

# Betonirakenteiden kosteuden mittaaminen ja onnistunut päällystäminen

*Sami Niemi, diplomi-insinööri  
Tutkimuspäällikkö, Vahanan Oy  
Rakennusfysikaaliset asiantuntijapalvelut/Humi-Group  
sami.niemi@vahanan.com*

2

Artikkeli käsittelee betonirakenteiden kosteus-  
pitoisuuden määrittelyä ennen pintarakennejär-  
jestelmän asentamista sekä asentamisen onnis-  
tumiseen vaikuttavia tekijöitä. Artikkelin nou-  
dattelee julkaisua Betonilattiarakenteiden kos-  
teudenhallinta ja päällystäminen, Betonitieto ja  
Lattian- ja Seinänpäällysteliitto 2007. Julkai-  
sussa määritellään päällystämiseen liittyvät tek-  
ijät selvästi tarkemmin kuin SisäRYL 2000:ssa  
ja sitä täydentävässä RT 14-10675 ohjekortissa  
Betonin suhteellisen kosteuden mittausta 1998.  
Poikkeaminen em. asiakirjoista tulee aina per-  
ustella, ellei asiakirjojen pätevyysjärjestystä  
ole määritelty jo esim. urakkasopimuksessa.

## Mittaustarve

Betonirakenteiden riittävä kuivuminen mita-  
taan, jotta voidaan varmistua

1. päällyste ei joudu liian suureen kosteusrasi-  
tukseen
2. betonin kutistuminen ei muodostu haitalli-  
sen suureksi.

Näin vältetään kosteusherkkien päällysteiden  
mikrobivauriot ja kemiallinen vaurioituminen,  
päällysteiden haitalliset kosteusliikkeet ja alus-  
taan kiinnitettävien materiaalien irtoaminen.

Kosteuden (vesihöyryn) poistuminen tapah-  
tuu hahntamalla betoniin syntyvää huokosver-  
kostoa pitkin syvemmältä betonista kohti pintaa  
ja siitä ilmaan, mikäli ilma on riittävän kuivaa  
vastaanottamaan betonista tulevan kosteuden.  
Kuivumisen tuloksena betoniin syntyy kosteus-  
jakauma, jossa betonin pintaosat ovat kuivim-  
mat ja syvemmälle mentäessä kosteuspitoisuus  
(huokosilman suhteellinen kosteuspitoisuus eli  
betonin RH) nousee. Kuivumisen aikana pinta-  
osat saattavat kastua esimerkiksi sadevesistä tai  
lattian tasoittamisesta. Tällöin kosteusjakauma  
saattaa olla sellainen, että pintaosat ovatkin kos-  
teampia kuin betonin sisäosat.

Mittauskohtien valinnassa tulee huomioida  
valupäivät, olosuhde-erot sekä rakenteiden kas-  
tuminen. Mittauskohtien määrä valitaan tapaus-  
kohtaisesti. Minimiotantana on oletettu kuivuin  
ja kostein kohta. Tärkeintä on selvittää betonin

kosteustilanne päällystyshetkellä, mutta usein  
tarvitaan aiemmin myös ns. seurantamittauksia,  
jotta tiedetään miten betonin yleensä varsin hi-  
taasti tapahtuva kuivuminen etenee ja kuivu-  
mista voidaan tarpeen mukaan tehostaa.

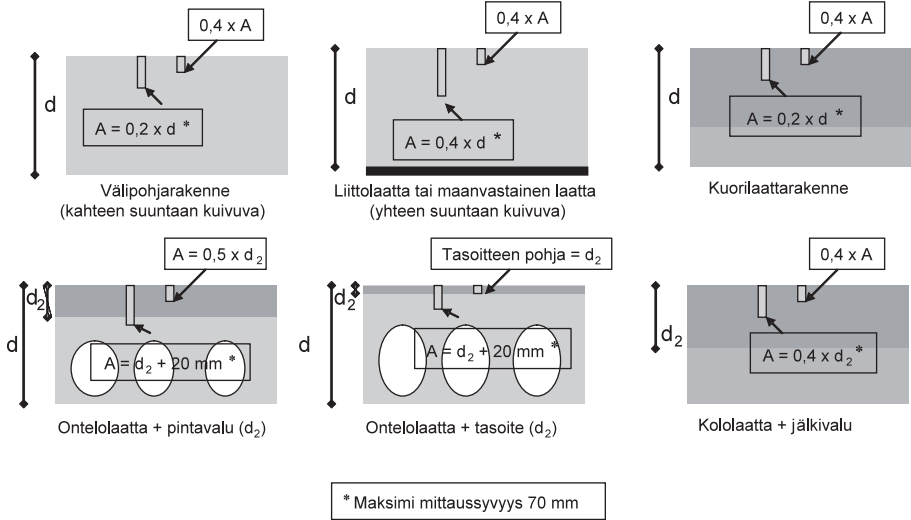
## Mittausperiaate

Kosteusmittaukset tehdään betonirakenteen  
suhteellisen kosteuspitoisuuden mittaamiseen  
kehitettyllä laitteistolla. Oikeilta syvyyksiltä be-  
tonista tehtävillä mittauksilla arvioidaan, mikä  
kosteus korkeintaan tasapainottuu päällysteen  
alle. Tätä määrittelyä ei voi tehdä pintakosteus-  
ilmaisimella.

Betonirakenteen suhteellinen kosteus (RH)  
määritetään rakenteen paksuuden mukaan mää-  
räytyvältä arviointisyvyydeltä (A), kts. kuva 1.  
Tiiviillä pintamateriaaleilla tällä syvyydellä  
vallitseva kosteuspitoisuus on lähellä päällyste-  
en alle tasapainottuvaa kosteuspitoisuutta, mi-  
käli betoni ei ole kosteampaa lähempänä pinta-  
akaan. Tämä varmistetaan mittaamalla rakenteen  
pinnan (0–5 mm) ja pintaosien kosteus syvyy-  
deltä 0,4 x A. Matalammalla mittaussyvyydellä  
varmistetaan, että betonin pintaosassa kosteu-  
den siirtyminen on tarpeeksi hidasta ja että be-  
tonin pintaosat pystyvät vastaanottamaan tasoit-  
teista ja liimoista tulevan kosteuden. Vesihöy-  
ryä hyvin läpäisevien päällysteiden alapuolelle  
tasapainottuvaan kosteuspitoisuuteen vaikuttaa  
eniten matalampien mittaussyvyyksien kosteus-  
pitoisuus.

