähemmän.
- Työskentelyolosuhteet paranevat.
- Työ etenee paremmin kaikissa sääoloissa.
- Sisävalmistusvaiheen työt voidaan aloittaa hallitusti aikaisemmin.
- Pinnoitustyöt voidaan tehdä kuivempiin rakenteisiin.
- Kosteuden aiheuttamat muodonmuutokset vähenevät, esim. ikkunoiden säätötarve vähenee ja laatoituksen kiinnipysyminen paranee.
- Valumavesien jäljet julkisivuissa vähenevät
- Kerroksiin varastoitujen materiaalien vaurioituminen vähenee.
- Terveydelle haitallisten mikrobikasvustojen kasvumahdollisuudet heikkenevät.
- Kosteuden aiheuttamat takuuriskit vähenevät.
- Rakentamisen imago paranee.” /18, 11/

## **6 ESIMERKKIKOHDE**

### **6.1 Työmaan esittely**

Opinnäytetyössä esimerkkikohteena on Sorsantien Palvelukeskus ja Senioritalo. Kohde on uudisrakennuskohde, jossa Lemminkäinen Talo Oy toimii pääurakoitsijana ja Kiinteistö Oy Pikipruukki rakennuttajana. Kohde sijaitsee Vaasassa Kotirannalla osoitteessa Sorsantie 12. Rakennusten yhteenlaskettu brutto pinta-ala on 5261 m<sup>2</sup>. Kohteen rakennustyöt käynnistyivät 6.5.2013 ja aikataulun mukainen luovutuspäivä on 30.5.2014.

Kohde käsittää kaksi erillistä kaksikerroksista rakennusta, joista rakennusaltaan suurempi vanhusten palvelutalo sisältää neljä ryhmäkotia vuokra- ja tukiasuntoineen. Pienempi Senioritalo sisältää asuinkerrostalon vuokra-asuntoja senioriväelle. Molemmat rakennukset ovat rakenteeltaan samantyyppisiä. Kantava runko on pääosin valmistettu betonielementeistä, sekä ala-, väli- ja yläpohja on ontelolaatoista. Märkätilojen kohdalla ontelolaatoissa on tehtaalla esivalmistetut syvennykset. Rakennuksen päädyissä kantavat betonielementit ovat ulkoseinärakenteena ja muilta osin ulkoseinärakenne on valmistettu puuelementeistä. Julkisivumateriaalina on maalattu rappauspinta. Vesikatto on konesaumatusa pellistä valmistettu puurunkoinen harjakatto.

Rakennesuunnitelmien mukaan, rakennuksien ensimmäisessä kerroksessa on 50 mm paksu pintabetonivalu, joka on valettu ontelolaataston päälle. Toisen kerroksen ontelolaattojen päälle on levitetty 50 mm kerros lattiatasoitetta. Lattian pintamateriaalina ensimmäisessä kerroksessa on käytetty lattiamattoa ja toisessa kerroksessa ns. tuplamattoa äänieristävyyden takia. Märkätiloissa lattiamatto toimii vedeneristeenä lattian osalta. Märkätilojen seinissä pintamateriaalina toimii laatta, joiden alle vedeneristekerros on tehty vedeneristysmassalla.

### **6.2 Kosteudenhallintasuunnitelma**

Lemminkäisellä on käytössä oma kosteudenhallintasuunnitelma, jota muokataan jokaisen työmaan kosteudenhallinnan tarpeita vastaavaksi (katso liite 3). Esimerk-

kikohteeseen on myös laadittu oma kosteudenhallintasuunnitelma ennen rakennustöiden aloitusta.

Suunnitelmaan on kartoitettu kyseisen kohteen kosteusriskit tarkastelemalla detailjeja eli tarkennettuja rakenteiden poikkileikkauksia. Kosteusriskien kirjaamisessa ilmenee myös työmaalla huomioitavat vaatimukset, sekä sovitut ratkaisut ja toimenpiteet. Kun tarkastelua vaativa asia on kunnossa, vastaava mestari kuittaa kyseisen kohdan päivämäärällä ja allekirjoituksellaan.

Kosteudenhallintasuunnitelman osioon Rakenteiden kuivumisaika-arviot/ päällyttäminen on merkitty kuivumistarkastelua vaativat rakennetyypit. Siinä ilmenee käytettävä päällystemateriaali, tavoitekosteuden arvo ja se, millaiset kuivumisolosuhteet kyseinen rakenne vaatii, jotta se kuivuu annetussa aikataulussa.

Olosuhdehallintaosiossa on käyty läpi suojauksia, kastumisen estämistä ja rakenteiden kuivatusta. Kastumisen estäminen/ suojaukset -osiossa on lueteltu eri tyyppisiä toimenpiteitä, joilla ulkoinen kosteus saadaan hallittua. Kyseisille toimenpiteille on sovittu oma vastuuhenkilö, joka pitää huolen siitä, että toimenpiteitä toteutetaan. Rakenteiden kuivatus -osiossa on käyty läpi erinäisiä toimenpiteitä, joilla rakenteiden kuivatusolosuhteet saadaan mahdollisimman edullisiksi. Myös tähän osaan on nimetty vastuuhenkilö, joka vastaa siitä, että asiat toteutetaan suunnitelmien mukaan.

Kosteudenhallintasuunnitelman viimeinen osa on kosteusmittaussuunnitelma. Tässä osassa on käyty toimenpiteiden osalta läpi:

- Suoritettavat mittaukset
- Mittausmenetelmän ja laitteiston valinta
- Mittalaitteiden kalibrointi ja mittaustyöntekijä
- Mittausten laajuus ja ajankohta
- Tulosten käsittely

Toimenpiteille on myös tässä osassa nimetty vastuuhenkilö.



### 6.2.1 Vastaavan mestarin kommentit kosteudenhallintasuunnitelmasta

Haastattelin kohteen vastaavaa mestaria Petri Laitilaa kyselemällä häneltä kokemuksia Lemminkäisen kosteudenhallintasuunnitelmasta ja sen käytöstä. Laitilan mielestä kosteudenhallintasuunnitelma on hyvä työkalu, joka on osa Lemminkäisen laatujärjestelmää ja suunnitelmaa noudattamalla voidaan hyvin ehkäistä kosteudesta aiheutuvia ongelmia työmaa-aikana. Laitila mainitsi kuitenkin, että suunnitelma on hänen mielestään hieman ”raskas” ja, että suunnitelmaa ei ehditä aivan täydellisesti noudattamaan työmaalla aikataulujen kireyden vuoksi. /29/

Vastaavan mestari myös kommentoi, että kosteudenhallintasuunnitelman sisältämiä asioita täytyisi huomioida jo urakkatarjousvaiheessa. Esimerkiksi kuivumisen tehostamiseen ei ole yleensä varattu ylimääräistä rahaa ja kaikki se on työmaan kassasta pois. Hänen mielestään urakkatarjouksissa tulisi laskea kuivumisen tehostamiseen käytettävät kustannukset, jotka tietenkin määräytyvät työvaiheiden kestosta ja vuodenajasta. /29/

### 6.3 Suojaustoimenpiteet

Työmaan tavarantoimituksissa on pyritty toimitusajankohta järjestämään siten, että materiaali saadaan suoraan käyttöön ja turhaa välivarastointia on tällöin voitu välttää. Kaikki työmaalla varastoimista vaativat kosteusherkät materiaalit, kuten puutavara, eristeet, tasoitteet ja kipsilevyt on pyritty varastoimaan sisätiloissa, mutta osa on jouduttu varastoimaan ulkona ja suojaus on hoidettu tällöin kevytpeittein, jolloin mahdolliset kosteusvaurioitumiset on voitu välttää.

Elementit ovat tulleet työmaalle valmiiksi suojattuina. Suojauksista on sovittu jo ennalta elementtivalmistajan kanssa. Työmaalla elementit on pyritty asentamaan suoraan paikalleen, välttämällä turhaa välivarastointia. Joitakin elementtejä on kuitenkin jouduttu välivarastoimaan. Välivarastoon nostetuista elementeistä ei ole irrotettu suojauksia ennen asennustyön aloitusta. Asennuksen aikana ulkoseinien betoninen päätyelementti, jossa ulkopinnassa on 200 mm rappauseriste, on pyritty huputtamaan heti asennuksen jälkeen. Alun perin puinen ulkoseinärakenne oli tar-

koitus tehdä paikanpäällä pitkästä tavarasta, mutta aikataulullisista syistä johtuen, päätettiin puurunko tilata esivalmistettuina puuelementteinä.

Puuelementtien asennustyöt alkoivat Palvelukeskuksessa viikolla 35 ja Senioritalossa viikolla 39, kun 1.kerroksen katto ja 2.kerroksen kantavat betonielementit oli asennettu ja juotettu kiinni. Puuelementtien asennusaikainen suojaus hoidettiin patoamalla ylin holvi ja huputtamalla puuelementtien yläpinta, jotta vesi ei pääsisi eristeisiin. Kyseinen suojaustoimenpide ei kuitenkaan ollut tarpeeksi vedenpitävä ja osa puuelementtien yläpään kipsilevyistä vaurioitui kosteuden vaikutuksesta ja ne jouduttiin vaihtamaan uusiin. Kipsilevyjen vaihdon yhteydessä mitattiin kosteuspitoisuuksia seinärakenteen eristeistä, myös niiltä osin, missä kipsilevyt eivät olleet vaurioituneet. Vastaavan mestarin mukaan mittauksilla saatujen tuloksien perusteella kosteus ei ollut päässyt eristeisiin asti, joten eristeiden vaihtamiselta vältyttiin.

Julkisivun rappaustyöt on aloitettu talvella, johtuen rakennusaikataulun kireydestä. Rapattavalle julkisivulle on tehty telineistä ja kestopeitteistä sääsuoja, jolloin rappaustyöt on voitu suorittaa ilman kylmyydestä ja kosteudesta aiheutuvia ongelmia. Työjärjestyksenä on ollut rapata yksi julkisivu kerrallaan valmiiksi ja siirtää sääsuojaa rappaustyön valmistuttua seuraavalle julkisivulle.

Vesikaton runkona toimii puiset kattoristikot. Vesikattotyöt tehtiin suunnitelmien mukaan ja suunnitelmissa ei ollut mainintaa aluskatteesta, joten sellaista ei asennettu. Vesikattotyövaiheessa puiset rakenteet on suojattu kestopeitteillä ennen peltikatteen asennusta.

Rakennuttaja on edellyttänyt, että suojaava vesikatto tulee olla sillä alueella valmis, missä tehdään ulkoseinärakenteita, muussa tapauksessa kyseinen alue on suojattava sääsuojalla.

#### **6.4 Rakenteiden kuivuminen**

Ensimmäisen kerroksen betoniseinäelementtien asentamisen ja juottamisen jälkeen alkoivat ensimmäisen kerroksen holvin ontelolaatta-asennukset, Palvelukes-

kuksessa viikolla 32 ja Senioritalossa viikolla 36. Ontelolaattojen saumavalut suoritettiin sitä mukaa, kun laatastoa oli tarpeeksi ladottu ja raudoitettu.

