Tarja Merikallio | Sami Niemi | Juha Komonen



Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen

LATTIAN- JA SEINÄN-
PÄÄLLYSTELIITTO

betoni

Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen

Tarja Merikallio
Sami Niemi
Juha Komonen

Suomen Betotieto Oy
Lattian- ja seinänpäällysteliitto ry

2. painos

Julkaisija: Betonikeskus ry
Kustantaja: Suomen Betonitieto Oy
PL 11, 00131 Helsinki
Puh. (09) 6962 360, faksi (09) 1299 291
www.betoni.com

© 2007, Suomen Betonitieto Oy

ISBN 978-952-5075-88-5
Taiton ja kannen suunnittelu: Studio HOO!
Taitto: Taittotalo PrintOne
Paino: Esa Print Oy, Lahti

Alkusanat

Betonin kosteus on viime vuosina ollut kovasti keskustelua ja joskus jopa tunteita herättävä aihe. Erityistä huomiota ovat saaneet osakseen betonin kuivumisnopeus, kosteusraja-arvot sekä kosteudenmittaus. Betonin kuivumista on viimeisen kymmenen vuoden aikana tutkittu laajalti mm. Suomessa ja Ruotsissa ja kuivumisnopeuteen vaikuttavat tekijät ovat hyvin tiedossa. Kuivumistutkimusten ohella myös tietämys erilaisista kosteusmittausmenetelmistä sekä erityisesti niiden mahdollisista virhetekijöistä on lisääntynyt merkittävästi. Tutkimustyön tulosten seurauksena betonin kosteusmittausta on alettu ohjeistaa ja esimerkiksi hyvää rakentamistapaa kuvaavassa *SisäRYL 2000 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset* -julkaisussa ohjeena on, että betonialustan kosteus ennen päällystystyöhön ryhtymistä mitataan suhteellisena kosteutena. Betonin suhteellisen kosteuden mittauksesta on julkaistu mm. RT-ohjekortti.

Ohjeistuksesta huolimatta tilanne kentällä on edelleen villiä. Mittauksia tehdään mm. päällystettävyyskosteusmittauksiin täysin soveltumattomilla pintakosteudenosoittimilla, karbidimittarilla sekä esimerkiksi kalibroimattomalla suhteellisen kosteuden mittapäällä ottamatta lainkaan huomioon mittaukseen liittyviä lukuisia epävarmuustekijöitä. Kosteusmittaukseen liittyvien tutkimusten perusteella suhteellisen kosteuden mittaamiseen liittyvät ohjeet ovat viime vuosina muuttuneet merkittävästi. Muutos on aiheuttanut mm. sen, että näyttäisi siltä, että nykybetonit kuivuvat huomattavasti hitaammin kuin ennen, vaikka näin ei suinkaan ole tapahtunut. Esimerkiksi mittaamalla betonilattiarakenteen suhteellista kosteutta 1980-luvulla julkaistujen ohjeiden mukaisesti voidaan suhteellisen kosteuden arvoksi saada esimerkiksi 70 %, kun nykyohjeiden mukaan mitattaessa tulokseksi voidaan saa yli 90 %:n suhteellisen kosteuden arvoja.

Mittaustapa on muuttunut huomattavasti viime vuosina, mutta kosteusraja-arvot ovat pysyneet suurin piirtein samoina. Vaikka onkin näyttänyt siltä, ettei juuri kukaan tiedä, mistä kyseiset raja-arvot ovat tulleet ja mihin ne perustuvat, niistä on haluttu pitää kynsin hampain kiinni. Lisäksi eri julkaisuissa on saattanut olla hyvinkin paljon toisistaan eroavia arvoja. Esimerkiksi mosaiikkiparketeilla betonin suhteellisen kosteuden raja-arvojen vaihteluväli on ollut 60–85 % julkaisusta riippuen. Nykyisiä mittausohjeita käyttäen normaalista betonista valetun välipohjan kuivuminen 60 %:n suhteelliseen kosteuteen voi kestää pitkälti toista vuotta hyvissäkin olosuhteissa. Aiemmin yleisesti käytössä olleella karbidimittarilla kyseinen raja-arvo on voitu saavuttaa jo muutamassa kuukaudessa, kun rakenteen pintaosat ovat kuivuneet. Kyse ei siis olekaan välttämättä siitä, että nykyiset betonit kuivuisivat huonommin kuin ennen.

Betonirakenteiden päällystämiseen liittyvät useat tutkimusprojektit ovat osoittaneet, että kosteusmittauksen kehittymisen myötä olemassa olevat kosteusraja-arvot vaativat tarkennusta. Syksyllä 2004 käynnistyneen *Betonilattioiden päällystämisen ohjeistus*- eli BePO-projektin yhtenä tavoitteena oli saada aikaan yhtenäiset, eri osapuolten hyväksymät ohjeet betonilattioiden päällystämiseksi. Projektin vetovastuu oli Humi-Group Oy:llä, mutta hankkeeseen osallistui suuri joukko tavalla jos toisella betonilattioiden päällystämisen kanssa tekemisissä olevia yrityksiä ja yhteisöjä. Koska hankkeessa oli mukana päällystämisproblematiikan kannalta eri osapuolia, kuten esim. materiaalivalmistajia, rakennusurakoitsijoita, lattianpäällysteurakoitsijoita ja rakennuttajia, kokouk-

sissa ja työryhmissä käytiin hyvinkin hedelmällisiä keskusteluja, jotka mm. auttoivat näkemään ja ymmärtämään monia asioita myös toisen osapuolen kannalta.

BePO-projektin johtoryhmään ovat kuuluneet: johtoryhmän puheenjohtaja Pentti Lumme (Lohja Rudus Oy), Seppo Petrow (Suomen Betonitieto Oy), Jari Lahtinen (Lattian- ja seinäpäällysteliitto ry), Kauko Kinnunen (Lattian- ja seinänpäällysteliitto ry), Jari Juntunen (VVO Rakennuttaja Oy), Markku Utriainen (Rak Oy Hartela), Jarmo Borre (A.A. Palmberg Oy), Jari Iso-Anttila (Skanska Oy), Heikki Pakisjärvi (Specifinn Oy), Katrine Flinckman/Gunnar Laurén (maxit Oy), Heikki Immonen (Ardex Oy), Pertti Lindberg (Kiilto Oy), Toste Karlson/Lasse Nurminen (Tarkett Oy), Matti Salo (Upofloor Oy)/Jorma Niiranen (Finnwoodfloors Oy), Markku Tarvonen (Forbo Flooring Ab), Kris Lehtinen (Kaakelikeskus Helsinki Oy), Jouni Järvenpää (Heikki Haru Oy) ja Eero Tommila (Vigilan Oy). Johtoryhmän sihteerinä on toiminut Sami Niemi (Humi-Group Oy). Johtoryhmään kuuluvien yritysten ja yhteisöjen lisäksi projektia rahoitti Tekes.

Useimmat johtoryhmään kuuluvat henkilöt osallistuivat myös työryhmätyöskentelyyn. Heidän lisäkseen työryhmiin ovat kuuluneet Jarl-Erik Jansson (Kiilto Oy), Veli-Jussi Lietsala (Lampark Oy), Kaisa Penttilä (Upofloor Oy), Sari Aarnio (maxit Oy), Hannu Peltola (Kaakelikeskus Helsinki Oy), Kimmo Huttunen/ Raija Polvinen (Kiilto Oy), Helinä Kallio (Tapiola), Reijo S. Lehtinen (Talonrakennusteollisuus ry), Kari Vainio (Heikki Haru Oy), Juha Komonen (Humi-Group Oy).

Projektiin on kuulunut myös suuri määrä laboratoriotutkimuksia, jotka tehtiin Humi-Group Oy:n laboratoriossa. Näihin tutkimuksiin ovat osallistuneet Sami Niemi, Marko Leskinen, Eero Salo, Terhi Markkula, Eerika Hyry, Monika Casey ja Satu Lumme.

Projektin puitteissa julkaistaan tämän kirjan lisäksi käytännöllisempi ohje *Betorakenteiden päällystämisen ohjeet* (Suomen Betonitieto Oy, 2007).

Suuri kiitos kaikille projektiin osallistuneille! Erityiskiitoksemme haluaisimme osoittaa edesmenneelle Matti Salolle.

Hankkeen tavoite oli kunnianhimoinen ja ehkä ihan sitä kaikkea, josta alussa haaveiltiin, ei saavutettu, mutta iso askel kuitenkin mentiin eteenpäin. Tästä on hyvä jatkaa.

Helsingissä 15.11.2007

Tarja Merikallio
Sami Niemi
Juha Komonen

Sisältö

Alkusanat ... 3
1 **Johdanto** ... 7
2 **Betonirakenteen valmistelu päällystettäväksi** ... 8
2.1 Päällystettävän betonilattian laatutekijät ... 8
2.2 Betonin valinta ... 9
2.3 Betonointi ... 10
2.4 Jälkihoito ... 11
2.5 Betonipinnan esikäsittely ... 11
3 **Betonin kosteus** ... 13
3.1 Rakennekosteus ... 13
3.2 Betonin suhteellinen kosteus ... 15
3.3 Betonin kastuminen ... 17
4 **Betonirakenteen kuivuminen** ... 20
5 **Betonin kuivumiskutistuma** ... 24
6 **Betonilattiarakenteen kosteuden hallinta ennen päällystämistä** ... 27
6.1 Välipohjat ... 27
6.2 Maanvastaiset alapohjat ... 29
7 **Kosteuden aiheuttamat päällyste- ja pinnoitevauriot** ... 32
7.1 Kriittinen kosteus ilmoitetaan suhteellisena kosteutena. ... 32
7.2 Mikrobivauriot ... 34
7.3 Kosteuden aiheuttamat muodonmuutokset ... 35
7.4 Päällystemateriaalin kemiallinen hajoaminen ja emissiot ... 36
7.5 Päällysteiden ja pinnoitteiden irtoaminen ... 40
8 **Tasoitteen vaikutus betonilattian kosteuteen** ... 42
8.1 Lattiatasoitteet ... 42
8.2 Tasoitteen vaikutus betonilattian emissioihin ... 42
8.3 Tasoitteiden ja tasoitetun betonirakenteen kuivuminen ... 43
9 **Betonirakenteiden päällystäminen ja pinnoittaminen** ... 45
9.1 Kosteuden jakautumien päällystetyssä betonilattiassa ... 45
9.2 Betonialustaan liimattavat muovi-, kumi-, linoleum- ja tekstiilipäällysteet ... 47
9.3 Betonialustaan liimattavat sauva- ja mosaiikkiparketit ... 51
9.4 Alustaan liimattava lautaparketti ... 54
9.5 Parketti- ja mattoliimat ... 56
9.6 Kelluvat lautaparketit ... 58
9.7 Laminaattilattiat ... 61
9.8 Keraamiset laatat ... 64
9.9 Keraamisten laattojen kiinnitysaineet ... 64
9.10 Alustabetonin vaikutus keraamisten laattojen kiinnipysyvyyteen ... 65
9.11 Ohjeita betonirakenteen päällystämiseen keraamisilla laatoilla kuivissa tiloissa ... 69
9.12 Keraamiset laatat pysyvästi kosteissa rakenteissa ... 70

9.13 Siveltävät vedeneristeet ... 71
9.14 Ohjeita betonialustan vedeneristämiseen siveltävillä vedeneristemassoilla ... 72
9.15 Ohjeita betonirakenteen päällystämiseen keraamisilla laatoilla märkätiloissa ... 72
9.16 Betonilattioiden pinnoitteet ... 74
10 Ilman kosteuden vaikutus päällystemateriaaleihin ... 76
11 Lämpötilan vaikutus päällystetyssä betonilattiarakenteessa ... 79
12 Betonirakenteen kosteusmittaus ennen päällystämistä ... 81
12.1 Mittauskalusto ja -menetelmät ... 81
12.2 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus porareiästä ... 82
12.3 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus näytepalamenetelmällä ... 84
12.4 Mittausten tarve ja -laajuus ... 85
12.5 Kosteusmittauspisteet ... 86
12.6 Mittaussyvyydet ... 87
12.7 Mittaustarkkuustarkastelu ... 88
12.8 Kosteusmittaustulosten raportointi ... 89
13 Valmiin betonirakenteen kosteusmittaus päällystämisen jälkeen ... 90
14 Betonilattioiden kosteusvauriotutkimukset ... 91
15 Betonilattioiden päällystämisen huomioon ottaminen koko rakentamisprosessissa ... 93
Lähteet: ... 96

1 Johdanto

Betoni kestää hyvin kosteutta. Betoni ei lahoa kosteuden vaikutuksesta, vaan se voi jopa saavuttaa parhaat lujuusominaisuutensa, kun sitä säilytetään pitkään kosteassa. Betonilattiarakenteessa betonin pintaan laitetaan usein erilaisia päällysteitä ja pinnoitteita kuten esimerkiksi tasoitteita, maalia, muovimattoja, parkettia ja keraamisia laattoja. Betoni yhdessä päällystemateriaalin kanssa voi muodostaa kosteusteknisesti hyvinkin haastavan yhdistelmän, sillä vaikka betoni itse kestää kosteutta, betonin sisältämä alkalinen kosteus voi olla haitallista juuri päällystemateriaaleille.

Betonin kosteus voi aiheuttaa päällystemateriaalin irtoamisen, värjäytymisen ja jopa homehtumisen. Joissakin päällystemateriaaleissa voi korkeissa kosteuspitoisuuksissa tapahtua kemiallisia hajoamisreaktioita, joiden seurauksena sisäilmaan haihtuu terveydelle haitallisia aineita.

Huokoisena materiaalina betoni kutistuu kuivuessaan ja turpoaa kostuessaan. Nämä muodonmuutosliikkeet voivat aiheuttaa päällysteen irtoamisen. Jos betonirakenne ei ole kuivunut ja sitä kautta kutistunut riittävästi ennen päällystämistä, betonissa vielä päällystämisen jälkeen tapahtuva kuivumiskutistuma voi aiheuttaa päällysteen irtoamisen. Tämä on tyypillistä mm. keraamisilla laatoilla, joissa itsessään muodonmuutoksia ei juuri tapahdu.

Kosteuden lisäksi betonirakenteissa aiheuttaa muodonmuutoksia lämpötilan muutos. Erityisesti lattialämmitys vaikuttaa kosteusliikkeiden lisäksi materiaalien lämpöliikkeisiin ja sitä kautta päällysteiden kiinnipysyvyyteen. Lisäksi betonirakenteiden päällysteiden ja pinnoitteiden kiinnipysyvyyteen vaikuttavat merkittävästi betonin pinnan laatu, erilaiset materiaalikerrokset betonin ja päällystemateriaalin välissä sekä itse päällyste- ja pinnoitetyön laatu.

Tähän julkaisuun on pyritty kokoamaan oleellisimmat päällystettävän betonilattiarakenteen kosteudenhallintaan liittyvät tekijät. Julkaisun tavoitteena on myös antaa ohjeita liittyen betonilattioiden päällystämiseen ottaen huomioon koko rakentamisprosessi. Ohjeita voidaan soveltaa myös betoniseiniin. Julkaisu on ensisijaisesti tarkoitettu betonin valinnasta ja kosteudenhallinnasta vastaavalle työmaahenkilökunnalle sekä lattiapäällysteurakoitsijoille, mutta sitä voidaan monin osin hyödyntää myös rakennussuunnitteluvaiheessa sekä mahdollisia kosteusvauriotutkimuksia tehdessä.

Julkaisun lähdeaineistona on käytetty mm. eri tutkimuslaitoksissa sekä Suomessa että Ruotsissa viime vuosina tehtyjä aihealueeseen liittyviä tutkimuksia sekä vuosina 2004–2006 käynnissä ollutta *Betonirakenteiden päällystämisen ohjeistus* -tutkimus- ja tuotekehityshanketta.

Lisäksi julkaistaan erillinen *Betorakenteiden päällystämisen ohjeet*, joka sisältää päällystemateriaalikohtaiset tiivistetyt ohjeet betonilattioiden päällystämiseksi.

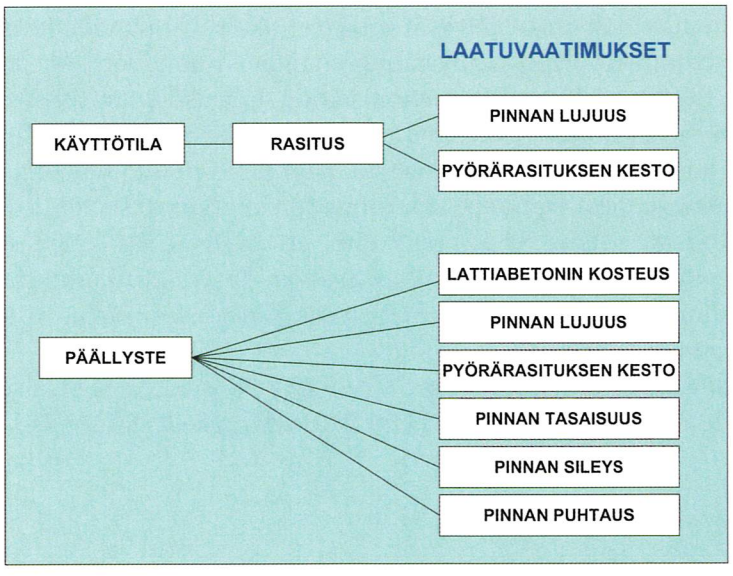
2 Betonirakenteen valmistelu päällystettäväksi

Betoni on keinotekoinen kivimateriaali, jonka pääraaka-aineet ovat sementti, vesi sekä kiviainekset (sora, hiekka, sepeli jne.). Lisäksi betonissa käytetään usein lisä- ja seosaineita tuoreen betonin työstettävyyden lisäämiseksi ja kovettuneen betonin ominaisuuksien parantamiseksi. Betonimassan tulee olla ominaisuuksiltaan työstettävää, ja sen tulee kovetuttuaan täyttää sille asetetut vaatimukset.

Useimmat betonilattiat ja -seinät päällystetään tai pinnoitetaan jollakin toisella materiaalilla. Jotta päällystetty tai pinnoitettu rakenne täyttäisi sille asetetut lopulliset laatutavoitteet, alustana olevalle betonirakenteella on rakenteeseen kohdistuvien rasitusten ja päällystemateriaalin mukaan tiettyjä laatuvaatimuksia. Tällaisia ovat mm. pinnan lujuus, tasaisuus, sileys ja puhtaus, kulutuskestävyys (pyörärasituksen kesto) sekä betonin riittävä kuivuminen ja kutistuminen. Näihin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa betonin suhteutuksen ja raaka-aineiden lisäksi betonointi- ja pinnankäsittelytoimenpiteillä, jälkihoidolla sekä kuivumisolosuhteilla.

2.1 Päällystettävän betonilattian laatutekijät

Päällystettävän betonilattian suunnitteluun, tekotapaan ja jälkikäsittelyyn vaikuttavat sekä lattiaan kohdistuva rasitus että päällystemateriaalin ominaisuudet. Käyttötilat voidaan jakaa rasitustyypin mukaan pienen, keskisuuren tai suuren rasitusten luokkaan. Esimerkiksi asuintilat kuuluvat yleensä pienten rasitusten luokkaan, kun taas liike- ja toimitilat kuuluvat yleensä keskisuurten rasitusten luokkaan. Teollisuustilat kuuluvat yleensä suurten rasitusten luokkaan. Rasitustyyppi määrää päällystettävälle pinnalle laatuvaatimukset pinnan lujuuden ja pyörärasituksen mukaan.



Kuva 1. Päällystettävän betonilattian rasitustyypin (käyttötilan) ja päällystetyypin aiheuttamat laatuvaatimukset, jotka kohdistuvat betonin kosteuspitoisuuteen ja päällystettävän pinnan laatuun/1/.

Päällystettävän betonipinnan tai tasoitekerroksen pinnan lujuusvaatimus riippuu päällystetyypistä ja lattialle tulevasta rasituksesta. Jos pinnalta vaaditaan suurta lujuutta, ei yleistasoitetta ole syytä käyttää. Taulukossa 1 on esitetty eri rasitustyypeistä johtuvat pinnan lujuusvaatimukset.

Taulukko 1. Eri rasitustyypeistä johtuvat betonipinnan lujuusvaatimukset/1/

Lattiaan kohdistuva rasitus	Esimerkinomainen käyttötilajaotus	Pinnan vetolujuus	Tasoitteen käyttömahdollisuus
Pienet rasitukset Pehmeäpohjaiset muovimatot ja tekstiilimatot	Asuintilat Rasituksen kannalta asumiseen verrattavat käyttötilat	0,2 N/mm^2	Tasoite, jos täyttää vetolujuusvaatimuksen
Pienet rasitukset Muovimatot ja -laatat, korkkilaatat, linoleum yms.	Asuintilat Rasituksen kannalta asumiseen verrattavat käyttötilat	0,5 N/mm^2	Tasoite, jos täyttää vetolujuusvaatimuksen
Keskisuuret rasitukset	Liiketilat Sairaalat Toimistotilat Koulut	1,5 N/mm^2	Tasoite, jos täyttää vetolujuusvaatimuksen. Jos lattialla on kevyttä toimistokäyttöä suurempaa pyöräliikettä, on tasoitetta vältettävä
Betonilattian pintaan liimattu mosaiikkiparketti	Kaikissa tiloissa	1,5 N/mm^2	Tasoitetta vältettävä. Käytettäessä lujuudesta varmistuttava
Suuret rasitukset	Teollisuustilat Varastotilat Liikennetilat Erikoistilat	2,5 N/mm^2	Mieluummin ei tasoitetta. Tasoitetta käytettäessä erikoistasoite, joka täyttää vähimmäisvetolujuusvaatimuksen

2.2 Betonin valinta

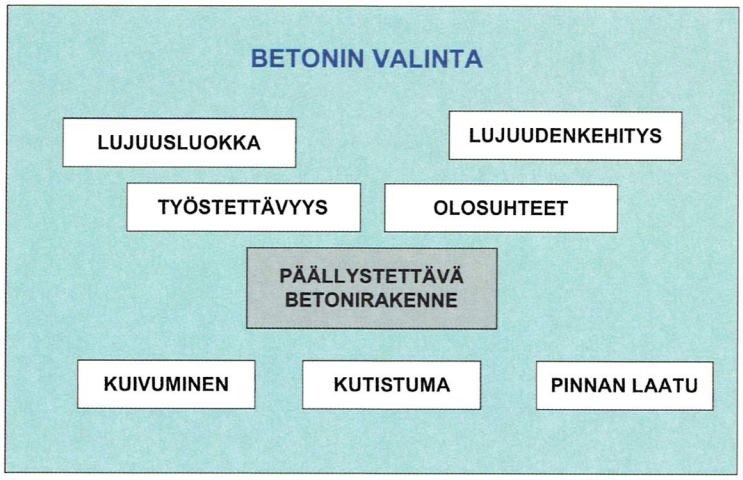
Betonilaatuja on useita erilaisia eri tarkoituksiin. Rakennuskohteen betonin valitsevat yleensä rakennesuunnittelija sekä työmaan betonitöistä vastaava henkilökunta ottaen huomioon viranomaisten ja rakennuttajan esittämät vaatimukset. Rakennesuunnittelija valitsee pääasiassa kovettuneen betonin ominaisuudet normien, ohjeiden ja rakennelaskelmien perusteella. Työmaan osalta betonin valinnassa määrääviä ovat tuotantoon liittyvät tekijät kuten esimerkiksi valettavuus, tiivistettävyys, ulkoiset olosuhteet, muottikierron nopeus ja kuivumisnopeus. Betonimassa ja työmenetelmä tulee sovittaa toisiinsa niin, että rakenteelle asetetut laatuvaatimukset saavutetaan. Lopputuloksen laatu syntyy monen tekijän yhteisvaikutuksesta. Epäsuotuisat olosuhteet ja huonot työmenetelmät voivat johtaa huonoon lopputulokseen, vaikka käytettäisiin kuinka hyvää betonia hyvänsä. Huonosta betonista ei taas saada hyvilläkään työmenetelmillä hyvää lopputulosta.

