

# **Lattiapäällysteiden kosteudenläpäisevyys**

Lattiarakenteen kosteuden mittaustulosten vertailu



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri

Kevät 2019

Harri Nyman

Insinööri  
Visamäki

---

<b>Tekijä</b>	Harri Nyman	<b>Vuosi</b> 2019
<b>Työn nimi</b>	Lattiapäällysteiden kosteuden läpäisevyys. Lattiarakenteen kosteuden mittaustulosten vertailu	
<b>Työn ohjaajat</b>	Anssi Knuutila, HAMK, Juhani Pirinen, FCG Oy	

---

## TIIVISTELMÄ

Maanvaraisten alapohjien lattiapäällyste on vaarassa vaurioitua maaperästä rakenteesseen nousevan kosteuden takia, kun lattian pinnoitteen vesihöyryn läpäisykyky on pienempi kuin maasta nousevan kosteuden määrä.

Tämä opinnäytetyö on osa FCG Oy:n tutkimushanketta, jossa selvitetään lattiapäällysteiden vesihöyrynläpäisevyyksiä sekä pintakosteustarkastelun tulosten luotettavuutta. Opinnäytetyön tarkoituksena on verrata kosteusmittaustuloksia ja pintakosteusosoittimen lukemien soveltuvuutta selvittäessä päällysteen alla olevaa kosteuspitoisuutta.

Seitsemän lattiapäällysteen ja betonilaatan rajapinnan kosteuspitoisuus ja lattiapäällysteen pintakosteusarvio mitattiin helmikuussa ja syyskuussa 2018. Tutkittaviin rakenteisiin eri päällysteiden alla porattiin mittapiste 3 mm syvyyteen betonilaatan pinnasta. Pintakosteuden arvot kerättiin viidestä pisteestä ja laskettiin niiden keskiarvo.

Tutkimuksessa selvisi, ettei ympäristön kosteuspitoisuus suuresti vaikuta päällysteen ja betonilattian rajapinnan kosteuspitoisuuteen johtuen tiiviin päällysteen eristävydestä. Pintakosteudenosoittimella saaduista matalista arvoista huolimatta, päällysteen ja betonilattian rajapinnassa voi olla materiaaleja vahingoittava kosteuspitoisuus.

Johtopäätöksenä mittaustulosten avulla voidaan todeta pintakosteudenosoittimen lukeman linjautuvan huokosilman kosteuspitoisuuden kanssa. Suhteellista kosteutta on vaikeampi arvioida lämpötilan vaikutuksen vuoksi. Sisäilmatutkijan on tiedettävä mitä materiaalia päällyste on ja millä tasolla pintakosteudenosoitin on verrattuna kosteuspitoisuuden Lisätutkimuksia olisi tehtävä lämpötilamuutosten vaikutuksesta pintakosteudenosoittimella saatuihin arvoihin. Savipäällysteen pintakosteuden arvot vääristyivät korkeiksi tuntemattomasta syystä. Syytä tähän olisi tutkittava tarkemmin.

**Avainsanat** kosteuden mittaaminen, lattiapinnoitteet, maanvarainen betonilaatta, pintakosteustarkastelu

Degree Programme in Construction Engineering  
Visamäki

---

<b>Author</b>	Harri Nyman	<b>Year</b> 2019
<b>Subject</b>	Moisture permeability of floor coating and the results of measurement comparison of floor structure moisture.	
<b>Supervisors</b>	Anssi Knuutila, HAMK, Juhani Pirinen, FCG Oy	

---

#### ABSTRACT

The coating of a ground supported floor structure is at risk of being damaged by rising moisture from the ground to the structure when the water vapor permeability of the floor coating is lower than the amount of moisture rising from the ground.

This Bachelor's thesis is a part of research project by FCG Design and Technology Ltd. The project aims to find out water vapor permeability of various floorings and the reliability of the results of the surface moisture analysis. The purpose of thesis was to present the obtained measurement results and to analyze the suitability of the readings obtained with the surface moisture meter based on the measurement results in determining the moisture content beneath the coating.

The moisture content of seven floor coverings and concrete slab surfaces and the surface moisture assessment of the floor covering were examined in February and September 2018. A measuring point was drilled to a depth of 3 mm from the surface of the concrete slab. The surface moisture values were collected from five points and the average was calculated.

It was found out, that the moisture content of the environment does not significantly affect the moisture content of the coating and the concrete floor interface. Despite the low values obtained with the surface moisture meter, the interface between the coating and the concrete floor may have a moisture content that damages the materials.

Based on the measurement data it can be stated that the reading of the surface moisture meter is in line with the moisture content of the pore-air under the coating. Under the floor covering, relative humidity is more difficult to assess because the temperature is an effective factor in relative humidity. As an indoor air specialist needs to know what material the coating is and the level of the surface moisture meter he is using is in comparison with the moisture content. Further studies should be carried out on the impact of temperature changes to the values obtained by the surface moisture meter.

**Keywords** humidity measurement, surface moisture analysis, floor coating, ground-bearing concrete slab

**Pages** 28 pages



# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
2	RAKENNUSFYSIKKAALINEN TOIMINTA MAANVASTAISISSA BETONILAATOISSA .....	2
3	LÄMMÖN JA KOSTEUDEN SIIRTYMINEN RAKENTEISSA .....	4
3.1	Johtuminen .....	4
3.2	Säteily .....	4
3.3	Konvektio .....	4
3.4	Diffuusio .....	5
3.5	Vesihöyryn konvektio .....	5
3.6	Kapillaarisuus .....	5
3.7	Painovoimainen siirtyminen .....	6
4	VEDEN SITOUTUMINEN RAKENNUSAINESIIN .....	7
4.1	Hygroskooppinen tasapainokosteus .....	7
4.2	Kapillaarinen kosteustasapaino .....	7
4.3	Kosteuskapasiteetti .....	7
4.4	Betonin vesihöyryn läpäisevyyden vaihtelu .....	8
5	KOSTEUDEN MITTAAMINEN .....	9
5.1	Mittalaitteet .....	9
5.2	Poranreikämittaus .....	9
5.3	Näytepalamittaus .....	10
5.4	Punnitus-kuivausmenetelmä .....	11
5.5	Viiltomittaus .....	11
5.6	Pintakosteustarkastelu .....	11
6	TUTKIMUS .....	12
6.1	Tutkimuksen tavoite .....	12
6.2	Tutkimuksen betonilaatta .....	12
6.3	Tutkimuksessa olevan betonilaatan rakenne .....	12
6.4	Tutkimuksessa käytetty mittauskalusto .....	13
6.5	Tutkimuksen lattiapäällysteet .....	16
6.6	Lattiapinnoitteet .....	17
6.7	Tutkimuksessa mukana olevien lattiapäällysteiden valmistajan ilmoittamat kosteudenläpäisevyydet .....	17
7	MITTAUSTULOKSET .....	20
7.1	Opinnäytetyöhön valitut päällysteet .....	20
7.2	Mittausten tarkkuus .....	20
7.3	Alapohjarakenteen alkuarvot .....	20
7.4	Mittauskalusto .....	21
7.5	Mittaustulokset .....	21

8	TUTKIMUKSEN TULOKSIEN TARKASTELU JA POHDINTA .....	23
9	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	26
	LÄHTEET.....	28

## KÄSITTEET

### **Absoluuttinen kosteus, a**

Materiaalin tai kaasun sisältämän vesihöyryn määrä tilavuuden suhteen. (g/m<sup>3</sup>)

### **Absorbtiio**

Atomien, molekyylien tai ionien sitoutuminen johonkin aineeseen.

### **Desorbtiio**

Absorbtiion vastakohta; atomien, molekyylien tai ionien vapautuminen jostakin aineesta.

### **Emissio**

Energian tai hiukkasten siirtyminen materiaalista ympäristöön.

### **Plastaatti**

Kemiallinen yhdiste, jota käytetään pehmittimenä ja lisää juoksevuuksia. Rakennustuotteissa esimerkiksi matoissa ja liimoissa. Mutta myös jokapäiväisessä elämässä kuten shampoissa.

### **Hygroσκοoppisuus**

Materiaalin kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta ilmaan.

### **Kapasitanssi**

Kapasitanssi on sähköstaattiseen systeemiin liittyvä suure, joka kertoo systeemiin varastoituneen sähkövarauksen systeemin osien välisen sähköisen potentiaalieron suhteen.

### **Kapillaarisuus**

Huokosalipaineen paikallisten erojen aiheuttamaa nesteen siirtymistä huokoisessa aineessa.

### **Kyllästymiskosteus**

Tietyn lämpöinen ilma pystyy sisältämään enimmillään vain tietyn määrän vesihöyryä. Tilaa, jossa ilma sisältää maksimimäärän vesihöyryä kutsutaan kyllästymiskosteudeksi.

### **Lattiapinnoite**

Tässä työssä lattiapinnoitteella tarkoitetaan telalla tai lastalla levitettäviä lattiapinnoitteita.

### **Lattiapäällyste**

Tässä työssä lattiapäällysteellä tarkoitetaan yleisnimitystä kaikille tutkimuksessa käsiteltäville päällysteille ja pinnoitteille.

### **Suhteellinen kosteus**

Suhteellinen kosteus RH kertoo olemassa olevan vesihöyryn määrän suhteen maksimikosteuspitoisuuteen eli kyllästymiskosteuteen nähden tietyssä lämpötilassa. (%)

### **Vesihöyryn diffuusio**

Kaasuseoksessa vakiopaineessa tapahtuva vesimolekyylien liike, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksen höyrypitoisuus- tai höyryn osapaine-eroja. Vesimolekyylit liikkuvat korkeammasta osapaineesta matalampaan osapaineeseen päin.

### **Vesihöyryn konvektio**

Vesihöyryn konvektiolla tarkoitetaan ilmavirtauksen mukana siirtyvää vesihöyryä.

### **VOC**

Volatile organic compound; haihtuva orgaaninen yhdiste



## 1 JOHDANTO

Työssäni rakennusterveysasiantuntijana olen ollut mukana tutkimuksissa, joissa maanvastaisen lattian päällysteiden VOC- emissio, eli haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrä sisäilmassa, on tavanomaista suurempi. VOC-emissiot aiheuttavat joillekin tilojen käyttäjille oireita. Joskus päällysteistä irtoava haju koetaan epämiellyttävänä.