Ontelolaattojen asennuksen ja saumavalujen jälkeen laattojen alapintaan, jokaisen ontelon kohdalle koko ontelon pituudelta n. yhden metrin välein, porattiin työmaalla vesireikiä. Näin onteloihin varastoitunut vesi pystyttiin poistamaan hallitusti. Kriittisimpiin paikkoihin, kuten seinien vierustoille ja onteloiden syvennyksien kohdille reikiä porattiin tiheämpään.

Pintalattioiden tekeminen Palvelukeskuksen osalta on aloitettu viikolla 35 ja Senioritalon osalta viikolla 42. Ikkuna-asennuksien jälkeen voidaan sanoa, että rakennuksen ulkovaippa on tiivis. Palvelukeskuksen osalta vaippa on ollut tiivis viikon 44 loppupuolella ja Senioritalossa viikon 46 lopussa. Rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä on kytketty päälle Palvelukeskuksessa viikolla 46 ja Senioritalossa viikolla 48. Palvelukeskuksessa ensimmäiset tasoitetyöt seinien ja kattojen osalta sekä märkätilojen vedeneristystyöt on aloitettu viikolla 48. Senioritalon vedeneristystyöt on aloitettu viikolla 51, sekä tasoite- ja maalaustyöt on aloitettu viikolla 1. Palvelukeskuksen lattioiden pintarakenteiden asennustyöt on aloitettu vuoden 2014 puolella viikolla 2 ja Senioritalossa viikolla 9.

Rakennuksen vaippojen ollessa ummessa voidaan sanoa, että sisäpuolisten rakenteiden kuivuminen lähtee tällöin liikkeelle kun olosuhteita pystytään hallitsemaan. Tällä periaatteella voidaan sanoa, että palvelukeskuksessa lattioiden kuivumiselle on jäänyt aikaa 10 viikkoa ennen päällystystöiden aloitusta. Senioritalon lattiarakenteiden kuivumiselle on taas jäänyt 14 viikkoa.

Rakennuksen kuivumisen tehostamisessa on käytetty suljettua järjestelmää. Kuivumisen tehostamislaitteistona on käytetty vesikiertoisia lämmittimiä, jotka on liitetty rakennuksen kaukolämpöjärjestelmään. Sisäilmaa on kierrätetty simpukka-puhaltimilla, kosteudenpoistajia ei ole käytetty. Tilakohtaisesti on myös käytetty 9 kW:n sähkökäyttöisiä lämpöpuhaltimia, mutta työmaakeskuksen koko rajoitti käytettävien puhaltimien määrää. /28/

## 6.5 Kosteusmittaukset päällystettävyyden arvioimiseksi

Rakenteiden kuivumista on valvottu seurantamittauksin ja päällystettävyydsmittauksin. Mittausmenetelmänä on käytetty porareikämenetelmää. Lemminkäisen työmailla kosteusmittaukset on ulkoistettu Cramo Oy:lle. Tämän työmaan kosteusmittaajalla on VTT:n sertifioima kosteusmittaajanpätevyys, jonka Lemminkäinen vaatii kyseisen työn suorittajalta.

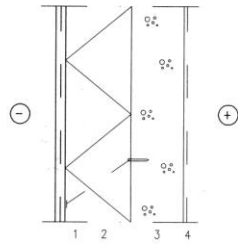
Mittauskalustona on käytetty VAISALA HMI 41 -näyttölaitetta ja VAISALA HMP 42/44 -tyyppistä mitta-anturia. Kaikki käytettävät mitta-anturit ovat kalibroituja ja kalibrointi on suoritettu laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Cramo Oy:n mittaukset on suoritettu RT 14–10984 ohjeita noudattaen.

Rakenteiden kosteusmittaushetkellä on myös mitattu sisä- ja ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteuspitoisuus. Mittaukset on suoritettu samalla näyttölaitteella kuin rakenteelliset mittaukset. Näiden arvojen pohjalta on laskettu ilman sisältämän absoluuttisen kosteuden määrä ( $\text{g/m}^3$ ), jotta on pystytty tulkitsemaan, mihin suuntaan kosteus pyrkii liikkumaan kuivumisen kannalta. Nämä arvot on merkattu mittauspöytäkirjaan rakenteiden kosteusmittaustulosten ohelle.

### 6.5.1 Mittauspisteet Palvelukeskuksessa

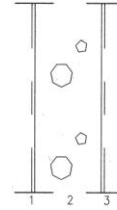
Mittauspisteet on valittu ns. pistokoe-periaatteella. Palvelukeskuksen osalta seinien kosteusmittaukset on suoritettu kolmesta eri kohdasta/ kerros. Mittauspiste A sijaitsee huoneiston puolella betonisessa ulkoseinäelementissä (US1). Mittauspiste B sijaitsee viriketilan betonisessa väliseinässä (VS1). Mittauspiste C sijaitsee huoneiston puolisessa betonisessa väliseinässä (VS1). Molemmissa kerroksissa mittauspisteet sijaitsevat samalla kohdalla rakennuksen pohjaa. Senioritalon seinistä kosteuksia ei ole mitattu lainkaan. Seinien rakennetyypit on esitelty kuviossa 7.

US1



- Pintamateriaali tai -käsittely rakennuselostuksen ja elementtipiiri mukaan
- n. 20 mm 1 Rappaus rakennuselostuksen ja valmistajan ohjeiden mukaan  
Kuumasinkitty rappausverkko
- 200 mm 2 Rappauseriste, esim. Isover FS5, kiinnitys mekaanisesti  $\geq 4$  kpl/m<sup>2</sup>,  
(Maxit LRH tai vastaava) valmistajan ohjeiden mukaan
- 3 Kantava teräsbetoniseinä rakennepiirustusten mukaan, paloluokka R60
- 4 Pintamateriaali tai -käsittely rakennus-/ huoneselostuksen mukaan

VS1

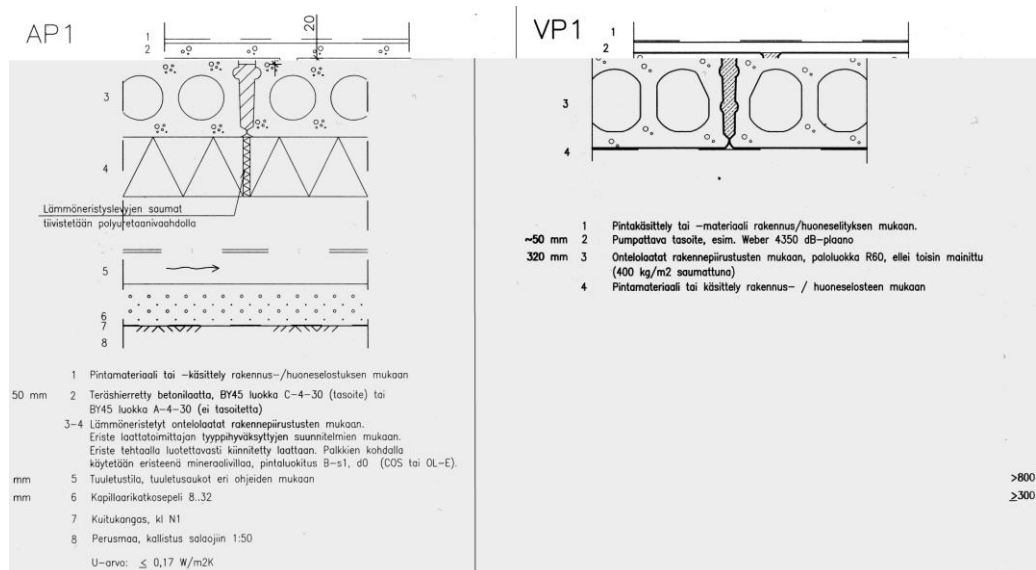


- 1 Pintamateriaali tai -käsittely rakennus-/ huoneselostuksen mukaan
- 2 Kantava teräsbetoniseinä rakennepiirustusten mukaan
- 3 Pintamateriaali tai -käsittely rakennus-/ huoneselostuksen mukaan

**Kuvio 7. Rakennetyypit US1 ja VS1.**

Palvelukeskuksen lattioiden mittapisteitä on neljä kappaletta/ kerros. Mittapistettä 1–4 jokainen sijaitsee eri siivessä. Ensimmäisen kerroksen osalta jokaisen mittapisteen rakennetyyppinä on AP1. Toisen kerroksen osalta mittapisteiden rakennetyyppinä on VP1. Märkätilojen lattioista ei ole mitattu kosteuksia, sillä lattialämmitysjärjestelmää ei ole dokumentoitu.

Senioritalossa lattiasta mitattujen kosteusmittauspisteiden määrä on kaksi. Molemmat mittapistet sijaitsevat rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa. Kyseisten pisteiden rakennetyyppinä on AP1. Ala- ja välipohjan rakennetyypit on esitelty kuviossa 8.



**Kuvio 8. Rakennetyypit AP1 ja VP1.**

180 mm paksun betoniseinän (US1 ja VS1) kosteusmittaukset on suoritettu kahdelta syvyydeltä, 14 mm ja 36 mm etäisyydeltä rakenteen pinnasta. Jälkimmäinen syvyys on 0,2 x koko rakenteen paksuus, kuten ohjeena on kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa.

Lattiarakenteen kosteusmittaukset on suoritettu kahdelta syvyydeltä, 28–35 mm ja 70 mm etäisyydeltä rakenteen pinnasta, joista jälkimmäinen on rakenteen arvoste-lusyvyys. Mittauskohdissa lattiarakenteena on ontelolaatta 50 mm pintabetoniva-lulla tai lattiatasoitteella. Molemmat mittausreiät täyttävät ohjeiden mukaiset ra-kennetyypin (ontelolaatta jälkivalulla) mittaussyvyyksien kriteerit. Tasoitekerrok-sellisesta ontelolaatasta mittaukset on suoritettu samalta syvyydeltä kuin pintabe-tonivalullisissa, koska tasoitekerros on normaalia paksumpi.

### **6.5.2 Mittaustulokset**

Mittauspöytäkirjan (katso liite 2) mukaisia tuloksia tarkasteltaessa, lähes kaikki suhteellisen kosteuden arvot ovat tavoitearvoja korkeampia. Senioritalon mittaus-tuloksien suhteellisen kosteuden arvot ovat lähempänä tavoitearvoja kuin Palvelu-keskuksessa mitatut arvot. Rakenteiden lämpötila on lähes jokaisessa mittareissä o-llut liian alhainen luotettavien tulosten takaamiseksi.

Tuloksia tarkasteltaessa täytyy myös huomioida rakenteen lämpötilakorjaus. Mit-tauspöytäkirjassa oleva tulos on mittalaitteen antama, jota ei ole muokattu lämpö-tilakorjauksin. Tässä tapauksessa, kun kaikkien mitattujen rakenteiden lämpötilat ovat olleet alle + 20 °C, täytyy mitattuja suhteellisia kosteuksia korottaa määrällä 0,5 % / 1 °C.