Betonin ja työmenetelmien valinta edellyttää kiinteää yhteistyötä suunnittelijan, työmaan ja betonin valmistajan kanssa. Esimerkiksi ennen betonilattiatyön aloitusta tulee järjestää kaikkien osapuolten yhteinen palaveri, jonka tavoitteena on varmistaa lopullisen lattian laatu ja käydä läpi toteutukseen liittyviä asioita.

Valukohteen koko, sijainti ja olosuhteet vaikuttavat mm. työmenetelmien ja massan valintaan. Massan valinnassa on hyvä käyttää hyväkseen betonin toimittajan asiantuntemusta. Päällystettävien betonilattioiden ja -seinien betonivalinnassa ja betonoinnissa tulee kiinnittää erityistä huomiota **betonin kutistumaan, kuivumisnopeuteen ja pinnan laatuun**. Betonilattioiden lujuusluokan tulisi olla vähintään K30. Maanvastaisissa

rakenteissa tulee lisäksi huomioida betonin tiiviys, joka omalta osaltaan vaikuttaa betonin kosteudensiirto-ominaisuuksiin ja sitä kautta mm. päällysteiden pysyvyyteen.

Parhaaseen lopputulokseen lopullisen rakenteen laadun kannalta päästään yleensä, kun valitaan mahdollisimman jäykkä ja suuri maksimiraekokoinen massa – siirto- ja tiivistystapa, rakenne, muotit, raudoitus ja olosuhteet huomioon ottaen. Jos betonityö vaatii notkeaa massaa, sen tulisi olla lisäaineilla notkistettua. Veden lisäämistä massaan tulee välttää. Liiallinen vesi hidastaa rakenteen kuivumista, lisää kutistumaa ja halkeiluriskiä sekä heikentää pinnan laatua. Vetelissä massoissa vesi ja sementti erottuvat helposti, jolloin pinnan lujuusominaisuudet heikkenevät.



Kuva 2. Päällystettävän betonirakenteen betonin valinnassa on otettava huomioon päällystettävyyteen merkittävästi vaikuttavat ominaisuudet, kuten kuivumisnopeus, kutistuma ja pinnan laatu.

Mikäli rakentamisaikataulu on tiukka, betonivalinnaksi suositellaan nopeammin kuivuvia betonilaatuja. Nopeammin kuivuvat betonit voivat työstettävyydeltään olla tavanomaisia lattiabetoneja sitkeämpiä, mikä saattaa jonkin verran hidastaa massan levitysvaihetta. Tämä mahdollinen lisäkustannus saadaan kuitenkin monin verroin takaisin lyhentyneessä kuivumisajassa. Nopeammin kuivuvien betonien jälkihoitoon tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Kylmissä olosuhteissa on hyvä käyttää nopeasti sitoutuvia betonilaatuja. Lämpimissä olosuhteissa voidaan puolestaan käyttää hitaamminkin sitoutuvia betonilaatuja. Nopeasti sitoutuvat/kovettuvat betonilaadut eivät yleensä kuivu normaalibetonia nopeammin eli **käsitteitä** ***betonin kuivuminen*** **ja** ***betonin kovettuminen*** **ei tule sekoittaa keskenään**.

2.3 Betonointi

Betonointi on usean työvaiheen muodostama ketju betonimassan valmistuksesta jälkihoidon aloittamiseen. Ennen varsinaisen betonoinnin aloitusta kuormakirjasta tulee tarkistaa, että työmaalle saapunut massa on oikeaa.

Valualustan ja liittyvien rakenteiden **riittävä lämpö** tulee varmistaa. Betonointitilan lämpötilan tulee olla tasainen ja mieluiten yli +10 °C. Riittävä lämpötila tulee saavuttaa viimeistään 12 tuntia ennen betonoinnin aloittamista. Pakkaskausina lämpötila voi laskea tämän alle, jos lämpötila on muuten tasainen. Erityisesti nurkkien ja ovensuiden lämpötilaan tulee kiinnittää huomioita. Voimakasta lämmitystä tulee kuitenkin välttää, jottei veden haihtuminen suojaamattomalta betonipinnalta lisääntyisi. Lisäksi on estettävä tuuli ja veto.

Jos esimerkiksi valualusta on huomattavasti viileämpi kuin huonetila, seurauksena voi olla, että pinta on hierrettävä jo ennen kuin kaikki alla oleva betoni on riittävästi sitoutunut ja erottuminen loppunut. Tällöin betonin pintaosaan syntyy helposti vaakasuoria halkeamia.

Mikäli kyseessä on runkobetonin päälle valettava pintabetonivalu, alustan tulisi olla puhdas, luja, karhennettu, riittävän lämmin ja kostea, muttei märkä.

Kun betoni on levitetty muottiin, se tulee **tiivistää** riittävän aikaisin. Tiivistämisen tarkoituksena on saada betoni täyttämään muotit tasaisesti ja poistamaan massasta ylimääräinen ilma. Tiivistämisen jälkeen pinta muotoillaan. Kun pintaan erottuva vesi on haihtunut, pinta voidaan hiertää. **Hierto tiivistää betonin pintaosan, vähentää betonin huokoisuutta ja samalla parantaa pinnan lujuutta, kulutuskestävyyttä ja tiiviyttä.** Hiertokertojen tarkkaa lukumäärää tiettyyn hiertotulokseen pääsemiseksi ei yleensä voida etukäteen määrittää, sillä hiertojen lukumäärä riippuu mm. halutusta laadusta, hiertoajankohdasta, hiertolaitteesta, betonimassan laadusta ja olosuhteista. Sekä liian aikainen että myöhäinen hierto voivat aiheuttaa halkeilua ja pinnan laadun heikentymistä, esimerkiksi pölyämistä.

2.4 Jälkihoito

Hyvälaatuisen betonipinnan saaminen edellyttää riittävää jälkihoitoa betonin kovettumisen alkuvaiheessa. **Jälkihoidolla taataan betonille suotuisat olosuhteet sitoutua ja kovettua**. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että **estetään liiallinen ja liian nopea veden haihtuminen betonin pinnasta ja taataan betonille oikea kovettumislämpötila**. Tuoreen betonin pinta ei saa päästä kuivumaan liiaksi ennen jälkihoidon aloitusta. Jälkihoidon tavoitteena on pitää betoni mahdollisimman lähellä vedellä kyllästymisen tilaa, kunnes sementin hydrataatiotuotteet täyttävät riittävässä määrin betonin huokosrakennetta (alun perin veden täyttämää tilaa). Hydrataatio heikkenee, jos suhteellinen kosteus betonin huokosissa laskee alle 80 %:n. Heikentynyt hydrataatio heikentää betonin lujuutta ja siten pinnan laatua.

Alkuvaiheessa on siis tärkeää estää veden haihtuminen betonin pinnalta. Parhaaseen tulokseen päästään, kun jälkihoito aloitetaan heti tai viimeistään tunnin kuluessa hierron päättymisestä. Erityisen nopeaa jälkihoitoa tarvitaan, kun betonin pinta vaikuttaa kuivahkolta, käytetään lämmintä massaa, ilman suhteellinen kosteus on alhainen, tuuli pääsee vaikuttamaan tai massa sitoutuu hitaasti. Tällaisissa tapauksissa suositellaan ns. varhaisjälkihoitoa, jossa betonin pintaan levitetään heti massan levityksen jälkeen esijälkihoitoainetta tai vettä sumuttamalla.

Varsinainen jälkihoito aloitetaan hierron jälkeen sumuttamalla betonin pinnalle jälkihoitoainetta tai peittämällä se muovikalvolla. Joissakin tapauksissa betonin pintaan voidaan myös lisätä vettä sumuttamalla. Tällöin kyseessä on lähinnä betoni, jolla on alhainen vesi-sideainesuhde (alle 0,5). Vesi ei myöskään sovellu talviolosuhteisiin. Viileä vesi jäähdyttää betonin pintaa ja voi näin synnyttää halkeilua aiheuttavia lämpötilaeroja.

Nestemäisten ruiskutettavien jälkihoitoaineiden tarkoituksena on muodostaa betonin pinnalle kosteutta läpäisemätön kalvo. Jälkihoitoaineen ruiskutusmäärä tulee mitoittaa tuulen haihduttavan vaikutuksen mukaan. Koska aineiden tehokkuuksissa on eroja, tuotteen ominaisuudet tulee varmistaa ennen käyttöä valmistajalta tai myyjältä. Jälkihoitoaineita käytettäessä tulee myös varmistaa, onko aine itsestään haihtuvaa vai joudutaanko se poistamaan mekaanisesti. Pintaan jäänyt jälkihoitoaine voi vaikuttaa heikentävästi pinnoitteiden, maalien ja päällysteiden tartuntaan. Erityisesti pinnoitettavissa (epoksit, akryylit jne.) lattioissa muovin ja kastelun käyttö on jälkihoitoaineita suositeltavampi jälkihoitomenetelmä. Muovia käytettäessä tulee estää tuulen pääsy muovin alle. Lämpötilan betonin pinnassa tulee olla koko jälkihoidon ajan vähintään +5 °C. Jälkihoitoaika on yleensä noin viikko valun jälkeen.

2.5 Betonipinnan esikäsittely

Betonirakenteen pinnan laatu vaikuttaa merkittävästi betonin pinnan vetolujuuteen ja sitä kautta päällystemateriaalin kiinnittämiseen käytettyjen liimojen ja laastien sekä vedeneristeiden ja erilaisten pinnoitteiden kuten epoksien, polyuretaanien ja akryylien tartuntaan.

Pinnan laatua voidaan parantaa **poistamalla jälkihoidon jälkeen betonin pinnasta hieno sementtiliima** tai muuten heikkolujuuksinen kerros. Heikkolujuuksisena pidetään sellaista kerrosta, jota teräsesineellä pystyy helposti naarmuttamaan ja josta jopa kengän kärjellä pystyy hankaamaan hienoainesta irti.

Päällysteiden ja pinnoitteiden tartunnan kannalta parhaita esikäsittelymenetelmiä ovat ne, jotka jättävät betonin pintahuokoset avoimiksi. Riittävä tartunta saavutetaan yleensä, kun betonialusta on luja ja puhdas. Yleisempiä betonipinnan esikäsittelymenetelmiä ovat hionta, sinkopuhdistus, jyrsintä, suolahappopeittaus ja hiekkapuhallus./3/

Hionta

Hionnasta käytetään tavallisesti seuraavia nimityksiä niiden hionta-asteen perusteella: kevythionta, pintahionta ja syvähionta.

Kevythiontaa käytetään yleensä vähän rasitetuissa lattioissa. Hionnassa pinnasta poistetaan rysteet, vähäiset epätasaisuudet ja osittain sementtiliimakerros.

Pintahionnassa rakenteen pinnasta poistetaan hieno sementtiliima tai muuten heikkolujuuksinen kerros kauttaaltaan, jolloin hieno runkoaines tulee näkyviin. Pintahiontaa käytetään yleisemmin lakattavissa ja maalattavissa teollisuuslattioissa, mutta se on suositeltavaa tehdä myös esimerkiksi liimattavien parkettilattioiden ja keraamisten laattojen alustabetonille.

Syvähionnassa poistetaan pintakerros siten, että karkea runkoaines tulee kauttaaltaan näkyviin. Karkean runkoaineen halkaisijana näkyy yleisesti noin kolmasosa runkoaineen maksimiraekoosta. Syvähiontaa käytetään kohteissa, joissa halutaan erittäin hyvää kulutuskestävyyttä tai tiettyä ulkonäköä.

Hiointa kannattaa tehdä heti, kun rakenne sen kestää. Hionnan määrään vaikuttavat merkittävästi hierron laatu ja löysän pintakerroksen paksuus. Vesihionnassa syntyvä liete kannattaa pestä välittömästi pois, sillä liete irtoaa tällöin helpoiten ja hionnan tulosta on helppo seurata. Myös hiontapöly tulee poistaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, sillä pöly mm. hidastaa rakenteen kuivumista. Ennen päällystämistä tai pinnoittamista kaikki pöly ja muu lika betonin pinnalta tulee poistaa.

Sinkopuhdistus

Sinkopuhdistuksessa betonirakenteen pintaan singotaan metallihauleja, jotka irrottavat heikkolaatuisen pinnan. Sinkopuhdistettu betonipinta on karhea ja muodostaa hyvän tartunta-alustan esimerkiksi massapinnoitteille ja pintabetonivaluille. Päällystettävyyden nopean saavuttamisen kannalta on hyvä, ettei sinkouksessa käytetä vettä.

Jyrsintä

Jyrsitty pinta on tavallisesti sinkopuhdistettua pintaa karheampi. Jyrsintälaitteen terien kovametallipalat iskeytyvät betoniin murtaen sitä. Jyrsin työstää pinnasta suoran kerroksen pinnan lujuusvaihteluista ja epätasaisuuksista välittämättä. Jyrsinnässä ei käytetä vettä. Jyrsintää käytetään yleisesti poistettaessa vanhoja pinnoitteita tai käsiteltäessä vanhoja likaantuneita lattioita.

Muut menetelmät

Muita vähemmän käytettyjä menetelmiä betonin pinnan käsittelyyn ennen päällystämistä tai pinnoittamista ovat mm. vesisuihkupuhdistus (painepesu, vesipiikkaus), hiekkapuhallus ja liekkiharjaus. /3/

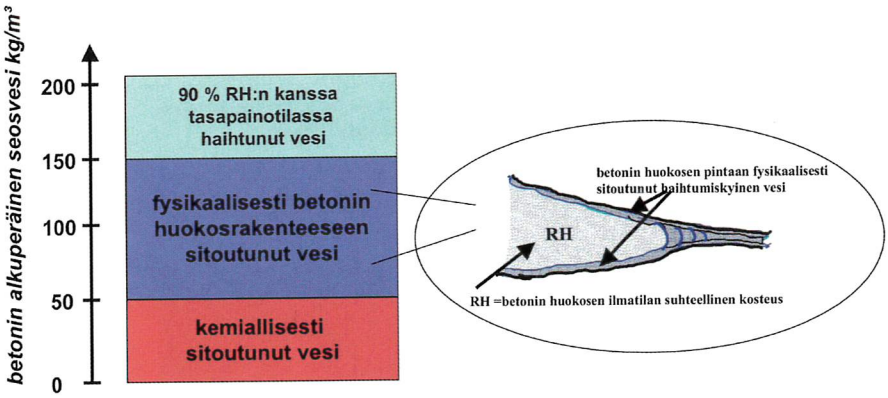
3 Betonin kosteus

Kovettunut betoni sisältää aina jonkin verran kosteutta. Kosteus on pääosin peräisin betonin valmistamiseen käytetystä vedestä, mutta usein myös rakenteen kastumisesta rakennusaikana. Lisäksi betonirakenteeseen voi tulla ulkopuolista kosteutta esimerkiksi maaperästä tai erilaisten vesivahinkojen kuten putkivuotojen seurauksena. Huokoisena materiaalina betoni pystyy myös sitomaan itseensä ympäröivän ilman vesihöyrymuodossa olevaa kosteutta.

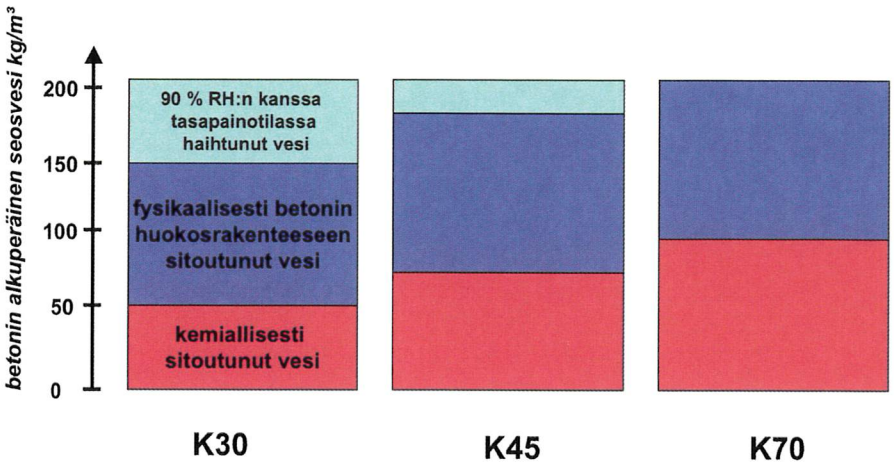
3.1 Rakennekosteus

Betonin raaka-aineena veden tehtävänä on muodostaa sementin kanssa sementtiliima, joka sitoo kiviainekset toisiinsa, sekä tehdä betonimassasta työstettävää. Osa betonin valmistamiseen käytetystä vedestä sitoutuu kemiallisesti reagoidessaan sementin kanssa betonin kovettuessa. Kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on kuitenkin vain noin 20 painoprosenttia sementin massasta (täydellisessä hydrataatiossa noin 25 %). Esimerkiksi, jos normaalin lattiabetonin valmistamiseen käytetään 200 kg/m^3 vettä ja 250 kg/m^3 sementtiä, alkuperäisestä vesimäärästä vain noin 50 kg/m^3 sitoutuu kemiallisesti. Loppu vesi, tässä esimerkkitapauksessa 150 kg/m^3, sitoutuu betonin huokosrakenteeseen fysikaalisesti siten, että betonin pyrkiessä tasapainokosteuteen ympäristön kanssa osa vedestä poistuu ympäristöön. Fysikaalisesti sitoutunut vesi on siis haihtumiskykyistä vettä, jota poistuu betonista betonin kuivuessa, kun taas kemiallisesti sitoutunut vesi ei haihdu. Fysikaalisesti sitoutunut vesi on kiinnittynyt löysästi betonin huokosten pintaan. Lisäksi huokosen ilmatilassa on vesihöyryä.

Betonin ominaisuudet, lähinnä vesisideainesuhde ja huokosrakenne, vaikuttavat siihen, miten betoni sitoo kosteutta. Kun verrataan kahta eri betonilaatua, joiden valmis-



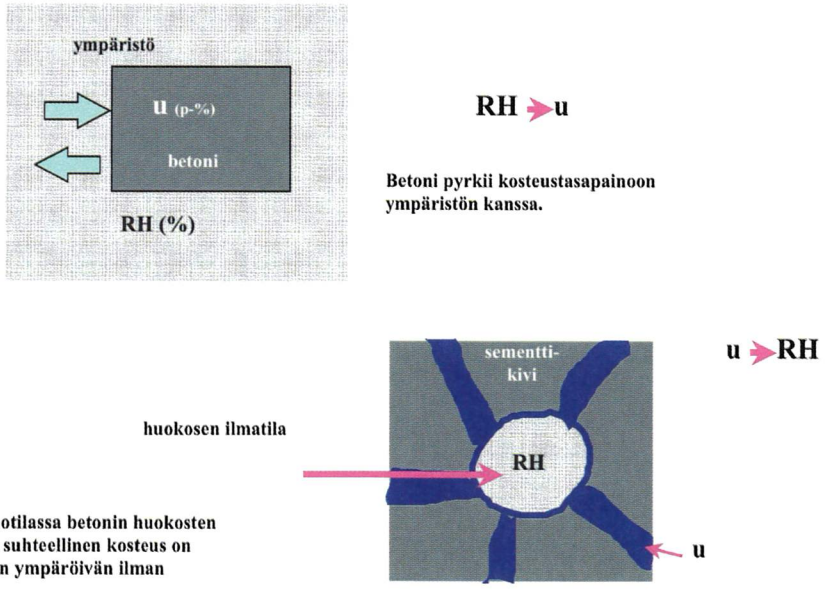
Kuva 3. Betonin valmistamiseen käytetyn veden (200 kg/m^3) jakaantuminen kun betoni on kuivunut 90 %:n suhteelliseen kosteuteen. Vain osa alkuperäisestä vedestä sitoutuu kemiallisesti betonin kovettuessa. Loppuosa vedestä joko sitoutuu fysikaalisesti betonin huokosrakenteeseen tai haihtuu riippuen ympäröivän tilan kosteudesta.



Kuva 4. Kolmen eri lujuusluokan betonin valmistusvaiheen vesimäärän (200 kg/m³) jakautuminen, kun betoni on kuivunut 90 %:n suhteelliseen kosteuteen. Betonin sementtimäärä vaikuttaa siihen, miten paljon betonin valmistamiseen käytetystä vedestä sitoutuu kemiallisesti ja miten paljon betonista tulee haihtua kosteutta. Mitä suurempi betonin sementtimäärä on, sitä suurempi on kemiallisesti sitoutuneen veden osuus ja sitä vähemmän betonista tulee haihtua kosteutta.

tamiseen käytetään sama määrä vettä, mutta sementtimäärässä on eroa, kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on suurempi betonissa, jossa sementtimäärä on suurempi. Vastaavasti haihdutettavan veden määrä on tällöin pienempi.

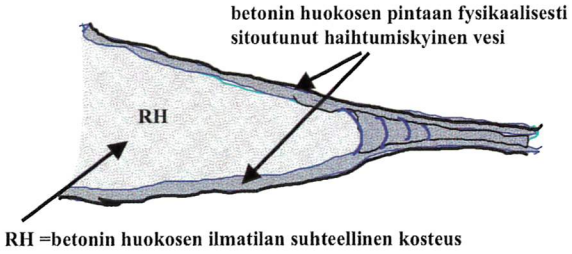
Betonin kovettuessa osa betonin valmistamiseen käytetystä vedestä siis sitoutuu kemiallisesti. Valtaosa sitoutumisesta tapahtuu muutamassa päivässä. **Vaikka betoni olisikin kemiallisen sitoutumisen seurauksena saavuttanut loppulujuutensa eli kovettunut, se voi silti olla hyvin kosteaa.** Betonin varsinaista kuivumista tapahtuu vasta, kun fysikaalisesti sitoutunutta vettä poistuu eli haihtuu betonista. Kuivumista tapahtuu niin kauan, kunnes betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on sama kuin betonia ympäröivän ilman suhteellinen kosteus eli kunnes betoni on saavuttanut hygroskooppisen tasapainokosteuden ympäristön kanssa. Jos kostea betonirakenne on esimerkiksi huonetilassa, jonka suhteellinen kosteus on 60 %, betonirakenteesta haihtuu kosteutta niin kauan kuin betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on yli 60 %. Kuiva betoni taas puolestaan voi imeä kosteutta ilmasta kunnes tasapainotila on saavutettu.



Kuva 5. Betoni pyrkii tasapainokosteuteen sitä ympäröivän ilman kanssa. Tasapainotilassa betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on sama kuin ympäristön.

3.2 Betonin suhteellinen kosteus

Betonin suhteellisella kosteudella (RH %) tarkoitetaan **betonin huokosten ilmatilan suhteellista kosteutta**. Suhteellinen kosteus ei kerro, miten paljon (kg/betoni-m³) betonissa on kosteutta. Suhteellinen kosteus huomioi vain betonin huokosten ilmatilassa vesihöyrymuodossa olevan kosteuden. Tämän kosteuden lisäksi betonin huokosten seinämiin on fysikaalisesti (van der Waalsin voimien vaikutuksesta) sitoutunut eli adsorboitunut vesimolekyylejä. Adsorptiovoimien sitoman kosteuden määrä riippuu huokostilan ominaispinta-alasta. Adsorptiossa sitoutuminen tapahtuu molekyylikerroksittain. Pintaa lähinnä oleva kerros on voimakkaimmin sitoutunut.

