

Ari Kolunsarka

## **Pintakosteusilmaisimen käyttö**

Opinnäytetyö

Syksy 2015

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Ari Kolunsarka

Työn nimi: Pintakosteusilmaisimen käyttö

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2015

Sivumäärä: 37

---

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään kirjallisuustutkimuksen avulla pintakosteusilmaisimen käyttömahdollisuuksia ja soveltuvuutta kosteusmittauksiin rakennuksissa. Lisäksi käytännönläheisissä kokeissa tutkittiin erilaisten pintakosteusilmaisimien ominaisuuksia. Käyttökokeissa myös tutkittiin, miten pintakosteusilmaisimien käsittely vaikuttaa mittaustuloksiin. Lisäksi tutkittiin, kuinka erilaiset materiaalit voivat aiheuttaa mittausrvirheitä.

Pintakosteusilmaisimella materiaalin kosteutta mitataan materiaalin pinnalta rikkomatta sitä. Pintakosteusilmaisimen mittaussyvyys on muutamia senttimetrejä. Mittauksen voi tehdä nopeasti. Pintakosteusilmaisimella kosteuden mittaus tehdään vertailevana mittauksena. Pintakosteusilmaisimella soveltuu erityisesti kosteampien alueiden hakemiseen suurilta alueilta. Pintakosteusilmaisinta käytetään kosteuskartoitukseen kiinteistökaupan, kuntoarvion sekä kosteusvauriotutkimuksen yhteydessä.

Pintakosteusilmaisimen toimintaperiaatteen ja tutkittavien materiaalien ominaisuuksien johdosta mittauksissa on useita virhemahdollisuuksia. Käyttökokeissa havaittiin sähköä johtavien materiaalien ja kerrosrakenteissa olevan ilmavälin aiheuttavan mittausrvirheitä. Pintakosteusilmaisinta oppii käyttämään käytännön kautta. Oman pintakosteusilmaisimen ominaisuuksia ja herkkyyttä virheille voi testata omilla käyttökokeilla.

Avainsanat: kosteus, mittaus, rakennukset

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Ari Kolunsarka

Title of thesis: Use of the surface moisture indicator

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2015

Number of pages: 37

Number of appendices: 0

---

The aim of the thesis was to study possibilities to use and suitability of the surface moisture indicator for measuring moisture in buildings with the help of literary research. Furthermore, the properties of different surface moisture indicators were studied with practical tests. With service tests, it was also studied how the handling of a surface moisture indicator affected the measurement results. Furthermore, it was studied how different materials could cause measuring errors.

With a surface moisture indicator, the moisture in a material is measured from the surface of the material without breaking it. The measuring depth of the surface moisture indicator is a few centimetres. The measuring can be done quickly. With the surface moisture indicator, the measuring of moisture is done as a comparative measuring. A surface moisture indicator is particularly suitable for searching wetter areas in large areas. A surface moisture indicator is used for moisture charting in real estate business, condition estimate and water damage investigation.

Due to the properties of the operating principle of the surface moisture indicator and of materials to be examined there are several error possibilities in the measuring. In the service tests it was found that electrically conductive material and an air gap in sheet constructions caused measuring errors. The usage of a surface moisture indicator can be learned with practice. The properties and sensitivity to mistakes of a surface moisture indicator can be tested with service tests.

Keywords: moisture, measuring, buildings

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO.....	7
2 KOSTEUSMITTAUKSET RAKENNUKSISSA.....	8
3 PINTAKOSTEUSILMAISIMEN TOIMINTAPERIAATE.....	11
4 PINTAKOSTEUSILMAISIMEN KÄSITTELY.....	14
5 MATERIAALIEN VIRHEVAIKUTUS MITTAUKSIIN.....	16
6 PINTAKOSTEUSILMAISIMELLA TEHTÄVÄT TUTKIMUKSET.....	18
6.1 Kosteuskartoitus kosteusvahingon tapauksessa.....	18
6.2 Kosteuskartoitus kiinteistökaupan yhteydessä.....	19
6.3 Kosteuskartoitus kuntoarvion yhteydessä.....	21
6.4 Muut käyttötavat.....	22
7 PINTAKOSTEUSILMAISIMIEN EROT KÄYTTÖKOKEISSA.....	24
7.1 Pintakosteusilmaisimien ominaisuuksien määrittäminen.....	26
7.2 Käsittelyn vaikutus.....	27
7.3 Tutkittavan materiaalin vaikutus.....	29
8 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	34
LÄHTEET.....	36

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Kosteusmittareita.....	8
Kuva 2. Pintakosteusilmaisimia.....	9
Kuva 3. Exotek MC-100S.....	24
Kuva 4. Compact B.....	25
Kuva 5. Gann RTU 600 ja B50.....	25
Kuvio 1. Kuulapäisen ilmaisuuden toimintakaavio.....	12
Kuvio 2. Suhteellisen kosteuden jakauma betonilattiassa.....	22
Taulukko 1. Pintakosteusilmaisimien mittausalueet.....	25
Taulukko 2. Pintakosteusilmaisimien mittaussyvydet.....	25
Taulukko 3. Mittauskulman vaikutus.....	26
Taulukko 4. Mittauskulman vaikutus sivusuuntaan.....	27
Taulukko 5. Sormien läheisyyden vaikutus.....	27
Taulukko 6. Alumiinifolion vaikutus.....	28
Taulukko 7. Sähköjohdon vaikutus.....	28
Taulukko 8. Ilmavälin vaikutus kerrosrakenteessa.....	29
Taulukko 9. Rajapintojen vaikutus.....	29
Taulukko 10. Tutkittavan pinnan päällä olevan kosteuden vaikutus.....	30
Taulukko 11. Kosteuden vaikutus vanerilevyssä.....	31
Taulukko 12. Kosteuden havainta kuivemman rakenteen takaa.....	31

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Kapasitanssi</b>	Kapasitanssi kuvaa kondensaattorin kykyä ladata sähkövarausta kondensaattorin napojen välisen sähköisen potentiaalieron suhteen. Yksinkertainen kondensaattori koostuu kahdesta levystä ja niiden välissä olevasta eristeestä. Tällaisen kondensaattorin kapasitanssin suuruus riippuu suoraan levyjen pinta-alasta, eristeen permittiivisyydestä ja kääntäen verrannollisesti levyjen välisestä etäisyydestä. (Volotinen 1989, 98–99.)
<b>Permittiivisyys</b>	Permittiivisyys kuvaa kondensaattorissa eristeen vaikutusta kondensaattorin kapasitanssiin. Suhteellinen permittiivisyys eli dielektrisyysvakio kertoo väliaineen permittiivisyyden suhdetta tyhjiön permittiivisyyteen. (Volotinen 1989, 98–99.) Ilman suhteellinen permittiivisyys on 1,0006. Veden suhteellinen permittiivisyys on 81. (Maol- taulukot, 66.)
<b>Kosteuskartoitus</b>	Kosteuskartoituksessa määritetään kosteiden alueiden sijainti ja laajuus rakennuksessa (KH 90-00394 2007, 6).

# 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä pyritään löytämään kirjallisuustutkimuksen avulla pintakosteusilmaisimelle sopivimmat käyttökohteet ja -tavat. Lisäksi erilaisia pintakosteusilmaisimia testataan käytännön läheisissä kokeissa niiden ominaisuuksien selvittämiseksi. Käyttökokeissa tutkitaan myös millaisia mittausvirheitä voi syntyä erilaisissa mittaustilanteissa ja erilaisilla materiaaleilla. Tässä työssä esitellään lisäksi lyhyesti muitakin rakennuksissa olevan kosteuden määrittämiseen käytettäviä laitteita. Taustana tälle opinnäytetyölle on oma kiinnostukseni rakennuksien kosteusvahinkoihin. Minua kiinnostaa muun muassa, kuinka kosteuden voi tunnistaa helposti ja nopeasti rakenteista ennen kuin rakenteessa oleva kosteus aiheuttaa terveyshaittoja rakennuksessa oleskelijoille. Pintakosteusilmaisimien tarjoaa tähän jonkinlaisen ratkaisun. Pintakosteusilmaisimien tunnetaan monilla muillakin nimillä muun muassa pintakosteusosoitin, pintakosteudenosoitin, kosteudentunnistin ja pintakosteusmittari.