Tarkastellaan esimerkkinä Senioritalon tilan G03-mittauspistettä nro 1 syvyydeltä 28 mm. Mittaustulos ilmoittaa suhteellisen kosteuden arvoksi 74,4 % ja lämpöti-laksi 14,7 °C. Suhteellisen kosteuden todellinen arvo lasketaan seuraavasti. Tavoit-elämpötila on 20 °C, joten siitä vähennetään rakenteen todellinen lämpötila 14,7 °C, eli erotukseksi jää pyöristettynä 5 °C. Nyt voidaan laskea, paljonko suhteelli-sen kosteuden arvo kasvaa, eli 0,5 % kerrotaan luvulla 5 °C, joten tuloksi saadaan 2,5 %. Tämä arvo lisätään mittauspöytäkirjan mukaiseen suhteellisen kosteuden

arvoon, eli  $74,4 \% + 2,5 \% = 76,9 \%$ , joka on tämän perusteella rakenteen todellinen suhteellisen kosteuden arvo.

### **6.5.3 Lattian pintamateriaalien päällystettävyyssarvot**

Molempien rakennusten ensimmäisen kerroksen lattian kosteusmittapisteissä päällystemateriaalina toimii Tarkett'in IQ Natural -lattiamatto. IQ Naturalin asennuksessa alustan suhteellisen kosteuden tulee olla alle 85 %. Toisessa kerroksessa pintamateriaalina toimii ns. tuplamatto. Alempi matto on Tarkett'in Nordic Stabil -mallin askeläänimatto, joka on liimattu alustaan. Nordic Stabil -maton asennuksessa alustan suhteellisen kosteuden tulee olla alle 90 %. Alemman maton pintaan on liimattu IQ Natural pintamatoksi. /26; 27/

## **6.6 Kokemukset ja mielipiteet kosteudenhallinnasta rakennusaikana**

Valmistelin kosteudenhallintaan liittyvän kysymyssarjan seitsemällä kysymyksellä (liite 1). Kysymykset koskivat rakennusaikaista kosteudenhallintaa. Haastateltavina olivat esimerkkikohteen vastaava mestari Petri Laitila ja rakennuttajan edustaja, valvoja Jussi Mansikkamäki. Molempien haastateltavien vastauksien pohjalta on tehty yhteenvedot.

### **6.6.1 Vastaava mestari**

Vastaavan mestarin mukaan pääurakoitsijalla ja rakennuttajan edustajalla on samanlainen näkemys kosteudenhallinnasta. Rakennuttaja on tietoinen Lemminkäisen kosteudenhallintasuunnitelmasta, jonka noudattamista se vaatii läpi hankkeen keston. Työmaalla tehdään erilliset suunnitelmat ja niitä pyritään noudattamaan kirjaimellisesti, jotta kosteusongelmat vähenisivät ja sitä kautta ylimääräisiltä kustannuksilta vältyttäisiin. Kosteustekniset asiat pyritään ottamaan huomioon jo hankintavaiheessa niin, että materiaalit ovat suojattuja työmaalle tullessaan sekä materiaalien toimitukset pyritään järjestämään siten, että toimitukset olisivat oikea-aikaisia niin, että tavarat eivät makaisi pitkiä aikoja pihalla. /28/

Työmailla aikataulut ovat nykyään niin tiukkoja, että rakenteiden kuivumista on mahdoton toteuttaa luonnollisin keinoin. Ainoaksi ratkaisuksi jää kuivumisen te-

hostaminen erillisillä kuivatuslaitteistoilla, jotka kuitenkin tuovat työmaalle ylimääräisiä kustannuksia. /28/

Kyseisellä työmaalla on ilmennyt kosteudesta aiheutuvia ongelmia suojustoimenpiteiden yhteydessä. Kohteen runkotyyppi on sellainen, että 100 % suojaaminen on lähes mahdotonta. Ongelmien ilmetessä on ryhdytty poistamaan ongelman aiheuttava tekijä. Sen jälkeen on avattu vaurioituneet rakenteet, mitattu kosteuspiitoisuuksia ja kuivattu rakenteita sekä suoritettu vaurioituneen alueen korjaukset. Tällä tavoin menetetään ylimääräistä rahaa, kun joudutaan työ tekemään kahteen kertaan. /28/

Ajatus rakennustyömaiden sääsuojauksen pakollisuudesta on vastaavan mestarin mielestä myönteinen asia. Kun rakennuttaja vaatisi rakennuksen huputusta ja urakkatarjousvaiheessa, olisivat urakan tarjoajat samalla viivalla tarjousvaiheessa, koska rakennuksen huputtamisessa puhutaan kymmenistä tuhansista euroista. Kun sääsuojaukseen on työmaan kassassa oma budjetti, helpottaa se toteutusta työmaalla ja tuo varmasti vähemmän kosteusongelmia rakennusaikana. /28/

### **6.6.2 Valvoja**

Valvojan mukaan nykypäivänä pääurakoitsijalla ja rakennuttajalla on pääsääntöisesti samanlainen näkemys kosteudenhallinnasta, koska urakoitsijoilla on käytössään omat kosteudenhallintasuunnitelmat, joita noudatetaan. Valvojan mielestä kuitenkin olisi kiinnitettävä enemmän huomiota kosteudenhallintaan työmaalla. Esimerkiksi rakennuttaja tulisi ottaa mukaan kosteudenhallintasuunnitelman tekoon. Tällä tavalla voisi saada uusia kehitysideoita ja enemmän panostaa suojaustoimenpiteisiin. /30/

Valvoja ei näe, että aikataululla olisi suurta vaikutusta kosteudenhallinnan onnistumiseen. Mutta jos se jostain syystä epäonnistuu, on aikataulun merkitys huomattava. Syitä kosteudenhallinnan mahdolliseen epäonnistumiseen ovat valvojan mukaan työvirheet, joita syntyy puutteellisesta ennakkosuunnittelusta. Esimerkiksi työmaalla valvojan mukaan ei ole suurempia ongelmia ilmennyt, jotka olisivat vaikuttaneet toteutuksen aikatauluun. /30/



Sääsuojaus pakolliseksi rakennustyömailla on valvojan mielestä ehdoton asia. Huputtamalla rakennus rakennustyöt pystytään suorittamaan hallituissa olosuhteissa vuodenaikaan katsomatta. Tällä tavoin myös tilaaja saa varmemmin terveen lopputuotteen. /30/

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 7.1 Kosteudenhallintasuunnitelma

Lemminkäisen toimintajärjestelmän mukainen kosteudenhallintasuunnitelma on mielestäni hyvin kattava. Siinä on hyvä pohja, jota pystyy helposti muokkaamaan työmaille tapauskohtaisesti. Esimerkkityömaalla suunnitelmaa on käytetty, mutta ei kuitenkaan aivan pilkun tarkasti. Suunnitelman noudattamattomuuden vaikutus näkyy työmaalla kosteuden aiheuttamina ongelmina, kuten kipsilevyjen kastuminen puuelementeissä.

Suunnitelman laatimiseen tulisi paneutua huolella ennen varsinaista rakennustyön aloitusta, jotta kaikki kosteusalttiit riskirakenteet huomioitaisiin ja niille mietittäisiin ennaltaehkäisevät toimenpiteet. Työnjohdon vastuulla on suunnitelman noudattaminen, jotta toteutus kulkisi käsi kädessä suunnitelman kanssa. Työnjohdon olisi hyvä käydä kosteudenhallintasuunnitelman asiat läpi yhdessä työntekijöiden kanssa ja painottaa heidän rooliaan kosteudenhallinnassa. Näin reagointi kosteusongelmien estämiseksi olisi saumattomampaa, kun jokainen tietää oman vastuunsa.

### 7.2 Suojaustoimenpiteet

Rakennuksen runkotyövaiheen sääsuojauksessa ilmeni kosteudenhallinnallisia ongelmia. Elementtirakentaminen on tapa, jolloin runko saadaan nopealla aikataululla pystytettyä, mutta se tuo samalla suojauksien toteuttamiseen ongelmia. Rakennuksen huputtaminen olisi paras tapa suojata rakennusta ulkoisilta kosteuslähteiltä. Sillä saataisiin rakennuksen vaaka- ja pystypinnat sekä kosteusherät rakenteet, kuten eristeet, suojattua kosteudelta. Se on kuitenkin kustannuskysymys, eikä rakennuttaja ole sitä vaatinut tähän kohteeseen, eikä sitä myöskään ole huomioitu urakkalaskelmissa. Huputtaminen ei kuitenkaan sovellu erityisen hyvin esimerkiksi kohteeseen, sillä se olisi ongelmallinen elementtirungon nostamisen yhteydessä.

Puurunkoisten ulkoseinäelementtien sisäpuoliset kipsilevyt osittain kastuivat yläpäästä, ja niitä jouduttiin vaihtamaan. Mielestäni puurunkoinen ulkoseinä olisi voitu tehdä työmaalla pitkästä tavarasta, kun vesikatto oli saatu katettua, jolloin se

olisi toiminut suurimmaksi osaksi suojana sateelta. Vaihtoehtoisesti seinäelementtien asennustyötä olisi voitu viivästää niin kauan, että vesikatto on saatu valmiiksi.

Vaikka elementteihin päädyttiin aikataulullisista syistä, olisi resursseja voitu lisätä puurunkotyövaiheen ajaksi, jotta puurunko olisi saatu nopeasti valmiiksi. Tällä tavalla olisi voitu säästyä kosteudesta aiheutuville ongelmilla kosteusherkkiin materiaaleihin.

### **7.3 Rakenteiden kuivuminen**

Rakenteiden luonnolliselle kuivumiselle oli varattu suhteellisen vähän aikaa, huomioiden, että kuivumisajanjakson vuodenaikana oli syksy, jolloin ulkoilma on kylmää ja kosteaa. Vaikka kuivumista pyrittiin tehostamaan lisälämmittimillä ja ilmaa kierrättämällä, voi kosteusmittaustuloksista ilmenneiden rakenteiden lämpötilojen ja sisälämpötilojen perusteella sanoa, että lämpötila oli ihanteellisen kuivumisen kannalta liian alhainen. Rakenteiden kuivumiseksi tarpeeksi ennen päällystämistä, täytyisi rakennuksen sisäilman lämpötilan olla lähellä + 20 °C. Mittausten suoritushetkellä rakenteiden ja sisäilman lämpötila oli välillä n. 10–16 °C. Rakennuksen sisäilman suhteellinen kosteus oli kuivumisen kannalta paikoitellen liian korkea, n. 48–62,5 %.

Rakenteiden paremman kuivumisen kannalta olisi tullut käyttää esimerkiksi polttoainekäyttöisiä lisälämmittimiä, jotta lämpö olisi jakaantunut rakennuksessa paremmin. Rakennuksen osastointi useampaan kuivatuskohteeseen olisi myös auttanut tasaisen lämpötilan ylläpitoa, sekä kuivumista olisi tällöin pystytty paremmin hallitsemaan.

### **7.4 Kosteusmittaukset päällystettävyyden arvioimiseksi**

Esimerkkikohteen kosteusmittauspisteitä olisi pitänyt olla paljon enemmän, sekä mittauksia suorittaa kyseisistä pisteistä useammin. Näin tuloksista olisi saatu laajempi otanta sekä rakenteiden kuivumisnopeutta olisi tällöin pystytty paremmin tarkkailemaan. Myös ihan rakenteen pinnasta olisi ollut tärkeää mitata kosteuspitoisuuksia, jotta ennen mattojen asennusta tiedettäisiin, aiheuttaako käytettävä liima suurta muutosta pintarakenteen kosteuspitoisuuteen.