Betonirakenteen suhteellinen kosteus voi-  
daan mitata rakenteeseen poratusta reistä tai  
betonirakenteesta irrotetusta näytepalasta.

Suhteellinen kosteuspitoisuus porareikäme-  
netelmällä mitataan asentamalla suhteellisen  
kosteuspitoisuuden mittalaite betonirakentees-  
sa kohtaan, jonka suhteellinen kosteuspitoisuus  
halutaan selvittää. Porareikä varustellaan siten,  
että reikään tasapainottuu halutulla syvyydellä  
betonihuokosissa vallinnut suhteellinen kos-  
teuspitoisuus. Porareikämenetelmä on tarkim-  
millaan +15 °C – +25 °C lämpötilassa tai ylei-



Kuva 1. Mittaussyvyudet eri rakenneratkaisuilla rakennepaksuuksista riippuen. [1]. Jos pintabetonilaatan paksuus on 60 mm tai suurempi, tulee kosteusmittaus mitata lisäksi arvostelussyvyden A yläpuolella syvyydellä  $0,4 \times A$ , jossa RH:n tulee yleensä olla alle 75 %:a.

semmin rakenteen normaalissa käyttölämpötilassa +20 °C.

Suhteellinen kosteuspitoisuus näytepalamenetelmällä mitataan asentamalla suhteellisen kosteuspitoisuuden mittalaite samaan koeputkeen yhdessä betonirakenteesta halutusta kohdasta otettujen betonimurujen kanssa. Koska betonimurujen kosteussisältö (kg/betoni-m<sup>3</sup>) on huomattavasti suurempi kuin koeputkessa alun perin olevan ilman kosteussisältö (kg/ilma-m<sup>3</sup>), koeputken ilman suhteellinen kosteus saavuttaa ilman lähtökosteuspitoisuudesta riippumatta saman arvon kuin mikä on betonimurujen sisäosien huokosissa olevan ilman kosteus eli betonin suhteellinen kosteus halutussa mittauslämpötilassa. Näytepalamenetelmää käytetään lämpötila-alueella -20 °C ... +80 °C tai kun valitsevat lämpötilaolosuhteet ovat epävakaa, tulos tarvitaan nopeasti tai halutaan maksimoida mittaus-tarkkuus.

## Porareikämittaus

Varmistetaan, että olosuhteet mittauspisteeseen ympärillä pysyvät mittauksen aikana vakaana (porauksesta lukemien ottoon). Yläpuolisen ilman ja rakenteessa olevan mittapään lämpötilanäyttämien ero ei saa olla yli 2 °C. Varmistetaan, ettei mittauspisteeseen kohdalla ole sähkö- tai vesiputkia. Selvitetään rakenneratkaisu ja määritetään mittaussyvyudet. Porataan reiät kuiva-

menetelmällä: Kaksi rinnakkaista reikää arviointisyvyydelle A ja yksi reikä syvyydelle  $0,4 \times A$ . Puhdistetaan reiät huolellisesti porauspölystä imurilla tai puhaltamalla reikään mahtuvalla suuttimella. Tiivistetään reiät sivuilta (putkella) ja päältä (korkki, kitti tai hyvin tiivis teippi) sekä putken ja betonin yhtymäkohdasta betonipinnasta (kitillä). Sivuultaan umpinaisen putken tulee ulottua reiän pohjalle. Suojataan mittauspiste lämpötilavaihteluilta ja muilta häiriöiltä.

Poraminen poikkeuttaa betonissa vallitsevaa kosteustasapainoa merkittävästi. Alkuperäinen porausvyvydellä vallinnut kosteuspitoisuus saavutetaan kolmen päivän kuluttua porauksesta.

Annetaan mittapään tasaantua mittauspistettä ympäröiviin olosuhteisiin ennen putkeen asennusta.

Asennetaan mittapää reikiin nopeasti ja tiivistetään mittapään ja putken väli huolellisesti huolellisesti aina elastista kittiä käyttäen.

Annetaan mittapään tasaantua mittausreiässä riittävän pitkä aika, jotta kosteustasapaino betonihuokosten ja mittapään kosteusanturin välillä saavutetaan. Tasaantumisaika riippuu mm. mittapäätyypistä ja betonilaadusta. Betonimitauksissa nopeimmatkin mittapääät vaativat vähintään tunnin tasaantumisaajan. Esim. Vaisala HMP44 vaatii tunnin tasaantumisaajan ja Vaisala HMP36, HMP46 neljän tunnin tasaantumisaajan. Kiinnitetään mittapää näyttölaitteeseen, luetaan



Kuva 2. Vasemmalla lukemienotto suhteellisen kosteuspitoisuuden mittapäistä, joka on asennettuna oikein valmisteltuun porareikämittausputkeen. Oikealla näytepalamittaus näyttölaitteen alla näkyvästä montusta otetuista betonimuruksista.

RH ja lämpötila sekä kirjataan arvot, mittapään numero, mittauspisteen sijainti ja mittaussyvyys. Mitataan myös huoneilman lämpötila ja suhteellinen kosteus. Mittauksesta tehdään raportti, josta ilmenee tulosten ja johtopäätösten lisäksi tarkka menetelmäkuvaus mittauksesta, kuten porausajankohta, mittapään asennusajankohta, lukemienottoajankohta sekä mittapään kalibrointiajankohta.

## Näytepalamittaus

Valitaan mittauskohta ja määritellään mittaussyvyyydet kuten porareikämittauksessa. Tehdään betoniin kuivamenetelmällä (poraamalla rinki, piikkaamalla tai kuivaporausruunulla) halkaisijaltaan 50–100 mm:n monttu, jonka suora pohja on noin 5 mm mittaussyvyyttä ylempänä.

