

JENNI LAITINEN

*Betonirakenteisten ala- ja
välipohjien kuivausmenetelmien
toiminnan vertailu*

ADUCATE REPORTS AND BOOKS 21/2011



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

*Aducate – Centre for Training
and Development*

JENNI LAITINEN

*Betonirakenteisten ala- ja väli-
pohjien kuivausmenetelmien
toiminnan vertailu*

Aducate Reports and Books

21/2011

Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate

Itä-Suomen yliopisto

Kuopio

2011

Aihealue:

Rakennusten terveellisyys

Kopijyvä Oy
Kuopio, 2011

Sarjan vastaava toimittaja: Johtaja Esko Paakkola

Toimituskunta: Esko Paakkola (johtaja, KT), Jyri Manninen (prof., KT),
Lea Tuomainen (suunnittelija, proviisori), Tiina Juurela (suunnittelija,
TL) ja Helmi Kokotti (suunnittelija, RI/FT)

Myynnin yhteystiedot:

Itä-Suomen yliopisto, Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate

aducate-julkaisut@uef.fi

<http://www.aducate.fi>

ISSN 1798-9116

ISBN 978-952-61-0372-3 (painettu)

ISBN 978-952-61-0373-0 (.pdf)

TIIVISTELMÄ:

Kahden eri kuivausmenetelmän matalalämpöpaneelin ja infrapunalämmittimen toimintaa ja kuivausnopeutta on vertailtu betonirakenteisten ala – ja välipohjien kosteusvaurioiden yhteydessä. Tutkimus kohteita oli kuusi ja mittausmenetelmänä käytettiin porareikämenetelmää laatan eri syvyyksissä. Infrapunalämmittimillä saatiin hieman alhaisempia kosteusarvoja kuin matalalämpöpaneeleilla samassa ajassa. Tämän tutkimuksen perusteella ei voida todeta, kumpi menetelmistä olisi tehokkaampi, luotettavampi tai nopeampi.

AVAINSANAT:

kosteusvaurio, kuivausmenetelmät, kuivumisnopeus, kosteusmittaus, suhteellinen kosteus, lämpötila

ABSTRACT:

The operation and drying time of the two methods to dry moisture damaged concrete slabs were compared in six buildings. The moisture content in the structure was measured by temperature and moisture detectors drilled into different depth in holes of concrete slab. Infrared heater was found to produce slightly lower moisture content in the same time as low temperature heat panels. However, it cannot be concluded that infrared heater always is faster, more effective or more reliable based on the data of this study.

KEYWORDS:

moisture damage, drying methods, drying time, moisture measurement, relative humidity, temperature

Esipuhe

Tämä opinnäytetyö tutkii ja vertailee kosteusvauriokohteissa tehtäviä erilaisten betonirakenteisten ala – ja välipohjien kosteusvaurioiden kuivausmenetelmiä ja niiden nopeuksia. Tutkimuksella pyrittiin myös löytämään oikeanlainen kuivausmenetelmä erilaisiin kosteusvauriotilanteisiin, sekä samassa nopeuttamaan työtehtävien suoritusta.

Kiitokseni haluan osoittaa rakennusterveysasiantuntijoiden koulutuksen vetäjälle, Helmi Kokotille, jolta sain tässä tutkimuksessa käsiteltävän aiheen alun, sekä erityisesti kiitän opinnäytetyötäni valvonutta ja ohjannutta Polygon Finland Oy:n Kuopion toimipaikanpäällikköä Seppo Räisästä, sekä kaikkia niitä, jotka edesauttoivat työn onnistumisessa, materiaalin etsimisessä ja tutkimuksen syntymisessä.

Kuopiossa 25.1.2011

Jenni Laitinen

Sisällysluettelo

1.	<i>Johdanto</i>	9
2.	<i>Tutkimussuunnitelma</i>	10
3.	<i>Tutkimuskohteet / tutkittavat kohteet</i>	10
4.	<i>Kosteusmittaukset</i>	11
4.1	YLEISTÄ	11
4.2	KÄYTETTÄVÄT LAITTEISTOT	12
4.3	KÄYTETTÄVÄT MENETELMÄT	13
4.3.1	<i>Kosteusmittaus porareikämenetelmällä</i>	14
4.4	VIITEARVOT	16
4.4.1	<i>Mittaustarkkuustarkastelu</i>	16
5.	<i>Betonin kuivatus</i>	17
5.1	YLEISTÄ	17
6.	<i>Menetelmät</i>	18
6.1	INFRAPUNALÄMMITIN	18
6.2	MATALALÄMPÖPANEELI	19
7.	<i>Tutkimustulokset</i>	20
7.1	TUTKIMUSTULOKSET	20
7.1.1	<i>Tulosten arviointi</i>	28
7.1.2	<i>Tulosten vertailu</i>	29
7.2	TULOSTEN YHTEENVETO	30
8.	<i>Johtopäätökset</i>	31

Lähdeluettelo

Liitteet

Kuvaluettelo:

Kuva 1. Näyttölaite ja mittapäät

Kuva 2. Suhteellisen kosteuden mittaaminen porareikämenetelmällä

Kuva 3. Mittausvirheen aiheuttajat betonin suhteellista kosteutta mitattaessa

Kuva 4. Infrapunalämmitin

Kuva 5. Matalalämpöpaneeli

Kuva 6. 1950- luvulla rakennetun toimistotalon välipohjan kosteusmittaustulokset

Kuva 7. 1960 –luvulla rakennetun omakotitalon välipohjan kosteusmittaustulokset

Kuva 8. 1960- luvulla rakennetun kerrostalon välipohjan kosteusmittaustulokset

Kuva 9. 1970 –luvulla rakennetun omakotitalon alapohjan kosteusmittaustulokset

Kuva 10. 1980 –luvulla rakennetun omakotitalon alapohjan kosteusmittaustulokset

Kuva 11. 1990 –luvulla rakennetun rantasaunan alapohjan kosteusmittaustulokset

Keskeiset lyhenteet ja symbolit

Suhteellinen kosteus (RH, %)

Lämpötila (°C)

Näyttölaite (HMI41)

Mittapäät (HPM44)

1. Johdanto

Tämä opinnäytetyö tutkii ja vertailee kosteusvauriokohteissa tehtäviä erilaisten betonirakenteisten ala – ja välipohjien kosteusvaurioiden kuivausmenetelmiä ja niiden nopeuksia. Tutkimuksessa mukana olleita kohteita on kuusi, joista kolmessa kosteusvaurio alapohjassa ja lopuissa välipohjassa. Kohteena olevat kiinteistöt on rakennettu 1950–1990 luvuilla. Vertailtavien kohteiden kosteusvauriot ulottuivat kahteen tai jopa useampaan tilaan. Mittausmenetelmäksi valittiin porareikämenetelmä, joka oli helpommin toteutettavissa saatujen lähtötietojen perusteella. Mittausreiät tehtiin kolmeen eri syvyyteen, jotta saataisiin selville betonirakenteen kosteuskäyttäytyminen eri syvyyksissä. Vertailukuivauksia ja mittauksia tehtiin käyttäen kahta eri kuivausmenetelmää.

Työssä on myös tutkittu ja vertailtu matalalämpöpaneelin ja infrapunalämmittimen toimintaa ja eroavaisuuksia. Tutkimuksella pyrittiin myös löytämään oikeanlainen kuivausmenetelmä erilaisiin kosteusvauriotilanteisiin, sekä samassa nopeuttamaan työtehtävien suoritusta. Nopeampi kuivuminen ja siten myös työtehtävien ketjuttaminen parantavat yrityksen kannattavuutta vähentämällä turhia ylimääräisiä seurantamittauksia tarkemman kuivumisajan ollessa tiedossa ja arvioitavissa myös eri laajuisissa kosteusvaurio tapauksissa.

Kuivausmenetelmien toiminnan vertailua olisi tutkittava vielä lisää tarkemmin ja pidemmällä aikavälillä, jotta saataisiin selvyys niiden käytännöllisyydestä ja tehokkuudesta erityyppisissä kohteissa. Käytännössä kentällä tällaista tutkimusta on hankala toteuttaa vanhoissa rakennuksissa luotettavasti.

2. Tutkimussuunnitelma

Tutkimuksen kohteina olivat erilaiset ala - ja välipohjarakenteet, joista mitattiin suhteellinen kosteus ja lämpötila kolmelta eri syvyydeltä. Suhteellinen kosteus ja lämpötila mitattiin porareikämenetelmällä rakenteeseen tehdyistä mittareista. Tutkimuksella on tarkoitus selvittää betonin asteittainen kuivuminen eri syvyyksillä, sekä kuivumisnopeutta kahdella eri menetelmällä olosuhteiden ollessa lähes samantyyppiset.

Kohteiden kosteusvauriot ulottuivat kahteen tai useampaan tilaan, joka mahdollisti samassa kohteessa tehtävän vertailun käyttäen matalalämpöpaneeleita, sekä infrapunalämmittämiä yhtäjaksoisesti laitteiden ollessa yhtä aikaa päällä. Kohteiden välisessä vertailussa on otettava huomioon kohteen lähtötiedot, kuten kosteusvaurion laajuus ja sen syntytyyppi sekä kuivatustyyppi. Tutkimuksessa käytettävät laitteistot koostuvat muun muassa erilaisista mittalaitteista ja kuivaajista.

