



Karelia-ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikan koulutusohjelma, insinööri (AMK)

Lattibetonirakenteen kastuminen ja kuivattaminen vesivahinkotapauksessa

Ilmari Leskinen

Opinnäytetyö, Kesäkuu 2022

www.karelia.fi



Karelia
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
kesäkuu 2022
Rakennustekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Ilmari Leskinen

Nimeke
Lattiabetonirakenteen kastuminen ja kuivattaminen vesivahinkotapauksessa

Toimeksiantaja
Karelian Vahinkopalvelut Oy

Työn tarkoitus on kerätä tietoa, kuinka latioissa olevat erilaiset pintamateriaalit kestävät päältäpäin tulevaa veden räsitusta ja kuinka paljon ne päästävät kosteutta läpi. Tavoitteena on saada selville veden imeytyminen lattiarakenteisiin, minkä avulla arvioidaan vahingon laajenemisnopeutta sekä maavaraisen lattiabetonirakenteen kuivauksen aikana tapahtuvaa kosteuden liikettä ja kestoa.

Työ suoritettiin kenttämenetelmällä valvotuissa olosuhteissa, joissa kasattiin vesitiiviit laatikot, joihin laskettiin tietty määrä vettä. Veden annettiin imeytyä lattiarakenteeseen kuusi vuorokautta, minkä jälkeen lattiabetonirakenteesta otettiin suhteellisen kosteuden arvot porareikämittausten menetelmällä. Mittausten jälkeen ruvettiin suorittamaan lattiarakenteiden koneellista kuivatusta kuivauslämmittimillä. Tätä kuivatusta jatkettiin niin kauan, kunnes lattiarakenteen olivat kuivat. Kuivauksien väleissä tehtiin myös välimittauksia, jottei rakennetta kuivatettu liian pitkään.

Tuloksista näkyy eri pintamateriaalien kosteuden läpäisevyys ja lattiabetonin kastuvuus mitoitettulla vesimäärällä sekä myös kuivatuksen kehitys ja kesto. Työssä on myös verrattu mittaustulosten poikkeavuutta oikeasta porareikämittaustavasta nopeutettuun versioon sekä tuloksien vertailuja uusista ja vanhoista porarei'istä. Tuloksissa on myös esitetty vertailuiden virheprosentit.

Kieli
Suomi

Sivuja 44

Asiasanat
lattiabetonirakenne, vesivahinko, suhteellinen kosteus



THESIS
June 2022
Degree Programme in Construction
Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Ilmari Leskinen

Title
Wetting and Drying of a Concrete Floor Structure in the Event of Water Damage

Commissioned by
Karelian Vahinkopalvelut Oy

The purpose of this thesis was to collect information on how the different floor surface materials can withstand water stress from above and how much they allow moisture to pass through. The goal was to find out how water absorbs into floor structures. This is used to estimate the rate of expansion of the water damage and to estimate the movement and duration of moisture during the drying of the floor slab.

The work was performed under field-controlled conditions in which specific amount of water was poured into waterproof boxes. Water was allowed to soak into the floor slab for six days which was followed by taking the values of relative humidity from the floor slab by the borehole measurement method. After taking the measurements, mechanical drying of the floor structures with drying heater was started. This drying was continued until the floor slab were dry. Intermediate measurements were also made between drying operations to prevent the structure to be dried for too long time.

The results show the moisture permeability of the various surface materials and the wettability of the floor slab with the measured amount of water, as well as the development and duration of drying process. The deviation of the measurement results from the correct borehole measurement method to the accelerated version are as well compared in this thesis. The comparisons of the results of new and the old boreholes are also included. In addition, the results show the error rates of these comparisons.

Language
Finnish

Pages 44

Keywords
concrete floor structure, water damage, relative humidity

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Aihe ja tavoitteet	6
1.2	Opinnäytetyön menetelmä	6
1.3	Työn tilaaja	7
1.4	Eettinen tarkastelu	7
2	Vesivahinko	7
2.1	Vahinkojen sattuminen	7
2.2	Vesivahinkojen ennaltaehkäisy	7
2.3	Vesivahingon sattuessa	8
2.4	Vesivahingon jälkeen	9
3	Lattiabetonirakenteen kuivattaminen	9
3.1	Kosteuden siirtyminen	9
3.2	Betonin kuivattaminen	10
3.2.1	Rakenteiden kuivaamisen tehostaminen	10
3.3	Betonin kuivattamiseen käytettäviä laitteita	11
4	Kosteuden mittaaminen betonista	13
4.1	Mittalaitteet	13
4.2	Kosteuden mittaajan pätevyys ja vastuu	14
4.3	Mittausmenetelmän valinta	15
4.3.1	Porareikämittaus	15
4.3.2	Näytepalamittaus	17
4.3.3	Jaksoittain luettava seurantamittaus	18
4.3.4	Jatkuvatoiminen seurantamittaus	19
5	Koetilanteen rakentaminen	20
5.1	Käytetyt laitteet	20
5.2	Tilanteen rakentaminen	22
6	Tulokset	24
6.1	Puhtaan betonilattian tulokset	24
6.2	Laattalattian tulokset	29
6.3	Laminaattilattian tulokset	33
6.4	Muovimattolattian tulokset	37
7	Pohdinta	42

Käsitteet

Kapillaarisuus

Ilmiö, jossa neste liikkuu kapeassa rakenteessa painovoimaa vastaan. Molekyylien väliset voimat ovat suurempia kiinteän aineen kanssa, kuin pelkästään nesteen sisällä. (Hautala ja Peltonen 2011, 227)

Diffuusio

Ilmiö, jossa molekyylit pyrkivät tasoittamaan pitoisuuksien erot väkevämmästä laimeampaan ajan mittaan. (Hautala ja Peltonen 2011, 204)

Suhteellinen kosteus

Kosteuspitoisuuden suhde kyllästymiskosteuteen. Eli kuinka paljon aineessa on kosteutta verrattuna kyllästymiskosteuteen. Jokaiselle lämpötilalle on oma kyllästymiskosteusmäärä, jonka ollessa täynnä aine ei ota enää kosteutta vastaan. (Björkholtz 1990, 23–28)

1 Johdanto

1.1 Aihe ja tavoitteet

Opinnäytetyön tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten erilaiset pintamateriaalit, kuten muovimatto, laminaatti sekä laatoitus ilman alla olevaa vesieristekerrosta kestävät seisovan veden räsitystä ja miten materiaalit päästävät kosteutta läpi. Tutkimusasetelma vastaa pienimuotoista vesivahinkotapausta, kuten esimerkiksi astianpesukoneen tai jääkaapin vuoto. Työssä myös kuivattiin kastuneet alueet kuivauslämmittintä käyttäen. Tutkimus suoritettiin rakennetuissa koelaitteissa. Tutkimuksessa saatuja tietoja hyödynnetään jatkossa vahinkokartoituksissa ja korjaustyössä sekä korjaustyön suunnittelussa.

1.2 Opinnäytetyön menetelmä

Opinnäytetyössä muodostettiin koejärjestely, jonka avulla opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin etsittiin vastauksia. Koejärjestelyssä maanvaraisen betonilaatan päällä käytettiin pintamateriaaleina laminaattia, lattialaattaa ja muovimattoa. Näiden kolmen eri tutkimusrakenteen lisäksi tutkittiin vertailurakenteena puhdas betonipinta ilman pintamateriaaleja. Koejärjestelyssä tutkimusrakenteisiin kohdistettiin 6 vuorokauden ajaksi kosteuskuorma. Tämä tehtiin lisäämällä kaikkien tutkimusrakenteiden pinnalle rajatulle alueelle sama määrä vettä kosteuskuormaksi. Kosteuskuormituksen jälkeen selvitettiin pintamateriaaleihin ja maanvaraiseen betonilaattaan imeytyneen veden määrä. Tämä tehtiin kosteuskuormaksi lisätyn veden ja 6 vuorokauden jälkeen materiaaleihin imeytymättömän veden määrän erotuksena. Opinnäytetyön koejärjestelyssä ei tutkittu tilaan mahdollisesti kosteuskuormasta haihtuvan kosteuden määrää. Maanvaraisen betonilaatan kosteuden muuttumista kosteuskuorman seurauksena ja kosteuskuorman jälkeen tehtävän kuivatuksen vaikutusta betonilaatan kosteuteen selvitettiin porareikämittauksilla. Koejärjestelyn toteutus ja tutkimuksessa käytetyt laitteet on kuvattu tarkemmin opinnäytetyön osassa 5 Koetilanteen rakentaminen. Tutkimuksessa verrattiin porareikämittauksen oikeaa tapaa nopeutettuun versioon. Nopeutetussa tavassa mittapöydällä luetaan tulos jo seuraavana päivän porauksesta, kun

oikealla menetelmällä tulos luetaan 3 päivän kuluttua. Myös mittapään tasausta nopeutetaan ja sen asennettua tulos luetaan 15 minuutin kuluttua normaaliin tuntiin verrattuna. Työssä verrattiin myös mittaustulosten eroavaisuutta sekä virhettä uusista ja vanhoista porareijistä saaduista tuloksista.

1.3 Työn tilaaja

Tutkimus suoritettiin Karelian Vahinkopalvelut Oy yritykselle, joka on erikoistunut rakennusvahinkojen kartoitukseen, kuivaukseen sekä korjaukseen. Lisäksi yritys toteuttaa rakennuskohteiden remontteja ja saneerauksia. Yritys tekee yhteistyötä eri vakuutusyhtiöiden ja isännöitsijöiden kanssa. Karelian Vahinkopalvelut Oy suorittaa työtehtäviä Joensuussa ja sen lähikunnissa. Kokemusta alalta yrityksen työntekijöillä on noin 80 vuotta.

1.4 Eettinen tarkastelu

Työ tehtiin ohjeiden ja säännösten mukaan. Mitään tuloksia ei vaihdettu tai pyöristely, jotta ne näyttäisivät paremmilta tai todennäköisemmiltä. Mittaukset tehtiin sopivilla sekä kalibroiduilla laitteilla.

2 Vesivahinko

2.1 Vahinkojen sattuminen

Erilaisia vesivahinkoja sattuu suomalaisissa kotitalouksissa kymmeniä tuhansia vuosittain. Ne johtuvat yleensä putkistovuodoista, tukkeutuneista viemäreistä tai vettä käyttävistä kodinkoneista, esimerkiksi astianpesukoneesta tai pyykinpesukoneesta. Jos vuotoa ei korjata, niin yleensä kosteuden imeytyessä rakenteisiin niihin syntyy kosteusvaurio. Näin ollen kannattaa pitää huolta vesivahinkojen ennaltaehkäisemisestä. (Popvakuutus 2022.)

2.2 Vesivahinkojen ennaltaehkäisy

Vesivahinkojen ennaltaehkäisemiseksi kannattaa pitää huolta kodinkoneista sekä vesiputkistosta. Putkien ja laitteiden kytkennät kannattaa jättää niiden asennukseen erikoistuneen liikkeen asennettavaksi. Itse asennettujen koneiden ja putkien vuotaessa vakuutus ei yleensä korvaa syntynyttä vahinkoa. Jos tilasta ei löydy lattiakaivoa, astianpesukoneiden ja kylmälaitteiden alla tulee olla turvakaukalo. Turvakaukalo ei suoranaisesti estä mahdollista vuotoa, mutta edesauttaa minimoimaan mahdollisen riskin. Koneiden sulkuhanvoja ei kannata jättää auki-asentoon käytön jälkeen, vaan hanat tulisi sulkea. Myöskään koneiden päällä ollessa ei tulisi lähteä pois kotoa. Laitteiden kunnosta kannattaisi pitää huolta, sillä esimerkiksi tiputtava hana tai vuotava wc-istuin voivat aiheuttaa useamman sadan euron lisälaskun vuodessa. Käyttöikänsä päähän tulevat kodinkoneet, kalusteet ja putkitukset tulisi vaihtaa uusiin ennen mahdollista hajoamista. Lattiakaivoja ja lavuaarien hajulukkoja kannattaa aika ajoin puhdistaa, ettei niihin pääse kertymään likaa ja tukoksia. Puhdistus onnistuu esimerkiksi viemärinaukaisunesteillä. Nykypäivänä on saatavilla myös kosteus- ja vuotohälyttimiä, jotka laukaisevat hälytyksen mahdollisen kosteuden huomattessaan. Nämä laitteet ovat hyviä silloin, kun matkustelee paljon ja asunto on käyttämättömänä pitkiä aikoja. (Popvakuutus 2022.)

2.3 Vesivahingon sattuessa

Vesivahingon sattuessa tärkeintä olisi toimia nopeasti. Ensimmäisenä olisi tärkeää saada suljettua vedentulo joko mahdollisesti vuotavan laitteen omasta vesihanasta tai kokonaan talon pääsulun kautta. Asunnon pääsulun sijainti olisi hyvä asukkaiden tietää, jotta he osaavat toimia mahdollisen vuodon sattuessa. Mikäli vuodon aiheuttajana on putkirikko, kannattaa pääsulun sulkemisen jälkeen avata asunnossa olevat hanat, jotta mahdollinen veden paine purkautuisi muualtakin kuin vuotokohdasta ja näin vähentäisi veden tuloa vahinkoalueelle. (Kiinteistölehti 2018.)

Kun vuoto on saatu pysäytettyä, niin on tärkeää rajata vahingot mahdollisimman pieniksi. Veden pääsy rakenteisiin on estettävä mahdollisimman tehokkaasti. Irtonainen vesi tulee poistaa lattiapinnoilta, esimerkiksi mahdollisia pyyhkeitä käyttämällä tai muilla esteillä. Jos vettä on päässyt valumaan rakenteisiin pidemmän aikaa, on mahdollinen vahingon estäminen todella vaikeaa, ellei jopa mahdotonta. Kosteusherkät materiaalit on hyvä tunnistaa, jotta osataan

priorisoida, minne veden pääsy tulisi ensisijaisesti estää. Esimerkiksi muovimaton tai laattalattian päällä oleva vesi ei herkästi imeydy lattiaan. Parketin tai laminaatin päällä oleva vesi taas imeytyy lattiapinnoitteeseen ja mahdollisesti sen alla oleviin rakenteisiin. (Oulunkuivaustekniikka 2022.)

Kun vuodot on rajattu ja kun irtonaista vettä ei enää ole, tulee asiasta ilmoittaa eteenpäin. Jokaiselle asunnossa asuvalla henkilöllä olisi hyvä olla tiedossa, minne tulee ottaa yhteyttä mahdollisen vesivahingon sattuessa. Ilmoittaminen kannattaa hoitaa pikaisesti, niin vahingot saadaan nopeasti hoidettua. Myös vakuutusyhtiöön tulee olla yhteydessä mahdollisimman nopeasti vahingon tapahduttua. (Oulunkuivaustekniikka 2022.)