Montun pohjalta piikataan betoninäytteitä koeputkeen. Näytteet otetaan esimerkiksi lyöntimeisselillä tai taltalla. Näytemurusia ei oteta 5 mm:ä lähempää ringin porauksen/työstön sisäreunaa. Laitetaan irrotetut betonikappaleet (ei porauspölyä eikä suuria runkoaineraakeita) välittömästi koeputkeen yhdessä suhteellisen kosteuden mittapään kanssa ja suljetaan putken suu

tiivisti. Näytteitä otetaan samasta mittaussyvyydestä vähintään kaksi koeputkellista. Putkesta täytetään 1/3 betonimuruilla, jotta betonipalojen sisällä oleva kosteus (RH) varmuudella tasapainottuu putken ilmatilaan.

Näytepalamittaus voidaan tehdä minkä lämpöisestä betonista tahansa missä tahansa ilman-koosteudessa. Putkien ja mittapäiden tulee tasaantua mittauskohdassa vallitseviin olosuhteisiin ennen mittauksen aloitusta. Koeputket siirretään vakioilämpötilaan (yleensä +20 °C) tasaantumaan mittapään edellyttämästä tasaantumisajasta riippuen 5–10 tunniksi. Oikein otetuissa näytepaloissa ei ole porauksen vaikutusta kosteampaan suuntaan, vaan tasaantumisen aikana kosteusarvo nousee vähitellen hidastuen oikeaan arvoon. Kuljetuksen aikana koeputkien tulee olla suojattuja lämpötilamuutoksilta. Mikäli betonin näyteenottohetkiset lämpötilat poikkeavat oleellisesti normaalista, tulee tasaantumisaikaa pidentää. Myös lujemmilla betoneilla tulee käyttää pidempää tasaantumisaikaa. Riittävän pitkän tasaantumisen jälkeen kirjataan ylös mittapään tiedot ja luetaan kosteus (RH %) ja lämpötila. Raportti tehdään vastavasti kuin porareikämittauksista.

Näytepalamittauksessa betoniin syntyvät kuopat ovat suurempia kuin porareikämittauksessa. Tästä syystä näyteenottokuopat tulee aina paikata tarkoituksenmukaisesti huomioiden mm. tulevat valmiin lattian rasitukset. Mikäli mittauskohdilla saattaa olla vaikutusta valmiin rakenteen kosteustekniseen toimintaan, on reiät ja kuopat paikattava tiiviillä aineilla.

## Mittaustarkkuus

Mittauksen luotettavuuteen vaikuttavia perustekijöitä ovat mittalaitteiden tarkkuus, mittauksen suoritustavasta aiheutuvat epätarkkuustekijät ja olosuhdetekijät. Edellä on määritelty menetellytavat hyvän mittaustarkkuuden saavuttamiseksi. Joskus ei ole tarpeellista, eikä aina edes mahdollista, mitata kovinkaan tarkasti. Tällöin tehdään ns. suuntaa antavia mittauksia, jotka voivat olla aivan riittäviä, kunhan niiden joskus hyvinkin suuri epätarkkuus tiedostetaan ja huomioidaan tulosten tulkinnessa.

Mittalaitteen tarkkuuteen vaikuttaa eniten se, kuinka kauan sitten sen oikeellisuus on tarkistettu tunnetussa vertailukosteuspitoisuudessa. Käytössä mittalaitteet kuluvat ja likaantuvat, jolloin niiden kosteusnäyttämät liukuvat yleensä alaspäin. Liukuma saattaa olla useita RH-yksiköitä vuodessa. Siihen, miten nopeasti mittapää saavuttaa tasapainon betonin RH:n kanssa, vaikuttaa kosteussäätöaineen kosteuskapasiteetti ja mittapään varren tiiviyys. Mittapään ikääntyessä sen vaatima tasaantumisaika saattaa pidentyä.

Mittauksen suoritustavalla voidaan vaikuttaa merkittävästi mittaustulokseen. Mittaaminen alle kolmen vuorokauden ikäisistä porareijästä saattaa aiheuttaa 1–10 RH-yksikköä todellista korkeampia kosteusarvoja. Muut porareikämittauksen suoritustavasta riippuvat epätarkkuustekijät johtavat yleensä liian alhaisiin tuloksiin. Näitä ovat puutteet tiivistyksissä ja mittapään liian lyhyt tasaantumisaika mittauspätkessä. Tiivistyksen puutteet aiheuttavat sitä suuremman mittausvirheen, mitä suurempi kosteuspiitoisuus on betonin pintaosien ja mittaussyvyyden välillä. Esimerkiksi huolimatton tiivistys oikeanlaista mittauspätkää käytettäessä saattaa aiheuttaa 5 RH-yksikköä liian pieniä tuloksia. Mittaaminen oikeansyvyisestä reijästä ilman mittauspätkää, tiivistämällä mittapää vain betonin pintaan, saattaa aiheuttaa jopa 15 RH-yksikköä liian pieniä kosteusarvoja em. esimerkitilanteeseen, jossa betonin pintaosat ovat kuivempia kuin betoni poraussyvytydellä. Vastaavasti, jos betoni on kostunut vain aivan pinnastaan, voidaan saada syvältäkin korkeita kosteusarvoja, vaikka syvällä betoni onkin todellisuudessa aivan kuivaa.

Olosuhteet saattavat aiheuttaa porareikämittauksen täydellisen epäonnistumisen. Viileästä betonista saadaan yleensä normaaliämpötilaan +20 °C nähden alhaisempia RH-arvoja ja normaalia lämpimämmästä betonista korkeampia arvoja. RH:n muuttuminen lämpötilan muuttuessa ei ole suoraviivaista, joten tarkkoja porareikämittauksia voidaan tehdä vain +15–25 °C:n lämpöisistä rakenteista. Lisäksi yläpuolisen ilman ja betonin välillä ei saa olla yli 5 °C:n lämpötilaeroa. Rakennetta kylmempi mittapää aiheuttaa RH-arvojen nousua ja rakennetta lämpimämpää mittapää RH-arvojen laskua. Lämpötilatekijöistä mitattuun RH-lukemaan voi tulla runsaasti yli 10 RH-yksikön virhe.