## 2 KOSTEUSMITTAUKSET RAKENNUKSISSA

Kosteusmittauksia voidaan tehdä sekä rakennuksen tekoaikana että valmiista rakennuksesta. Rakennusaikaisilla kosteusmittauksilla voidaan seurata kuivumisolosuhteita tai varmistaa rakenteiden riittävä kuivuminen. Valmiissa rakennuksessa kosteusmittauksia voidaan tehdä kuntoarvion ja -tutkimuksen sekä kosteusvaurio-tutkimuksen yhteydessä. (Merikallio, 740.) Kuvassa 1 on esitetty erilaisia kosteusmittareita. Kuvassa vasemmalla on mittalaite Gann Hydromette RTU 600. Siihen voi liittää pintakosteusilmaisimain anturin B50, suhteellisen kosteuden anturin RF-T ja piikkikosteusanturin M18.



Kuva 1. Kosteusmittareita.

Kosteusmittauksissa voidaan mitata sisäilman tai rakenteiden kosteutta (Merikallio, 740). Rakenteista tehtävät kosteusmittaukset voidaan jakaa rakenteiden pintaosista ja rakenteiden sisältä tehtäviin mittauksiin sekä rakenteesta irrotettavan näytepalan kosteusmittauksiin. Pintaosien mittauksiin kuuluvat pintakosteusmittaus ja piikkikosteusmittaus. Rakenteen sisältä tehtävissä mittauksissa yleensä pyritään selvittämään suhteellista kosteutta. Näytepalaan pohjautuvassa kosteusmittauksessa tutkittavasta kohteesta otetaan näytteitä, joiden kosteuspitoisuus sitten määritetään. (Lähdesmäki 2014, 368–370.) Rakenteisiin kohdistuvien mittauksien lisäksi voidaan suhteellista kosteutta mitata mm. huone-, yläpohja- ja ryömintätiloista (KH 90-00535 2013, 28).

Pintakosteusmittaus tehdään pintakosteusilmaisimella (Lähdesmäki 2014, 368). Pintakosteusilmaisimen käyttö on rakenteita rikkomaton kosteuden mittaus-



menetelmä. Pintakosteusilmaisimen toiminta pohjautuu mitattavan materiaalin vesipitoisuuden muuttuessa aiheutuviin materiaalin sähköisten ominaisuuksien muutoksiin. (Merikallio, 740–741.) Pintakosteusilmaisimella ei voi selvittää rakenteen tarkkaa kosteuspitoisuutta tai suhteellista kosteutta. Useimmat ilmaisimet antavat tulokseksi yksiköttömiä lukemia. Pintakosteusilmaisimella tehtävä mittaus perustuu mittaustuloksien vertailulle. Pintakosteusilmaisimella voi suuntaa antavasti nopeasti arvioida rakenteiden pinnoista kosteustaso suuriltakin alueilta. Näiden mittauksien perusteella voidaan arvioida, onko tarvetta tehdä tarkempia kosteusmittauksia joillakin alueilla. (Lähdesmäki 2014, 368.) Kuvassa 2 on esitetty vasemmalla liuska-anturillinen pintakosteusilmaisim Exotek MC-100S. Kuvassa oikealla on kuu-  
lapäinen pintakosteusilmaisim Gann BL Compact B.



Kuva 2. Pintakosteusilmaisimia.

Piikkikosteusmittauksella voidaan puupohjaisista materiaaleista mitata kosteuspitoisuutta. Mittaus pohjautuu materiaalin sähkönjohtavuuteen. Mittaus tehdään työntämällä piikkikosteusmittarin piikit materiaaliin. (Lähdesmäki 2014, 368–369.) Mittauksessa piikkien välinen sähköinen vastus mitataan ja tulos muutetaan materiaali- ja olosuhderiippuvilla kertoimilla vastaamaan materiaalin kosteuspitoisuutta (Suonketo 2014, 342).

Rakenteen sisältä tehtävä suhteellisen kosteuden mittaus tehdään usein rakenteeseen poratusta reiästä tai pintarakenteeseen tehdyn reiän kautta erillisellä

rakenteeseen työnnettävällä anturilla. Mittaus voidaan tehdä myös lattiapäällysteen alta ns. viiltomittauksena. (Lähdesmäki 2014, 369.) Suhteellista kosteutta mitataan yleisimmin kapasitiivisella anturilla. Anturin toiminta perustuu kahden elektrodilevyn välisen kapasitanssin muutokseen kosteuden vaikutuksesta. Kosteusmittarit eivät tyypillisesti ole kovin stabiileja, joten niitä on kalibroitava riittävän useasti. (Ojanen 2014, 340.) Suhteellisen kosteuden mittaustulos riippuu mitattavan kosteuden lisäksi lämpötilasta. Tämä on aina huomioitava tehtäessä suhteellisen kosteuden mittauksia. (Lähdesmäki 2014, 369.) Esimerkiksi alapohjarakenteen alaosa etenkin reuna-alueilla voi olla talvella huomattavasti sisäilmaa kylmempää. Tällöin suhteellinen kosteus vaihtelee voimakkaasti mittaussyvyyden mukaan. (Kettunen 2000, 26).

Lämpökuvausta voidaan välillisesti hyödyntää kosteiden pintarakenteiden tunnistamiseen. Rakenteen pintalämpötila voi laskea pinnasta haihtuvan veden vuoksi, jolloin tämä viileämpi alue on mahdollista tunnistaa lämpökameralla. Lämpökuvauksella voidaan havaita rakenteessa oleva kosteus myös paikoissa, joissa voi ilmetä paikallinen kylmäsilta, sillä rakenteessa oleva kosteus kasvattaa materiaalin lämmönjohtavuutta. (Kettunen 2000, 29–30.)

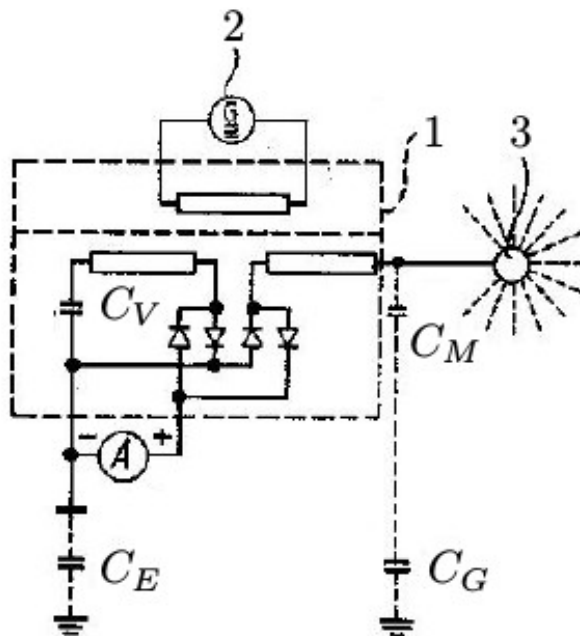
### 3 PINTAKOSTEUSILMAISIMEN TOIMINTAPERIAATE

Pintakosteusilmaisimen toiminta perustuu tavallisimmin kondensaattoriperiaatteelle (Asumisterveysopas 2009, 48). Kondensaattori on sähköinen komponentti, joka kykenee varastoimaan sähköä. Kondensaattorin kykyä varastoida sähköä kondensaattorin napojen väliin kutsutaan kapasitanssiksi. Yksinkertaisimmillaan kondensaattori koostuu kahdesta levystä ja niiden välissä olevasta sähköisestä eristemateriaalista. Tällaisen kondensaattorin kapasitanssin suuruus riippuu suoraan levyjen pinta-alasta, eristeen permittiivisyydestä ja kääntäen verrannollisesti levyjen välisestä etäisyydestä. (Volotinen 1989, 98–99.)

Permittiivisyys kuvaa eristemateriaalin vaikutusta kapasitanssin suuruuteen. Eri materiaaleilla permittiivisyys on erisuuruinen. Tyhjän permittiivisyys on pienin. Ilman permittiivisyys on lähes yhtä pieni kuin tyhjän. (Volotinen 1989, 98–99.) Veden permittiivisyys on puolestaan noin 81-kertainen ilmaan verrattuna (Maol-taulukot 1986, 66). Näistä seuraa siis, että kondensaattorin kapasitanssi kasvaa 81-kertaiseksi, kun kondensaattorin eristeenä oleva ilma vaihdetaan veteen. Pintakosteusilmaisimessa tutkittava materiaali toimii mittalaitteen luoman kondensaattorin napojen välissä sähköisenä eristeenä (Asumisterveysopas 2009, 48–49). Materiaalissa oleva vesi muuttaa materiaalin permittiivisyyttä. Kosteuspitoisuuden kasvaessa samalla permittiivisyys kasvaa. Samalla kasvaa pintakosteusilmaisimen mitaama kapasitanssi. (Suonketo 2014, 342.)