3. Tutkimuskohteet / tutkittavat kohteet

Tutkittavat kohteet olivat 1950–1990-luvulla rakennettuja kiinteistöjä, joiden ala - ja välipohjarakenteet olivat betonirakenteisia. Kohteita oli yhteensä kuusi, joiden kastuma-alue rajoittui noin 15 – 20 neliömetriin. Kosteusvauriot ulottuivat kaikissa tutkimuskohteissa kahteen tai useampaan tilaan. Tutkittavien kohteiden kuivattava betonirakenne oli samanlainen, joten kuivauksen jaksotuksella ja lähtömittauksilla pyrittiin saamaan selville kuivausten keskinäinen vaikutus toisiinsa.

Kohteiden kuivattavan rakenteen tarkat paksuudet eivät olleet tiedossa, joten mittareiden syvyyksiksi valittiin kolme eri syvyyttä. Kohteissa ei ollut havaittavissa silmämääräisesti mikrobivaurioita poikkeuksena 1990-luvulla rakennettu hirsirun-

koinen saunarakennus, jonka alin hirsi oli lahonnut, sekä 1970- luvulla rakennettu omakotitalo, jonka alaohjauspuu oli lahonnut kosteusvaurion läheisyydestä.

4. Kosteusmittaukset

4.1 YLEISTÄ

Kohteisiin tehdyt tutkimukset aloitettiin aina tutustumalla saatavilla oleviin asiakirjoihin ja rakenneteknisiin piirustuksiin, sekä kartoittamalla kohteen kosteusvaurion laajuus. Asiakirjojen ja piirustusten perusteella voidaan arvioida mahdolliset kosteusvaurioriskit. Kohteissa tehtävät tutkimukset aloitetaan ensimmäiseksi aistinvaraisin havainnoin, sekä pintakosteudenosoitinta käyttäen, pintaa rikkomattomin menetelmin. (Betonikeskus, 2007)

Tarkempien rakennetutkimusten ja kosteuden kartoittamiseksi on tutkittavaan kohteeseen suositeltavaa tehdä aina muutamia mittausreikiä, joista kosteus saadaan mitattua luotettavasti, sekä samalla mahdollinen kuivattava rakenne varmistettua. Kuivausten yhteydessä rakenteesta voidaan määrittää suhteellinen kosteus joko porareikä- tai näytepalamenetelmällä. Mittausvyvyys määräytyy kuivattavan rakenteen mukaan, noudattaen ”Betonirakenteen päällystämisen ohjeet” julkaisun mittausohjeita. (Merikallio, 2007)

Tarkempien tuloksien ja korjaussuunnitelman edellytyksenä on, että edellä mainittuja menetelmiä käytetään kosteuden arvioinnissa. Mittauslaitteiden tulee olla säännöllisesti kalibroituja. Kosteusmittausraportissa tulee käydä ilmi muun muassa mittalaite ja viimeinen kalibrointi päivämäärä sekä kalibrointikosteus ja mittauslaitteen poikkeama kalibrointikosteudesta. (Merikallio, 2007)

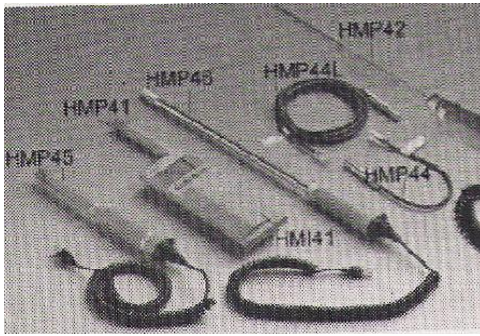
Käytettäessä Vaisalan HMP44 mittapäitä, tulee kalibroinnista saatu tieto siirtää mittapäiden yhteydessä käytettävään HMI41 –mittalaitteeseen, jossa korjauskertoimet takaavat mittapääkohtaisesti tuloksen oikeellisuuden. Yhteen

mittalaitteeseen voi käyttää ainoastaan kymmentä mittapäätä. Ilman korjauskertoimia mittapäiden virhemarginaali voi olla jopa ± 3 %-yksikköä. (Rateko, 2009)

4.2 KÄYTETTÄVÄT LAITTEISTOT

Tutkimuksessa käytettävä laitteisto koostui mittauksien suoritukseen tarvittavista laitteista, kuten HMI41-näyttölaitteesta ja mittapäistä HPM44, joita käytetään erityisesti rakennekosteuden mittaamiseen betonista. HMI41 on monipuolinen ja helppokäyttöinen näyttölaite kosteus- ja lämpötilamittauksiin, joka soveltuu erilaisiin kohteisiin, kuten tarkastusmittauksiin kosteusvauriokohteissa. Sen toiminta perustuu kapasitanssin muutoksiin, jotka aiheutuvat vesimolekyylien absorboituessa ohuen polymeerikalvon läpi. (Vaisala, 1998)

Näyttölaitteeseen on saatavilla kuusi erilaista mittapäätä, joilla jokaisella on oma erityissovelluksensa (kuva 1). Näyttölaite voi näyttää, joko suhteellisen kosteuden ja lämpötilan tai lämpötilan- ja kastepistelukulmat. Vaihtoehtoisesti suureeksi voidaan valita joko absoluuttinen kosteus, märkälämpötila tai sekoitussuhde. Laite mittaa kosteuden välillä 0-100%, mutta lämpötila määräytyy käytettävän mittapään mukaan. (Vaisala, 1998) Käytäntö on kuitenkin osoittanut mittalaitteeseen liitettävien päiden olevan käyttökelpoisia ainoastaan toimittaessa kalibrointialueella, eli pääsääntöisesti alueella 11 – 97 % suhteellista kosteutta. Mikäli mittapäät joutuvat rakenteeseen, jossa suhteellinen kosteus on kapillaarisella tasolla (suhteellinen kosteus yli 98 %) voi mittalaite näyttää jopa yli 100 % arvoja. Mittapää tulisi kalibroida joka kerta, kun kosteus on ylittänyt 97 %.(Betonikeskus, 2007)



Kuva 1. Näyttölaite ja mittapää.(Vaisala, 1998)

4.3 KÄYTETTÄVÄT MENETELMÄT

Tutkittavassa kohteessa perehdytään porareikämenetelmällä tehtyihin kosteusmittauksiin ja sillä saatujen tuloksien tulkintaan, sekä niiden vertailuun. Porareikämenetelmää voidaan pitää kosteuksien mittauksessa luotettavana menetelmänä silloin, kun se on oikein suoritettu ja laitteet ovat kalibroituja.

Mittausepätkuutta aiheutuu muun muassa silloin, kun mittaus tapahtuu toistuvasti samasta mittausreiästä tai mittaus on suosituslämpötila-alueen ulkopuolella. Mittaustarkkuuteen vaikuttaa niin ikään mittausreiän syvyyden tarkkuus, mittareian ja -pään tiivistys rakenteeseen sekä mittajaan osaaminen. Tarkimmillaan porareikämittaus on silloin, kun lämpötilat ovat +18 ...+22 ja olosuhteet mahdollisimman lähellä rakennuksen normaalia käyttölämpötilaa, sillä se mittaa betonin suhteellisen kosteuden, joka ilmaisee sillä hetkellä huokosissa olevan ilman kosteuden.(Rakennustieto, 2010) (Betonikeskus, 2007)

Lisäksi mittauksien yhteydessä saadaan selville myös rakenteessa vallitseva lämpötila. Menetelmän etuina on, että se antaa tulokset ohjearvojen mukaisina yksikköinä ja haittapuolena, että mittauksien suorittaminen vie aikaa, koska antureiden tulee antaa vakiintua, jotta tulokset olisivat luotettavia. Mittaukset

suoritetaan halkasijaltaan 16 mm olevasta rei'istä, jotka tutkimuksessa porattiin kolmeen eri syvyyteen.

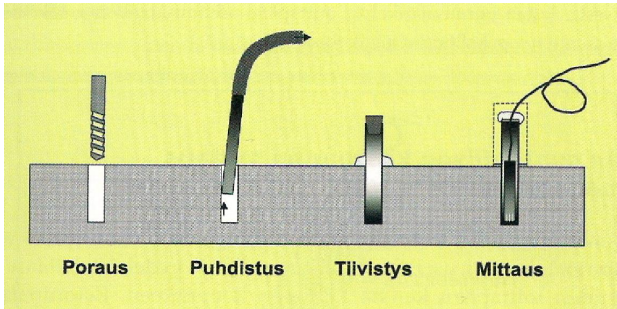
Porareikien syvyydeksi kaikissa kohteissa valittiin 30, 40 ja 50 mm, koska betonirakenteen tarkkoja paksuuksia ei tiedetty. Vähimmäismittaussyvyys porareikämenetelmällä on 10 mm, koska mittaukseen tarvittavaa suojaholkkia ei muutoin saada asennettua mittausreikään. Kunkin kohteen mittareikien määrät riippuivat tutkittavasta kohteesta, sekä kosteusvaurion laajuudesta. (Rakennustieto, 2010) (Betonikeskus, 2007)

4.3.1 Kosteusmittaus porareikämenetelmällä

Mittauskohtien paikat ja niiden määrät valittiin siten, että mittauksilla saatiin riittävä käsitys tutkittavan rakenteen kosteudesta ja laajuudesta sekä mahdollisista vaurioitumisriskeistä. Kohteessa tehdyt mittaukset jaettiin lähtö- ja seurantamittauksiin.

