

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talorakennustekniikka

Tutkintotyö

Miia Salinas

RAKENTEIDEN KOSTEUDEN MITTAUS

Työnohjaaja
Työnteettaja
Tampere 2006

DI Pekka Väisälä
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

Talonrakennustekniikka

Miia Salinas Rakenteiden kosteuden mittaus

Tutkintotyö 33 sivua + 12 liitesivua

Työn ohjaaja DI Pekka Väisälä

Työnteettävä Tampereen ammattikorkeakoulu

Joulukuu 2006

Hakusanat Kosteusmittaukset

TIIVISTELMÄ

Kosteusmittauksia tehdään yhä useammin sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Kosteusmittauksilla uudiskohteessa voidaan välttää niin turhia kuivatuksia kuin mahdollisia kosteusvaurioitakin. Korjauskohteissa kosteusmittauksia käytetään vesivahinko- ja kosteusvauriotapauksissa määrittämään vaurion syytä ja laajuutta. Tämän tutkintotyön tavoitteena oli tutustua rakenteiden kosteusmittaukseen tutkimalla eri menetelmiä ja arvioimalla niiden luotettavuuksia sekä luoda Tampereen ammattikorkeakoulun käyttöön harjoitusmateriaalia kosteusmittauksien harjoitteluun. Harjoitusmateriaali koostuu sekä kirjallisesta ohjeistuksesta, että demonstraatiovälineistöä.

Tutkintotyössä perehdyttiin kosteuden ilmenemismuotoihin rakenteessa ja kosteuden mittausmenetelmiin sekä menetelmien luotettavuuteen. Lisäksi osana tutkintotyötä valmistettiin demonstraatiokappaleita kosteusmittausharjoituksiin sekä laadittiin kirjalliset ohjeet mittausten suorittamiseen. Tutkintotyössäni myös kokeilin tekemiäni demonstraatiokappaleiden toimivuutta mittauksin.

TAMPERE POLYTECHNIC

Construction Technology

Building Construction

Miia Salinas

Structures Dampness Measuring

Engineering Thesis

33 pages, 12 appendices

Senior Lecturer

Pekka Väisälä (Msc)

Commisissioning Company Tampere Polytechnic

December 2006

Keywords

Dampness measuring

ABSTRACT

Dampness measuring is used more and more in building and repair building. With dampness measuring can avoid unnecessarily drying and possible damp damages. In Repair building dampness measuring was used to get causes and extends of the water damages and damp damages. The main object of this degree work has got to know how to measure dampness in different methods and rate their reliability. And also make teaching material of dampness measuring to Tampere Polytechnic. Teaching material consist of literary instruction and demonstration instruments. In this degree work was tested my made demonstrations in practice.

ALKUSANAT

Parhaimmat kiitokset kaikille minua tutkintotyössä auttaneille.

Miia Salinas

Tampere, 15.12.2006

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	6
2. MILLOIN KOSTEUSMITTAUKSIA TEHDÄÄN.....	6
3. KOSTEUS RAKENTEISSA.....	7
4. KOSTEUDEN SIIRTYMISTAVAT.....	7
5. RAKENNUKSEN LÄMPÖTEKNINEN TOIMINTA.....	8
6. MATERIAALIN KOSTEUS	9
7. KOSTEUSVAURIOIDEN SYNTYMEKANISMIT, KOSTEUSVAURIOT RAKENNUSMATERIAALEISSA JA RAKENTEISSA.....	11
8. YLEISIMMÄT KOSTEUSMITTAUSMENETELMÄT JA -LAITTEET	12
8.1 PINTAKOSTEUDENOSOITTIMET.....	13
8.2 KALSIVARUUKSIKARBIDIMITTARI.....	13
8.3 PUNNITUSKUIVAUS-MENETELMÄ.....	14
8.4 SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTAUSMENETELMÄT	15
9. KOSTEUSMITTAUSTEN LUOTETTAVUUS JA VIRHEARVIOINTI	15
9.1 PINTAKOSTEUDENOSOITTIMET.....	15
9.2 PUNNITUSKUIVAUS-MENETELMÄ.....	16
9.3 SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTAUSMENETELMÄT	17
9.3.1 Porareikämittaus	17
9.3.2 Näytepalamittaus.....	18
10. BETONIN SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTAUS.....	19
11. SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTA-ANTUREIDEN KALIBROINTI.....	20
12. KOSTEUSMITTAUSRAPORTIN SISÄLTÖ	21
13. DEMONSTRAATIOKAPPALEIDEN VALMISTUS	21
14. DEMONSTRAATIOKAPPALEIDEN KOEMITTAUKSET.....	24
15. MITTAUSTULOKSET	28
16. TULOSTEN ARVIOINTIA	31
17. VIRHEARVIOINTI.....	31
LÄHTEET.....	33
LIITTE	33

1. JOHDANTO

Tutkintotyöni tavoitteena oli tutustuminen kosteusmittauksiin sekä materiaalin luominen kosteusmittauskoulutukseen Tampereen ammattikorkeakoululle. Työhön kuului sekä kirjallisen ohjeistuksen luominen kosteusmittausharjoituksiin, että demonstraatiokappaleiden teko. Materiaalia on tarkoitus käyttää tulevaisuudessa kosteusmittausopetuksen osana. Osana tutkintotyötäni myös suoritin koemittauksia demonstraatiokappaleillani.

Kosteusmittauksia tehtäessä täytyy kiinnittää huomiota moniin eri seikkoihin. Mittalaite on hallittava hyvin ja tiedettävä sen käyttöön liittyvät rajoitukset, mittauspaikkojen valinta on myös oleellinen osa onnistunutta mittauksia. Lisäksi on osattava tulkita tuloksia ja arvioida mahdollisia virheitä aiheuttavia tekijöitä. Vähäisimpänä ei ole taito valita oikea mittauspaikka eri kohteisiin. Myös ympäristön olosuhteet on osattava ottaa huomioon.

2. MILLOIN KOSTEUSMITTAUKSIA TEHDÄÄN

Rakenteiden kosteusmittauksia tehdään sekä rakennusaikana, että valmiissa rakennuksessa. Kosteusmittaukset ovat oleellinen osa niin uudis- kuin korjausrakentamistakin. Kosteusmittauksilla uudiskohteessa voidaan välttää niin turhia kuivatuksia kuin mahdollisia kosteusvaurioitakin. Korjauskohteissa kosteusmittauksia käytetään vesivahinkoja kosteusvauriotapauksissa määrittämään vaurion syytä ja laajuutta.

Rakennusaikana tehdyt kosteusmittaukset ovat lähinnä betonin suhteellisen kosteuden mittauksia, joilla pyritään selvittämään betonin päällystettävyyden ja pinnoitettavuuden. Ennen päällystys- tai pinnoitus työhön ryhtymistä on alustana olevan materiaalin (yleensä betonin) alitettava päällystysmateriaalin, pinnoitteen tai kiinnitysmassan edellyttämä kosteusraja-arvo.

Betonin kuivuminen tahdistaa työmaan sisävalmistusvaiheita ja näin ollen on ensiarvoisen tärkeää pystyä seuraamaan kuivuuko rakenne aikataulun mukaisesti vai tarvitaanko esimerkiksi ryhtyä kuivaustyöhön./1/

Valmiissa rakennuksissa kosteusmittauksia tehdään lähinnä kuntoarvioiden, kuntotutkimusten sekä kosteusvauriotutkimusten ja – korjausten yhteydessä. Tutkimuksen lähtökohtana voi olla haju, näkyvä vaurio tai terveystaitta epäily. Myös rakennuksissa sattuneiden vesivahinkojen laajuus ja kuivatustarve selvitetään kosteusmittauksin. Jos rakenteita joudutaan kuivattamaan, myös kuivumista seurataan mittauksin.

3. KOSTEUS RAKENTEISSA

Jotta kosteutta voitaisiin mitata, on tiedettävä sen esiintymis- ja siirtymistavat rakenteissa. Lisäksi on hyvä tuntea rakennuksen lämpöteknistä toimintaa, koska lämpötila erot pyrkivät tasaantumaan ja tämä voi aiheuttaa ilmavirtaa, joka puolestaan kuljettaa kosteutta. Muutamassa seuraavassa kappaleessa olen pyrkinyt selittämään lyhyesti näitä ilmiöitä.

4. KOSTEUDEN SIIRTYMISTAVAT

Kosteus voi siirtyä rakenteissa vesihöyrymuodossa tai vetenä. Vesihöyrynä kosteus siirtyy diffuusion tai konvention avulla ja vetenä kapillaarisesti tai painovoiman vaikutuksesta.

Kosteuden siirtyminen diffuusiolla perustuu ilmassa olevien vesimolekyylien keskinäisiin törmäyksiin, jonka vaikutuksesta vesihöyryn pitoisuuserot, osapaineet pyrkivät tasoittumaan. Kosteus siirtyy aina suuremmasta vesihöyryn osapaineesta tai pitoisuudesta

pienempään päin. Diffuusiovirtaan vaikuttaa myös läpäistävän materiaalin vesihöyrynvastus./3/

Konvektiolla tarkoitetaan ilmavirtausta joka syntyy rakenteen yli vallitsevan ilman kokonaispaine-eron vaikutuksesta./3/ Rakennuksen painesuhteet syntyvät tuulen, ilman lämpötilaerojen tai ilman vaihdon vaikutuksesta tai niiden yhteisvaikutuksesta./3/ Ilma sisältää aina jonkin verran vettä höyrymuodossa. Ilma pystyy tietyssä lämpötilassa sitomaan tietyn määrän kosteutta. Tätä ilman sisältämää vesimäärää kutsutaan *absoluuttiseksi kosteudeksi* a_h [g/m^3]. Lämpötilaa, jossa kosteus alkaa tiivistyä eli kondensoitua kutsutaan *kastepisteeksi* tai *kyllästyslämpötilaksi*. *Suhteellinen kosteus* ilmoittaa vesihöyryn määrän prosentteina vallitsevassa lämpötilassa olevan ilman sitoman vesihöyryn maksimimäärästä./2/

Kapillaarisesti vesi voi siirtyä materiaaleissa, jotka ovat kapillaarisia eli pystyvät huokosalipaineen vaikutuksesta imemään itseensä vettä. Se kuinka paljon materiaali pystyy imemään itseensä kosteutta, ja kuinka korkealle kosteus nousee riippuu kyseisen materiaalin huokosjakaumasta/3/.