Pintakosteusmittareita on kahta päätyyppiä: liuska-anturatyyppejä, jossa on kolme taipuisaa metalliliuskaa, sekä kuulamainen pallopääanturatyyppejä (Suonketo 2014, 342). Perinteisiä pintakosteusilmaisimia ovat liuska-anturityyppiset ilmaisimet. Tyyppillisessä liuska-anturatyypin pintakosteusilmaisimessa mittaussiuskoihin johdetaan korkeataajuusjännitelähde ja mittaussiiri, joka mittaa liuskojen välistä kapasitanssia. Mittauksessa liuskat painetaan mitattavan materiaalin pintaan. Liuskojen välisen kapasitanssin avulla saadaan välillisesti määritettyä materiaalin kosteuspitoisuus. (Voutilainen 2005, 16.) Pallopäinen pintakosteusilmaisimen on yksianturinen mittalaite, jossa anturin pään ja sen ympäröivän materiaalin välistä kapasitanssia mitataan. Tämä tutkittava kapasitanssi on riippuvainen ympäröivän materiaalin kosteuspitoisuudesta. Kuviossa 1 on esitetty pallopäisen pintakosteusilmaisimen

periaatteellinen toimintakaavio. Mitattavan materiaalin kapasitanssia kuvaa kapasitanssi  $C_M$ . Kapasitanssi  $C_G$  kuvaa mitattavan kohteen ja sähköisen maan välistä kapasitanssia. Kapasitanssi  $C_E$  kuvaa sähköisen maan ja mittaajan välistä kapasitanssia. Kapasitanssien  $C_E$  ja  $C_G$  oletetaan olevan olennaisesti suurempia kuin mitattava kapasitanssi  $C_M$ , jolloin ne eivät vaikuttaisi juurikaan mittaustulokseen. (Voutilainen 2005, 16–17.)



Kuvio 1. Kuulapäisen ilmaisimen toimintakaavio (Voutilainen 2005, 17).

Pintakosteusilmaisimen mittaamaan kapasitanssiin mitattavan materiaalin kapasitanssin lisäksi vaikuttavat lisäksi mittausanturin lähellä olevat kohteet (Voutilainen 2005, 16–17). Mittaajan sormet mittausanturin läheltä voivat vaikuttaa mittaustulokseen. Tutkimusalueen reunalla toinen rajapinta saattaa jopa tuplata mittauseron. (Jääskeläinen 2008, 32.)

Pintakosteusilmaisim mittaa tutkittavan materiaalin keskimääräistä permittiivisyyttä mittaussyvyydeltään (Asumisterveysopas 2009, 48). Pintakosteusilmaisimen mittaussyvyys on laitteesta riippuen muutamia kymmeniä millimetrejä (Suonketo 2014, 342). Toimintaperiaatteensa vuoksi pintakosteusilmaisimen mittaustulokseen vaikuttavat tutkittavassa materiaalissa olevat sähköä hyvin johtavat materiaalit. Samoin kerrokselliset rakenteet voivat sotkea mittauksen. Myös tutkittavan materiaalin oma permittiivisyys vaikuttaa tulokseen, esimerkiksi betoniseinästä

voidaan saada eri lukemia kuin kipsilevyseinästä vaikka absoluuttinen kosteus rakenteessa olisi sama. (Asumisterveysopas 2009, 48–50.)

## 4 PINTAKOSTEUSILMAISIMEN KÄSITTELY

Pintakosteusilmaisimen käyttö kannattaa aloittaa varmistamalla laitteen pariston varaustila (Jääskeläinen 2008, 32–33). Jotkut pintakosteusilmaisimet vaativat säännöllisen kalibroinnin (KH 90-00535 2013, 28). Joissakin pintakosteusilmaisimissa laite kalibroi itsensä käynnistyksen yhteydessä (Jääskeläinen 2008, 33–34). Mitattaessa pintakosteusilmaisimen mittausturini laitetaan kohtisuoraan tutkittavaa pintaan vastaan (Gann 2014, 26). Mittausturinin väärä kulma voi aiheuttaa virheellisen mittaustuloksen (Iisalo 2008, 35). Pintakosteusilmaisimen mittausturini painetaan samanlaisella voimalla jokaisessa mittauspisteessä. Esimerkiksi seinän alareunaa mitatessaan saattaa mittaaja painaa mittausturinia eri tavalla seinään kuin seinän yläosaa mitatessaan. (Viljanen 1997, 30.) Mittauksessa mittaaja ei saa tuoda sormiaan lähelle mittausturinia (Jääskeläinen 2008, 32).

Pintakosteusilmaisimiin on yleensä valmiiksi ohjelmoituna kalibroituja arvoja eri homogeenisille materiaalityypeille. Näitä kalibrointeja ei voi pitää luotettavina. (Kettunen 2000, 24.) Pintakosteusilmaisinta tuleekin käyttää samalla kosteusasteikolla kaikilla materiaaleilla. (Kemoff 2012, 80.) Pintakosteusilmaisimen mittausturini voidaan lukea suoraan laitteelta tai se voidaan tallentaa laitteeseen. Joissakin pintakosteusilmaisimissa on mahdollista asettaa myös hälytysarvoja. (Jääskeläinen 2008, 33–34.)

Pintakosteusilmaisimella kosteuden tutkiminen perustuu mittausturinien vertailulle. Siksi aluksi valitaan kulloinkin tutkittavasta samankaltaisesta materiaalista referenssiarvo, johon muita mittausturinien arvoja verrataan. (Asumisterveysopas 2009, 48–50.) Referenssiarvoksi valitaan mittausturini kuivasta vastaavasta materiaalista. Joskus, jos kuivaa referenssipistettä ei kohteesta löydetä, joudutaan luottamaan siihen mitä pintakosteusilmaisimen kokemuksen mukaan näyttää kyseisen tyyppisessä rakenteessa. (Kemoff 2012, 80.) Esimerkiksi seinän yläosan voidaan parhaiden arvioida olevan kuivaa ja sieltä valita referenssiarvo (Jääskeläinen 2008, 32).

Pintakosteusilmaisimella saadut mittausturinien arvot luokitellaan esimerkiksi kolmeen luokkaan: referenssi, pieni poikkeama referenssistä ja huomattava poikkeama referenssistä, mikä tarkoittaa kosteusvaurioriskiä (Asumisterveysohje 2003, 6). Myös neljä portaista mittausturinien arvoihin pohjautuvaa luokitusta on esitetty: alle kaksin-

kertainen lukema, yli kaksinkertainen lukema, kolmin-nelinkertainen lukema ja mittarin täydet lukemat. Yleisesti yli kaksinkertainen mittausrvo tarkoittaa selvästi poikkeavaa kosteutta. (Kemoff 2012, 80.)

Eri pintakosteusilmaisimet antavat erilaisia mittausrvoja samastakin mittauskohdasta, joten käyttäjän tulisi testata käyttämänsä laite mahdollisimman monipuolisesti tunnetuissa olosuhteissa. Testauksessa tulisi kiinnittää huomiota testattavan laitteen antamiin tuloksiin eri materiaaleilla ja materiaaliyhdistelmillä. Mittaajan tulisi oppia tuntemaan erilaisten häiriötekijöiden, esim. sähköjohtojen, betoniraidoitteiden ja vesijohtoputkien, vaikutus mittausrvoihin. (Kettunen 2000, 24.) Tutkittavan alueen reunoilla kannattaa huomioida, että toinen rajapinta esimerkiksi nurkka saattaa jopa tuplata mittausrvon (Jääskeläinen 2008, 32). Oman mittausmekaniikkansa vaikutusta voi testailta esimerkiksi painaen mittalaitetta eri asennoissa mitattavaan pintaan (Viljanen 1997, 30).

## 5 MATERIAALIEN VIRHEVAIKUTUS MITTAUKSIIN

Pintakosteusilmaisimella tehtävissä pintakosteusmittauksissa virheitä yleisesti aiheuttavat tutkittavan materiaalin sisällä olevat sähköä johtavat materiaalit, kerrokselliset rakenteet ja materiaaliominaisuuksien vaihtelut (KH 90-00535 2013, 28).

Tyypillisiä pintakosteusilmaisimella tehtävissä mittauksissa virheitä aiheuttavia sähköjohtavia materiaaleja ovat rakenteen sisällä olevat sähköjohdot, betoniraudotteet, vesijohtoputket ja metallirangat (Kettunen 2000, 24; KH 90-00535 2013, 28). Muita mittauksia vääristäviä sähköjohtavia materiaaleja rakenteissa ovat metallifoliot, jotkut muovit ja saneerausmatot (Jääskeläinen 2008, 32; Asumisterveysopas 2009, 49). Nämä aiheuttavat pintakosteusilmaisimelle kohonneita mittausarvoja (Asumisterveysopas 2009, 49).