Betonilattioiden emissioiden ja suhteellisen kosteuden välillä on selvä korrelaatio. Emissiot kasvavat suhteellisen kosteuden noustessa. Kriittisenä betonin suhteellisen kosteuden arvona voidaan pitää 85 %:a, kun kosteus on mitattu välittömästi muovimaton alta. (Merikallio, jne., 2007, 38)

Kuntotutkimuksissa tutkijat joutuvat pohtimaan lattiapäällysteen kuntoa alla olevan rakenteen kosteuspitoisuuden ja suhteellisen kosteuden sekä pintakosteustarkastelun tulosten perusteella, koska tarvittavan laajat poranreikä- tai näytepalamittaukset ovat tilan käytön takia poissuljettuja.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on vertailla lattiapäällysteen ja betonin rajapinnasta mitattuja suhteellisen kosteuden arvoja ja kosteuspitoisuutta pintakosteuskartoituksella lattiapäällysteen päältä saatuihin lukemiin. Tutkimuksessa vertaillaan eri päällysteiden vaikutusta suhteellisen kosteuden ja kosteuspitoisuuden sekä pintakosteusosoittimen välisiin arvoihin.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten pintakosteusosoittimella saatuja tuloksia voidaan käyttää arvioitaessa betonilaatan ja päällysteen rajapinnan kosteuspitoisuutta ja päällysteen kuntoa. Tutkimuksessa 1 m<sup>2</sup> kokoinen päällyste tutkittiin pintakosteusosoittimella viidestä kohdin ja laskettiin tuloste keskiarvo. Tulosta verrattiin poranreikämittauksella kolmen millimetrin syvyydestä saatuihin suhteellisen kosteuden ja huokosten ilmakehän kosteuden mittaustuloksiin.

## 2 RAKENNUSFYSIKAALINEN TOIMINTA MAANVASTAISISSA BETONILAATOISSA

Uusissa ja nuorissa rakennuksissa maan lämpötila on vielä selvästi alempi kuin sisäilman lämpötila. tällöin betonilaatan rakennuskosteus pääsee kuivumaan sekä alas- että ylöspäin. Mikäli betonilaatan alla käytetään EPS-, XPS- tai polyuretaanieristeitä, ne rajoittavat tai jopa estävät betonin kuivumisen alaspäin maapohjaan ja kuivuminen tapahtuu huoneilmaan. Solumuovieristetyn betonilaatan yläpinnan kosteuspitoisuus tasaantuu rakennuskosteuden poistuttua lähelle sisäilmaolojen mukaista tasapainokosteutta, ja pysyy siinä, jos lattianpäällyste on vesihöyryä läpäisevä tai päällyste on sisäilmaan tuuletettava. (RIL 255-1-2014, 2014, 154)

Betonilaatta on kosketuksessa märkään maahan, kun solumuovista eristettä tai muovikalvoa ei ole. Tällöin saattaa betonilaatta imeä maasta nesteenä olevaa kosteutta kapillaarisesti.

Betonilattialla on kyky imeä kapillaarista kosteutta ja siirtää sitä eteenpäin kapillaarihuokosissaan, esimerkiksi vasten lattiapäällystettä. Betonilattian kyky siirtää kosteutta riippuu betonin kapillaarihuokosten määrästä. Kapillaarihuokosten määrää betonissa kasvattaa suurempi betonin vesi-sideainesuhde (v/s), tällöin kasvaa myös kapillaarinen vedenimukyky ja betonilaatan läpi kulkeva kosteusvirta. (Merikallio, 2009, 11)

Lämpökenttä, joka muodostuu rakenteeseen vaikuttaa rakenteessa ja maaperässä olevan kosteuden sitoutumis- ja siirtymisilmiöön. (Merikallio, 2007, 29) Suurten rakennusten keskialueilla maapohjan osuus lattiarakenteen lämmönvastuksesta on iso, jolloin maapohja lämpenee miltei sisäilman lämpötilan tasolle. Lämpötila nousulla on merkitystä kosteuden kulkeutumisen kannalta. Maapohjan huokosilman vesihöyrynpitoisuus, jonka oletetaan olevan aina RH 100 %, ja kosteusgradientti sisäilmaan nähden kasvaa, kun maapohjan lämpötila nousee. (RIL 255-1-2014, 2014, 155) Lämmityskauden loppuessa laatan lämpötila saattaa laskea ja vesihöyryä alkaa nousta maapohjasta lattiaan ja laatan kosteuspitoisuus nousee. Maaperän ja betonilaatan välissä olevan lämmöneristyskerroksen vesihöyrynvastuksesta riippuu, miten paljon laatta ehtii kostua ennen seuraavan lämmityskauden alkua. Tämä korostuu lattialämmitystä käyttävissä rakennuksissa. (RIL 255-1-2014, 2014, 157)

Maaperästä diffuusiolla nouseva kosteus nostaa maanvastaisen laatan kosteuspitoisuutta, kun maaperä lämpenee iän myötä laajan rakennuksen keskiosalla ja/tai alapohjan lämmöneristeiden lämmöneristyskyky on huono. (Leivo, 1998, 35)

Betoni voi myös sitoa ja luovuttaa vesihöyrymuodossa olevaa kosteutta ja siirtää sitä diffuusiolla. Vaikka maanvaraisen betonilattiarakenteen alapuolisessa täyttökerroksessa ei olisikaan kapillaarista kosteutta, siellä voi olla hyvin korkea suhteellinen kosteus. (Merikallio, 2009, 11) Betonin vesihöyrynläpäisevyyteen vaikuttaa betonin tiiveys ja betonin kosteus. Tiiviimmässä betonissa kosteus liikkuu hitaammin. Betonin tiiveyteen vaikuttaa betonin lujuusluokka. Korkeammassa betonin lujuusluokassa betoni on tiiviimpää. Kosteammassa betonissa kosteus myös liikkuu paremmin. Käytettäessä matalan lu-

juusluokan betonia ja betonin kosteus on korkea, niin kosteuden liikkuminen kasvaa entisestään. (Merikallio, 2007, 30) Myös huoneilman korkealla kosteuspitoisuudella on vaikutusta betonilaatan yläpinnan kosteuspitoisuuden nousuun.

### 3 LÄMMÖN JA KOSTEUDEN SIIRTYMINEN RAKENTEISSA

Lämmön siirtyminen rakenteiden läpi tapahtuu kolmella tavalla, johtumalla, säteilemällä ja konvektion avulla tai näiden yhdistelmillä. (Siikanen, 1996, 37) Lämmön olemukseen kuuluu, että lämpö pyrkii tasoittumaan. (Björkholtz, 1997, 12) Kosteutta materiaaleissa voi siirtyä konvektiolla, diffuusiolla, painovoiman vaikutuksella sekä kapillaarisesti. Kosteus liikkuu aineessa ulkoisten voimien vaikutuksesta. Absorbtioksi kutsutaan kosteuden kulkeutumista aineeseen. Sorbtioksi kutsutaan kosteuden liikkumista aineen sisällä ja desorbtioksi kutsutaan kosteuden poistumista aineesta. (Siikanen, 1996, 53)

#### 3.1 Johtuminen

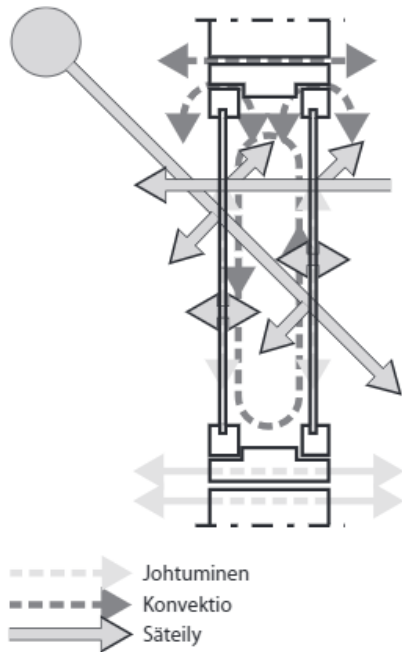
Lämmön johtuminen on molekyylien liike-energian siirtymistä molekyylistä toiseen. Lämpö siirtyy aina lämpimämmästä kylmempään päin. (Siikanen, 1996, 37). Esimerkkinä johtumisesta voisi käyttää lusikan pään upottamista kuumaan kahviin. Lämpö siirtyy johtumalla lusikan toiseen päähän ja polttaa sormia.

#### 3.2 Säteily

Lämpöenergian siirtymistä aaltoliikkeen välityksellä kutsutaan lämpösäteilyksi. Kaikki olemassa olevat kappaleet, joiden lämpötila ylittää absoluuttisen nollapisteen lähettävät säteilyä. (Siikanen, 1996, 37). Takkatuli on hyvä esimerkki lämmön säteilystä. Pesässä oleva tuli lämmittää ihoa usean metrin päässä

#### 3.3 Konvektio

Konvektio on lämmön siirtymistä kaasun, kuten ilman tai nesteen välityksellä. (Siikanen, 1996, 37) Konvektio on joko pakotettua tai luonnollista. Luonnollisen konvektion saa aikaan lämpötilaerot ja pakotettu konvektio voi olla esimerkiksi ilmanvaihdon aikaansaa-  
maa. Yleensä rakennuksissa on kyse luonnollisen ja pakotetun yhdistelmästä. (Björkholtz, 1997, 13)



Kuva 1. Lämmön eri siirtymismuodot ikkunassa esitettynä (Siikanen 2014, 40)

### 3.4 Diffuusio

Diffuusiolla tarkoitetaan vesihöyryn liikkumista rakenteiden läpi. Vesihöyryn liikkumisen aiheuttaa rakenteen eri puolilla oleva vesihöyryn osapaineen ero. Diffuusion suunta on yleisimmin lämpoisemmästä tilasta kylmempään tilaan päin. Mutta poikkeuksia myös esiintyy ja kosteus liikkuu kylmemmästä rakenteen osasta lämpimämpään päin. Kuitenkin tärkein vaikuttava tekijä kosteuden siirtymiseen diffuusion vaikutuksesta on tilojen vaikuttava kosteusero. Tällöin kosteus siirtyy välissä olevan rakenteen läpi siihen tilaan, jonka ilman vesihöyrynsapaine on pienempi. (Siikanen, 1996, 56)

### 3.5 Vesihöyryn konvektio

Esimerkiksi ilmanpaine-eron aiheuttaman ilmavirran mukana kulkeutuva vesihöyry tilasta toiseen reikien ja rakojen kautta on konvektion aiheuttamaa. Rakenteen eripuolella oleva paine-ero synnyttää konvektion ja paine-eron aiheuttaa mm. tuuli, lämpötilaero ja ilmanvaihtolaitteet. (RIL 250-2011, 70) Rakennuksissa konvektion aikaansaama vesihöyryn siirtyminen on suurempaa diffuusion verrattuna. Rakenteen sisällä voi tapahtua niin sanottua sisäistä konvektiota ilman tiheyserojen seurauksena. Ilman tiheyteen vaikuttaa rakenteen sisällä oleva lämpötilaero. (Siikanen, 1996, 56)