Porareikämenetelmällä (kuva 2) tehtyjen mittapisteiden annettiin tasaantua kolme vuorokautta ennen ensimmäistä lähtömittausta, jonka yhteydessä toinen vertailtavista kuivausmenetelmistä laitettiin päälle. Siitä seuraava mittaus tehtiin kolmen vuorokauden kuluttua ensimmäisestä mittauksesta, jolloin myös toinen kuivausmenetelmistä laitettiin päälle. Seurantamittaukset suoritettiin viikon välein niin kauan, kunnes rakenne voitiin todeta riittävän kuivaksi kosteusmittauksin. (Betonikeskus, 2007)

Käyttämällä porareiässä antureiden kanssa erityisiä asennusputkia saatiin mittaukset rajattua valituille syvyyksille. Ennen asennusputkia tulee porareiät puhdistaa sekä tiivistää huolellisesti, jotta betonissa oleva kosteus tasoittuisi. Antureiden annetaan olla paikallaan niin kauan, kunnes näyttölaitteen lukema on vakiintunut. Käytännössä mittaus suoritettiin kohteissa noin 30 minuutin tasaantumisen jälkeen, jolloin lähdekirjallisuuden mukaan tasaantumisesta johtuvan virhemarginaalin tasoksi on saatu ± 1 prosenttiyksikkö. (Rateko, 2009)



Kuva 2. Suhteellisen kosteuden mittaaminen porareikämenetelmällä. (Betonikeskus, 2007)

Tutkittavista kohteista tehtiin mittauspöytäkirja, jossa kävi ilmi kohteen mittapisteiden suhteellinen kosteus, lämpötila, mittauspäivät sekä käytetty mittalaite. Kaikkien mittausten yhteydessä kirjattiin ylös myös sillä hetkellä kohteessa mitattu sisäilman suhteellinen kosteus ja lämpötila. Ulkoilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa ei mitattu tutkittavien kohteiden lähtö -ja seurantamittausten yhteydessä. Ulkoilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan arvot on otettu Savonia ammattikorkeakoulun verkkosivuilta. (<http://weatherold.savonia.fi/>)

4.4 VIITEARVOT

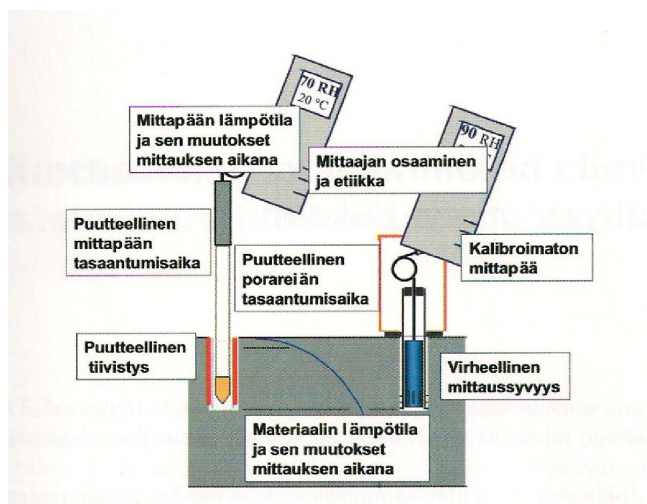
Erilaisilla pinnoitteilla on olemassa omat vaatimukset suhteellisesta kosteudesta ennen pinnoitusta. Useimmille pinnoitteille riittää kuitenkin alle 85 suhteellinen kosteus arviointisyvyydellä, johon vaikuttavat monet tekijät kuten kuivumissuunnat, olosuhteet ja kuivattavan rakenteen paksuus. Arviointisyvyyden lisäksi kosteuden tulee olla rakenteen pinnassa alle 75 %. (Merikallio, 2007)

Ensisijaisesti päällyste- ja pinnoitemateriaalien kosteuden raja-arvoina noudatetaan materiaalin valmistajan antamia raja-arvoja. Lisäksi suhteellisen kosteuden raja-arvoja löytyy muun muassa Sisä-RYL:ssä ja Betonitiedon sekä Betonilattaiyhdistyksen ohjeissa BY 45, Betonilattiat.

Kohteessa suoritettavien kosteusmittausten on alitettava ennen pinnoitusta alustalta vaadittavan kosteuden raja-arvon. Suhteellisen kosteuden mittausta betonista suoritetaan BY 45:n kohdan 4.4.3.1 mukaan ohjeessa esitetystä syvyydestä. (Sisäilmäyhdistys)

4.4.1 Mittaustarkkuustarkastelu

Mittaus ei ole aina täysin virheetön, koska kaikkiin mittauksiin liittyy aina erilaisia virhemahdollisuuksia. Mittausepävarmuutta aiheuttavat muun muassa laitteen ominaisuudet, mittausmenetelmä, ympärillä olevat olosuhteet sekä mittausten tekijä (kuva 3). Itse mittari tulee tarkistaa riittävän usein, sekä anturit kalibroida tarvittaessa riittävän usein, kuitenkin vähintään kahdesti vuodessa. Tarkistukset ja kalibrointi tulee suorittaa anturin valmistajan ohjeiden mukaisesti. (Merikallio, 2007)



Kuva 3. Mittausvirheen aiheuttajat betonin suhteellista kosteutta mitattaessa. (Merikallio, 2007)

5. Betonin kuivatus

5.1 YLEISTÄ

Kosteusvaurion ja sen laajuuden toteamisen jälkeen on kuivaus aloitettava mahdollisimman nopeasti, koska riskinä on mikrobikasvuston muodostuminen sekä kosteusvaurion eteneminen. Koneellinen kuivatus on yleisin ja tehokkain tapa kuivata rakenteita kosteusvauriokokohteissa. (Ympäristöministeriö, 1997)

Kuivumista voi tapahtua myös luonnollisestikin mutta silloin, kun kosteus on rakenteissa liian korkea kuivumista on syytä tehostaa muun muassa lämmittämällä rakennetta. Lämmittämällä rakennetta saadaan vesimolekyylit, jotka ovat sitoutuneena materiaaliin irtoamaan huokosten pinnoilta, jolloin materiaalissa oleva kosteusvirta alkaa voimistumaan ulospäin. (Sisäilmayhdistys)

Betonin kuivumista tapahtuu sitoutumiskuivumisena ja haihtumiskuivumisena, johon betonin ominaisuudet olennaisesti vaikuttavat. Betonipinnan ollessa vielä kostea kuivumista tapahtuu pääosin kapillaarisesti eli nesteinä sekä diffuusiolla. Pin-

nan kuivuessa kosteuden siirtyminen rakenteessa tapahtuu diffuusiolla, jolloin siirtymismuotona on vesihöyry. Kuivumista tapahtuu niin kauan, kuin rakenteen sisällä, sekä rakenteen ja ympäristön välillä on kosteuspitoisuusero. (Merikallio, 2007)

Merkittävimmät tekijät betonin kuivamisolosuhteiden kannalta ovat ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila. Ilman lämpötilan tulisi olla vähintään + 20 °C, kun kuivatettavaa tilaa lämmitetään. Ulkoilman kosteuspitoisuuksien vaihdellessa kuivatus toteutetaan erilaisin menetelmin eri vuodenaikoina, joka on otettava huomioon valittaessa kuivatustapaa. (Sisäilmayhdistys)

Kesällä, jolloin ulkoilman kosteussisältö on suurimmillaan, varmistetaan rakenteen riittävä kuivuminen kuivattamalla myös rakenteen ympärillä olevaa sisäilmaa. Betonin kuivumista voidaan seurata porareikä- tai näytepalamittauksin. (Sisäilmayhdistys)

6. Menetelmät

6.1 INFRAPUNALÄMMITIN

Infrapunalämmittimen toiminta perustuu lämpösäteilyyn. Sen korkeataajuuksiset lämpöaallot läpäisevät ilman lämmittämättä kuitenkaan sitä ja antavat siten lämpöä energiaa säästävasti, erittäin tehokkaasti ja tarkoin kohdistetusti sinne missä sitä tarvitaan. Kuivain alkaa heti kytkettyään tuottamaan lämpöä.

Korkeus jolle infrapunalämmitin asennetaan määrää kuivattavan rakenteen lämmitysalan. Sillä voidaan myös säädellä kuivauksessa käytettävän lämmön määrää. Kuivauksessa pyritään hyödyntämään aina rakenteen pinnan ja sisäosien lämpötilaeroa. Infrapunalämmittimiä on olemassa kahdenlaisia, joiden pituudet ovat 1000 ja 500 mm. Näiden kuivainten lämmitystehot ovat 500 tai 1000 W. Kuvassa 4 oleva kuivain on kooltaan 1000 mm ja lämmitystehoa sillä on 1000 W.

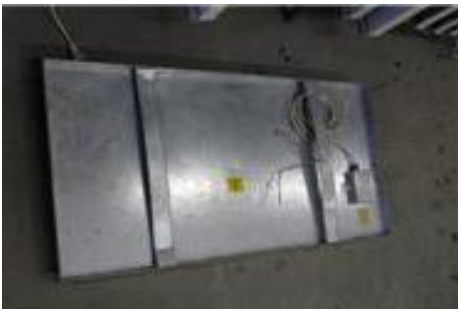


Kuva 4. Infrapunalämmitin.