Kerroksellisissa rakenteissa olevat ilmavälit voivat vääristää pintakosteusilmaisimen mittausarvoja (Kettunen 2000, 24). Kylpyhuoneen lattia- ja seinälaatoituksen ja ehjän vesieristeen välissä oleva vesi saattaa johtaa virheelliseen johtopäätökseen kosteusvauriosta. Vettä on saattanut mennä kaakelin ja vesieristeen väliin kaakelin rikkoutuneesta saumakohtasta. Tilanne voi olla kuitenkin harmiton. (Asumisterveysopas 2009, 49.) Lattian pinnan pintakosteusilmaisimella tehtävä kosteuskartoitus ei ole välttämättä luotettava, kun uusi lattiapinnoite on asennettu vanhan pintarakenteen päälle (Kemoff 2012, 80).

Homogeeniselta vaikuttava rakenne kuten betoniseinä voi olla pintakosteusilmaisimen kannalta harhaanjohtava. Virhetulkintoja voi aiheuttaa esimerkiksi Tasoite-tyypin ja -paksuuden vaihtuminen keskellä seinää. (Kettunen 2000, 24.) Betonin sementtimäärästä ja lisääaineista johtuen toiset betonilaadut johtavat sähköä paremmin kuin toiset, mikä vaikuttaa pintakosteusilmaisimen antamaan mittausarvoon. Yleensä mitä suurempi betonin sementtisuhde on, sitä paremmin betoni johtaa sähköä ja sitä korkeampia mittausarvoja pintakosteusilmaisimella saadaan. Esimerkiksi mitattaessa nopeasti kuivuvia betoneja pintakosteusilmaisimella voi saada hyvinkin korkeita mittausarvoja, vaikka todellisuudessa betoni olisikin kuivaa. (Merikallio 2002, 6.)



Pintakosteusilmmaisimella tutkittaessa, erityisesti betonipintoja, pinnan karheus ja epätasaisuus voivat vääristää mittausarvoja (Merikallio 2002, 7). Tutkittavan kohteen pinnalla oleva kosteus voi vääristää mittauksia. Vessanpöntön ympärillä oleva suolainen urea voi nostaa pintakosteusilmmaisimen mittausarvoja. (Jääskeläinen 2008, 32.) Kannattaa myös huomioida, ettei pintakosteusilmmaisimella voi tunnistaa mahdollisia homevaurioita eikä vanhoja vesivahinkoja, jos materiaalit ovat kuivuneet (Iisalo 2008, 36).

## 6 PINTAKOSTEUSILMAISIMELLA TEHTÄVÄT TUTKIMUKSET

Pintakosteusilmaisemilla tehtävät tutkimukset pitää tehdä mahdollisimman järjestelmällisesti sekä riittävän laajasti, jotta tutkittavilta alueilta saadaan kattava kuva pinnan kosteusjakaumasta. Pintakosteusilmaisimella voidaan vertailla kosteuspi-tuisuutta esimerkiksi betoni-, tiili-, puu- ja harkkomateriaaleilla sekä erilaisilla ra-kennuslevyillä. (Viljanen 1997, 30.) Pintakosteusilmaisimella soveltuu erityisesti tilan-teisiin, joissa rakenteista kartoitetaan mahdollisia kosteampia alueita (Merikallio, 740). Pintakosteusilmaisinta käytetään kosteuskartoituksiin rakennuksien kosteus-vahinkotapauksissa, kiinteistökaupan yhteydessä tehtävissä kuntotarkastuksissa ja rakennuksien kuntoarvioinneissa (Merikallio, 740; KH 90-00394 2007, 6).

### 6.1 Kosteuskartoitus kosteusvahingon tapauksessa

Kosteusvahinkotapauksessa kosteuskartoituksen lähtökohtana on kohteessa teh-dyt havainnot, esimerkiksi selkeät vesivuodot, pinnoitevauriot tai hajuhaitat. Tarkoi-tuksena on selvittää kosteusvahingon syy, luonne ja kesto. Tämän jälkeen selvite-tään rakennetietojen ja kosteusmittauksien avulla vaurion laajuus. Vaurion syy ja laajuus tarvitaan korjaussuunnittelua ja korjaustöitä varten. Lopuksi raportoidaan kosteuskartoituksen tulokset. Korjaustyön onnistuminen varmistetaan tarkastamal-la vaurioiden laajuus korjaustöiden yhteydessä. Kosteusvaurioiden kartoittamises-sa olennaista on ymmärtää rakenteiden lämpö- ja kosteusteknistä käyttäytymistä, jotta erotetaan rakenteen normaali ja virheellinen toiminta. Lisäksi pitää tunnistaa rakenteiden rakennusfysikaalisesta toiminnasta tekijät, jotka vaikuttavat käytettävi-en mittausmenetelmien tulokseen. (Kettunen 2000, 2 ja 20.)

Pintakosteusilmaisimella on helppoa ja nopeaa selvittää vaurion laajuus. Kosteus-kartoituksessa käytetään referenssiarvomenettelyä. Rakenneosasta etsitään mahdollisimman kuiva kohta, jonka referenssiarvoa verrataan muihin mittausarvoi-hin. Pintakosteusilmaisimella mittaukset tehdään järjestelmällisesti. Mittausarvot ja -kohdat merkitään muistiin. Näistä tuloksista tuotetaan kosteusjakaumakartta. Kos-teusjakaumakarttaa käytetään vaurion syyn ja laajuuden selvittämisessä. (Kettu-nen 2000, 24.) Kosteilla alueilla puupohjaisilla materiaaleilla voidaan tehdä

tarkennusmittauksia piikkimittarilla (Jääskeläinen 2008, 32). Rakenneratkaisusta ja vesivahingosta suuruudesta riippuen rakenteista joudutaan usein tekemään myös betonin suhteellisen kosteuden mittauksia porareijistä (Merikallio 2002, 19).

## 6.2 Kosteuskartoitus kiinteistökaupan yhteydessä

Kiinteistön kuntotarkastuksen tavoitteena on tuottaa puolueetonta tietoa kiinteistökaupan osapuolille tarkastettavan kohteen rakennusteknisestä kunnosta, korjaustarpeista, vaurioriskeistä ja käyttöturvallisuusriskeistä (KH 90-00394 2007, 2). Kuntotarkastuksen yhteydessä kosteuskartoituksella määritellään kosteusalueiden olemassaolo ja alueiden rajat sekä mahdollinen lisätutkimustarve (Kemoff 2012, 80). Kuntotarkastajan on tunnettava mittausmenetelmät, mittalaitteidensa toimintaperiaate, huolehdittava laitteiden asianmukaisesta käytöstä, huollosta ja kalibroinnista, kyettävä tulkitsemaan mittalaitteiden käyttäytymistä oikein eri tilanteissa sekä tunnettava eri materiaalien mittaustapoja koskevat ohjeet (KH 90-00394 2007, 9).

Kosteuskartoituksen aluksi määritetään referenssiarvo, johon muita mittausarvoja verrataan. Referenssiarvoksi valitaan mittausarvo kuivasta vastaavasta materiaalista. (Kemoff 2012, 80.) Pintakosteusilmaisimella kosteuskartoitus tehdään pistokokein kiinteistön eri pinnoilla.

Suosittelava mittauspisteväli on 1–3 m

- alapohjan betonilattioiden pinnoitteiden päällä
- maanvastaisissa kivirakenteisissa seinissä
- märkätiloissa käytössä kastumattomilla pinnoilla.

Jos pintakosteusilmaisimella havaitaan kohonneita mittausarvoja, tihennetään mittauspistevälien etäisyys 0.2–0.5 metriin, jotta kosteusalueen laajuus saadaan määritettyä.

Suosittelava mittauspisteväli on 0.2–0.5 m

- märkätiloissa käytössä kastuvilla pinnoilla
- kosteudelle tavallisesti alttiina olevissa paikoissa
- lattiakaivojen ympärillä
- maanvastaisten kiviainesrakenteisten seinien alareunoilla
- riskirakenteissa, joissa kosteus voi olla pintarakenteissa
- pinnan kosteuteen viittaavien riskihavaintojen alueilla.

(KH 90-00394 2007, 6.)

Riskihavaintoja ovat mm.

- rappauksen irtoaminen tai lohkeaminen
- kalkkihärmä betoni- ja tiilipinnoilla
- maalin irtoaminen tai kupruilu
- puun tummuminen
- rakennuslevyjen turpoaminen
- muovimattojen kupruilu tai saumojen aukeaminen
- parketin turpoaminen
- keraamisten laattojen irtoaminen alustastaan
- kosteusläikät sisäpinnoissa
- näkyvä homekasvusto rakenteiden pinnoilla.