### 3.6 Kapillaarisuus

Materiaalien huokosissa vesi siirtyy huokosalipaineen vaikutuksesta. Huokosalipaineen aiheuttaa veden pintajännitysvoimat. Materiaali on tällöin kosketuksissa vapaaseen ve-

teen tai toiseen kapillaarisella kosteusalueella olevaan materiaaliin. Kapillaarisesti siirtyvä kosteus määrä voi olla hyvin suuri. Kapillaarinen veden siirtyminen loppuu, kun kosteustasapaino on saavutettu. Tällöin kosteus on noussut korkeudelle, jossa huokosalipaineen aiheuttama kapillaarinen imu ja painovoima ovat yhtä suuria. (RIL 250-2011, 71) Kapillaarista kosteudensiirtymää voi tapahtua, kun materiaali on kapillaarisella kosteusalueella. Silloin kosteutta luovuttavan materiaalin suhteellinen kosteus on yli 97 %. (Merikallio, 2007, 75)

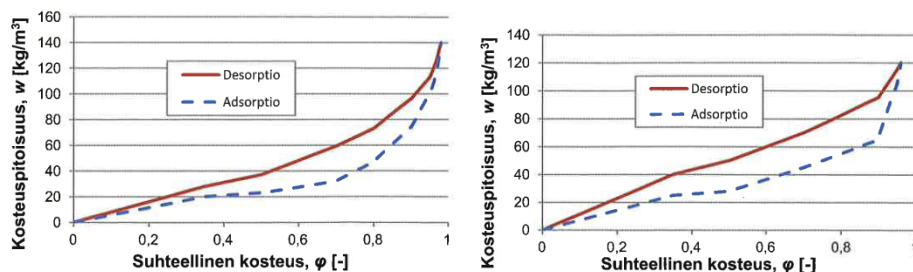
### **3.7 Painovoimainen siirtyminen**

Märkätilojen lattioihin rakennetaan kallistuksia lattiakaivoja kohti. Rakennusten katot suunnitellaan ja rakennetaan kalteviksi ulospäin tai sisäisille kattokaivoille. Vesikourua ja pystysyöksyjä pitkin vesi johdetaan sadevesijärjestelmiin, jotka edelleen ovat kaltevia. Näin tehdään, jotta ylimääräinen vesi saadaan pois. Vesi kulkeutuu alaspäin painovoiman ansiosta pystysuorilla ja kaltevilla pinnoilla. (Ympäristöopas, 2016, 112) Uima-altaiden seinien alaosiin kohdistuu myös painovoimaista nestepainetta. (RIL 250-2011,71)

## 4 VEDEN SITOUTUMINEN RAKENNUSAINEISIIN

### 4.1 Hygroskooppinen tasapainokosteus

Materiaalin huokosilman kosteuspitoisuus vaihtelee ympäristön eli ilman kosteuden mukaan. Materiaali seuraa ilman kosteuspitoisuutta. Materiaalin huokosilman kosteuspitoisuuden ollessa pienempi kuin ilman, pyrkii materiaali sitomaan ilman kosteutta itseensä ja materiaalin kosteuden ollessa suurempi kuin ilman kosteus, pyrkii materiaali luovuttamaan kosteutta ympäröivään ilmaan. Materiaali on hygroskooppisella kosteusalueella, kun materiaalin huokosilman kosteuspitoisuus vastaa ympäröivän ilman suhteellista kosteutta 0-98 %. Materiaalia ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden ja materiaalin kosteuspitoisuuden riippuvuutta kuvataan tasapainokosteuskäyrillä, joita on saatu tutkimalla materiaalien kosteuspitoisuuksia ympäristön eri suhteellisen kosteuden pitoisuuksissa. ks. kuva 2. Kosteuspitoisuuden suhde suhteellisen kosteuden määrään vaihtelee materiaaleittain. (Ympäristöopas, 2016, 104)



Kuva 2. Vasemmalla betoni, jonka v/s on 0,7 ja oikealla betoni, jonka v/s on 0,4. (RIL 255-1-2014, 2014, 463)

### 4.2 Kapillaarinen kosteustasapaino

Kapillaarinen kosteustasapaino on aineen sitoma kosteusmäärä aineen ollessa kosketuksessa vapaaseen veteen. Kapillaarisen kosteustasapainon saavuttamiseen kuluva aika on eri pituinen eri aineilla. (Siikanen, 1996, 51) Vesi imeytyy aineeseen huokosalipaineen voimalla niin korkealle, kunnes huokosalipaine ja painovoiva ovat tasapainossa. Kapillaarinen tasapaino on mahdollista myös aineen ollessa kosketuksessa kapillaarisella kosteusalueella olevaan toiseen materiaaliin. (Ympäristöopas, 2016, 105)

### 4.3 Kosteuskapasiteetti

Aineen kykyä sitoa ja luovuttaa kosteutta kutsutaan kosteuskapasiteetiksi.

#### 4.4 Betonin vesihöyryn läpäisevyyden vaihtelu

Taulukossa 1. on esitetty vanhan betonin vesihöyrynläpäisevyyden muutosta betonin suhteellisen kosteuden muuttuessa eri tyyppisillä betonilaaduilla. Märimmillä betonilaaduilla on suurempi vesihöyrynläpäisykyky.

Taulukko 1. Vanhan betonin vesihöyrynläpäisevyysarvoja

Vanhan betonin vesihöyrynläpäisevyys lämpötilan ollessa +20 °C (RIL 255-1-2014, 426)		
Betoni v/s= 0,4		
RH (%)	35-70	70-80
$\delta_v \cdot 10^{-6}$ (m <sup>2</sup> /s)	0,15	0,25
Betoni v/s= 0,5		
RH (%)	35-70	70-80
$\delta_v \cdot 10^{-6}$ (m <sup>2</sup> /s)	0,15	0,25
Betoni v/s= 0,6		
RH (%)	35-70	70-80
$\delta_v \cdot 10^{-6}$ (m <sup>2</sup> /s)	0,2	0,3
Betoni v/s= 0,7		
RH (%)	35-70	70-80
$\delta_v \cdot 10^{-6}$ (m <sup>2</sup> /s)	0,2	0,3

Suhteellisen kosteuden noustessa 70% -> 80 %, betonin vesihöyrynläpäisevyys kasvaa 50 %. Myös betonin valmistuksessa käytetyllä vesisementtisuhteella on vaikutusta vesihöyrynläpäisevyyteen vielä vuosikymmenten jälkeenkin.



## 5 KOSTEUDEN MITTAAMINEN

Rakennusmateriaalien ja ympäristön suhteellisen kosteuden mittaamiseen käytännössä käytetään muutamaa menetelmää. Poranreikämittaus, näytepalamittaus ja viiltomittaus. Näiden perinteisten mittaustapojen rinnalle on viime vuosina tulleet rakenteisiin pysyvästi jätettävät anturit, jotka periaatteeltaan ovat poranreikämittauksen kaltaisia. Apuna kosteuden mittaamiseen käytetään pintakosteustarkastelua, joka suoritetaan pintakosteudenosoittimella. Rakennusmateriaalien kosteuspitoisuuden mittaamiseen käytetään kuivatus-punnitusmenetelmää ja puumateriaaleista kosteuspitoisuus mitataan piikkimittarilla. Kosteuden mittausta käytetään rakenteiden rakennusaikaisen kosteuden seurannassa, betonin päällystämisen ajankohtaa määritettäessä, selvittäessä päällystämisen onnistumista, auttamaan arvioimaan päällysteen kuntoa, selvittäessä rakenteen kosteusjakaumaa ja kosteusvaurioiden syyn ja laajuuden tutkimisessa. (RT 14-10984, 2010, 1)

### 5.1 Mittalaitteet

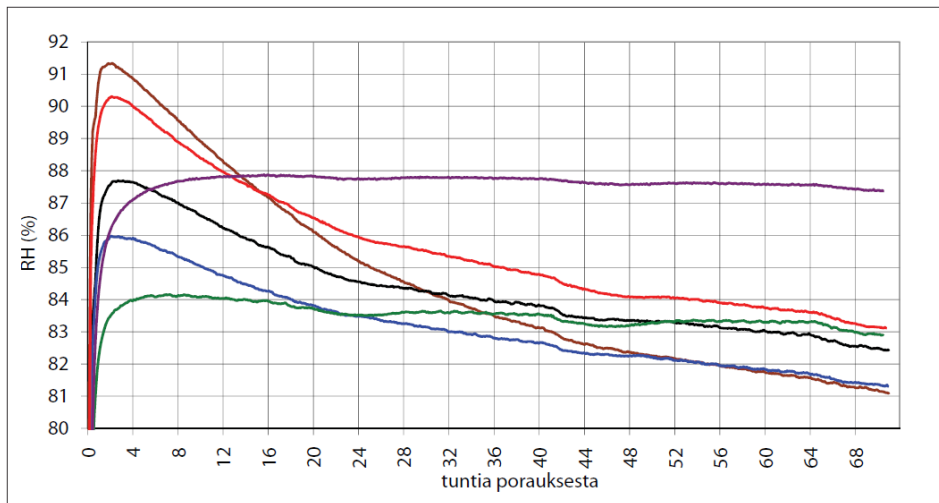
Suhteellisen kosteuden mittaamiseen on kehitetty tarkoitukseen sopivat mittalaitteet. Mittalaitteissa on mittauslaite ja kosteusanturi useimmiten erikseen. Antureiden tarkkuus vaihtelee eri valmistajilla ja anturityypeillä. Mittalaitteiden tarkkuus on yleensä  $\pm 2 - 3$  RH-yksikköä. Koska itse mittaustapahtumaan vaikuttaa monia tekijöitä, on mittaus tuloksen tarkkuus vielä epätarkempi. (RT 14-10984, 2010, 2)

### 5.2 Poranreikämittaus

Poranreikämittauksessa mitattavaan rakenteeseen tehtävä reikä on yleensä halkaisijaltaan 16 mm. Niin myös tässä tutkimuksessa. Poraamisen jälkeen reikä imuroidaan puh- taaksi ja tarkastetaan, että reikä on oikean syvyinen. Reikään asetetaan muoviputki poh- jaan asti. tämän jälkeen putken ja rakenteen liittymäkohta tiivistetään vesihöyrytiivillä massalla. Tiivistyksen jälkeen putki puhdistetaan imuroimalla, jonka jälkeen putken ylä- pää tiivistetään samalla massalla kuin putken ja rakenteen liittymäkohta. Rakenteessa oleva kosteus alkaa tasaantua putkeen. (RT 14-10984, 2010, 4)