2.4 Vesivahingon jälkeen

Vesivahingon tapahtumisen ja siitä ilmoittamisen jälkeen alkaa vahingonkartoitus. Vahingonkartoituksessa tarkistetaan vesivahingosta aiheutuneet vauriot sekä rakenteista otetaan mahdollisesti kosteusmittaukset ja näistä saadut tulokset ja raportit dokumentoidaan. Seuraavaksi on vuorossa mahdollisten vaurioituneiden rakenteiden purku- ja kuivaustyöt. Rakenteiden koneellinen kuivaus kestää yleensä muutamasta päivästä useampaan viikkoon. Jos vahinko rajautuu pieneen osaan asuntoa, on asunnossa mahdollista asua purku-, kuivaus- ja rakennustöiden aikana. Isompien vahinkojen sattuessa asunnosta on yleensä muutettava pois tilapäiseen asuntoon. (Oulunkuivaustekniikka 2022.)

3 Lattiabetonirakenteen kuivattaminen

3.1 Kosteuden siirtyminen

Vesi kulkeutuu tunnetusti alaspäin painovoiman vaikutuksesta. Lattiassa olevat vinot pinnat saavat veden kulkeutumaan myös sivuttaissuunnassa. Vesi kulkeutuu painovoiman avulla yleensä haluttuun paikkaan esimerkiksi kattopinnoilla tai räystäskouruissa, mutta vettä kulkeutuu myös vähemmän toivottuihin paikkoihin rakenteiden saumojen läpi. (Sisäilmayhdistys 2022.)

Vesi siirtyy myös kapillaarisuuden vaikutuksesta. Kapillaarisuuden ansiosta vesi tai kosteus voivat siirtyä kaikkiin eri suuntiin. Maaperässä kosteus nousee kapillaarisesti, minkä vuoksi talojen alle jätetään kapillaarikatkerros. Kapillaarikatkerros sijaitsee lattiassa olevien eristeiden alla ja estää maakosteuden nousemista lattiarakenteisiin. (Sisäilmayhdistys 2022.)

Vesihöyry voi myös siirtyä diffuusion avulla, jolloin vesihöyry siirtyy suuremmasta paineesta pienempään paineeseen, jolloin vesihöyrypitoisuus pyrkii tasautumaan kahden eri paineen välille. Mitä isompi paine-ero on rakenteiden eri puolilla, sitä kovempi on diffuusiovirtaus. Vesihöyryn läpäisevyys on materiaalikohtaista. Esimerkiksi tiivis 0,2 millimetrin muovikalvo vastaa noin kymmenesosaa 100 mm paksuisesta betonista. (Sisäilmayhdistys 2022.)

3.2 Betonin kuivattaminen

Osa lattiarakenteisiin pääsevästä vedestä valuu rakenteiden läpi painovoiman ansiosta kapillaarialueelle, jossa suhteellisen kosteuden oletetaan olevan <98 %. Rakenteiden sisällä oleva kosteus siirtyy kapillaarisesti materiaalien pinnoille, joista se haihtuu huoneilmaan ilmavirtauksien mukana.

Hygrooskooppisessa tilassa olevien materiaalien kosteus poistuu diffuusion tai painovoiman avulla. Kuivumista tapahtuu luonnollisesti myös ilman mahdollisia lisäkuivaimia, mutta tällöin rakenteiden kuivumisajat voivat olla todella pitkiä.

Jos ympäröivän tilan ilmankosteus on 100 %, ei tällöin tapahdu rakenteen luonnollista kuivumista lukuun ottamatta painovoimaista kuivumista, eli rakenne ei pääse kuivumaan sitä ympäröivään ilmaan, koska ympäröivä ilma ei pysty ottamaan kosteutta vastaan. (Sisäilmayhdistys 2022.)

3.2.1 Rakenteiden kuivaamisen tehostaminen

Rakenteita kuivatetaan koneellisesti, jotta säästytään kostuneiden materiaalien vaurioitumisen riskiltä. Rakenteen homehtumiselle raja-arvona pidetään pari viikkoa. Tänä aikana kosteus pitäisi saada pois, jotta rakenteeseen ei lähtisi muodostumaan mikrobikasvustoa. Rakenteiden kuivumisen edistämiseksi hyviä keinoja ovat rakenteen lämmittäminen, ilmavirtauksien aiheuttaminen rakenteen läpi sekä rakennetta ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden alentaminen.

Rakenteiden lämmittäminen on todella tehokas tapa tehostaa rakenteen kuivumista. Tällöin rakenteeseen sitoutuneet vesimolekyylit irtoavat rakenteen huokosista ja kosteusvirta voimistuu rakenteesta ulospäin. Ilmavirran tehostaminen rakenteen läpi toimii silloin, kun rakenteen ilmanläpäisevyys on hyvä, kuten mineraalivillalla. Tällöin läpi kulkeva ilmavirta vie mukanaan ylimääräistä kosteutta rakenteesta. Kun rakenne kuivuu, on tärkeää huolehtia ympäröivän tilan ilmankosteudesta. Jos ilmankosteus nousee liian korkeaksi ei rakenteesta pääse haihtumaan kosteutta. Suhteellisen kosteuden taso tulisi olla maksimissaan 50 %. Tämä pitää huomioida eritoten kuumina kesäpäivinä, kun ilman suhteellinen kosteus on jo muutenkin korkealla. Kun kuivatetaan rakennetta, on tärkeä tietää, minne rakenteista poistuva kosteus menee eli minne se johdetaan. (Sisäilmayhdistys 2022.)

Ennen uusille betonilattioille tehtävää tehostavaa kuivausta on betonin pinnasta hiottava siinä olevat sidosliimat sekä jälkihoitoaineet. Tämä hionta kannattaa suorittaa 2–3 päivän kuluttua valusta. Kertynyt pinta hidastaa betonin kuivumista. Normaalisti betonin kuivattamisen voi aloittaa 12–18 vuorokauden kuluttua. Tämä aika riippuu betonissa olevasta vesimäärästä. Mikäli kuivattamisen aloittaa liian aikaisin, betoniin saattaa syntyä halkeilua ja se voi kutistua. Kuivauksen voi suorittaa esimerkiksi lattiassa olevalla lattialämmityksellä. Optimaalinen sisäilma betonin kuivatukselle on +20C ja suhteellisen kosteuden tulee olla 50 %. Suhteellisen kosteuden ollessa yli 60 % kuivausaika pidentyy, mutta liian alhainen ilmankosteuskaan ei lyhennä kuivausaikaa. Suomessa suhteellinen kosteus ulkona pysyttelee 70–90 % välillä. Talviaikaan kuivatettavan tilan lämmittäminen yleensä riittää laskemaan suhteellisen kosteuden tarvittavalle tasolle. Lämpimillä keleillä pelkkä lämmittäminen ei ole taloudellisesti kannattavaa ilman suuren kosteuspitoisuuden takia. Jotta saataisiin hyvät kuivausolosuhteet, tulee myös huolehtia sisäilman kuivatuksesta. (Kuivajaahdytys 2020.)

3.3 Betonin kuivattamiseen käytettäviä laitteita

PST-kuivauslämmittintä käytetään tyypillisesti vesivahingon aiheuttamien kosteuksien kuivatukseen ja sitä voidaan käyttää suoraan kuivattavalle pinnalle sen korotettujen reunojen ansiosta. Lämmitin lämmittää sen alla olevaa kuivausalaa ja betonista irtoava kosteus pääsee haihtumaan reunoilla olevien

reikien kautta. PST-kuivauslämmittimiä on saatavilla 300 W tehoisena sekä 600 W tehoisena (Kuva 1). (Pistesarja 2022.)



Kuva 1. PST-kuivauslämmitin 600 W (Pistesarja 2022.)

Tasokuivainta pidetään kosteusvaurioiden täsmäkuivaimina (kuva 2). Tällä menetelmällä luodaan suljettu ilmatila, jonne määritellään riittävä lämpötila ja jatkuva ilmavirta. Tasokuivain on oikea ratkaisu pienen ja paikallisen kuivatuksen tarpeeseen. Laite myös nopeuttaa kuivausta ja kuivatusaika voi pudota viikoista päiviin. (Rakennuskuivain 2022.)



Kuva 2. Tasokuivain (Rakennuskuivain 2022.)

Imukuivausta käytetään ensimmäisenä, jos kohteena on kerrosrakenteiden kuivaus, missä vesi on myös päässyt betonilaatan alla oleviin eristeisiin tai täytteisiin. Imukuivaus perustuu rakenteeseen tehtävään alipaineeseen, joka saa kuivan huoneilman imeytymään rakenteeseen ja kostean huoneilman poistumaan rakenteeseen porattujen reikien kautta (kuva 3). (corroventa 2022.)



Kuva 3. Imukuivaus asennettuna kuivattavaan tilaan. Kuvassa oranssit nuolet esittävät kuivaa ilmaa ja siniset nuolet kosteaa ilmaa (Corroventa 2022.)

4 Kosteuden mittaaminen betonista

Betonin riittävän kuivuuden varmistamiseksi mitataan siitä kosteusarvo. Tarkoituksena on selvittää betonin huokosissa olevasta ilmatilasta suhteellinen kosteus ilmatilassa olevan lämpötilan ja vesihöyrymäärän perusteella. Suhteellista kosteutta mitataan, kun halutaan seurata betonirakenteen kuivumista, arvioida betonirakenteessa tapahtuvaa kutistumista ja varmistua, että rakenne on riittävän kuiva ennen pinnoitusta, päällystämistä tai tasoitusta. Erilaiset mittausmenetelmät käyvät eri tilanteisiin eri tavalla, mutta parhaaseen lopputulokseen päästään yhdistämällä eri mittausmenetelmiä. (RT 103333.)

4.1 Mittalaitteet

Suhteellisen kosteuden mittaaminen betonista tapahtuu siihen tarkoitetuilla laitteistolla. Mittalaitteisiin kuuluu näyttölaite sekä lämpötila- ja kosteusanturina toimiva mittapää. Kertaluontoisessa mittauksessa mittapää asennetaan suoraan betoniin porattuun mittausreikään tai vaihtoehtoisesti koeputkeen betonista otettujen palojen kanssa. Mittaustuloksen saa, kun yhdistää näyttölaitteen sekä mittapään. (RT 103333.)

Mikäli halutaan pitkäkestoisempi seurantamittaus, voidaan mittapää asentaa jo valuvaiheessa rakenteeseen tai jälkikäteen porareian kautta. Tällöin kosteusarvot voidaan lukea manuaalisesti mittapäässä kiinni olevasta lukulaitteesta tai käyttämällä etäluettavia mittareita, jolloin kosteusarvot siirtyvät suoraan joko langallisesti tai langattomasti tiedonkeruuyksikköön. (RT 103333.)

Mittapäiden tulee olla mahdollisimman pieniä ja kevyitä, eikä ne saisi johtaa lämpöä tai siirtää kosteutta. Mittapään tulee myös olla mahdollisimman puhdas, sillä sen likaisuus hidastaa tasapainokosteuden saavuttamista mittapään ja mitattavan materiaalin kanssa. Ennen mittausta on selvitettävä millaisella laitteella kosteutta voi mitata kyseisessä menetelmässä. Jokaisen laitteen tarkkuus ja soveltuvuus on laitekohtainen ja laitevalmistajan tulee selvittää ja esittää oman laitteensa toimivuus betonimittauksissa. Kun pyritään tarkkaan mittaustulokseen, niin itse mittalaitteen tarkkuus tulee olla ± 2 RH-yksikköä. (RT 103333.)

4.2 Kosteuden mittaajan pätevyys ja vastuu

Mittaajalta vaaditaan hyvää tuntemusta rakenteisiin ja rakennusmateriaaleihin sekä perehtyneisyyttä rakennustekniikkaan. Hyvä on tuntea myös rakennusfysiikkaan liittyvät kosteus- ja lämpötekniset ominaisuudet sekä soveltaa niitä arvioidessaan rakenteiden, rakennusten ja erilaisien materiaalien lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa. Mittaajan täytyy tuntea mittausvälineet ja niiden käyttörajoitukset sekä osata tulkita ja lukea saamiaan mittaustuloksia. Todistuksena osaamisestaan mittaajalta voidaan vaatia mittaamiseen liittyvää sertifikaattia tai mahdollista henkilöpätevyyttä. Olosuhteet voivat kuitenkin vaikuttaa mittaustekniseen toimintaan ja näiden vaikutus pitää pystyä kertomaan mittaustuloksiin. Jos mittausolosuhteet ovat liian huonot, voi mittaaja kieltäytyä mittaamasta. (RT 103333.)

4.3 Mittausmenetelmän valinta

Kosteuden mittaus betonirakenteesta yleensä vaatii betonirakenteen rikkomista. Mittausmenetelmät ovat porareikämittaus, näytepalamittaus, jaksoittain luettavat seuranta mittaukset ja jatkuvatoimiset seurantamittaukset.

Mittausmenetelmä valitaan etukäteen sillä periaatteella mitä aiotaan tehdä ja minkälaista tarkkuutta mittauksilta vaaditaan (Taulukko 1).

Porareikämittauksessa ja näytepalamittauksessa mittaus on kertaluontoinen. Muissa vaihtoehdoissa mittapää voidaan asentaa pysyvästi betonin sisään ja tulos saadaan mittalaitteen avulla. (RT 103333.)

Vaikuttava tekijä	Porareikä	Näytepala	Jaksoittain luettava	Jatkuva seuranta
Soveltuu betonin kuivumisen seurantaan rakennusvaiheessa	x	x	x	x
Voidaan tehdä milloin vain mihin vain	x	x	(x)	(x)
Mittauspaikat valitaan ennen valua			(x)	(x)
Kuivumisen seurannan mittauskohdat voidaan valita kosteustapahtumien perusteella	x	x		
Suunnitelmamuutokset voivat aiheuttaa virhemahdollisuuksia (esimerkiksi tilamuutokset, kalusteasennukset ym. > väärä kohta, asennukset mittauksen tiellä)			x	x
Voidaan käyttää rakenteen pitkäaikaisen kosteuspiitoisuuden seuraamiseen	(x)		x	x
Mittausmenetelmä on työvaltainen mittausta aloitettaessa	x	x	(x)	(x)
Mittapää voidaan kalibroida mittausten välissä; saavutettavissa pieni mittauksen mittalaitte-epävarmuus	x	x	(x)	(x)
Oikean mittaussyvyyden saavuttaminen vaatii mittaajalta harjaantuneisuutta ja erityistä kokemusta		x		
Mittaustarkkuus ennen valua asennettaessa ei välttämättä toteudu haluttuna			x	x
Tavoitellusta poikkeava valupaksuus saattaa johtaa väärään mittaussyvyyteen			x	x
Mittaus on olosuhdeherkkä; lattialämmitys saattaa heikentää mittaustarkkuutta	x		x	x
Mittauksen voi helposti tehdä huonetilan lattiasta, seinästä ja katosta	x		(x)	(x)
Mittapiste saattaa vaurioitua mittausten aikana mekaanisesti	x		(x)	(x)
Ulkopuoliset tekijät, kuten sähkökatko, operaattorin muutokset tms. voivat aiheuttaa virheitä			(x)	(x)
Mittaaminen muusta kuin lattiasta yläkautta saattaa heikentää mitatustarkkuutta merkittävästi		x		

Taulukko 1. Mittausmenetelmien soveltuvuus erilaisiin tapauksiin. x = sopii käytettäväksi kyseiseen mittausperiaatteeseen ja (x) = sopii käytettäväksi joissakin tapauksissa. (RT 103333.)