6.2 MATALALÄMPÖPANEELI

Matalalämpöpaneelin toiminta perustuu lämpösäteilyyn, joskin hieman eri tavalla kuin infrapunalämmittimen. Panelin sisällä kiertää vastuslanka, joka hohtaa lämpöä lämmittäen rakennetta tasalämpöisesti heti kytkettyään päälle. Matalalämpöpaneelissa lämmönhukan määrää ei voida säädellä, koska se tulee suoraan kuivattavan rakenteen päälle, joten käytännössä lämpöhukkaa ei juurikaan synny.

Matalalämpöpaneelien haittapuolena on käytön rajoitettavuus ahtaissa kohteissa. Paneeleita on olemassa kolmea eri kokoa, 600x1200 mm (600w), 300x1200 mm (330 W) tai 600x600 mm (300W). Kuvassa 5 oleva matalalämpöpaneeli on kooltaan ja teholtan isoin, eli 600x1200 cm.



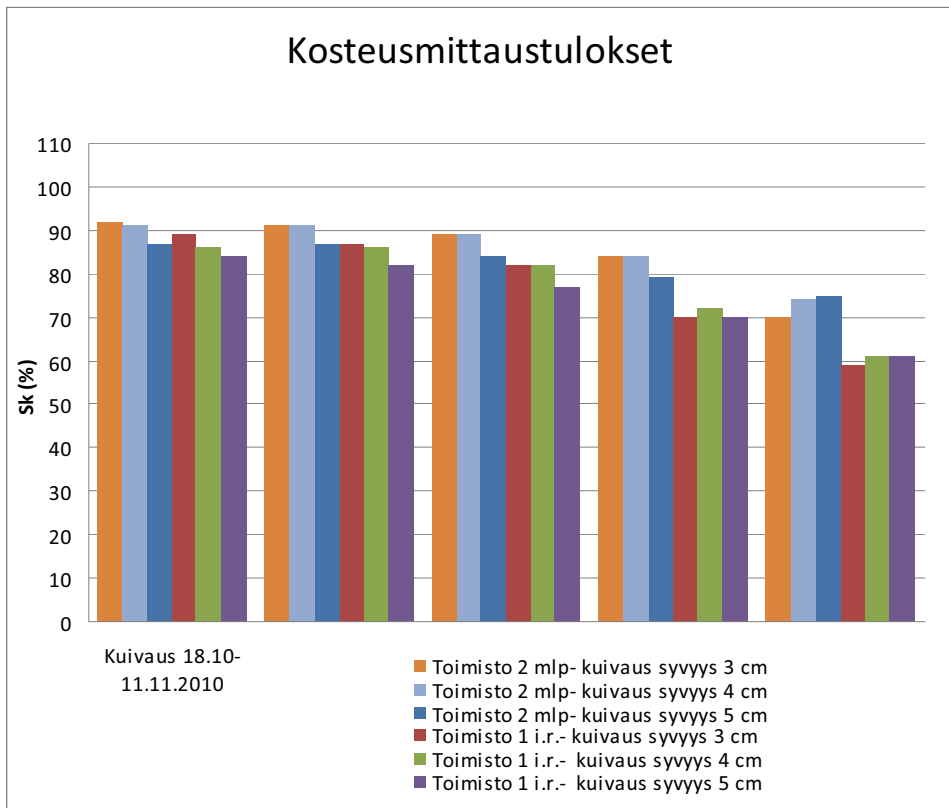
Kuva 5. Matalalämpöpaneeli.

7. Tutkimustulokset

7.1 TUTKIMUSTULOKSET

Kuivattavissa kohteissa ensimmäiset lähtömittaukset otettiin kolme päivää mittareikien teon jälkeen, jolloin myös infrapunalämmitin kytkettiin päälle. Seuraavat mittaukset otettiin kolme päivää ensimmäisen kuivauksen aloituksesta, jonka yhteydessä matalalämpöpaneelit laitettiin päälle. Kuivauksen jaksotuksella ja lähtömittauksilla pyrittiin saamaan selville kuivausten keskinäinen vaikutus toisiinsa kuivattavan rakenteen ollessa sama. Tutkittavia kohteita oli yhteensä kuusi, joiden kastuma-alueen laajuus vaihteli 15–20 neliometriä. Kaikissa kohteissa mittareikien syvyydet olivat samat 30, 40 ja 50 mm. Mittauspisteiden määrä vaihteli tapauskohtaisesti.

Seuraavat kuvat esittävät betonin suhteellisen kosteuden mittaustulokset kahdella eri kuivausmenetelmällä, kun suhteellinen kosteus on mitattu kolmesta eri syvyydestä.

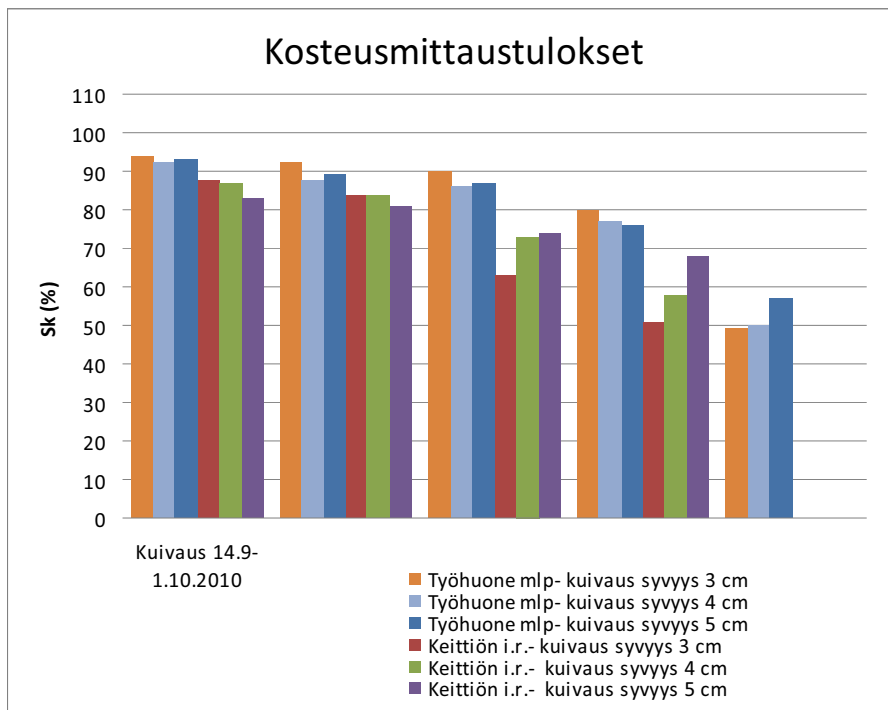


Kuva 6. 1950-luvulla rakennetun toimistotalon välipohjan kosteusmittaustulokset.

1950-luvulla rakennetun toimistotalon välipohjan ensimmäiset lähtömittaukset kolme päivää mittareikien teon jälkeen olivat eri syvyyksiltä mitattuna toimistossa 1 välillä 84 – 95 % ja toimistossa 2 välillä 80 – 93 %. Ensimmäisten lähtömittausten yhteydessä toimiston 1 kuivaus infrapunalämmittimillä laitettiin päälle.

Siitä seuraavat lähtömittaukset otettiin kolme päivää ensimmäisen kuivauksen aloituksesta, jolloin myös toimiston 2 kuivaus matalalämpöpaneelilla laitettiin päälle. Matalalämpöpaneelien asennuksen yhteydessä saadut kosteusarvot toimiston 1 olivat välillä 84 – 94 % ja toimiston 2 välillä 77 – 93 %. Kokonaisuudessaan toimistotalon välipohjan kuivaus kesti molemmilla kuivausmenetelmillä yhteensä noin kolme viikkoa. Lopulliset kosteusarvot toimistossa 1 olivat välillä 64–80 % ja toimistossa 2

välillä 57–64 %. Kuvassa 6 on esitetty kosteusmittaustulokset 1950-luvun toimistotalon välipohjasta.

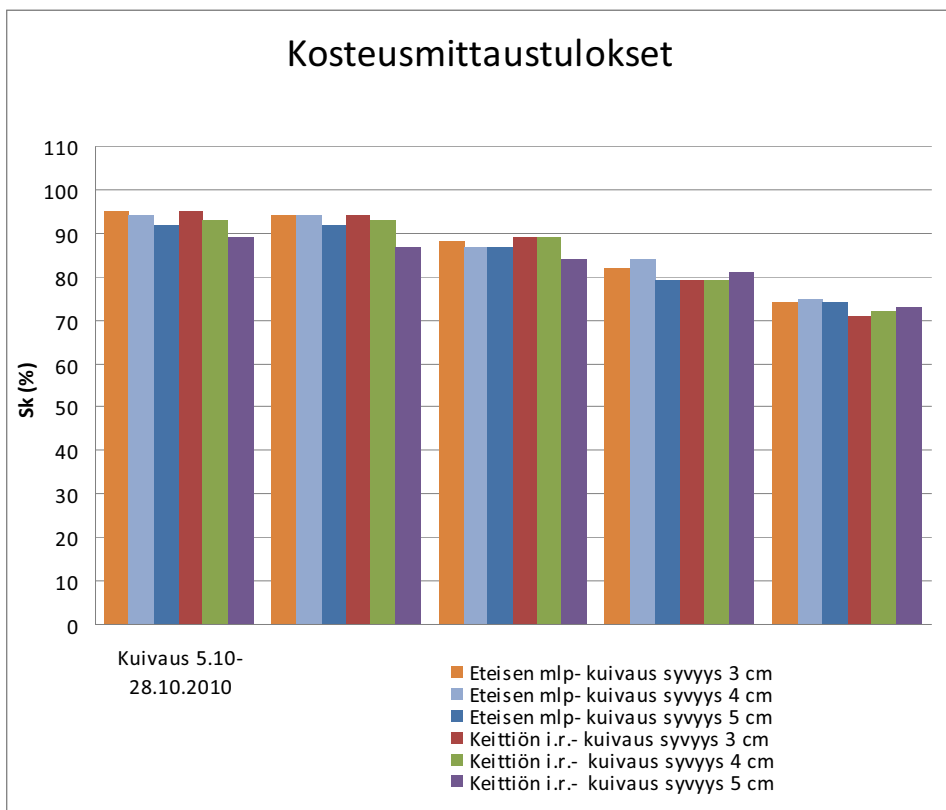


Kuva 7. 1960 –luvulla rakennetun omakotitalon välipohjan kosteusmittaustulokset.