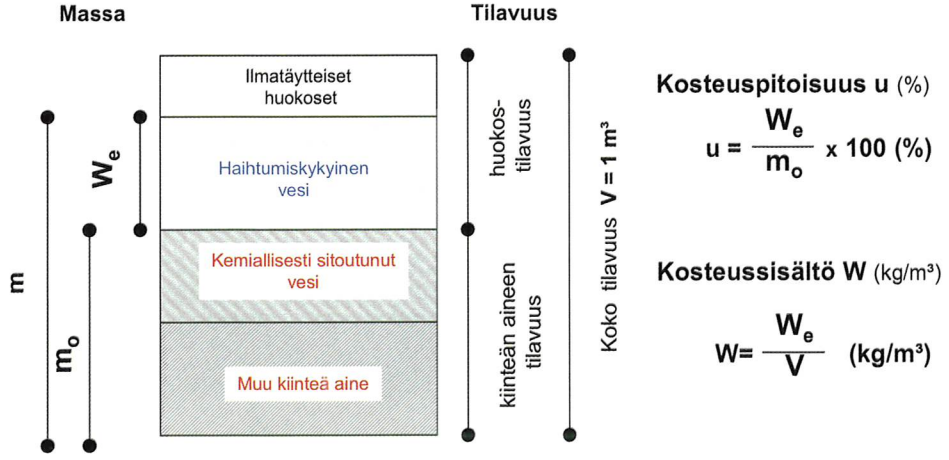


Kuva 6. Betonin suhteellisella kosteudella tarkoitetaan betonin huokosen ilmatilan suhteellista kosteutta. Huokosen ilmatilassa olevan vesihöyrymuodossa olevan kosteuden lisäksi huokosen pintaan on sitoutunut vesimolekyylejä.

Betonin huokosen ilmatilassa oleva kosteus sekä betonin huokosen pintaan fysikaalisesti sitoutunut kosteus muodostavat yhdessä **betonin kosteussisällön W**, joka voidaan ilmoittaa kilogrammoina betonikuutiota kohden **(kg/m³)**. Betonin **kosteuspitoisuus u** voidaan ilmoittaa myös **painoprosentteina (p-%)** eli kuinka monta prosenttia betonin kuivapainosta on vettä. Painoprosenttikosteus saadaan määritettyä ns. kuivatus-punnitusmenetelmällä, missä betonikappale punnitaan ensin kosteana ja sitten kuivana (kuivatettu 105 °C:n lämpötilassa). Betonin kosteuspitoisuus on betonin sisältämän vesimäärän suhde betonin kuivapainoon.

Betonin huokosrakenne ja lämpötila vaikuttavat siihen, miten paljon betonissa on kosteutta tietyssä tasapainotilassa (tietty suhteellinen kosteus). Koska eri betonilaaduil-

W = *betonin kosteussisältö (kg/m³)*
u = *betonin kosteuspitoisuus (kg/kg, p-%)*
ρ = *betonin tiheys (kg/m³)*
$W = \rho \, x \, u$

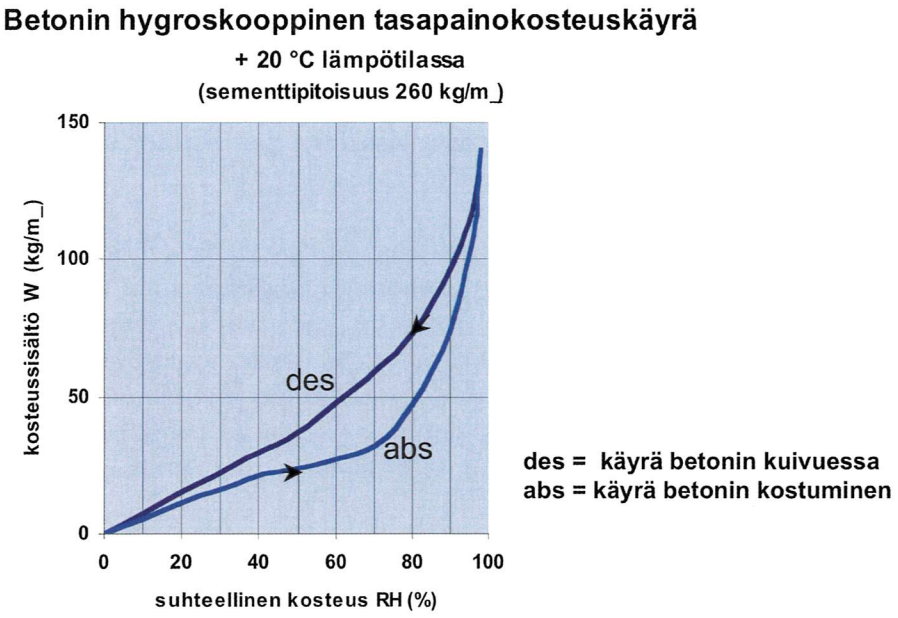


Kuva 7. Periaatekuva kiinteän aineen, huokostilan ja kosteuden jakautumisesta betonissa /8/.

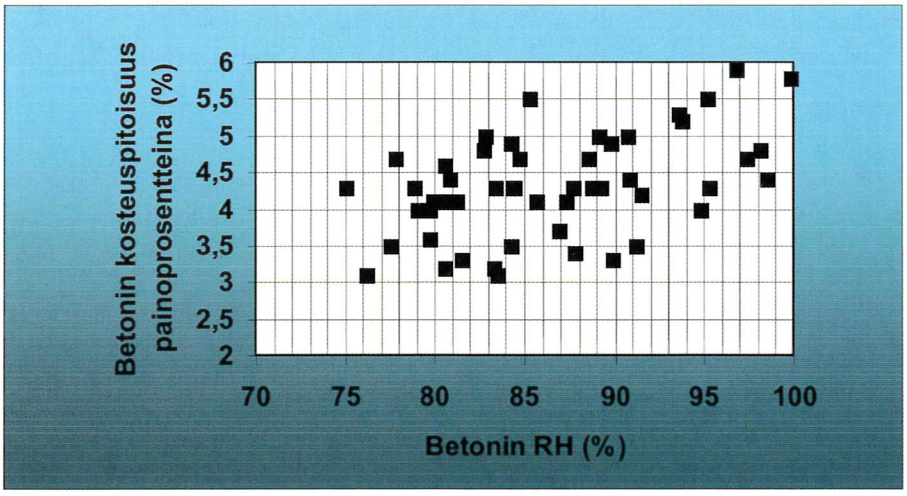
la on erilainen huokosrakenne, ne myös sitovat eri tavalla kosteutta. Vaikka kahden eri betonin suhteellinen kosteus (RH %) on sama, niiden kosteussisältö *W (kg/m³)* tai kosteuspitoisuus *u (p-%)* voi olla hyvinkin erilainen.

Suhteellisen kosteuden (RH %) ja kosteussisällön *W (kg/m³)* tai kosteuspitoisuuden *u (p-%)* välille voidaan laatia ns. hygroskooppinen tasapainokosteuskäyrä tietyssä lämpötilassa. Käyrä ilmoittaa, kuinka paljon tietyssä betonissa on kosteutta (kg/m³, p-%) tietyllä suhteellisen kosteuden arvolla (RH %).

Tasapainokosteuskäyriä voidaan pitää vain **suuntaa-antavina**. Jotta käyriä voitaisiin käyttää betonin kosteustilan arvioitiin, jokaiselle betonilaadulle pitäisi laatia omat käyrät useammassa eri lämpötilassa. Lisäksi pitäisi ottaa huomioon kuivumisen ja kostumisen välinen hystereesi-ilmiö. Hystereesi-ilmiön takia betoni sisältää samalla suhteellisen kosteuden arvolla eri määrän (kg/m³) kosteutta riippuen siitä, onko betoni kuivumassa vai kostumassa. Tällaisten luotettavien käyrien laatimien on käytännössä lähes mahdoton tehtävä, sillä jo pelkästään Suomessa betonilaatuja on tuhansia ja niiden ominaisuudet muuttuvat koko ajan.



Kuva 8. Erään betonin (sementtimäärä 260 kg/m³) hygroskooppinen tasapainokosteuskäyrä +20 °C:n lämpötilassa /4/.

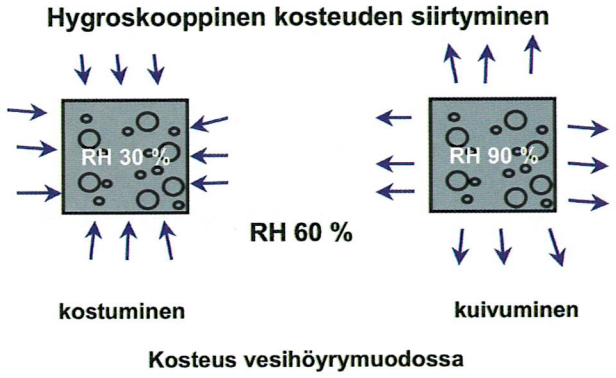


Kuva 9. Betonin suhteellisella kosteuspitoisuudella (RH %) ja betonin kosteuspitoisuudella painoprosentteina (p-%) ei ole selkeää korrelaatioita keskenään eri ikäisillä ja eri laatuisilla betoneilla tehtyjen kokeiden perusteella /5/.

Betonin suhteellisen kosteuden (RH %) ja kosteussisällön (kg/m³ tai p-%) välille on lähes mahdotonta luoda luotettavaa korrelaatioita. **Jos betonin kosteus on mitattu esimerkiksi painoprosentteina, kosteusarvoa ei tule muuttaa minkään käyrän tai taulukon avulla suhteelliseksi kosteudeksi eikä myöskään päinvastoin.** Näin toimittaessa virhe mittaustuloksessa voi olla hyvinkin suuri. Materiaalien vaurioitumisen kannalta oleellinen on nimenomaan niiden huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus. Tästä syystä betonirakenteiden päällystettävyyskosteusraja-arvot ilmoitetaan suhteellisena kosteutena ja niiden saavuttaminen määritetään menetelmällä, joka mittaa suoraan suhteellista kosteutta. (Kosteusmittauksesta luvussa 12.)

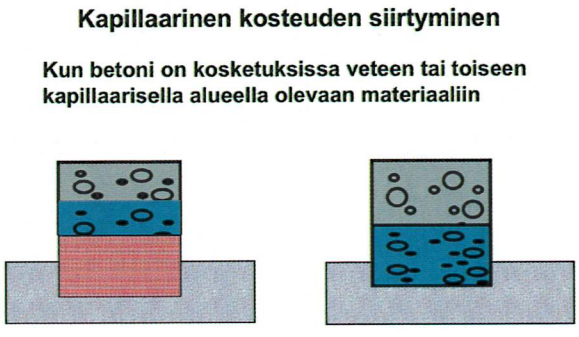
3.3 Betonin kastuminen

Huokoisena materiaalina betoni pystyy imemään itseensä kosteutta sekä hygroskooppisesti että kapillaarisesti. Kun kuivaa betonikappaletta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus nousee, betoni alkaa imeä itseensä vesihöyrymuodossa olevaa kosteutta kunnes betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on sama kuin ympäröivän ilman. Tällöin kyseessä on hygroskooppinen kosteudensiirtymisilmiö, ja betonin kosteuden noususta käytetään määritelmää **kostuminen**.



Kuva 10. Betoni on hygroskooppinen materiaali, joka pyrkii tasapainokosteuteen sitä ympäröivän ilman kanssa joko sitoen itseensä ilmasta vesihöyrymuodossa olevaa kosteutta tai luovuttaen sitä ilmaan.

Ollessaan kosketuksissa vapaaseen veteen tai märkään (kapillaarisella alueella olevaan) materiaaliin betoni alkaa imeä itseensä nestemäisessä muodossa olevaa kosteutta eli vettä. Tällöin kyseessä on kapillaarinen kosteuden siirtyminen, ja betonissa tapahtuu **kastumista**. Betonin kapillaarisuudella tarkoitetaan sen kykyä kuljettaa vettä vapaan veden pinnasta huokosrakenteessaan kapillaaristen voimien vaikutuksesta.

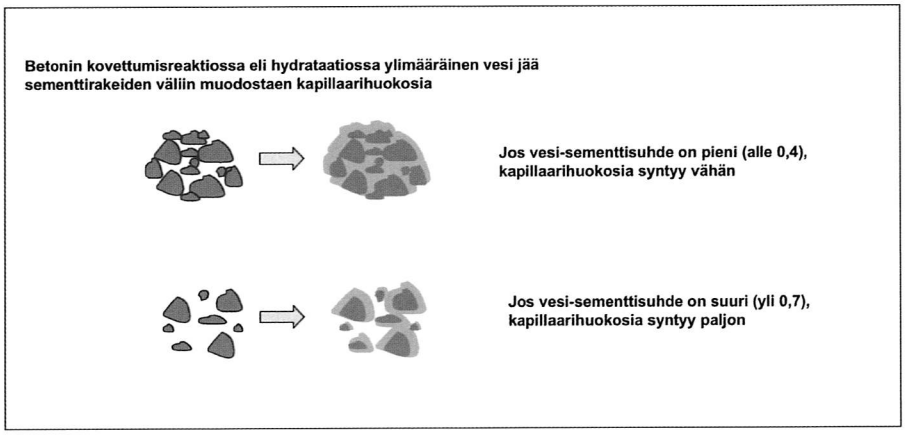


Kuva 11. Betoni pystyy imemään itseensä kosteutta, kun se on kosketuksissa veteen tai toiseen märkään materiaaliin. Tällöin betoni kastuu kapillaarisen kosteuden siirtymisen seurauksena.

Betonin huokosrakenne vaikuttaa siihen, miten betoni imee ja siirtää kosteutta. Jotta betoni olisi valuvaiheessa työstettävää, käytetään sen valmistamiseen yleensä huomattavasti enemmän vettä kuin mitä betonin kovettumisreaktio vaatisi. Ylimääräinen vesi synnyttää betoniin kapillaarihuokosia. **Kapillaarihuokosia** on sitä enemmän, mitä suurempi betonin vesi-sementtisuhde (v/s) on ja mitä nuoremmasta betonista on kyse. Kun vesi-sementtisuhde on pienempi kuin 0,40 ja hydrataatioaste lähenee 100 prosenttia, kapillaarihuokoset häviävät lähes kokonaan. Jos vesi-sementtisuhde on alle 0,6, kapillaariverkosto ei ole jatkuva eli kapillaarinen liike ei ole mahdollista, kun betoni on lähes täysin hydratoitunut. Kun betonin vesi-sementtisuhde on yli 0,7, betonissa on jatkuvasti avoin kapillaariverkosto. Useimmissa rakennebetoneissa vesi-sideainesuhde on niin suuri, että betonissa on kosteuden kapillaarisen siirtymisen mahdollistava avoin kapillaariverkosto.

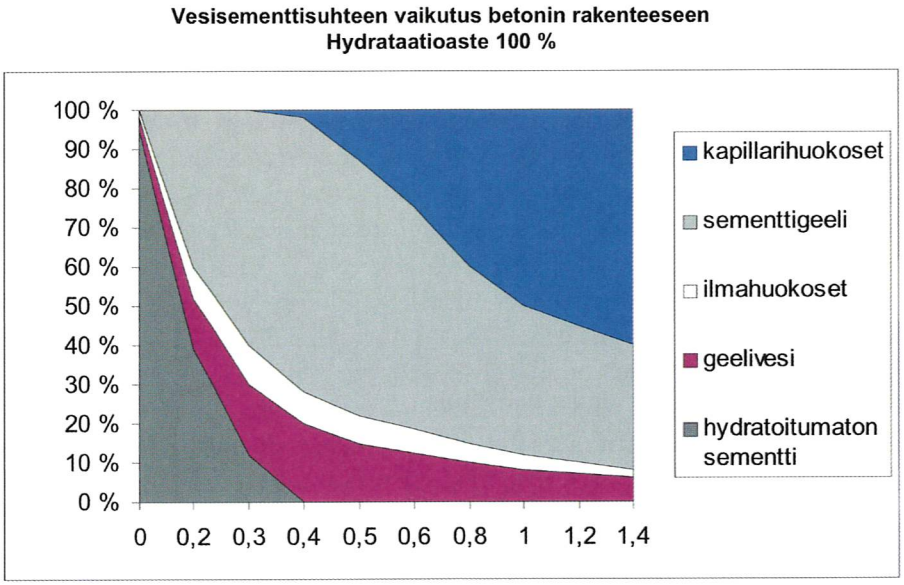
Taulukko 2. Vesi-sementtisuhteesta riippuva betonin likimääräinen ikä, jossa sementin hydrataatio on edennyt niin pitkälle, että kapillaarihuokoset eivät enää muodosta yhtenäistä verkostoa /6/.

Vesi-sementti-suhde	Vaadittava ikä (hydrataatioaika)
0,40	3 vuorokautta
0,45	7 vuorokautta
0,50	14 vuorokautta
0,60	6 kuukautta
0,70	1 vuosi
yli 0,7	ei koskaan

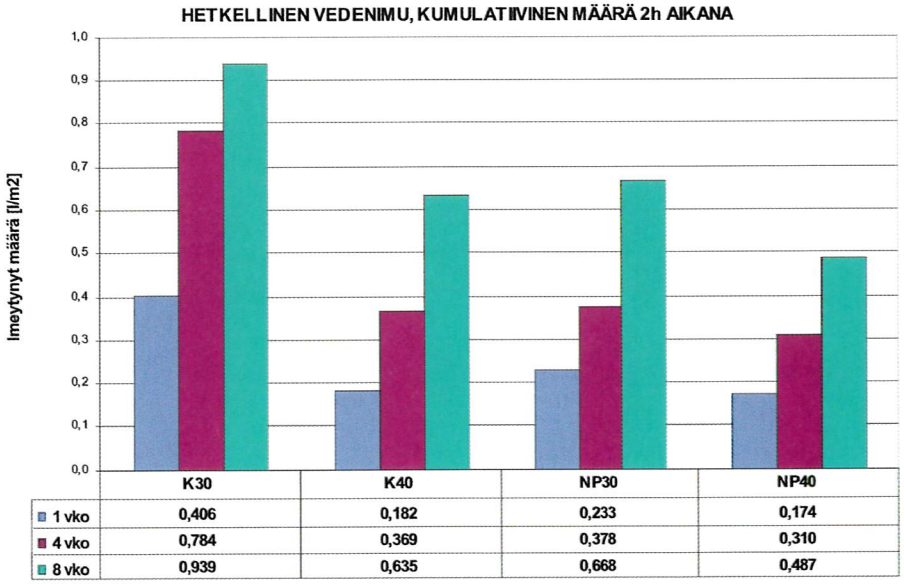


Kuva 12. Betonin sitoutuminen. Mitä enemmän betonissa on vettä (suuri vesi-sementtisuhde), sitä enemmän siihen jää kapillaarihuokosia.

Tavallisimpia ulkopuolisia kosteuslähteitä, jotka aiheuttavat betonirakenteiden kastumista ovat sade- ja pintavedet, maaperän kosteus sekä erilaiset vesivahingot. Useimmat betonirakenteet pääsevät kastumaan jo rakennusaikana. Kastuminen ei sinänsä vaurioita betonia, mutta se lisää rakenteen kuivattamiseen vaadittavaa aikaa. Kuivattamisen kannalta kastumisesta on sitä enemmän haittaa, mitä myöhemmässä vaiheessa se tapahtuu. Kun betoni on vielä tuoretta, sen huokosrakenne on niin täynnä vettä, ettei sinne juurikaan mahdu lisää. Vanhassa betonissa, jossa on avoin kapillaariverkosto ja jossa hydrataatio on jo edennyt lähes loppuun, rakenteen kuivuminen esimerkiksi vesivahingon jälkeen on usein hitaampaa kuin tuoreen betonin.



Kuva 13. Vesi-sementtisuhteen periaatteellinen vaikutus betonin sementtikiven rakenteeseen hydrataatioasteen muuttuessa. Mitä suurempi vesi-sementtisuhde on, sitä enemmän betoniin jää kapillaarihuokosia.

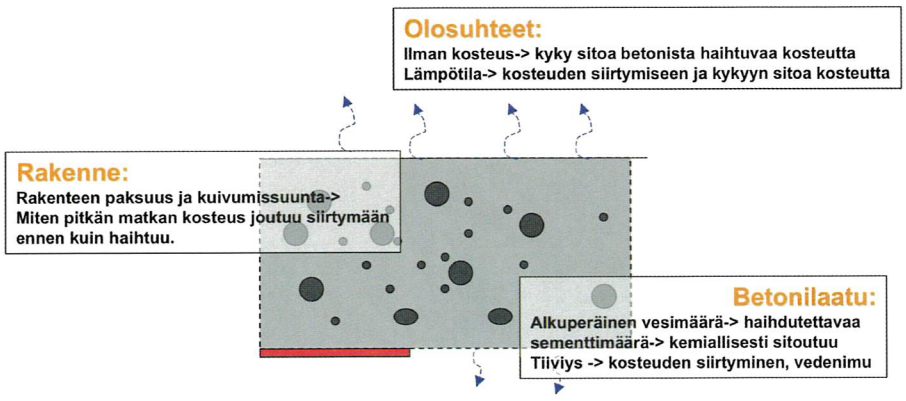


Kuva 14. Betonilaatu ja betonin ikä vaikuttavat merkittävästi siihen, miten paljon betoni imee vettä. Mitä myöhemmässä vaiheessa betoni kastuu, sitä enemmän se imee vettä. Kuvassa on neljän eri betonilaadun hetkellisiä vedenimuja (2 tunnin aikana betoniin imeytynyt kumulatiivinen vesimäärä l/betoni-m^2) /7/.

4 Betonirakenteen kuivuminen

Tuoreen betonin suhteellinen kosteus (RH) on 100 %. Betonimassan kovettuessa osa betonin valmistamiseen käytettävästä vedestä sitoutuu, jolloin suhteellinen kosteus laskee. Kovettumisreaktion seurauksena suhteellinen kosteus betonin huokosrakenteessa on yleensä 90–98 % betonilaadusta riippuen. Kovettumisen jälkeen betoniin jää vielä ylimääräistä kosteutta, joka ajan kuluessa haihtuu betonin saavuttaessa tasapainokosteuden ympäristön kanssa (esim. 50–60 % RH).

Rakennusaikana betonirakenteen ei tarvitse kuivua tasapainokosteuteen ympäröivän ilman kanssa, vaan tavoitekosteuden asettavat päällyste- ja pinnoitemateriaalit. Useimmat päällystemateriaalit edellyttävät, että alustana olevan betonin RH on enintään 80–90 %. **Päällystettävyyden vaatimuksena oleva tietty betonin suhteellisen kosteuden arvo ei kuitenkaan tarkoita sitä, että betonirakenteen tulisi kuivua vaadittuun kosteusarvoon läpikotaisin, vaan riittää, kun kyseinen kosteusarvo on alitettu rakenteen paksuudesta riippuvaisella arviointisyvyydellä (A)**. Siihen, miten nopeasti betonirakenne tämän raja-arvokosteuden alittaa, vaikuttavat mm. betonilaatu, rakenteen paksuus ja kuivumissuunnat sekä erityisesti kuivumisolosuhteet.



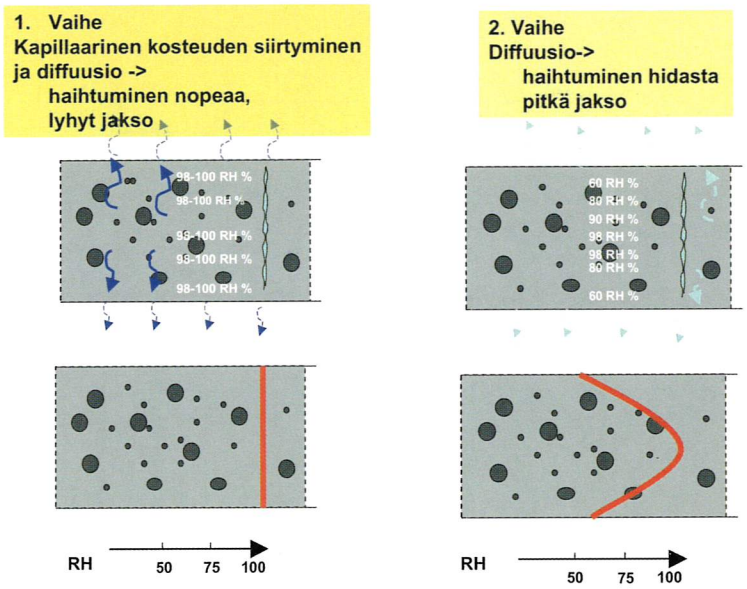
Kuva 15. Betonirakenteen kuivumisnopeuteen vaikuttavat mm. betonilaatu, rakenneratkaisu ja kuivumisolosuhteet.