Märkätilojen kosteuksia olisi ollut tärkeää mitata, koska lattiarakenteen tyyppinä kyseessä oli kylpyhuonelaatta jälkivalulla. Kyseinen rakenne sitoo yleensä huomattavan määrän kosteutta. Mittauspisteitä suunniteltaessa olisi voitu ennakoida ja dokumentoida suunnitelman mukaisista märkätiloista lattialämmityskaapelit, jotta mittaukset olisi pystytty niiltä osin suorittamaan.

Rakenteiden alhainen lämpötila ja korkea kosteuspitoisuus viittaavat siihen, että rakenteet eivät ole päässeet kuivumaan tehokkaasti. Kuivumista olisi pitänyt tehostaa entistä enemmän, jotta nämä arvot olisivat olleet paljon pienempiä. Kun rakenteita on lähdetty päällystämään näiden tulosten perusteella, on pinnoitevaurion riski olemassa.

## 8 YHTEENVETO

Rakennustyömailla kosteudenhallintaan kiinnitetään nykypäivänä yhä enemmän huomiota. Huomion kiinnittäminen ei yksin riitä, vaan onnistuneeseen kosteudenhallinnan toteuttamiseen vaaditaan tiukkaa ennakkosuunnittelua, jota tulee tinkimättä noudattaa työmaaolosuhteissa. Hyvällä ennakkosuunnittelulla ja sitä vastaavalla toteutuksella voidaan välttää kosteudesta aiheutuvia ongelmia. Tällä tavoin yllättävät kustannukset pystytään pitämään pieninä, koska kosteusvauriot vähenevät ja täten korjaustarve pienenee.

Tutkimuksen perusteella Lemminkäisen oma kosteudenhallintasuunnitelma on oikein käytettynä oiva työkalu pitämään kosteudesta aiheutuvat ongelmat kurissa. Tämä kuitenkin vaatii paneutumista ennen rakennustöiden aloitusta painottamaan ennakkosuunnitteluun, jonka jälkeen työnjohdolla on vastuu suunnitelman mukaisesta toteutuksesta. Perehtymällä ennakkoon hankkeen suunnitelmiin ja asiakirjoihin voidaan miettiä eri vaihtoehtoja käytettävissä menetelmissä. Rakennuttajan ottaminen mukaan kosteudenhallintasuunnitelman tekoon avaisi uusia näkökulmia suunnitteluun ja varmasti parantaisi asennetta suunnitelman toteuttamiseen.

Rakenteiden kuivuminen tulee tapahtua riittävän korkeassa lämpötilassa. Esi-merkkikohteen kosteusmittaustuloksien perusteella rakennuksen lämpötila on ollut hyvin alhainen. Tämä näkyy rakenteiden pieninä lämpötiloina ja korkeina suhteellisen kosteuden pitoisuuksina. Ongelmana on ollut tasaisen lämpötilan ylläpito, joka on suuri haaste kokoluokaltaan suurissa rakennuksissa. Lohkomalla rakennus pienempiin kuivatusosiin olisi lämpötilaa voitu ylläpitää paremmin ja kuivuminen olisi ollut tehokkaampaa.

Haastattelujen perusteella vastaus kysymykseen rakennuksien pakollisesta sääsuojauksesta oli myöntävä ja yksimielinen. Tämä antaisi tulevaisuudessa hyvät lähtökohdat terveelle rakentamistavalle, jos olosuhteita pystyttäisiin hallitsemaan ympäri vuoden. Myös urakkakilpailussa kaikki tarjoajat olisivat samalla lähtöviivalla, sillä sääsuojauksesta puhuttaessa on kyse huomattavasta summasta, joka tällä hetkellä voi pudottaa kilpailusta monet tarjoajat ulos.

## LÄHTEET

- /1/ Kosteuslähteet. 2008. Sisäilmayhdistys. Viitattu 22.1.2014.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteustekninen-toiminta/kosteuslahteet/>
- /2/ Lämpö ja kosteus, Rakennusfysiikka. 1997. Dick Björkholz ja Rakennustieto Oy. Viitattu 22.1.2014.
- /3/ Kosteus rakentamisessa, RakMK C2 opas. 1999. Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy. Viitattu 26.1.2014.
- /4/ Kosteuden siirtyminen. 2008. Sisäilmayhdistys. Viitattu 26.1.2014.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteustekninen-toiminta/kosteuden-siirtyminen/>
- /5/ Lämmön- ja kosteudeneristys, RIL 155. 1984. Suomen rakennusinsinööri-liitto. Viitattu 27.1.2014.
- /6/ Vaurioitumisen yleisperiaate. 2008. Sisäilmayhdistys. Viitattu 27.1.2014.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteusvaurioituminen/vaurioitumisen-yleisperiaate/>
- /7/ Rakennusten kuivattaminen. 1990. Dick Björkholtz. Viitattu 29.1.2014.
- /8/ Rakenteiden kuivatus. 2008. Sisäilmayhdistys. Viitattu 29.1.2014.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kunnossapito-ja-korjaaminen/purku-kuivaus-ja-puhdistus/rakenteiden-kuivaus/>
- /9/ Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. 2007. Tarja Merikallio, Sami Niemi, Juha Komonen. Viitattu 3.2.2014
- /10/ Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. 2002. Tarja Merikallio. Viitattu 3.2.2014.
- /11/ Betonilattiat 2002 BY 45 / BLY7. 2002. Suomen Betoniyhdistys, Suomen Betonilattiaiyhdistys. Viitattu 4.2.2014.
- /12/ Rakenteiden lämmitys ja kuivatus. 1996. Rakennustieto Oy. RATU-Net palvelu. KONE-RATU 07-3032. Viitattu 7.2.2014.  
<https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSZP2%3A%2447%24R3032%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-RTU2815/R3032.pdf>

- /13/ Diffuusio. Tiivistalo. Viitattu 7.2.2014.  
<http://www.tiivistalo.fi/tiedostot/default.asp?sivu=tiivistalowiki&otsikko=diffuusio&tunnus=376>
- /14/ Konvektio. Tiivistalo. Viitattu 7.2.2014.  
<http://www.tiivistalo.fi/tiedostot/default.asp?sivu=tiivistalowiki&otsikko=konvektio&tunnus=377>
- /15/ Rakennustyömaan Sääsuojaus. 2013. Rakennustieto Oy. RATU-Net palvelu. RATU S-1232. Viitattu 12.2.2014.  
<https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSZP2%3A%2447%24R1232%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-109926/R1232.pdf>
- /16/ Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. 2010. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. RT 14-10984. Viitattu 18.2.2014.  
<https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2410984%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-103082/10984.pdf>
- /17/ Betonin kosteuden hallinta. 1997. Pentti Lumme, Tarja Merikallio. Viitattu 24.2.2014.
- /18/ Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta. 2003. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Olli Teriö. Viitattu 13.3.2014.
- /19/ Perustus ja alapohja. 2008. Sisäilmayhdistys. Viitattu 13.3.2014.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteusvaurioituminen/perustus-ja-alapohja/>
- /20/ Ulkoseinät. 2008. Sisäilmayhdistys. Viitattu 13.3.2014.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteusvaurioituminen/ulkoseinat/>
- /21/ Vesikatto ja yläpohja. 2008. Sisäilmayhdistys. Viitattu 13.3.2014.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteusvaurioituminen/vesikatto-ja-ylapohja/>
- /22/ Märkätilat. 2008. Sisäilmayhdistys. Viitattu 13.3.2014.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteusvaurioituminen/markatilat/>
- /23/ Välipohja- ja väliseinärakenteet. 2008. Sisäilmayhdistys. Viitattu 13.3.2014.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat->

[tietojärjestelmä/kosteusvauriot/kosteusvaurioituminen/valipohja-ja-valiseinarakenteet/](#)

- /24/ Kosteudenhallintasuunnitelma. 2008. Sisäilmayhdistys. Viitattu 14.3.2014. <http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/korjausten-laadunvarmistus/tyomaan-kosteudenhallinta/kosteudenhallintasuunnitelma/>
- /25/ Juha Komonen kokosi ohjepaketin rakentamisen kosteudenhallintaan. 2013. Juha Komonen. Viitattu 14.3.2014. <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/rakentaminen/32642.html>
- /26/ Asennusohje IQ Natural. Tarkett. Viitattu 10.4.2014. [http://kohdemyynti-latti-at.tarkett.fi/sites/tarkettb2b\\_fi/files/productimage/Bureau/Media\\_Library/HOMOGENEO-US/Documents/Installation/FI/ID\\_FI\\_Tarkett\\_Kuivatila\\_HO\\_HE\\_asennus.pdf](http://kohdemyynti-latti-at.tarkett.fi/sites/tarkettb2b_fi/files/productimage/Bureau/Media_Library/HOMOGENEO-US/Documents/Installation/FI/ID_FI_Tarkett_Kuivatila_HO_HE_asennus.pdf)
- /27/ Nordic Stabil. 2014. Tarkett. Viitattu 10.4.2014. <http://kohdemyynti-lattiat.tarkett.fi/products/heterogeeniset-muovilattiat/nordic-stabil>
- /28/ Vastaava mestari, Laitila Petri. Lemminkäinen Talo Oy. Haastattelu 10.4.2014.
- /29/ Vastaava mestari, Laitila Petri. Lemminkäinen Talo Oy. Työmaahaastattelu 11.4.2014.
- /30/ Valvoja, Mansikkamäki Jussi. Karppinen & Mansikkamäki Oy. Haastattelu 23.4.2014.
- /31/ Talonrakentaminen. 2013. Lemminkäinen Oyj. Viitattu 23.4.2014. <http://www.lemminkainen.fi/Lemminkainen/Yritys/Liiketoiminta/Talonrakentaminen/>



**HAASTATTELULOMAKE VASTAAVALLE MESTARILLE JA VALVOJALLE**

1. Onko rakennuttajan edustajan ja pääurakoitsijan näkemys kosteudenhallinnasta samanlainen?
2. Kuinka suuri vaikutus aikataululla on onnistuneeseen kosteudenhallintaan?
3. Jos kosteudenhallinta jostain syystä epäonnistuu, mitkä syyt sen yleisimmin aiheuttavat?
4. Nykyään puhutaan paljon, että kosteudenhallintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. Miten se näkyy rakennustyömaalla?
5. Onko tällä työmaalla ilmennyt kosteudesta aiheutuvia ongelmia?
6. Mihin toimenpiteisiin on ryhdytty mahdollisten ongelmien ilmetessä?
7. Ympäristöministeriö on uusimassa rakentamismääräyksiä ja ajamassa asiaa, jotta jokaisella rakennustyömaalla sääsuojaus tulisi pakolliseksi. Mikä on mielipiteenne tähän asiaan?