1960-luvulla rakennetun omakotitalon välipohjan ensimmäiset lähtömittaukset kolme päivää mittareikien teon jälkeen olivat eri syvyyksiltä mitattuna keittiössä välillä 77–94 % ja työhuoneessa välillä 83–99 %. Ensimmäisten lähtömittausten yhteydessä keittiön kuivaus infrapunalämmittimillä laitettiin päälle.

Siitä seuraavat lähtömittaukset otettiin kolme päivää ensimmäisen kuivauksen aloituksesta, jolloin myös työhuoneen kuivaus aloitettiin matalalämpöpaneelilla. Matalalämpöpaneelien asennuksen yhteydessä saadut kosteusarvot olivat keittiössä välillä 73–92 % ja työhuoneessa välillä 74–98 %. Omakotitalon välipohjan kuivaus infrapunalämmittimellä kesti noin kaksi viikkoa. Vastaavasti matalalämpöpaneelil-

la kuivaus keittiössä kesti tässä kohteessa viikon pitempään. Kuivausten loputtua kosteusarvot keittiössä olivat välillä 45–66 % ja työhuoneessa vastaavasti välillä 46–60 %. Kosteusarvojen perusteella kuivaus on jatkunut tarpeettoman pitkään huomioiden rakenteiden pinnoittamiselle annetut raja-arvot. Kuvassa 7 on esitetty kosteusmittaustulokset 1960-luvun omakotitalon välipohjasta.

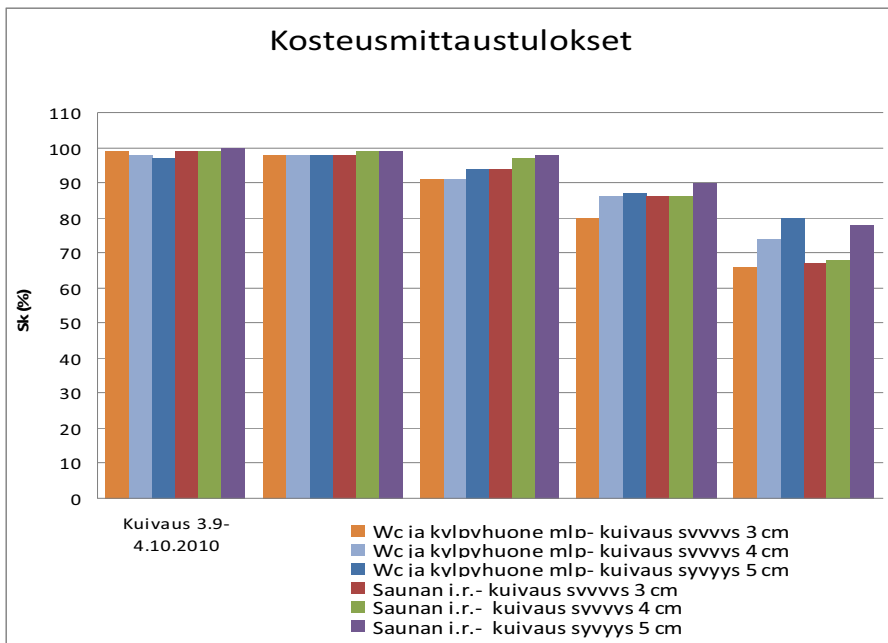


Kuva 8. 1960 –luvulla rakennetun kerrostalon välipohjan kosteusmittaustulokset.

1960-luvulla rakennetun kerrostalon välipohjan ensimmäiset lähtömittaukset kolme päivää mittareiden teon jälkeen olivat eri syvyyksiltä mitattuna keittiössä välillä 86 – 99 % ja eteisessä välillä 87–98 %. Ensimmäisten lähtömittausten yhteydessä keittiön infrapunalämmittimet laitettiin päälle.

Seuraavat lähtömittaukset suoritettiin kolme päivää keittiön kuivauksen aloitukselta, jolloin myös eteisen kuivaus matalalämpöpaneelilla aloitettiin. Matalalämpö-

paneelien asennuksen yhteydessä saadut kosteusarvot keittiössä olivat välillä 84–100 % ja eteisessä välillä 87–98 %. Kerrostalon välipohjan kuivaus kesti molemmilla kuivausmenetelmillä yhteensä noin kolme viikkoa. Kuivausten loputtua kosteusarvot keittiössä olivat välillä 69–79 % ja eteisessä välillä 65–78 %. Tuloksista päätellen kuivauksen loppuvaiheessa seurantamittauksia olisi voitu suorittaa aiemmin, jolloin kuivausaika olisi jäänyt lyhyemmäksi. Kuvassa 8 on esitetty kosteusmittaustulokset 1960-luvun kerrostalon välipohjasta.

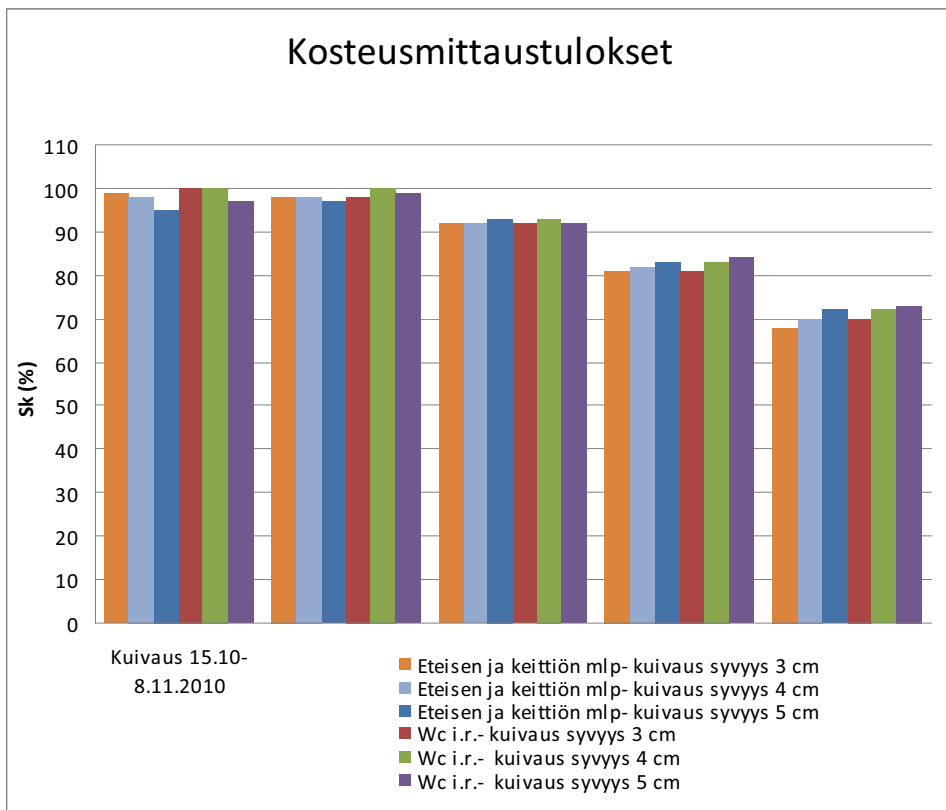


Kuva 9. 1970-luvulla rakennetun omakotitalon alapohjan kosteusmittaustulokset.

1970-luvulla rakennetun omakotitalon alapohjan suhteellisen kosteuden arvot olivat ensimmäisessä lähtömittauksessa saunassa välillä 99–100 % ja wc:ssä sekä kylpyhuoneessa välillä 95–100 %. Saunan kuivaus infrapunalämmittimillä laitettiin päälle ensimmäisten mittausten yhteydessä.

Seuraavat lähtömittaukset suoritettiin kolme päivää saunan kuivauksen aloituksesta, jolloin wc:n ja kylpyhuoneen kuivaus matalalämpöpaneelilla aloitettiin. Matalalämpöpaneelien asennuksen yhteydessä saadut kosteusarvot saunassa olivat välillä 98 – 99 % ja wc:ssä sekä kylpyhuoneessa välillä 95 – 100 %.

Todennäköisesti arvo 100 % johtuu mittaustuloksen kapillaarisen (suhteellinen kosteus > 98 %) alueen ylittämisestä, jolloin mittapää on antanut epäluotettavan arvon. Mittareissä ei ollut havaittavissa vesipisaroita tai vettä muutoin. Omakotitalon alapohjan kuivaus kesti molemmilla kuivausmenetelmillä yhteensä noin kolme viikkoa. Kuivausten loputtua kosteusarvot saunassa olivat välillä 67 - 78 % ja wc:ssä sekä kylpyhuoneessa välillä 64 – 80 %. Kuvassa 9 on esitetty kosteusmittaustulokset 1970-luvun omakotitalon alapohjasta.