Painovoiman vaikutuksesta liikkuva kosteus on yleensä vapaata vettä. Se liikkuu painovoiman vaikutuksesta ylhäältä alaspäin. Painovoiman vaikutuksesta liikkuvaa vettä esiintyy yleensä vain vesivuodoissa. Pieninä määrinä tätä esiintyy myös kosteuden kondensoitumisen yhteydessä.

5. RAKENNUKSEN LÄMPÖTEKNINEN TOIMINTA

Myös lämmön siirtymistapoja rakenteissa on hyvä tuntea. Lämpötilat erot pyrkivät tasaantumaan ja tämä aiheuttaa ilmavirtoja. Ilmavirrat puolestaan kuljettavat mukanaan kosteutta. Rakenteisiin tunkeutuva kylmyys voi myös kondensoida kosteutta jonka seurauksena voi olla kosteusvahinko. Rakenteissa tapahtuu lämmön siirtymistä johtamalla, säteilemällä ja konvektiolla.

Lämpö siirtyy johtumalla, kun tarkasteltavan kappaleen eri osien välillä on lämpötilaero. Lämmön siirtyminen tapahtuu korkeammasta lämpötilasta matalampaan päin. Materiaalin kyky johtaa lämpöä lävitseen eli lämmönjohtavuus on materiaalikohtainen ominaisuus. Eri materiaalien välillä voi olla suuria eroja lämmönjohtavuudessa.

Säteilyssä lämpö siirtyy sähkömagneettisena energiana. Energian siirtyminen säteilyllä voi tapahtua ilman väliainetta, toisin kuin muissa lämmön siirtymismuodoissa. Kaikki kappaleet lähettävät ja ottavat vastaan lämpösäteilyä. Kahden kappaleen välillä siirtyvän säteilyenergian määrä riippuu pintojen lämpötilaeroista.

Kun säteily kohtaa materiaalin osa siitä absorboituu materiaaliin ja osa heijastuu takaisin. Osa voi myös läpäistä materiaalin. Eri materiaalien pinnoilta tietyssä lämpötilaolosuhteissa lähtevä säteily ilmoitetaan emissiokertoimella.

Lämmön siirtymistä konvektiolla tapahtuu, kun kaasu tai neste liikkuessaan siirtää lämpöenergiaa. Rakennusfysiikassa välittäjäaineena on yleensä ilma. Konvektiolla liikkuvan lämpövirran määrä on riippuvainen ilmavirran suuruudesta.

6. MATERIAALIN KOSTEUS

Rakennusmateriaalit voivat sitoa kosteutta hygroskooppisesti ja kapillaarisesti tai vesi voi olla materiaalin huokosissa vapaana vetenä.

Hygroskooppisuudella tarkoitetaan materiaalin kykyä sitoa kosteutta ilmasta ja luovuttaa sitä ilmaan. Materiaalin kosteudesta ja ympäristön suhteellisesta kosteudesta riippuu se luovuttaako materiaali vai ottaako se kosteutta vastaan. Materiaali on hygroskooppisella alueella, kun sen kosteuspitoisuus vastaa ympäröivän ilman suhteellista kosteutta 0...98 %./3/

Ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden ja materiaalin kosteuspitoisuuden välistä suhdetta kuvataan tasapainokosteuskäyrillä. Koska materiaalin tasapainokosteus on lämpötila riippuvainen, kutakin lämpötilaa vastaa erilainen tasapainokosteuskäyrä. Kirjallisuudessa yleensä käytetään vain +20 °C:n käyrää./3/

Materiaalin kastumisen ja kuivumisen tasapainokosteuskäyrät poikkeavat toisistaan. Samalla ilman suhteellisella kosteudella materiaalin kosteus on kuivumisvaiheessa suurempi kuin kastumisvaiheessa. Tätä kutsutaan hystereesiksi.

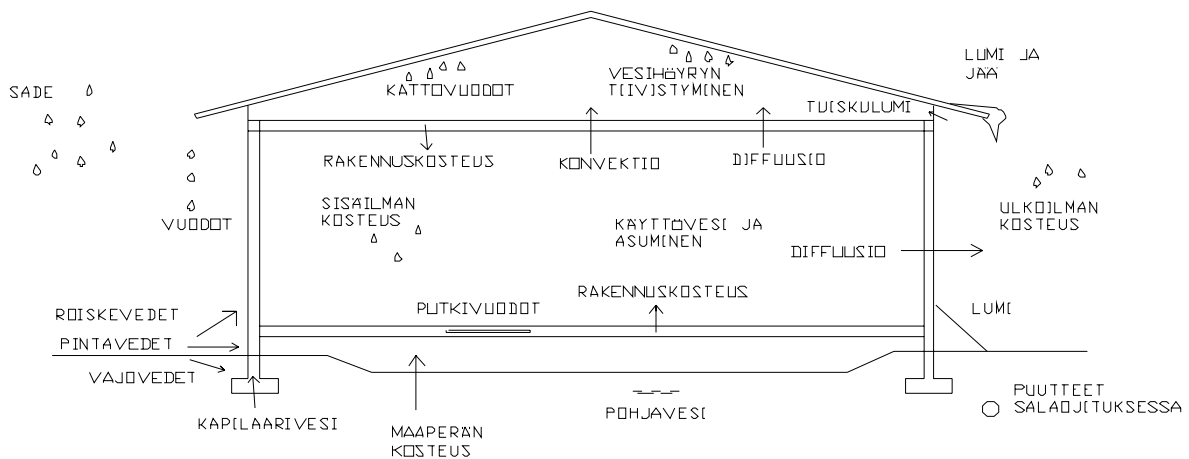
Mitatun kosteuspitoisuuden ja tasapainokosteuskäyrän avulla voidaan arvioida, missä tilassa rakenne mittaushetkellä on. Tasapainokosteuskäyrät ovat kuitenkin suuntaa antavia, koska saman esimerkiksi eri betonilaaduilla voi olla hyvinkin erilainen kosteuskäyttäytyminen./1/

Kapillaarisella kosteusalueella materiaalissa on huomattavasti enemmän kosteutta, kuin hygroskooppisella alueella. Vesi imeytyy kapillaarisesti huokosiin ja rakeisiin materiaaleihin. Imeytyneen veden määrä ja imusyvyys riippuvat huokos- ja raejakaumasta. Kapillaarisella kosteustasapainolla tarkoitetaan sitä kosteuspitoisuutta, johon materiaali asettuu ollessaan kosketuksessa vapaaseen veteen tai toiseen kapillaarisella alueella olevaan materiaaliin

Kapillaarisuudella tarkoitetaan materiaalin kykyä imeä itseensä vettä, joko vapaasta vedestä tai toisesta kapillaarisella alueella olevasta materiaalista. Vesi imeytyy huokosalipaineen vaikutuksesta ja kosteus nousee sille korkeudelle, jossa huokosalipaine ja painovoima ovat tasapainossa. Tätä nimitetään kapillaariseksi tasapainoksi. Kapillaariselle kosteustasapainolle on ominaista, että kosteuspitoisuus on korkeampi kuin hygroskooppisella alueella.

7. KOSTEUSVAURIOIDEN SYNTYMEKANISMIT, KOSTEUSVAURIOT RAKENNUSMATERIAALEISSA JA RAKENTEISSA

Kosteutta voi päästä rakenteisiin monin eri tavoin. Kuvassa 1 on kuvattu rakennuksen eri osiin vaikuttavat kosteuslähteet. Rakenteisiin päässyt kosteus voi aiheuttaa rakenteiden vaurioitumista, mikäli kosteuspitoisuus on haitallisen korkea liian pitkän ajan. Kosteus voi aiheuttaa rakenteen vettymistä, korroosiota ja erilaisia mikrobikasvustoja mm. lahoa ja hometta.



Kuva 1. Rakennuksen eri osiin vaikuttavat kosteuslähteet./2/

Yleisimpiä syytä rakennuksen kosteusvaurioihin ovat kirjan Terveellinen sisäilma /4/ mukaan seuraavat tekijät:

- Kosteat materiaalit ja niiden riittämätön kuivatus rakennusvaiheessa.
- Vesivuodot kattojen, räystäiden, räystäskourujen, ikkunoiden ja saumojen kautta.
- Putkivuodot

- Maakosteuden ja valumavesien pääsy rakenteisiin, kun salaojitus on puutteellinen ja/tai rakennuksen alla on märkää.
- Täytemaan kapilaarisuus, jolloin kosteus nousee rakenteisiin.
- Puupohjaiset materiaalit ovat suorassa kosketuksessa maahan tai kosteaan betoniin, esimerkiksi matala sokkeli, eristämätön liitos, betoniportaati ja muuraukset
- Puu osat tuettu koolatussa puulattiassa eristämättömään betonilaattaan tai kaksoisbetonilaatassa alempaan betonilaattaan.
- Märkätilojen puutteelliset kosteus- ja vesieristeet sekä saumaukset.
- Puutteellinen ryömintätilan, julkisivujen tai kattorakenteiden tuulettuminen suhteessa kosteusrasitukseen.
- Peltikatteen alta puuttuu aluskate.
- Lämmöneristetty rakennus on jätetty pitkäksi aikaa kylmilleen ja vaille huoltoa.
- Ilmanvaihdon puutteellinen käyttö ja huollon laiminlyönti.
- Kosteusvaurion (vesivahingon, kattovuodon) korjauksen laiminlyönti tai puutteellinen korjaus.