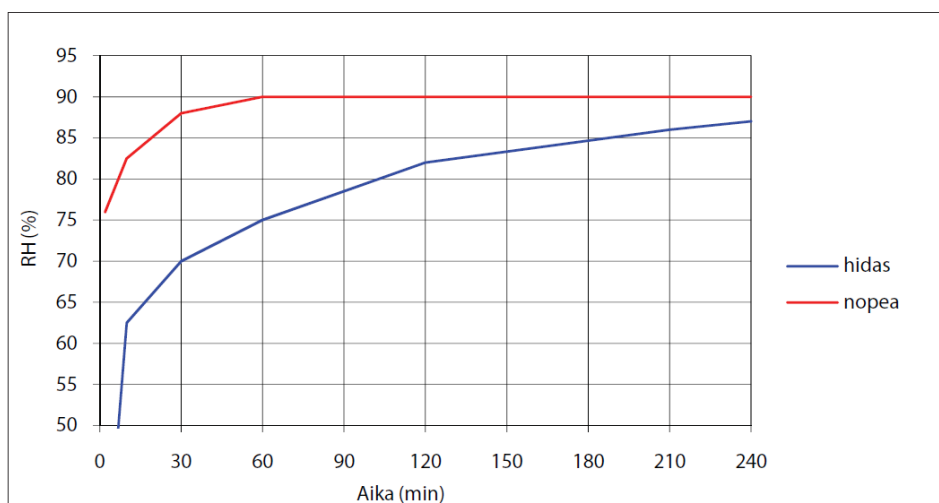
Kosteuden annetaan tasaantua mittareissä vähintään kolme vuorokautta. Jos kos- teusantureita ei ole jätetty tasaantumaan rakenteeseen, vaan anturit tuodaan paikalle mittaushetkellä, on antureiden lämpötilan annettava tasaantua mittauspaikan lämpöti- laan ennen antureiden asentamista mittareisiin. Tällöin vältetään mittausreiässä olevan kosteuden kondensoituminen kylmään anturiin. (RT 14-10984, 2010, 4-5) Poran- reikämittauksessa mitattavan rakenteen lämpötilan tulee olla mahdollisimman lähellä  $+20$  °C. Mittaus on vielä mahdollinen lämpötilan poikkeaman ollessa  $\pm 5$  °C optimiläm- pötilasta  $+20$  °C, jolloin mittavirhe on vielä pääteltävissä. Mitattavan rakenteen ympä- röivän ilman ja rakenteessa olevan mittapään lämpötilan ero ei saa olla yli 2 °C. (RT 14- 10984, 2010, 3)

Kuvassa 3 esitetään betoniin poratun mittareian kosteuden tasaantuminen. Porauksen vaikutusaika vaihtelee eri betoneilla porauksen jälkeen, mutta alkaa tasaantua kahden vuorokauden jälkeen. Betoni on mitattavissa kolmen vuorokauden jälkeen.



Kuva 3. Kosteuden tasaantuminen poranrei'issä. (RT 14-10984, 2010, 6)

Kuvassa 4 on esitetty aikajanalla eri tyyppisten mittapäiden, nopeiden ja hitaiden, tasaantumisaikaa rakenteeseen asennetussa mittaputkessa. Nopeakin mittapään tasaantumisaika on 60 minuuttia ja hitaalle mittapäälle ei neljä tuntia ole riittävä. Yleisesti käytössä on nopeita mittapäitä.



Kuva 4. Mittapäiden tasaantuminen mittare'i'ssä. (RT 14-10984, 2010, 6)

### 5.3 Näytepalamittaus

Näytepalamittauksessa tutkittavan rakenteen lämpötilalla ei ole käytännössä rajoitteita. Rakenteen lämpötila saa olla  $-20\text{ °C}$  –  $+80\text{ °C}$  välissä. Näytepalamittauksessa otetaan

rakenteesta paloja mittaussyvyydeltä ja laitetaan ne koeputkeen, täyttäen koeputki kolmasosaltaan. Näytepalassa pyritään välttämään kiviainetta. Koeputkeen laitetaan anturin mittapää ja putken pää tiivistetään vesihöyryä läpäisemättömällä massalla. Näyte säilytetään tasaisessa noin +20 °C lämpötilassa. Tulokset voidaan lukea 5- 12 tunnin kuluessa anturin ominaisuuksista riippuen. (Ympäristöopas, 2016, 54)

#### 5.4 Punnitus-kuivausmenetelmä

Punnitus-kuivausmenetelmässä tutkittava aine ensin punnitaan, jonka jälkeen mitattava aine kuivatetaan 105 C<sup>o</sup> lämpötilassa. Kuiva aine punnitaan uudelleen. Punnitustulosten erotuksen ja kuivan aineen massan painon suhteesta saadaan aineen kosteuspitoisuus selville. Tämä menetelmä on tarkin kosteuspitoisuuden selvittämiseksi. (RIL 250-2011, 2011, 342)

#### 5.5 Viiltomittaus

Viiltomittauksella saadaan selville liimattavan päällysteen alapintaan ja käytettyyn liimaan kohdistuva kosteusrasitus. Menetelmässä päällysteeseen tehdään viilto tutkittavaan kohtaan. Viillosta käsin päällysteen alle asennetaan heti mitta-anturi ja viiltopaikka tiivistetään vesihöyrytiivillä massalla. Tulos on luettavissa noin tunnin kuluessa anturin tasaannuttua. (Ympäristöopas, 2016, 55-56)

#### 5.6 Pintakosteustarkastelu

Rakenteen pintakosteustarkastelu suoritetaan pintakosteudenilmaisimella. Ilmaisin ei mittaa rakenteen kosteutta, vaan materiaalin sähköisiä ominaisuuksia, jotka muuttuvat rakenteen kosteuspitoisuuden muuttuessa. Pintakosteudenilmaisimen lukemiin vaikuttavat myös rakenteen koostumus, teräkset, sähköjohdot, suolat ja pintaosien vaihtelut. Pintakosteudenilmaisimella saatu tulos ilmaisee kosteuspitoisuuden koko mittaamaltaan syvyydeltä. Kosteuden syvyyttä ei voida paikantaa. (RT 14-10984, 2010, 11)

## 6 TUTKIMUS

### 6.1 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten kosteus käyttäytyy pintamateriaalien alla pidemmän ajan kuluessa, kun maanvastaisen alapohjarakenteen alapuoliset olosuhteet pysyvät suurin piirtein vakiona.

Tutkimuksen tavoitteena oli myös selvittää, miten hyvin pintakosteuskartoitus korreloi rakenteen huokosilman kosteuspitoisuuden ja suhteellisen kosteuden kanssa.

### 6.2 Tutkimuksen betonilaatta

Tässä tutkimuksessa oleva maanvastainen betonilaatta sijaitsee kerroskorkeuden verran maanpinnan alapuolella. Näin ollen ulkoilmassa tapahtuvat lämpötilavaihtelut eivät suuresti vaikuta maan lämpötilaan. Rakenteesta puuttuva lämmöneristys on aiheuttanut maan lämpötilan kohoamisen lattian alla sisäilman lämpötilan vaikutuksesta. Tutkitavana olevan maanvastaisen betonilattian kosteuden siirtyminen on enimmäkseen kapillaarista ja osaltaan myös diffuusiosta johtuvaa, koska maan kosteussisältö on kasvanut lämmöneristykseen puuttumisesta johtuvasta maan lämpenemisestä. Maanvastaisissa betonilaatoissa lämmön siirtymistapa on johtuminen. Suhteellisen kosteuden noustessa, betonin vesihöyrynläpäisevyys lisääntyy, johtuen kapillaarisen kosteudensiirron kasvamisesta. (RIL 255-1-2014, 426) Varmuutta käytetystä vesi/sementti ei ole, mutta kokemuksen perusteella suhde on todennäköisesti 0,6 tai 0,7.

### 6.3 Tutkimuksessa olevan betonilaatan rakenne

Tässä tutkimuksessa olevan alapohjan betonilaatan rakenne selvitettiin rakenneavauksilla. Rakenne esitettynä ylhäältä alaspäin:

Tutkimusta varten tehtyä uutta rakennetta

- tutkittava päällyste
- hienotasoite 2-5 mm
- tartuntapohjuste
- pikamassa 10 mm

Vanhaa noin 30-40 vuotta vanhaa rakennetta

- betoni 80-90 mm
- rakennusmuovi
- tasausbetoni 10-20 mm
- hiekka

Rakennusmuovin rakenne oli jo alkanut hajota ja ohentua. Rakenteessa muovi oli ainoa materiaali, joka vähentäisi kapillaarista vedennousua.

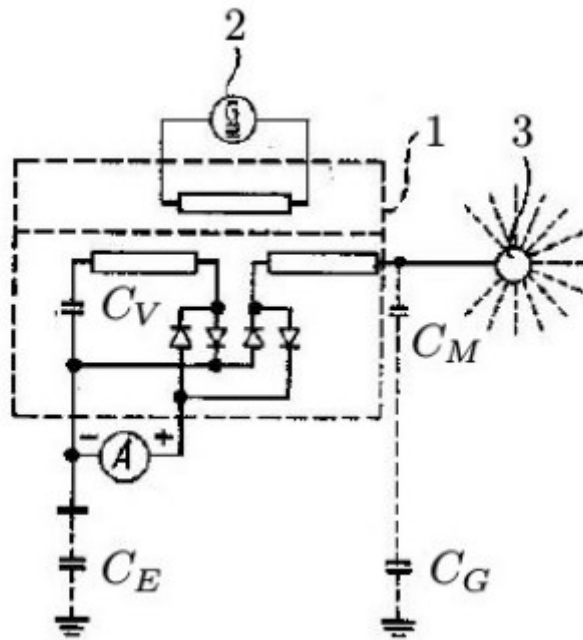


Kuva 5. Höyrynsulkumuovi näytti ja se myös tuntui hauraalta ja ohuelta.

#### 6.4 Tutkimuksessa käytetty mittauskalusto

Tässä tutkimuksessa pintakosteudenosoittimena käytettiin GANN Uni 2 lukulaitetta ja teleskooppi LB70 mittapäätä. Suhteellista kosteutta, lämpötilaa ja kosteuspitoisuutta mitattiin Vaisalan HPM 40 lukulaitteella ja HMT41 antureilla.