Yksittäiset epätarkkuustekijät on usein mahdollista saada huolellisella mittaamisella suuruusluokkaan  $\pm 2$  RH-yksikköä ja kokonaismittaustarkkuus suuruusluokkaan  $\pm 5$  RH-yksikköä. Toisaalta useampikin suuri mittausepätarkkuustekijä saattaa vaikuttaa samassa mittauksessa samanaikaisesti huonontaan mittaustarkkuuden jopa suuruusluokkaan  $\pm 20$  RH-yksikköä.

Näytepalamittauksella on varmemmin saatavissa riittävän hyvä mittaustarkkuus kuin porareikämittauksella. Mittalaitteen tarkkuuden ja tasaantumisaajan lisäksi näytepalamittauksen tarkkuutta saattaa huonontaa vain murrujen ottaminen epätarkalta syvyydeltä, liian pieni näytemäärä ja näytteenotto porauksen vaikutuksen alaiseksi joutuneesta betonista. Näytepalamittauksella voidaan sulkea kokonaan pois olosuhteista aiheutuvat epätarkkuustekijät.

Mittauksen luotettavuuden varmistamiseksi tulisi käyttää sertifioituja kosteusmittaajia.

## Päällystettävyyden arviointi

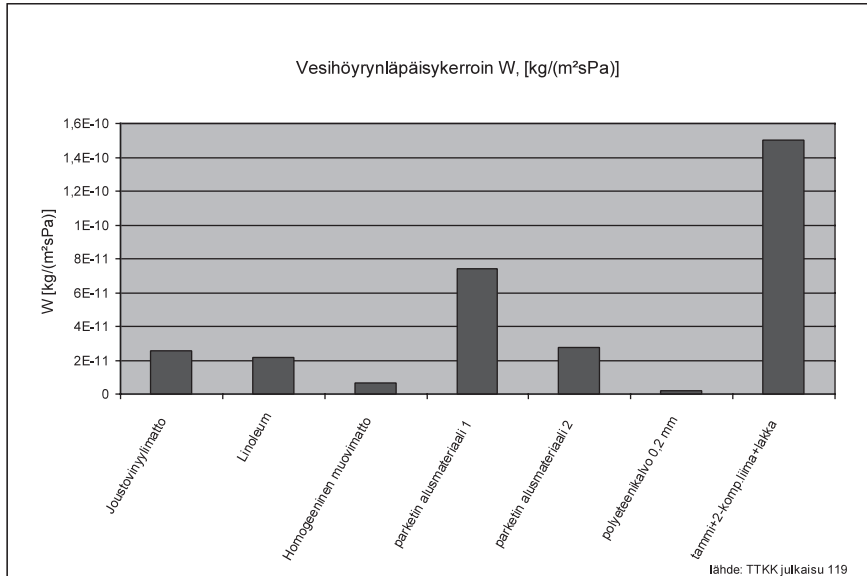
Jos betonirakenteeseen on kuivumisen myötä syntynyt kosteusprofiili, jossa rakenne on pintaosiltaan kuiva mutta syvemmältä vielä kostea, syvemmältä kohti kuivempaa pintaa siirtyvä kosteus voi kerääntyä päällystemateriaalin alle, jos betonin pintaosien vesihöyrynläpäisevyys on suurempi kuin päällystemateriaalin. Jos kosteuden poistuminen päällysteen läpi on hitaampaa kuin syvemmältä pintaa kohti siirtyvän kosteuden siirtyminen, kosteus päällysteen alla voi nousta kriittisen korkeaksi. Jos taas pintaosien järjestelmän vesihöyrynläpäisevyys on parempi kuin betonin pintaosien vesihöyrynläpäisevyys, päällysteen alapuolinen kosteuspiitoisuus saattaa jäädä huomattavastikin mittaussyvytydellä A vallinnutta kosteuspiitoisuutta alhaisemmaksi. Kosteuden poistumiseen vaikuttaa erityisesti, miten hyvin päällystemateriaali läpäisee vesihöyryä sekä miten hyvin rakenne pääsee kuivumaan esimerkiksi välipohjassa alapäin.

Kriittinen kosteusarvo on se kosteusarvo, joka tulee mittaustarkkuus huomioiden alittaa arvostelumittaussyvytydellä ennen päällystämistä. Parketeilla, laminaateilla ja muovimatoilla em. päällystettävyyden raja-arvo on 85 %RH. Alustaan liimattavilla päällysteillä aivan pinnassa ja syvyydellä 0,4 x A tulee viimeisten tasoitustöiden jälkeenkin saavuttaa kosteuspiitoisuus 75 %RH, jotta liiman kosteus pystyy imeytymään riittävän hyvin alustaan.

Raja-arvoissa on varmuusmarginaalia, koska ne eivät huomioi materiaaliikohtaisia eroja. Arvoista voidaan siten poiketa tapauskohtaisesti tarkemman fyysisen tarkastelun perusteella, mikäli esim. päällysteen vesihöyrynläpäisy on tiedossa. Materiaalitoimittajat voivat myös antaa tapauskohtaisesti noudatettavia tarkempia päällystysraja-arvoja, jotka huomioivat ominaisuudet perusohjeita paremmin.

Perusperiaatteena on, että mitä läpäisevämpää päällyste on, sitä enemmän syvyydelle A annettu raja-arvo voidaan ylittää turvallisesti, kunhan pinnan ja syvyyden 0,4 x A raja-arvo 75 %RH saavutetaan. Vastaavasti mikäli pintaosien kosteuspiitoisuus on erittäin alhainen, esimerkiksi tehokuivatuksen jälkeen 10–30 %RH, voidaan päällystysvetkellä sallia syvyydellä A lievästi raja-arvoa korkeampi kosteus melko tiiviilläkin päällysteillä. Ontelolaatan saumassa sallitaan 5 RH-yksikköä laatan kohtaa korkeammat arvot.