8. YLEISIMMÄT KOSTEUSMITTAUSMENETELMÄT JA -LAITTEET

Kosteusmittauksia voidaan tehdä useilla eri menetelmillä ja laitteilla. Mittausmenetelmä tulee valita kohteen mukaan ja sitä tulee tarvittaessa täydentää toisella mittausmenetelmällä. Yleensä kosteusmittauksissa mitataan rakenteen suhteellista kosteutta (RH %). Suhteellisella kosteudella tarkoitetaan materiaalinhuokosten ilmatilan suhteellista kosteutta. Suhteellinen kosteus ilmoittaa vesihöyryn määrän prosentteina vallitsevassa lämpötilassa olevan ilman sitoman vesihöyryn maksimimäärästä.

8.1 Pintakosteudenosoittimet

Nimensä mukaisesti pintakosteudenosoitin mittaa vain rakenteiden pintakosteuksia, eikä sillä saada tarkkaa kuvaa rakenteen sisäisistä kosteuksista. Sillä voidaan kuitenkin selvittää rakenteiden kosteustilaa ainetta rikkomatta.

Pintakosteudenosoittimien eli pintakosteusmittareiden toiminta perustuu mitattavan materiaalin vesipitoisuuden muuttuessa tapahtuviin materiaalin sähköisten ominaisuuksien (sähkönjohtavuus, kapasitanssi, dielektrisyys) muutoksiin./1/

Pintakosteudenosoittimia on useita eri tyyppisiä. Mittalaitteisiin on yleensä ohjelmoitu valmiiksi joidenkin materiaalien tiettyjä sähköisiä ominaisuuksia vastaava kosteuspitoisuus painoprosentteina.

Saman materiaalin erilaadut voivat kuitenkin olla sähkönjohtavuuksiltaan erilaisia ja tämä osaksi heikentää tulosten luotettavuutta. Myös eri laitteiden välillä voi olla suuriakin eroja. Tästä johtuen mittaustuloksia voidaan pitää lähinnä suuntaa antavina.

8.2 Kalsiumkarbidimittari

Kalsiumkarbidimittaria käytetään betonin kosteuden mittaamiseen. Mittauksessa betonista otetaan näytepaloja metalliseen koepulloon. Lisäksi pulloon laitetaan myös kalsiumkarbidia sisältävä lasiampulli ja teräskuulia. Pulloa ravistettaessa ampulli rikkoutuu ja kalsiumkarbidi pääsee reagoimaan betonissa olevan kosteuden kanssa. Reaktio aiheuttaa paineen nousua pullossa. Pullon korkissa on mittari, joka mittaa paineen. Taulukon avulla paineen arvo saadaan muutettua kosteuspitoisuudeksi painoprosentteina. Menetelmää on käytetty lähinnä betonin päällystettävyyssmittauksissa sen nopeuden vuoksi./1/

Ongelmia aiheuttaa tulosten tulkinta. Kosteusarvo saadaan välillisesti painoprosentteina ja tulosten tulkinta edellyttää betonilaadun tuntemista. Lisäksi kaikille eri betonilaaduille ei ole olemassa muutostaulukoita. Myös tuloksen muuttaminen suhteelliseksi

kosteudeksi, jona nykyisin annetaan useimmat raja-arvot, on vaikeaa ja voi aiheuttaa virhettä tuloksiin./1/

Edellä mainitun vuoksi kalsiumkarbidimittauksista on Suomen talonrakentamisessa pääosin luovuttu, eikä sitä suositella käytettäväksi. Sillanrakennuksessa menetelmä on kuitenkin vielä melko yleinen. Sillä sillanrakennuksessa on oleellista tietää, onko rakenteen pinta riittävän kuiva vedeneristeen tartunnalle. Myös Keski- ja Etelä-Euroopassa menetelmä on vielä yleisesti käytössä; myös talonrakennuksessa./1/

8.3 Punnituskuivaus-menetelmä

Punnituskuivaus-menetelmä antaa materiaalin todellisen kosteuspitoisuuden painoprosentteina. Myös useimmat materiaalin sähköisiä ominaisuuksia mittaavat laitteet antavat tuloksen painoprosentteina. Näillä mittareilla tulos on kuitenkin välillinen. Se perustuu yleensä mittalaitteen valmistajan laitteelle tallentamiin muutamiin vertailuarvoihin.

Punnituskuivaus-menetelmässä näytepala punnitaan ensin kosteana, tämän jälkeen se kuivataan (betoni 105 °C:n lämpötilassa). Kuivunut näyte punnitaan uudelleen. Kosteuspitoisuus saadaan kostean ja kuivan näytteen painojen erotuksen ja kuivan näytteen painojen suhteena./1/

Menetelmän käyttöön liittyy virhemahdollisuuksia lähinnä näytteen otossa, näytteiden säilytyksessä ja punnituksessa. /1/

Punnituskuivaus-menetelmä antaa huolellisesti suoritettuna parhaimman tuloksen verrattaessa eri menetelmiä. Sen käyttö on kuitenkin rajallista, koska näytteen otto rikkoo aina rakennetta.

8.4 Suhteellisen kosteuden mittaamenetelmät

Suhteellista kosteutta voidaan mitata porareikä- tai näytepalamittauksen avulla.

Menetelmissä mitataan materiaalin huokosten sisältämän ilman kosteuspitoisuutta.

Kyseisiä menetelmiä voidaan pitää melko luotettavina oikein suoritettuna.

Porareikämittauksessa tutkittavaan rakenteeseen porataan ennalta määritettyyn syvyyteen reikä, johon anturi asetetaan. Näytepalamenetelmällä mitattaessa materiaalista otetaan tutkittavalta syvyydeltä näytepala koeputkeen, johon mitta-anturi asetetaan.

Porareikämittauksen huonona puolena on menetelmän hitaus. Porauksen jälkeen reiän on annettava tasaantua kolme vuorokautta ennen tuloksen lukua. Näytepalamittauksessa tasaantumisaika on huomattavasti lyhyempi, vain noin pari tuntia.

9. KOSTEUSMITTAUSTEN LUOTETTAVUUS JA VIRHEARVIOINTI

Kosteusmittauksissa on useita virhemahdollisuuksia ja siksi tuloksia tuleekin tulkita kriittisesti. Tuloksia tulkitessa tuleekin aina pohtia mahdollisia tuloksiin liittyviä virheitä. Eri mittaamenetelmillä on hyvinkin erilaisia virhemahdollisuuksia. Lisäksi ympäristöolot voivat aiheuttaa vääristymää tuloksiin.

9.1 Pintakosteudenosoittimet

Pintakosteudenosoittimet eivät anna kovin luotettavaa kuvaa rakenteen todellisesta kosteudesta. Ja pelkästään pintakosteudenosoittimella tehtyjen havaintojen perusteella ei pitäisi ryhtyä korjaustoimenpiteisiin. Pintakosteudenosoittimen antama lukuarvoa voidaan pitää vain suuntaa antavana. Pintakosteudenosoittimet ovat kuitenkin hyvä apu

määritettäessä kosteusongelman laajuutta ja kosteampia kohtia mahdollisia jatkotutkimuksia silmälläpitäen.

Pintakosteudenosoittimella tutkittaessa virheitä voivat aiheuttaa monet eri tekijät. Yksi tekijä on tutkittavan kohteen käyttö ennen mittausta. Tutkittava kohde on pidettävä pinnoiltaan kuivana ennen mittausta. Pintakosteudenosoittimen kanssa on turha mennä mittaamaan kylpyhuoneeseen, jossa on käyty suihkussa kyseisenä päivänä tai kuivattu pyykkiä. Jo märillä kengillä kävely aiheuttaa muutoksia mittaustuloksissa, vaikka kävelyn jäljiltä pinta olisikin jo silmämääräisesti katsottuna kuivunut./2/

Pintakosteudenosoittimen tuloksiin vaikuttavat myös rakenteessa olevat hyvin sähköjohtavat materiaalit kuten erilaiset johdot ja putket sekä betonin raudotteet. Jopa eriväriset keraamiset laatat voivat antaa erilaisia tuloksia. Esimerkiksi tummansiniset laatat antavat usein korkeampia tuloksia verrattaessa vaaleaan laattaan. /2/

Pintakosteudenosoittimella mitattaessa on pidettävä huoli siitä, että mittari ei kosketa kahta pintaa yhtä aikaa. Jos näin tapahtuu laite mittaa yhtä aikaa molemmilta pinnoilta ja kutakuinkin summaa tulokset. Tuloksena voi olla hyvinkin korkeita arvoja. Pallopäisillä pintakosteuden osoittimilla tarvitsee olla vieläkin varovaisempi. Niillä ei ole syytä mennä nurkassa 10 cm lähemmäksi seinää./2/

9.2 Punnituskuivaus-menetelmä

Punnituskuivaus-menetelmä on oikein suoritettuna erittäin hyvä menetelmä kosteuden määrittämiseen painoprosentteina. Mahdolliset virheet voivat tapahtua Näytteen otossa, punnituksessa tai näytteen säilytyksessä. Näytteen otto paikka täytyy suunnitella huolellisesti, koska rakennetta rikkovuutensa vuoksi näytteitä ei voi ottaa montaa. Rajallinen näytteiden määrä heikentää menetelmän luotettavuutta, koska aina täytyy myös arvioida näytteenottoaikan edustavuutta.