4.3.1 Porareikämittaus

Porareikämittauksessa rakenteeseen porataan vapaasti valittavaan kohtaan sopivan mittainen reikä. Porareikästä otetaan lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvot. Porausreikä tulee olla tiivistetty joka suunnasta, eli

käytännössä putkitettu ja sen tulee ylittää mitattavaan syvyyteen. Tällöin saadaan mittausreikään tasapainottumaan sama kosteus kuin rakenteessa kyseisellä syvyydellä. Mittaus on todella herkkä lämpötilamuutoksille ja tämä on otettava huomioon mittauksia suunnitellessa ja tuloksia tulkitessa. Mittauksen aikana lämpötila ei saa muuttua merkittävästi mittausreiässä eikä mittauslaitteessa ja mittaus pitäisi pystyä suorittamaan rakenteen normaalissa käyttölämpötilassa varsinkin, kun arvioidaan betonin päällystämistä. Suosituslämpötila mittauksia tehdessä on 18–25 °C sekä mittaushetkellä lämpötilan tulisi pysytellä mahdollisimman muuttumattomana porauksesta mittaushetkeen. Ennen porausta olosuhteiden tulisi tasaantua yhden vuorokauden. Jos lattiassa on lattialämmitys, on se katkaistava viimeistään viikkoa ennen mittauksia, koska rakenteen yläpuolisen ilman ja betonin välinen lämpötilaero aiheuttaa kosteuden tehostettua siirtymistä mittausputkeen ja aiheuttaa suurta mittausepä tarkkuutta. Jos rakennetta on tehokuivatettu, olosuhteiden tulee antaa tasautua useampi vuorokausi ennen porauksia. (RT 103333.)

Porareikämittausta varten betoniin porataan mittapäälle sopivan kokoinen, yleensä 16 millimetrinen reikä kuivamenetelmällä. Mittareian syvyys tulee olla vähintään 10 millimetriä ja mitta otetaan reiän reunoilta eikä keskeltä. Näin ollen reikä saadaan putkitettua tarkasti ja täsmällisesti halutun mittaus­syvyyden saavuttamiseksi. Porausreikä tulee aina imuroida puhtaaksi ja tähän suositellaan käytettäväksi suulaketta, joka mahtuu myös mittausputken sisään. Mittausreiän poraaminen sekoittaa kosteustasapainoa mitattavassa kohteessa ja tämän vuoksi kosteustasapainon tulee antaa tasautua useampi vuorokausi ennen mittauksia. Myös porauksen vaikutus aiheuttaa epätarkkuutta mittaus­tulokseen ja tämä vaikutus kasvaa mitä kuivempi betoni on kyseessä. Suositus olisi, että mittausreiän annettaisiin tasautua kolme vuorokautta ennen mittausta. (RT 103333.)

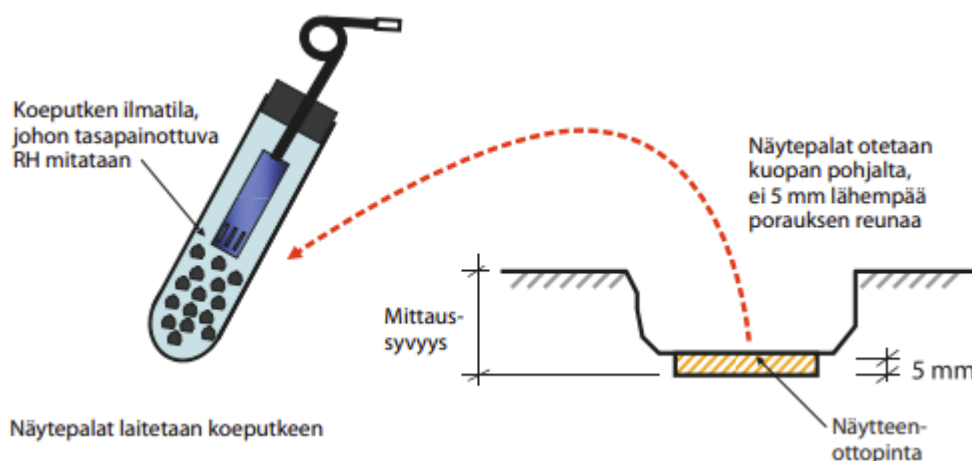
Mittausputki tulee suojata kosteuden, lämpötilan ja muiden häiriöiden varalta. Putki suojataan sen juuresta sekä päästä vesihöyryntiiviillä kitillä tai muulla vastaavalla tulpalla ja sen annetaan tasautua vähintään kolme vuorokautta. Mittareikien porauksen ja mittauksien välisenä aikana betonirakenteen lämpötila ei saa vaihdella oleellisesti, sillä muutoin mittausputkeen saattaa tiivistyä kosteutta, joka aiheuttaa epätarkkuutta mittaukseen. Huolellisesti asennettu ja

tiivistetty mittausputki säilyy tasaisissa lämpöolosuhteissa enintään kaksi viikkoa, mutta parhaan mittatarkkuuden saa aina poraamalla uudet mittareiät. (RT 10333.)

Kun mittapää asennetaan mittausputkeen, tulee huolehtia myös mittapään tiivistäminen. Mittapään annetaan tasautua mittausputkessa yleensä vähintään tunnin ajan. Ennen mittapään asentamista mittausputkeen tulee huolehtia mittapään tasaantumista ympäröiviin olosuhteisiin. Jos laittaa kylmän mittapään putkeen, voi putkeen tiivistyä kosteutta ja tästä aiheutua huomattavaa mittaasepätkä tarkkuutta. Jos mittapään annetaan tasautua alle tunnin, saattaa se johtaa huomattavasti alhaisempaan kosteusarvoon. Mittapään voi myös asentaa ja tiivistää suoraan mittausputkeen porauksen jälkeen, jolloin erillistä tasaantumisaikaa ei tarvita. Tällöin mittapää joutuu toistuvasti aggressiiviseen ympäristöön, jolloin mittapään kalibrointiväliä kannattaa lyhentää. Tasausajan jälkeen yhdistetään mittapää lukulaitteeseen, jolloin näytölle saadaan kosteusarvot. (RT 10333.)

4.3.2 Näytepalamittaus

Näytepalamittauksessa betonirakennetta hajotetaan haluttuun syvyyteen, jonka jälkeen otetaan betoninäyte mitattavasta syvyydestä (kuva 4). Tämän jälkeen murut laitetaan tiiviisti suljettuun koeputkeen yhdessä mittapään kanssa. Etuna tässä mittaustavassa on sen nopeus. Sitä voidaan käyttää epävakaissa olosuhteissa ja sekä alhaisissa että korkeissa lämpötiloissa. Rajoitteena mittaustavalle on sen työläys ja että se ei sovellu syvältä tehtäviin mittauksiin. Näytepalamittausta pidetään suhteellisen kosteuden mittausmenetelmistä tarkimpana. (RT 10333.)



Kuva 4. Näytteenotto ja näytteen välitön siirto koeputkeen mittapään kanssa. (RT 103333.)

Näytepalamittauksella mitataan betonirakenteen pinnan kosteus. Näytepalojen paksuus on yleensä viisi millimetriä, mutta parhaimmillaan voidaan päästä kahden millimetrin tarkkuuteen. Huolellisella näytteenotolla voidaan päästä yhden millimetrin syvyystarkkuuteen. Näytettä otettaessa syvemältä näytteenottopinta saavutetaan joko poraamalla noin 50–100 millimetriä leveä reikä tai piikkaamalla haluttuun mitattavaan syvyyteen. Näytettä otetaan riittävästi, vähintään kolmasosa koeputken tilavuudesta sekä näytteessä ei saa olla pelkästään runkoainetta. Mitattavaan näytteeseen betonimuruja otetaan useampi samalta syvyydeltä. Näytepalat asetetaan koeputkeen välittömästi niiden irrottamisen jälkeen. (RT 103333.)

Kun betonimurut sekä mittapää on suljettu koeputkeen, siirretään koeputket vakio-olosuhteisiin tasautumaan. Normaaleilla betonilujuuksilla tasaantumisaika hyvään mittatarkkuuteen on viisi tuntia. Jos mitattavan betonin lämpötila poikkeaa huomattavasti käyttölämpötilaansa nähden tai käytössä on korkean lujuusluokan betonia, tasaantumisaika on oltava vähintään 12 tuntia. Mittausputkessa olevan rajallisen kosteussisällön vuoksi näytepalamittaukset tehdään pienen kosteuskapasiteetin omaavilla mittapäillä, jotta mittapäät sitoisivat mahdollisimman vähän kosteutta sekä niiden varren tai johdon mukana ei pääse kosteus haihtumaan. Jos mittapäätä ei voida asentaa näytteiden oton yhteydessä koeputkeen, näytettä otetaan puolet koeputken tilavuudesta. Mittapään asentaminen koeputkeen jälkeenpäin heikentää jonkin verran mittauksen tarkkuutta. Mittaustulokset pyritään ottamaan normaaleissa rakenteiden käyttölämpötiloissa. Mittauspöytäkirjaan merkitään myös koeputken säilytys sekä lukemienotto-olosuhteet. Mittauksien tarkkuutta voi verrata ottamalla samalta syvyydeltä toinen mittausnäyte ja vertailemalla näistä saatuja tuloksia. (RT 103333.)

4.3.3 Jaksoittain luettava seurantamittaus

Jaksoittain luettavassa mittaustavassa mittapää asennetaan suoraan betonivalun sisään, eikä sitä poisteta sieltä jälkikäteen. Betonivaluun voidaan myös asentaa mittausputkia, joissa voidaan liikutella mittapäätä tiettyyn

mittauspisteeseen. Joitakin mittausantureita on mahdollista asentaa jälkikäteen ilman erillisiä mittausputkia. Kokonaan rakenteen sisälle valetun mittalaitteen olosuhdeherkkyys voi olla pienempi kuin porareikämittausperiaatteella tehty mittausta. Jos rakenteessa tapahtuu lämpötilamuutoksia, mittaustarkkuus heikkenee. Kiinteästi betonirakenteessa olevan mittalaitteen stabiilius tulee todentaa erivaiheilla tehdyillä vertausmittauksilla. Jaksoittain luettava seurantamittaus on laiteriippuvainen, jolloin kunkin laitevalmistajan tulee määrittellä mittalaitteen tarkkuus, soveltuvuus käyttökohteeseen sekä asennustavat. Porareikäan asennetun mittausputken kautta tapahtuva toistuva mittausta kasvattaa mittauserätarkkuutta kerta kerralta. (RT 103333.)

Mittalaite asennetaan suoraan betonivaluun joko kiinnittämällä se muottiin, teräksiin tai omiin tukirakenteisiin tai se voidaan myös painaa käsin suoraan valuun. Mittalaitteen syvyys tulee tarkistaa valun jälkeen esimerkiksi valupaksuuden perusteella sekä mittaussyvyys tulee olla todennettavissa jälkikäteen. Mittalaite ei saa vaikuttaa merkittävästi betonin sisällä vaikuttaviin kosteusliikkeisiin. Mittaustulokset saadaan käymällä fyysisesti mittauspisteellä, jolloin pitää myös huomioida sillä hetkellä vallitsevat olosuhteet. Yleensä pysyvästi oleva mittalaite on riittävällä tarkkuudella tasapainossa ympäristönsä kanssa ja mittaustulokset voi ottaa välittömästi. Mikäli mittalaite asennetaan mittausputkeen, tulee huolehtia riittävästä tasaantumisaajasta, joka on kaksi tuntia, paitsi yli 50 senttimetriä pitkissä mittausputkissa vähimmäistasaantumisaika on neljä tuntia. (RT 103333.)

4.3.4 Jatkuvatoinen seurantamittaus

Jatkuvatoinisessa seurantamittauksessa tarkkaillaan jonkin rakennekohdan kosteusteknistä toimivuutta jopa 15 minuutin välein. Jatkuvatoinen mittausta vaatii koko ajan mittauslaitteet ja tällä mittaustavalla etuna on olosuhteiden tasaantumisen seuraaminen, jolloin rakenteet ovat normaaleissa käyttölämpötiloissa. Betonirakenteessa olevasta mittauspisteestä on mahdollista valita tarkasteluajankohtia, jolloin lämpöolosuhteet tuottavat tarkinta betonin hetkellisen kosteuden mittaustietoa. Mittaustiedot kerätään suoraan paikalliseen tiedonkeruulaitteeseen tai ne voidaan lähettää suoraan eteenpäin. Järjestelmä vaatii joko verkkovirtaa tai se voi olla myös akkukäyttöinen. (RT 103333.)

5 Koetilanteen rakentaminen

Tutkimuksen tavoitteena oli saada selville, kuinka hyvin erilaiset pintamateriaalit kestävät kosteutta, kun niihin kohdistetaan seisovaa vettä. Pintamateriaaleina olivat laminaatti, laatta (ilman alla olevaa vesieristettä), muovimatto sekä vertailun vuoksi puhdas betonipinta. Tavoitteena oli saada selville kunkin testattavan pintamateriaalin vedeneristävyys. Alueiden kastelemisen jälkeen suoritettiin kosteusmittaukset kaikille alustoille. Kosteusmittausten jälkeen suoritettiin betonilaatan kuivaus PST-kuivauslämmittimiä käyttämällä. Betonilaatan kuivatuksen jälkeen otettiin kosteusmittauksia uusista ja vanhoista porareii'istä sekä verrattiin tulosten eroavaisuutta. Mittaustuloksia tarkasteltiin vuorokauden ja kolmen vuorokauden välisistä mittauksista. Jokainen testialue oli vierekkäisissä huoneissa ja olosuhteet kaikissa huoneissa olivat samanlaiset. Betonilaatta oli valettu 1980-luvun loppupuolella.

5.1 Käytetyt laitteet

Mittauksissa käytettäviä laitteita olivat mittapäät Vaisala HPM40S porareikäanturi (kuva 6) sekä Vaisala HM42 anturi, Kosteudenlukulaite Vaisala HM40 (kuva 5), pintakosteusmittari GAHN Hydromette kosteusmittari ja tälle sopiva Gann B55 pinta-anturi, APLI White Tack sinitarran tapaista vesihöyryntiivistä massaa sekä sähköjohtojen suojaputkista katkaistuja mittausputkia. Reikien poraamiseen käytettiin normaalia iskutoimista poraa, 16 millimetrin kokoista terää sekä imuria ja semmoisia suuttimia, joilla saatiin puhdistettua mittausreikä vielä mittausputken asentamisenkin jälkeen.



Kuva 5. Vaisala HM40 Kosteusmittari.



Kuva 6. Vaisala HMP40S porareikäanturi.



Kuva 7. PST kuivauslämmitin.

Kuivaustilanteessa käytettiin 600x600 mm PST kuivauslämmitintä (kuva 7) sekä kellokytkimiä. Kellokytkintä käyttäessä saatiin asetettua kuivaussykli tasaiseksi. Tässä kyseisessä tilanteessa ei tarvittu erillistä alipaineistusta tai ilmankuivatusta, sillä kosteuden tulo huoneilmaan oli vähäistä.