(KH 90-00535 2013, 26.)

Riskihavaintojen alueelta puurakenteista rakenteen kosteus suositellaan määritettävän piikkikosteusmittarilla (KH 90-00394 2007, 6). Kemoff suosittelee tiheämpää mittapisteväliä 0.2–0.5 m:n mittapisteväleihin myös tutkittaessa lattiaa maan vastaisen seinän viereltä sekä tiili-, harkko- tai betonirakenteisten väliseinien vierellä (Kemoff 2012, 81). Kapillaarinen kosteus esiintyy seinällä yleensä heti jalkalistan yläpuolella, eikä sitä ole havaittavissa välttämättä enää esimerkiksi 20 cm:n korkeudessa (Kemoff 2012, 71).

Suihkun alueella seinäpinta on yleensä kostea. Kosteusalueen muoto on tyypillisesti se alue, mihin vettä suihkussa ollessa roiskuu. Lattiassa kosteutta esiintyy roiskevesialueella, paitsi jos lattialämmitys ja ilmanvaihto ovat niin tehokkaita, että kuivattavat lattian. Suihkutilojen pintoja ei suositella kasteltavaksi tarkastusta edeltävän illan jälkeen. Käytännössä kosteuskartoitus voidaan tehdä vaikka suihkua olisi käytetty aamulla, kunhan pinnat kuivataan huolellisesti ja annetaan tilan tuulettaa tunnin verran. (Kemoff 2012, 100–101.)

Kemoff suosittaa kiinnittämään kosteuskartoituksessa huomiota mm.

- erillisen WC:n lattia ja seinät
- vesijohtojen läpivientikohtien alla olevat seinäpinnat
- seinässä olevan pesukoneen viemäriputken liitoksen alla oleva seinäpinta
- lämminvesivaraajan alusta
- WC-pytyn juuren ympärillä oleva lattiapinta
- patteriputkien ympärillä oleva lattiapinta putken viereltä
- keittiössä alakaappien alta
- astianpesukoneen edustalla ja vierustalla

- kylmäkoneiden edustalla ja vierustalla.

(Kemoff 2012, 81, 100–101 ja 111–113.)

Kuntotarkastusraporttiin kirjataan, tila- tai rakennekohtaisesti, millä tarkkuudella kosteuskartoitus on tehty. Pintakosteusilmaisimen lukemia ei ilmoiteta kuntotarkastusraportissa, koska lukemat eivät ole yksiselitteisesti tulkittavia mittaustuloksia. Se sijaan kosteuskartoituksen tuloksissa kerrotaan selkeästi havaitun kosteuden merkitys. Raporttiin kirjataan myös mittausvälineistö ja niiden kalibroinnit. (KH 90-00394 2007, 6 ja 8.)

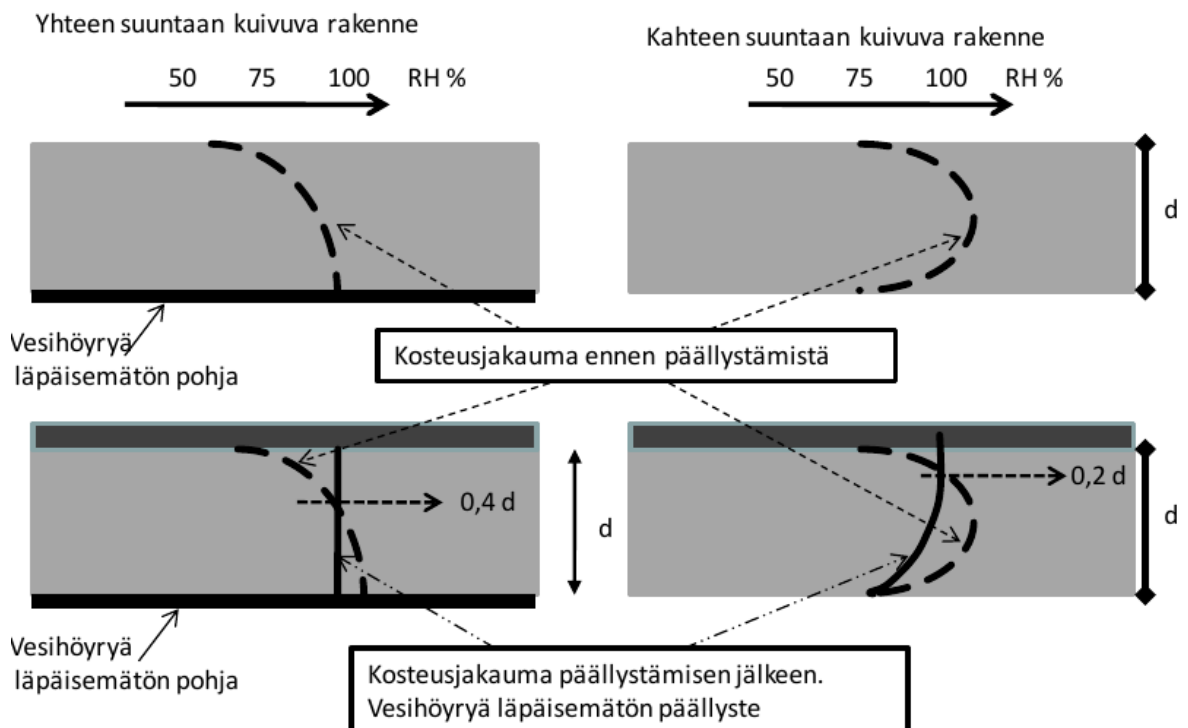
### **6.3 Kosteuskartoitus kuntoarvion yhteydessä**

Kiinteistön kuntoarvion tavoitteena on lähtökohtien hankinta kunnossapitosuunnittelua varten. Säännöllisin väliajoin tehtävällä kuntoarviolla saadaan kokonaiskuva kiinteistön arvosta, teknisestä kunnosta ja energiatehokkuudesta. Ensimmäinen kuntoarvio kiinteistölle tehdään enintään kymmenen vuoden iässä. Sen jälkeen kuntoarvio päivitetään noin viiden vuoden välein. (KH 90-00535 2013, 1.)

Kuntoarvio perustuu pääosin aistienvaraisiin asiantuntijahavaintoihin ja olemassa oleviin asiakirjoihin, kuten huoltokirjaan. Kuntoarviossa rakenteiden arvioiminen suoritetaan pääasiassa aistienvaraisesti havainnoiden. Lisäksi voidaan käyttää pintakosteusilmaisinta, piikkimittaria, ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaria, pintalämpötilamittaria ja merkkisavua. Pintakosteusilmaisimella voidaan tehdä mittauksia riskikohdista ja kosteusvaurioituneiksi epäillyistä kohdista. Pintakosteusilmaisimella tehtyjen määritysten perusteella ei pidä tehdä rakenteiden purkupäätöksiä, vaan siihen on käytettävä muita kosteuden määritysmenetelmiä. Lisäksi koska mahdollisia piileviä vikoja ei kuntoarviossa voida havaita, kuntoarvioijat voivat suositella tarkempien kuntotutkimuksien tekemistä. (KH 90-00535 2013, 1, 8 ja 28.)

## 6.4 Muut käyttötavat

Pintakosteusilmmaisinta voidaan käyttää apuna valittaessa mittauskohtia betonin suhteellisen kosteuden mittauksia varten. Betonin suhteellisen kosteuden mittaukset voidaan tehdä joko rakenteeseen poratusta reiästä tai rakenteesta otetuista materiaalinäytepaloista. Nämä mittaukset ovat materiaalia rikkovia ja yleensä aikaa vieviä, siksi mittauskohtien määrää pyritään rajoittamaan. (Merikallio 2002, 11.)



Kuvio 2. Suhteellisen kosteuden jakauma betonilattiassa (Merikallio 2009, 48).

Pintakosteusilmmaisinta on käytetty myös betonin pinnoitettavuuden testaukseen. Mittaukseen liittyvien epävarmuustekijöiden vuoksi sitä ei kuitenkaan suositella siihen käyttöön. Pintakosteusilmmaisimelle epävarmuustekijöitä aiheuttavat muun muassa betonin sementtimäärä ja lisäaineet. Lisäksi pintakosteusilmmaisimen mittausvyvyttä ei voida varmuudella määrittää. Betonilattian suhteellisen kosteuden mittaukseen määritetyt mittausvyvydet perustuvat olettamukseen, että lattian päällystämisen jälkeen suhteellinen kosteus tiiviin päällysteen alla nousee enimmillään siihen arvoon, mikä rakenteessa vallitsi ennen päällystämistä. Mittausvyvyys on kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa 20 %:n syvyydellä rakenteen paksuudesta. Yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa mittausvyvyys on 40 %:n syvy-

dellä rakenteen paksuudesta. Kuviossa 2 on esitetty betonilattiassa esiintyvän suhteellisen kosteuden jakauma ennen ja jälkeen lattian pinnoituksen. (Merikallio 2009, 48 ja 65–66.)