Mittauspöytäkirja

### KOHDETIEDOT

**Kohde:** Sorsantien Palvelukeskus ja Senioritalo [REDACTED]  
65200 Vaasa

**Asiakas:** Lemminkäinen Oy

**Tilaaaja:** Laitila Petri **Puh:** [REDACTED]

**Mittaaja:** Mäkinen Jukka VTT-C-9435-24-13 **Puh:** [REDACTED]

**Mittauspäivämäärä:** 22.11.2013, 16.12.2013

### SELVITYS MITTAUKSESTA

Lattian pintabetonilaatan suhteellisen kosteuden (%) ja lämpötilan (°C) mittaus tilaajan osoittamilta alueilta. Mittaukset suoritettu RT 14-10984 mukaisesti.

### MITTAUSTULOKSET

Mittausp. vn.	Mittauslaite	Tila	Mittauspiste			Mittaustulokset			
			nro.	Materiaali	Syv.	SK (%)	T (°C)	abs.(g /	k-piste
22.11.13	Vaisala	A12	A	seinä/betoni	36 mm	87,5	8,9		
22.11.13	Vaisala	A12	A	seinä/betoni	14 mm	82,2	9,2		
22.11.13	Vaisala	A105	B	seinä/betoni	36 mm	90,8	10,6		
22.11.13	Vaisala	A105	B	seinä/betoni	14 mm	87,1	10,8		
22.11.13	Vaisala	A07	C	seinä/betoni	36 mm	90,6	13,4		
22.11.13	Vaisala	A07	C	seinä/betoni	14 mm	80,9	13,6		
22.11.13	Vaisala			sisäilma		60,1	13,8	7,1	
22.11.13	Vaisala			ulkoilma		99,0	0,0	4,8	

Mittausp. vn.	Mittauslaite	Tila	Mittauspiste			Mittaustulokset			
			nro.	Materiaali	Syv.	SK (%)	T (°C)	abs.(g /	k-piste
16.12.13	Vaisala	C12 II-krs	A	seinä/betoni	36 mm	87,7	12,7		
16.12.13	Vaisala	C12 II-krs	A	seinä/betoni	14 mm	85,9	13,0		
16.12.13	Vaisala	C105 II-krs	B	seinä/betoni	36 mm	86,3	13,7		
16.12.13	Vaisala	C105 II-krs	B	seinä/betoni	14 mm	81,3	12,2		
16.12.13	Vaisala	C07 II-krs	C	seinä/betoni	36 mm	87,6	12,6		
16.12.13	Vaisala	C07 II-krs	C	seinä/betoni	14 mm	82,3	12,6		
16.12.13	Vaisala	B05	1	lattia/betoni	70 mm	94,0	10,9		
16.12.13	Vaisala	B05	1	lattia/betoni	35 mm	84,1	10,8		
16.12.13	Vaisala	B10	2	lattia/betoni	70 mm	87,1	12,2		
16.12.13	Vaisala	B10	2	lattia/betoni	35 mm	80,4	12,3		
16.12.13	Vaisala	A02	3	lattia/betoni	70 mm	91,6	12,8		
16.12.13	Vaisala	A02	3	lattia/betoni	35 mm	84,3	12,9		
16.12.13	Vaisala	A10	4	lattia/betoni	70 mm	84,1	13,2		
16.12.13	Vaisala	A10	4	lattia/betoni	35 mm	81,4	13,2		
16.12.13	Vaisala			sisäilma		62,4	13,5	7,3	
16.12.13	Vaisala			ulkoilma		80,9	5,4	5,6	

Cramo Finland Oy  
Vasaratie 11  
65350 Vaasa

Puhelin : [REDACTED]  
Faksi : [REDACTED]  
S-posti : [REDACTED]

Y-tunnus : 2088499-0  
Kotipaikka: Vantaa  
www.cramo.fi





## Mittauspöytäkirja

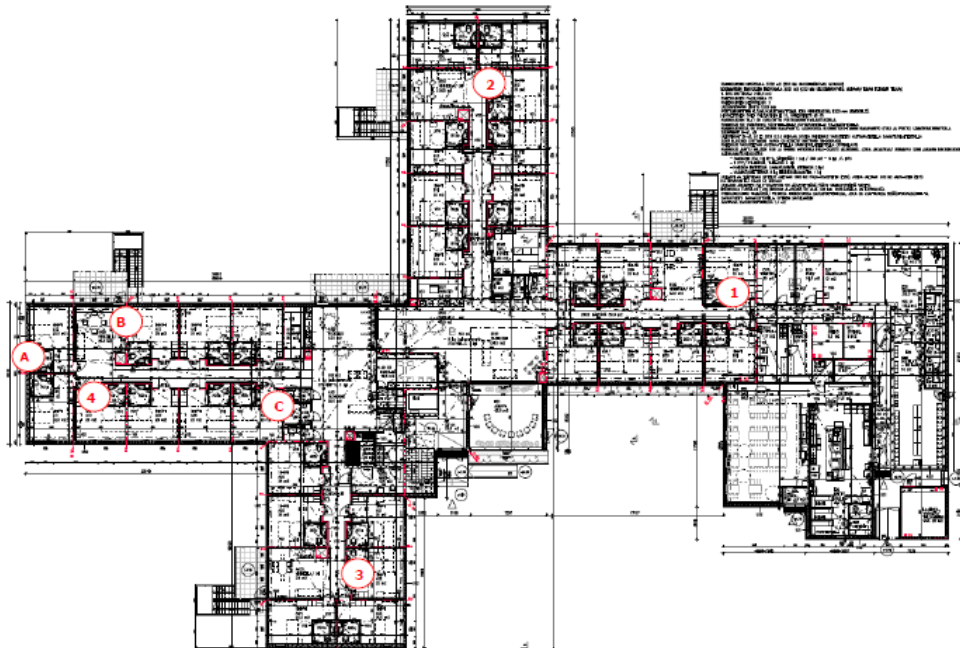
SK = suhteellinen kosteus, ilmaistaan prosentteina. Luku ilmaisee vallitsevan kosteuden verrattuna kyllästyskosteuteen.  
 T = Lämpötila  
 abs. = absoluuttinen kosteus, ilmaisee kosteuspitoisuuden g (vettä) / kg (ilma) tai vastaavasti g (vettä) / m<sup>3</sup> (ilma)  
 k-piste = kastepiste, se lämpötila, missä kosteus alkaa tiivistymään, jos lämpötilat allittavat kyseisen lukeman.

Anturi	Anturinro	Anturinumero	kalibroitu
Vaisala HMP44	1		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	2		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	3		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	4		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	5		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	6		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	7		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	8		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	9		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	10		Lokakuu 2013
Mittareit Ø16mm on porattu, puhdistettu, putkittu ja tulpattu			19.11.2013, 12.12.2013
Mittaus suoritettu			22.11.2013, 16.12.2013
=> tasaantumisaika			60min

Betonin lämpötilakorjaus : Lämpötilan ollessa alle 20 °C, lisäntyy SK 0,5 % / 1 °C.  
 Lämpötilan ollessa yli 20 °C, vähenee SK 0,5 % / 1 °C.

Lähde: Lars-Olof Nilsson, Fuktmätning del 2

## POHJAKUVA/MITTAUSPISTEET:



Cramo Finland Oy  
 Vasaratie 11  
 065350 Vaasa

Puhelin :  
 Faksi :  
 S-posti :

Y-tunnus : 2088499-0  
 Kotipaikka: Vantaa  
 www.cramo.fi





Mittauspöytäkirja

**KÄYTETTY MITTAUSKALUSTO**

X	Vaisala HMP 42/44 -anturi / HMI 41	Tarkkuus:
		± 2 % RH (0...90 % RH) ± 3 % RH (90...100 % RH) Lämpötilassa + 20 °C
	Vaisala HMP 46 - anturi / HMI 41	Tarkkuus:
		± 1 % RH (0...90 % RH) ± 2 % RH (90...100 % RH) Lämpötilassa + 20 °C

**YHTEENVETO**

Paikka ja aika:	30.12.2013
Raportin laatija:	Mäkinen Jukka
Jakelu	Laitila Petri



Mittauspöytäkirja

## KOHDETIEDOT

**Kohde:** Sorsantien Palvelukeskus ja Senioritalo [REDACTED]  
65200 Vaasa

**Asiakas:** Lemminkäinen Oy

**Tilaaaja:** Laitila Petri **Puh:** [REDACTED]

**Mittaaja:** Mäkinen Jukka VTT-C-9435-24-13 **Puh:** [REDACTED]

**Mittauspäivämäärä:** 4.2.2014, 3.3.2014, 31.3.2014

## SELVITYS MITTAUKSESTA

Lattian pintabetonilaatan suhteellisen kosteuden (%) ja lämpötilan (°C) mittaus tilaajan osoittamilta alueilta. Mittaukset suoritettu RT 14-10984 mukaisesti.

Betonin lämpötila alittaa monessa pisteessä +15 °C, joka on otettava huomioon mittaustuloksia tarkasteltaessa.

Cramo Finland Oy  
Vasaratie 11  
65350 Vaasa

Puhelin : [REDACTED]  
Faksi : [REDACTED]  
S-posti : [REDACTED]

Y-tunnus : 2088499-0  
Kotipaikka: Vantaa  
www.cramo.fi





Mittauspöytäkirja

## MITTAUSTULOKSET

Mittausp. vm.	Mittauslaite	Tila	Mittauspiste			Mittau tulokset			
			nro.	Materiaali	Syv.	SK (%)	T (°C)	abs.(g /	k-piste
4.2.14	Vaisala	CD05	A	seinä/betoni	36 mm	89,2	13,9		
4.2.14	Vaisala	CD05	A	seinä/betoni	14 mm	85,9	15,4		
4.2.14	Vaisala	AB05	B	seinä/betoni	36 mm	90,8	10,6		
4.2.14	Vaisala	AB05	B	seinä/betoni	14 mm	87,1	10,8		
4.2.14	Vaisala			sisäilma		58,6	14,5	7,3	
4.2.14	Vaisala			ulkolma		92,3	1,1	4,8	

Mittausp. vm.	Mittauslaite	Tila	Mittauspiste			Mittau tulokset			
			nro.	Materiaali	Syv.	SK (%)	T (°C)	abs.(g /	k-piste
3.3.14	Vaisala	G03	1	lattia/betoni	70 mm	88,0	14,5		
3.3.14	Vaisala	G03	1	lattia/betoni	28 mm	74,4	14,7		
3.3.14	Vaisala	G13	2	lattia/betoni	70 mm	87,8	15,8		
3.3.14	Vaisala	G13	2	lattia/betoni	28 mm	65,4	15,5		
3.3.14	Vaisala			sisäilma		48,7	15,8	6,6	
3.3.14	Vaisala			ulkolma		92,0	2,0	5,2	

Mittausp. vm.	Mittauslaite	Tila	Mittauspiste			Mittau tulokset			
			nro.	Materiaali	Syv.	SK (%)	T (°C)	abs.(g /	k-piste
31.3.14	Vaisala	F01	3	lattia/betoni	70 mm	93,9	15,1		
31.3.14	Vaisala	F01	3	lattia/betoni	28 mm	82,1	14,7		
31.3.14	Vaisala			sisäilma		47,4	15,1	6,0	
31.3.14	Vaisala			ulkolma		69,1	6,0	5,2	

SK = suhteellinen kosteus, ilmaistaan prosentteina. Luku ilmaisee vallitsevan kosteuden verrattuna kylätystykosteuteen.