GANN-pintakosteudenosoittimen toimii siten, että pallopäisen anturin pää ja sen ympäröivän materiaalin kapasitanssia mitataan. Tämä kapasitanssi on riippuvainen ympäröivän materiaalin kosteuspitoisuudesta. Katso kuva kuusi, jossa on esitetty pintakosteudenosoittimen periaatteellinen toimintakaavio. Mitattavan materiaalin kapasitanssia kuvaa kapasitanssi CM. Kapasitanssi CG kuvaa mitattavan kohteen ja sähköisen maan välistä kapasitanssia. Kapasitanssi CE kuvaa sähköisen maan ja mittajaan välistä kapasitanssia. Kapasitanssien CE ja CG oletetaan olevan paljon suurempia kuin mitattava kapasitanssi CM, jolloin ne eivät vaikuttaisi mittaustulokseen. CV on referenssi kapasitanssi mikä vastaa ilman kapasitanssia (Voutilainen, 2005, 16-17)

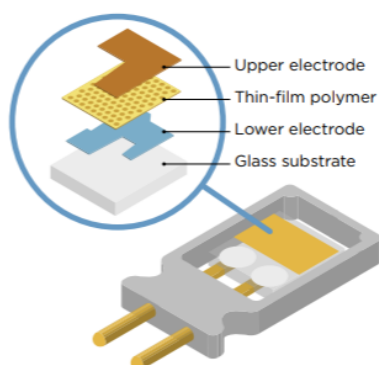


Kuva 6. GANN-pintakosteusensoitimen toimintakaavio (Voutilainen, 2005, 17).



Kuva 7. GANN-pintakosteudenosoitin.

Vaisalan suhteellisen kosteuden mittarin kosteutta mittaavassa anturissa on polymeerikalvo kahden johtavan elektrodin välissä. Polymeerikalvo on suojattu lialta ja suojauskalvolla koetetaan estää kondensoituminen kalvon pinnalle. Polymeerikalvo joka absorboi tai vapauttaa vesihöyryä riippuen ilman suhteellisen kosteuspitoisuuden kasvaessa tai vähentyessä. Polymeerikalvon ympäristön suhteellisen kosteuden muuttuessa muuttuvat polymeerikalvon ominaisuudet ja silloin muuttuu myös anturin kapasitanssi. Tämän muutoksen lukulaite muuttaa numeeriseen muotoon kosteuden lukemaksi.



Kuva 8. Vaisalan kosteusmittareissa käytetty HUMICAP-anturi. Vaisala (2012)



Kuva 9. Vaisalan kosteus- ja lämpötilamittari.

Pintakosteudenosoitinta ei kalibroitu mittausten aikana. Pintakosteudenosoittimen sisään rakennetun tarkkuuden varmistimen mukaan pintakosteudenosoittimen tarkkuus

oli riittävä eikä kalibrointia tarvittu. Suhteellisen kosteuden mittausanturit kalibroitiin kuuden kuukauden välein joka maaliskuu ja lokakuu.

## 6.5 Tutkimuksen lattiapäällysteet

Suomessa lattiapäällysteenä aikaisemmin käytettiin betonia ja puuta. Lauta- ja lankku-lattiat olivat miltei ainoa päällyste asunnoissa. Välipohjat olivat puuta, kuten myös tuuletuvat alapohjat. Paremmissa rakennuksissa lankkujen päälle alettiin asentaa päällysteitä kuten linoleumia.

Nyt päällystevaihtoehtoja on monia. Päällysteen valintaan vaikuttaa monet seikat kuten puhtaanapito, kulutuksen kestävyys, äänekkyyys ja hinta. Ongelmia tuottaa se, jos päällystettä valittaessa huomiota ei kiinnitetä lattiapäällysteen kosteus- ja lämpötekniisiin ominaisuuksiin.

Lattiapäällysteiden ominaisuuksissa on huomattavia eroja. Käytössä olevia lattiapäällysteitä ovat laminaatit, keraamiset laatat, tekstiilimatot, parketit, korkkipäällysteet, muovimatot ja kvartsivinyylituotteet. Päällysteet asennetaan paikoilleen joko liimoilla tai kiinnityslaastilla, kuten keraamiset laatat tai ne asennetaan kiinnittämättä betonilattian päälle nk. kelluviksi rakenteiksi. Kiinnitettävät päällysteet tarvitsevat usein myös jonkin pohjusteen tai tasoitteen tarttuakseen alustaan ja kelluvien päällysteiden, kuten parketti ja linoleumi, alla käytetään askelääneneristystä.

FCG:n tutkimushankkeessa tutkittiin seuraavia päällysteitä:

- klinkkerilaatta 600\*600 mm, jonka sauman leveys on 3 mm
- klinkkerilaatta 100\*100 mm, jonka sauman leveys on 3 mm.
- lukkopontillinen kelluva vinyylilaatta, jonka alle on asennettu tekstiilikuitukerros askelääneneriste
- kelluva liimaamaton monikerroksinen muovimatto
- liimattu tekstiilimatto, jonka pohjana on lasikuitukangas ja vinyylikerros
- liimattu kumilaatta, joka kiinnitetään alapuolisella liimapinnallaan
- liimattu enomer-päällyste, jonka valmistuksessa ei ole käytetty PVC:tä ja on ftalaatiton.
- liimattu linoleumipäällyste
- liimattu kvartsivinyylilaatta
- liimattu homogeeninen muovimatto
- liimattu tekstiilimatto, jonka pohjana ainoastaan tekstiilikangas
- kelluva ja pontattu kvartsivinyylilaatta
- pontattu lankkulattia, jonka pinta on lakattu kahdesti ja askelääneneristykseksi on asennettu aaltopahvi
- liimattu tekstiililaatta, jonka pohjana on kerroksellinen lateksi-bitumi-polyesterihuopa
- kelluva lukkopontillinen laminaattilankku, jonka askelääneneristykseksi on asennettu solumuovi
- kelluva lukkopontillinen laminaattilankku, jonka askelääneneristykseksi on asennettu Tplex



- kelluva korkkilankku, jonka runkona on HDF-levy

## 6.6 Lattiapinnoitteet

Lattiapinnoitteet ovat nestemäisiä tuotteita kuten maalit, lakat sekä polymeerituotteet, joiden sideaineena on epoksi-, polyuretaani-, ja akryylipolymeeri tai vaihtoehtoisesti sementtipolymeeriseos. Polymeeripinnoitteiden runkoaineena käytetään luonnonhiekkaa, kvartsihiekkaa tai korundia. (Betoniteollisuus ry)

FCG:n tutkimushankkeessa tutkittiin seuraavia pinnoitteita;

- monikerroksinen savilattia, jossa saven koostumus vaihtelee eri kerroksissa. Savi pinnoitetaan pellavaöljyllä ja vahataan karnaubavahalla
- 2-komponenttinen epoksi
- 2-komponenttinen polyuretaanimassa
- 2-komponenttinen liuotteeton epoksi
- 2-komponenttinen liuotteeton hiertoepoksi, jossa massana käytettiin hartsihiekkaa pinta lakkaamaton
- 2-komponenttinen liuotteeton hiertoepoksi, jossa massana käytettiin hartsihiekkaa pinta lakattu

Julkaistavassa tutkimuksessa on tarkentavia asioita jätetty pois anonymiteetin säilyttämiseksi.

## 6.7 Tutkimuksessa mukana olevien lattiapäällysteiden valmistajan ilmoittamat kosteudenläpäisevyydet

Taulukossa käytettyjen lattiapäällysteiden valmistajien antamat ilmoittamat materiaalien kosteudenläpäisevyydet, siinä järjestyksessä, kun ne ovat lattiaan asennettu. Taulukkoon on värikoodein eroteltu samaan kosteudenläpäisysuuruusluokkaan sijoittuvat päällysteet. Sinisellä on merkitty parhaimmin kosteutta läpäisevät ja violetilla heikomin kosteutta läpäisevät päällysteet. Kaikista liimoista ei ollut saatavilla tietoja.

Taulukko 2. Tutkimuksessa olevien pinnoitteiden valmistajien ilmoittamat vesihöyrynläpäisykertoimet.

Ruutu	$\delta p$ (kg/msPa)	Materiaali	Paksuus (mm)
1	7.4e-16	kapseloiva epoksi	0,8
2	7.4e-15 + 7.4e-15	polyuretaanipinnoite	2
3	7.4e-15 + 7.4e-15	epoksinpinnoite	2
4a	7,40E-13	hiertoepoksinpinnoite	3
4b	7.4e-13 + 7.4e-15	hiertoepoksinpinnoite + lakka	3,5
5	1.5e-14 + 1.3e-11	kelluva vinyylilankku + askeläänieriste	5 + 1,8
6	1,50E-14	irtoasennettava muovimatto	2,9
7	3.7e-12	savilattia	15 - 18
8	7.4e-14	tekstiilimatto + liima	4,3
9	5,00E-14	enomer lankut + liima	2
10	5,20E-15	kumilaatta + liima	3,6
11	6.4e-14	linoleumi + liima	2,5
12	5.2e-15	muovimatto + liima	2
13	9.6e-15	kvartsvinyylilaatta + liima	2
14	5.2e-15	muovimatto + liima	2
15	7.4e-15 + 1.9e-11	Klinkkeri (saumattuna) + kiinnityslaasti	6 + 6 lasta + sauma 3
16	3.7e-11	tekstiilimatto + liima	4
17	7.4e-15 + 1.9e-11	Klinkkeri (saumattuna) + kiinnityslaasti	10,5 + 10 lasta + sauma 3
18	7.4e-15	kalanpyrstö vinyylilaatta	6
19	1.5e-12 + 3.7e-11	lankkulattia (lakattu) + askeläänieriste	28 + 2
20	7.4e-15	tekstiililaatta + liima	6,5
21	7.4e-13 + 7.4e-14	kelluva laminaatti + askeläänieriste	8 + 2
22	7.4e-13 + 1.5e-14	kelluva laminaatti + askeläänieriste	8 + 2,5
23	5.9e-12	korkki	10

Suhteutettuna tutkittavan pinnoitteen asennustapaan ja materiaalien paksuuteen, on alla olevaan taulukkoon laskettu materiaalien valmistajien antamien arvojen perusteella jokaisen tutkittavan yksikön suhteellinen diffuusiovastus ja asetettu ne suuruusjärjestykseen ylhäältä alaspäin.

Taulukko 3. Tutkittavien materiaalien suhteelliset diffuusiovastukset suuruusjärjestyksessä.