Näytteen oton jälkeen näyte täytyy sulkea välittömästi ilmatiiviiseen astiaan, jotta näyte ei ehtisi kuivua matkalla laboratorioon. Näytteen kuljetuksen aikana on kiinnitettävä myös huomiota sääoloihin. Näytettä ei saa altistaa matkan aikana lämpötilan vaihteluille, koska se saattaa aiheuttaa kosteuden tiivistymistä.

Näytettä punnittaessa mahdollista virhettä aiheuttaa punnitsijan huolimattomuus ja vaa'an virhemahdollisuus. Kuivauksen on myös tapahduttava oikeassa lämpötilassa. Esimerkiksi jos betonia kuivaa liian korkeassa lämpötilassa siitä voi alkaa haihtua kidevettä ja tämä vääristää mittaustulosta.

Punnituskuivaus-menetelmän tulokseen voi vaikuttaa tietysti myös laskennassa tapahtuva inhimillinen virhe.

9.3 Suhteellisen kosteuden mittaamenetelmät

9.3.1 Porareikämittaus

Porareikämittauksessa mitataan materiaalin suhteellista kosteutta siihen poratusta reiästä. Porareikämittaukseen voivat aiheuttaa virhettä monet eri tekijät. Ensiksi tulee kiinnittää huomiota mittauskalustoon, jonka tulee olla kalibroitu virheen minimoimiseksi. Mittalaitteidenvalmistajan ilmoittama mittapään HMI44 mittatarkkuus +20 °C lämpötilassa on yleensä alhaisissa kosteuksissa (0...90 % RH) ± 2 % ja korkeissa kosteuksissa (90...100 %) ± 3 %. Lämpötilan mittatarkkuus on $\pm 0,5$ °C./2/ Säännöllisellä kalibroinnilla voidaan päästä jopa parempiin tuloksiin. Kalibroimaton mittari sitä vastoin voi näyttää melkein mitä vain.

Seuraavaksi virhettä voi tulla reiän paikan valinnassa. Reiän paikka ja syvyys on valittava huolellisesti ja mahdollisimman edustavasti. Mittauspisteiden rajallinen määrä vaikuttaa paljon mittausten luotettavuuden arviointiin.

Reiän porauksen jälkeen reikä tulee puhdistaa huolellisesti, koska reikään jäänyt porauspöly saattaa alentaa tulosta. Reiän tulee myös porauksen jälkeen antaa tasaantua vastaamaan ympäristön olosuhteita ennen anturin asettamista. Näytteenoton aikana voi myös haihtua kosteutta, johtuen huonosta tiivistyksestä.

Myös ympäristöolosuhteet vaikuttavat mittauksen luotettavuuteen. Mittaustulos on luotettavin, jos mittaus suoritetaan +20 °C:n lämpötilassa. Raja-arvoina mittaustulokselle voidaan pitää väliä +15...+25 °C:tta. Tämän alueen ulkopuolella mittaustulos voi olla hallitsematon. Jo ±5 °C:en poikkeama optimilämmöstä voi esimerkiksi aiheuttaa noin 0-5 % -yksikön muutoksen betonin mittaustuloksessa. Siten että kylmemmässä kosteusarvot ovat yleensä tavallista alempia ja lämpimämmässä korkeampia./1/

Anturin lämpötilan on annettava tasaantua ennen mittauksia ympäristön lämpötilaan. Liian kylmään anturiin voi tiivistyä reiästä kosteutta ja liian lämmin anturi voi lämmittää reikää ja näin muuttaa tuloksia. Anturi voi myös jossakin määrin johtaa lämpöä. Tämä aiheuttaa ongelmaa vain niissä tapauksissa, joissa mitattava rakenne ja ympäristö ovat selvästi erilämpöiset.

Mittaustulokseen vaikuttavat myös mittauskohteessa mahdollisesti olevat epäpuhtaudet, kuten kloridit sekä betonin lisäaineet ja esimerkiksi lattiatasoiitteet. Epäpuhtaudet yleensä nostavat suhteellisen kosteuden arvoa. Klorideja esiintyy usein kapillaari-ilmion yhteydessä, koska nouseva vesi kuljettaa mukanaan suoloja.

9.4.2 Näytepalamittaus

Näytepalamittauksista voidaan pitää porareikämittauksista luotettavampana mittausmenetelmänä, koska siinä anturi ei joudu olemaan niin kauan kosketuksissa mahdollisten epäpuhtauksien kanssa ja mittaus voidaan suorittaa tasaisessa lämpötilassa laboratorioissa. Mittaustapa on kuitenkin ainetta rikkova ja sen vuoksi mittauspisteiden määrä on rajallinen. Tämä aiheuttaa virhettä tuloksiin, koska oikea paikan valinta on vaikeaa.

Virhettä voi myös aiheuttaa koeputkessa oleva hienoaines, joka yleensä laskee kosteuspitoisuutta. Koeputkeen tulisikin valita mahdollisimman isoja paloja. Myös koeputkien kuljetuksessa on oltava varovainen, ettei näyte altistu liian suurille lämpötilan vaihteluille. Lämmön vaihtelut voivat aiheuttaa muun muassa vesihöyryn tiivistymistä.

Näytteen käsittelyssä on myös oltava huolellinen ja laitettava koepala heti koeputkeen näytteenoton jälkeen ja tiivistettävä koeputki huolella. Näytepalaa ei myöskään saa ottaa aivan porauskohdan tuntumasta, sillä porauksen aiheuttama kuumuus kuivattaa materiaalia.

Kuten jo yllä mainittiin porareikämittauksen yhteydessä mittalaitteiston (HM44) tarkkuus on valmistajan mukaa +20 °C lämpötilassa alhaisissa kosteuksissa (0...90 % RH) ± 2 % ja korkeissa kosteuksissa (90...100 %) ± 3 %. Lämpötilan mittatarkkuus on $\pm 0,5$ °C/2/. Säännöllisellä kalibroinnilla voidaan päästä jopa parempiin tuloksiin.

10. BETONIN SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTAUS

Betonin suhteellisella kosteudella tarkoitetaan betoninhuokosten ilmatilan suhteellista kosteutta. Huokosen ilmatilassa olevan kosteuden lisäksi huokosen pintaan on fyysikaalisesti sitoutunut vettä. Koska eri betonilaaduilla on erilainen huokosrakenne, on niillä myös erilainen kyky sitoa kosteutta. Siksi kahdella eri betonilaadulla voi olla hyvinkin erilaiset kosteuspitoisuudet painoprosentteina, vaikka suhteellinen kosteus on sama.

Jos kosteusmittaus tulokseksi halutaan betonin suhteellinen kosteus, se tulee mitata suoraa betoniin poratusta reiästä tai näytepalasta koeputkessa. Jos taas halutaan kosteus painoprosentteina, mittaus tulee tehdä kuivatus-punnitus-menetelmällä..

Betonirakenteista tehtävillä suhteellisen kosteuden mittauksilla (RH%) saadaan selvitettyä rakenteen kosteusteknistä käyttäytymistä sekä sen kosteusjakaumaa, josta voidaan muun muassa arvioida, mihin suuntaan kosteus on liikkumassa rakenteessa.

Mittaustulosten perusteella voidaan arvioida, onko rakenteessa ympäristöön nähden ylimääräistä kosteutta tai voidaanko rakenne päällystää ilman kosteusvaurioriskiä.

Mittaukset tehdään joko rakenteeseen poratusta reiästä tai rakenteesta otetuista koepaloista. Koska mittaukset ovat ainetta rikkovia sekä aikaa vaativia, mittapisteiden lukumäärä on rajallinen. Vauriotutkimuksissa mittauskohdan valinnassa voidaan käyttää apuna esimerkiksi pintakosteusmittauksia, rakennepiirustusten pohjalta tehtyjä riskiarvioita ja aistihavaintoja.

Päällystettävyyssmittauksissa mittauskohdan valintaan vaikuttavat muun muassa valuajankohdat, kastuminen, betonilaatu, rakenneratkaisu ja tuleva päällystemateriaali.

11. SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTA-ANTUREIDEN KALIBROINTI

Kalibroinnilla tarkoitetaan mittalaitteen näyttämän ja tunnetun vertailukosteuden eron määrittämistä. Kemikaalit, pöly ja lika muuttavat kapasitiivisen anturin suhteellisen kosteuden näyttämää yleensä alentavasti. Kalibrointi tapahtuu yleensä ylikylläisten suolaliuosten yläpuolisessa ilmatilassa. Kalibroinnin tarkkuuteen vaikuttavat suolaliuosten laatu, lämpötilan muutokset, tasaantumisaajat, referenssikosteuden oikeellisuus ja ilman kerrostuminen suolaliuosten yläpuolella. Mittalaitteiden valmistajat suosittelevat yleensä kalibrointia 1 - 2 kertaa vuodessa. Kalibroinnin tarpeeseen vaikuttavat kuitenkin merkittävästi mittausten lukumäärä ja mitattava materiaali. Esimerkiksi betonia mitattaessa on syytä kalibrointi suorittaa useammin./2/

12. KOSTEUSMITTAUSRAPORTIN SISÄLTÖ

Mittausraportin tulee sisältää ainakin seuraavat kohdat:

- Mittauskohdetiedot (osoite, yhteyshenkilö, yms.)
- Mittaaja ja mittaajan yhteystiedot sekä tehtävä
- Kohteen kuvaus
- Piirros mittauskohdista (esim. merkintä pohjakuvaan)
- Mittausajankohta ja ympäristön olosuhteet
- Käytetyt mittalaitteet
- Mittausmenetelmä kuvaus
- Sisä- ja ulkolämpötila ja suhteellinen kosteus
- Mittaussyvyydet
- Tulosten tulkinta
- Johtopäätökset

13. DEMONSTRAATIOKAPPALEIDEN VALMISTUS

Demonstraatiokappaleet koostuvat kolmesta betonilaatasta, jotka on pinnoitettu eri materiaaleilla. Demonstraatiokappaleiden teko eteni seuraavasti. Ensiksi koottiin muotit ja asennettiin niihin raudoitteet. Raudoitteena käytettiin teräsverkkoa, jonka tiheys oli 100 mm.