## 7 PINTAKOSTEUSILMAISIMIEN EROT KÄYTTÖKOKEISSA

Käyttökokeissa testattiin erilaisia pintakosteusilmaisimia. Kokeissa oli mukana liuska-anturillinen Exotek MC-100S. Kuvassa 3 on esitetty Exotek MC-100S. Kuu-  
lapäisiä pintakosteusilmaisimia edustivat Gannin Hydromette BL Compact B ja Hydromette RTU 600 yhdistettynä mittausanturiin B50. Kuvassa 4 on esitetty Gann Compact B. Kuvassa 5 on puolestaan esitetty Gann RTU 600 ja B50. Sekä MC-100S:ssä että BL Compact B:ssä on sekä pariston alhaisen varaustilan varoi-  
tin että automaattinen kalibrointi. RTU 600 sisältää erillisen pariston varaustilan mittaus-tilan. Mittausanturissa B50 on pieni ruuvi, jota kääntämällä anturin voi kalib-  
roida näyttämään nolaa. Käytössä oli myös piikkimittari Gann:n Hydromette RTU 600 yhdistettynä anturiin M18.



Kuva 3. Exotek MC-100S.





Kuva 4. Compact B.



Kuva 5. Gann RTU 600 ja B50.

Mittausanturilla B50 yhdistetyssä Hydromette RTU 600:ssa on käytössä vain yksi yksiköttömiä lukemia esittävä mittausasteikko. BL Compact B:ssä käytettiin myös yksiköttömiä lukemia esittävää mittausasteikkoa. MC-100S:ssä ei ole yksikötöntä

mittausasteikkoa. Siinä käytettiin mahdollisimman laajan alueen näyttämää mittaustasteikkoa. Se saatiin valittua valitsemalla asetukset HI ja FI. Piikkimittaria käytettiin koivuvanerin kosteuden mittaamiseen. Mittauksessa käytettiin koivu-asetusta, jolloin kytkin X oli asennossa 7 ja kytkin Y oli asennossa 4.

Testatuista pintakosteusilmaisimista paljastui nopeasti omat ominaispiirteet. BL Compact B:n mittausarvot jäivät heilumaan muutaman desimaalin tarkkuuteen. Mittausanturilla B50 yhdistetyn RTU 600:n ominaisuutena olivat mittausalueen pienet heittelyt eri mittauskerroilla. MC-100S:llä mittausarvoihin vaikutti herkästi, kuinka hyvin liuskat oli painettuna tutkittavaa pintaa vastaan. MC-100S:n ominaisuutena oli myös mittausarvojen porraksellisuus 0.3 tai 0.4 portain, vaikka mittarin näyttämän tarkkuus oli yksi desimaali. Esimerkiksi mittausarvoa 12.3 seuraava mittausarvo oli 12.6. Käytössä havaittiin nopeasti automaattisen kalibroinnin haittapuoli. Jokaisen käynnistyksen yhteydessä automaattisessa kalibroinnissa laite nolaa itsensä. Jos käynnistys hetkellä mittausanturin lähellä on jotain materiaalia, kalibrointi asettuu väärään arvoon.

Suoritettut testit jaettiin käsittelyn ja tutkittavan materiaalin vaikutuksiin sekä pintakosteusilmaisimien ominaisuuksien määrittelyyn.

## 7.1 Pintakosteusilmaisimien ominaisuuksien määrittäminen

Pintakosteusilmaisimien ominaisuuksista tutkittiin mittaussyvyyttä sekä mittausalueen laajuutta. Pintakosteusilmaisimien mittausalueen yläpää määritettiin tekemällä mittaus mittausanturi kädellä maadoitettuna. Mittausalueen alapää mitattiin laittamalla mittausanturi mahdollisimman kauaksi kaikista esineistä. Automaattinen kalibrointi BL Compact B:ssä ja MC-100S:ssä asetti mittausalueen alapään aina nolaaan. Taulukossa 1 on esitetty pintakosteusilmaisimien mittausalueet.

Taulukko 1. Pintakosteusilmaisimien mittausalueet.

	BL Compact B	B50	MC-100S
Alapää	0	-1.8 – - 2.5	0
Yläpää	99.9	161.1 – 166.6	84.3 – 84.6

Testissä B50:n mittausarvot vaihtelivat hieman eri mittauskerroilla. Poikkeamat olivat kuitenkin pintakosteusilmaisimella tehtävien mittauksien kannalta merkityksettömiä.

Pintakosteusilmaisimien mittaussyvyttä tutkittiin mittaamalla mittaasanturin etäisyyttä maadoitetun alumiinifolioon erisuuruusilla mittausarvojen muutoksilla. Alumiinifolion voi ajatella tässä testissä edustavan hyvin märkää materiaalia. Etäisyydet mitattiin 1, 2, 5 ja 10 %:n kasvulla koko mittausalueesta. Taulukossa 2 on esitetty pintakosteusilmaisimien mittaussyvytydet.

Taulukko 2. Pintakosteusilmaisimien mittaussyvytydet.

	BL Compact B	B50	MC-100S
1 %	15 cm	13 cm	0.6 cm
2 %	11 cm	9 cm	0.5 cm
5 %	4.5 cm	6 cm	0.4 cm
10 %	2.5 cm	4.5 cm	0.4 cm

Liiska-anturillinen MC-100S aiheutti yllätyksen testissä. Se pystyi havaitsemaan maadoitetun alumiinifolion vasta noin puolen senttimetrin päästä. Tämä osoittaa, että MC-100S:n liuskat pitää olla mittauksen aikana kosketuksissa tutkittavaan pintaan. Todennäköisesti tämä tarkoittaa myös sitä, että kerrosrakenteessa olevat ilmävälit aiheuttavat helposti virheellisiä mittausarvoja MC-100S:llä. Kuulapäisistä B50 vaikuttaa testin perusteella omaavan suurimman käytännön mittaussyvytyden (5 ja 10 %:n arvot). Tässä testissä käytettiin testijärjestelyn helppouden takia väliaineena ilmaa. Jos väliaineena olisi käytetty suuremman permittiivisyyden omaavaa materiaalia, olisi se todennäköisesti kasvattanut mittaussyvytyksiä.

## 7.2 Käsittelyn vaikutus

Pintakosteusilmaisimien käsittelyn vaikutusta tutkittiin testaamalla mittauskulman vaikutusta ja mittaasanturin lähellä olevien sormien vaikutusta. Taulukossa 3 on esitetty mittauskulman vaikutus mittausarvoihin 15 mm paksun huonekuivan koivu- vanerin päällä. Mittauskulmassa 0° pintakosteusilmaisimien oli kohtisuorassa levyä

vastaan. Pintakosteusilmaisinta käännettiin tästä 15 asteen välein suoraan kohti levyn pintaa.

Taulukko 3. Mittauskulman vaikutus.

	BL Compact B	B50	MC-100S
0°	20.6	18.8	12.3
15°	20.3	18.5	12.6
30°	20.2	19.0	13.0
45°	20.2	18.7	12.6
60°	20.4	19.1	12.3
75°	20.3	20.4	12.3

Testissä mittauskulmalla ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta mittausarvoihin. Ainoastaan B50:n lähes levyn pinnassa olevassa kulmassa mittausarvo nousi hieman. Siinä tilanteessa ilmeisesti mittajaan sormien läheisyys vanerin pintaan vaikutti tulokseen.

Taulukossa 4 on esitetty mittauskulman vaikutus sivusuuntaan kallistettuna mittausarvoihin 15 mm paksun koivuvanerin päällä. Liuska-anturi mallilla MC-100S testiä ei tehty, koska pienikin kallistus irrotti toisen reunan liuskan irti pinnasta. Tämä romahdutti mittausarvon hyvin nopeasti. BL Compact B:n 75°:n kulmassa mittausarvoa ei mitattu, koska mittausanturipää nousi irti vanerin pinnasta pintakosteusilmaisimen reunan vaikutuksesta.