Materiaali	Tuotteen mitat (mm)	Paksuus (mm)	suhteellinen diffuusiovastus (S.d)	suhteellinen diffuusiovastus (S.d) yhteensä	vesihöyrynläpäisyvyys ( $\delta p$ ) kg/(msPa)
Klinkkeri (saumattuna) + kiinnityslaasti	595 x 595	10,5 + 10 lasta + sauma 3	266,8+0,1	<b>266,9</b>	7.4e-15 + 1.9e-11
kapseloiva epoksi		0,8	203,2	<b>203,2</b>	7.4e-16
tekstiililaatta + liima	900 (500,400) x 900 (500,400)	6,5	165,1	<b>165,1</b>	7.4e-15
kalanpyrstö vinyylilaatta	635 x 635	6	152,4	<b>152,4</b>	7.4e-15
Klinkkeri (saumattuna) + kiinnityslaasti	97 x 97	6 + 6 lasta + sauma 3	152+0,06	<b>141,4</b>	7.4e-15 + 1.9e-11
kumilaatta + liima		3,6	130	<b>130</b>	5,2E-15
muovimatto + liima		2	72,3	<b>72,3</b>	5.2e-15
muovimatto + liima		2	72,3	<b>72,3</b>	5.2e-15
kelluva vinyylilankku + askeläänieriste Toplex	176 x 1000	5 + 1,8	62,7+5,1	<b>67,8</b>	1.5e-14 + 1.3e-11
irtoasennettava muovimatto		2,9	62,7	<b>62,7</b>	1,5E-14
polyuretaanipinnoite		2	50,1+2,5	<b>52,6</b>	7.4e-15 + 7.4e-15
epoksinpinnoite		2	50,1+2,5	<b>52,6</b>	7.4e-15 + 7.4e-15
kvartsvinyylilaatta + liima	300 x 300	2	39,1	<b>39,1</b>	9.6e-15
kelluva laminaatti + askeläänieriste Toplex	870 (193) x 900	8 + 2,5	2+31,3	<b>33,3</b>	7.4e-13 + 1.5e-14
tekstiilimatto + liima		4,3	10,1	<b>10,1</b>	7.4e-14
enomer lankut + liima	101,6 x 914,4	2	7,5	<b>7,5</b>	5E-14
linoleumi + liima		2,5	7,3	<b>7,3</b>	6.4e-14
kelluva laminaatti + askeläänieriste muovi	870 (193) x 900	8 + 2	2,0+5,1	<b>7,1</b>	7.4e-13 + 7.4e-14
lankkulattia (lakattu) + aaltopahvi	870 (95) + 900	28 + 2	3,5+0,01	<b>3,51</b>	1.5e-12 + 3.7e-11
hiertoepoksinpinnoite + lakka		3,5	0,89+2,5	<b>3,39</b>	7.4e-13 + 7.4e-15
savilattia		15 - 18	0,83	<b>0,83</b>	3.7e-12
hiertoepoksinpinnoite		3	0,76	<b>0,76</b>	7,4E-13
korkki	900 (304) x 900	10	0,3	<b>0,3</b>	5.9e-12
tekstiilimatto + liima		4	0,02	<b>0,02</b>	3.7e-11

## 7 MITTAUSTULOKSET

### 7.1 Opinnäytetyöhön valitut päällysteet

Tähän opinnäytetyöhön valittiin seitsemän päällystettä. Homogeeninen muovimatto, linoleumi, kvartsivinyylilaatta, savi, hiettoepoksi ja polyuretaanipinnoite.

### 7.2 Mittausten tarkkuus

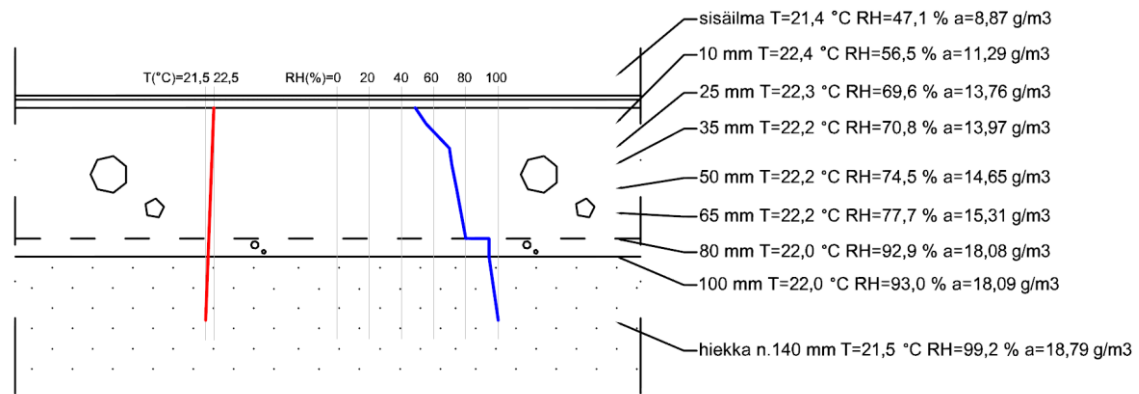
Poranreikämittausten tarkkuus ei vastaa laboratorio-olosuhteissa tehtävien mittausten mittatarkkuutta. Mittaepätarkkuutta aiheuttaa mittausvälineistön mittaepätarkkuuden, 1-2 %-yksikköä, lisäksi lämpötilaero oli 1-2 °C mittalaitteen optimilämpötilasta 20 °C ja mittalaitteiden pitkä kalibrointitiheys. Mittalaitteet kalibroitiin vain kuuden kuukauden välein ja mittaus tehtiin samoista mittareistä. Mitattavan rakenteen ja ympäristön lämpötilaero oli jokaisessa mittauksessa alle 2 °C, joten sillä ei ole vaikutusta kosteusmittauksen mittaepätarkkuuteen. Näiden seikkojen vuoksi mittaepätarkkuutena voidaan pitää 4 %-yksikköä.

### 7.3 Alapohjarakenteen alkuarvot

Rakenteen suhteellinen kosteus ja lämpötila mitattiin poranreikämittauksin kaksi viikkoa päällysteiden asennuksen jälkeen eli 14.7.2017 eri syvyyksiltä. Lisäksi mitattiin sisäilman ja hiekan suhteellinen kosteus ja lämpötila.

Rakenteessa ei ollut suurta lämpötilaeroa rakenteen eri puolilla. Lämpötilaero oli vain 1,4 °C. Lämpötiladiagrammi on piirretty kuvaan punaisella ja on lähes pystysuora. Rakenteen on syvällä maan sisällä, jolloin ulkoilman lämpötilavaihtelut eivät vaikuta suuresti rakenteen lämpötilaan. Muovi oli asennettu noin 20-30 mm paksuisen roskavalun päälle. Muovin eri puolilla kosteus ero oli 2,77 g/m<sup>3</sup>. Sinisellä viivalla on piirretty kosteuspitoisuuskäyrä ja käyrän jyrkin kulmapiste on muovin kohdalla.

Tutkimuksessa päällysteiden alta mitattiin lämpötila- ja kosteusarvot 10 mm syvyydeltä. Alkuarvoina olivat tällä syvyydellä ennen rakenteen pinnoittamista: betonin lämpötila 22,4 °C, suhteellinen kosteus RH % 56,5 % ja kosteuspitoisuus 11,29 g/m<sup>3</sup>. Sisäilman lämpötila oli 21,4 °C, suhteellinen kosteus oli RH% 47,1 % ja kosteuspitoisuus oli 8,87 g/m<sup>3</sup>.



Kuva 10. Tutkimuksessa olevan alapohjabetonilaatan kosteus ja lämpötilajakauma (Käyhkö, 54, 2017)

#### 7.4 Mittauskalusto

Tässä tutkimuksessa kosteuspitoisuus ja suhteellinen kosteus mitattiin Vaisalan SM 40 lukulaitteella ja SMP40S mittapäillä. Pintakosteudenosoittimena käytettiin GANN Hydrotest LG lukulaitetta ja LB70 anturia teleskooppivarrella. Vaisalan anturit kalibroitiin mittausten välillä joka maaliskuu ja lokakuu. GANN-antureita ei kalibroitu mittaussyksyllä.

GANN-pintakosteudenosoittimen ohjearvojen mukaan, joista voidaan luokitella materiaalin kosteusaste, on sisätiloissa olevalle betonille määritetty seuraavasti. Betoni on kuiva, kun arvo on alle 70, betoni on kostea, kun arvo on 70-110 ja betoni on märkä, kun arvo on yli 110. (JH Laaksonen Oy, 2019,1)

#### 7.5 Mittaustulokset

Sisäilman kosteuspitoisuudessa on merkittävä 8,92 gamman ero ilmakehässä mittaushetkillä. Ero selittyy mittausajankohdilla. Helmikuussa on normaalisti vähemmän kosteutta ulkoilmassa kuin syyskuussa, jolloin toinen mittaus tehtiin.

Taulukko 4. Päällysteiden mittaustulokset.

Mittaustulokset					
	Päällyste	Pintakosteuden osoitin	RH %	Kosteuspitoisuus g/m <sup>3</sup>	Lämpötila °C
	A	B	C	D	E
1	16.2.2018 Polyuretaanipinnoite	70	94	14,52	18,00
2	11.9.2018 Polyuretaanipinnoite	85	88	16,46	21,40
3	16.2.2018 Hiertopoksi	68	87	14,45	19,30
4	11.9.2018 Hiertopoksi	82	88	16,45	21,40
5	16.2.2018 Linoleumi liimattu	72	81	13,59	19,40
6	11.9.2018 Linoleumi liimattu	86	82	15,93	21,90
7	16.2.2018 Muovimatto liimattu	72	90	15,16	19,40
8	11.9.2018 Muovimatto liimattu	85	86	16,62	21,90
9	16.2.2018 Vinyylilaatta liimattu	54	75	13,46	20,50
10	11.9.2018 Vinyylilaatta liimattu	65	77	15,05	22,10
11	16.2.2018 Klinkkeri 600x600	62	89	16,26	20,80
12	11.9.2018 Klinkkeri 600x600	65	88	17,35	22,10
13	16.2.2018 Savi	73	28	4,77	19,70
14	11.9.2018 Savi	121	61	11,62	21,60
15	16.2.2018 Sisäilma		20	4,12	22,6
16	11.9.2018 Sisäilma		64	13,04	22,8

## 8 TUTKIMUKSEN TULOKSIEN TARKASTELU JA POHDINTA

Polyuretaanipäällysteellä, taulukon rivit 1 ja 2, lämpötilaero mittauspisteessä oli 3,40 °C eri mittausajankohtina. Tällöin matalammassa lämpötilassa pintakosteudenosoitin antoi lukeman 70 suhteellisen kosteuden ollessa RH 94 %. Korkeammassa lämpötilassa pintakosteudenosoitin antoi lukeman 85, eli 15 yksikköä suuremman pintakosteudenosoittimen lukeman, vaikka suhteellinen kosteus oli pienempi eli RH 88 %. Kosteuspitoisuus kasvoi samaan aikaan 1,94 g/m<sup>3</sup>, 14,52 g/m<sup>3</sup> -> 16,46 g/m<sup>3</sup>.

Lämpötila oli mittauspisteessä kaksi celsiusta alle suhteellisen kosteuden mittauksen optimilämpötilan, mutta kuitenkin vielä ohjeiden mukaan mittauskelpoinen. Suhteellinen kosteus RH 94 % nousi korkeaksi verrattuna pintakosteudenosoittimen lukemaan, joka oli 70. Pintakosteudenosoittajan valmistajan mukaan arvo 70 on kuivan ja kostean betonin rajalla. Pintakosteudenosoittimen lukemalla 85, mikä on taulukon mukaan kosteaa, betonin kosteuspitoisuus on korkea 16,46 g/m<sup>3</sup>.