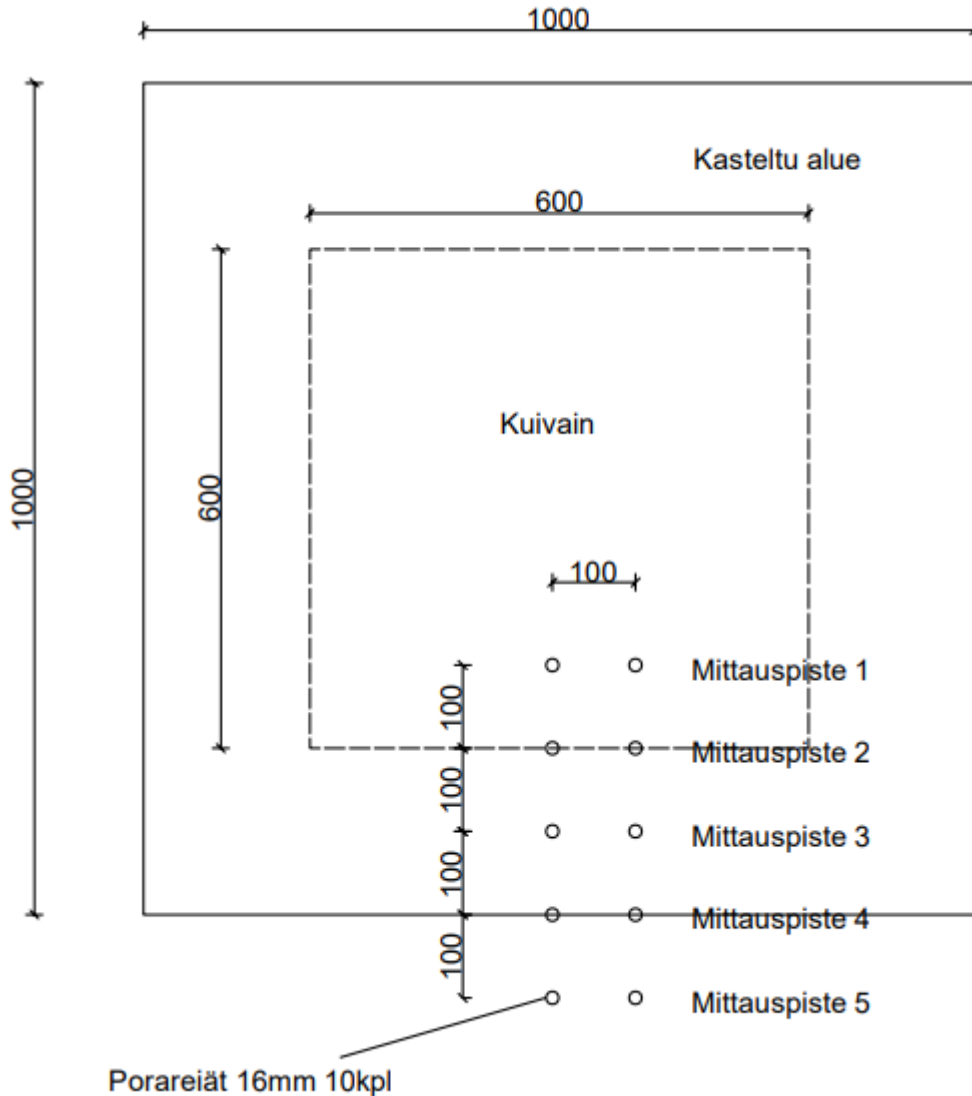
5.2 Tilanteen rakentaminen

Tilanteen rakentaminen alkoi sopivan paikan ja lattiarakenteen etsimisellä. Sopivan lattiarakenteen löydyttyä asennettiin koealustat jokaiselle eri pintamateriaalille. Tätä ennen betonilaatasta mitattiin lähtökosteusarvot neljästä eri paikasta: pinnasta pintakosteusmittarilla, 32 millimetrin syvyydestä porareiästä, 12,8 millimetrin syvyydestä porareiästä sekä betonilaatan alla olevan styroxin yläpinnasta. Lattiarakenne oli 80 millimetriä paksu teräsbetonilaatta, jonka alla kaksi kerrosta 50 millimetrin paksuista styroxia ja tämän alla hiekka.

Kukin pintamateriaali asennettiin betonilaatan päälle suoraan. Tämän jälkeen liimattiin materiaalin päälle rimoista neliö, kooltaan metri kertaa metri (yksi neliömetri). Rimojen sivut käsiteltiin vesieristeellä ja reunat käytiin läpi kirkaalla liimamassalla. Tällä varmistettiin, että vesi pysyi halutulla alueella ilman pelkoa veden valumisesta rakennetun laatikon ulkopuolelle.

Kun koelaatikot olivat valmiit, kaadettiin vettä laatikkoon viisi litraa (5 mm) ja annettiin veden vaikuttaa 6 vuorokautta. Tämän jälkeen ylimääräinen irtovesi, joka ei ollut vielä imeytynyt, imuroitiin pois. Seuraavana vuorokautena porattiin betoniin 12,8 millimetriä ja 32 millimetriä syvät porareiät ja näihin asennettiin mittausputket, jotka tiivistettiin massalla juuresta sekä päältä. Porareikiä porattiin molempiin syvyyksiin 5 kappaletta. Reikien kohdat olivat kuivaimen alla (mittauspiste 1), kuivaimen reunalla (mittauspiste 2), kuivaimen ja kastellun alueen väli (mittauspiste 3), kastuneen alueen reunalle (mittauspiste 4) sekä kastuneen alueen ulkopuolelle (mittauspiste 5) (Kuva 8). Porareikien etäisyys oli minimissään 100 millimetriä. Mittausputkista otettiin betonin kosteusarvot ylös vuorokauden sekä kolmen vuorokauden jälkeen niiden asentamisesta.

Toisen kosteusmittauskerran jälkeen asennettiin betonin kuivauslämmitin ja annettiin sen kuivata betonilaattaa seitsemän vuorokautta. Kuivauslämmitin asetettiin kuivattamaan syklillä kahdeksan tuntia päällä ja neljä tuntia poissa päältä. Seitsemän vuorokauden jälkeen kuivauksen asentamisesta lämmitin sammutettiin. Vuorokauden jälkeen sammutuksesta porattiin uudet porareiät 12,8 millimetrin ja 32 millimetrin syvyyteen. Sekä uusiin että vanhoihin porareikiin asennettiin koeputket, jotka tiivistettiin massalla betonipintaan ja putkien päistä. Näistä koeputkista otettiin kosteusarvot vuorokauden ja kolmen vuorokauden jälkeen porareikien porauksesta ja mittaputkien asennuksesta. Märkien betonilaattojen kohdalla kuivausta jatkettiin seitsemän vuorokauden kuivatusjaksoilla, kunnes betonilaatta oli kuiva. Sisälämpötila pysyi koko ajan 19,4–21,1 celsius asteen välissä.



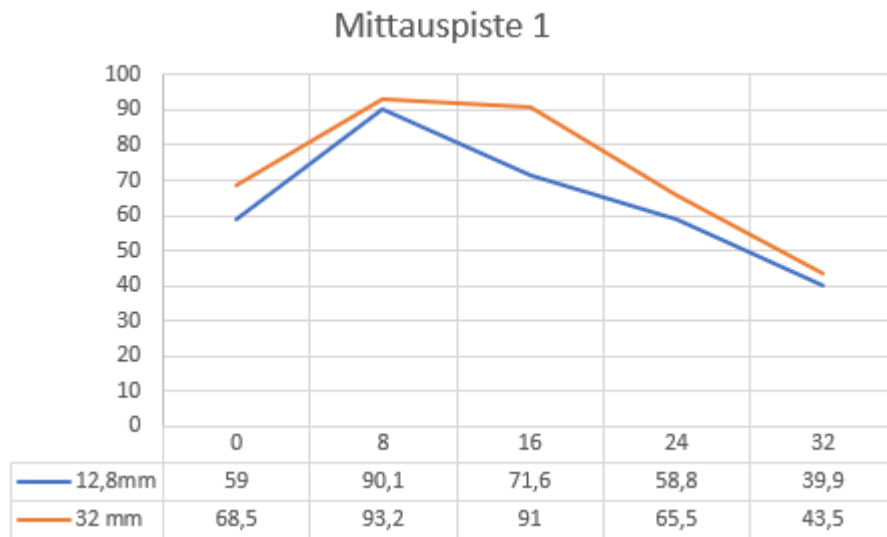
Kuva 8. Piirros koetilanteesta sekä mittauspisteistä.

6 Tulokset

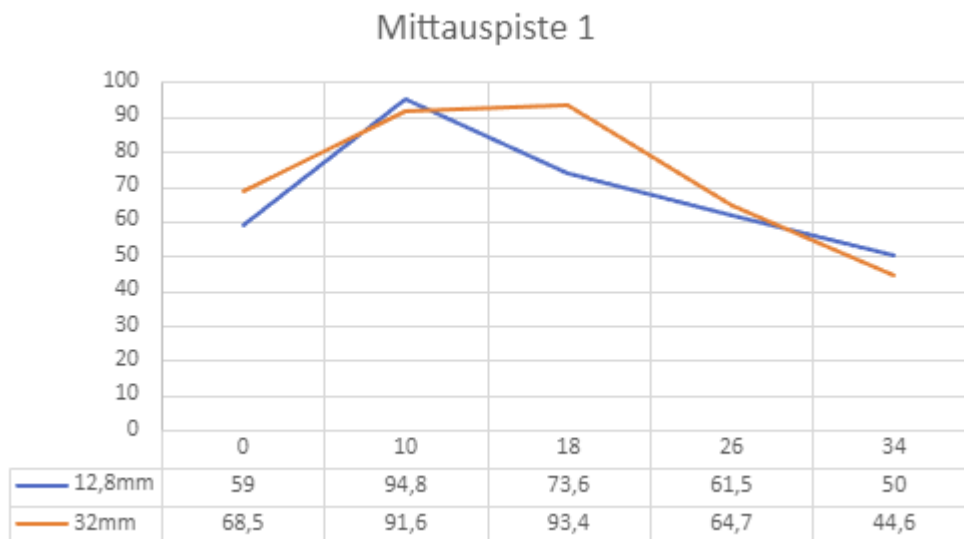
6.1 Puhtaan betonilattian tulokset

Puhdas betonipinta saatiin esiin, kun poistettiin vanha muovimatto ja tämän alla ollut mattoliima. Kastuma-alueelle kaadettu vesi imeytyi 4 vuorokaudessa puhtaaseen betonipintaan. Taulukoista 2–11 löytyy eri mittauspisteistä otetuilla kosteusarvoilla kaaviot, joista näkee kosteuden siirtymisen. Taulukoiden vaak akseli kertoo vuorokausista eli kuinka monta vuorokautta on siihen asti mennyt. Vuorokaudet lähtevät nolasta, joka merkkää sitä päivää, milloin vesi kaadettiin

koelaatikoihin. Taulukoiden pystyakseli kertoo betonin suhteellisen kosteuden. Betonin lämpötila oli mittaushetkillä 18,1–20,2 celsiusastetta.

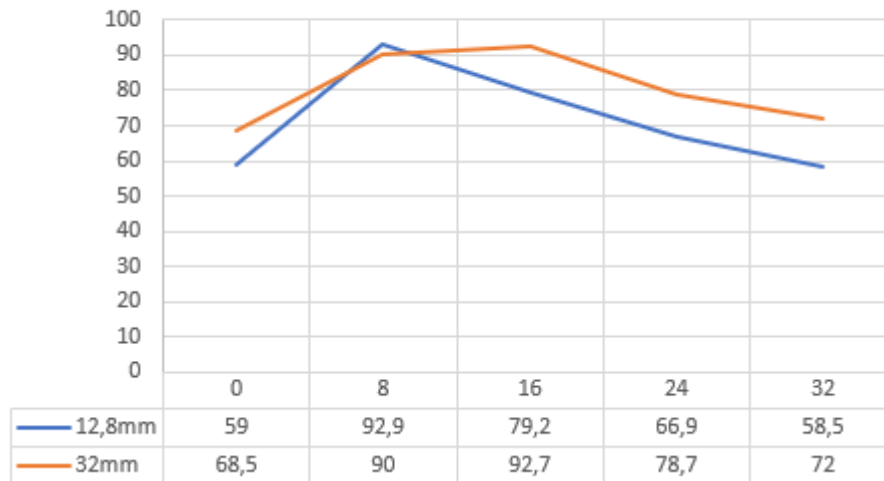


Taulukko 2. Mittauspisteen 1 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.



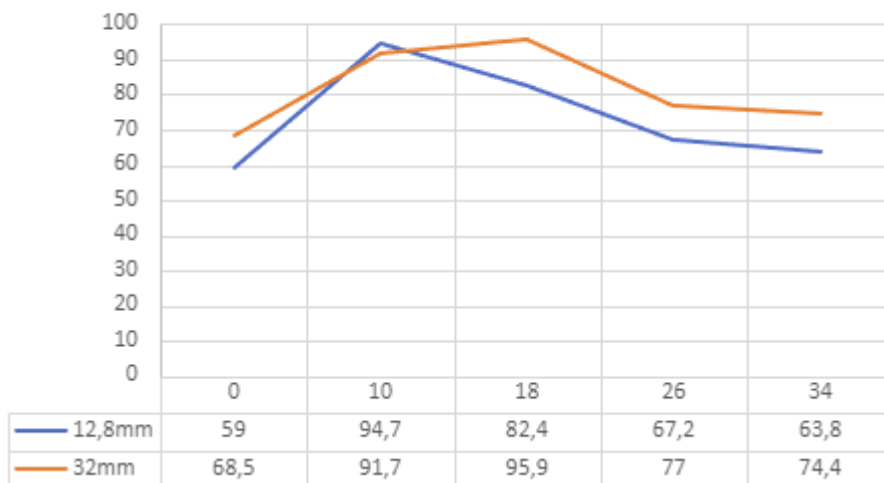
Taulukko 3. Mittauspisteen 1 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

Mittauspiste 2



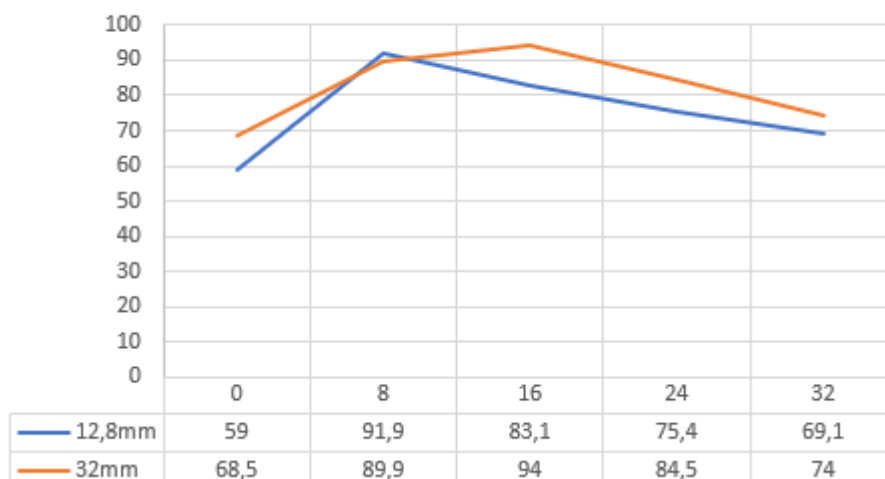
Taulukko 4. Mittauspisteen 2 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