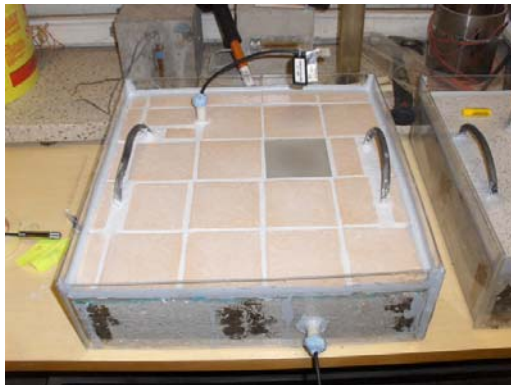
Verkko asennettiin laattojen alaosaan. Laattoihin lisäksi asennettiin kantokahvat helpottamaan siirtelyä. Laatat valoivat betonitekniikan oppilaat omien palkkivalujensa yhteydessä. Laattojen kuivuttua ne irrotettiin muoteista.

Tämän jälkeen laatat päällystettiin. Ensimmäinen koekappale laatoitettiin, joten sille siveltiin ensiksi kosteuden eriste. Kosteuden eristeen kuivuttua suoritettiin laatoitus. Laatoituksen kiinnittämiseen käytettiin saneerauslaastia. Yksi laatta korvattiin laatoituksen yhteydessä pleksin palalla, jotta laastin kostumista on mahdollista tarkkailla koetilanteessa. Laastin kuivuttua laatoitus vielä saumattiin. Koska ensimmäisellä kerralla laatat eivät kiinnittyneet hyvin alustaan, jouduin laatoittamaan ja saumaamaan kaksi kertaa.

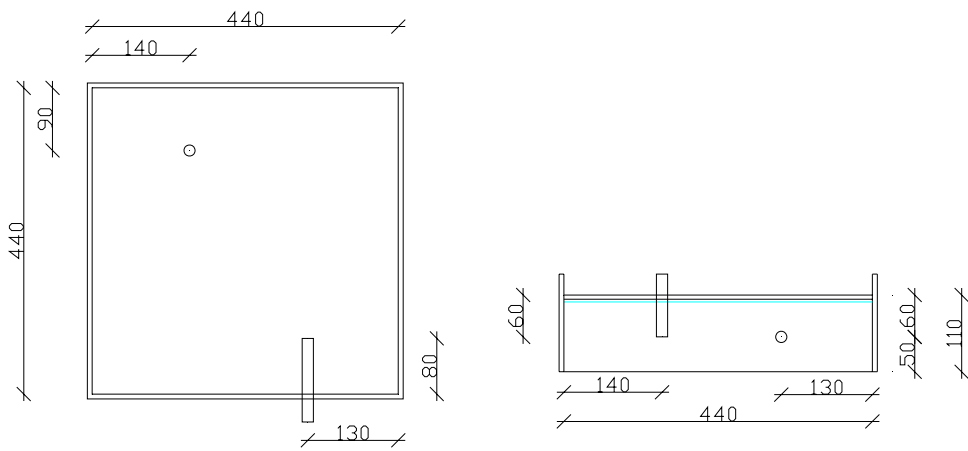
Toinen koekappale päällystettiin kostean tilan muovimatolla. Muovimatto liimattiin suoraan betoniin mattoliimalla. Kolmas koekappale päällystettiin joustovinyylimatolla, joka niin ikään liimattiin alustaan mattoliimalla.

Pinnoittamisen jälkeen demonstraatiokappaleisiin tehtiin reunat pleksistä. Pleksi osoittautui melko vaikeaksi leikata. Loppujen lopuksi se saatiin palasiksi rautasahalla, mutta aikaa sahaamiseen kului suunnattomasti. Myös pleksin palojen kiinnittäminen betoniin osoittautui vaikeaksi. Monen kokeilun jälkeen löytyi onneksi aine, jolla ne saatiin pysymään.

Kun reunat olivat kiinnitetty, laatan ja pleksireunan väli tiivistettiin vielä silikonilla. Lopuksi koekappaleisiin porattiin vielä reiät mitta-antureita varten. Reikiin asennettiin sähköputket ja reikien ympärystät tiivistettiin huolellisesti tiivistemassalla.



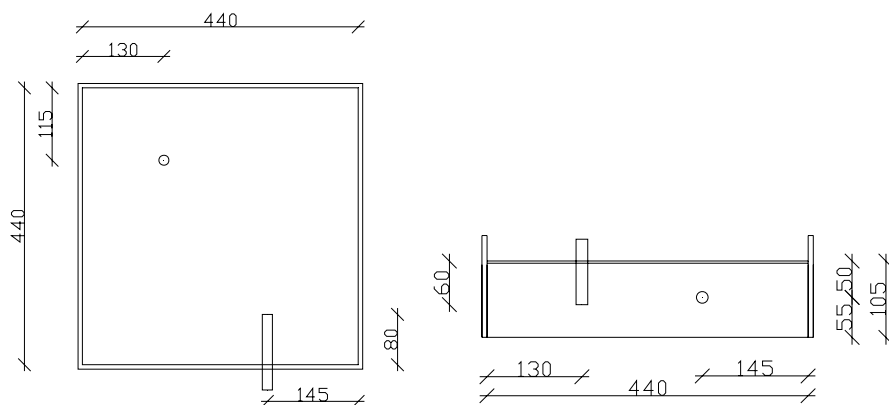
Kuva 2 Koekappale 1. Koekappale on laatoitettu. Laattojen alla on vedeneristesively. Yksi laatta on korvattu pleksillä, jotta laattojen alla olevan kiinnityslaastin kostumista voi tarkkailla



Kuva 3 Koekappaleen 1 mitat



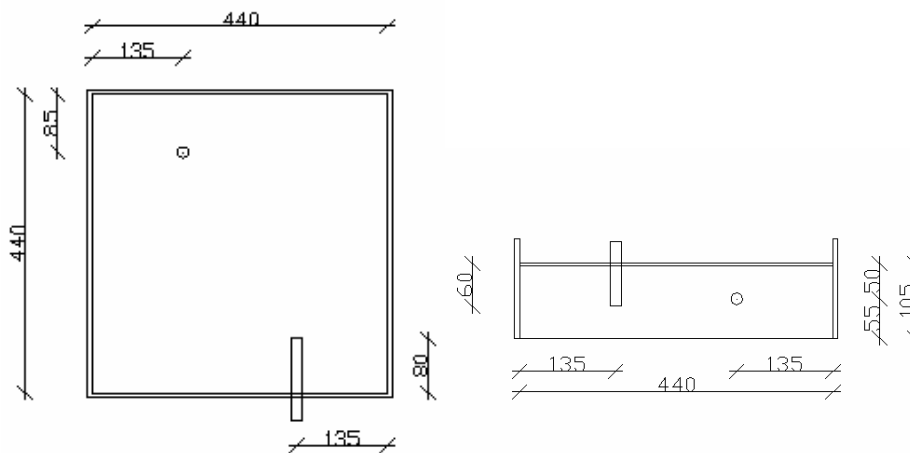
Kuva 4 Koekappale 2. Koekappale on päällystetty kostean tilan muovimatolla, joka on liimattu betonilaattaan mattoliimalla.



Kuva 5 Koekappale 2:n mitat



Kuva 6 Koekappale 3. Koekappale on pinnoitettu kuivantilan joustovinyylimatolla, joka on liimattu betoniin mattoliimalla



Kuva 7 Koekappale 3:n mitat

14. DEMONSTRAATIOKAPPALEIDEN KOEMITTAUKSET

Demonstraatiokappaleelle suoritettiin seuraavanlainen koe. Ensiksi kappaleisiin asennettiin mitta-anturit, joiden annettiin tasaantua tunti ennen ensimmäistä mittausta. Ennen ensimmäistä mittausta päätelaitteeseen asetettiin kalibroittujen mittareiden korjauskertoimet. Ensimmäinen mittaus suoritettiin koekappaleiden ollessa kuivia. Yksi anturi mittasi koko kokeen ajan huoneen ilman kosteutta ja lämpötilaa. Ensimmäisen mittauksen jälkeen kunkin koekappaleen päällä kaadettiin 1 litra vettä. Alussa

koekappaleiden päällä oli siis noin 0,5 cm vettä. Tämän jälkeen seurasin koekappaleita 45 minuutin ajan. Suoritin toisen mittauksen puolen tunnin kuluttua kastelusta.



Kuva 8 Mittalaitteina käytettiin Vaisala HMI 41 näyttölaitetta ja Vaisala HMP 44 antureita.

Havainnot toisella mittauksella (Kastelusta kulunut 30 min)

- Koekappaleen numero kolme, eli joustovinyylillä päällystetty kappale alkoi heti vuotaa. Vesi pääsi tunkeutumaan välittömästi saumoista lävitse ja lorisi hiljalleen laatan ja pleksin rajapintaa pitkin maahan. (Kuva 6)
- Mitta-anturin nro 5 reikään pääsi ilmeisesti valumaan vettä, koska arvot reiästä olivat kovin suuria.
- Koekappaleessa numero yksi oli havaittavissa laastin pientä kastumista pleksilaatan reunoilla puolentunnin kuluttua kastelusta. (Kuva 7)



Kuva 9 Koekappale 3 alkoi heti vuotaa.



Kuva 10 Koekappale 1:n pleksilaatan alla reunoissa näkyy pientä kostumista.