Korjausrakentamisessa on usein, ja kosteusvauriotapauksissa aina, syytä käyttää em. raja-arvoja alhaisempia tavoitearvoja betonin alhaisemmasta alkalisuudesta ja betoniin mahdollisesti joskus imeytyneistä epäpuhtauksista johtuen. Tuoreen betonin alkalisuus (korkea ph)



Kuva 3. Eri materiaalien vesihöyrynläpäisykykyjä [2]. K30-betonin vesihöyrynläpäisykerroin 90 %RH:n kosteuspuiteolosuhteissa on suuruusluokkaa  $2,0 E-10 \text{ kg/m}^2\text{s Pa}$  ja 75 %RH:n kosteuspuiteolosuhteissa suuruusluokkaa  $1,95 E-10 \text{ kg/m}^2\text{s Pa}$ . Em. arvot eivät huomioi betonin paksuutta. Otettaessa paksuus huomioon, vesihöyrynläpäisykyky eri kosteuspuiteolosuhteissa on huomattavasti erisuuruinen.

alenee aina vähitellen betonin ikääntyessä. Alhaisemmassa pH:ssa mikrobikasvu on helpommin mahdollista kuin esim. tuoreeseen betoniin liittyvissä materiaaleissa.

Tasoiitteet kovettuvat ja kuivuvat yleensä nopeasti. Vallitsevat olosuhteet, kuten huoneen lämpötila ja kosteus, tasoiittekerroksen paksuus ja betonialustan kosteus, vaikuttavat merkittävästi kuivumiseen. Eri tuotteiden välillä on huomattavia eroja. Pohjustuksesta huolimatta tasoiitteet kastelevat alapuolisen betonirakenteen pintaosia. Siihen, miten paljon ja miten syvälle tasoiite kastelee alapuolista betonia ja miten nopeasti tämä kosteus poistuu, vaikuttavat merkittävästi tasoiitelatu, tasoiittekerroksen paksuus sekä alustabetonin tiiviyys ja kosteus. Paksummat oikeausmateriaalit ja pumputtasoiitteet voivat vaatia huomattavasti pidempiä kuivumisaikoja, jopa useita viikkoja, mutta myös niistä löytyy nopeasti kuivuvia tuotteita, joiden kuivumisajat vaihtelevat muutamasta tunnista yhteen vuorokauteen. Em. syistä tasoiitteeseen riittävä kuivuminen tulee varmistaa tasoiitte ja betonipinnan näytenäytelmittauksella, mikäli on syytä epäillä riittävää kuivumista esimerkiksi alueella, jossa tasoiittekerros on paksuimmillaan.

## Materiaalit

Lattia- ja seinäpäällysteiden sekä pinnoitteiden valintaan vaikuttavat mm. kohteen käyttötarkoituksen ja ympäröivien olosuhteiden asettamat rasitusvaatimukset sekä esteettiset seikat.

Yleisimpiä lattiapäällystemateriaaleja ovat muovimatot ja -laatat, parketit, laminaatit, linoleum ja tekstiilimatot sekä keraamiset laatat kuivissa tiloissa ja märkätiloissa, jolloin niiden alla on vedeneristekerros. Yleisimpiä betonilattioiden pinnoitteita ovat maalit, lakat ja erilaiset massapinnoitteet, kuten epoksit, akryylit, polyuretaani ja sementtipolymeeri. Betoniseiniä puolestaan päällystetään tai pinnoitetaan pääosin keraamisilla laatoilla, tapeteilla tai maaleilla. Lattia- ja seinäpäällysteet kiinnitetään betonialustaan jollain kiinnitysaineella, kuten liimalla tai laastilla.

## Puupohjaiset päällysteet

Betonissa päällystystyöskentelällä vallitsevalla kosteuspuiteolosuhteella on hyvin vähäinen vaikutus nykykaisten alusmateriaalien päälle kelluviksi asennettävien parkettien ja laminaattien kos-



teurasituksiin. Betonin riittävän kuivatuksen merkitys onkin pääosin alusmateriaalin alle kehittyvän kosteuspitoisuuden rajoittamisessa. Tällä on merkitystä tasotteille ja mahdollisille alusmateriaalin alle jääville epäpuhtauksille ja niiden kosteusvaurioitumiselle. Jotta alusmateriaalin alapuolinen kosteuspitoisuus ei pysy yli vuotta yli 85 %RH:n tasolla, on suositeltavaa käyttää selvästi 0,2 mm polyeteenikalvoa paremmin vesihöyryä läpäiseviä alusmateriaaleja.

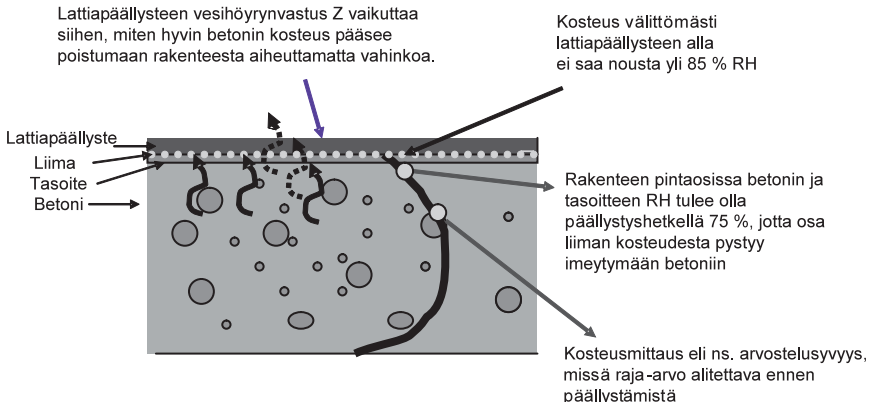
Laminaatit ovat parketteja tiiviimpiä. Jotta niiden saumojen reunanousu vältetään, tulee laminaattien kanssa käytettävien alusmateriaalien olla jonkin verran parkettien alla käytettäviä alusmateriaaleja tiiviimpiä. Tällöin alusmateriaalin alapuolinen kosteuspitoisuus saattaa siten parketteja helpommin nousta mikrobikasvun mahdollistavalle tasolle. Tämän välttämiseksi tulee alusmateriaalin alustan aina olla mahdollisimman puhdas esim. sahanpurusta ja muusta orgaanisesta aineksestä.