Mittauspiste 2

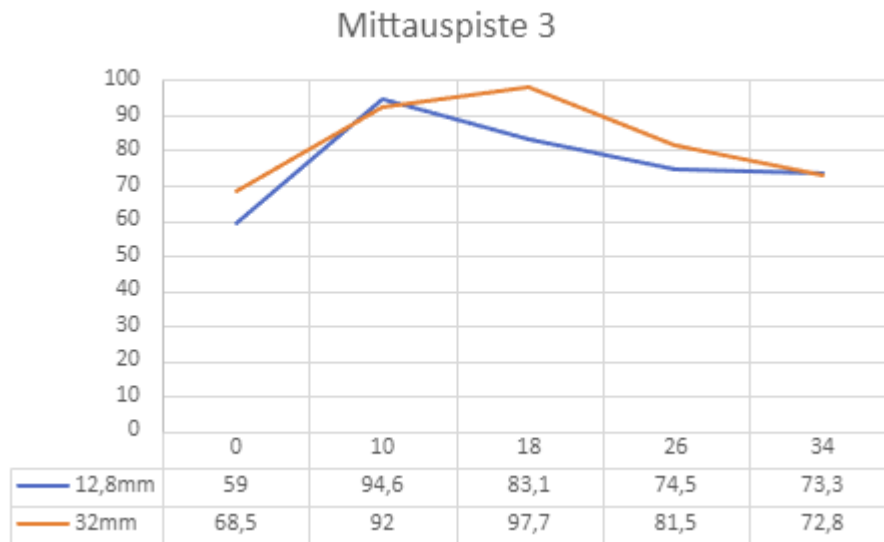


Taulukko 5. Mittauspisteen 2 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

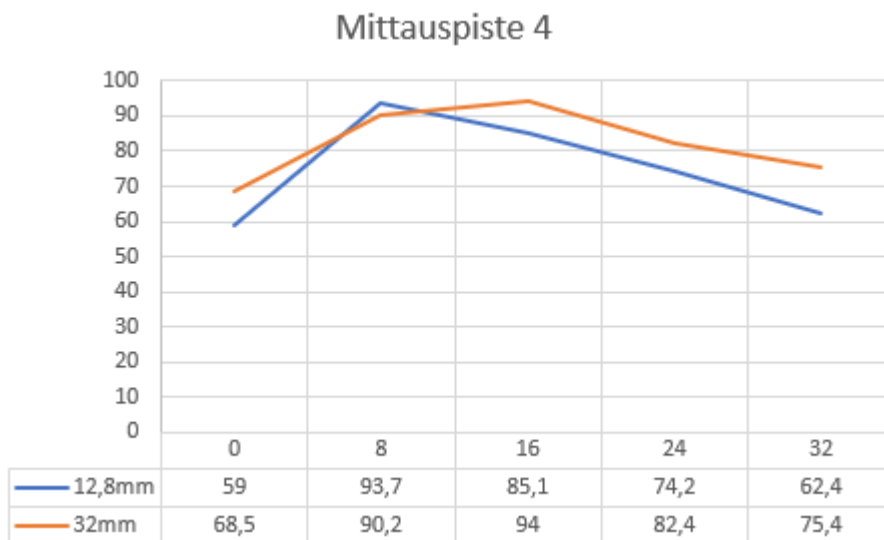
Mittauspiste 3



Taulukko 6. Mittauspisteen 3 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

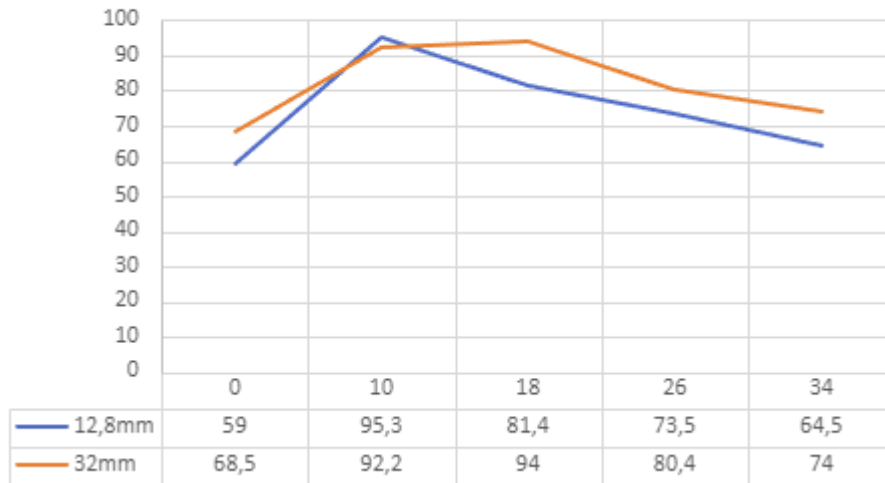


Taulukko 7. Mittauspisteen 3 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.



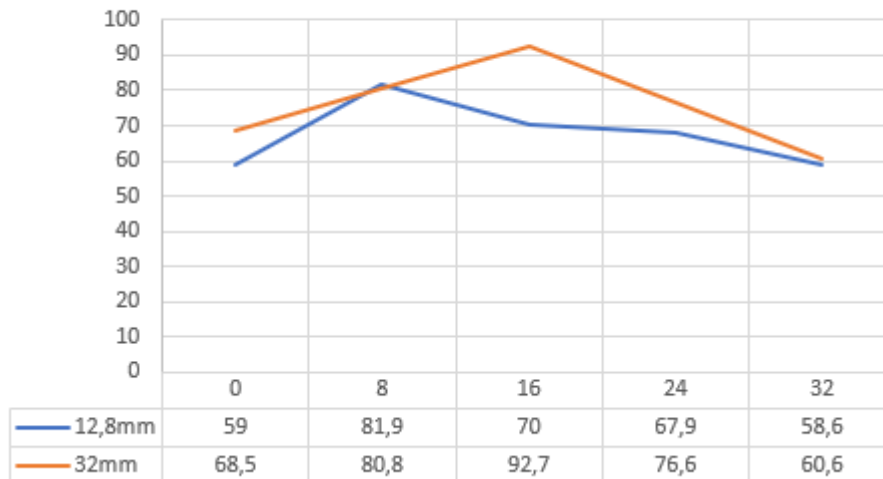
Taulukko 8. Mittauspisteen 4 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

Mittauspiste 4



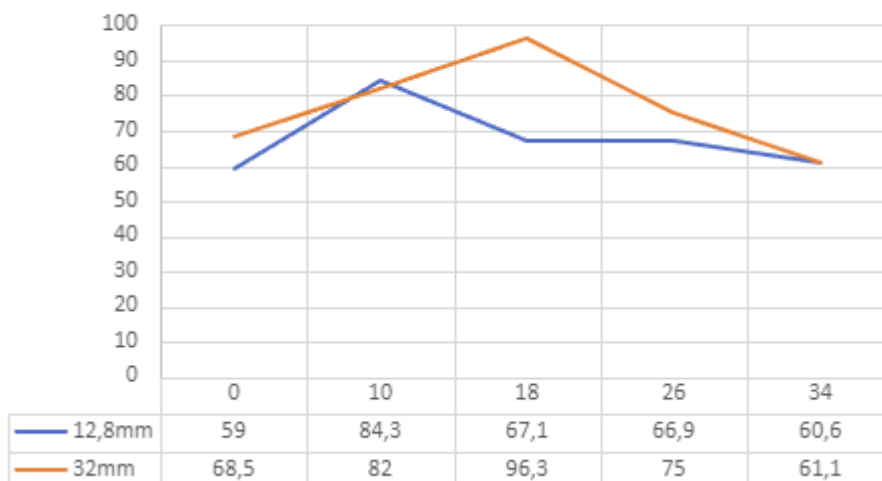
Taulukko 9. Mittauspisteen 4 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

Mittauspiste 5



Taulukko 10. Mittauspisteen 5 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

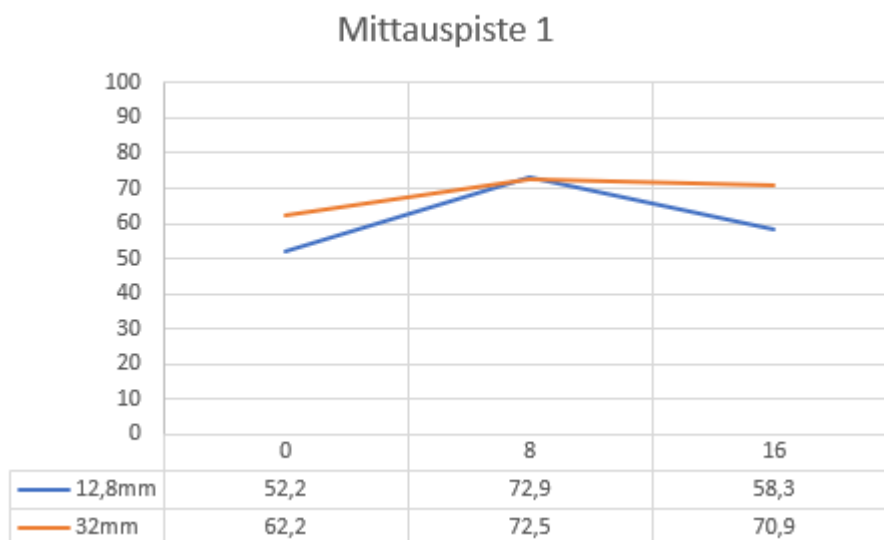
Mittauspiste 5



Taulukko 11. Mittauspisteen 5 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

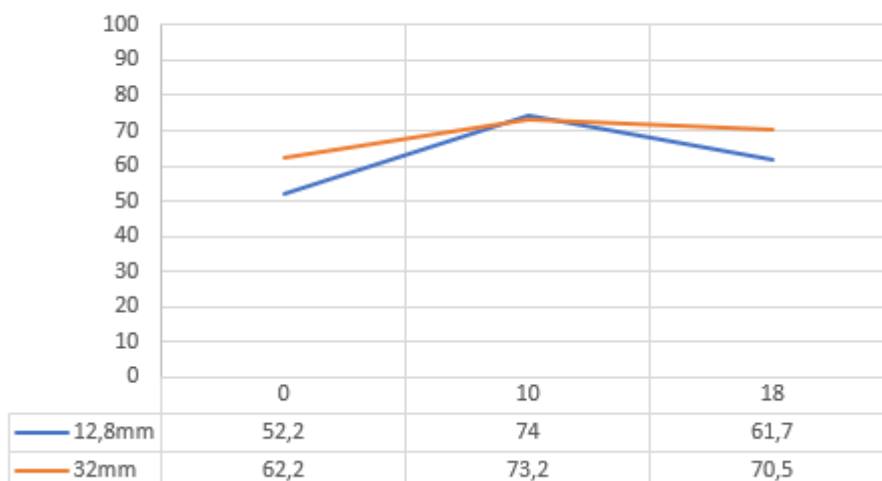
6.2 Laattalattian tulokset

Vanha muovimatto poistettiin betonilaatalta, jonka jälkeen alueelta jyrrettiin siinä olleet mattoliimat pois. Laatoituksena toimi 10x10 uudet normaalit keraamiset laatat saumalla, jotka asennettiin koepaikkaan noin 4 viikkoa ennen kastelun aloittamista. Kasteluajan jälkeen laattapinnalta imuroitiin 2,1 litraa vettä pois ja näin ollen laattapinta imi 2,9 litraa vettä. Taulukoista 12–21 näkyy kosteuden siirtymistä betonissa. Laattarakennetta myös lämmitettiin kuivauslämmittimellä, vaikka sen suhteellisen kosteuden arvot jäivät alle 80 prosentin. Laattojen irtoamista myös kokeiltiin kastumisen ja kuivattamisen jälkeen, eikä laatoista yksikään tuntunut olevan irtonainen. Myös saumaustaasti pysyi paikallaan koko operaation ajan. Laattalattian alla olevan betonin lämpötila oli mittaushetkillä 17–20,2 celsiusastetta.



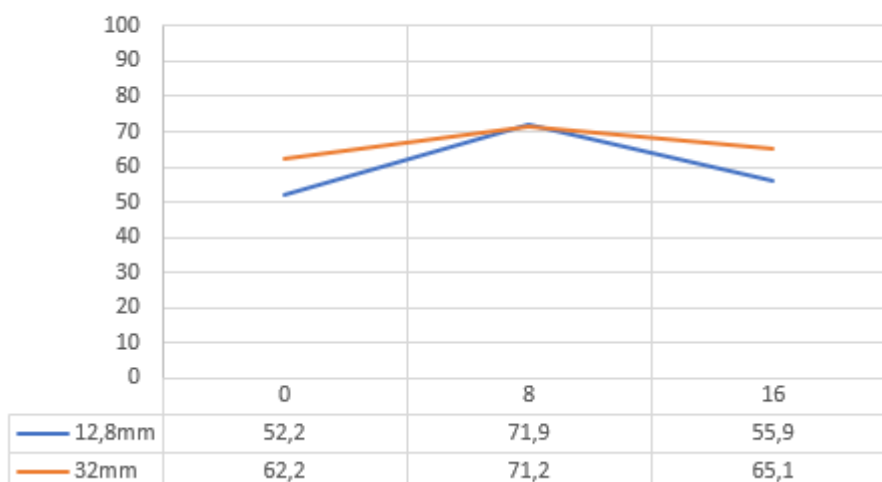
Taulukko 12. Mittauspisteen 1 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

Mittauspiste 1



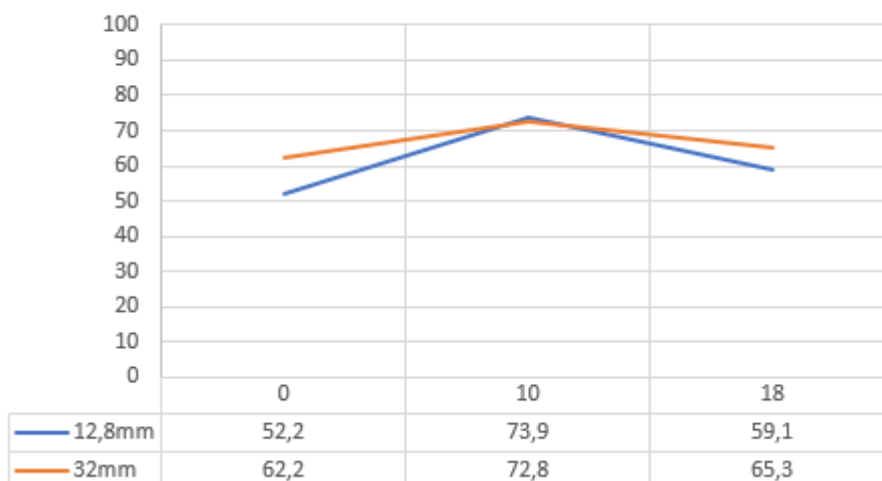
Taulukko 13. Mittauspisteen 1 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