Betonin kuivuminen on sitoutumiskuivumista ja haihtumiskuivumista. Betonin ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi siihen, miten suuri osuus eri kuivumismuodoilla on. Mitä enemmän betonissa on sementtiä, sitä suurempi on sitoutumiskuivumisen osuus. Esimerkiksi erikoisbetonien nopea kuivuminen perustuu pääosien suuren sementtimäärän aiheuttamaan sitoutumiskuivumiseen. Tässä tapauksessa puhutaankin usein "itsestään kuivumisesta".

Haihtumiskuivumiseen vaikuttavat merkittävästi betonin koostumus, rakenteen paksuus ja olosuhteet (lämpötila ja ympäristön kosteus). Betonin koostumus vaikuttaa siihen, miten paljon kosteutta pitää poistua (haihdutettava vesimäärä) ja miten helposti kosteus poistuu (tiiviys).

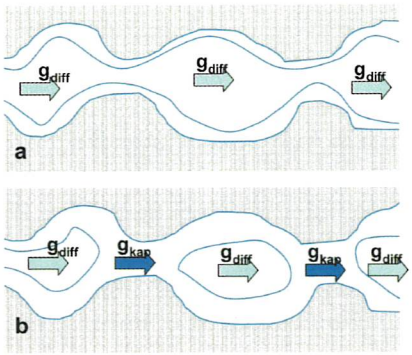
Haihtumiskuivuminen on kosteuden liikkumista rakenteen sisältä kohti pintaa, mistä

se haihtuu ympäröivään ilmaan. Kun rakenteen pinta on vielä märkä, haihtumista tapahtuu nopeasti. Alkuvaiheessa, kun betonin suhteellinen kosteus on yli 97 %, kosteutta siirtyy pääosin kapillaarisesti eli nesteenä rakenteen sisäosista kohti pintaa, josta sitä haihtuu. Pinta kuivuu kuitenkin suhteellisen nopeasti, minkä jälkeen kosteuden kapillaarinen siirtyminen pintaosissa estyy ja ainoaksi kosteuden siirtymismuodoksi pintaosissa jää diffuusio eli kosteuden siirtyminen vesihöyrymuodossa. Kosteuden siirtyminen diffuusiolla on kapillaariseen kosteuden siirtymiseen verrattuna erittäin hidasta. Kuivuminen hidastuu koko ajan haihtumisrintaman siirtyessä aina syvemmälle rakenteeseen. Jossain vaiheessa rakenne on kuivunut myös keskiosiltaan alueelle, jossa kosteuden siirtyminen tapahtuu vain diffuusiolla. Kuivuminen jatkuu niin kauan, kuin rakenteen sisällä sekä rakenteen ja ympäristön välillä on kosteuspitoisuusero (suhteellisena kosteutena).

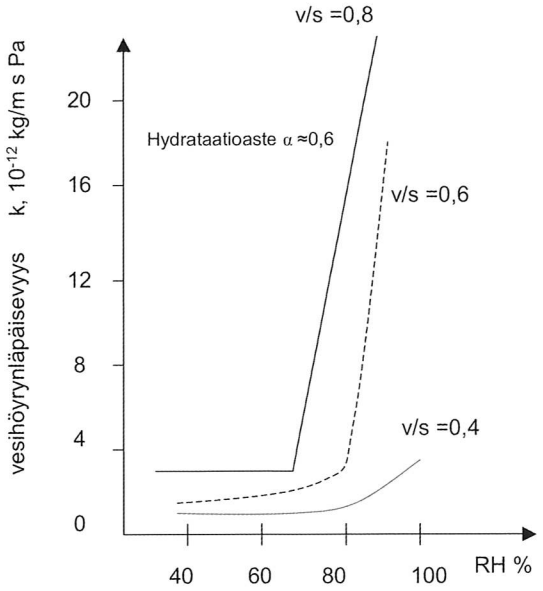


Kuva 16. Betonirakenteen kuivuessa siitä poistuu alussa paljon kosteutta, mutta kun kuivuminen edistyy, kosteuden siirtyminen hidastuu huomattavasti.

Betonin vesihöyrynläpäisevyyteen ja sitä kautta betonin kosteudensiirtymisominaisuuksiin vaikuttavat mm. betonilaatu, betonin kosteus ja betonin lämpötila. Mitä alhaisempi betonin vesisementtisuhde on eli mitä tiiviimpää betoni on, sitä hitaammin se läpäisee vesihöyryä. Betonin tiiviys vaikuttaa merkittävästi myös kapillaariseen kosteuden siirtymiseen. Betonin kosteuspitoisuuden nousu puolestaan lisää vesihöyrynläpäisevyyttä eli mitä kosteampaa betoni on, sitä nopeammin siinä kosteutta siirtyy. Lämpötilan nousu nostaa betonin huokosten ilmatilan vesihöyrynpainetta ja siten edesauttaa kosteuden siirtymistä. Tehokkain tapa kuivattaa betonia onkin nostaa nimenomaan betonin lämpötilaa.



Kuva 17. Kosteuden siirtyminen betonissa: a) alhainen RH: vain diffuusiolla g_{diff}
b) korkea RH sekä kapillaarisesti g_{kap} että diffuusiolla $g_{diff.}$



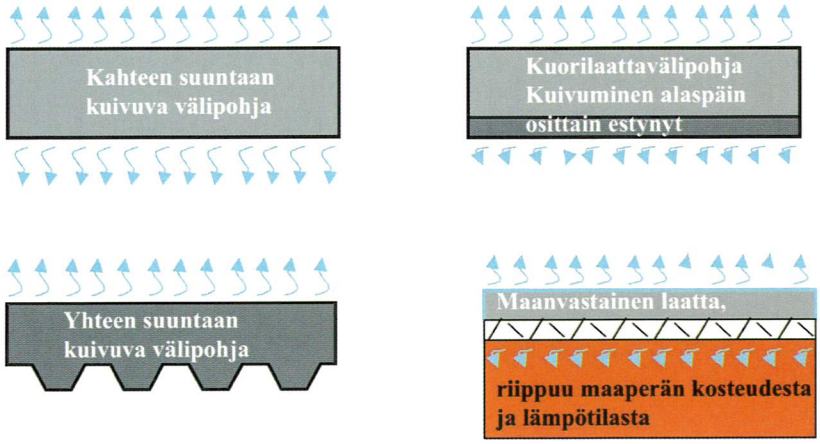
Kuva 18. Betonin vesihöyrynläpäisevyyden riippuvuus vesisementtisuhteesta (v/s) ja betonin kosteudesta (RH %). Betonin hydrataatioaste 0,6 /9/.

Taulukko 3. Kahdesta eri betonilaadusta tehtyjen, 10 mm paksujen koekappaleiden vesihöyrynläpäisykertoimet kahdessa eri kosteudessa /10/.

Betonilaatu ja kosteus	**Kappaleen paksuus (mm)**	**Vesihöyrynläpäisevyys (m^2/s)**
Betoni K30 (v/s 0,79) RH 93 %	10	$2{,}71 \times 10^{-7}$
Betoni K30 (v/s 0,79) RH 55 %	10	$2{,}08 \times 10^{-7}$
Betoni NP40 (v/s=0,4) RH 93 %	10	$2{,}90 \times 10^{-7}$
Betoni NP40 (v/s=0,4) RH 55 %	10	$5{,}89 \times 10^{-8}$

Rakennepaksuuden kasvattaminen hidastaa rakenteen kuivumista merkittävästi. Mitä paksumpi rakenne on, sitä pidemmän matkan kosteus joutuu siirtymään päästäkseen haihtumiskykyiseen pintaan. Jos rakennepaksuus kaksinkertaistuu tai kuivuminen toiseen suuntaan on estetty, kuivumisaika voi olosuhteista riippuen kasvaa jopa nelinkertaiseksi. Liittolevyrakenteissa ja muovin päälle valettaessa kuivumista pääsee tapahtumaan vain yhteen suuntaan. Kuorilaattarakenteissa ja ontelolaatan päälle valetuissa pintalattioissa kuivuminen alaspäin on yleensä ylöspäin tapahtuvaa kuivumista hitaampaa. Pintavalujen alaspäin kuivumiseen vaikuttaa merkittävästi myös runkolaatan kosteuspitoisuus.

Betonin kastuminen hidastaa kuivumista merkittävästi. Mitä myöhemmässä vaiheessa betoniin pääsee ylimääräistä kosteutta, sitä hitaammin tämä kosteus betonista poistuu. Valuvaiheessa betonin huokoset ovat vielä lähes täynnä vettä eivätkä ne siten pysty vastaanottamaan lisää kosteutta, mutta jo muutaman viikon päästä valusta tapahtuneella kastumisella on merkittävä vaikutus kuivumisaikoihin. Hydrataation (kovettumisen) edetessä betonin huokosrakenne tiivistyy, mutta ei riittävästi estääkseen lisäveden pääsyä rakenteeseen, mutta vaikeuttaakseen kosteuden poistumista. Pahimmassa tapauksessa esimerkiksi neljän viikon rankkasade voi kasvattaa normaalibetonista tehdyn massiivisen välipohjan kuivumisaikaa jopa parillakymmenellä viikolla.

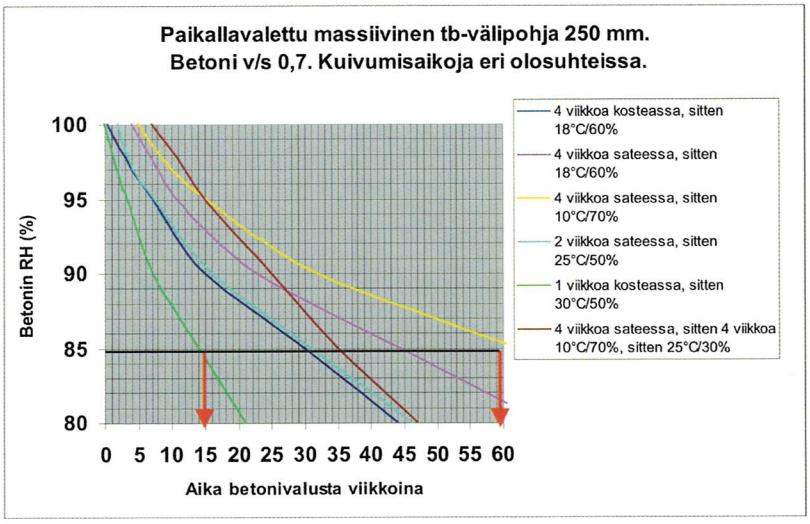


Kuva 19. Rakenteen paksuus, kerroksellisuus ja kuivumissuunta vaikuttavat siihen, miten nopeasti betonissa oleva kosteus pääsee rakenteen pintaan ja siitä edelleen haihtumaan rakennetta ympäröivään tilaan. Mitä pidemmän matkan kosteus joutuu rakenteessa siirtymään, sitä hitaampaa kuivuminen on.

Vesivahingossa täysin kastuneen vanhan betonin kuivumisaika voi olla selvästi pidempi kuin tuoreen betonin.

Kastuminen vaikuttaa merkittävästi myös betonielementtien kuivumiseen. Ontelolaatat, jotka tehtaalta työmaalle tullessaan ovat usein jo jonkin verran kuivuneet (alhaisen vesisementtisuhteen vaikutuksesta), voivat kastua rungon pystytysvaiheessa tai myöhemmin holvilla olevien aukkojen kautta. Tämän kosteuden poistuminen tiiviistä ontelolaattabetonista voi olla joskus yllättävän hidasta. Ontelolaattojen yhteydessä tulee myös huomioida mahdollisesti onteloissa oleva vesi, jota ei välttämättä havaita vielä rakennusaikana, mutta joka voi aiheuttaa ongelmia rakennuksen käytön aikana.

Betonirakenteiden kuivumisajan arviointi kuuluu oleellisena osana rakennustyömaan kosteudenhallintasuunnitelmaan. Arvion perusteella voidaan valita ajoissa toimenpiteet suunnitellussa aikataulussa pysymiseksi. Tällaisia toimenpiteitä ovat mm. betonivalinta ja hyvien kuivumisolosuhteiden luominen. Kuivumisarvion laadinnassa voidaan käyttää apuna esimerkiksi Suomen Betonitieto Oy:n julkaisua *Betonirakenteiden kosteudenmittaus ja kuivumisen arviointi* /11/. Kuivumisarvioita tehdessä tulee aina muistaa, että ne ovat vain suuntaa-antavia työkaluja työmaan aikataulua, kosteudenhallintaa ja rakenteiden kuivattamista suunniteltaessa. Todellinen varmuus rakenteiden kuivumisesta saadaan vain mittaamalla betonin suhteellinen kosteus joko rakenteeseen poratusta reiästä tai näytepalasta.



Kuva 20. Paikalla valetun 250 mm paksun teräsbetonilaatan arvioituja kuivumisaikoja erilaisissa kuivumisolosuhteissa /11/.

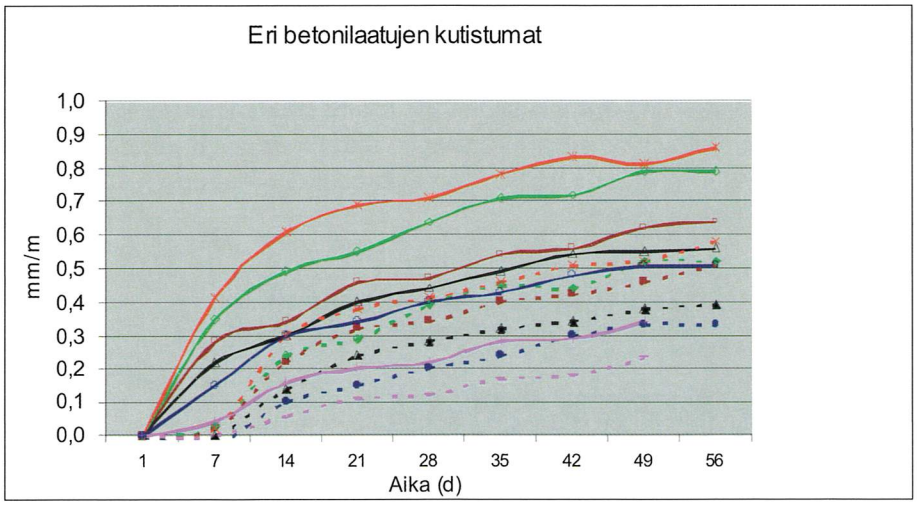
5 Betonin kuivumiskutistuma

Kovettunut betoni kutistuu kuivuessaan ja laajenee kostuessaan. Betonin kuivuessa vettä poistuu ensin suuremmista kapillaarihuokosista. Kuivumisen edetessä vettä alkaa poistua myös sementtigeelin huokosista, jolloin geelihiukkasten välit kutistuvat ja sementtigeeli kutistuu pakottaen myös betonin kutistumaan.

Betonin kutistumaan vaikuttavat merkittävästi betonin koostumus ja ympäristöolosuhteet. Eri betonilaatujen kuivumiskutistuman suuruuksissa voi olla huomattavia eroja. Mitä enemmän betonimassassa on vettä ja sementtiliimaa, sitä enemmän betoni kutistuu. Yleensä kuivissa sisätiloissa olevan betonirakenteen kuivumiskutistuman suuruus on noin 0,4–0,6 mm/m, mutta joillakin betonilaaduilla se voi olla jopa yli 1 mm/m.

Betonin kutistumista lisäävät mm. /2/

- betonin vesimäärän lisääminen
- hienoainesmäärän lisääminen
- betonin huokostaminen
- ympäristön kuivuus
- kevytsoran käyttö
- joidenkin notkistimien käyttö.



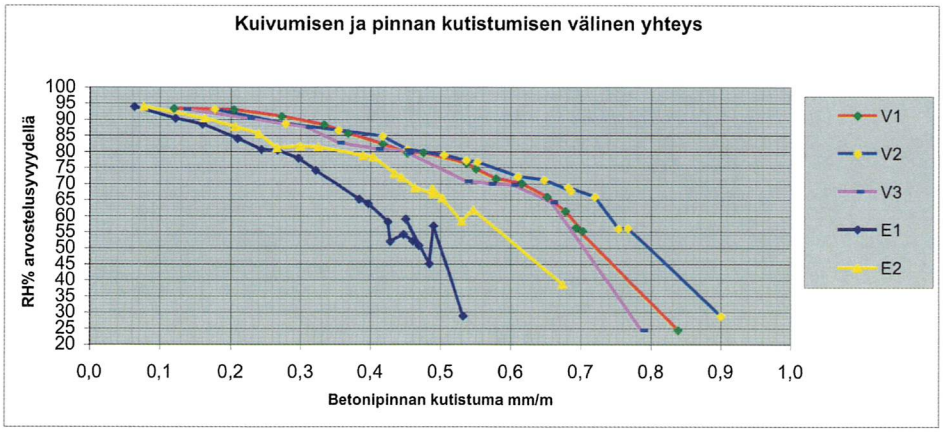
Kuva 21. Eri betonilaatujen kutistumissa (mm/m) voi olla merkittäviä eroja.

Koska kuivumiskutistuma johtuu veden haihtumisesta betonista, myös rakennetta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa kutistuman suuruuteen. Mitä kuivemmissa olosuhteissa rakenne on, sitä enemmän siitä haihtuu kosteutta ja sitä enemmän se kutistuu. Kosteissa olosuhteissa rakenne voi imeä itseensä kosteutta, mikä puolestaan aiheuttaa rakenteen turpoamista.

Betonin kuivumiskutistuma tulee erityisesti ottaa huomioon, kun betonirakenne päällystetään keraamisilla laatoilla. Jos päällystystyö tehdään ennen kuin betoni on kuivunut ja sitä kautta kutistunut riittävästi, laatat voivat myöhemmin irrota alustastaan.

Irtoaminen johtuu usein siitä, että alustabetoni – rakenteen pinnalla olevasta laatoituksesta huolimatta – ajan kuluessa kuivuu ja kutistuu, mutta laatoissa muodonmuutosta ei tapahdu. Laattojen irtoamisriskin on todettu kasvavan huomattavasti, jos alustabetoni kutistuu laatoituksen jälkeen vähintään 0,5 mm/m. Työvirheet voivat pienentää riskirajaa tasolle 0,2 mm/m /12/. Betonin pinnan laadulla, pintarakennejärjestelmän tai kiinnityslaastin muodonmuutoskyvyllä sekä itse laatoitustyöllä on merkittävä vaikutus siihen, miten laattojen kiinnitysjärjestelmä kestää alustabetonin muodonmuutoksen.

Kuivattamalla betonirakennetta riittävästi ennen päällystämistä päällystämisen jälkeistä muodonmuutosta voidaan merkittävästi pienentää. 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, sitä pienempi myös rakenteen jäljellä oleva kutistuma on. Useimmilla betonilaaduilla jäljellä olevan kutistuman suuruus on noin 0,4–0,5 mm/m, kun betonin suhteellinen kosteus on noin 90 %, ja noin 0,3–0,4 mm/m, kun suhteellinen kosteus on 85 % /13/.



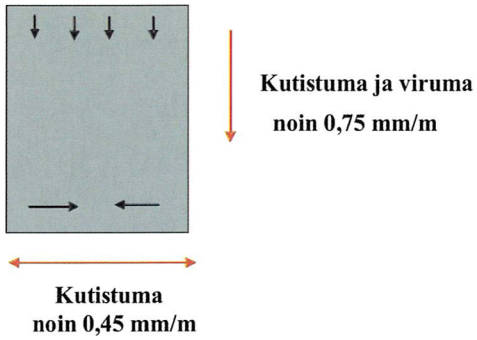
Kuva 22. Betonin kuivumisen (RH) ja kutistuman välinen yhteys. V1, V2 ja V3 ovat valmisbetoneita. E1 ja E2 ovat elementtiteollisuuden betoneita. Kaikkien V-betonien notkeus on S3. V1=nopeasti kovettuva rakennebetoni, V2=nopeasti päällystettävä lattiabetoni ja V3=normaali rakennebetoni. E1= tasovalumassa (2-3 sVB) ja E2 on patterivalumassa (alle 1 sVB). Kaikkien # max = 16 mm ja lujuus K30 paitsi V2=K35 /13/.

Varsinkin seinärakenteissa kuivumiskutistuman lisäksi tulee ottaa huomioon betonirakenteen kuormituksesta aiheutuma muodonmuutosviruma, joka voi jatkua hyvinkin pitkän ajan. Varsinkin korkeiden tornitalojen alimmissa kerroksissa viruman on todettu kasvattavan seinärakenteiden muodonmuutoksia merkittävästi. Seinän pystysuuntainen muodonmuutos saattaa olla jopa kaksinkertainen vaakasuuntaiseen muodonmuutokseen verrattuna, mikä on syytä ottaa huomioon mm. keraamisten laattojen elastisia saumojen määrää, sijaintia ja kokoa suunniteltaessa.

Pintarakennejärjestelmän tai päällysteen muodonmuutoskyvyn tulee aina olla suurempi kuin betonipinnan oletettu kutistuma päällystyksen jälkeen. Betonirakenteen suhteellinen kosteuspitoisuus arvostelusyvyydellä voi käyttöaikana, päällystyksen jälkeen, laskea lopulliseen arvoon, joka voi esimerkiksi olla joko RH 70, 50 tai 30 %.

Taulukko 4. Eri lähtökosteuksilla (95 %, 90 %, 85 % ja 80 %) päällystettyjen betonien jäljelle jäävä kutistuma, kun rakenne päällystyksen jälkeen kuivuu RH 50 %:iin. Eri betonilaatujen välistä eroa selventää kuva 22. Käytännössä rakenteet kuivuvat harvoin alle 50 RH %:n kosteuspitoisuuden /13/.

Mahdollinen oletettu kutistuma päällystyksen jälkeen (mm/m)	Betonin RH (%) arviointisyvyydellä A
0,45–0,65	95
0,35–0,55	90
0,3–0,4	85
0,2–0,3	80



Kuva 23. Kuivumiskutistuman lisäksi seinärakenteissa tulee ottaa huomioon viruman aiheuttama muodonmuutos, jonka seurauksena rakenteen pystysuuntainen muodonmuutos voi olla jopa kaksinkertainen vaakasuuntaiseen muodonmuutokseen verrattuna.

6 Betonilattiarakenteen kosteuden hallinta ennen päällystämistä

6.1 Välipohjat

Betonivälipohjana voi olla paikalla valettu massiivilaatta, ontelolaatta, TT-laatasto, kuorilaatta tai liittolaattarakenne, jossa betoni on valettu teräspoimulevyn päälle. Runkolaatan päällä voi lisäksi olla erillinen pintavalu betonista tai tasoitteesta. Pintalaatan ja runkolaatan välissä voi lämpö- tai äänieristyssyistä olla eristekerros.