T = Lämpötila

abs. = absoluuttinen kosteus, ilmaisee kosteuspitäisyyden g (vettä) / kg (ilma) tai vastaavasti g (vettä) / m<sup>3</sup> (ilma)

k-piste = kastepiste, se lämpötila, missä kosteus alkaa tiivistymään, jos lämpötilat alittavat kyseisen lukeman.

Anturi	Anturinro	Anturinumero	kalibroitu
Vaisala HMP44	1		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	2		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	3		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	4		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	5		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	6		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	7		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	8		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	9		Lokakuu 2013
Vaisala HMP44	10		Lokakuu 2013
Mittareit Ø16mm on porattu, puhdistettu, putkittu ja tulpattu			30.1.2014, 27.2.2014, 27.3.2014
Mittaus suoritettu			4.2.2014, 3.3.2014, 31.3.2014
=> tasaantumisajalla			60min

Betonin lämpötilakorjaus : Lämpötilan ollessa alle 20 °C, lisäntyy SK 0,5 % / 1 °C.  
Lämpötilan ollessa yli 20 °C, vähenee SK 0,5 % / 1 °C.

Lähde: Lars-Olof Nilsson, Fuktmetning del 2

Cramo Finland Oy  
Vesantie 11  
65350 Vaasa

Puhelin :  
Faksi :  
S-posti :



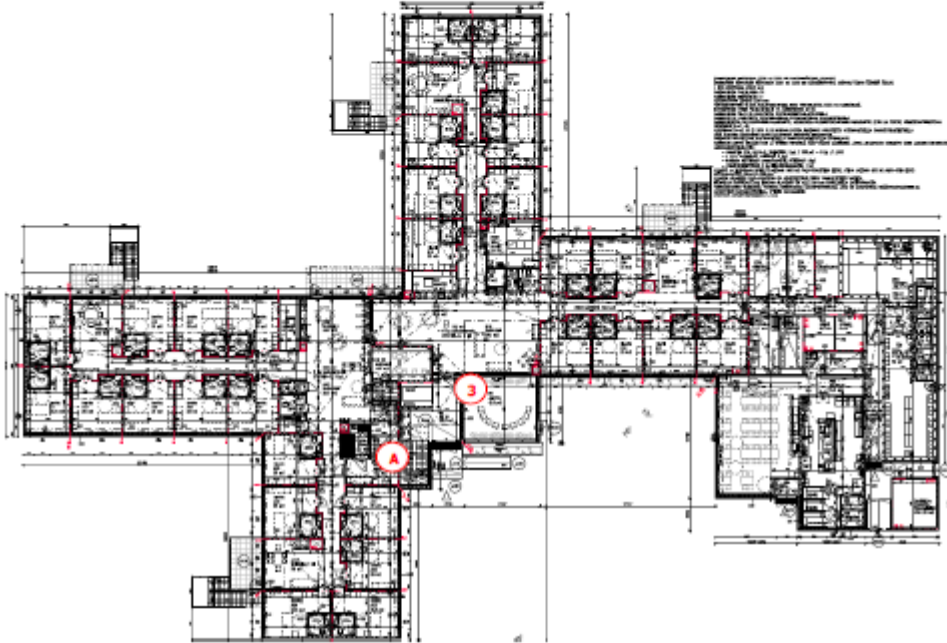
Y-tunnus : 2088499-0  
Kotipaikka: Vantaa  
www.cramo.fi



**C R A M O**

Mittauspöytäkirja

## POHJAKUVA/MITTAUSPISTEET:



Cramo Finland Oy  
Vaasentie 11  
65350 Vaasa

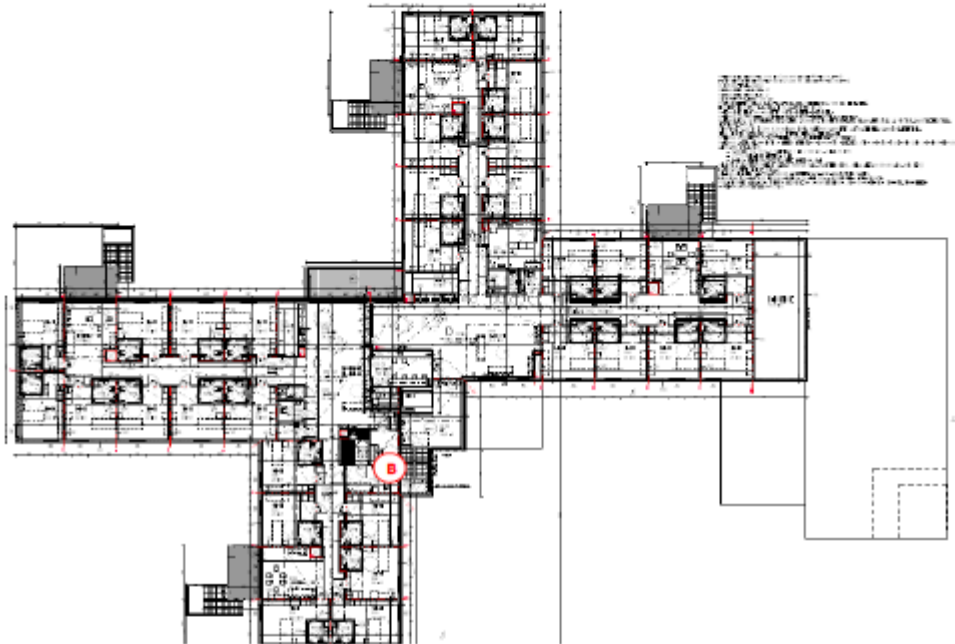
Puhelin :  
Faksi :  
S-posti :

Y-tunnus : 2088499-0  
Kotipaikka: Vantaa  
www.cramo.fi





Mittauspöytäkirja



Cramo Finland Oy  
Vasaratie 11  
65350 Vaasa

Puhelin :   
Faksi :   
S-posti :

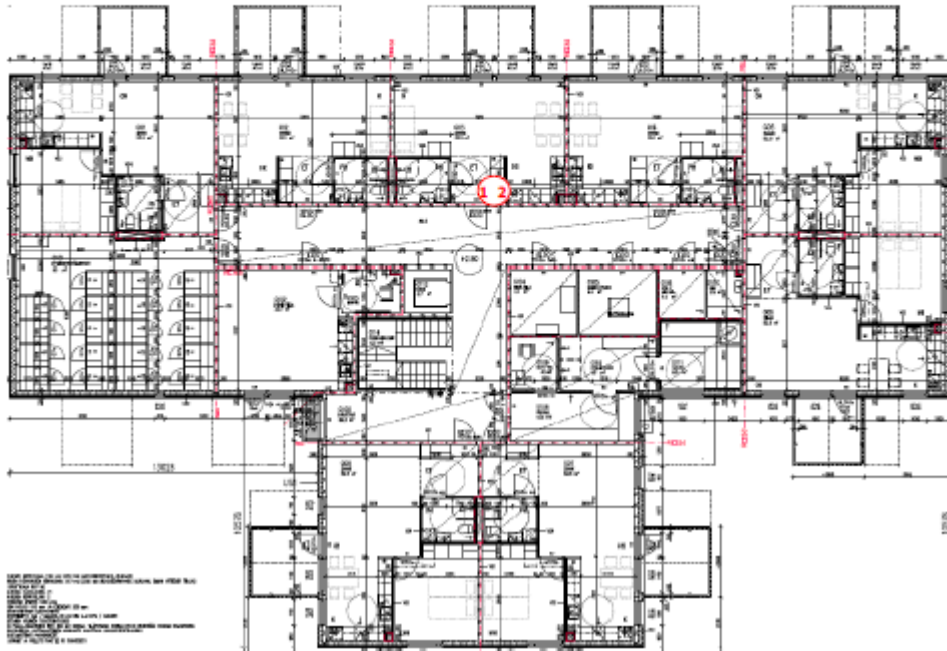
Y-tunnus : 2088499-0  
Kotipaikka: Vantaa  
www.cramo.fi





**C R A M O**

Mittauspöytäkirja

**KÄYTETTY MITTAUSKALUSTO**

X	Vaisala HMP 42/44 -anturi / HMI 41	Tarkkuus: ± 2 % RH (0...90 % RH) ± 3 % RH (90...100 % RH) Lämpötilassa + 20 °C
	Vaisala HMP 46 - anturi / HMI 41	Tarkkuus: ± 1 % RH (0...90 % RH) ± 2 % RH (90...100 % RH) Lämpötilassa + 20 °C

**YHTEENVETO**

Paikka ja aika:	24.4.2014
Raportin laatija:	Mäkinen Jukka
Jakelu	Laitila Petri, Vainionpää Jarkko

Cramo Finland Oy  
Vasaratie 11  
65350 Vaasa

Puhelin :  
Faksi :  
S-posti :

Y-tunnus : 2088499-0  
Kotipaikka: Vantaa  
www.cramo.fi





Lemminkäinen Talo Oy / Toimintajärjestelmä  
Kostaudenhallintasuunnitelma  
Tj5.1\_L04

Työmaan nimi: Sorsantien Palvelukeskus ja senioritalo  
Suunnitelman laati: Laitila Petri