Mittauspiste 2

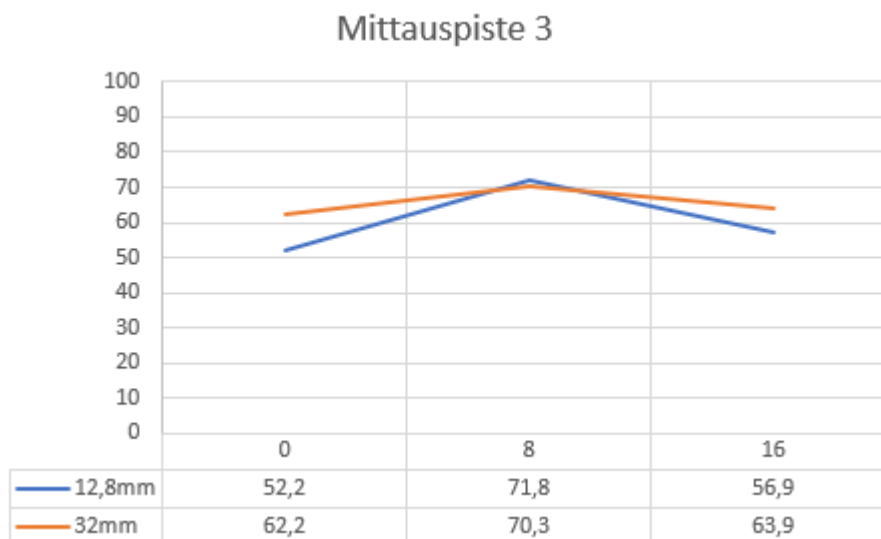


Taulukko 14. Mittauspisteen 2 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

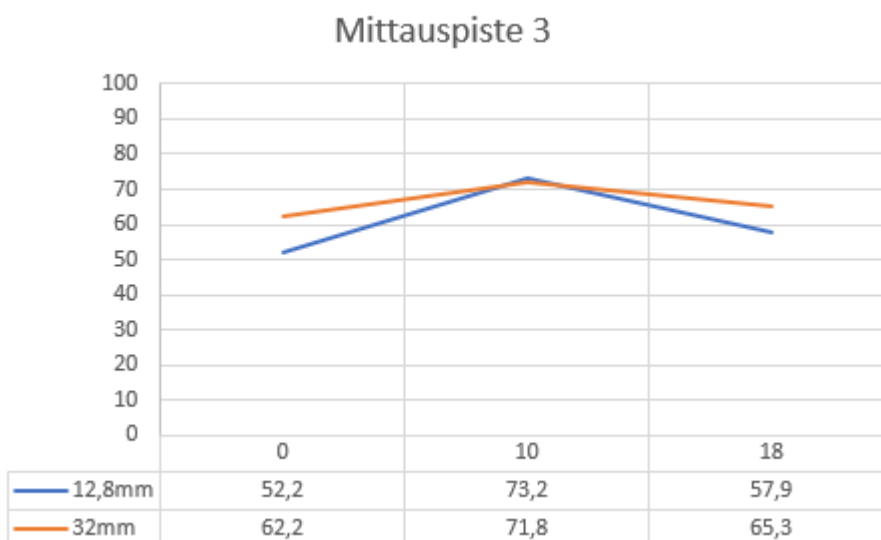
Mittauspiste 2



Taulukko 15. Mittauspisteen 2 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

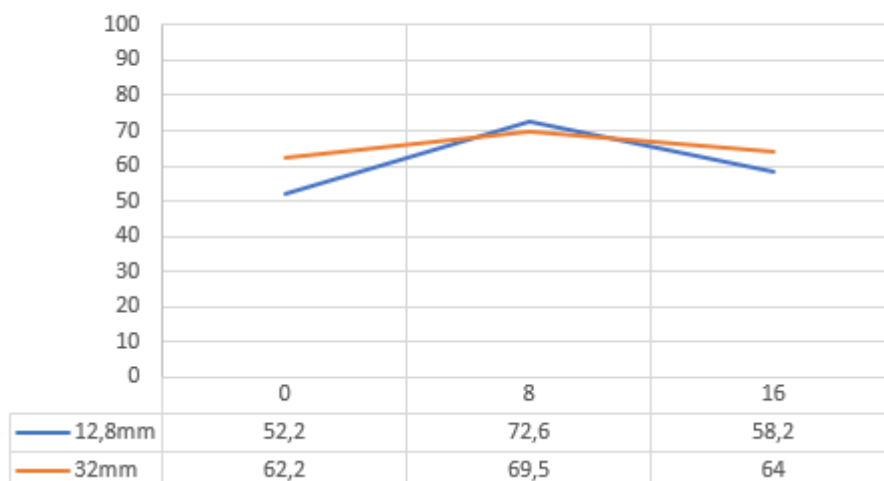


Taulukko 16. Mittauspisteen 3 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.



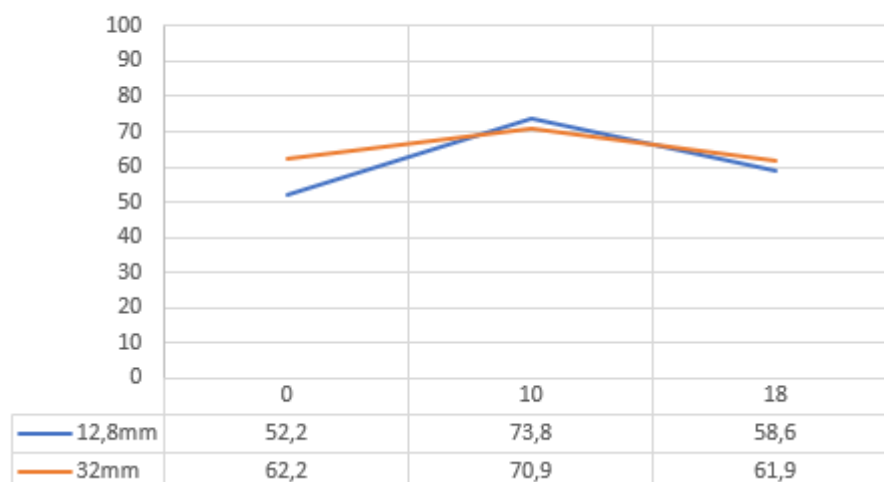
Taulukko 17. Mittauspisteen 3 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

Mittauspiste 4



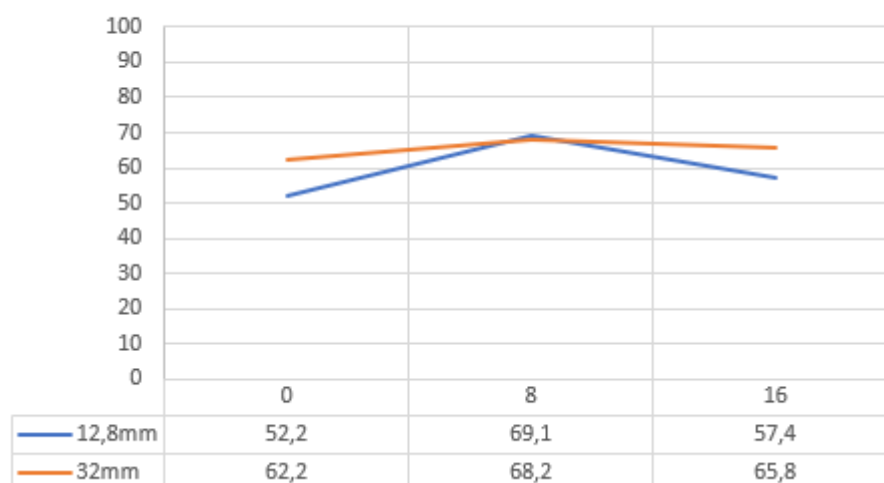
Taulukko 18. Mittauspisteen 4 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

Mittauspiste 4

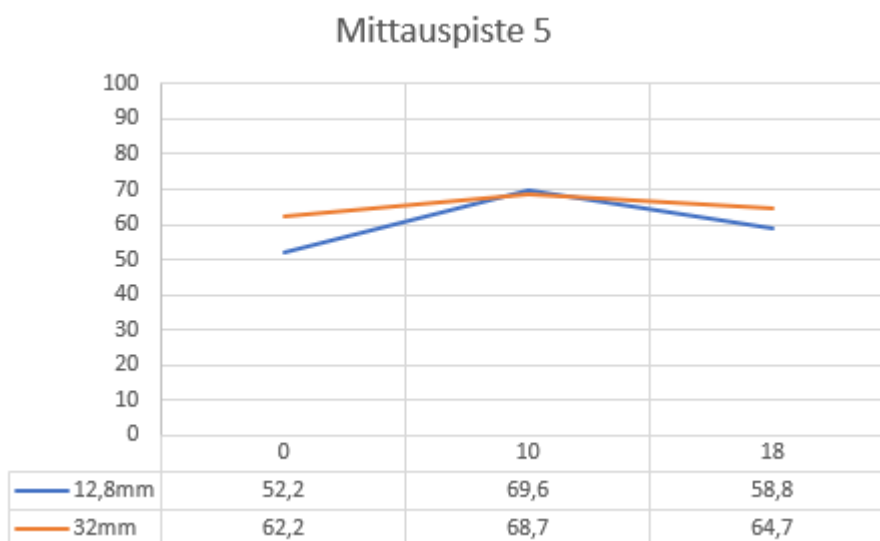


Taulukko 19. Mittauspisteen 4 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

Mittauspiste 5



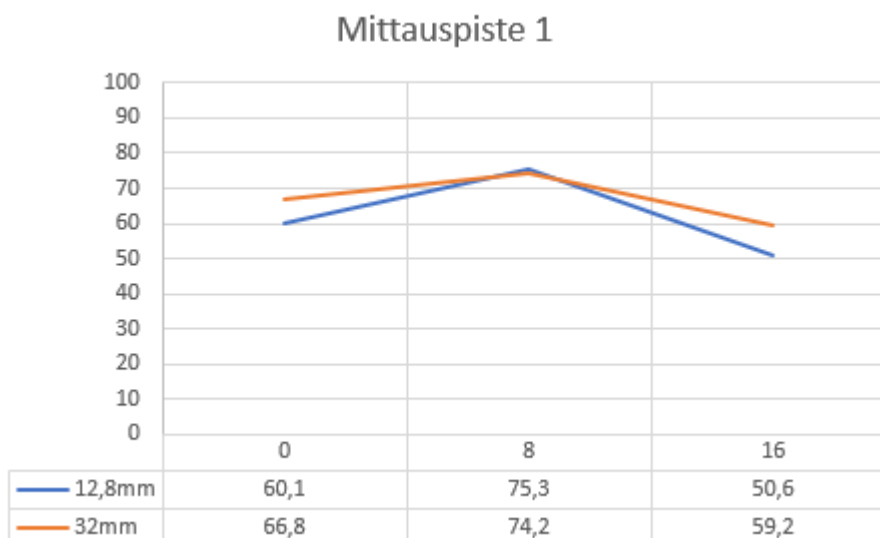
Taulukko 20. Mittauspisteen 5 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.



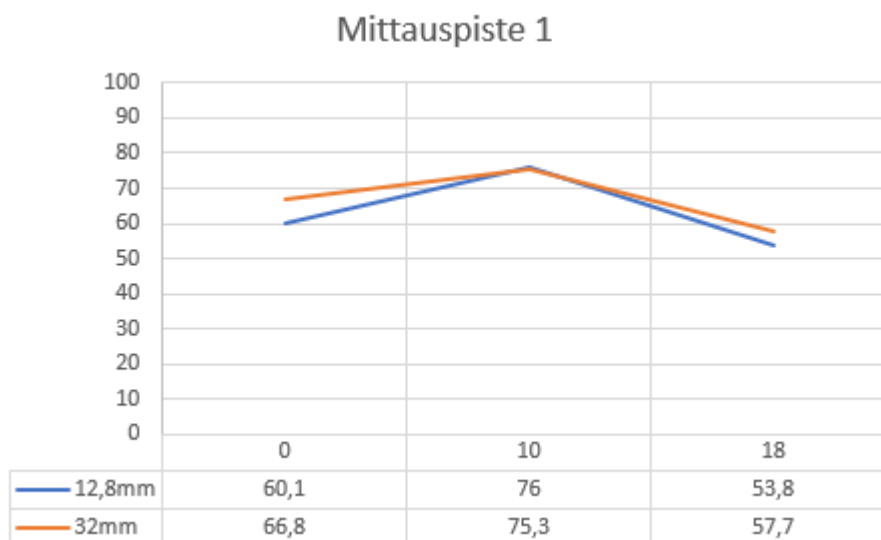
Taulukko 21. Mittauspisteen 5 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

6.3 Laminaattilattian tulokset

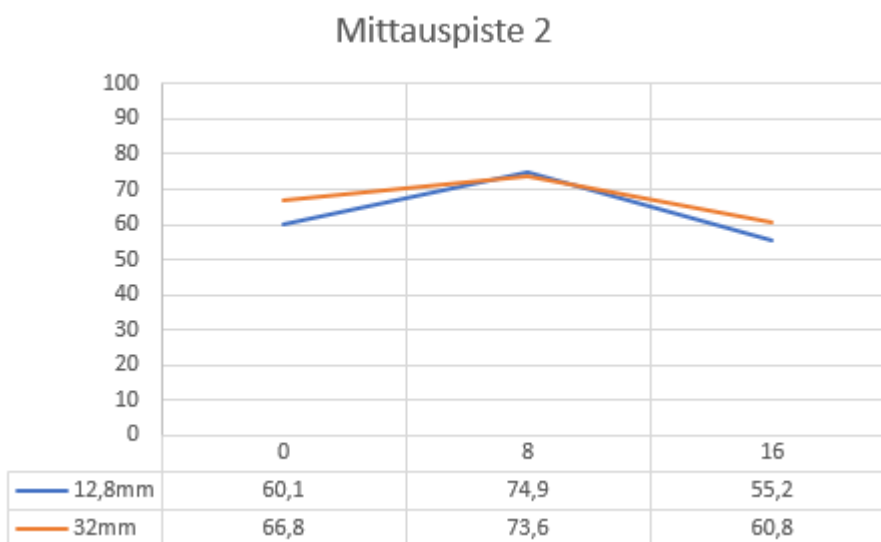
Paikalle asennettu laminaatti sekä sen alle tuleva tuplex olivat uutta. Kasteluajan jälkeen laminaatin päältä imuroitiin 0,3 litraa vettä pois ja näin ollen laminaatti imi 4,7 litraa vettä. Suurin osa vedestä kuitenkin jäi laminaatin alla olevan tuplexin päälle sekä myös itse laminaatti oli aivan litimärkä. Ennen kuivauksen aloitusta laminaattirakenne poistettiin betonilattian päältä. Kosteuden siirtymistä voi seurata taulukoista 22–31. Laminaatin alla olevan betonin lämpötila oli mittaushetkillä 18,1–20 celsiusastetta.