Havainnot kolmannella mittauskerralla. (Kastelusta kulunut n. 9,5 h)

- Koekappale 3 pinnalta oli kaikki vesi valunut pois.
- Koekappaleiden 1 ja 2 pinnalla vesi oli pysynyt. Pientä haihtumista tai imeytymistä ehkä tapahtunut.
- Koekappale 1 pleksilaatan alla reunojen luona näkyi kosteutta. Kosteutta oli eniten kulmissa, missä se ulottui noin 1,5 cm päähän reunasta.(Kuva 8)

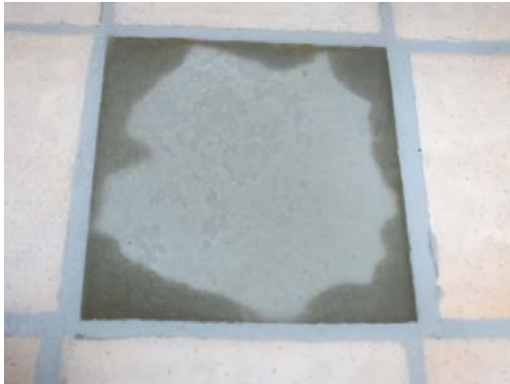


Kuva 11 Pleksilaatan alla näkyi kosteutta noin 1,5 cm:n etäisyydellä reunoista

Havainnot neljännellä mittauskerralla. (Kastelusta kulunut n.22 h 45 min)

- Koekappaleiden 1 ja 2 päältä oli edelleen vähentynyt vettä. Koekappale 1:n veden hävikki oli suurempi. Vettä oli ilmeisesti imeytynyt saumoihin.

- Pleksilaatan alla näkyi kosteutta reunojen tuntumassa. Eniten kosteutta oli edelleen kulmissa, joissa se ulottui noin 2 cm:n päähän reunasta. (Kuva 9)



Kuva 12 Kosteus oli levinnyt noin 2 cm:n päähän reunoista.

Havainnot viidennellä mittauskerralla. (Kastelusta kulunut n. 2,5 vrk)

- Koekappale 1:n pinnalta oli kaikki vesi kadonnut. Osa vedestä oli haihtunut osa imeytynyt.
- Pleksilaatan alla näkyi kosteutta reunojen tuntumassa. Eniten kosteutta oli edelleen kulmissa, jossa se ulottui noin 3 cm päähän reunasta. (Kuva 10)
- Koekappale 2:n pinnalta oli melkein kaikki vesi kadonnut. Vesi oli osaksi imeytynyt ja osaksi haihtunut. Loppukin vesi kuivattiin koekappaleen pinnalta.



Kuva 13 Kosteus oli edelleen lisääntynyt pleksin alla.

Havainnot kuudennella mittauskerralla. (Kastelusta kulunut n.3vrk)

- Mittauskerralla tilanne oli silmämääräisesti sama kuin viidennellä mittauskerralla.

Koko kokeen ajan ympäristö olosuhteet pysyivät melko tarkasti vakiona.

15. MITTAUSTULOKSET

KOEKAPPALE 1:N MITTA-ANTUREIDEN ARVOT

Koekappale kasteltiin 4.12.06 klo 17. 00

<i>Anturi 1</i>	<i>Mittaus 1 4.12.06 klo.16.48</i>	<i>Mittaus 2 4.12.06 klo.17.34</i>	<i>Mittaus 3 5.12.06 klo.9.25</i>	<i>Mittaus 4 5.12.06 klo.15.50</i>	<i>Mittaus 5 7.12.06 klo.9.55</i>	<i>Mittaus 6 7.12.06 klo.15.52</i>
RH %	45,7 %	46,5 %	49,1 %	49,5 %	51,4 %	51,1 %
T	22,2 °C	21,8 °C	19,3 °C	19,3 °C	21,7 °C	22,1 °C
Td	5,5 °C	9,9 °C	8,4 °C	8,4 °C	11,3 °C	11,6 °C
Absoluut- tinen kosteus	9,1 g/m ³	9,0 g/m ³	8,2 g/m ³	8,2 g/m ³	9,8 g/m ³	10 g/m ³

<i>Anturi 2</i>	<i>Mittaus 1 4.12.06 klo.16.48</i>	<i>Mittaus 2 4.12.06 klo.17.34</i>	<i>Mittaus 3 5.12.06 klo.9.25</i>	<i>Mittaus 4 5.12.06 klo.15.50</i>	<i>Mittaus 5 7.12.06 klo.9.55</i>	<i>Mittaus 6 7.12.06 klo.15.52</i>
RH %	55,5 %	55,8 %	55,2 %	55,6 %	56,2 %	56,8 %
T	22,5 °C	22,4 °C	19,6 °C	19,9 °C	22,0 °C	22,6 °C
Td	13,2 °C	13,3 °C	10,4 °C	10,7 °C	12,9 °C	13,7 °C
Absoluut- tinen kosteus	11,1 g/m ³	11,0 g/m ³	9,3 g/m ³	9,5 g/m ³	10,9 g/m ³	11,4 g/m ³

KOEKAPPALE 2:N MITTA-ANTUREIDEN ARVOT

Koekappale kasteltiin 4.12.06 klo 17. 00

<i>Anturi 3</i>	<i>Mittaus 1 4.12.06 klo.16.50</i>	<i>Mittaus 2 4.12.06 klo.17.36</i>	<i>Mittaus 3 5.12.06 klo.9.27</i>	<i>Mittaus 4 5.12.06 klo.15.52</i>	<i>Mittaus 5 7.12.06 klo.9.55</i>	<i>Mittaus 6 7.12.06 klo.15.52</i>
RH %	55,5 %	56,7 %	58,2 %	58,6 %	59,1 %	66,5 %
T	21,6 °C	21,2 °C	19,0 °C	19,2 °C	19,7 °C	21,5 °C
Td	12,6 °C	12,3 °C	10,6 °C	10,9 °C	11,5 °C	15,5 °C
Absoluut- tinen kosteus	10,5 g/m ³	10,5 g/m ³	9,5 g/m ³	9,7 g/m ³	10,0 g/m ³	12,5 g/m ³

<i>Anturi 4</i>	<i>Mittaus 1 4.12.06 klo.16.50</i>	<i>Mittaus 2 4.12.06 klo.17.36</i>	<i>Mittaus 3 5.12.06 klo.9.27</i>	<i>Mittaus 4 5.12.06 klo.15.52</i>	<i>Mittaus 5 7.12.06 klo.9.55</i>	<i>Mittaus 6 7.12.06 klo.15.52</i>
RH %	64,6 %	65,1 %	64,6 %	65,2 %	66,0 %	66,5 %
T	22,1 °C	21,9 °C	19,2 °C	19,3 °C	19,3 °C	21,5 °C
Td	15,6 °C	15,1 °C	12,3 °C	12,6 °C	12,8 °C	15,0 °C
Absoluut- tinen kosteus	12,6 g/m ³	12,6 g/m ³	10,6 g/m ³	10,8 g/m ³	10,9 g/m ³	12,5 g/m ³

KOEKAPPALE 3:N MITTA-ANTUREIDEN ARVOT

Koekappale kasteltiin 4.12.06 klo 17. 00

<i>Anturi 5</i>	<i>Mittaus 1 4.12.06 klo.16.53</i>	<i>Mittaus 2 4.12.06 klo.17.38</i>	<i>Mittaus 3 5.12.06 klo.9.29</i>	<i>Mittaus 4 5.12.06 klo.15.53</i>	<i>Mittaus 5 7.12.06 klo.9.55</i>	<i>Mittaus 6 7.12.06 klo.15.52</i>
RH %	48,7 %	98,3 %	98,3 %	98,2 %	98,3 %	98,3 %
T	20,6 °C	20,1 °C	20,2 °C	20,4 °C	20,2 °C	20,6 °C
Td	9,6 °C	19,8 °C	20,0 °C	20,1 °C	20,3 °C	20,3 °C
Absoluut- tinen kosteus	8,7 g/m ³	17 g/m ³	17,2 g/m ³	17,3 g/m ³	17,2 g/m ³	17,6 g/m ³

<i>Anturi 6</i>	<i>Mittaus 1 4.12.06 klo.16.53</i>	<i>Mittaus 2 4.12.06 klo.17.38</i>	<i>Mittaus 3 5.12.06 klo.9.29</i>	<i>Mittaus 4 5.12.06 klo.15.54</i>	<i>Mittaus 5 7.12.06 klo.15.51</i>	<i>Mittaus 6 7.12.06 klo.15.52</i>
RH %	55,4 %	55,5 %	56,7 %	56,8 %	58,0 %	58,1 %
T	21,7 °C	21,5 °C	21,0 °C	21,1 °C	21,4 °C	21,7 °C
Td	12,4 °C	12,2 °C	12,1 °C	12,1 °C	12,7 °C	13,1 °C
Absoluut- tinen kosteus	10,6 g/m ³	10,4 g/m ³	10,4 g/m ³	10,5 g/m ³	11,3 g/m ³	11,1 g/m ³

HUONEILMAA MITANNEEN ANTURIN ARVOT

<i>Anturi 7</i>	<i>Mittaus 1 4.12.06 klo.16.54</i>	<i>Mittaus 2 4.12.06 klo.17.39</i>	<i>Mittaus 3 5.12.06 klo.9.31</i>	<i>Mittaus 4 5.12.06 klo.15.55</i>	<i>Mittaus 5 7.12.06 klo.9.55</i>	<i>Mittaus 6 7.12.06 klo.15.52</i>
RH %	37,1 %	37,3 %	36,6 %	37,3 %	38,1 %	36,6 %
T	21,6 °C	21,4 °C	21,1 °C	21,1 °C	21,2 °C	21,2 °C
Td	6,4 °C	6,4 °C	5,5 °C	5,9 °C	6,1 °C	6,1 °C
Absoluut- tinen kosteus	7,0 g/m ³	7,0 g/m ³	6,6 g/m ³	6,8 g/m ³	6,9 g/m ³	6,9 g/m ³

16. TULOSTEN ARVIOINTIA

Kaikkien koekappaleiden kohdalla lämpötila pysyi kutakuinkin vakiona. Samoin ympäröivän ilman kosteutta ja lämpötilaa mitanneen anturin lukemat näyttävät ympäristön olosuhteiden pysyneen tasaisina.