Taulukko 4. Mittauskulman vaikutus sivusuuntaan

	BL Compact B	B50	MC-100S
0°	20.6	18.8	
15°	20.1	18.6	
30°	20.7	17.9	
45°	20.7	18.2	
60°	21.0	18.8	
75°		20.1	

Testissä sivusuuntaan kallistuksella ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta mittausarvoihin. Tässäkin testissä B50:n lähes levyn pinnassa olevassa kulmassa mittausarvo nousi hieman.

Mittaajan sormien vaikutusta mittausarvoihin tutkittiin pitämällä kiinni pintakosteusilmaisimesta normaalisti. Sen jälkeen työnnettiin etusormea kohti mittausanturia ja samanaikaisesti mitattiin, millä sormen etäisyydellä mittausarvo nousi yksi ja kaksi prosenttia pintakosteusilmaisimen mittausalueesta. Etäisyys mitattiin kuulapäisillä pintakosteusilmaisimilla kuulan lähimmästä pinnasta. Liuska-anturilla varustetulla pintakosteusilmaisimella etäisyys mitattiin lähimmästä liuskan pinnasta. Taulukossa 5 on esitetty sormien vaikutus mittausarvoihin.

Taulukko 5. Sormien läheisyyden vaikutus

	BL Compact B	B50	MC-100S
1 %	43 mm	83 mm	4 mm
2 %	24 mm	76 mm	4 mm

Testissä liuskailmaisimien oli hyvin epäherkkä sormien läheisyydelle. Puolestaan mittausanturilla B50 pelkästään käden asennon muuttaminen vaikutti hieman mittausarvoihin. Käytännössä silläkin vaikutus oli kuitenkin merkityksetön, kunhan pitää kiinni johtopäästä mittausanturia. BL Compact B:n muotoilu ohjaa oikeaan otteeseen, jolloin sormet eivät pääse vaikuttamaan mittausarvoihin.

### 7.3 Tutkittavan materiaalin vaikutus

Sähköä johtavien materiaalien häiriövaikutusta pintakosteusilmaisimiin testattiin kahdella testillä. Toisessa mitattiin alumiinifolion vaikutusta ja toisessa sähköjohdon vaikutusta. Sähköjohdon tapauksessa mitattiin myös vaikutusalueen laajuutta. Alumiinifolion vaikutusta testattiin laittamalla 15 mm paksun huonekuivan koivuvanerin taakse ohut alumiinifolio. Toisessa tapauksessa alumiinifolio lisäksi maadoitettiin mitaajan käteen. Taulukossa 6 on esitetty alumiinifolion vaikutus mittausarvoihin.

Taulukko 6. Alumiinifolion vaikutus.

	BL Compact B	B50	MC-100S
Ilman foliota	20.2	17.6	12.6
Folio	33.8	37.5	14.8
Folio + maadoitus	37.8	47.3	16.5

Testissä alumiinifolio vaikutti selvästi kaikkiin testattuihin pintakosteusilmaisimiin.

Sähköjohdon vaikutusta pintakosteusilmaisimiin testattiin laittamalla 15 mm paksun huonekuivan koivuvanerin taakse kaksijohtiminen 2\*0.75 mm<sup>2</sup> sähköjohto. Toinen johdin maadoitettiin mittaajan käteen. Lisäksi mitattiin johdosta sivusuuntaan etäisyys, millä pintakosteusilmaisimen poikkeaman arvo puolittui. Taulukossa 7 on esitetty sähköjohdon vaikutus mittauservoihin.

Taulukko 7. Sähköjohdon vaikutus.

	BL Compact B	B50	MC-100 johto liuskojen suuntaisesti	MC-100S johto liuskoja vastaan
Ilman johtoa	20.3	17.6	12.3	12.3
Maadoitettu johto	28.7	27.6	13.7	14.4
Poikkeaman puolittuminen	52 mm	51 mm	21 mm	46 mm

Testissä sähköjohdin vaikutti selvästi kuulapäisiin pintakosteusilmaisimiin. Vaikutusalue oli useita senttimetrejä. MC-100S:ään sähköjohdon vaikutus oli tässä testissä vähäinen.

Ilmavälin vaikutusta kerrosrakenteessa tutkittiin testissä, missä 15 mm paksun huonekuivan koivuvanerin taakse jätettiin 30 mm ilmaväli ja sen jälkeen oli maadoitettu alumiinifolio. Vertailupohjana käytettiin alumiinifoliotestin tuloksia taulukosta 6. Taulukossa 8 on esitetty ilmavälin vaikutus kerrosrakenteessa pintakosteusilmaisimien mittauservoihin.

Taulukko 8. Ilmavälin vaikutus kerrosrakenteessa.

	BL Compact B	B50	MC-100S
Ilman foliota	20.2	17.6	12.6
Folio vanerin takana	33.8	37.5	14.8
Folio vanerin ja ilmavälin takana	26.2	29.1	13.0

Tässä testissä alumiinifolion voi ajatella edustavan hyvin märkää materiaalia. Testin perusteella 30 mm:n ilmaväli heikentäisi selvästi kosteuden havaitsemista. Tämän testin mukaisissa olosuhteissa ainoastaan B50:llä olisi mahdollista hyvin havaita kosteus ilmavälin takana.

Useamman rajapinnan vaikutusta pintakosteusilmaisimiin tutkittiin testissä, missä kolmella 15 mm paksulla huonekuivilla koivuvanerilevyillä muodostettiin nurkkarakenne. Testissä mittausanturi painettiin kiinni levyihin. Pyrkimyksenä oli hakea suurin mahdollinen virhe, mitä rajapinnan lisääminen voi aiheuttaa. Taulukossa 9 on esitetty rajapintojen vaikutus mittausarvoihin.

Taulukko 9. Rajapintojen vaikutus

	BL Compact B	B50	MC-100S
Pelkkä levy	20.2	18.5	12.6
Reuna	30.2	29.0	29.2
Nurkka	37.3	31.1	29.9

Testissä useammalla rajapinnalla oli suuri vaikutus mittausarvoon kaikilla pintakosteusilmaisimilla. Liuskatyypin pintakosteusilmaisimen liuskoja ei saatu liitettyä nurkkatapauksessa yhtä aikaa kaikkiin kolmeen vanerilevyyn.

Tutkittavan pinnan päällä olevan kosteuden vaikutusta pintakosteusilmaisimiin tutkittiin testissä, missä betonilattian muovimaton päälle laitettiin vettä. Ns. kosteassa tapauksessa lattia pyyhittiin kostealla talouspaperilla. Märässä tapauksessa muovimaton päälle levitettiin ohuesti vettä. Kuivatussa tapauksessa muovimatto pyyhittiin kuivaksi talouspaperin avulla. Taulukossa 10 on esitetty tutkittavan pinnan päällä olevan kosteuden vaikutus mittausarvoihin.

Taulukko 10. Tutkittavan pinnan päällä olevan kosteuden vaikutus.

	BL Compact B	B50	MC-100S
Kuiva	42.2	52.1	15.8
Kostea	44.9	54.8	17.9
Märkä	95.6	143.8	83.5
Kuivattu	42.8	58.8	17.2

Testissä kosteus vaikutti tutkittavan pinnan päällä aivan odotetusti oleellisesti mittausarvoihin, kunhan vettä oli riittävästi. Testin perusteella vaikuttaa, että tutkittava pinta saadaan nopeastikin mittauskuntoon, vaikka se olisi lähtötilanteessa päältä märkä.

Pintakosteusilmaisimien kykyä havaita kosteutta vanerilevyissä tutkittiin testissä, missä eri kosteuksissa olevia 15 mm:n koivuvanerilevyjä mitattiin pintakosteusilmaisimilla. Koivuvanerilevyt mitattiin myös Gannin piikkianturilla M18. Kuivaa tapusta edusti huonekuiva koivuvaneri. Toista ääripäätä edusti ns. märkä vaihtoehto, jossa vanerin pinnassa oli silmin nähtäviä kosteita kohtia. Taulukossa 11 on esitetty kosteuden vaikutus vanerilevyn mittausarvoihin.

Taulukko 11. Kosteuden vaikutus vanerilevyssä

	BL Compact B	B50	MC-100S	M18
Kuiva	18.8	17.0	11.6	9.4 %
Kostea	35.4	29.5	21.8	15.2 %
Märkä	90.2	73.1	84.3	34.6 %

Testissä kaikki testatut pintakosteusilmaisimet havaitsivat hyvin vanerilevyssä olevan kosteuden.