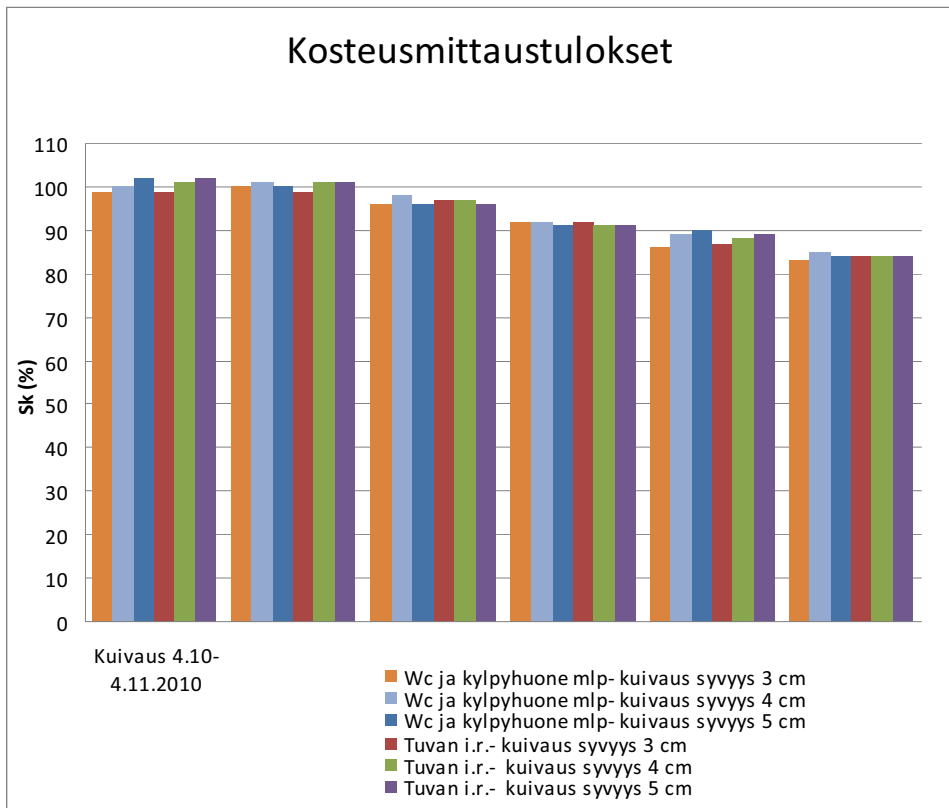


Kuva 10. 1980 –luvulla rakennetun omakotitalon alapohjan kosteusmittaustulokset.

1980-luvulla rakennetun omakotitalon alapohjan ensimmäiset lähtömittaukset kolme päivää mittareikien teon jälkeen olivat eri syvyyksiltä mitattuna wc:ssä välillä 97-100 % ja eteisessä sekä keittiössä välillä 93 – 100 %. Wc:n kuivaus infrapunalämmittimillä kytkettiin päälle ensimmäisten mittausten yhteydessä.

Seuraavat mittaukset suoritettiin kolme päivää wc:n kuivauksen aloituksesta, jolloin myös eteisen ja keittiön kuivaus matalalämpöpaneelilla aloitettiin. Matalalämpöpaneelien asennuksen yhteydessä saadut kosteusarvot wc:ssä olivat välillä 98 – 100 % ja eteisessä sekä keittiössä välillä 93 – 100 %.

Todennäköisesti arvo 100 % johtuu mittaustuloksen kapillaarisen (suhteellinen kosteus > 98 %) alueen ylittämisestä, jolloin mittapää on antanut epäluotettavan arvon. Mittareissä ei ollut havaittavissa vesipisaroita tai vettä muutoin. Omakotitalon alapohjan kuivaus kesti molemmilla kuivaimilla yhteensä noin kolme viikkoa. Kuivausten loputtua kosteusarvot wc:ssä olivat välillä 70 – 73 % ja eteisessä sekä keittiössä välillä 58 – 77 %. Tuloksista päätellen kuivauksen loppuvaiheessa seurantamittauksia olisi voitu suorittaa aiemmin, jolloin kuivausaika olisi jäänyt lyhyemmäksi. Kuvassa 10 on esitetty kosteusmittaustulokset 1980-luvun omakotitalon alapohjasta.



Kuva 11. 1990 –luvulla rakennetun rantasaunan alapohjan kosteusmittaustulokset.

1990-luvulla rakennetussa rantasaunassa alapohjan ensimmäiset lähtömittaukset kolme päivää mittareikien teon jälkeen olivat eri syvyyksiltä mitattuna tuvassa välillä 98 – 100 % ja wc:ssä sekä kylpyhuoneessa välillä 99 – 100 %. Tuvan kuivaus infrapunalämmittimillä kytkettiin päälle ensimmäisten mittausten yhteydessä.

Seuraavat mittaukset suoritettiin jälleen kolme päivää tuvan kuivauksen aloituksesta. Mittauksen yhteydessä kytkettiin päälle wc:n ja kylpyhuoneen kuivaus matalalämpöpaneelilla. Matalalämpöpaneelien asennuksen yhteydessä saadut kosteusarvot tuvassa olivat välillä 99 – 100 % ja wc:ssä sekä kylpyhuoneessa välillä 98–100 %.

Todennäköisesti arvo 100 % johtuu mittaustuloksen kapillaarien (suhteellinen kosteus > 98 %) alueen ylittämisestä, jolloin mittapää on antanut epäluotettavan arvon.

Mittareissä ei ollut havaittavissa vesipisaroita tai vettä muutoin. Rantasaunan alapohjan kuivaus kesti molemmilla kuivausmenetelmillä yhteensä noin neljä viikkoa. Kuivausten loputtua kosteusarvot tuvassa olivat välillä 82 – 86 % ja wc:ssä sekä kylpyhuoneessa välillä 81 – 86 %. Tässä kyseisessä kohteessa kuivaus lopetettiin ennen kuin rakenne oli ohjearvojen mukaisesti kuiva. Kuvassa 11 on esitetty kosteusmittaustulokset 1990-luvun rantasaunan alapohjasta.

7.1.1 Tulosten arviointi

Kuivaukset tutkittavissa kohteissa aloitettiin aina infrapunalämmittimellä. Koska kyseessä on sama rakenne, jota keskenään vertailtavat kuivausmenetelmät kuivattavat otettiin kuivausten aloituksen yhteydessä molemmista tiloista aina lähtömittaukset. Lähtömittauksilla todettiin infrapunalämmittimellä olevan odotettua suurempi vaikutus vertailtavan tilan mittaustuloksiin. Kuivausmenetelmien jaksotuksella ei kuitenkaan havaittu olevan juurikaan merkitystä kuivausaikeihin. Ala – ja välipohjissa kuivausaika oli molemmilla kuivausmenetelmillä noin kolme viikkoa.

Välipohjissa poikkeuksena oli 1960 – luvulla rakennetun omakotitalon välipohja, jossa infrapunalämmittimellä kuivattavassa tilassa saatiin hieman nopeampia tuloksia kuin matalalämpöpaneelilla, joka johtunee infrapunalämmittimellä kuivatun tilan hieman alhaisempiin lähtötilanteen kosteusarvoihin.

Tilassa käytetyn kuivausmenetelmän aloituksella, oletetuilla rakennepaksuuksilla ja kuivumissuunnilla on ollut myös oma vaikutuksensa tilan nopeampaan kuivumiseen. Välipohjien kuivauksien aloituksen yhteydessä saadut lähtömittaukset, sekä kuivauksen aikana saadut seurantamittaustulokset on esitetty kokonaisuudessaan liitteissä 1-3.

Alapohjissa poikkeuksena oli 1990 – luvulla rakennettu rantasauna, jonka alapohjan kuivausaika molemmilla kuivausmenetelmillä oli neljä viikkoa ja kosteusarvot jäivät korkeahkiksi pidemmästä kuivausajasta huolimatta, joka tekee siitä käytännössä vertailukelvottoman. Alapohjien kuivuminen on oletetustikin hieman hitaampaa,

koska kuivumista tapahtuu lähinnä yhteen suuntaan ja on riippuvainen maaperän kosteudesta sekä lämpötilasta. Rakenteen alla vallinnut kosteus olisi ollut suositeltavaa tarkastaa. Alapohjien kuivauksien aloituksen yhteydessä saadut lähtömittaukset, sekä kuivauksen aikana saadut seurantamittaustulokset on esitetty kokonaisuudessaan liitteissä 4-6.

Tutkittavat kohteet sijoittuvat myös eri aikakausille, jolloin betonin ominaisuudet ovat oletetusti erilaiset, kuten mahdollisten lisä- ja seosaineiden käyttö sekä runkoaineen raekoko ja -jakauma.

7.1.2 Tulosten vertailu

Tutkimuksessa vertailtiin kahden erilaisen kuivausmenetelmän välisiä toimintaperiaatteita olosuhteiden ja kastuma-alueen ollessa lähes samanlaiset. Kosteusmittaustuloksia ja kuivausmenetelmiä vertailtaessa on otettava huomioon muun muassa kastuma-alue, mahdolliset mittausrvirheet ja mittausten aiheuttamat virheet sekä kuivausmenetelmien vaikutus toisiinsa.