Taulukko 22. Mittauspisteen 1 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

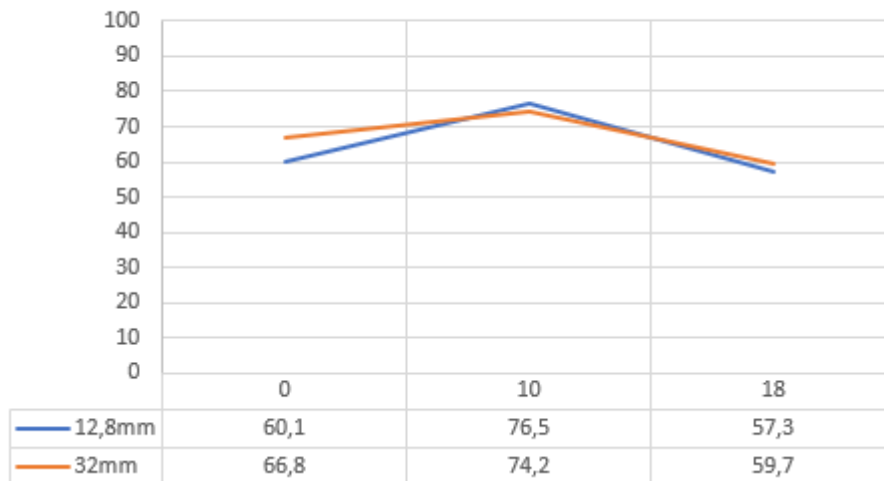


Taulukko 23. Mittauspisteen 1 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.



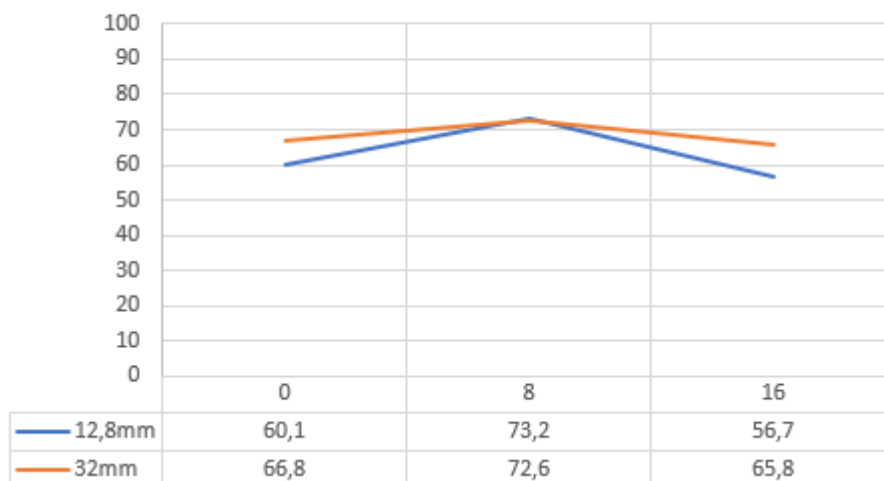
Taulukko 24. Mittauspisteen 2 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

Mittauspiste 2



Taulukko 25. Mittauspisteen 2 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

Mittauspiste 3

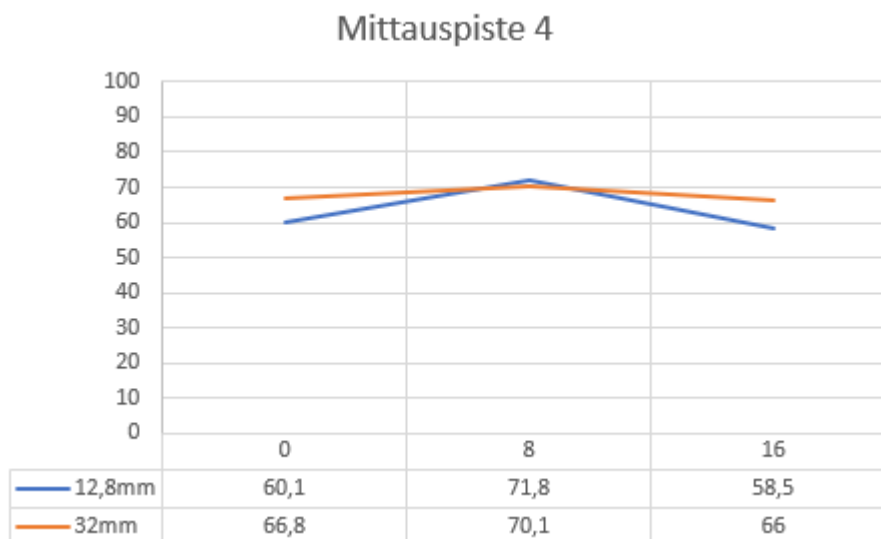


Taulukko 26. Mittauspisteen 3 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

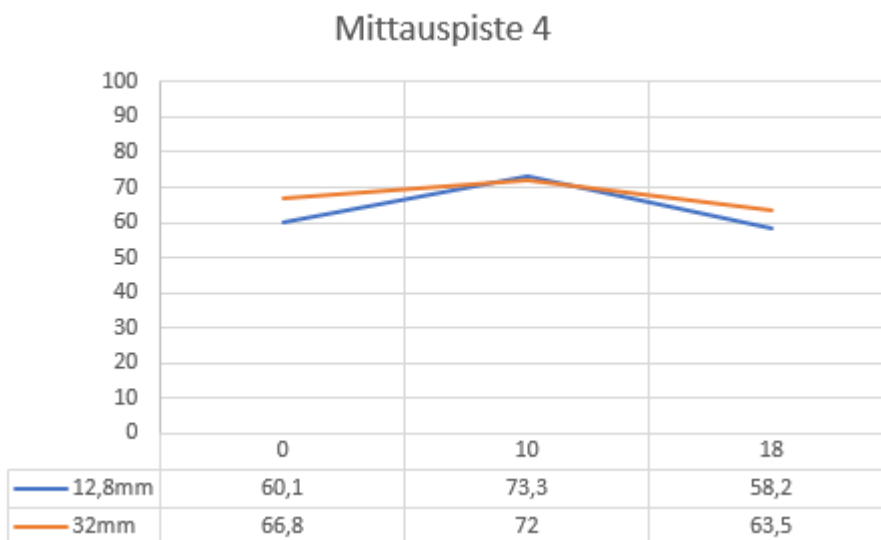
Mittauspiste 3



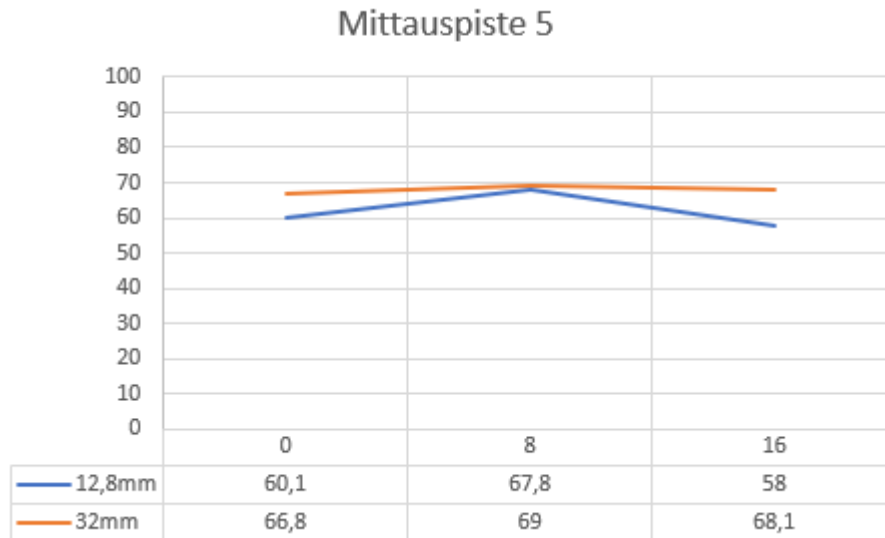
Taulukko 27. Mittauspisteen 3 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.



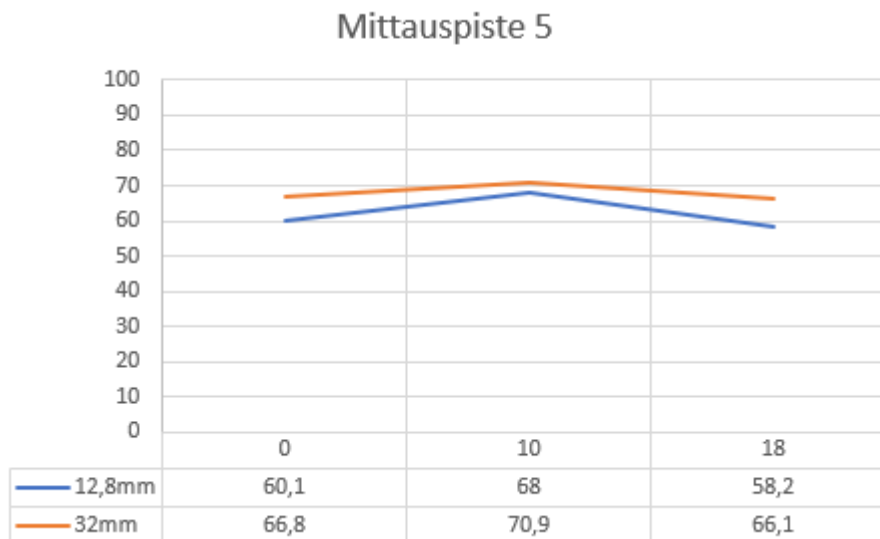
Taulukko 28. Mittauspisteen 4 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.



Taulukko 29. Mittauspisteen 4 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.



Taulukko 30. Mittauspisteen 5 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

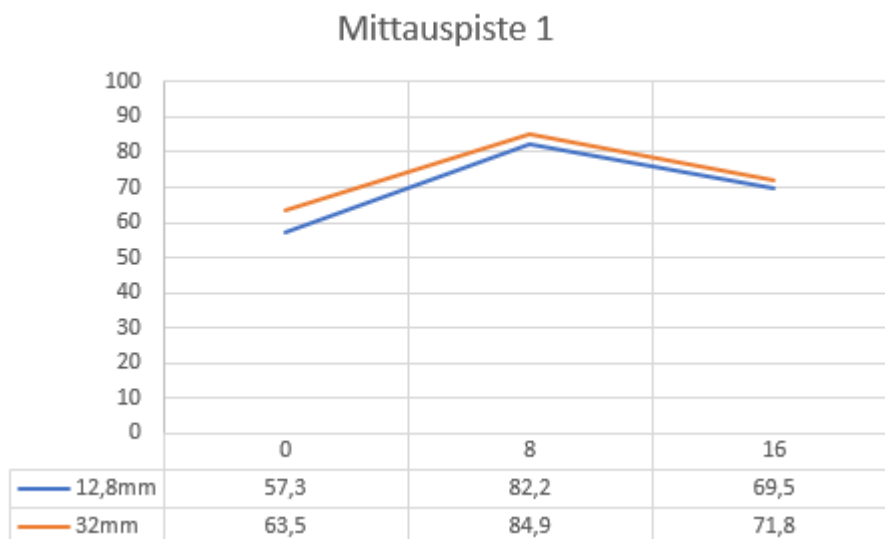


Taulukko 31. Mittauspisteen 5 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

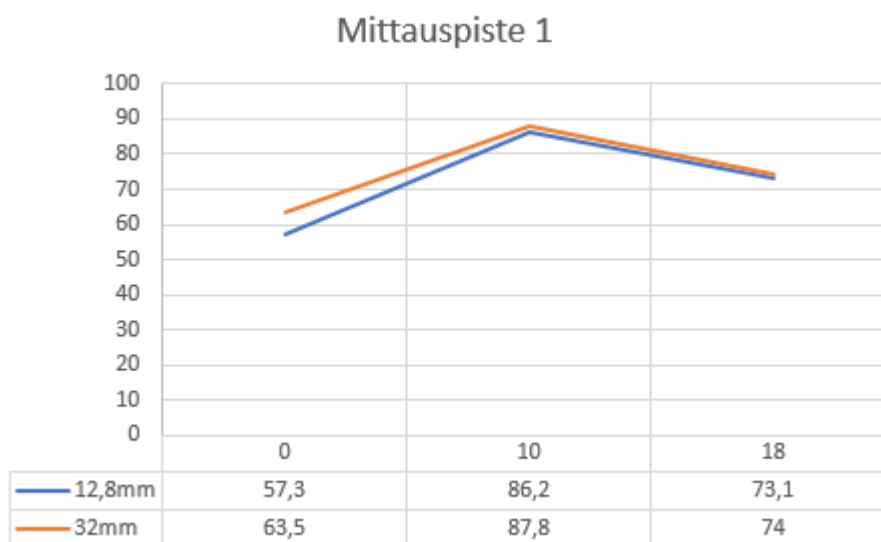
6.4 Muovimattolattian tulokset

Koepaikalla ollut muovimatto oli vanha ja käytetty. Siinä ei näyttänyt päällisin puolin olevan reikiä, mutta koalueen läpi kulki hitsattu mattosauma. Muovimatto imi kosteuden läpi kuudessa vuorokaudessa, eli näin ollen matto ei tässä tapauksessa ollut enää kosteuden tiivis. Ennen maton alla olleen betonilaatan kuivauksen aloittamista, pinnasta hiottiin mattoliima pois. Näin saatiin kuivaus asennettua puhtaalle betonilattialle. Mikäli liimaa ei poista ennen kuivauksen aloittamista se heikentää kuivaustehokkuutta. Kosteuden siirtymistä

voi seurata taulukoista 32–41. Muovimaton alla olevan betonin lämpötila oli mittaushetkillä 17,2–20,1 celsiusastetta.

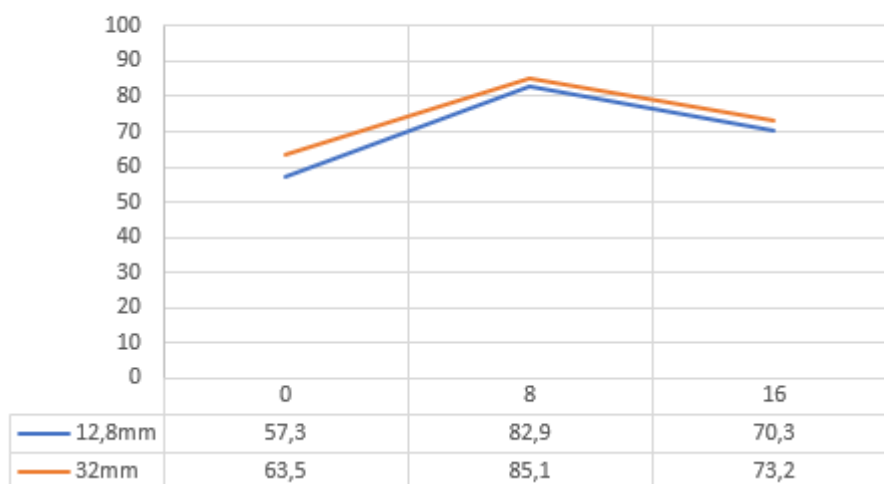


Taulukko 32. Mittauspisteen 1 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.