Välipohjarakenteen kuivumista arvioitaessa on otettava huomioon rakenteen paksuus, mahdollinen kuivumissuunta ja kerroksellisuus, missä uusi valukerros saattaa kastella jo kuivunutta alempaa rakennekerrosta. Rakennusaikana rakenteen kuivumista tulee seurata eri syvyyksiltä tehtävillä kosteusmittauksilla. Mittaussyvyydet ovat erilaisia eri rakenteissa. Ennen kuin rakenne voidaan päällystää, betonin suhteellinen kosteus tietyllä rakennekohtaisella mittaussyvyydellä, ns. arviointisyvyydellä (A), tulee olla alle päällystemateriaalin asettaman kriittisen kosteusarvon. Lisäksi rakenteen lämpötilan tulee olla lähellä tulevaa käyttölämpötilaa. Jos lämpötila nousee päällystämisen jälkeen, betonin huokosrakenteeseen sitoutunut kosteus lähtee liikkeelle ja voi aiheuttaa päällystevaurion. Vastaava ilmiö voi esiintyä, jos välipohjan alapuolisen tilan lämpötila rakennuksen käytön aikana nousee merkittävästi. Tällöin betonirakennetta viileämmän tiiviin päällysteen alle voi tiivistyä kosteutta. Riski kosteuden tiivistymiselle on sitä suurempi, mitä tiiviimpi päällystemateriaali on.

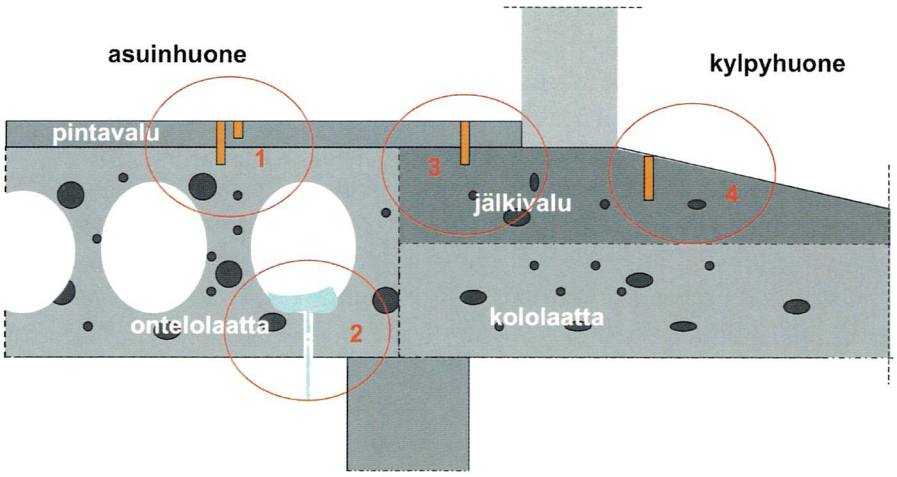
Massiivisissa paikalla valetuissa välipohjissa betonin kuivumiselle tulee varata riittävästi aikaa ja rakenteen ympärille tulee luoda mahdollisimman varhaisessa vaiheessa hyvät kuivumisolosuhteet. Laatimalla rakenteelle jo suunnitteluvaiheessa kuivumisaika-arvio, betonivalinnalla ja lämmityksen aloitusajankohdalla voidaan merkittävästi vaikuttaa siihen, että rakenne on päällystettävissä aikataulun mukaisesti. Rakenne olisi hyvä valaa kerralla lopulliseen pintaan, sillä uusi valukerros tuo aina lisää kosteutta kastellen mahdollisesti jo kuivunutta alapuolista rakennetta.

Rakenteen kuivumista seurataan mittaamalla betonin huokosilman suhteellinen kosteus rakenteeseen poratusta reiästä tai rakenteesta otetusta näytepalasta. Mittaussyvyys on riippuvainen rakenteen paksuudesta. Massiivisessa välipohjassa mittaus tehdään arvostelusyvyydeltä A, mikä on 20 % koko rakenteen paksuudesta. Lisäksi mitataan rakenteen pintaosien kosteus syvyydeltä 0,4 x A (10–30 mm:n syvyydeltä). Jos rakenne kuivuu vain yhteen suuntaan, kuten liittolaattarakenteet, arvostelumittaussyvyys A on 40 % rakenteen paksuudesta. Paksuissa rakenteissa maksimiarvostelumittaussyvyys on 70 mm, missä päällystysmateriaalin ilmoittama kriittinen kosteusraja-arvo on alitettava. Mikäli runkovalun päälle on tehty vielä ns. pintavaluja, mittaus tulee tehdä myös näiden valujen rajapinnasta.

Rakennuksissa, joissa lattiat on tehty ontelolaatoista, samassa huonetilassa samalta syvyydeltä eri kohdista lattiaa tehdyistä kosteusmittauksista voidaan saada useita prosenttiyksikköjä toisistaan eroavia kosteusarvoja. Lukema voi olla erilainen riippuen siitä, onko mittauspiste ontelolaatan sauman kohdalla, ontelojen välisen kannaksen kohdalla vai ontelon yläpuolella. Korkeimpia arvoja saadaan yleensä sauman kohdalta. Ontelolaattarakenteiden päällystettävyyshetken kosteustilaa määritettäessä on myös

syytä huomioida, että pintavalukerroksen (betoni tai tasoite) paksuus voi vaihdella eri kohdissa johtuen mm. ontelolaatan käyryydestä. Ontelolaattavälipohjassa kosteusmittaus ennen päällystämistä tehdään ontelojen välisen kannaksen kohdalta vähintään kahdelta eri syvyydeltä: 20 mm pintavalun alapuolelta ontelolaattabetonista (maksimisyvyys 70 mm koko rakenteen pinnasta) sekä pintavalun puolestavälistä. Molemmissa mittaussyvyyksissä tulee alittaa päällystemateriaalin edellyttämä kosteusraja-arvo.

Elementtivälipohjassa kylpyhuoneiden kohdalla on usein ontelolaattaa huomattavasti ohuempi kololaatta, jonka päälle paikalla valettavaan jälkivaluun voidaan tehdä tarvittavat lattiakallistukset. Jälkivalut ovat yleensä hyvin paksuja ja kosteuden poistumista tapahtuu pääosin vain ylöspäin. Toisaalta päällystämistyöt pyritään aikataulullisesti usein aloittamaan juuri märkätiloista eli näille rakenteille on varattu kuivumisaikaa vähiten. Jotta myöhemmin syntyviltä vaurioilta vältyttäisiin, rakenteen kosteudenhallintaan, kuten betonivalintaan ja olosuhdehallintaan, tulee kiinnittää erityistä huomiota.



Kuva 24. Ontelolaatta-välipohjassa päällystettävyyskosteusmittaus tehdään ontelojen välisen kannaksen kohdalta (1). Rakennusaikana tulee tarkistaa, ettei onteloissa ole vettä (2). Kylpyhuoneiden kololaatta ja jälkivalu voivat jatkua myös asuinhuoneen puolelle. Lattiarakenne saattaa näiltä osin kuivua muuta osaa hitaammin (3). Elementtivälipohjissa kylpyhuoneiden kohdalla paikalla valettu kaatovalu voi olla hyvinkin paksu, mikä tulee ottaa huomioon rakenteen kuivumisaikaa arvioitaessa (4).

Kerroksellisissa lattiarakenteissa tulee betonin kosteuden lisäksi kiinnittää huomiota mahdollisesti runkolaatan ja pintalaatan välissä olevan askeläänieristetilan päällystämishetken kosteuteen, puhtauteen sekä kuivumismahdollisuuksiin päällystämisen jälkeen. Rakennusaikana ja vielä kohteen valmistumisen jälkeenkin eristetilan suhteellinen kosteus voi olla useita viikkoja, jopa kuukausia, korkea. Jos tilassa ei ole mitään orgaanista ainetta ja kosteus pääsee ajan kuluessa pikkuhiljaa poistumaan, eristetilassa voidaan päällystyshetkellä sallia 90 %:n suhteellinen kosteus ilman että eristetilaan syntyisi mikrobikasvua. Eristetilan korkea kosteus voi kuitenkin aiheuttaa pintalaatan käyristymistä, mikä näkyy mm. nurkkien nousuna. Varsinkin talviaikaan, kun sisäilma on kuivaa, pintalaatan yläpinta kuivuu ja kutistuu, mutta alapinnassa kutistumista ei tapahdu. Kosteusero aiheuttaa laatan käyristymisen. Päällystämisen jälkeen kosteus laatassa usein tasaantuu, minkä seurauksena laatta oikenee ja "nurkat laskevat" takaisin. Tämä ilmiö puolestaan havaitaan usein lattian ja jalkalistan väliin syntyvänä rakona. Ilmiö tulee huomioida myös vedeneristettävissä tiloissa.

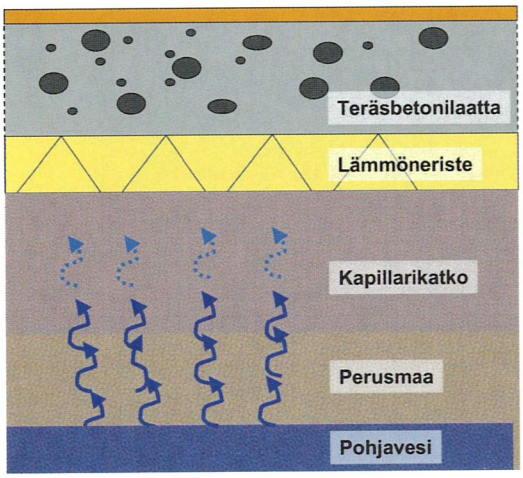
Kerroksellisissa lattioissa päällystettävyyskosteus määritetään pintalaatasta (40 % pintalaatan paksuudesta). Lisäksi kosteus mitataan eristetilasta, missä sen tulee olla alle 90 % RH. Tämä saavutetaan yleensä, mikäli runkobetonin kosteus pintaosissa on alle 90 % RH ennen eristeasennusta.

6.2 Maanvastaiset alapohjat

Maanvastaisten lattiarakenteiden lämpö- ja kosteusolosuhteet poikkeavat muiden lattiarakenteiden toiminnasta merkittävästi, sillä ne ovat kosketuksissa lämpimän ja kostean maa-aineksen kanssa. Rakenteeseen muodostuva lämpökenttä vaikuttaa maaperässä ja rakenteessa olevan kosteuden siirtymis- ja sitoutumisilmiöihin, mistä syystä lämpötila tulee aina ottaa huomioon tarkasteltaessa rakenteen kosteusteknistä toimivuutta.

Maanvastaisen laatan alla oleva hienoainesta sisältävä karkearakeinen maakerros pystyy kapillaarivoimien vaikutuksesta kuljettamaan suuria määriä vettä ylöspäin ja vaakasuunnassa täyttökerroksen alla olevista pohja-, orsi- ja vajovesikerroksista. **Veden kapillaarinen kulkeutuminen maanvastaiseen laattaan tuleekin aina estää kapillaarisen vedennousun katkaisevalla kerroksella** esimerkiksi laatan alla olevalla riittävän paksulla ja karkearakeisella sepelikerroksella. Kapillaarisen nousun katkaisevan kerroksen tulee olla paksumpi kuin kapillaarikatkona käytettävän materiaalin kapillaarinen nousukorkeus. Monet salaojituskerroksina käytettävät materiaalit, kuten esim. salaojitussora, eivät muodosta riittävää kapillaarikatkoa. Useimmissa tapauksissa maanvastaisen laatan alle suositellaan vähintään 300 mm pestyä, karkeaa sepeliä, jonka kapillaarinen nousukorkeus on alhainen. Kapillaarisen vedennousun estäminen on välttämätöntä kosteusteknisesti toimivan lattiarakenteen suunnittelussa.

Jos betonilaatta on yhteydessä pohjavedenpinnan tai muuten **kapillaarisella** alueella olevan maa-aineksen kanssa, betoni voi imeä itseensä vettä kapillaarisesti ja siirtää sitä edelleen kapillaarisesti eteenpäin kohti lattiapäällystettä. Kapillaarisella alueella betonin huokosilman suhteellinen kosteus on 98–100 %, kosteus siirtyy nesteenä ja kosteusmäärät (kg/m^3) ovat yleensä huomattavasti suuremmat kuin, jos kosteus siirtyy vain diffuusiolla eli vesihöyrymuodossa.



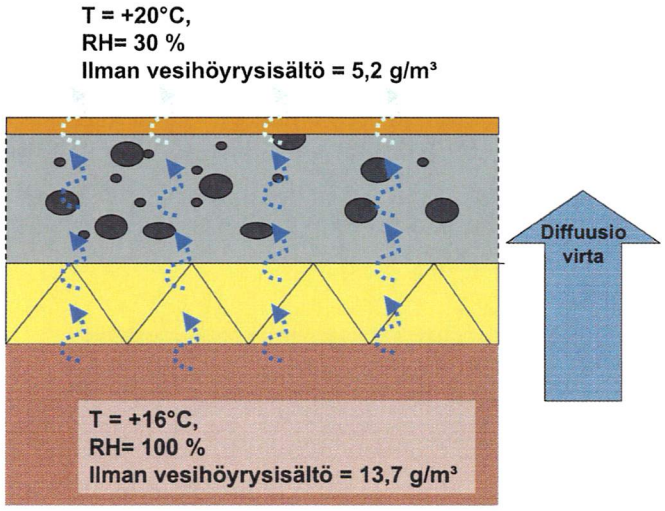
Kuva 25. Maanvastaisen laatan alla tulee olla kapillaarikatko eli riittävän paksu kerros kapillaarisen veden nousun katkaisevaa maa-ainesta. Kapillaarikerroksen paksuuden tulee olla suurempi kuin kyseisen maa-aineksen kapillaarinen nousukorkeus.

Vaikka kapillaarinen vedennousu on estetty, maanvaraisen laatan alapuolisen **täyttökerroksen huokosilman suhteellinen kosteus on käytännössä lähes aina 100 %**. Täyttökerroksen vesihöyrypitoisuus (vesihöyryn osapaine) riippuu tällöin merkittävästi lämpötilasta. Lämmitetyissä rakennuksissa täyttökerroksen lämpötila on noin +12–+17 °C riippuen käytetystä eristepaksuudesta ja yläpuolisen tilan lämpötilasta. Lämpöeristämättömissä alapohjissa täyttökerroksen lämpötila voi nousta lähelle sisäilman lämpötilaa. Täyttökerroksen lämpötilaa voivat kasvattaa myös kerroksessa kulkevat lämpöeristämättömät lämpöputket. Maanvastaisen laatan yli muodostuu lämpötila- ja kosteusero, joka pyrkii tasaantumaan rakenteen läpi. Lämpimän ja kostean täyttökerroksen ($T \approx +16$ °C, $RH \approx 100$ %) huokosilman vesihöyrypitoisuus on yleensä suurem-

pi kuin normaalin huoneilman (T ≈ +20 °C, RH = 20–40 %). Tästä syystä **täyttökerroksesta kulkeutuu diffuusiolla (vesihöyrymuodossa) kosteutta huoneilmaan päin**. Matkalla tämä kosteus voi jopa tiivistyä rakenteeseen tai jonkin materiaalikerroksen kosteus voi nousta kriittisen korkeaksi. Useimmissa tapauksissa kriittisin kohta on tiiviin lattiapäällysteen alapinta. /14,15/

Lattiapäällysteen vesihöyrynläpäisevyys suhteessa alapuoliseen kosteusvirtaan vaikuttaa merkittävästi siihen, nouseeko kosteus lattiapäällysteen alla kriittisen korkeaksi. Eri lattiapäällysteiden vesihöyrynläpäisevyyksissä on suuria eroja. **Mitä tiiviimpi päällystemateriaali, sitä suurempi on riski, että kosteus päällysteen alla nousee kriittisen korkeaksi.** Lämmöneristetyissä alapohjissa rajalämpötila, jossa tiiviin päällysteen alla suhteellinen kosteus voi nousta kriittisen korkeaksi, on noin 19 °C. Läpäisevillä päällysteillä rajalämpötila on korkeampi. Lämmöneristämätön alapohjarakenne toimii kosteusteknisesti vain käytettäessä vesihöyryä läpäiseviä päällysteitä /15/.

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

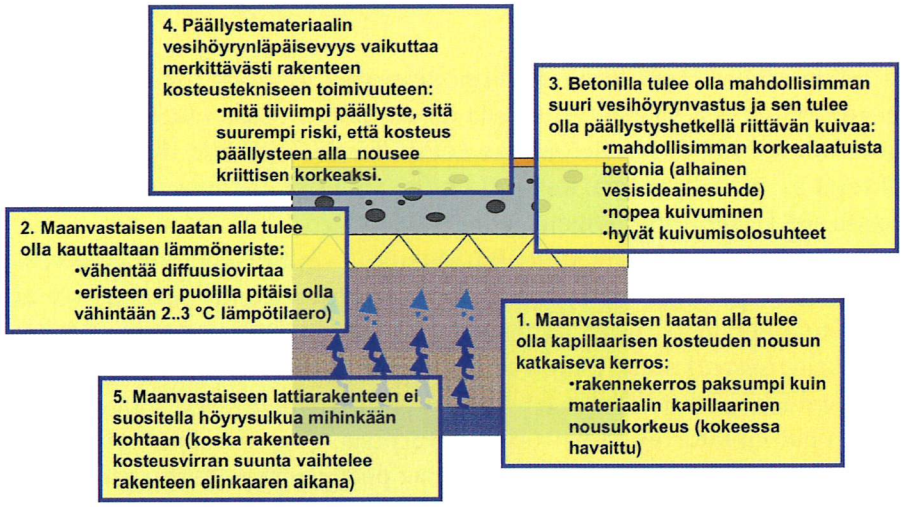


Kuva 26. Jos maaperän suhteellinen kosteus on 100 % ja lämpötila on +16 °C, maaperän ilman vesihöyrysisältö on noin 13,7 g/m³. Jos sisäilman lämpötila on tällöin +20 °C ja suhteellinen kosteus 30 %, sisäilman vesihöyrysisältö (5,2 g/m³) on paljon pienempi kuin maaperän. Koska vesihöyrysisältöerot rakenteen yli pyrkivät tasoittumaan (diffuusio), maaperästä siirtyy kosteutta vesihöyrymuodossa kohti sisäilmaa. Mikäli kosteusvirta maaperästä sisäilmaan päin on suurempi kuin päällystemateriaalin kyky läpäistä vesihöyryä, kosteus päällystemateriaalin alla tai itse materiaalissa voi nousta vaurioitumisen kannalta kriittisen korkeaksi.

Betonin vesihöyrynläpäisevyysominaisuuksiin vaikuttavat betonin tiiviys sekä betonin kosteus. Mitä tiiviimpää betoni on, sitä hitaammin kosteus siinä liikkuu. Betonin tiiviys puolestaan kasvaa betonin lujuusluokan noustessa ja vesisideainesuhteen pienentyessä. Betonin kosteus taas vaikuttaa niin, että mitä kosteampaa betoni on, sitä paremmin kosteus siinä liikkuu. Kosteuden vaikutus on lisäksi suurempi alemman lujuusluokan betoneilla. Yhteenvetona voidaan sanoa, että mitä alhaisempi betonin lujuusluokka on ja mitä kosteampaa se on, sitä enemmän se siirtää kosteutta. Maanvaraisen rakenteen kosteusteknisen toiminnan kannalta olisikin parempi tehdä laatat mahdollisimman korkealuokkaisesta betonista, jolla on alhainen vesi-sementtisuhde.

Maanvastaista lattiarakennetta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, että rakenteen lämpö- ja kosteustekninen toiminta vaihtelee suuresti rakenteen elinkaaren aikana. Rakenteen tulee olla sellainen, että rakennekosteuden kuivuminen on mahdollista ja ettei rakenneosien kriittinen kosteuspitoisuus missään vaiheessa ylity.

Rakennusaikana ennen rakenteen päällystämistä rakenteesta poistuu kosteutta haihtumalla sisäilmaan sekä osin diffuusiolla ja painovoimalla viileään täyttökerrokseen, jos laatan alla ei ole höyrysulkua. Päällystämisen jälkeen kosteuden haihtuminen ylöspäin hidastuu tai loppuu lähes kokonaan riippuen päällystemateriaalin vesihöyrynläpäisevyydestä. Kuivuminen voi kuitenkin jatkua alaspäin niin kauan kuin täyttökerroksen lämpötila on riittävän alhainen. Riippuen täyttökerroksen lämpötilasta rakennusaikana ja rakenteen lämmönvastuksesta, täyttökerroksen lämpötila ja samalla myös vesihöyrysisältö alkavat ajan kuluessa nousta, jolloin kosteusvirta alaspäin pienenee ja pikku hiljaa alkaa kääntyä ylös huonetilaan päin.



Kuva 27. Maanvastaisen lattiarakenteen suunnittelussa ja toteutuksessa tulee ottaa huomioon maaperän sekä rakenteen eri kerrosten lämpö- ja kosteustekniset ominaisuudet.

Käyttötilanteessa alapohjarakenteen kosteustasapainon saavuttaminen riippuu rakenteen eri puolilla vallitsevista olosuhteista (T, RH), rakenteen materiaalikerrosten vesihöyrynläpäisevyyksistä ja lämmönjohtavuuksista sekä poistuvan rakennekosteuden määrästä. Tasapainon saavuttaminen kestää yleensä useita, jopa kymmeniä vuosia.

Maanvastaisen lattiarakenteen kosteusteknisen toimivuuden kannalta laatan alla tulee olla kauttaaltaan lämmöneriste. Eristekerroksen paksuus olisi hyvä olla niin suuri, että eristeen eri puolille muodostuisi vähintään 2–3 °C:n lämpötilaero. Hyvän lämmöneristävyyden lisäksi olisi hyvä, jos eristeellä olisi myös suuri vesihöyrynvastus. Myös betonin valinnalla on merkitystä rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen. Betonilaatu vaikuttaa mm. rakenteen kuivumisaikaan sekä kosteudensiirtymisominaisuuksiin.

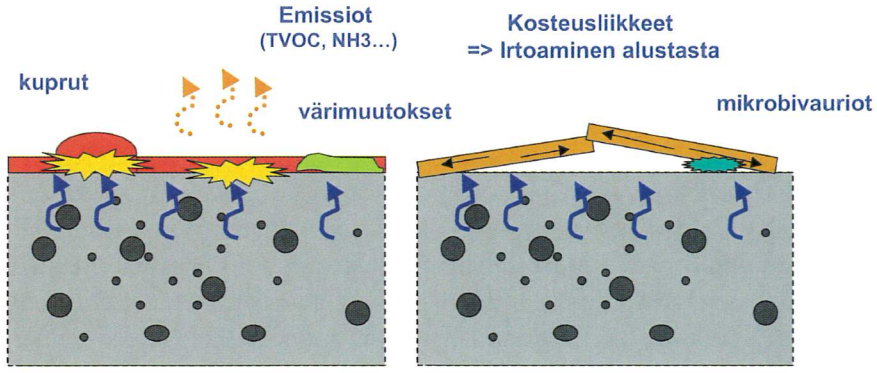
Koska maanvastaisen alapohjarakenteen kosteusvirran suunta ja määrä vaihtelee rakenteen elinkaaren aikana (rakennusvaihe, käyttö, mahdollinen vaurio), rakenteeseen ei tule asentaa höyrynsulkua mihinkään kohtaan. Myös parketti ja laminaattipäällysteiden alle laitettavaa höyrynsulkua (polyeteenikalvoa) voidaan pitää kosteusteknisesti riskinä, sillä höyrysulun alapintaan voi ajan kuluessa kerääntyä maaperästä diffuusiolla siirtyvää kosteutta.

7 Kosteuden aiheuttamat päällyste- ja pinnoitevauriot

Betonilattioiden erilaiset päällyste- ja pinnoitevauriot johtuvat usein betonin korkeasta kosteuspitoisuudesta päällystyshetkellä tai sen jälkeen sekä rakennetta ympäröivän ilman kosteuden vaihtelusta. Betoni itse kestää hyvin kosteutta. Betoni ei kosteuden vaikutuksesta esimerkiksi lahoa. Betonista tulee jopa sitä lujempaa, mitä kosteimmissa olosuhteissa sitä kovettumisvaiheen aikana säilytetään.