Kosteusmittaustuloksia vertailtaessa infrapunalämmittimellä saatiin ehkä hieman alhaisempia kosteusarvoja kuin matalalämpömenetelmällä samassa ajassa. Täysin luotettavan tutkimuksen kannalta kohteita oli kuitenkin liian vähän, jotta niiden perusteella voitaisiin sanoa, kumpi menetelmästä oli parempi.

Kuivausmenetelmien keskinäistä vertailua hankaloitti myös se, että lähtötiedot olivat puutteelliset eivätkä kohteet olleet täysin vertailukelpoisia keskenään. Tulosten tulkinta perustui lähinnä pelkkiin kosteusmittaustuloksiin, joista osa oli vertailukelvottomia. Lisäksi tutkimuksessa käytetty mittausten menetelmä oli vain suuntaa antava, koska mittaukset suoritettiin samasta mittareistä toistuvasti. Mittausepävarmuutta lisää myös mittaus, joka on suoritettu suosituslämpötila-alueen ulkopuolella.

7.2 TULOSTEN YHTEENVETO

Tutkittavia kohteita oli yhteensä kuusi, joiden kastuma- alueen laajuus vaihteli 15–20 neliometriä. Tutkittavassa kosteessa perehdytään porareikämenetelmällä tehtyihin kosteusmittauksiin, jotka suoritettiin halkasijaltaan 16 mm olevasta rei’istä kolmesta eri syvyydestä, joiden määrä vaihteli tapauskohtaisesti.

Kohteissa saatujen kosteusmittaustulosten perusteella voidaan sanoa, että molemmilla menetelmillä saatiin odotettuja tuloksia riittävän nopeasti. Infrapunalämmitimillä saatiin hieman alhaisempia kosteusarvoja kuin matalalämpöpaneeleilla samassa ajassa. Kuivausaika molemmilla menetelmillä oli noin kolme viikkoa, poikkeuksena 1960-luvulla rakennetun omakotitalon välipohja ja 1990-luvulla rakennetun rantasaunan alapohja, jonka kuivausaika oli noin neljä viikkoa.

Kuivausmenetelmien jaksotuksella ei havaittu käytännössä olevan juurikaan merkitystä kuivausaikoihin. Ajallisesti kumpikaan menetelmä ei siis ollut toista menetelmää nopeampi tai tehokkaampi. Kuivausmenetelmien suurena erona onkin lähinnä niiden käyttötarkoitus, sekä toiminnallisuus erityyppisissä kohteissa.

8. Johtopäätökset

Tutkimuksessa vertailtiin kahden kuivausmenetelmän välisiä toimintaperiaatteita olosuhteiden ja kastuma-alueen ollessa lähes samanlaiset. Työssä on myös tutkittu ja vertailtu matalalämpöpaneelin ja infrapunalämmittimen toimintaa ja eroavaisuuksia. Tutkimuksella pyrittiin myös löytämään oikeanlainen kuivausmenetelmä erilaisiin kosteusvauriutilanteisiin, sekä nopeuttamaan työtehtävien suoritusta.

Käytännössä tällaista tutkimusta oli hankala toteuttaa vanhoissa rakennuksissa luotettavasti. Tarkempien tulosten saamiseksi tulisi lämpötilat porareikämenetelmällä mitattuna olla välillä +18...+22 °C, eikä mitattavan betonin ja ilman lämpötila ero saisi olla yli 2 °C. Lämpötilat eivät saisi poiketa normaalista käyttölämpötilasta yli 5 °C. (Rakennustieto, 2010) Tulosten luotettavuuteen vaikutti myös oleellisesti se, ettei mittausreikiä tehty laskennallisesti oikeille syvyyksille, koska rakenteen paksuudet vaihtelivat samassa kohteessa, jopa useita senttejä. Porareikämenetelmällä saadut tulokset ovat vain suuntaa antavia silloin, kun mittaus on tehty samasta mittausreiästä toistuvasti. Kuivausmenetelmien keskinäinen vertailu oli hankalaa, koska lähtötiedot olivat puutteelliset, kohteita oli vähän ja nekään eivät olleet täysin vertailu kelpoisia keskenään.

Kuivausmenetelmien toimintaa erilaisissa kohteissa olisi siis tutkittava vielä tarkemmin, pidemmällä aikavälillä sekä vertailukelpoisemmilla kohteilla, jotta saataisiin paremmin selvyyttä niiden tehokkuudesta ja toiminnallisuudesta erityyppisissä kohteissa. Sitä kumpi kuivausmenetelmistä olisi toista menetelmää tehokkaampi, nopeampi tai luotettavampi, ei tämän tutkimuksen perusteella voida luotettavasti tulkita.

Lähdeluettelo

Betonikeskus, Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet. Betonikeskus ry Helsinki 2007

Merikallio, T., Niemi, S., Komonen J. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Betonikeskus ry Helsinki 2007

Rakennustieto, RT- ohjekortti betonin suhteellisen kosteuden mittaus RT 14–10984. Rakennustieto Oy, 2010

Rateko, pätevyityneen kosteusmittaajan koulutusmateriaali, Rateko, 2009

Savonia ammattikorkeakoulu, Tekniikka Kuopio. Ilman kosteus- ja lämpötilaseurannan www-sivut: weather.savonia-amk.fi

Ympäristöministeriö, Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Ympäristöministeriö Helsinki 1997

HMI41 –näyttälaitte ja HMP41/45/46-mittapäät. Käyttöohje. Vaisala Oy 1998.

(www.sisailmayhdistys.fi) 15.12.2010

Liitteet

LIITE 1: 1950- luvulla rakennetun toimistotalon välipohjan kosteusmittaustulokset

LIITE 2: 1960 –luvulla rakennetun omakotitalon välipohjan kosteusmittaustulokset

LIITE 3: 1960- luvulla rakennetun kerrostalon välipohjan kosteusmittaustulokset

LIITE 4: 1970- luvulla rakennetun omakotitalon alapohjan kosteusmittaustulokset

LIITE 5: 1980- luvulla rakennetun omakotitalon alapohjan kosteusmittaustulokset

LIITE 6: 1990- luvulla rakennetun rantasaunan alapohjan kosteusmittaustulokset

Lähtötilanmittaus, toimisto 1 i.r.- kuivaus aloitettu													
Sisäilma:46/22 , Ulkoilma:83/5													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2
18.10.2010	Sk (%)	95	93	89	89	89	84	84	80	79	93	92	89
	t (°C)	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus i.r. kuivauksena jatkuu. Toimisto 2 mlp- kuivaus aloitettu													
Sisäilma:43 /22, Ulkoilma:97/2													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2
21.10.2010	Sk (%)	94	94	90	88	89	84	82	79	77	92	93	87
	t (°C)	22	22	22	22	22	22	24	23	23	24	24	24
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus jatkuu													
Sisäilma: 39/23, Ulkoilma:98/3													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2
28.10.2010	Sk (%)	95	93	86	82	84	82	78	75	70	86	88	83
	t (°C)	23	24	24	23	24	24	22	23	23	22	23	23
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus jatkuu													
Sisäilma: 37/23, Ulkoilma:96/5													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2
4.11.2010	Sk (%)	91	90	83	77	78	75	73	73	67	67	71	73
	t (°C)	23	24	23	22	23	23	22	22	23	22	22	23
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus lopetettu													
Sisäilma:33/24, Ulkoilma:91/1													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm1	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2	Tm2
11.11.2010	Sk (%)	76	77	80	64	71	70	59	61	57	58	61	64
	t (°C)	22	22	23	22	22	22	22	23	23	22	23	23
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5

Taulukko 1. 1950 –luvulla rakennetun toimistotalon välipohjan kosteusmittaustulokset.

Lähtötilannemittaus, keittiön i.r.-kuivaus aloitettu																			
Sisäilma: 65/21, Ulkoilma: 98,6/13,3																			
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6
Pvm	Huone	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	K	K	K	K	K	K	K	K	K
14.9.2010	Sk (%)	98	97	96	96	97	99	89	83	84	93	94	93	87	81	77	85	87	80
	t (°C)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	19	19	19	19	18	18
	Syvyys (cm)	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Keittiön i.r.-kuivaus jatkuu. Työhuoneen mlp-kuivauksen aloitettu																			
Sisäilma: 52/21, Ulkoilma: 84,7/11,9																			
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6
Pvm	Huone	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	K	K	K	K	K	K	K	K	K
17.9.2010	Sk (%)	98	94	95	94	95	96	83	74	76	92	91	92	82	77	73	77	83	79
	t (°C)	24	23	22	22	22	22	25	25	25	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	Syvyys (cm)	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus jatkuu																			
Sisäilma: 37/25, Ulkoilma: 94,6/12,6																			
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6
Pvm	Huone	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	K	K	K	K	K	K	K	K	K
24.9.2010	Sk (%)	97	95	94	93	92	95	79	72	72	70	96	99	45	45	45	75	78	78
	t (°C)	23	23	22	22	22	21	26	26	27	26	26	26	25	25	25	24	24	24
	Syvyys (cm)	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus lopetettu keittiössä ja jatkuu työhuoneessa																			
Sisäilma: 33/24, Ulkoilma: 92,7/6,7																			
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6
Pvm	Huone	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	K	K	K	K	K	K	K	K	K
1.10.2010	Sk (%)	88	87	84	89	84	90	63	61	54	51	51	75	-	-	-	51	66	61
	t (°C)	27	26	26	25	24	24	22	23	22	27	27	28	-	-	-	24	24	24
	Syvyys (cm)	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Työhuoneen kuivaus lopetettu																			
Sisäilma: 31/ 24, Ulkoilma: 90,1/8,4																			
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6
Pvm	Huone	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	K	K	K	K	K	K	K	K	K
8.10.2010	Sk (%)	53	50	61	49	50	60	46	51	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	t (°C)	24	23	23	23	21	23	24	24	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Syvyys (cm)	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5

Taulukko 2. 1960 –luvulla rakennetun omakotitalon välipohjan kosteusmittaustulokset.