Koekappale 1

Koekappaleen kosteus kohosi hiukan kokeen aikana, mutta selvää kastumista ei tapahtunut. Anturin 1 lähtöarvo oli todella alhainen. Syy siihen on varmasti aikaisin suoritettu poraus, jonka jälkeen reikä on ehtinyt kuivumaan jonkin verran. Veden eriste oli ilmeisen pitävä, vaikka laattojen alle vesi pääsikin. Pleksilaatan kohdallakin näkyi hyvin veden imeytyminen.

Koekappale 2

Koekappaleen kosteus kohosi hieman kokeen aikana. Kostean tilan muovimatto päästi ilmeisesti vähän kosteutta lävitseen. Kosteusarvojen nousu ei kuitenkaan ollut huomattavaa. Kostean tilan muovimatto on ilmeisen hyvä veden eriste.

Koekappale 3

Koekappaleen anturin numero 5 reikään pääsi ilmeisesti vesi valumaan suoraan, jonka vuoksi sieltä mitatut arvot olivat niin kovin suuria. Muutenkin vesi pääsi valumaan melko nopeasti pois koekappaleen päältä eikä tämän takia imeytynyt toivotulla tavalla betoniin. Anturin numero 6 arvoista kuitenkin huomaa betonin hiukan kostuneen.

17. VIRHEARVIOINTI

Mittalaitteiden valmistajan ilmoittama mittapään HMI44 mittatarkkuus +20 °C lämpötilassa on yleensä alhaisissa kosteuksissa (0...90 % RH) ± 2 % ja korkeissa kosteuksissa (90...100 %) ± 3 %. Lämpötilan mittatarkkuus on $\pm 0,5$ °C./2/ Mitta-anturit olivat kalibroitu 03/06, joten laitteistosta johtuvan virheen ei tulisi olla edellä mainittuja

arvoja suurempi. Virhettä tuloksiin voi aiheuttaa se, että jotkin porareiät oli porattu huomattavasti ennen mittausta ja ne olivat ehtineet kuivua puutteellisen tiivistyksen takia.

18. DEMONSTRAATIOT KOEKAPPALEILLA

Koekappaleilla voidaan tehdä kahdenlaisia demonstraatioita. Kappaleita voidaan kastella joko ylhäältä tai alhaalta päin. Ylhäältä päin kastellessa voidaan veden määrällä ja rasisitasajalla muunnella demonstraation merkitystä.

Lyhyellä noin alle puolen tunnin kosteusrasituksella ylhäältä päin voidaan kuvata suihkussa käyntiä. Tällöin voidaan suhteellisen kosteuden mitta-antureita ja pintakosteuden osoitinta apuna käyttäen tutkia kuinka pitkä aika suihkun jälkeen tilan tulisi kuivua ennen pintakosteuden osoittimella tehtävää kosteusarviota. Tämä koe on järkevää suorittaa vain koekappaleilla 1 ja 2.

Pidemmällä kosteusrasitusajalla voi demonstroida isompaa vesivahinkoa. Tällöin voi seurata veden imeytymistä koekappaleeseen ja myöhemmin koekappaleen kuivumista suhteellisen kosteuden mitta-anturien avulla. Tämän kokeen voi suorittaa kaikilla koekappaleilla.

Kun koekappaleita kostutetaan alhaaltapäin, voidaan demonstroida putkivuotoa tai märkää alapohjaa. Tällöin mittauksia voidaan suorittaa pintakosteudenosoittimilla ja suhteellisen kosteuden mitta-antureilla. Mittauksilla voidaan tarkkailla kosteuden imeytymisnopeutta. Mittauksilla voidaan myös havainnollistaa milloin pintakosteuden osoitin alkaa havaita alta tulevan kosteuden.

Mittausharjoitusten kirjalliset ohjeet ovat jäljempänä liitteenä. Liite sisältää mittausharjoitusohjeet tutkintotyön osana valmistetuilla demonstraatiokappaleilla sekä useita muita harjoituksia eri mittausmenetelmillä.

LÄHTEET

1. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi, Merikallio Tarja, Suomen betonitieto Oy, Gummerus Kirjapaino Oy Jyväskylä 2003
2. Rateko:n koulutusmateriaali: Rakenteiden kosteudenmittaaja 2004
3. Ympäristö opas 28, kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus, Ympäristöministeriö, Rakennustieto Oy Helsinki 1998
4. Terveellinen sisäilma. Kärkkäinen J. ym. Sisäilmätietokeskus. Jyväskylä 1996

LIITTE

Mittausharjoitukset

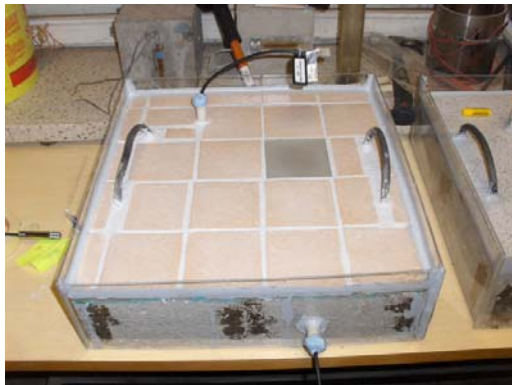
Liite

MITTAUSHARJOITUKSET

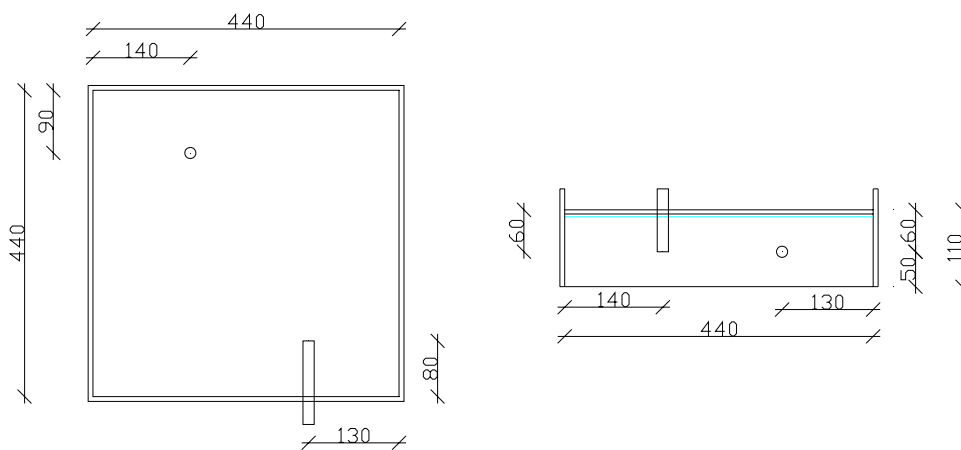
Koonnut Miia Salinas

JOHDANTO

Tämä tutkintotyöni liite sisältää mittausharjoitusohjeet kosteusmittausten harjoitteluun eri menetelmillä. Harjoituksissa tutustutaan suhteellisen kosteuden mittalaitteiden, pintakosteudenosoittimien ja puunkosteusmittalaitteiden käyttöön. Mittausharjoitusten alussa on kolme harjoitusta, joissa käytetään tutkintotyön osana tekemiäni demonstraatiokappaleita.



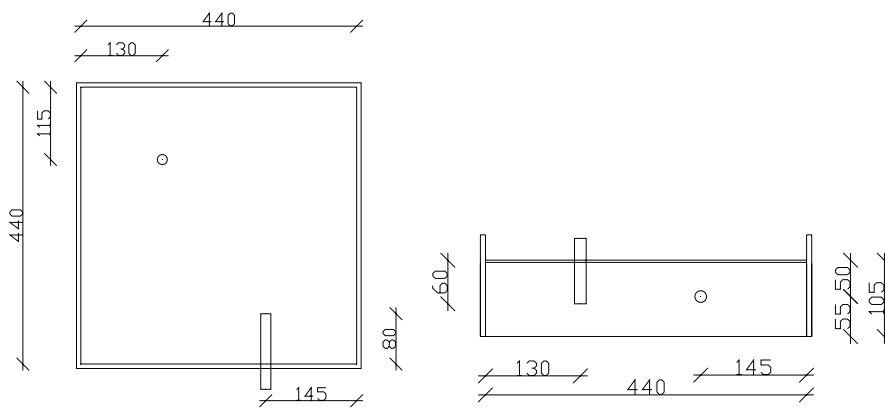
Kuva 1 Koekappale 1. Koekappale on laatoitettu. Laattojen alla on vedeneriste sively. Yksi laatta on korvattu pleksillä, jotta laattojen alla olevan kiinnityslaminin kostumista voi tarkkailla



Kuva 2 Koekappale 1:n mitat



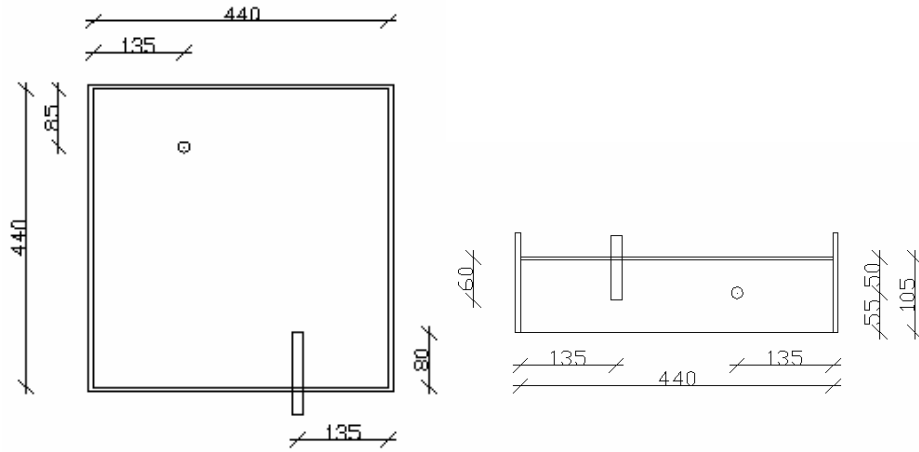
Kuva 3 Koekappale 2. Koekappale on päällystetty kostean tilan muovimatolla, joka on liimattu betonilaattaan mattoliimalla.