Alustaan liimattavan parketin vaurioitumisen kannalta on oleellista, ettei betonin kosteus välittömästi parketin alla nouse yli 75 % RH:n. Koska parketti lakkoineen ja liimoineen läpäisee suhteellisen hyvin vesihöyryä, riittää että parketin asennushetkellä betonin suhteellinen kosteus arviointisyvyydellä A on alle 85 %. Rakenteen pintaosien tulee kuitenkin olla huomattavasti kuivemmat eli syvyydellä 0,4 x A alle 75 % RH. Ainakin yleensä käytettävää K30 betonia lujempaa ja sitä kautta tiiviimpää betonia käytettäessä, tavoitekosteus syvyydellä A on 90 % RH. Jotta alusta kestää riittävällä varmuudella puun kosteusliikkeet, tulee sen pinnan tartuntavolujuuden tasoitettunakin olla vähintään 1 MPa.

## Muovi-, linoleum-, tekstiili- ja kumimatot sekä laatat

Tasa-aineiset muovimatot kestävät joustovinyylimattoja paremmin kosteutta, mutta toisaalta ne ovat joustovinyylimattoja tiiviimpiä. Tämä voi herkemmin johtaa alusbetonin kosteuden kerääntymiseen maton alle ja siten aiheuttaa mm. liiman vaurioitumista. Joustovinyylimaton hyvän vesihöyrynläpäisykyvyn ansiosta välittömästi maton alle tasaantuva kosteuspitoisuus jää selvästi syvemmältä mitattua kosteuspitoisuutta A alhaisemmaksi, kunhan pintaosat ovat riittävän kuivia ja viimeisimmätkin tasoitukset ovat kuivuneet hyvin. Jotta liima ei vaurioituisi, tulee sen yleensä kuivua noin kahdessa viikossa asennuksesta lukien. Tämä varmistetaan oikealla liimamäärällä, oikeilla liiman avoajoilla sekä sillä, että alusta pystyy riittävän hyvin vastaanottamaan liimasta tulevan kosteuden (usein suuruusluokkaa 200 g/m<sup>2</sup>).

Jotta kosteus maton alla ei nouse liian korkeaksi, betonirakenteiden tulee kuivua vähintään syvyydelle A määriteltyyn päällystykseen sallivaan kosteusarvoon 85 %RH. Hyvin vesihöyryä läpäisevillä matoilla on oleellisempaa, että lähempänä pintaa syvyydellä 0,4 x A betoni on riittävän kuivaa (RH alle 75 %) vastaanottamaan tasoitteista ja liimoista rakenteeseen tulevan kosteuden. Mitä tiiviimpi päällystemateriaali on, sitä kuivempi betonirakenteen tulee olla myös syvemmällä. Mikäli pintarakenne liimataan korkeintaan 60 x 60 cm laatoista, voi alustabetonin suhteellinen kosteuspitoisuus olla 5 RH-yksikköä yhtenäiseksi hitsattavaa mattoa korkeampi, koska osa kosteudesta poistuu saumojen kautta.



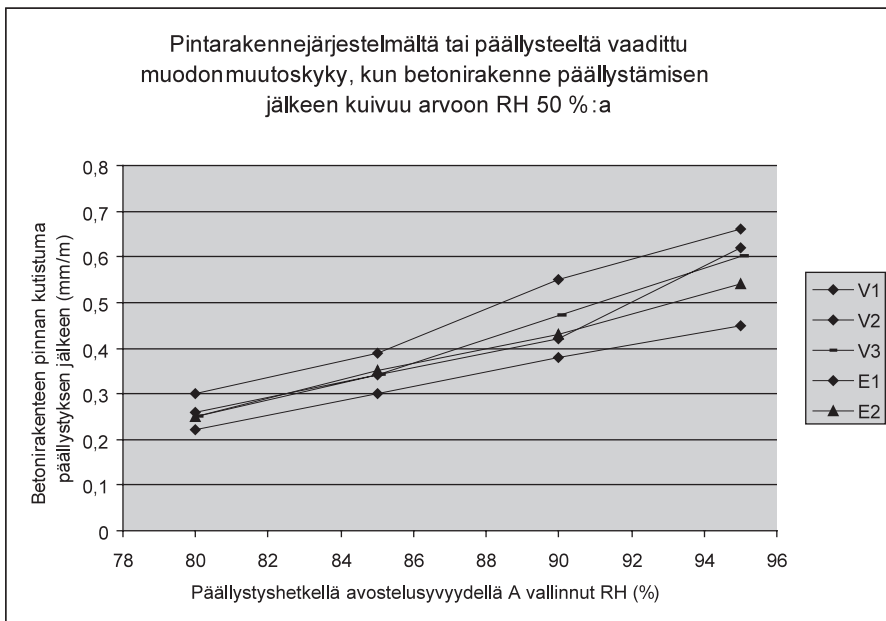
## Vedeneristeet

Vedeneristeen tartuntavetolujuus riippuu hyvin vähän alustabetonin kosteuspitoisuudesta mitaussyvyydellä A. Riittävän tartunnan varmistamiseen vaikuttavat eniten betonin pintaosien riittävä kuivuus, betonipinnan lujuus ja vedeneristystyön huolellisuus. Mikäli vedeneristetoimittajan raja-arvoja (yleensä 90 %RH) ei aivan saavuteta, voidaan vedeneristys ja laatoitus tehdä hieman kosteammallekin. Tällöin on erityisesti huolehdyttävä hyvästä tartunnasta alustaan ja alustabetonin jatkossa tapahtuvan kutistumisen huomioimisesta esimerkiksi vedeneristekerrosta paksuntamalla tai käyttämällä muodonmuutoskykyisempiä kiinnityslaasteja. Lisäksi tulee kiinnittää erityishuomiota joustavien saumojen oikeaan toteutukseen. Toisin sanoen koko pintarakennejärjestelmä tulee valita oletettavissa olevia päällystämisen jälkeen tapahtuvia muodonmuutoksia silmällä pitäen.