Lähtötöilannemittaus, keittiön i.r.- kuivaus aloitettu													
Sisäilma:49/22 , Ulkoilma:74/8													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	K	K	K	K	K	K	Et	Et	Et	Et	Et	Et
5.10.2010	Sk (%)	99	95	91	92	91	86	98	98	96	91	89	87
	t (°C)	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus keittiössä jatkuu i.r. kuivauksena. Eteisen mlp- kuivaus aloitettu													
Sisäilma:53/22 , Ulkoilma:90/8													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	K	K	K	K	K	K	Et	Et	Et	Et	Et	Et
8.10.2010	Sk (%)	100	96	89	87	90	84	97	98	96	90	89	87
	t (°C)	25	25	24	24	24	23	22	22	22	22	22	22
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus jatkuu													
Sisäilma: 46/24, Ulkoilma:91/0													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	K	K	K	K	K	K	Et	Et	Et	Et	Et	Et
15.10.2010	Sk (%)	95	93	86	82	84	82	93	93	92	82	81	81
	t (°C)	23	24	24	23	24	24	22	23	23	22	23	23
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus jatkuu													
Sisäilma: 40/24, Ulkoilma:81/0													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	K	K	K	K	K	K	Et.	Et.	Et.	Et.	Et.	Et.
22.10.2010	Sk (%)	89	90	84	74	78	73	86	87	88	72	71	73
	t (°C)	23	23	24	23	23	23	23	23	23	22	23	24
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus lopetettu													
Sisäilma: 35/25, Ulkoilma:95/6													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	K	K	K	K	K	K	Et	Et	Et	Et	Et	Et
29.10.2010	Sk (%)	78	79	78	69	70	70	77	77	78	65	66	67
	t (°C)	22	22	23	22	23	23	23	23	23	23	23	23
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5

Taulukko 3. 1960 –luvulla rakennetun kerrostalon välipohjan kosteusmittaustulokset.

Lähtötilannemittaus, saunan i.r.- kuivaus aloitettu										
Sisäilma: 50/23, Ulkoilma: 86/7										
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3
Pvm	Huone	Sauna	Sauna	Sauna	Kph	Kph	Kph	Wc	Wc	Wc
3.9.2010	Sk (%)	99	99	100	100	101	99	98	95	95
	t (°C)	17	17	17	17	18	18	17	18	17
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus tuvassa jatkuu i.r. kuivauksena. wc ja kph, mip- kuivaus aloitettu										
Sisäilma: 52/23, Ulkoilma:88/11										
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3
Pvm	Huone	Sauna	Sauna	Sauna	Kph	Kph	Kph	Wc	Wc	Wc
6.9.2010	Sk (%)	98	99	99	98	100	100	97	95	95
	t (°C)	23	23	23	21	21	21	19	19	19
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus jatkuu										
Sisäilma:49/24, Ulkoilma:98/15										
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3
Pvm	Huone	Sauna	Sauna	Sauna	Kph	Kph	Kph	Wc	Wc	Wc
13.9.2010	Sk (%)	94	97	98	91	92	95	91	90	92
	t (°C)	25	24	24	24	24	23	24	24	22
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus jatkuu										
Sisäilma: 42/25, Ulkoilma:87/11										
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3
Pvm	Huone	Sauna	Sauna	Sauna	Kph	Kph	Kph	Wc	Wc	Wc
20.9.2010	Sk (%)	86	86	90	83	86	87	76	85	86
	t (°C)	25	25	25	25	25	25	24	24	23
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus lopetettu										
Sisäilma:36/25, Ulkoilma:72/8										
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3
Pvm	Huone	Sauna	Sauna	Sauna	Kph	Kph	Kph	Wc	Wc	Wc
27.9.2010	Sk (%)	67	68	78	64	71	80	67	76	79
	t (°C)	24	25	25	23	24	23	25	24	23
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5

Taulukko 4. 1970 –luvulla rakennetun omakotitalon alapohjan kosteusmittaustulokset.

Lähtötilanmittaus, Wc:n i.r. - kuivaus aloitettu													
Sisäilma:44/21, Ulkoilma:91/0													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	Et	Et	Et	K	K	K	K	K	K	Wc	Wc	Wc
15.10.2010	Sk (%)	96	94	93	99	99	96	102	100	96	100	100	97
	t (°C)	22	22	21	22	22	22	22	21	21	21	21	20
	Syvyys (cm)	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus wc:ssä jatkuu i.r. kuivauksena. et ja k, mip- kuivaus aloitettu													
Sisäilma: 41/22, Ulkoilma:83/5													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	Et	Et	Et	K	K	K	K	K	K	Wc	Wc	Wc
18.10.2010	Sk (%)	94	95	93	99	99	96	100	100	102	98	100	99
	t (°C)	23	23	22	25	24	23	23	23	22	25	25	24
	Syvyys (cm)	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus jatkuu													
Sisäilma:35 /23, Ulkoilma:97/0													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	Et	Et	Et	K	K	K	K	K	K	Wc	Wc	Wc
25.10.2010	Sk (%)	91	93	92	93	94	93	91	90	94	92	93	92
	t (°C)	26	25	23	24	24	23	24	23	23	23	24	24
	Syvyys (cm)	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus jatkuu													
Sisäilma: 34/23, Ulkoilma:90/8													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	Et	Et	Et	K	K	K	K	K	K	Wc	Wc	Wc
1.11.2010	Sk (%)	83	84	83	84	85	85	76	78	82	81	83	84
	t (°C)	23	24	23	24	23	25	23	24	23	23	25	24
	Syvyys (cm)	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus lopetettu													
Sisäilma: 30/23, Ulkoilma:85/-1													
Mittauspiste		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Pvm	Huone	Et	Et	Et	K	K	K	K	K	K	Wc	Wc	Wc
8.11.2010	Sk (%)	75	77	77	71	72	75	58	60	65	70	72	73
	t (°C)	22	23	23	21	22	21	22	22	20	23	23	22
	Syvyys (cm)	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5

Taulukko 5. 1980 –luvulla rakennetun omakotitalon alapohjan kosteusmittaustulokset.

Lähtötilanmittaus, tuvan i.r.- kuivaus aloitettu													
Sisäilma:54/21 , Ulkoilma:73/9													
Mittauspiste		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pvm	Huone	Wc	Wc	Wc	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Kph	Kph	Kph
4.10.2010	Sk (%)	99	100	102	100	101	103	98	101	101	99	99	101
	t (°C)	9	10	10	10	10	9	9	10	10	10	10	10
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus tuvassa jatkuu i.r. kuivauksena. wc ja kph, mlp- kuivaus aloitettu													
Sisäilma:55/ 21, Ulkoilma:72/9													
Mittauspiste		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pvm	Huone	Wc	Wc	Wc	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Kph	Kph	Kph
7.10.2010	Sk (%)	100	101	101	99	102	100	99	100	102	98	100	99
	t (°C)	14	14	13	24	24	23	25	24	24	15	15	14
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus jatkuu													
Sisäilma: 47/21, Ulkoilma:96/1													
Mittauspiste		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pvm	Huone	Wc	Wc	Wc	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Kph	Kph	Kph
14.10.2010	Sk (%)	98	99	98	97	98	96	96	95	96	94	96	93
	t (°C)	26	25	23	24	24	23	24	23	23	23	24	24
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus jatkuu													
Sisäilma:42/22 , Ulkoilma: 97/2													
Mittauspiste		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pvm	Huone	Wc	Wc	Wc	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Kph	Kph	Kph
21.10.2010	Sk (%)	94	93	93	91	93	91	92	89	90	89	91	88
	t (°C)	24	24	23	24	23	25	23	24	23	24	23	25
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus jatkuu													
Sisäilma:42/22 , Ulkoilma:98/3													
Mittauspiste		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pvm	Huone	Wc	Wc	Wc	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Kph	Kph	Kph
28.10.2010	Sk (%)	89	91	92	87	88	90	86	87	88	83	86	87
	t (°C)	24	24	23	24	23	25	23	24	23	24	23	25
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Kuivaus lopetettu													
Sisäilma: 37/23, Ulkoilma:73/9													
Mittauspiste		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pvm	Huone	Wc	Wc	Wc	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Tupa	Kph	Kph	Kph
4.11.2010	Sk (%)	85	86	84	85	86	83	82	82	82	81	83	84
	t (°C)	22	23	23	21	22	21	22	22	21	23	22	22
Syvyys (cm)		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5

Taulukko 6. 1990 –luvulla rakennetun rantasaunan alapohjan kosteusmittaustulokset.

JENNI LAITINEN

*Betonirakenteisten ala- ja
välipohjien kuivausmenetelmien
toiminnan vertailu*

ADUCATE REPORTS AND BOOKS 21/2011



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

*Aducate – Centre for Training
and Development*