Hiertoepoksilla, taulukon rivit 3 ja 4, lämpötilaero mittauspisteessä oli 2,10 °C eri mittausajankohtina. Tällöin matalammassa lämpötilassa pintakosteudenosoitin antoi lukeman 68 suhteellisen kosteuden ollessa RH 87 % ja korkeammassa lämpötilassa pintakosteudenosoittimella saatiin suurempi lukema 82, kun suhteellinen kosteus oli RH 88 %. Pintakosteudenosoittimen lukema oli siis 14 yksikköä suurempi. Kosteuspitoisuus kasvoi 2 g/m<sup>3</sup>, 14,45 g/m<sup>3</sup> -> 16,45 g/m<sup>3</sup>. Pintakosteudenosoitin osoittaa betonin olevan kuivaa lukemalla 68, vaikka suhteellinen kosteus on RH 87 %.

Linoleumilla, taulukon rivit 5 ja 6, lämpötilaero mittauspisteessä oli 2,50 °C eri mittausajankohtina. Tällöin matalammassa lämpötilassa pintakosteudenosoitin antoi lukeman 72 suhteellisen kosteuden ollessa RH 81 % ja korkeammassa lämpötilassa pintakosteudenosoitin antoi suuremman lukeman 86, kun suhteellinen kosteus oli RH 82 %. Pintakosteudenosoittimen lukema oli 14 yksikköä suurempi. Kosteuspitoisuuden kasvaessa 2,34 g/m<sup>3</sup>, 13,59 g/m<sup>3</sup> -> 15,93 g/m<sup>3</sup>. Vaikka suhteellinen kosteus RH % on lähes sama, niin pintakosteudenosoittimella saatu ero on 14 yksikköä. Pintakosteudenosoittimen arvojen voidaan katsoa korreloivan kosteuspitoisuuksia mutta ei suhteellista kosteutta.

Muovimatolla, taulukon rivit 7 ja 8, lämpötilaero mittauspisteessä oli 2,50 °C eri mittausajankohtina. Tällöin matalammassa lämpötilassa pintakosteudenosoitin antoi lukeman 72 suhteellisen kosteuden ollessa RH 90 % ja korkeammassa lämpötilassa pintakosteudenosoitin antoi suuremman lukeman 85, suhteellisen kosteuden ollessa RH 86 %. Pintakosteudenosoittimen lukema oli siis 13 yksikköä suurempi matalammalla suhteellisella kosteudella. Kosteuspitoisuuden kasvaessa 1,48 g/m<sup>3</sup>, 15,16 g/m<sup>3</sup> -> 16,62 g/m<sup>3</sup>. Muovimatolla pintakosteudenosoittimella saatiin kohtalaisen pieniä arvoja, pintakosteudenosoittimen valmistajan taulukon mukaan hieman kosteita ja kosteita, niin todellisuudessa kosteuspitoisuus oli korkea.

Vinyylilaatalla, taulukon rivit 9 ja 10, lämpötilaero mittauspisteessä oli 1,60 °C eri mittausajankohtina. Tällöin matalammassa lämpötilassa pintakosteudenosoitin antoi lukeman 54 suhteellisen kosteuden ollessa RH 75 % ja korkeammassa lämpötilassa pintakos-

teudenosoitin antoi lukeman 65, suhteellisen kosteuden ollessa RH 77 %. Pintakosteudenosoitin antoi 11 yksikköä suuremman lukeman. Kosteuspitoisuuden kasvaessa  $1,59 \text{ g/m}^3$ ,  $13,46 \text{ g/m}^3 \rightarrow 15,05 \text{ g/m}^3$ . Vinyylilaatan 11.6.2018 mittauksessa, rivi 10, pintakosteudenosoittimella saatiin kuivaa vastaava arvo 65, vaikka kosteuspitoisuus oli  $15,05 \text{ g/m}^3$ .

Klinkkerillä 600 mm x 600 mm, taulukon rivit 11 ja 12, lämpötilaero mittauspisteessä oli  $1,30 \text{ }^\circ\text{C}$  eri mittausajankohtina. Tällöin matalammassa lämpötilassa pintakosteudenosoitin antoi lukeman 62 suhteellisen kosteuden ollessa RH 89 % ja korkeammassa lämpötilassa pintakosteudenosoitin antoi lähes saman lukeman 64, joka oli vain kolme yksikköä suurempi. Tällöin suhteellinen kosteus oli RH 88 %. Kosteuspitoisuuden kasvaessa  $1,09 \text{ g/m}^3$ ,  $16,26 \text{ g/m}^3 \rightarrow 17,35 \text{ g/m}^3$ . Klinkkerin 600 mm x 600 mm pintakosteudenosoittimen armot molemmissa mittauksissa osoittivat rakenteen olevan kuiva, vaikka kosteuspitoisuudet olivat tutkituista korkeimmat.

Savilattialla, taulukon rivit 13 ja 14, lämpötilaero mittauspisteessä oli  $1,90 \text{ }^\circ\text{C}$  eri mittausajankohtina. Tällöin matalammassa lämpötilassa pintakosteudenosoitin antoi lukeman 73 suhteellisen kosteuden ollessa RH 28 % ja korkeammassa lämpötilassa pintakosteudenosoitin antoi lukeman 121. Tällöin suhteellinen kosteus oli RH 61 %, mikä antoi pintakosteudenosoittimella suuremman lukeman 121. Pintakosteudenosoittimen lukema oli 48 yksikköä suurempi. Kosteuspitoisuuden kasvaessa  $6,85 \text{ g/m}^3$ ,  $4,77 \text{ g/m}^3 \rightarrow 11,62 \text{ g/m}^3$ . Savilattian pintakosteudenosoittimen lukemat olivat selvästi korkeimmat verrattuna sekä suhteelliseen kosteuteen, että kosteuspitoisuuteen. Suhteellisen kosteuden ollessa RH 61 % ja kosteuspitoisuuden vain  $11,62 \text{ g/m}^3$ , näytti pintakosteudenosoitin lukemaa 121.

Sisäilman olosuhteet ensimmäisessä mittauksessa suhteellinen kosteus oli RH % 20 %, kosteuspitoisuus oli  $4,12 \text{ g/m}^3$  ja lämpötila  $22,6 \text{ }^\circ\text{C}$  sekä toisessa mittauksessa suhteellinen kosteus oli RH % 64 %, kosteuspitoisuus oli  $13,04 \text{ g/m}^3$  ja lämpötila  $22,8 \text{ }^\circ\text{C}$ .



Taulukko 5. Pintakosteuslukemat pienemmästä suurempaan verrattuna kosteuspitoisuuteen ja suhteelliseen kosteuteen.

Pintakosteusarvojen suhde kosteuspitoisuuteen				Pintakosteusarvojen suhde suhteelliseen kosteuteen			
Päällyste	Pintakosteuden osoitin	Kosteuspitoisuus g/m <sup>3</sup>	t °C	Päällyste	Pintakosteuden osoitin	RH %	t °C
16.2.2018 Vinyylilaatta liimattu	54	13,46	20,5	16.2.2018 Vinyylilaatta liimattu	54	75	20,5
16.2.2018 Klinkkeri 600x600	62	16,26	20,8	16.2.2018 Klinkkeri 600x600	62	89	20,8
11.9.2018 Vinyylilaatta liimattu	65	15,05	22,1	11.9.2018 Klinkkeri 600x600	65	88	22,1
11.9.2018 Klinkkeri 600x600	65	17,35	22,1	11.9.2018 Vinyylilaatta liimattu	65	77	22,1
16.2.2018 Hiertopoksi	68	14,45	19,3	16.2.2018 Hiertopoksi	68	87	19,3
16.2.2018 Polyuretaanipinnoite	70	14,52	18,00	16.2.2018 Polyuretaanipinnoite	70	94	18,00
16.2.2018 Linoleumi liimattu	72	13,53	19,4	16.2.2018 Linoleumi liimattu	72	81	19,4
16.2.2018 Muovimatto liimattu	72	15,16	19,4	16.2.2018 Muovimatto liimattu	72	90	19,4
16.2.2018 Savi	73	4,77	19,7	16.2.2018 Savi	73	28	19,7
11.9.2018 Hiertopoksi	82	16,45	21,4	11.9.2018 Hiertopoksi	82	88	21,4
11.9.2018 Muovimatto liimattu	85	16,62	21,9	11.9.2018 Polyuretaanipinnoite	85	88	21,40
11.9.2018 Polyuretaanipinnoite	85	16,46	21,40	11.9.2018 Muovimatto liimattu	85	86	21,9
11.9.2018 Linoleumi liimattu	86	15,93	21,9	11.9.2018 Linoleumi liimattu	86	82	21,9
11.9.2018 Savi	121	11,62	21,6	11.9.2018 Savi	121	61	21,6

Taulukko 6. Kosteuspitoisuuden ja suhteellisen kosteuden lukemat suuruusjärjestyksessä verrattuna pintakosteuden osoittimen lukemiin

Kosteuspitoisuuden suhde pintakosteuden osoittimen arvoihin				Suhteellisen kosteuden suhde pintakosteuden osoittimen arvoihin			
Päällyste	Kosteuspitoisuus g/m <sup>3</sup>	Pintakosteuden osoitin	t °C	Päällyste	RH %	Pintakosteuden osoitin	t °C
7 Savi	4,77	73	19,7	7 Savi	28	73	19,7
7 Savi	11,62	121	21,6	7 Savi	61	121	21,6
18 Vinyylilaatta liimattu	13,46	54	20,5	18 Vinyylilaatta liimattu	75	54	20,5
11 Linoleumi liimattu	13,53	72	19,4	18 Vinyylilaatta liimattu	77	65	22,1
4 Hiertopoksi	14,45	68	19,3	11 Linoleumi liimattu	81	72	19,4
2 Polyuretaanipinnoite	14,52	70	18,00	11 Linoleumi liimattu	82	86	21,9
18 Vinyylilaatta liimattu	15,05	65	22,1	12 Muovimatto liimattu	86	85	21,9
12 Muovimatto liimattu	15,16	72	19,4	4 Hiertopoksi	87	68	19,3
11 Linoleumi liimattu	15,93	86	21,9	15 Klinkkeri 600x600	88	65	22,1
15 Klinkkeri 600x600	16,26	62	20,8	4 Hiertopoksi	88	82	21,4
4 Hiertopoksi	16,45	82	21,4	2 Polyuretaanipinnoite	88	85	21,40
2 Polyuretaanipinnoite	16,46	85	21,40	15 Klinkkeri 600x600	89	62	20,8
12 Muovimatto liimattu	16,62	85	21,9	12 Muovimatto liimattu	90	72	19,4
15 Klinkkeri 600x600	17,35	65	22,1	2 Polyuretaanipinnoite	94	70	18,00

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Klinkkerillä pintakosteudenosoitin antoi muihin materiaaleihin verrattuna matalia lukemia 62 ja 65, vaikka kosteuspitoisuudet olivat korkeat muihin päällysteisiin verrattuna  $16,26 \text{ g/m}^3$  ja  $17,35 \text{ g/m}^3$ . Klinkkerit eivät läpäisseet hyvin kosteutta, vaan kosteutta keriyti klinkkerin alle. Arvot 62 ja 65 ovat GANN-ohjekirjan mukaan kuivaa rakennetta osoittavia arvoja. Poranreikämittauksella saadut arvot  $16,26 \text{ g/m}^3$  ja  $17,35 \text{ g/m}^3$  eivät vastaa kuivia arvoja. Isoa klinkkeriä pitää käyttää harkiten rakenteissa, joissa kosteuspitoisuus ei saa nousta. Yli  $16 \text{ g/m}^3$  kosteuspitoisuus vaurioittaa monia materiaaleja. Klinkkeri materiaalina pienentää pintakosteudenosoittimen arvoja. Mitatut betonin huokostilan kosteuden arvot olivat suuret verrattuna pintakosteudenosoittimen lukemiin.