## Laatoitukset kuivissa tiloissa

Kovettunut betoni kutistuu kuivuessaan ja laajenee kostuessaan likimain kutistumisen suuruutta vastaavasti. Mitä enemmän betonimassassa on vettä ja sementtiliimaa, sitä enemmän betoni kutistuu. Yleensä kuivissa sisätiloissa olevan betonirakenteen kuivumiskutistuman suuruus valutilanteesta lähtien määriteltynä on noin 0,4–0,6 mm/m, mutta joillakin betonilaaduilla se voi olla jopa yli 1 mm/m. Mitä kuivemmissa olosuhteissa rakenne on, sitä enemmän siitä haihtuu kosteutta ja sitä enemmän se kutistuu. Betonin kuivumiskutistuma tulee erityisesti ottaa huomioon, kun betonirakenne päällystetään keraamisilla laatoilla.

Laatojen irtoamisriskin on todettu kasvavan huomattavasti, jos alustabetoni kutistuu laatoituksen jälkeen vähintään 0,5 mm/m. Työvirheet voivat pienentää riskirajaa tasolle 0,2 mm/m. Betonin pinnan lujuudella, pintarakennejärjestelmän tai kiinnityslaastin muodonmuutoskyvyllä ja tartuntalujuudella (kiinnipitokyvyllä) sekä itse laatoitustyöllä on merkittävä vaikutus



Kuva 5. Betonin kuivumisen ja kutistumisen välinen yhteys ja sitä kautta pintarakennejärjestelmältä vaadittava muodonmuutoskyky. V1, V2 ja V3 ovat valmisbetoneita. E1 ja E2 ovat elementtiteollisuuden betoneita. Seuraavassa on lueteltu betonitoimittajien antamat tunnistetiedot. Kaikkien V-betonien notkeus on S3. V1 = nopeasti kovettuva rakennebetoni, V2 = nopeasti päällystettävä lattiabetoni ja V3 = normaali rakennebetoni. E1 = tasovaluun massa (2–3 sVB) ja E2 on paterivaluun massa (alle 1 sVB). Kaikkien # max = 16 mm ja lujuus K30 paitsi V2 = K35 [1].

siihen, miten laattojen kiinnitysjärjestelmä kestää alustabetonin muodonmuutoksia.

Eri betonilaaduille voidaan kokeellisesti määrittää kuivumisen ja kutistuman välinen yhteys, jolloin riittävästä kutistumasta voidaan varmistua mittaamalla betonirakenteen suhteellinen kosteus. Mitä alhaisempi betonin suhteellinen kosteus on laatoitushetkellä, sitä pienempi myös rakenteen jäljellä oleva kutistuma on. Useimmilla betonilaaduilla jäljellä olevan kutistuman suuruus on noin 0,35–0,55 mm/m, kun betonin suhteellinen kosteus mittaussyvytydellä A on noin 90 %, ja noin 0,2–0,3 mm/m, kun suhteellinen kosteus on vastaavasti 80 % betonin kuivussa koko paksuudeltaan laatoittamisen jälkeen suhteelliseen kosteuspitoisuuteen 50 %RH.

## Pinnoitteet

Pinnoitukset ovat useimmiten vähintään kahden eri tuotteen yhdistelmiä. Ensin tehdään pohjustuskäsittely ja sen päälle varsinainen pinnoitus. Pohjustuksen tarkoituksena on sulkea alustan pintahuukokset ja parantaa pinnoitteen tartuntaa. Useimmille pinnoitteille riittää, että pinnoitushetkellä betonirakenteen pinnat ovat kuivuneet jonkin verran eikä betonin kosteus ole kapillaarisella alueella. Tämä tarkoittaa sitä, että betonihuukokset eivät ole täynnä vettä ja että suhteellinen kosteuspitoisuus huokosissa on alle 97 %.

Useimmiten esitettävät pinnoitteiden asennettävyyden raja-arvokosteuspitoisuudet on annettu ennen tässä artikkelissa esitettyä tarkastelutapaa [1]. Lisäksi nykyään käytettävät mittalaitteet ja mittaajien tietotaidon kasvu johtavat keskimäärin lähemmäs todellisia kosteuspitoisuuksia siten, että kosteusarvot ovat usein korkeampia kuin epätarkemmissa mittauksissa. Seuraavassa esitettävät kosteustarkastelutavat eivät siten ole aivan yhtä eksakteja kuin edellä on annettu kosteuserhille päällesteille. Tämä ei välttämättä ole kriittistä, sillä useimmat pinnoitteet sietävät hyvinkin korkeita kosteuspitoisuuksia kunhan pinnoite on pystynyt kiinnittymään ongelmitta riittävän lujaan alustaan.

Vesiohenteisia epoksia valmistetaan lakkoina, maaleina, itsesiliivinä massoina ja hierrettävinä massoina. Luonteenomaista vesiohenteisille pinnoitteille on niiden hyvä vesihöyrynläpäisykyky eli ne sallivat betonialustassa mahdollisesti olevan kosteuden siirtymisen pinnoitteen läpi. Tällöin pinnoitteen irtoamisen voi aiheuttaa betonin kutistuminen, mikäli se on pinnoitteen kutistumista suurempaa ja kutistumisilmiöiden myötä pinnoitteen ja betonin rajapintaan syntyvät jännitykset ylittävät pinnoitteen tartuntalujuuden.

Luotinohenteisia epoksilakkoja käytetään lähinnä pohjustuslakkoina ja hierrettävien epoksinpinnoitteiden pinalakkoana. Pohjustuslakat tarttuvat hyvin betonipintaan ja muodostavat tiiviin

kalvon. Useimmat tuotteet edellyttävät, että betonin pinta on jonkin verran kuivunut, mikä määritetään näytepalamittauksella betonin pinnasta. Tavoitekosteutena pinnassa (0–5 mm syvytydellä) voidaan usein pitää 90 %RH:ta.

Epoksinpinnoitteet kestävät yleensä hyvin betonin kosteutta. Betonin suhteellinen kosteus ei kuitenkaan saa olla yli 97 % eli kosteus ei saa olla kapillaarisella alueella millään syvytydellä betonissa, jottei kosteus pääse siirtymään kapillaarisesti pinnoitteen alle. Kapillaarinen kosteus voi aiheuttaa pinnoitteen alle osmoottisen paineen, joka johtaa pinnoitteen kuplimiseen ja hilseilyyn.