Työnumero: \_\_\_\_\_  
pvm: \_\_\_\_\_ 11.6.2013

1. KOSTEUSRISKIEN KARTOITUS		
	TYÖMAALLA HUOMIOITAVAT VAATIMUKSET SEKÄ SOVITUT RATKAISUT JA TOIMENPITEET	KÄYTY LÄPI PVM. JA KUITTAUS
1.1. Salaojat	Huolehditaan, että salaojaputkien asennus on suunnitelmien mukainen. <i>=&gt; Korkeiden tarkastaminen</i>	<b>OK</b> 31.5.2013
	Salaojituskerroksen maa-aines vettä läpäisevää, kapillaarinen nousu vähäistä. Anturan läheisyydessä sekä maanvaraisen laatan alle tulee kapillaarisen veden nousun katkaisevaa maa-ainesta, esim. sepeli 6-30mm. <i>=&gt; Täyttömaasta rakeisuuskäyrät maa-aineksen toimittajalta</i>	<b>OK</b> 31.5.2013
	Salaojaputkea ympäröivän salaojituskerroksen tulee olla putken alla ja sivuilla vähintään 0,1 m ja päällä vähintään 0,2 m. <i>=&gt; Kerrospaksuuksien tarkastaminen</i>	<b>OK</b> 19.6.2013
	Tarkastuskaivot puhdistetaan ennen rakennustöiden loppukatselmusta. Salaojaputkien toiminta tarkistetaan ja putkistot puhdistetaan. <i>=&gt; Putkiston puhdistaminen ja toiminnan tarkastaminen</i>	
1.2 Perustus- rakenteet	Maata vasten olevien seinien pinnassa vesieriste. Saumat tiiviit, eriste ehjä. Eristekerroksen mekaanista rasitusta vähennetään suojaamalla seinärakenne vesieristyksen jälkeen esim. patolevyllä (patolevyjä ei kuitenkaan saa kiinnittää vesieristeen läpi). <i>=&gt; Vedeneristeen tiiviyn tarkastaminen</i>	<b>OK</b> 18.8.2013
	Perusmuurin ja sokkelipalkin vierellä tulee olla vähintään 200 mm salaojituskerros, jonka tulee ulottua vähintään 100 mm salaojaputken alapuolelle. Mikäli anturan alla ei ole salaojituskerrosta, perusvedet ohjataan pois talon alta anturan läpi viedyllä putkella (esim. d=30 mm k=1m) <i>=&gt; Salaojituskerroksen / putkituksen tarkastus</i>	<b>OK</b> 20.7.2013
	Kellarin seinärakenteen ja sokkeleiden vedenpoiston tulee toimia myös rakennuksen käyttöaikana (ei saa tukkia esim. vedeneristystyössä). Veden pääsyn estämiseen elementtien eristetilaan tulee myös työaikana kiinnittää erityistä huomiota (sääsuojaus). Myös eristetilan tuuletuksen tulee toimia (ei saa täytyä työaikana). <i>=&gt; Seinärakenteen vedenpoiston ja rakenteiden suojauksen tarkastus</i>	<b>OK</b> 18.8.2013
	Kellarin seinien sisäpinnan kuivuus, rakennekosteuden tulee poistua riittävästi ennen seinien päällystämistä. <i>=&gt; Kosteusmittaus</i>	
1.3 Alapohjat	Maanvaraisen laatan alla tulee olla vähintään 200 mm kapillaarisen veden nousun katkaisevaa sepeliä (6-30 mm). Laatan alla tulee lisäksi olla kauttaaltaan lämmöneriste. Laatan alla menevät putket tulee eristää niin, etteivät ne lämmitä maaperää. <i>=&gt; Kerrospaksuuden tarkastaminen, maa-aineksesta rakeisuuskäyrät ja putkien eristyksen tarkastus</i>	<b>OK</b> 4.6.2013
	Rakennekosteuden on poistuttava riittävästi ennen lattian päällystämistä. Jos lattiaan tulee lattialämmityspotkia, kosteusmittauspisteet tulee merkitä etukäteen. <i>=&gt; Kosteusmittauspisteiden merkitseminen</i>	<b>OK</b> 22.12.2013
	Alapohjan sepelikerrokseen asennettavat radon-putkitukset poistavat myös alapohjan alta ylöspäin mahdollisesti nousevaa vesihöyryä. Radon-putkitusten suunnittelussa (lisäputkitarve) ja käytössä kannattaakin ottaa huomioon menetelmällä saavutettava kosteustekninen hyöty. <i>=&gt; Maanvaraisen lattiarakenteen kuivattaminen huomioidaan</i>	



	<p>Ryömintätilan maanpinta muotoillaan salaojiin päin ja varmistetaan ettei tilaan jää vettä kerääviä painanteita. Toteutus muuten suunnitelmien mukainen. Ryömintätilaan ei myöskään saa jäädä rakennusjätettä eikä lahoavaa orgaanista ainetta.</p> <p>=&gt; <i>Ryömintätilan tarkastus.</i></p>	<input checked="" type="checkbox"/> ok 17.2.2013
	<p><b>TYÖMAALLA HUOMIOITAVAT VAATIMUKSET SEKÄ SOVITUT RATKAISUT JA TOIMENPITEET</b></p>	<p><b>KÄYTY LÄPI PVM. JA KUITTAUS</b></p>
1.4 Julkisivut	<p>Veden pääsyn estämiseksi rakenteisiin, betoniulkoseinien saumaustyöhön ja liitosrakenteisiin tulee kiinnittää erityistä huomiota.</p> <p>=&gt; <i>Suojauksen, saumausten ja liitosten tarkastaminen</i></p>	<input checked="" type="checkbox"/> ok koko ajan
	<p>Työnaikaisen kastumisen estämiseksi seinärakenteet tulee suojata kuljetuksen ja asennuksen aikana. Erityistä huomiota tulee kiinnittää kevyiden seinien sääsuojaamiseen asennusaikana. Villotetut levyseinäelementit ovat kastuessaan alttiita mikrobivaurioille.</p> <p>=&gt; <i>Työn- ja kuljetuksen aikaisen suojauksen huomioiminen.</i></p>	<input checked="" type="checkbox"/> ok koko ajan
	<p>Tiiliverhouksen ja sokkelin välissä kapilaarikatko. Tiilimuurattujen julkisivujen kohdalla huolehditaan, ettei muurauslaasti tuki tiilimuurauksen takana olevaa tuuletusrakoa sekä varmistetaan, että kahdella alimmalla tiilirivillä joka kolmas pystysauma on auki.</p> <p>=&gt; <i>Julkisivun tuuletusraon ja pystysaumojen tarkastaminen (ei laastipurseita)</i></p>	<input type="checkbox"/>
	<p>Kevyissä ulkoseinissä huolehditaan, että höyrynsulku on tiivis ja mahdollisesti vaurioituneet (esim. kastumisen seurauksena) kipsilevyt korvataan uusilla. Tuulensuojavillalevyt asetetaan tiiviisti ja limitetään kerroksittain.</p> <p>=&gt; <i>Kevyiden ulkoseinäelementtien tarkastaminen</i></p>	<input checked="" type="checkbox"/> ok 20.9.2013
	<p>Puisen julkisivuverhouksen alahelma viistetty, pintakäsittely ulotettu verhouksen viistereunaan, pellitys tehty oikein.</p> <p>=&gt; <i>Detaleiden läpikäynti aloituspalverin yhteydessä, malliasennus</i></p>	<input type="checkbox"/>
	<p>Julkisivun seinien ja ikkunoiden yksityiskohdissa (vesipellitusten kaltevuus, kittaukset jne.) tulee olla erityisen huolellinen ettei viistosade pääse tunkeutumaan rakenteisiin.</p> <p>=&gt; <i>Detaleiden läpikäynti aloituspalverin yhteydessä, malliasennus</i></p>	<input checked="" type="checkbox"/> ok 17.10.2013
1.5 Yläpohja ja vesikatto	<p>Höyrynsulun ehjyys, tiiveys ja liitosten limitys.</p> <p>=&gt; <i>Tarkastetaan, että höyrynsulkumuovi on ehjä</i></p>	<input checked="" type="checkbox"/> ok 19.2.2014
	<p>Mineraalivillalevyt tulee asentaa tiiviisti ja limitää kerroksittain.</p> <p>=&gt; <i>Tarkastus</i></p>	<input type="checkbox"/>
	<p>Suojataan vesikaton lämpöeristeet kastumiselta työn aikana. Vesikattotöitä ei saa tehdä sateessa. Keskeneräiset rakenteet tulee suojata kastumiselta.</p> <p>=&gt; <i>Suojaus ja lämmöneristeiden kuivuuden tarkastus</i></p>	<input type="checkbox"/>
	<p>Aluskatteen ehjyys, vesikaton läpiviennit ja työn suoritustapa</p> <p>=&gt; <i>Työnaikainen seuranta ja tarkastus</i></p>	<input type="checkbox"/>
1.6 Välipohjat	<p>Välpohjarakenne asuinhuoneiden puolella: 300 mm ontelolaatta + mm mineraalivilla tai EPS + 50 mm pintabetonilaatta. Ontelolaataston tulee kuivua alla 90 % RH:een ja pintojen tulee olla puhtaita ennen eristeen asennusta. (Rakenteessa ei suositella asennettavaksi muovikalvoa eikä kovalevyjä mikrobiriskin vuoksi. Muovikalvon tilalla voidaan käyttää suodatinkangasta)</p> <p>Ontelolaataston ja pintavalujen kuivuus ennen pintarakenteita materiaalitöittäjän ohjeita vastaavaksi. Rakenteen kuivattamisesta tarkemmin kohdassa 2.</p> <p>=&gt; <i>Kosteusmittaus</i></p>	<input checked="" type="checkbox"/> ok 19.1.2014



	<p>Kosteiden tilojen kohdalla runkobetonin tulee kuivua 90%:n RH-kosteuspitoisuuteen ennen eristystöiden aloittamista. Märkätiloissa ei yleensä suositella käytettäväksi kelluvaa lattiarakennetta. Tämä rakenne voi aiheuttaa riskejä vesieristeen toimivuudelle (seinän ja laatan liittymät / käyristelyt; lattiakaivon ja kelluvan laatan liitos). Rakenteeseen tulee lattialämmitys. Pintalaatan tulee kuivua vedeneristeen edellyttämän RH-arvon alapuolelle ennen vedeneristeen levitystä. Lattialämmitystä suositellaan käytettäväksi ennen laatan vedeneristystöitä. Kosteusmittauskohdat merkitään ennen pintavalua.</p> <p>=&gt; <i>Kosteusmittauspisteiden merkitseminen ennen pintavalua, kosteusmittaus</i></p>	ok	10.2.2014	
	<p><b>TYÖMAALLA HUOMIOITAVAT VAATIMUKSET SEKÄ SOVITUT RATKAISUT JA TOIMENPITEET</b></p>	<p><b>KÄYTY LÄPI PVM. JA KUITTAUS</b></p>		
	<p>Väestösuojan katto on kosteusteknisesti kriittinen. Runkolaatan pintaosien tulee olla kuivat ja puhtaat ennen kevytsorakerrosten asennusta. Kevytsorakerrokseen ei saa päästä vettä. Kerrokseen asennetaan salaojaputkista työmaa-aikainen kuivatusjärjestelmä, jota voi tarvittaessa käyttää myöhemmin rakennuksen käyttöaikana. Kevytsoran ja pintabetonilaatan väliin suositellaan asennettavaksi 50 mm:n eps-levyt pintabetonin halkeiluriskin pienentämiseksi.</p> <p>=&gt; <i>Kuivatusstarve huomioitu</i></p>	ok	P.Laitila	
1.7 Märkätilat	<p>Seiniin ja lattioihin tulee siveltävä vedeneriste ja keraamiset laatat. Varmistetaan vedeneristeen pitkäaikaiskestävyys ja hyväksyntä. Ennen vedeneristeen asennusta betonin tulee kuivua vedeneristemateriaalin edellyttämällä RH-tason alapuolelle, joka on yleensä 90% RH.</p> <p>=&gt; <i>Kosteusraja-arvo tarkistetaan vesieristeen toimittajalta</i></p>	ok	P.Laitila	
	<p>Lattialämmitystä tulee käyttää ennen vedeneristeen asennusta, jotta rakennekosteus poistuisi tehokkaammin rakenteesta ja rakenne kutistuisi riittävästi ennen laatoitustöitä. Lämpö suljetaan ajoissa ennen eristystöitä ja työn jälkeen kytketään uudelleen päälle lisäten lämpöä vähitellen.</p> <p>=&gt; <i>Tarkastus ja työn seuranta</i></p>	ok	p.Laitila	
	<p>Varmistetaan, että lattioiden kallistukset ovat vähintään 1:100, lattiakaivon läheisyydessä 1:50. Vedeneristeen ja lattiakaivon yhteensopivuus tulee varmistaa. Lattiakaivon korokerenkaiden rakenteeseen ja liitoksen tiiviyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Rakenteiden nurkat, kulmat ja läpiviennit vahvistetaan ja tiivistetään hyväksytyillä vedeneristysvahvistuksella ja massalla.</p> <p>=&gt; <i>Aineiden yhteensopivuus tarkistettu ja työn seuranta</i></p>	ok	P.Laitila	
	<p>Keraamisten laattojen kiinnittämiseen tulee käyttää muodonmuutoskykyistä laastia. Laattojen nurkasaumoihin sekä seinä- ja lattialaatoituksen välisiin saumoihin käytetään saniteettisilikonia.</p> <p>=&gt; <i>Tarkastus ja työn seuranta</i></p>	ok	P.Laitila	
	<p>Vedeneristystyön suorittamiseen kiinnitetään erityistä huomiota mm. työntekijän pätevyys ja ilman vaihto ym.</p> <p>=&gt; <i>Tarkastus ja työn seuranta</i></p>	ok	P.Laitila	
1.8 Parvekkeet	<p>Parvekkeen työnaikaiseen vedenpoistoon kiinnitetään erityistä huomiota, ettei vettä pääse kulkeutumaan seinärekenzeisiin ja rakennuksen sisäosiin. Lopullisen vedenpoistojärjestelmän toimivuus tulee varmistaa</p> <p>=&gt; <i>Kaatojen ja vedenpoiston toimivuuden tarkastaminen</i></p>	ok	P.Laitila	
1.9 Pintavedet	<p>Varmistetaan, että pintavedet ja kattovedet ohjautuvat pois rakennuksen vierustoilta eikä niitä ohjata salaojaverkostoon ja että rakennuksen seinustoilla on vettä pidättävä seinästä poispäin kalteva kerros.</p> <p>=&gt; <i>Varmistetaan, että pintavedet ohjautuvat sadevesiviemäriin, ei salaojiin.</i></p>	ok	P.Laitila	
<p><b>2. RAKENTEIDEN KUIVUMISAIKA-ARVIOT / PÄÄLLYSTÄMINEN</b></p>				
Rakenne	Sijainti	Päällystemateriaali	Tavoite-kosteus	Kuivumisaika-arviot ja toimenpiteet
AP1	Kuivat tilat	Muovimatto	Rakenne	200mm paksun maanvaraisen laatan kuivuminen K30 betonista