Betonin sisältämä kosteus voi kuitenkin aiheuttaa vaurioita betonirakenteessa kiinni olevissa erilaisissa päällyste- ja pinnoitemateriaaleissa. Betonin kosteus voi aiheuttaa mm. päällystemateriaalin värjääntymistä, irtoamista alustastaan, mikrobikasvua sekä kemiallisia hajoamisreaktioita, joiden seurauksena sisäilmaan haihtuu (emittoituu) terveydelle haitallisia yhdisteitä. Kosteus aiheuttaa myös betonissa muodonmuutoksia. Kuivuessaan betoni kutistuu ja kastuessaan turpoaa. Betonissa päällystämisen jälkeen tapahtuvat muodonmuutokset voivat aiheuttaa päällystemateriaalin irtoamisen.

Päällyste- ja pinnoitevaurioita voidaan merkittävästi vähentää, kun betonirakenteita kuivatetaan ennen päällyste- tai pinnoitustyöhön ryhtymistä. Kuivattamisasteen eli ns. kriittisen kosteuden määrää päällyste- ja pinnoitemateriaalin kosteudensietokyky ja vesihöyrynläpäisykyky. Riittävä kuivuminen varmistetaan ennen päällystämistä tehtävillä betonirakenteen suhteellisen kosteuden (RH %) mittauksilla.



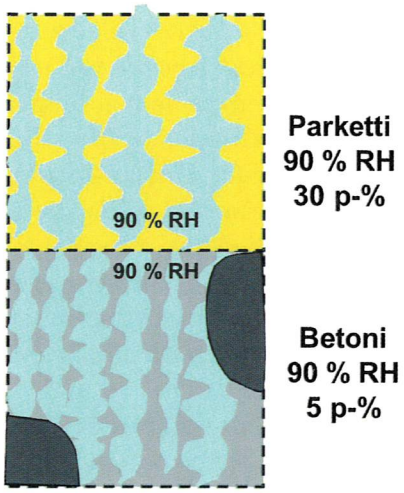
Kuva 28. Betonin kosteus voi aiheuttaa päällyste- ja pinnoitemateriaaleissa erilaisia vaurioita, kuten päällysteen irtoamista, värjääntymistä, mikrobivaurioitumista sekä kemiallista hajoamista, jonka seurauksena sisäilmaan voi haihtua (emittoitua) terveydelle haitallisia yhdisteitä.

7.1 Kriittinen kosteus ilmoitetaan suhteellisena kosteutena

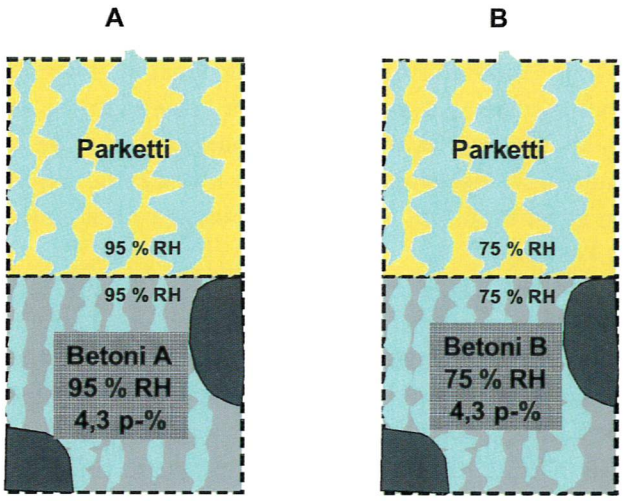
Materiaalien kosteusvaurioitumisen kannalta kriittinen kosteus ilmoitetaan yleensä suhteellisena kosteutena (RH %). Kosteusraja-arvoja on määritetty mm. kokeellisesti säilyttämällä materiaaleja eri olosuhteissa (RH %) ja tutkimalla, missä suhteellisessa kosteudessa, lämpötilassa ja missä ajassa vaurioituminen alkaa. **Koska kosteusvaurioituminen on monen tekijän summa, tarkkaan lukuarvoon perustuvaa kosteusraja-arvoa vaurioitumiselle ei voida antaa.** Vaurioiden välttämiseksi esimerkiksi betonilattia- ja seinäpäällystemateriaalien kriittisissä kosteusraja-arvoissa on usein mukana ns. varmuusmarginaalia.

Erilaisilla rakennusmateriaaleilla on erilainen kyky sitoa kosteutta johtuen niiden erilaisesta huokosrakenteesta. Esimerkiksi jos parketti ja betoni ovat saavuttaneet tasapainokosteuden 90 %:n suhteellisessa kosteudessa, parketissa voi olla jopa yli 20 painoprosenttia (p-%) kosteutta, kun vastaavasti betonissa voi olla vain 5 painoprosenttia. Lisäksi eri betonilaatujen huokosrakenteissa ja siten niiden kosteudensitomisominaisuuksissa on merkittäviä eroja. Esimerkiksi jossakin betonilaadussa kosteuspitoisuus voi olla 4 painoprosenttia suhteellisen kosteuden ollessa 75 %, kun taas jossain toisessa betonilaadussa vastaavalla painoprosenttikosteudella suhteellinen kosteus voi olla jopa yli 95 %.

Painoprosenttikosteus ei kerro, miten haitallista betonin huokosissa oleva kosteus on esimerkiksi betonissa kiinni oleville päällystemateriaaleille. Betonirakenteen pintaosissa betonin huokosten ilmatila pyrkii tasapainokosteuteen ympäristön kanssa. Jos betonirakenteen pinnassa on esimerkiksi parketti, betoni luovuttaa parketin huokosrakenteeseen kosteutta niin kauan kunnes parketin huokosrakenteessa on sama suhteellinen kosteus kuin betonin huokosissa. Suhteellisen kosteuden noustessa parketin huokosrakenteessa parketissa voi tapahtua mm. turpoamista tai siinä voi alkaa kasvaa mikrobeja.



Kuva 29. Kun betoni, jonka suhteellinen kosteus on 90 % (rakenteen pinnassa), on kosketuksissa parkettiin, parketin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus betonin läheisyydessä nousee myös 90 %:iin eli suhteellinen kosteus materiaaleissa on sama. Materiaalin kosteussisällössä painoprosentteina (p-%) on kuitenkin suuri ero.



Kuva 30. Kahdella eri betonilaadulla (betoni A ja betoni B) voi olla sama kosteuspitoisuus painoprosentteina (p-%), mutta niiden suhteellisen kosteuden arvoissa voi olla hyvinkin suuri ero. Tämä ero johtuu eri betonien erilaisesta huokosrakenteesta ja siten niiden kyvystä sitoa kosteutta.

7.2 Mikrobivauriot

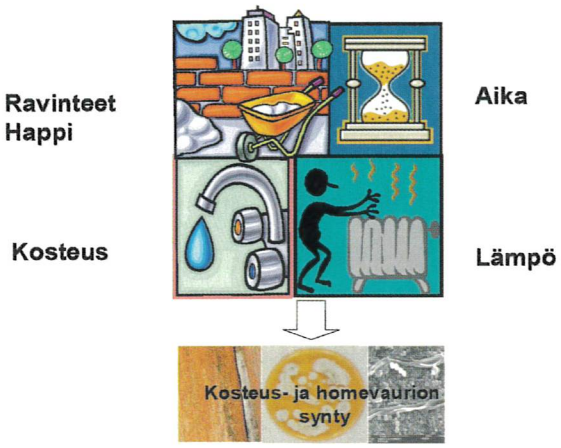
Epäorgaanisena materiaalina betoni on huono kasvualusta mikrobeille (homeille, sienille ja bakteereille). Betonin alkalisuus eli korkea pH hidastaa mikrobien kasvua. Betonirakenteen pinnalle voi kuitenkin syntyä mikrobikasvua, jos pinnalla on orgaanista likaa kuten esimerkiksi pölyä tai sahanpurua. Myös tällöin pinnan alkalisuus vaikuttaa mikrobikasvuun sitä hidastavasti. Mitä suurempi betonin sementtimäärä on, sitä suurempi on sen alkalisuus ja siten myös sitä huonompi kasvualusta se on mikrobeille. Ilman hiilidioksidi saa aikaan paljaan betonipinnan karbonatisoitumista, minkä seurauksena betonin alkalisuus voi ajan kuluessa heiketä. Vanhemmissa betonirakenteissa, joissa karbonatisoitumista on jo tapahtunut, myös mikrobien kasvua voi tapahtua herkemmin kuin nuoremmissa.

Betonin sisältämä rakennekosteus aiheuttaa hyvin harvoin päällystemateriaaleihin mikrobivaurioita. Päällystemateriaaleissa mahdollisesti havaitun mikrobivaurioin syynä on yleensä jokin ulkopuolinen kosteuslähde kuten vesivahinko tai maaperän kosteus, ja tällöinkin kosteuspitoisuuden tulee olla pitkän aikaa hyvin korkea. Kun betonirakenteita rakennusaikana päällystetään, rakenteissa on yleensä vielä paljon rakennekosteutta. Päällystämisen jälkeenkin betoni yleensä pääsee vielä kuivumaan. Kuivumisnopeus on riippuvainen mm. päällystemateriaalin vesihöyrynläpäisevyydestä. Yleensä kuivumista tapahtuu riittävän nopeasti, ettei mikrobikasvua pääse syntymään.

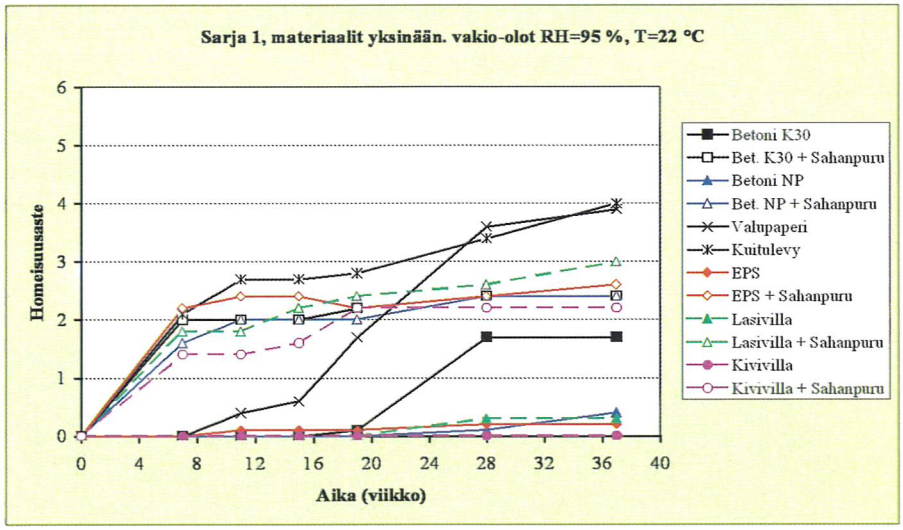
Päällystemateriaalien ja niiden kiinnitysaineiden ominaisuudet vaikuttavat omalta osaltaan mikrobikasvun syntyyn. Orgaanisia aineita sisältävät materiaalit vaurioituvat herkemmin kuin epäorgaaniset materiaalit. Orgaanisia aineita sisältäviä päällystemateriaaleja ovat mm. parketti, parketin alusmateriaalina käytettävä paperi, juuttikangasta sisältävä linoleum, korkki ja laminaatti. Myös joissakin tasoitteissa ja useimmissa liimoissa on orgaanisia aineita. Epäorgaanisia päällystemateriaaleja ovat mm. keraamiset laatat ja niiden sementtipohjaiset kiinnityslaastit, luonnonkivi, tasa-aineiset muovimatot, kumimatot ja monet tekstiilimatot. Myös useimmat pinnoitemateriaalit ovat epäorgaanisia.

Päällystetyn betonirakenteen mikrobivaurioitumiselle ei voida antaa yhtä selkeää raja-arvoa. Mikrobivaurion synty on usean eri osatekijän summa, joista kosteus on merkittävä, mutta ei kuitenkaan ainoa tekijä. Kosteuden lisäksi vaurion syntyyn vaikuttavat lämpötila, materiaaliominaisuudet (orgaanisuus, happipitoisuus) sekä aika. Samassa kosteudessa ja lämpötilassa jokin materiaali saattaa vaurioitua jo muutamassa vuorokaudessa, kun taas toinen materiaali voi kestää niitä vaurioitumatta vuosia. Pelkän kosteusmittaustuloksen perusteella, esimerkiksi RH on yli 75 %, ei voida vielä päätellä, että materiaali tai rakenne olisi mikrobivaurioitunut. Useimmat päällystemateriaalit sallivat alustabetonin ja päällystemateriaalin rajapinnassa 80–90 % RH:n. Tällöinkin syvemmällä betonissa saa olla huomattavasti korkeampi kosteus. Esimerkiksi muovimaton alla voi olla useita kuukausia 85 %:n suhteellinen kosteus ilman, että mikrobikasvua syntyy, sillä betonin alkalisuus ja tilan vähäinen happimäärä hidastavat kasvua. Myös useimmat muovimatot ovat epäedullista ravintoa mikrobeille. Heikoimpana lenkkinä voidaan pitää maton kiinnittämiseen käytettävää liimaa, mutta myös sille voidaan sallia 85 %:n suhteellinen kosteus.

Kerroksellisissa betonilattiarakenteissa, missä kahden betonikerroksen välissä on askeläänieristetila, välitilaan voi syntyä mikrobikasvustoa erityisesti, jos tilassa on jotain orgaanista materiaalia kuten puuta tai paperia. Yleisemmin eristetilassa käytettävät askeläänieristeet kuten lasi- ja kivivilla sekä EPS-eriste ovat epäorgaanisia materiaaleja ja siten huonoa kasvualustaa mikrobeille. Kun kyseiset materiaalit ovat vielä kahden betonikerroksen välissä, niiden mikrobivaurioituminen hidastuu entisestään. Rakennusaikana eristetilassa voidaankin rakenteen päällystämishetkellä sallia 90 %:n suhteellinen kosteus, kunhan varmistetaan, ettei tilassa ole mitään orgaanista ainetta ja että eristetila pääsee vielä päällystämisen jälkeen kuivumaan /16/.



Kuva 31. Kosteus- ja homevaurion synty on monen eri osatekijän summa, joista kosteus on merkittävä, mutta ei kuitenkaan ainoa tekijä. Kosteuden lisäksi vaurion syntyyn vaikuttavat lämpötila, materiaaliominaisuudet (orgaanisuus, happipitoisuus) sekä aika. Samassa kosteudessa ja lämpötilassa jokin materiaali saattaa vaurioitua jo muutamassa vuorokaudessa, kun taas toinen materiaali voi kestää niitä vaurioitumatta vuosia.



Kuva 32. Materiaaliominaisuuksilla on merkittävä vaikutus siihen, miten nopeasti homeen kasvu käynnistyy. Kuvassa samoissa olosuhteissa (RH =95 %, T= 22 °C) säilytettyjen eri materiaalien homeisuusaste ajan funktiona /16/.

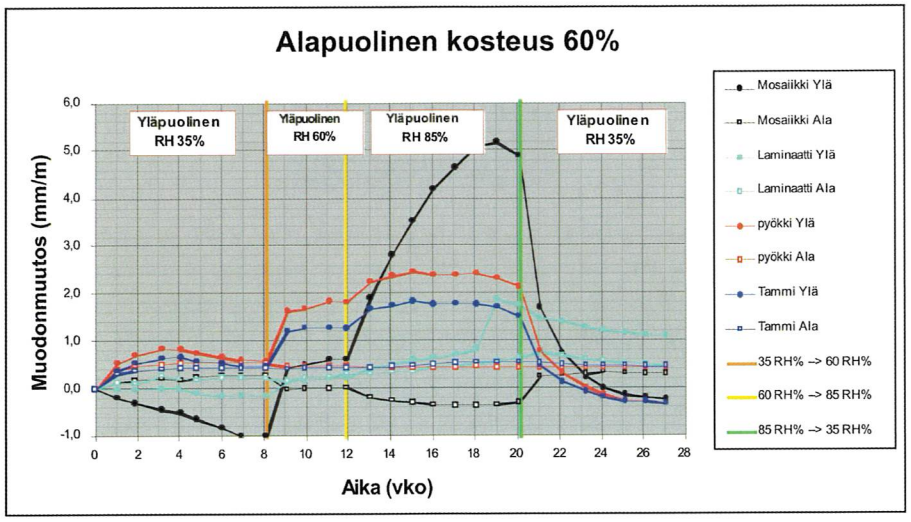
7.3 Kosteuden aiheuttamat muodonmuutokset

Betonissa kuten muissakin huokoisissa materiaaleissa tapahtuu kuivumisen ja kastumisen myötä muodonmuutoksia. Kuivuessaan betoni kutistuu, mikä voi aiheuttaa mm. lattioiden **halkeilua** ja **käyristymistä**. Esimerkiksi ns. kelluvissa betonilattioissa askeläänieristeen päälle valetun ohuen pintalaatan nurkat saattavat nousta, kun laatta kuivuu nopeasti yläpinnastaan, mutta on pohjasta vielä hyvin kostea. Nurkat laskeutuvat usein takaisin, kun kosteuspitoisuusero laatassa tasaantuu.

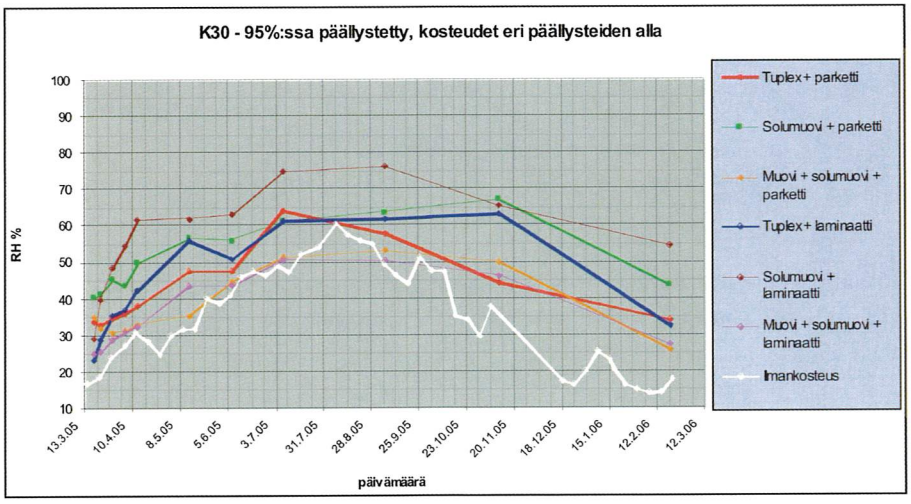
Suurimpia itse betonin muodonmuutoksesta johtuvia vaurioita ovat keraamisten laattojen irtoaminen betoniseinistä ja -lattioista betonissa laatoittamisen jälkeen tapahtuvasta **kuivumiskutistumasta** johtuen. Vaurioita on syntynyt, kun betonirakenne on laatoitushetkellä ollut liian kostea, mutta rakenne on kuitenkin myöhemmin päässyt kuivumaan. Kuivuessaan betoni kutistuu, mutta keraaminen laatta ei, jolloin seurauksena on laattojen irtoaminen (luku 5).

Betonin sisältämä kosteus voi aiheuttaa myös lattiapäällysteissä, kuten parketissa ja laminaatissa, kutistumista tai turpoamista. Alustabetonin kosteuden vaikutuksesta puu

voi turvota ja irrota alustastaan. Valtaosa parketti- ja laminaattilattioiden elämisestä johtuu kuitenkin **sisäilman kosteudesta ja sen rajuista muutoksista**. Talvella sisäilma on yleensä hyvin kuivaa, jolloin lattioihin syntyy helposti rakoja. Loppukesästä sisäilma taas voi olla niin kosteaa, että parkettisauvat irtoavat alustastaan puun turvotessa. Kelluvissa parketti- ja laminaattilattioissa, joissa on vesihöyryn liikettä hidastava alusmateriaali, päällystemateriaalin eläminen johtuu pääosin sisäilman kosteudesta.



Kuva 33. Ilman suhteellinen kosteus aiheuttaa parketti- ja laminaattipäällysteissä kutistumista ja turpoamista. Kuvassa parketti- ja laminaattipäällysteiden turpoamista/kutistumista (mm/m), kun päällysteen alla on 60 %:n suhteellinen kosteus ja yläpuolinen kosteus muuttuu 35 %:sta ensin 60 %:iin, sitten 85 %:iin ja lopuksi takaisin 35 %:iin /17/.



Kuva 34. Sisäilman suhteellinen kosteus vaikuttaa merkittävästi päällystemateriaalien alapuoliseen suhteellisen kosteuden arvoon ja siten myös päällystemateriaalin kosteuteen ja kosteusliikkeisiin. Laboratoriokokeessa päällysteet asennettiin varsin kostealle betonille. Silti päällysteen alapuolinen kosteuspitoisuus noudattelee pääosin ilmankosteuden muutoksia. /17/

7.4 Päällystemateriaalin kemiallinen hajoaminen ja emissiot

Materiaaliemissio on materiaalin pinnasta tapahtuva kemiallisten yhdisteiden haihtumisilmiö. Emissio ilmoitetaan massayksikkönä pinta-ala- ja aikayksikköä kohden eli mg/m²h (1000 μg/m²h). Materiaaliemission nopeuteen vaikuttavat mm. materiaalin lämpötila, sen pinnassa tapahtuva ilmanvaihtuvuus sekä yhdisteen diffuusiokerroin kyseisessä materiaalissa /19/.

Uusista lattiapäällystemateriaaleista emittoituu ensimmäisten kuukausien aikana sisäilmaan erilaisia kemiallisia yhdisteitä (esim. haihtuvia orgaanisia yhdisteitä VOC, formaldehydia ja ammoniakkia), jotka aistitaan kullekin materiaalille ominaisena hajuna. Emissiota, jossa materiaalista haihtuu normaaleja materiaalin valmistamiseen käytettyjä aineita, kutsutaan ominaisemissioksi tai primääriemissioksi.

Taulukko 5. Rakennustuotteista mitattuja VOC (haihtuvia orgaanisia) -yhdisteiden ja yhdisteryhmien emissioita /19/.

Rakennustuote	VOC-yhdiste/yhdisteryhmä
Muovimatto (PVC)	alkaanit, aromaattiset yhdisteet, 2-etyyliheksanoli, TXIB (esteriyhiste)
Parketti (puu)	C_5–C_6 – aldehydit, terpeenit
Linoleum	C_5–C_{11} – aldehydit, alifaattiset hapot, bentsaldehydi
Kumimatto	Asetonifenoni, alkyloidut aromaattiset yhdisteet, styreeni
Liima	C_9–C_{11} – alkaanit, tolueeni, styreeni
Lakka	Alkaanit, aldehydit

Lattiapäällyste- ja pinnoitemateriaaleja voidaan luokitella päästöluokkiin sen perusteella, miten paljon niistä yksittäisinä tuotteina emittoituu erilaisia yhdisteitä. Sisäilmayhdistys ry:n julkaisemassa *Sisäilmaluokitus 2000* -julkaisussa on enimmäisarvot materiaalien TVOC-, ammoniakki- sekä formaladehydiemissioille luokissa M1 ja M2 (taulukko 6). Päästöluokitus määrittelee enimmäisraja-arvot. Luokitus on Sisäilmayhdistyksen rakennusalalle luoma vapaaehtoinen järjestelmä, eivätkä sen määrittelemät luokitukset ole sidoksissa rakentamismääräyksiin, eli annetut tavoitearvot ovat alan omia suosituksia (Sisäilmayhdistys 2000). M1-luokkaan kuuluvia materiaaleja voidaan pitää vähäpäästöisimpinä. Hyvän sisäilman laadun varmistamiseksi lattiarakenteissa kannattaa käyttää vähäpäästöisiä materiaaleja.

Taulukko 6. Sisäilmaluokituksen määrittämät enimmäisarvot materiaalien emissioille luokissa M1 ja M2 /20/.