Pintakosteusilmaisimien kykyä havaita kosteampi materiaali kuivemman materiaalin takaa tutkittiin testissä, missä edellisessä testissä olleita vanerilevyjä pinottiin päällekkäin. Kuivan ja kostean levyn tulokset on kopioitu taulukosta 11. Kuivan levyn ja folion tulokset on kopioitu taulukosta 8. Alumiinifolion voi ajatella edustavan tässä testissä hyvin märkää materiaalia. Taulukossa 12 on esitetty pintakosteusilmaisimien kosteuden havaintaa kuivemman rakenteen takaa.



Taulukko 12. Kosteuden havainta kuivemman rakenteen takaa

	BL Compact B	B50	MC-100S
Kuiva levy	18.8	17.0	11.6
Kostea levy	35.4	29.5	21.8
Kuiva + kostea	28.1	30.0	13.4
Kuiva + märkä	32.3	32.9	14.8
Kuiva + folio	33.8	37.5	14.8
Kostea + märkä	40.0	39.0	22.5

Testissä BL Compact B:llä pystyi tunnistamaan hyvin kuivan levyn takana olleen märän levyn. Gannin mittausanturilla B50 pystyi hyvin tunnistamaan kuivan koivu-  
vanerin takaa kummankin kosteamman levyn. Tämä saattoi johtua B50 suurem-  
masta mittaussyvyydestä. Testatuista pintakosteusilmaisimista kostean vanerile-  
vyn takana olevan märän vanerilevyn pystyi ainoastaan B50 havaitsemaan.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pintakosteusilmaisin on nopea ja rakenteita rikkomaton menetelmä tutkia rakenteissa olevaa kosteutta. Pintakosteusilmaisimella kosteuden määrittäminen tehdään käyttäen mittausarvojen vertailua. Aluksi pyritään valitsemaan kulloinkin tutkittavasta samankaltaisesta materiaalista mahdollisimman kuiva referenssiarvo, johon muita mittausarvoja verrataan. Pintakosteusilmaisin soveltuu kosteampien alueiden etsimiseen rakenteiden pinnoista suuriltakin alueilta. Tarkempi kosteuden määrittäminen on kuitenkin tehtävä muilla kosteuden mittauslaitteilla. Pintakosteusilmaisinta käytetään kosteuskartoitukseen kiinteistökaupan, kuntoarvion sekä kosteusvauriotutkimuksen yhteydessä.

Pintakosteusilmaisimella kosteuden mittaaminen pohjautuu materiaalin permittiivisyyden muutokseen kosteuden vaikutuksesta. Varsinainen mittaus tapahtuu pintakosteusilmaisimen anturin ja ympäröivien materiaalien kapasitanssin määrittämisen avulla. Toimintaperiaatteesta johtuen pintakosteusilmaisin on herkkä erilaisille sähköjohtavien materiaalien aiheuttamille virhemittauksille.

Pintakosteusilmaisinta oppii käyttämään käytännön kautta. Ensiksi on opittava käytettävän pintakosteusilmaisimen ominaisuudet. Toiseksi on opittava tuntemaan laitteen herkkyys erilaisille virhelähteille. Kolmanneksi on opittava tuntemaan pintakosteusilmaisimen antamat mittausarvot erilaisilla materiaaleilla. Näitä kaikkia asioita voi opetella tekemällä omia käyttökokeita.

Suoritettavat käyttökokeet eivät vaadi laboratorio-olosuhteita, vaan ne pystyy melko helposti suorittamaan kotiolosuhteissakin. Kokeet eivät kuitenkaan täytä tieteellisiä kriteerejä, joten tuloksien perusteella ei kannata tehdä pitkälle vietyjä johtopäätöksiä. Näistä suoritetuista käyttökokeista kannattaa paremminkin ottaa ideoita omiin käyttökokeisiin. Suoritetuissa käyttökokeissa kuulapäiset pintakosteusilmaisimet vaikuttivat toimivimmilta kuin liuska-anturillinen pintakosteusilmaisin. Testeissä kaikki testatut pintakosteusilmaisimet havaitsivat hyvin vanerilevyssä olleen kosteuden. Testatuiden käyttövirheiden vaikutus mittausarvoihin oli pieni. Testeissä mittausvirheitä pintakosteusilmaisimille aiheuttivat sähköä johtavat materiaalit sekä kerrosrakenteessa ollut ilmaväli. Testien perusteella tutkittava pinta saadaan

nopeasti pintakosteusilmaisimelle mittauskuntoon tutkittavaa pintaa kuivaamalla, vaikka lähtötilanteessa pinnan päällä olisi runsaasti kosteutta.

Pintakosteusilmaisinta käytetään Suomessa paljon erilaisten kosteustutkimusten yhteydessä. Tästä huolimatta aiheesta ei ole ollut olemassa yhtenäistä aineistoa. Tämä opinnäytetyö täyttää tätä puutetta. Tässä työssä on esitetty tavoitteen mukaisesti pintakosteusilmaisimelle parhaiten soveltuvat käyttökohteet ja -tavat. Tässä työssä ei kuitenkaan pystytty antamaan eri materiaaleille raja-arvoja, jonka jälkeen kannattaa tehdä tarkempia kosteusmittauksia muilla menetelmillä. Näiden raja-arvojen oppiminen jää kunkin pintakosteusilmaisimen käyttäjän vastuulle. Tässä opinnäytetyössä on myös esitetty esimerkinomaisesti yksinkertaisia käyttökohteita, joilla avulla voi opetella pintakosteusilmaisimen käyttöä.

## LÄHTEET

- Asumisterveysohje. 2003. Asumisterveysohje: asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. [Verkkokirja]. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1. [Viitattu 4.12.2015]. Saatavana: [www.finlex.fi/pdf/normit/14951-asumisterveysohje\\_pdf.pdf](http://www.finlex.fi/pdf/normit/14951-asumisterveysohje_pdf.pdf)
- Asumisterveysopas. 2009. Asumisterveysopas. 3. uud. p. Pori: Ympäristö ja Terveys-lehti.
- Gann: Gydromette BL Compact B Käyttöohje. 2014. Gerlingen: GANN Mess- u. Regeltechnik GmbH.
- Iisalo, S. 2008. Kosteusvaurion määrittelemiseksi mittaria täytyy myös osata käyttää. TM Rakennusmaailma 54 (7), 35-36.
- Jääskeläinen, V. 2008. Kosteutta metsästävässä. TM Rakennusmaailma 54 (7), 30-34.
- Kemoff, T. 2012. Asuinrakennuksen kuntotarkastusopas. Helsinki: Rakennustieto.
- Kettunen, A-V. & Viljanen, M. 2000. Kosteuskartoitusopas vesivahinkojen tapauksessa. Espoo: Teknillisen korkeakoulun Talonrakennustekniikan laboratorio.
- KH 90-00394. 2007. Kuntotarkastus asuntokaupan yhteydessä: Suoritusohje. Helsinki: Rakennustieto.
- KH 90-00535. 2013. Asuinkiinteistön kuntoarvio: Kuntoarvioijan ohje. Helsinki: Rakennustieto.
- Lähdesmäki, K. 2014. Kosteusmittaukset. Teoksessa: J. Heljo ym. (toim.) RIL 255-1-2014: Rakennusfysiikka I, Rakennusfysiikallinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto, 368-370.
- Maol-taulukot. 1986. 10. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.
- Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- Merikallio, T. 2009. Betonilattian "riittävän" kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. [Verkkokirja]. Espoo: Teknillisen korkeakoulun Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. Väitöskirja. [Viitattu 4.12.2015]. Saatavana: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/4656/isbn9789512299577.pdf?sequence=1>

- Merikallio, T. Ei päiväystä. Kosteusmittaus. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 4.12.2015]. Saatavana: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s740.pdf>
- Ojanen, M. 2014. Ilman suhteellinen kosteus ja vesihöyrypitoisuus. Teoksessa: J. Heljo ym. (toim.) RIL 255-1-2014: Rakennusfysiikka I, Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto, 340.
- Suonketo, J. 2014. Materiaalin kosteuspitoisuus. Teoksessa: J. Heljo ym. (toim.) RIL 255-1-2014: Rakennusfysiikka I, Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto, 342.
- Viljanen, M. ym. 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Helsinki: Rakennustieto.
- Volotinen, V., Lesch K. & Haaksikari J. 1989. Elektroniikka 1: Analoginen elektroniikka. Helsinki: WSOY.
- Voutilainen, J. 2005. Methods and instrumentation for measuring moisture in building structures. [Verkkokirja]. Espoo: Teknillisen korkeakoulun Sovelletun elektroniikan laboratorio. Väitöskirja. [Viitattu 4.12.2015]. Saatavana: <http://lib.tkk.fi/Diss/2005/isbn9512275236/isbn9512275236.pdf>