Lemminkäinen Talo Oy / Toimintajärjestelmä  
Kostaudenhallintasuunnitelma  
Tj5.1\_L04

			85 %	valettaessa ja olosuhteiden ollessa 50% RH ja T 20°C (ei kastumista) kestää 90%:n RH noin 20 viikkoa ja 85% RH:n yli 30 viikkoa. (Rakenteessa parempi vaihtoehto olisi valmiiseen pintaan valettu 150 mm:n laatta. Kuivumisaika on tämän rakenteen osalta kriittinen. Rakenteessa kannattaa harkita nopeammin kuivuvien betonien käyttöä.
AP2	Kosteat tilat	Vedeneriste + keramiset laatat	90 %	Noin 80mm paksu betonirakenne, alla eps. Olosuhteet: ei kastu, kuivuminen noin 50% RH ja T 20°C. Normaali betoni K30, kuivuminen 90% RH:n noin 7 viikkoa, 85%:n RH:n noin 12 viikkoa. Lattiarakenteilla on aikataulun puitteissa hyvät mahdollisuudet kuivua tavoitekosteuteen, kun huolehditaan, että kohteessa on riittävästi lämpöä (n.20°C) ja riittävän alhainen sisäilman RH (n.50%). Lattialämmityksen mahdollisimman varhaisella käyttöön otolla edistetään kuivumista. Lattialämmitystä tulee käyttää ennen vedeneristeen asennusta betonin asianmukaisen jälkihoidon jälkeen.
AP3	Keittiöt	Akryylibetoni	90 %	Rakenne on päällystettävissä aikataulun puitteissa. Hyväksyttävä kosteustaso n. 90 - 95%RH
VP1	Asuinhuoneet	Kelluva lautaparketti	Runko 90 % Pintalaatta 85 %	Ontelolaatan RH tulee olla alle 90% (3cm syvyydeltä mitattuna) ja pintojen tulee olla puhtaat ennen äänieristyslattian tekoa. Kosteustason saavuttaminen aikataulun mukaisesti edellyttää, että laatalta mahdollisesti oleva vapaa vesi poistetaan ja lisäveden pääsy estetään sekä kuivatusajaksi kohteeseen saadaan riittävä lämpö (n. 18°C) ja n. 50-60%RH.
VP2				
VP3				

### 3. OLOSUHDEHALLINTA

#### 3.1 Kastumisen estäminen / suojaukset

Osa-alue	Työmaalla huomioitavat vaatimukset sekä sovitut ratkaisut ja toimenpiteet	Vastuuhenkilö / kuittaus
Rungon suojaaminen kastumiselta	Elementtien saumavalut tehdään mahdollisimman pian tiiviiksi. Tiivistetään yläpuolisen holvin aukot. Tarvittaessa ulkoseinien aukoissa käytetään suojapeitteitä	Työnjohtaja ok
Materiaalien kastumisen estäminen	Sovitaan toimitusten oikea-aikaisuus, edellytetään kuljetuksen aikaista suojausta. Suunnitellaan varastointipaikat ja menetelmät ajoissa. Noudatetaan valmistajan antamia ohjeita varastoinnin suhteen.	Hankinta, vastaava mestari ja työnjohtaja ok
Keskeneräisten rakenteiden suojaus	Suojataan keskeneräiset rakenteet kastumiselta. Erityistä huomiota tulee kiinnittää ulkoseinien villoitusten ja kevytelementtien työnaikaiseen suojaamiseen. Keskeneräiset ulkoseinärakenteet suojataan laskemalla vesikatolta pressuhuutus seinän suojaksi.	Työnjohtaja ok
Vesivahingot	Vesivahingon sattuessa rakenteisiin päässyt vesi poistetaan välittömästi. Työmaalle hankitaan vesi-imuri. Tutkitaan etukäteen mistä kuivauslaitteita tarvittaessa saa nopeasti työmaalle. Valistetaan työntekijöitä ja aliurakoitsijoita veden "vaarallisuudesta", jotta he kukin osaltaan huolehtisivat, ettei heidän työsuorituksensa seurauksena rakenteisiin pääse ylimääräistä kosteutta (esim. timanttikorauksesta). Tarkistetaan patteriverkoston liitosten vedenpitävyys pattereiden kiinnityksen jälkeen (etenkin väliaikaisen irroituksen jälkeen) sekä pattereiden tulppaus.	Vastaava mestari, Työnjohtaja ok

#### 3.2 Rakenteiden kuivatus

Osa-alue	Työmaalla huomioitavat vaatimukset ja reunaehdot sekä sovitut ratkaisut ja toimenpiteet	Vastuuhenkilö / kuittaus
Tavoiteolosuhde	Kun rakennuksen vaippa on tiivis, pyritään saamaan huonetiloihin noin +20°C:n lämpötila ja alle 50%:n ilman suhteellinen kosteus.	Vastaava mestari ok
Ulkoilman olosuhteiden	Kuivatusjakso ajoittuu tammi-toukokuulle. Jakson aikana ulkoilman	Työnjohtaja ok



Lemminkäinen Talo Oy / Toimintajärjestelmä  
Kostaudenhallintasuunnitelma  
TJ5.1\_L04

vaikutus	kosteussisältö on pieni ja sisäilman kuivaus onnistuu helposti nostamalla sisäilman lämpötilaa. Rungon tuuletus onnistuu luonnollista tietä painovoimaisesti.	
Rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän hyödyntäminen	Oma lämmitysjärjestelmä pyritään saamaan toimintakuntoon mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Sovitaan asia LVI-urakoitsijan kanssa.	Vastaava mestari ok
Lisälämmitys- ja kuivatuslaitteiden tarpeen määrittäminen	Seurataan mittauksin sisäilman RH:ta ja lämpötilaa. Mikäli tavoitetasoa ei saavuteta normaalein toimenpitein, käytetään tarvittaessa lisälämmitys- ja kuivatus laitteita. Lisälämmitystarvetta voi olla myös alkukesällä. Ilman kiertoa voidaan tarvittaessa lisätä erilaisilla puhaltimilla. Kuivaajien käyttötarve määritetään sisäilman kosteusmittaustulosten perusteella (jos RH:ta ei muuten saada lähelle tavoitetta).	Vastaava mestari ok
Kuivatussuunnitelma	Kohteeseen ei tarvita erillistä alueellista kuivatussuunnitelmaa. Kuivatustoimenpiteistä päätetään tapauskohtaisesti kosteusmittausten perusteella.	Vastaava mestari, työnohjaaja
<b>4. KOSTEUSMITTAUSSUUNNITELMA</b>		
<b>Toimenpide</b>		<b>Vastuuhenkilö / kuittaus</b>
Suoritettavat mittaukset	Sisäilman suhteellinen kosteus RH(%) ja lämpötila tavoiteltavien kuivumisolosuhteiden saavuttamisen varmistamiseksi. Ontelolaattojen kosteus ennen ääneneristyslattian tekoa. Kosteiden tilojen lattia kosteus noin 4 viikkoa ennen arvioitua vedeneristystyön aloitusta (seurantamittaus) sekä päälystettävyyssmittaus ennen vedeneristystyön aloittamista. Kosteiden tilojen betoniseinästä ennen vedeneristystyön aloittamista. Ääneneristyslattian eristetilan ja pintalaatan kosteusmittaukset (seurantamittaukset ja päälystettävyyssmittaukset) Väestönsuojan kattorakenteiden mittaukset. Mahdollisesti kastuneiden rakenteiden mittaukset.	Vastaava mestari ok
Mittausmenetelmän ja laitteiston valinta	Sisäilmamittaukset ja rakennekosteusmittaukset tehdään suhteellisen kosteuden mittaukseen tarkoitetuilla laitteilla. Päälystettävyyssmittauksia ei tehdä pintakosteudenosoittimilla.	Ulkopuolinen kosteusmittaaja
Mittalaitteiden kalibrointi Mittaustyöntekijä	Suhteellisen kosteuden mittalaitteilla tulee olla enintään kuuden kuukauden ikäinen todistus kalibroinnista.	Ulkopuolinen kosteusmittaaja
Mittausten laajuus ja ajankohta	Ensimmäinen rakennekosteusmittaus tehdään pian sen jälkeen kun kohteen vaippa on ummessa ja lämpö päällä, jolloin saadaan käsitys rakenteiden kosteustilasta ja kuivatustarpeesta. Seuraava mittaus vähintään 2 viikkoa ennen aiottua päälystystyön aloitusta ja viimeinen mittaus vähän ennen päälystystyötä.	Vastaava mestari ok
Tulosten käsittely	Mittaustulosten perusteella todetaan rakenteiden riittävä kuivuminen. Varmistetaan, että päälystettävien betonirakenteiden kosteus alittaa päälystemateriaalien edellyttämän suhteellisen kosteuden arvon. Mittausraportti liitetään työmaa-asiakirjoihin. Mittausraporteissa tulee tulosten lisäksi olla tarkka mittausmenetelmäkuvaus (mittalaitteet, mittausajat, mittauspisteet jne.)	Vastaava mestari ok

Suunnitelman hyväksyntä

18.5.2013 Vaasa

Petri Laitila

Päiväys ja paikkakunta

Vastaava mestari