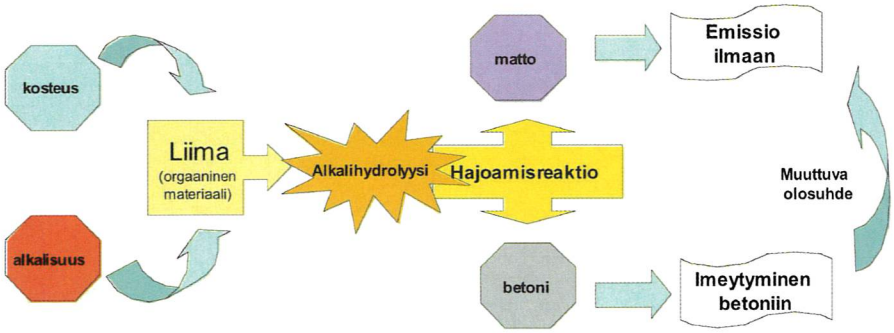
Materiaalin laatuluokka	Emissionopeus (µg/m²h)		
	TVOC	Ammoniakki	Formaldehydi
M1	200	30	50
M2	400	60	125

TVOC = haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärä

Kosteuden vaikutus

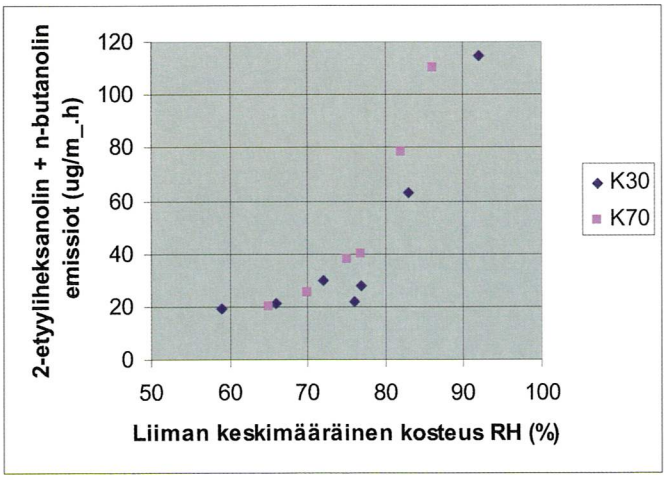
Vaikka päällystemateriaali olisikin vähäpäästöinen, se ei kuitenkaan takaa, etteikö lattiarakenteesta emittoituisi haitallisia yhdisteitä. Yhdistelmä betoni-tasoite-liima-lattiapäällyste on monimutkainen kombinaatio, johon erityisesti kosteus voi vaikuttaa haitallisesti. Betonin alkalinen kosteus voi aiheuttaa päällystemateriaaleissa ja niiden kiinnittämiseen käytetyissä liimoissa kemiallista hajoamista. Hajoamisen seurauksena liiman tartuntaominaisuudet huononevat ja maton pehmitinaineet tuhoutuvat, jolloin matto kovettuu ja menettää joustavuutensa. Liiman hajoamisen seurauksena syntyneet yhdisteet ovat hydrolyysi- ja hapettumistuotteita kuten alkoholit, aldehydit, ketonit ja hapot, joista yleisimmin tunnetaan 2-etyyliheksanoli. Kyseinen yhdiste syntyy, kun ftalaatti-pohjainen pehmitin PVC:ssä hajoaa. Pahimmillaan tällainen hajoamisreaktio

tuntuu hajuna ja saattaa näkyä tummina laikkuina PVC-matossa. Hajoamisreaktiossa syntyvät kemialliset yhdisteet voivat emittoitua sisäilmaan. Osa yhdisteistä voi myös imeytyä alustamateriaalina olevaan betoniin tai tasoitteeseen. Tätä ulkoisen tekijän, esimerkiksi kosteuden, aiheuttamaa emissioita kutsutaan sekundääriemissioksi. Sekundääriemissiot ovat yleisiä muovimattolattioissa, joissa matto on liimattu liian kostean betonin päälle /21/.



Kuva 35. Periaatteellinen kaavio betonin alkalisen kosteuden aiheuttaman mattoliiman sekundääriemission synnystä /22/.

Betonilattioiden emissioiden ja suhteellisen kosteuden välillä on selvä korrelaatio. Emissiot kasvavat suhteellisen kosteuden noustessa. Kriittisenä betonin suhteellisen kosteuden arvona voidaan pitää 85 %:a, kun kosteus on mitattu välittömästi muovimaton alta. Käyttämällä matala-alkalista tasoitetta betonin pinnassa voidaan emissioiden määrää pienentää. Matala-alkalisen tasoitteen käyttö on suositeltavaa varsinkin käytettäessä korkealujuusbetonia, jossa korkeasta sementtimäärästä johtuen alkalipitoisuus on korkea ja jossa betonin tiiviydestä johtuen liiman kosteus imeytyy betoniin tavanomaista betonia huonommin nostaen rakenteen pintaosan kosteutta.

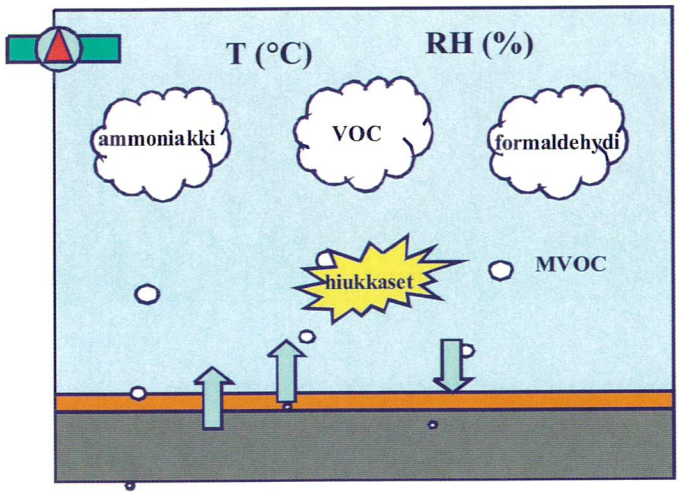


Kuva 36. Joustovinyylimatolla päällystettyjen betonilattioiden 2-etyyliheksanoli- ja n-butanoliemissiot neljän viikon kuluttua päällystämisestä verrattuna liimakerroksen suhteelliseen kosteuteen /23/.

Sekundääriemissioiden välttämiseksi betonilattiarakenteessa tulee betonin kosteuden lisäksi kiinnittää huomiota tasoitteiden ja liiman kosteuteen, sillä merkittävää on nimenomaan se, missä kosteustilassa liima, tasoite ja itse päällystemateriaali ovat. Liimaus sinänsä voi nostaa rakenteen pintaosan suhteellisen kosteuden vähäksi aikaa yli kriittisen arvon. Myös tässä tapauksessa niin kuin monissa muissakin vaurioitumistapauksissa vaurion syntyyn vaikuttaa oleellisesti aika. Hetkellinen korkea kosteus ei yleensä vielä saa vaurioitumista käyntiin. Lämpötilan nousu yleensä kiihdyttää vaurioitumista.

Vaikutus sisäilmaan

Materiaaleista tapahtuva emissio vaikuttaa suoraan sisäilman koostumukseen. Riittämättömän ilmanvaihdon seurauksena yhdisteet voivat kerääntyä sisäilmaan, jolloin ihminen altistuu niille. Jotkut yhdisteet voivat sisäilmassa suurina määrinä ollessaan aiheuttaa ihmiselle erilaisia ärsytysoireita kuten esimerkiksi iho-oireita, silmien kirvelyä, päänsärkyä ja pahoinvointia. Ilmanvaihdon merkitys on olennainen sisäilman epäpuhtauksien kannalta.



Kuva 37. Lattiarakenteesta haihtuu sisäilmaan erilaisia kemiallisia yhdisteitä. Kemiallisten epäpuhtauksien pitoisuuksiin vaikuttavat merkittävästi sisäilman ja rakenteen lämpötila ja kosteus sekä ilmanvaihto.

Taulukko 7. Sisäilmaluokituksen määrittämät tavoitearvot sisäilman yhdisteiden pitoisuuksille luokissa S1, S2 ja S3 /20/.

Sisäilman laatuluokka	Sisäilman pitoisuus (µg/m³)		
	TVOC	Ammoniakki	Formaldehydi
S1	200	30	30
S2	300	30	50
S3	600	40	100

TVOC= haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärä

Toimintamalli, jos epäillään lattiapäällysteen (PVC) emissioita sisäilmaongelman aiheuttajaksi /19/

1. Asunnon silmämääräinen tarkastus: onko pinnoitteessa näkyvä vaurio tai värjäytymä
2. Onko syytä epäillä kosteusvauriota? Tarvittaessa tehdään kosteusmittaukset välittömästi päällysteen alta sekä betonirakenteesta useammalta eri syvyydeltä
3. Tarkistetaan ilmanvaihto: ilmanvaihdon minimivaatimus = 0,5 h^{-1}, korvausilma riittävä.

jos ilmanvaihto OK

4. Sisäilmamittaus: määritetään sisäilman VOC-pitoisuudet (TXIB, 2-etyyliheksanoli) sekä ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus.
5. Lattiapäällysteiden emissioiden määritys: VOC-emissiot määritetään FLEC-laitteistolla (CEN1999) lattiapäällysteen (esim PVC) **päältä**. Jos mittaus halutaan tehdä myös lattiapäällysteen alta betonin pinnasta (liima poistettu), tulee se tehdä **aikaisintaan 3 vuorokautta** pinnoitteen (mittauspiste: Ø30 cm) poiston jälkeen

6. VOC-pitoisuus- tai emissiotuloksia vertaillaan referenssiarvoihin eli "normaaliarvoihin". Tulosten arvioinnissa huomioidaan tuotetiedot (tasoite, päällystemateriaali, liima) sekä ulkoisten olosuhteiden (lämpötila, kosteus, ilmanvaihto) merkitys. Taulukossa esitetään VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan normaalista rakenteesta mitattuja TXIB- ja 2-etyyliheksanoliemissioita.
7. Mikäli "normaaliarvot" ylittyvät, ryhdytään tarvittaviin korjaustoimenpiteisiin

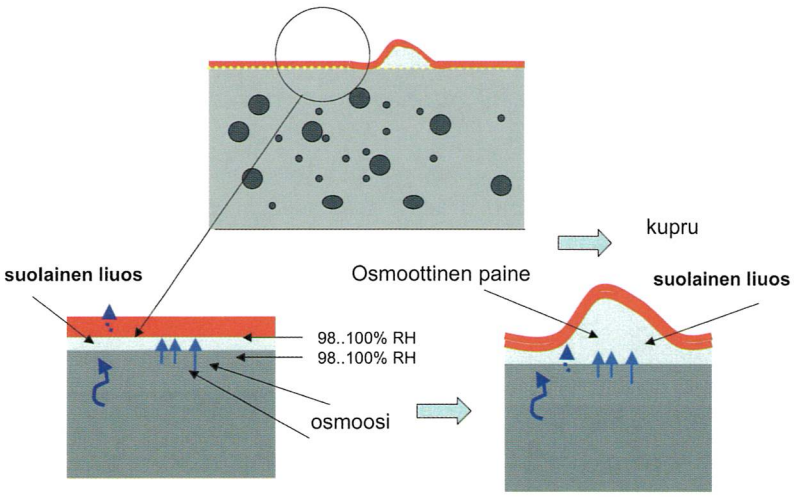
Taulukko 8. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan normaalista rakenteesta mitattuja TXIB- ja 2-etyyliheksanoliemissioita /19/.

Mitattu rakenne	Emissionopeus (µg/m²h)	
	TXIB	2-etyyliheksanoli
Lattiapäällyste (PVC)	< 5–65	< 5–30
Lattiarakenne 3 vrk päällysteen ja liiman poiston jälkeen	Tulosten arvioinnissa huomioidaan tuotetiedot	Tulosten arvioinnissa huomioidaan tuotetiedot

7.5 Päällysteiden ja pinnoitteiden irtoaminen

Yleisimpiä syitä päällystemateriaalin irtoamiseen betonialustastaan ovat betonin pinnan huono laatu, huolimattomasti tehty kiinnitystyö, alustan korkeasta kosteudesta johtuva kiinnitysaineen vaurioituminen, alustabetonin muodonmuutokset päällystämisen jälkeen sekä ilman kosteuden aiheuttamat päällystemateriaalin muodonmuutokset. Yleensä irtoaminen tapahtuu useamman tekijän yhtäaikaisen esiintymisen seurauksena. Esimerkiksi mitä huonompi betonin pinnan laatu on, sitä huonompi on kiinnitysaineen tartunta ja sitä herkemmin kosteuden aiheuttamat muodonmuutokset johtavat tartunnan pettämiseen.

Betonin korkea kosteus voi saada aikaan matto- ja parkettiliimoissa kemiallista hajoamista, jonka seurauksena liiman ominaisuudet muuttuvat ja tartuntavetolujuus heikkenee. Hajoamisreaktion seurauksena voi myös syntyä kaasuja, jotka aiheuttavat tiiviissä päällysteissä kupruilua. Kosteus voi myös heikentää tasoitteiden ja niiden pohjustusaineiden ominaisuuksia ja siten heikentää niiden tartuntaa. Mitä heikompia kerroksia betonin ja itse päällysteen välillä on, sitä herkemmin betonin ja päällystemateriaalin lämpö- ja kosteusliikkeet voivat johtaa päällysteen irtoamiseen alustastaan.



Kuva 38. Korkea kosteus voi saada aikaan osmoottisen paineen, joka aiheuttaa päällysteen tai pinnoitteen kupruilua.

Betonin kosteuden ollessa kapillaarisella alueella, eli RH on yli 97 %, betonissa olevien suolojen liike on mahdollista. Jos päällyste- tai pinnoitemateriaali läpäisee vesihöyryä, muttei vettä, kapillaarisen kosteuden mukana kulkeutuvat suolat voivat kerääntyä päällysteen tai pinnoitteen alle. Kun pinnoitteen alapuolisen tilan suolapitoisuus kasvaa, alkaa se imeä osmoottisesti kosteutta pyrkien näin tasoittamaan puoliläpäisevän kalvon eri puolilla vallitsevaa suolapitoisuuseroa (konsentraatioeroa). Pinnoitteen alle syntyvä osmoottinen paine voi saada aikaan pinnoitteeseen kupruilua. Pinnoitteen tai päällystemateriaalin lisäksi puoliläpäisevänä kalvona voi toimia myös betonin pinta, pohjuste, tasoite tai liima.

8 Tasoitteen vaikutus betonilattian kosteuteen

8.1 Lattiatasoitteet

Betonilattiarakenteen pintaan levitetään usein ennen päällystystöitä tasoitekerros lattiapäällysteiden alustan tasaamiseksi. Ennen tasoitteen levittämistä betonin pinnasta poistetaan pöly, irtonainen lika ja rasva, minkä jälkeen pinta pohjustetaan. Myös sementtiliiman poistaminen on useimmissa tapauksissa välttämätöntä. Pohjusteen tehtävänä on parantaa tasoitteen tartuntaa alustaan, estää ilmakuplien syntyminen ja estää tasoitteessa olevan veden liiallinen imeytyminen alustaan. Tartuntapohjusteet eli primerit ovat yleensä vesiohenteisia dispersioita, jotka levitetään ohuesti huopalastalla, harjaamalla tai ruiskuttamalla ja harjaamalla. Pohjusteiden sekoitussuhteissa ja annostuksissa tulee noudattaa tuotteen valmistajan ohjeita. Pohjusteet eivät saa jäädä lammikoksi betonin pintaan eivätkä ne saa muodostaa kalvoa.

Tasoitteilla voidaan oikaista lattioiden epätasaisuuksia, täyttää koloja sekä tehdä kallistuksia ja pintavaluja. Tasoitteet voidaan jakaa käsilevitteisiin ja pumpputasoitteisiin. Käsilevitteiset lattiatasoitteet voidaan jakaa hienotasoitteisiin (kerrospaksuus 0–5 mm), yleistasoitteisiin (kerrospaksuus 1–30 mm) ja oikaisutasoitteisiin (kerrospaksuus 3–50 mm). Käsilevitteisiä hienotasoitteita käytetään normaalisti pienten ja keskisuurten rasitusten tiloissa, kuten asuintiloissa ja julkisissa tiloissa. Yleis- ja oikaisutasoitteita käytetään yleensä keskisuurten rasitusten alaisissa tiloissa, kuten julkisissa tiloissa, kouluissa, toimistoissa, myymälöissä ja sairaaloissa. Pumpputasoitteita (kerrospaksuus 3–50 mm) käytetään betonilattioiden koneelliseen tasoitukseen lähinnä asuin-, liike- ja rasitukseltaan vastaavissa tiloissa. **Tasoitetta valittaessa tulee varmistaa, että se on käyttötarkoitukseensa soveltuvaa.** Kaikki tasoitteet eivät esimerkiksi sovellu liimattavien mosaiikkiparkettien alle /24/. Tasoite ei saa sisältää kaseiinia, sillä kaseiinin hajoamistuotteena syntyvä ammoniakki voi värjätä päällystemateriaalia sekä aiheuttaa sisäilmaan terveydelle haitallisia emissioita.

Tasoitteen ja tasoitetyön laatu vaikuttavat merkittävästi mm. päällystemateriaalien ja alustan väliseen tartuntavetolujuuteen. Tartuntavetolujuus voi heiketä huomattavasti, jos esimerkiksi pohjusteena käytetään eri valmistajan tuotetta kuin tasoitteena. Eri valmistajien tuotteita ei tule sekoittaa keskenään. Myös betonin pinnan laadulla (esim. hiottu tai hiomaton) on merkittävä vaikutus.

8.2 Tasoitteen vaikutus betonilattian emissioihin

Betonin alkalinen kosteus (korkea pH) voi saada aikaan liimoissa ja lattiapäällysteissä kemiallista hajoamista, jonka seurauksena lattiarakenteesta voi emittoitua (haihtua) sisäilmaan haitallisia yhdisteitä. Alkalisuus johtuu hydroksidi-ioni (OH^--ioni) konsentraatiosta. Jos betonirakenteen pinnassa kosteus on riittävän suuri, hydroksidi-ionit voivat liueta betonin huokosveteen ja kulkeutua huokosveden mukana liimakerrokseen ja lattiapäällysteisiin aiheuttaen niissä hajoamisreaktioita. Lattiarakenteen pinnan alkalisuutta voidaan pienentää levittämällä pintaan matala-alkalista tasoitetta. Betonin pintaosien kosteuspitoisuuden tulee tällöin kuitenkin olla riittävän alhainen, etteivät

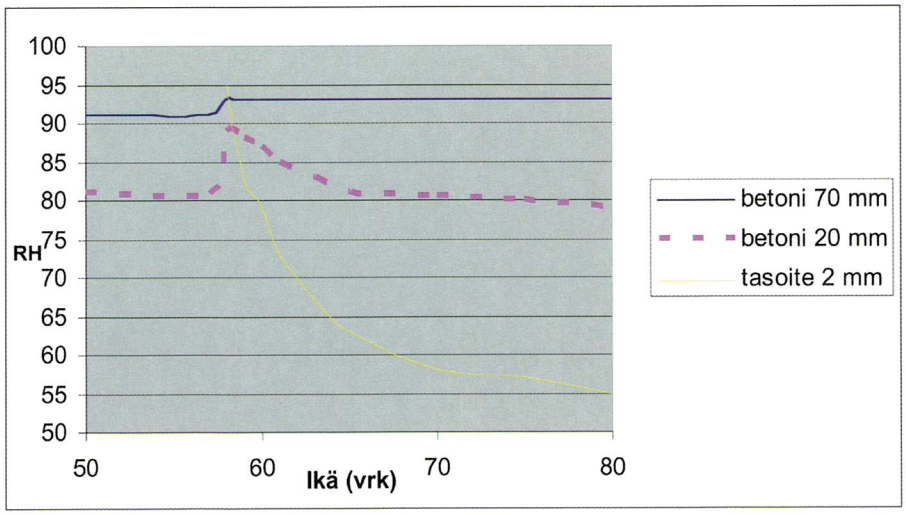
hydroksidi-ionit pääse kulkeutumaan kosteuden mukana tasoitteeseen. Matala-alkalisen tasoitteen on todettu vähentävän mm. muovimatolla päällystetyn betonilattian emissioita /23/.

8.3 Tasoitteiden ja tasoitetun betonirakenteen kuivuminen

Tasoitteet kovettuvat ja kuivuvat yleensä nopeasti. Vallitsevat olosuhteet, kuten huoneen lämpötila ja kosteus, tasoitekerroksen paksuus ja betonialustan kosteus, vaikuttavat merkittävästi kuivumiseen. Lisäksi eri tuotteiden välillä voi olla huomattavia eroja. Useimmat tasoitteet kuivuvat 1–5 vrk:ssa, kun huoneen ja alustan lämpötila on noin +20 °C. Paksummat oikaisutasoitteet ja pumpputasoitteet voivat vaatia huomattavasti pidempiä kuivumisaikoja, jopa useita viikkoja, mutta myös niistä löytyy nopeasti kuivuvia tuotteita, joiden kuivumisajat vaihtelevat muutamasta tunnista yhteen vuorokauteen.

Tasoitteet eivät yleensä hidasta kosteuden poistumista betonista, mutta tasoitetyö voi pidentää koko rakenteen kuivumisaikaa muutamasta päivästä muutamiin viikkoihin, johtuen tasoitteen sisältämästä vedestä. Pohjustuksesta huolimatta tasoitteet kastelevat alapuolisen betonirakenteen pintaosia. Siihen, miten paljon ja miten syvälle tasoite kastelee alapuolista betonia ja miten nopeasti tämä kosteus poistuu, vaikuttavat merkittävästi tasoitelaatu, tasoitekerroksen paksuus sekä alustabetonin tiiviys ja kosteus. Tutkimuksissa /25/ on havaittu, että esimerkiksi 2 mm:n paksuinen hienotasoitekerros voi nostaa normaalista rakennebetonista tehdyn rakenteen pintaosien (20 mm:n syvyydellä) suhteellista kosteutta jopa 10 prosenttiyksikköä, kun betonin kosteus ennen tasoittamista oli noin 80 %. Rakenteen kuivuminen tasoitusta edeltäneeseen kosteustilaan kesti noin viikon. Mitä paksumpi tasoitekerros on, sitä suurempi sen betonin kosteutta nostava vaikutus yleensä on ja sitä kauemmin yleensä kestää, että betonin pintaosien kosteus laskee tasoitusta edeltäneeseen arvoon. Jos betonirakenteen pinta ennen tasoitusta on hyvin kostea, ei tasoite luonnollisestikaan voi kosteuspitoisuutta juurikaan nostaa. Myös hyvin tiiviissä betonissa (alhainen vesisideainesuhde) tasoitteen kasteleva vaikutus on yleensä vähäinen /25/.

Betonirakenteiden päällystettävyyden kannalta on oleellista, ettei kosteus välittömästi päällysteen ja sen kiinnittämiseen käytettävän liiman läheisyydessä sekä tasoitteessa nouse liian pitkäksi aikaa yli kriittisen arvon. Useimmat tasoitteet edellyttävät, että betonin suhteellinen kosteus (ns. arviointisyvyydellä) on ennen tasoitteen levittämistä



Kuva 39. Kun betonirakenteen, jonka suhteellinen kosteus (RH) 20 mm:n syvyydellä rakenteen pinnasta mitattuna on 80 %, pintaan levitetään 2 mm:n paksuinen hienotasoitekerros, betonin kosteus voi nousta lähes 10 prosenttiyksikköä. Betonin kuivuminen samaan kosteuteen kuin mitä se oli ennen tasoittamista voi kestää lähes viikon. Tasoite itse kuivuu hyvinkin nopeasti. /25/

alle 90 %. Näin varmistetaan, ettei kosteus päällystämisen jälkeen nouse tasoitekerroksessa yli kyseisen kriittisen arvon.