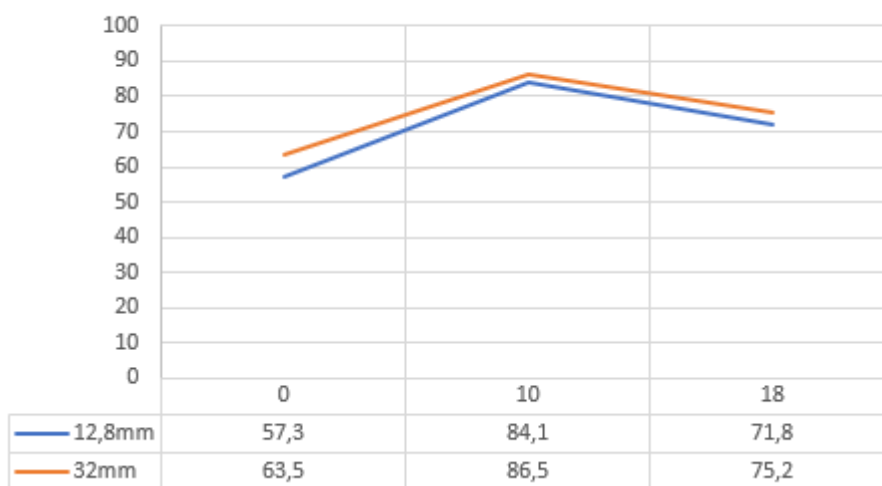
Taulukko 33. Mittauspisteen 1 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

Mittauspiste 2



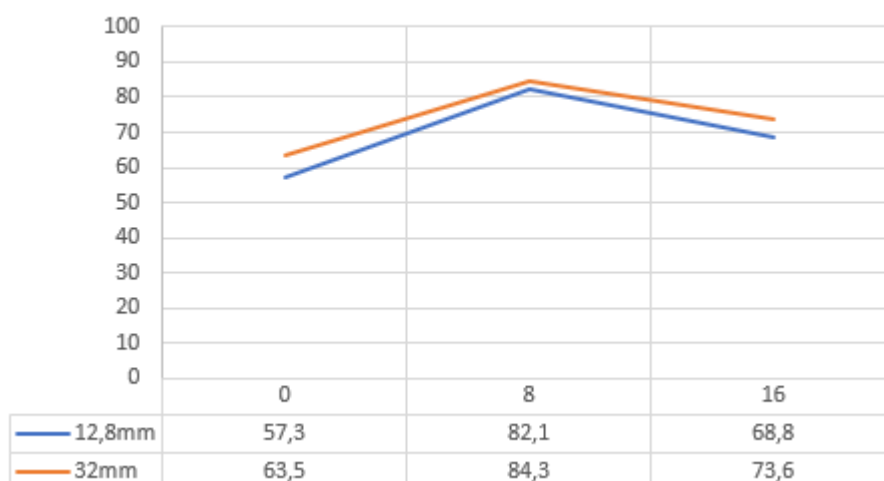
Taulukko 34. Mittauspisteen 2 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

Mittauspiste 2

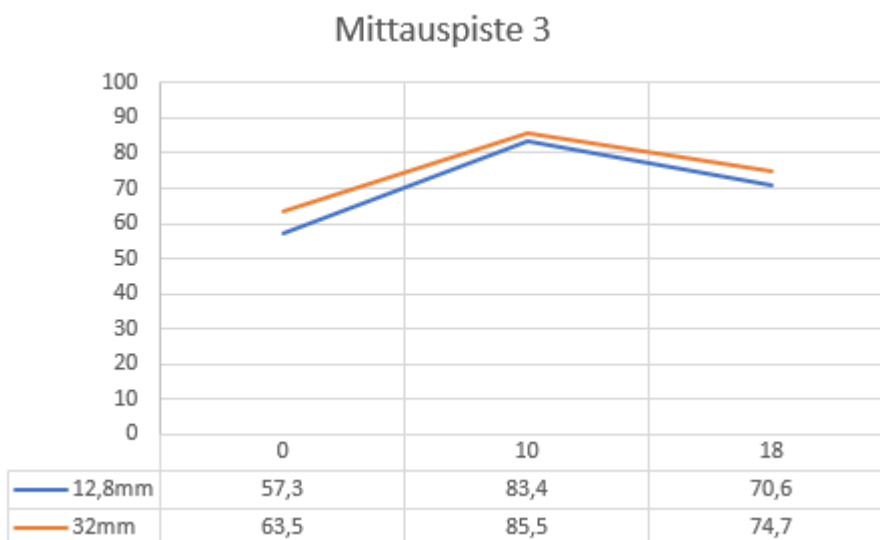


Taulukko 35. Mittauspisteen 2 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

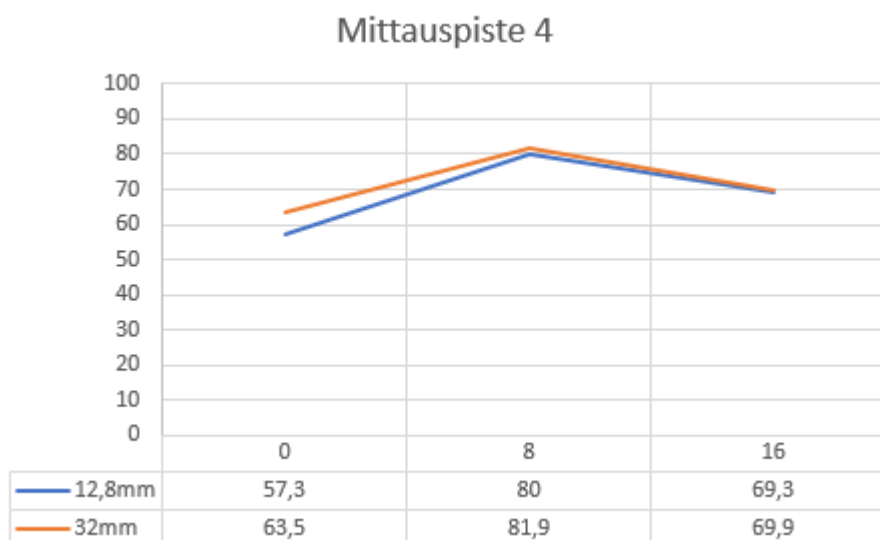
Mittauspiste 3



Taulukko 36. Mittauspisteen 3 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

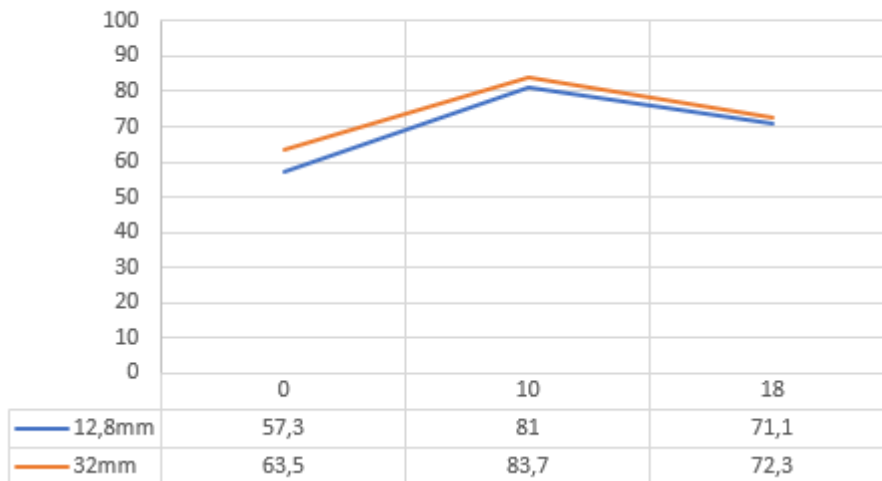


Taulukko 37. Mittauspisteen 3 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.



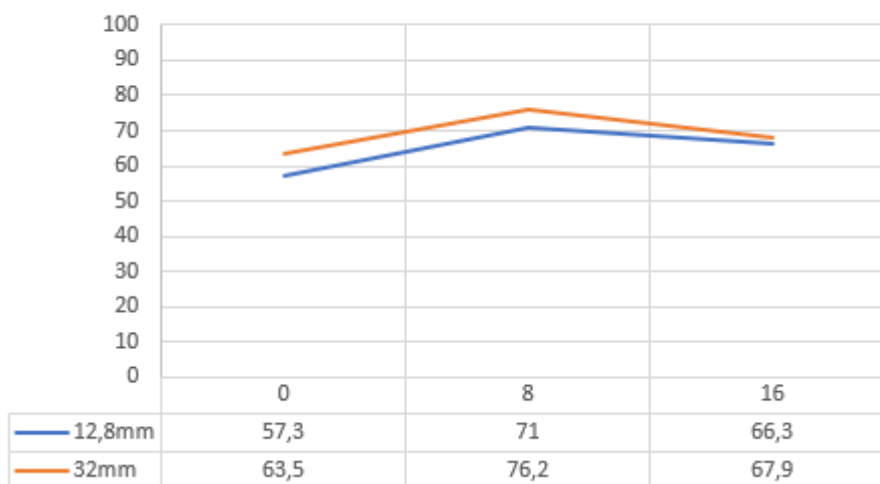
Taulukko 38. Mittauspisteen 4 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

Mittauspiste 4



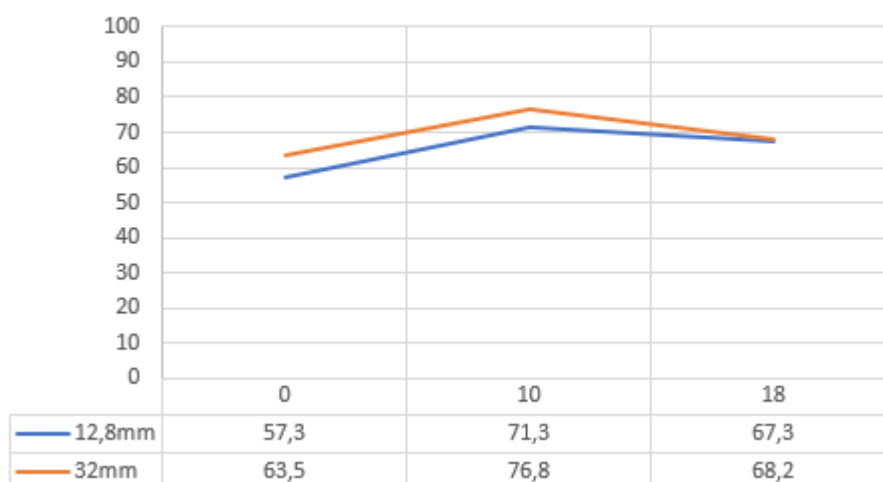
Taulukko 39. Mittauspisteen 4 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

Mittauspiste 5



Taulukko 40. Mittauspisteen 5 kosteusarvot yhden päivän jälkeen porauksesta ja 15 minuutin tasausajalla.

Mittauspiste 5



Taulukko 41. Mittauspisteen 5 kosteusarvot kolmen päivän jälkeen porauksesta ja yhden tunnin tasausajalla.

7 Pohdinta

Vesi imeytyi puhtaaseen betoniin kokonaan, kuten oli oletettu sekä betonilaatan suhteellinen kosteus nousi korkealle. Kuivauksen jälkeen 12,8 millimetrin syvyydestä mitattuna normaalin mittaustavan ja nopeutetun mittaustavan eroavaisuus suhteellisen kosteuden osalta on 0–10,1 % ja 32 millimetrin syvyydestä 0,5–3,7 %. Suhteellisen kosteuden eroavaisuus uusien ja vanhojen mittausreikien välillä oli 12,8 millimetrin syvyydellä 0,2–8,9 % ja 32 millimetrin syvyydellä 0,1–19,7 %. Odotettavissa oli suurta suhteellisen kosteusprosentin heittoa uusien ja vanhojen mittausreikien välisissä eroissa sekä pienempää heittoa nopeutetun ja oikean mittaustavan eroissa.

Laattapinta piti kosteutta poissa betonilaatasta, mutta ei kuitenkaan ihan kokonaan. Kuivauksen jälkeen 12,8 millimetrin syvyydestä mitattuna normaaliin mittaustavan ja nopeutetun mittaustavan eroavaisuus suhteellisen kosteuden osalta on 0,3–3,4 prosenttia ja 32 millimetrin syvyydestä 0,2–2,1 prosenttia. Vertailua uusien ja vanhojen porareikien mittauspoikkeavuudesta ei tehty laattapinnalta.

Laminaattipinta oletettavasti meni täysin piloille. Kuivauksen jälkeen 12,8 millimetrin syvyydestä mitattuna normaaliin mittaustavan ja nopeutetun mittaustavan eroavaisuus suhteellisen kosteuden osalta on 0,2–3,2 prosenttia ja 32 millimetrisin syvyydestä 1,1–2,5 prosenttia. Vertailua uusien ja vanhojen porareikien mittauspoikkeavuudesta ei tehty laminaatin alla olevasta betonilaatasta.

Muovimatto kestää normaalia veden räsitystä päästämättä kosteutta läpi, joten mattopinta ei ollut ehjä tai siinä ollut hitsausseama ei ollut enää vesitiivis. Kuivauksen jälkeen 12,8 millimetrin syvyydestä mitattuna normaaliin mittaustavan ja nopeutetun mittaustavan eroavaisuus suhteellisen kosteuden

osalta on 1–3,6 prosenttia ja 32 millimetrin syvyydestä 0,3–2,4 prosenttia. Vertailua uusien ja vanhojen porareikien mittauspoikkeavuudesta ei tehty muovimaton alla olevasta betonilaatasta.

Lähteet.

- Björkholtz, D. 1990. Rakennuksen kuivattaminen. Tampere: Tammer-Paino Oy. Corroventa. 2022.
<https://www.corroventa.fi/ratkaisumme/kuivausmenetelmaet/imukuivaus/> 16.3.2022.
- Hautala, M ja Peltonen, H. 2011. Insinöörin (AMK) fysiikka osa 1. Saarijärvi: Lahden Teho-Opetus Oy.
- Kiinteistölehti. 2018. <https://www.kiinteistolehti.fi/mita-tehda-vesivahingon-sattuessa-tarkeinta-on-toimia-nopeasti/>. 8.2.2022.
- Kuivajaahdytys. 2020. <https://kuivajaahdytys.fi/betonin-kuivuminen-ja-kuivaus-lyhyesti/>. 20.2.2022.
- Oulun kuivaustekniikka. 2022. <https://www.oulunkuivaustekniikka.fi/toiminta-vesivahingon-sattuessa>. 8.2.2022.
- Oulun kuivaustekniikka. 2022. <https://www.oulunkuivaustekniikka.fi/vesivahinko-vakuutus>. 5.2.2022.
- Pistesarjat. 2022. <https://pistesarjat.fi/fi/pst-kuivauslammitimet-300-600-w#specs>. 16.3.2022.
- Popvakuutus. 2022.
<https://www.popvakuutus.fi/vakuutukset/kotivakuutus/kodin-vinkit/turvallinen-koti/vesivahinko>. 5.2.2022.
- Rakennuskuivain. 2022. <https://www.rakennuskuivain.fi/tasokuivain/>. 16.3.2022.
- RT 103333. 2021. Betonin suhteellisen kosteuden mittausta. Rakennustieto.
- Sisäilmäyhdistys ry. 2022. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>. 9.2.2022.
- Sisäilmäyhdistys ry. 2022. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen>. 13.2.2022.