Kuva 4 Koekappale 2:n mitat



Kuva 5 Koekappale 3. Koekappale on pinnoitettu kuivantilan joustovinyylimatolla, joka on liimattu betoniin mattoliimalla



Kuva 6 Koekappale 3:n mitat

MITTAUSHARJOITUS 1

Harjoituksen tarkoituksena on demonstroida suihkussa käynti tilannetta. Ja seurata kuinka kauan suihkun jälkeen pintakosteuden osoitin antaa kosteita arvoja, vaikka betonilaatta on alla kuiva. Harjoitus ei anna täysin todellista kuvaa kuivumisajasta, koska se suoritetaan alhaisemmassa ilman kosteudessa kuin mikä yleensä suihkun jälkeen vallitsee. Siksi kuivuminen on nopeampaa.

Tarvikkeet:

- Koekappaleet 1 ja 2
 - suhteellisen kosteuden mittauskalusto (mittapää Vaisala HM44 ja näyttölaite Vaisala HM141)
 - pintakosteudenosoitin
 - sinitarraa
 - vettä
1. Asenna mitta-anturit paikoilleen ja anna niiden tasaantua ainakin tunnin. Muista tiivistää mittapään ja asennusputken väli huolellisesti sinitarralla.
 2. Aseta näyttölaitteeseen antureiden kalibroitukertoimet.
 3. Mittaa kuiva-arvot suhteellisen kosteuden mittauskalustolla sekä pintakosteudenosoittimella.
 4. Kaada vettä (noin 1 litra) koekappaleiden päälle. Anna koekappaleiden kostua noin 45 minuuttia ja poista vesi.
 5. Tarkkaile näkykö kosteutta pleksilaatan alla.

Seuraa kuivumista molemmilla mittalaitteilla.

MITTAUSHARJOITUS 2

Harjoituksen tarkoituksena on demonstroida suurta vesi vahinkoa.

Tarvikkeet:

- Koekappaleet 1, 2 ja 3
- suhteellisen kosteuden mittauskalusto (mittapää Vaisala HM44 ja näyttölaite Vaisala HM141)
- sinitarraa
- vettä

1. Asenna mitta-anturit paikoilleen ja anna niiden tasaantua ainakin tunnin. Muista tiivistää mittapään ja asennusputken väli huolellisesti sinitarralla.
2. Aseta näyttölaitteeseen antureiden kalibrointikertoimet.
3. Mittaa kuiva-arvot mittalaitteella.
4. Kaada vettä (noin 1 litra) koekappaleiden päälle. Anna koekappaleiden kostua kaksi vuorokautta.
5. Seuraa kastumista mittalaitteilla ja tarkkaile näkyykö pleksilaatan alla kosteutta.
6. Veden poiston jälkeen seuraa kuivumista.

MITTAUSHARJOITUS 3

Harjoituksen tarkoituksena on demonstroida putkivuotoa tai märkää alapohjaa. Mittauksilla voidaan tarkkailla kosteuden imeytymisnopeutta. Mittauksilla voidaan myös havainnollistaa milloin pintakosteuden osoitin alkaa havaita alta tulevan kosteuden.

Tarvikkeet:

- Koekappaleet 1, 2 ja 3
 - suhteellisen kosteuden mittauskalusto (mittapää Vaisala HM44 ja näyttölaite Vaisala HM141)
 - pintakosteudenosoitin
 - sinitarraa
 - vesiastiat, joihin koekappaleet mahtuvat
1. Asenna mitta-anturit paikoilleen ja anna niiden tasaantua ainakin tunnin. Muista tiivistää mittapään ja asennusputken väli huolellisesti sinitarralla.
 2. Aseta näyttölaitteeseen antureiden kalibrointikertoimet.
 3. Mittaa kuiva-arvot suhteellisen kosteuden mittauskalustolla sekä pintakosteudenosoittimella.
 4. Nosta koekappaleet vesiastioihin, joissa on pari senttiä vettä. Lisää vettä tarpeen mukaan
 5. Seuraa kastumista mittalaitteilla ja tarkkaile näkyykö pleksilaatan alla kosteutta.
 6. Anna koekappaleiden olla vedessä kolme vuorokautta.
 7. Veden poiston jälkeen seuraa kuivumista.

4. BETONIN SUSTEELLISEN KOSTEUDEN MITTAUS PORAREIKÄMENETELMÄLLÄ

Tarvikkeet:

- iskuporakone ja 16mm:n terä
- imuri ja suutin porareiän puhdistamiseen
- pätkä 16mm:n sähköputkea tai laitevalmistajan asennusputkea
- sinitarraa tai Mal-kittiä
- mittapää Vaisala HM44
- näyttölaite Vaisala HM141

1. Betoniin porataan iskuporakoneella halkaisijaltaan 16mm reikä haluttuun syvyyteen.
2. Reikä puhdistetaan pölystä imuroimalla huolellisesti.
3. Reikään asetetaan halkaisijaltaan 16 mm:n sähköputki tai laitevalmistajan asennusputki (esim. Vaisala 19266HM)
4. Mittausputken sivut (betonin ja putken väli) tiivistetään sinitarralla tai Mal-kitillä.
5. Putkeen laitetaan anturi, joka asennetaan hieman irti pohjasta.
6. Putken ja anturin väli tiivistetään sinitarralla tai Mal-kitillä tiiviiksi.
7. Reiän tasaantumista seurataan lukemalla lämpötila ja RH reiästä viiden minuutin välein.

	Mittaus1	Mittaus 2	Mittaus 3	Mittaus 4
Aika				
RH %				
T				
Td				
Absoluuttinen kosteus				

5. BETONIN SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTAUS NÄYTEPALAMENETELMÄLLÄ

Tarvikkeet:

- iskuporakone
- sinitarraa tai Mal-kittiä
- mittapää Vaisala HM44 ja näyttölaite Vaisala HM141
- koeputki

1. Rakenteesta poistetaan mittauskohdalta pinta siten, että uusi pinta on 0,5 cm mittaus pinnan yläpuolelta. Ensin porataan iskuporakoneella noin kämmenen kokoiseen kehään reikiä vieriviereen. Tämän jälkeen keskusta poistetaan piikkaamalla.
2. Näytepalat piikataan alta paljastuvasta betonipinnasta. Näytepaloja ei kuitenkaan saa ottaa aivan (n.1 cm) porareikien läheisyydestä.
3. Tämän jälkeen betonimuruset laitetaan välittömästi koeputkeen. Koeputkeen on vältettävä laittamasta betonipölyä, koska se voi muuttaa mittauksista tulosta.
4. Näytepalojen koeputkeen laitton jälkeen mittapää laitetaan välittömästi koeputkeen ja putken pää tiivistetään sinitarralla tai Mal-kitillä. Mittapää asetetaan hieman irti näytepaloista.
5. Lämpötila ja RH luetaan näyttölaitteella, johon on asennettu mittapään kalibrointikertoimet.
6. Tarkkaile lämpötilaa ja RH:ta viiden minuutin välein.
7. Vertaa muutoksia porareikämittauksen tuloksiin

	Mittaus1	Mittaus 2	Mittaus 3	Mittaus 4
Aika				
RH %				
T				
Td				
Absoluuttinen kosteus				

6. PUUN KOSTEUDEN MITTAUS

Tarvikkeet:

- piikkimittari
- märkä ja kuiva lämpökäsitelty haapa
- märkä ja kuiva mänty
- märkä ja kuiva painekyllästetty mänty

Puun kosteus mitataan piikkimittarilla.

- Piikkimittari painetaan koekappaleeseen.
- Mittaustulos luetaan mittalaitteesta

Vertaile eri näytekappaleiden tuloksia ja pohdi mistä tulokset johtuvat.

7. SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTAUS LATTIAPÄÄLLYSTEEN ALTA VIILTOMITTAUSKELLA

Tarvikkeet:

- mattoveitsi
- sinitarraa tai Mal-kittiä
- naula tai vastaava korotuspalaksi
- mittapää Vaisala HMP42
- pintakosteudenosoitin

1. Arvio ensin pintakosteudenosoittimen avulla maton kostein kohta
2. Tee kosteimmalle kohdalle viilto lattiapäällysteeseen mattoveitsellä.
3. Kohota viillon reunaa esimerkiksi työntämällä naula reikään.
4. Työnnä mittapää maton alle.
5. Tiivistä aukko sinitarralla tai Mal-kitillä.
6. Lämpötilan ja RH:n lukeminen

8. PINTAKOSTEUDENOSOITTIMET

Tarvikkeet:

- kuiva ja kostea betoni kuutio
- vaihdettavat pintamateriaalit: muovimatto, kosteantilan muovimatto, parketti jonka alla askeläänieriste, keraaminen laatta (tumman sininen ja valkoinen), kvartsivinyylilaatta
-

Vertaile eri materiaalien vaikutusta kosteusmittaustuloksiin.

Mistä tulokset johtuvat?