Polyuretaanit ovat elastisia ja ne muodostavat kulutusta kestävä, vesitiiviin pinnan. Useat polyuretaanipinnoitteet ovat herkkiä alustabetonin kosteudelle. Ne edellyttävät, että alustabetonin suhteellinen kosteus on alle 90 % mittaussyvytydellä A ennen pinnoittamista.

Sementtipolymeeripinnoitteet edellyttävät, että betonin pinnan tulee olla kostea pinnoitus-työhön ryhdyttäessä. Sementtipolymeerit kestävät myös kapillaarista kosteutta (RH > 97 %).

Akryylilaittoita tehdään pääsääntöisesti hierrettävinä massoina. Akryyli kovettuu nopeasti ja sitä voidaan levittää alhaisissa lämpötiloissa. Pinnassa ei kuitenkaan saa olla tiivistynyttä kosteutta. Alustabetonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvo on 97 % pintaosissa ja syvemmilläkin.

## Maanvarainen betonilattia

Vaikka kapillaarinen vedennousu on estetty, maanvaraisen laatan alapuolisen täyttökerroksen huokosilman suhteellinen kosteus on käytännössä lähes aina 100 %. Täyttökerroksen vesihöyrypitoisuus riippuu tällöin merkittävästi lämpötilasta. Lämmitetyissä pientaloissa täyttökerroksen lämpötila on useimmiten noin +12–+17 °C riippuen käytetystä eristepaksuudesta ja yläpuolisen tilan lämpötilasta. Suuremmissa rakennuksissa (esim. teollisuushallit) täyttökerroksen lämpötila on tyypillisesti 1–2 °C sisäilman lämpötilaa alempi viimeistään muutaman vuoden kuluessa rakennuksen valmistumisesta. Lämpöeristämättömissä alapohjissa täyttökerroksen lämpötila voi nousta lähelle sisäilman lämpötilaa rakennuksen runkosyvytydestä riippumatta ja täyttökerroksen suhteellinen kosteuspitoisuus saattaa alentua maaperän kosteustuotosta, maa-ainesten kosteudensiirtokyvystä sekä maa-aineksissa tapahtuvista ilma- virtauksista. Täyttökerroksen lämpötilaa voivat kasvattaa myös kerroksessa kulkevat lämpöeristämättömät lämpöpötket.

Maanvastaisen laatan yli muodostuu lämpötila- ja kosteusero, joka pyrkii tasaantumaan rakenteen läpi. Lämpimän ja kostean täyttökerroksen ( $T \approx +16 \text{ °C}$ ,  $RH \approx 100 \%$ ) huokosilman



vesihöyrypitoisuus on yleensä suurempi kuin normaalin huoneilman ( $T \approx +20\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{RH} = 20\text{--}40\%$ ). Tästä syystä täyttökerroksesta pyrkii kulkeutumaan diffuusiolla (vesihöyrymuodossa) kosteutta huoneilmaan päin. Matkalla tämä kosteus voi jopa tiivistyä rakenteeseen tai jonkin materiaalikerroksen kosteus voi nousta kriittisen korkeaksi.

Em. syistä pelkkä alapohjan päällystysketken kosteuspitoisuuden tarkistus mittaussyvyydellä A ei välttämättä takaa päällysteen moitteetonta kosteusteknistä toimintaa. Pintarakennejärjestelmälle kohdistuva kosteusrasitus on siten aina ainakin tiiviiden päällysteiden tapauksessa syytä tarkistaa analysoimalla koko rakenteen kosteustuottoa suhteessa päällysteen ominaisuuksiin [2].

Useimmissa tapauksissa kriittisin kohta on tiiviin lattiapäällysteen alapinta. Lattiapäällysteen vesihöyrynläpäisykyky suhteessa alapuoliseen kosteusvirtaan vaikuttaa merkittävästi siihen, nouseeko kosteus lattiapäällysteen alla kriittisen korkeaksi. Eri lattiapäällysteiden vesihöyrynläpäisykykyissä on suuria eroja. Mitä tiiviimpi päällystemateriaali, sitä suurempi on ris-

ki, että kosteus päällysteen alla nousee kriittisen korkeaksi. Lämmöneristetyissä alapohjissa maaperän rajalämpötila, jossa tiiviin päällysteen alla suhteellinen kosteus voi nousta kriittisen korkeaksi, on noin  $19\text{ }^\circ\text{C}$ . Lämpäisevillä päällysteillä rajalämpötila on korkeampi. Lämmöneristämätön alapohjarakenne toimii kosteusteknisesti useissa tapauksissa vain käytettäessä hyvin vesihöyryä läpäiseviä päällysteitä tai pinnoitteita, jotka sietävät hyvinkin korkeita kosteuspitoisuuksia [2].

Betonirakenteen läpi maaperästä tulevaan kosteusvirtaan vaikuttavat maaperän suhteellinen kosteus ja lämpötila, sisäilman suhteellinen kosteus ja lämpötila sekä betonilaatan paksuus ja vesihöyrynläpäisevyysominaisuudet.

## Viitteet

- [1] Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet. Suomen Betonitieto Oy. 2007.
- [2] Lindberg R. et al. Kosteusvirtatutkimus. TTKK Rakennustekniikka. Julk. 119. 2002.

## Viisikanta

Raimo Ahonen, Pasi Kovalainen, Britta Passoja, Juhani Turpeinen

Viisikanta on Oulun läänin rakennussuojelupalkinto, jota on jaettu vuodesta 1990 lähtien. Kirjassa on tarkasteltu, kuinka vuosina 1990-2005 palkitut rakennukset ovat kestäneet aikaa. Julkaisun tavoitteena on herätellä omistajia, suunnittelijoita ja päättäjiä kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden kohteiden kunnossapitoon ja säilyttämiseen. Runsaasti kuvitettu teos valaisee palkittuja esimerkkikohteita ja niihin kohdistuneita toimenpiteitä monipuolisesti ja havainnollisesti.



Rakennustieto Oy, 2008  
978-951-682-899-5  
168 s., 42 €

Tee tilauksesi helposti  
[www.rakennustieto.fi](http://www.rakennustieto.fi)  
tai soita puh. 0207 476 401

RAKENNUSTIETO