Savipäällysteellä pintakosteudenosoittimen arvot poikkesivat eniten muista materiaaleista. Pintakosteudenosoittimet näyttivät korkeita arvoja, vaikka kosteuspitoisuus oli pieni. Savipäällyste antoi korkeimman pintakosteuden lukeman 121 pienellä kosteuspitoisuudella  $11,62 \text{ g/m}^3$ . Myös helmikuun mittauksessa  $4,77 \text{ g/m}^3$  kosteuspitoisuudella pintakosteudenosoittimen lukema oli 73. Kosteuspitoisuuksien perusteella rakennetta voidaan pitää kuivana, mutta pintakosteudenosoittimen mukaan rakenne on kostea 73 lukemalla ja märkä 121 lukemalla. Kosteuspitoisuuden ero mittauksien välillä oli suurin verrattuna muihin päällysteisiin. Muilla päällysteillä kosteuspitoisuuden erot olivat  $1,5 - 2,5 \text{ g/m}^3$ , mutta savipäällysteellä  $6,85 \text{ g/m}^3$ . Savipäällyste seurasi ympäristön kosteuden muutosta, joka oli mittauksien välillä  $8,9 \text{ g/m}^3$ . Olisi hyvä tehdä jatkotutkimuksia, miksi pintakosteudenosoitin antaa näin suuria arvoja.

Vinyylilaatan pintakosteusarvot olivat noin 20 yksikköä pienemmät 54 ja 65, kuin muilla päällysteillä, vaikka kosteuspitoisuudet pinnoitteen ja betonilaatan rajapinnassa olivat hieman pienemmät mutta lähes samalla tasolla  $13,46 \text{ g/m}^3$  ja  $15,05 \text{ g/m}^3$ . Vinyylilaatta läpäisee kosteutta hieman paremmin kuin muut päällysteet lukuun ottamatta savipäällystettä. Pintakosteudenosoittimen arvot merkitsevät kuivaa rakennetta, vaikka kosteuspitoisuuden perusteella liima saattaa jo vahingoittaa korkeammassa arvossa  $15,05 \text{ g/m}^3$ . Vinyylilaatta pienentää suhteessa pintakosteudenosoittimen lukemia enemmän kuin muut päällysteet, klinkkeriä lukuun ottamatta.

Linoleumipäällysteestä mitatut pintakosteudenosoittimen lukemat ovat klinkkeriä ja savea lukuun ottamatta muita päällysteitä suuremmat verrattuna kosteuspitoisuuksiin. Pintakosteudenosoittimen lukemat osoittavat lähinnä oikeita arvioita, mutta mitatulla betonin huokostilan kosteuspitoisuudella  $15,93 \text{ g/m}^3$  pitäisi pintakosteudenosoittimen jo indikoida märkää, koska liima saattaa vaurioitua jo näin korkeassa betonin huokostilan kosteudessa. Linoleumi myös pienentää pintakosteudenosoittimen lukemia.

Muovimaton pintakosteudenosoittimen lukemat ovat pienet verrattuna kosteuspitoisuuteen. Lukema 72 on GANN-pintakosteudenosoittimen valmistajan mukaan lähes kuiva, vaikka kosteutta betonin huokosissa oli  $15,16 \text{ g/m}^3$ , missä liima ja maton pehmitimet voivat jo vaurioitua ja mahdollisesti aiheuttavat sisäilmahaittaa. Pintakosteudenosoittimella saatu lukema 82 on liian pieni, kun kosteuspitoisuus on yli  $16 \text{ g/m}^3$ . Kosteuden mahdollisesti aiheuttamat vahingot jäävät havaitsematta, jos toimitaan pelkästään pintakosteudenosoittimen lukemien mukaan. On huomattava, kuinka GANN-

pintakosteusenoittimen käyttöohjeissa 70-110 lukemaa ohjeistetaan vain kosteaksi, vaikka mitatuissa kosteuspitoisuuksissa matto ja liima vaurioituvat.

Polyuretaanipinnoitteella ja hiertobetonilla pintakosteudenosoittimen lukemat ovat myös pienet verrattuna kosteuspitoisuuteen. Näiden päällysteiden ja betonilattian rajapinnassa on sama kosteuspitoisuus  $14,52 \text{ g/m}^3$  ja  $14,45 \text{ g/m}^3$  sekä  $16,46 \text{ g/m}^3$  ja  $16,45 \text{ g/m}^3$ . Pintakosteuden osoittimen lukemat ovat lähes identtiset 70 ja 68 sekä 85 ja 82. Näilläkin materiaaleilla pintakosteudenosoittimen lukemat ovat liian pienet kosteuspitoisuuksiin nähden.

Päällysteistä homogeeninen muovimatto, polyuretaanipinnoite ja hiertobetonit ovat pintakosteudenosoittimen lukemilla vertailukelpoisia toisiinsa nähden. Linoleumin ja betonilattian rajapinta on edellisiä materiaaleja kuivempi samoilla pintakosteudenosoittimen lukemilla.

600 mm x 600 mm klinkkerin alle kerääntyy tutkituista päällysteistä eniten kosteutta ja sen vesihöyrynläpäisevyys on pienin. Saven hygroskooppisuus on niin voimakasta, että saven kosteuspitoisuus seuraa ympäröivää ilmankosteutta.

Pintakosteudenosoittimen antamat lukemat eivät korreloineet millään pinnoitteella betonilaatan ja pinnoitteen rajapinnan suhteellisen kosteuden arvoja, vaan saadut arvot seurasivat lähinnä huokosilman kosteuspitoisuutta. Yhtenä syynä pintakosteudenosoittimen ja suhteellisen kosteuden arvojen epäjohdonmukaisuuteen on lämpötilan vaikutus suhteelliseen kosteuteen, mutta pintakosteudenosoitin ei tässä tutkimuksessa huomioinut lämmön vaikutusta suhteellisen kosteuden muuttumiseen. Asiaa olisi syytä tutkia lisää.

Rakennusterveyden kannalta on hyvä huomioida, että mikrobien kasvun mahdollistaa tämän tutkimuksen aikana vallitsevissa lämpötilaolosuhteissa RH 75 % suhteellinen kosteus. Savipäällystettä lukuun ottamatta kaikissa poranreikämittauksissa saavutettiin tämä arvo kaikissa mittauksissa.

Tämän tutkimuksen tulokset ovat ohjanneet tulevaisissa sisäilmatutkimuksissa vaatimaan tutkimuksen tilaajalta rakenteellisia mittauksia pintakosteusarviointien sijaan. Tulevaisuudessa on vanhoja rakennuksia tutkiessa, tulee tutkijan selvittää alapohjan mahdolliset lämmöneristeet tai niiden puuttuminen. Lattiarakenteen lämpötilaa on tutkimuksissa arvioitava koko vuoden ajalta eikä pelkästään mittaushetken lämpötilaa, jotta voitaisiin päätellä, nouseeko suhteellinen kosteus mikrobikasvua mahdollistavalle tasolle tai päällystettä ja liimaa kemiallisesti vaurioittavalle tasolle. Jatkotutkimustarpeena kahden- kolmen vuoden kulutta on hyvä tehdä tutkimus päällysteiden VOC-emissioista ja jatkotutkimuksilla on hankittava lisäselvyyttä lämpötilan vaikutuksesta pintakosteudenosoittimen arvoihin. Tämän tutkimuksen perusteella sisäilmatutkijan on tiedettävä pintakosteustarkastelua tehdessään, mitä materiaalia päällyste on ja millä tasolla hänen käyttämänsä pintakosteudenosoitin on verrattuna kosteuspitoisuuteen.

## LÄHTEET

Betoniteollisuus ry (2018). Arkkitehtisuunnittelu, betonilattian pinnoitus. Haettu 27.10.2018 osoitteesta

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

Björkholtz, D. (1997). Lämpö ja kosteus Rakennusfysiikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.

J.H. Laaksonen Oy, GANN B50, B55, BL, B60 ja LP 70 käyttöohje

Käyhkö, K. (2017). Diplomityö Maanvastaisen betonilaatan päällyste / pinnoiteratkaisujen vesihöyryn läpäisevyyden analysointi.

Leivo, V. (1998). Kosteus ja home rakennuksissa julkaisu 95. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu Rakennustekninen osasto.

Merikallio, T. jne. (2007). Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Merikallio, T. (2009). Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakennuksessa. Espoo: Tarja Merikallio ja Tekninen korkeakoulu TKK Rakenne- ja rakennus-tuotantotekniikan laitos. Väitöskirja.

RIL 250-2011 (2011). Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RIL 255-1-2014 (2014). Rakennusfysiikka 1 Rakennusfysiikallinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RT 14-10984 (2010). Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.

Siikanen, U. (1996). Rakennusfysiikka Perusteet ja sovellutukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Vaisala (2012). Vaisala HUMICAP Sensor for Measuring Relative Humidity. Haettu osoitteesta 17.3.2019

<https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/HUMICAP-Technology-description-B210781EN-C.pdf>

Voutilainen, J. (2005). Methods and instrumentation for measuring moisture in building structures. Espoo: Teknillisen korkeakoulun Sovelletun elektroniikan laboratorio. Väitöskirja. Haettu osoitteesta 17.3.2019

<http://lib.tkk.fi/Diss/2005/isbn9512275236/isbn9512275236.pdf>

Ympäristöopas toim. Mia Pitkäranta (2016). Helsinki: Ympäristöministeriö.