Betonin sisältämän rakennekosteuden lisäksi tasoitettavissa rakenteissa tulee kiinnittää huomiota tasoitteen tuoman kosteuden riittävään kuivumiseen. Hienotasoitteiden kerrospaksuus on yleensä niin ohut, että niiden betonia kasteleva vaikutus on hyvin lyhytaikainen. Jos lisäksi betonirakenteen pinta on riittävän kuiva ennen tasoitteen levittämistä, ohuen tasoitekerroksen tuoma lisäkosteus ei yleensä nosta kosteutta rakenteen pintaosissa kriittisen korkeaksi, vaikka rakenne päällystettäisiin hyvinkin nopeasti tasoittamisen jälkeen. Betonirakenteen pintaa voidaan pitää kuivana, kun suhteellinen kosteus noin 2 cm:n syvyydellä on alle 75 %. Tämä kosteustaso saavutetaan yleensä helposti, kun rakennetta on kuivatettu olosuhteissa, joissa ilman suhteellinen kosteus on ollut jonkin aikaa alle 60 %. Poikkeamia saattavat aiheuttaa esim. suunniteltua paksummat tasoitekerrokset ja ylimääräisen veden käyttö tasoitteen tekemisessä. Jos rakenteen pintaosat ovat jääneet kosteiksi, esimerkiksi suhteellinen kosteus pinnassa on 90 %, voi ohutkin tasoitekerros nostaa kosteuden lähelle 100 %:a. Tällöin voi erityisesti tiiviiden päällysteiden alle jäädä vaurioitumisen kannalta liian pitkäksi aikaa liian korkea kosteus, varsinkin kun liimasta voi vielä tulla lisää kosteutta.

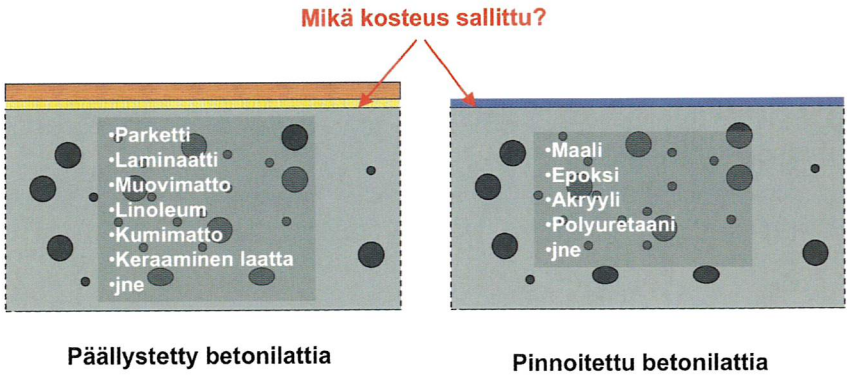
Paksummat tasoitekerrokset, esimerkiksi oikaisutasoitteet (yli 10 mm), voivat pitää rakenteen pintaosat kosteina huomattavasti pidempiä aikoja kuin ohuet hienotasoitteet. Tasoitteen sisältämän kosteuden poistumisnopeus on riippuvainen tasoitelaadusta sekä erityisesti tasoitekerroksen paksuudesta ja kuivumisolosuhteista. Paksummat tasoitekerrokset suositellaankin levitettävän betonin pintaan hyvissä ajoin ennen päällystämistä. Paksut tasoitteet voidaan levittää myös melko kostean betonin päälle. Betonin suhteellisen kosteuden tulee kuitenkin olla alle 95 %. Ennen varsinaisen lattiapäällysteen asennusta tulee kuitenkin varmistaa, että betonin suhteellinen kosteus alittaa päällystemateriaalien ja myös tasoitteen kriittisen kosteusraja-arvon. Varhaisessa vaiheessa levitetty tasoitekerros ei hidasta betonin kuivumista ja kun syvemmällä betonirakenteessa on saavutettu riittävän alhainen kosteustaso, tasoitekerroskin on tällöin yleensä kuivunut riittävästi.

9 Betonirakenteiden päällystäminen ja pinnoittaminen

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, tekstiilimatot sekä keraamiset laatat. Yleisimpiä betonilattioiden pinnoitteita taas ovat maalit, lakat ja erilaiset massapinnoitteet kuten epoksit, akryylit, polyuretaani ja sementtipolymeerimassa. Betoniseiniä puolestaan päällystetään tai pinnoitetaan pääosin keraamisilla laatoilla, tapeteilla tai maaleilla. Toisin kuin pinnoitteet lattia- ja seinäpäällysteet kiinnitetään betonialustaan jollain kiinnitysaineella kuten liimalla tai laastilla.

Päällyste- ja pinnoitemateriaalien ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi lattia- ja seinärakenteen kosteustekniseen toimivuuteen eli mm. siihen, miten ne kestävät kosteutta, ja toisaalta siihen, miten betonissa oleva kosteus pääsee poistumaan rakenteesta.

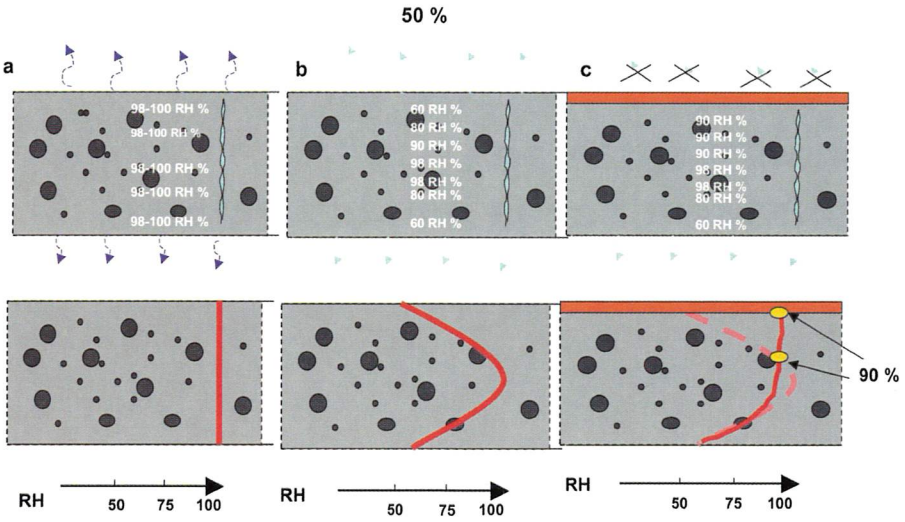


Kuva 40. Päällyste- ja pinnoitemateriaalien ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten suuri suhteellinen kosteus (RH %) voidaan sallia alustabetonin pinnassa.

9.1 Kosteuden jakautumien päällystetyssä betonilattiassa

Betonirakenteen kuivuessa rakenteeseen muodostuu kosteusjakauma, jossa rakenteen pinnat ovat kuivia ja syvemmälle mentäessä kosteuspitoisuus kasvaa. Kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa, esimerkiksi välipohjassa, kosteuspitoisuus on yleensä korkein rakenteen keskellä. Ajan kuluessa rakenne kuivuu myös syvemmältä saavuttaen tasapainokosteuden ympäröivän huoneilman kanssa. Tasapainokosteuden saavuttamiseen voi kulua aikaa useita vuosia.

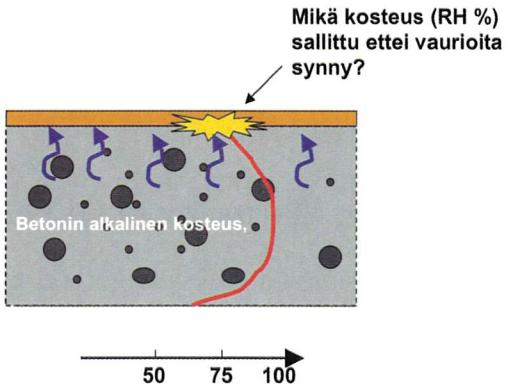
Kosteuden poistuminen betonirakenteesta hidastuu merkittävästi tai jopa estyy kokonaan, kun rakenne päällystetään tai pinnoitetaan. Kosteuden poistumiseen vaikuttaa erityisesti, miten hyvin päällystemateriaali läpäisee vesihöyryä. Materiaalin kyky läpäistä vesihöyryä ilmoitetaan yleensä vesihöyrynläpäisykertoimen (vesihöyrynläpäisy) W [kg/m²sPa] tai sen käänteisluvun vesihöyrynvastuksen Z [m²sPa/kg] avulla.



Kuva 41. Normaalista betonista tehdyn rakenteen suhteellinen kosteus (RH) on aluksi kauttaaltaan 98–100 %, vaikka betoni olisikin kovettunut (a). Haihtumiskuivumisen vaikutuksesta kahteen suuntaan kuivuvaan rakenteeseen syntyy kosteusjakauma siten, että pintaosissa RH on alhaisempi ja rakenteen sisällä korkein (b). Jos rakenne päällystetään tiiviillä materiaalilla, kosteus jakaantuu uudelleen siten, että kosteus päällysteen alla nousee.

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 vesihöyrynläpäisykerroin on suurempi kuin päällystemateriaalin. Betonin vesihöyrynläpäisevyyteen vaikuttavat mm. betonilaatu ja betonin kosteus. Mitä tiiviimpää betoni on eli yleensä mitä alhaisempi vesi-sideainesuhde betonilla on, sitä pienempi on sen vesihöyrynläpäisevyys. Kosteuspitoisuuden nousu puolestaan parantaa vesihöyrynläpäisevyyttä, eli mitä kosteampi betonirakenteen pintaosa on, sitä nopeammin myös syvemmällä oleva kosteus siirtyy rakenteen pintaosaan. Myös lämpötilan nousu nopeuttaa vesihöyryn liikettä.

Jos kosteuden poistuminen päällysteen läpi on hitaampaa kuin syvemmältä pintaa kohti siirtyvän kosteuden siirtyminen, kosteus päällysteen alla voi nousta kriittisen korkeaksi.

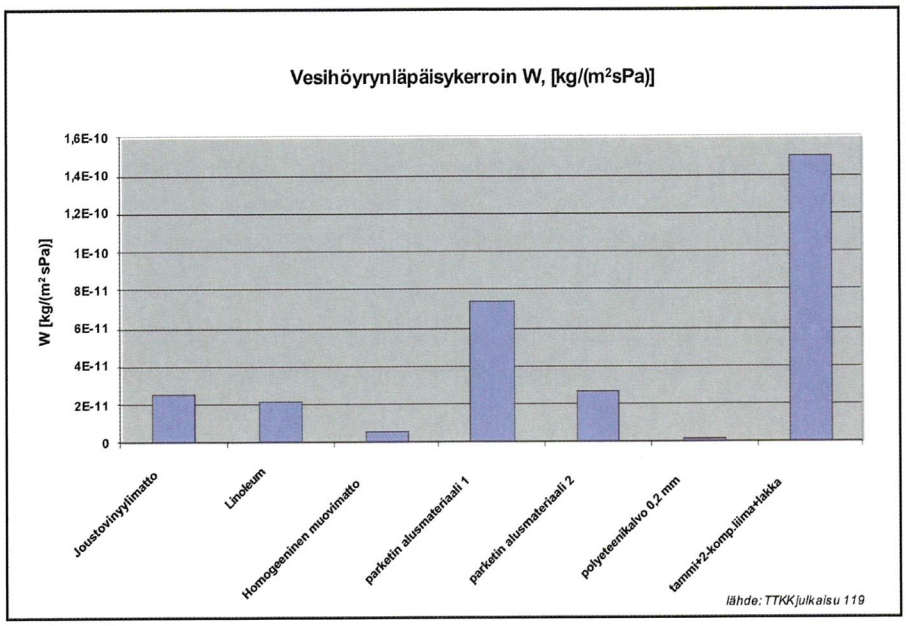


Kuva 42. Betonin alkalinen kosteus voi aiheuttaa päällystemateriaaleissa vaurioita. Päällysteiden kannalta on oleellista, ettei betonin kosteus välittömästi päällysteen läheisyydessä nouse vaurioitumisen kannalta liian korkeaksi. Eri materiaalien kosteudensietokyvyissä on eroja.

Betonirakenteen sisäosissa olevasta korkeastakaan kosteudesta ei yleensä ole haittaa, jos rakenteen pintaosat siirtävät kosteutta riittävän hitaasti suhteessa päällyste- tai pinnoitemateriaalin vesihöyrynläpäisykykyyn. Mikäli päällystemateriaalin vesihöyrynläpäisy on pieni suhteessa rakenteesta haihtumaan pyrkivään kosteusmäärään, kosteus-

pitoisuus päällystemateriaalin alla voi nousta kosteusvaurioita aiheuttavalle tasolle. Puutteellinen kuivattaminen tai rakenteen pintaosien kastuminen voivat aiheuttaa sen, että rakenteen pintaosat ovat jo lähtökohtaisesti niin kosteat, että päällysteen vaurioituminen voi käynnistyä.

Päällyste- ja pinnoitemateriaalien kosteudensietokyvyissä ja vesihöyrynläpäisykertoimissa on suuria eroja. Esimerkiksi kovaa kulutusta kestävät julkisen tilan muovimatot läpäisevät vesihöyryä huomattavasti hitaammin eli ovat tiiviimpiä kuin asuinhuoneiden pehmeät muovimatot. Kelluvissa parketti- ja laminaattilattioissa alusmateriaalin (esim. solumuovi, bitumikäsitelty korkkiraehuopa, muovi, aaltopahvi) vesihöyrynläpäisykyvyllä on merkittävä vaikutus koko päällysteen kosteustekniseen toimivuuteen. Esimerkiksi alusmateriaali, jossa kahden polyeteenikalvon välissä on polystyreenirakeita, läpäisee huomattavasti enemmän vesihöyryä kuin 0,2 mm:n polyeteenikalvo. Myös päällystemateriaalien kiinnittämiseen käytettävät liimat sekä pinnan käsittelyaineet, kuten lakkaus ja vahaus, vaikuttavat siihen miten koko päällyste läpäisee vesihöyryä.



Kuva 43. Lattianpäällystemateriaalien vesihöyrynläpäisykyvyssä on suuria eroja. Parkettipäällysteet läpäisevät huomattavasti enemmän vesihöyryä kuin muovimatot. Myös eri muovimattolaatujen vesihöyrynläpäisykyvyissä on eroja /27/.

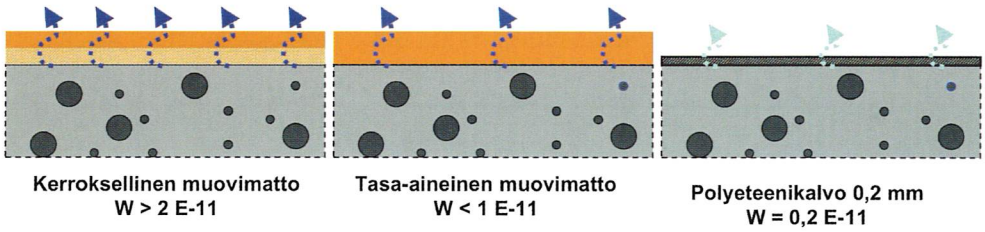
Betonilattia tai -seinärakenne koostuu usein useammasta eri kerroksesta, jotka kaikki vaikuttavat rakenteen kosteustekniseen toimintaan. Rakenneratkaisu, betonilaatu, tasoitekerros, liima ja päällystemateriaali sekä sen pinnan käsittely vaikuttavat kaikki omalla tavallaan mm. kosteuden siirtymiseen. Esimerkiksi tasoitteilla on yleensä suuri vesihöyrynläpäisevyys. Pohjuste eli dispersio pienentää läpäisevyyttä jonkin verran. Myös liima hidastaa vesihöyryn liikettä. Hidastava vaikutus on 2-komponenttiliimalla vesiohenteista suurempi. Lakkaus pienentää parketin vesihöyrynläpäisevyyttä. Lakatun paketin vesihöyrynläpäisy on kuitenkin moninkertainen verrattuna muovimattoihin /28/.

9.2 Betonialustaan liimattavat muovi-, kumi-, linoleum- ja tekstiilipäällysteet

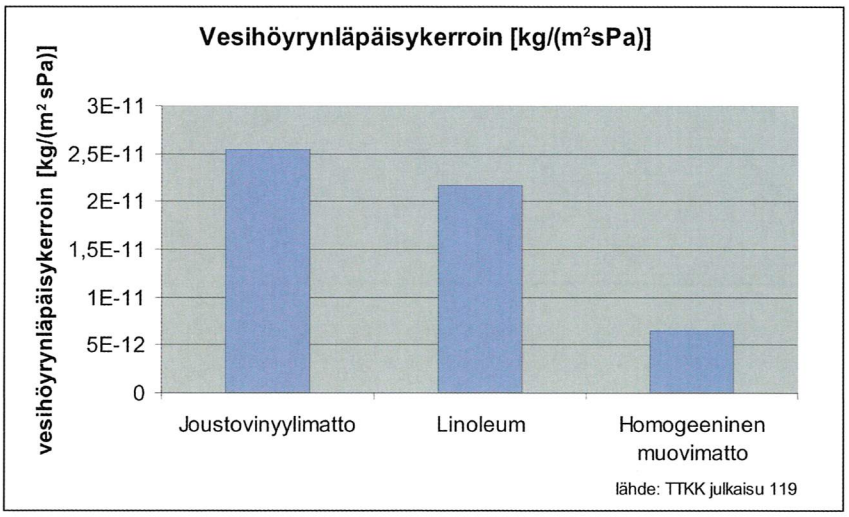
Betonirakenteen pintaan liimattavat muovi-, kumi-, linoleum- ja tekstiilipäällysteiden vesihöyrynläpäisy- ja kosteudensietokyvyissä voi olla huomattavia eroja. Vesihöyrynläpäisykykyyn vaikuttaa mm. se, onko kyseessä yhtenäinen matto- vai laattapäällyste. Laattapäällysteissä kosteuden poistuminen laatan alta saumojen kautta on merkittävää,

mutta toisaalta myös kosteuden, esim. siivousvesien, pääsymahdollisuus laattojen alle on huomioitava.

Muovimatot voidaan jakaa pehmeisiin kerroksellisiin joustovinyylimattoihin sekä tasa-aineisiin (homogeenisiin) muovimattoihin. Joustovinyylimatoissa on yleensä pehmeä pohjakerros sekä kulutusta kestävä pintakalvo. Joustovinyylimattoja käytetään yleensä asuinhuoneissa, kun taas tasa-aineisia mattoja käytetään enemmän julkisissa tiloissa niiden paremman kulutuskestävyyden ansiosta. Tasa-aineiset muovimatot kestävät joustovinyylimattoja paremmin kosteutta, mutta toisaalta ne ovat vesihöyrynläpäisykyvyn suhteen joustovinyylimattoja tiiviimpiä. Tämä puolestaan voi herkemmin johtaa alusbetonin kosteuden kerääntymiseen maton alle ja siten aiheuttaa mm. liiman vaurioitumista.



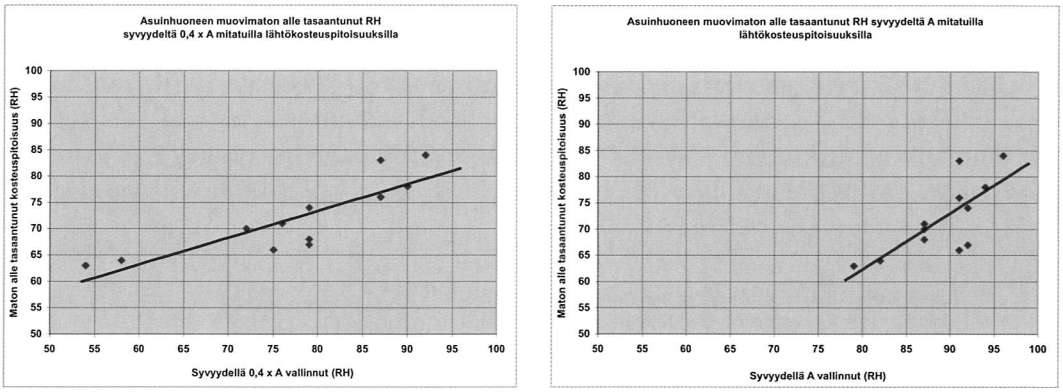
Kuva 44. Tasa-aineisen muovimaton vesihöyrynläpäisykerroin W (kg/(m²sPa) on huomattavasti pienempi kuin kerroksellisen muovimaton, mutta kuitenkin monin verroin suurempi kuin 0,2 mm:n polyeteenikalvon. Päällysteen vesihöyrynläpäisykerroin vaikuttaa merkittävästi siihen, miten kosteus voi kerääntyä päällysteen alle.



Kuva 45. Erilaisten muovimattojen ja linoleumin vesihöyrynläpäisykertoimissa (W) on suuria eroja. Homogeeniset matot ovat yleensä huomattavasti tiiviimpiä kuin pehmeät kerrokselliset matot /10/.

Tasa-aineiset muovimatot kestävät itse yleensä hyvinkin korkeaa kosteutta (90 % RH) toisin kuin pehmeämmät joustovinyylimatot, joissa betonin alkalinen kosteus voi saada aikaan mm. maton pehmitinaineiden hajoamisen. Pehmeillä matoilla kriittisenä suhteellisen kosteuden arvona pidetään 85 %:a, mikä tarkoittaa, että kosteus välittömästi maton alla ei saa nousta yli tämän arvon.

Koska joustovinyylimatot ja linoleum läpäisevät yleensä suhteellisen hyvin vesihöyryä, kosteus ei keräänny niiden alle niin helposti kuin tiiviimpien tasa-aineisten muovi- ja kumimattojen alle. Myös useimmat tekstiilimatot läpäisevät hyvin vesihöyryä. Tutkimukset ovat osoittaneet, että vaikka betonin suhteellinen kosteus arviointisyvyydellä A on ennen päällystämistä ollut 90 %, kosteus linoleumin tai joustovinyylimaton alla ei ole noussut edes matolle kriittiseen 85 %:n suhteelliseen kosteuteen. Tiiviillä,



Kuva 46. Mittaustuloksia välipohjista käytännön kohteissa. Joustovinyylimaton hyvän vesihöyrynläpäisykyvyn ansiosta välittömästi maton alle tasaantuva kosteuspitoisuus jää selvästi syvemmältä mitattua kosteuspitoisuutta A alhaisemmaksi, kunhan viimeisimmätkin tasoitukset ovat kuivuneet riittävästi.

homogeenisellä muovimatolla tai kumimatolla päällystettäessä kosteuden on puolestaan todettu nousevan lähes samaan arvoon, kuin mitä se oli arviointisyvyydellä ennen päällystämistä /10, 22, 28/. Yleensä kuitenkin 1–3 RH-yksikköä syvyydeltä A mitattua alhaisemmaksi, koska myös kyseiset matot läpäisevät jonkin verran vesihöyryä. Liian liimamäärän käyttö voi nostaa maton alle tasaantuvan kosteuspitoisuuden haitallisen korkeaksi vaikka alusta muuten olisikin ollut riittävän kuiva. Sama ongelma saattaa syntyä, mikäli ohjeita liiman avoajalle ei noudateta.

Rakenneratkaisusta ja lähtökosteuspitoisuudesta riippuen homogeenisen muovimaton alapuolinen kosteuspitoisuuden (heti maton alla) on todettu alentuvan päällystämisen jälkeen yleensä 2,5–5 RH-yksikköä vuodessa. Joustovinyylimaton alapuolinen kosteuspitoisuus jää usein aluksikin selvästi syvältä mitattua RH:ta alhaisemmaksi, joten se ei välttämättä alene alkuvuosina juuri lainkaan. Em. karkeat päällysteen läpi tapahtuvat kuivumisnopeudet eivät päde maanvaraisiin lattioihin, joissa tilanteeseen vaikuttavat ratkaisevasti rakenteen yli vaikuttava lämpötilaero ja maaperän kosteus.

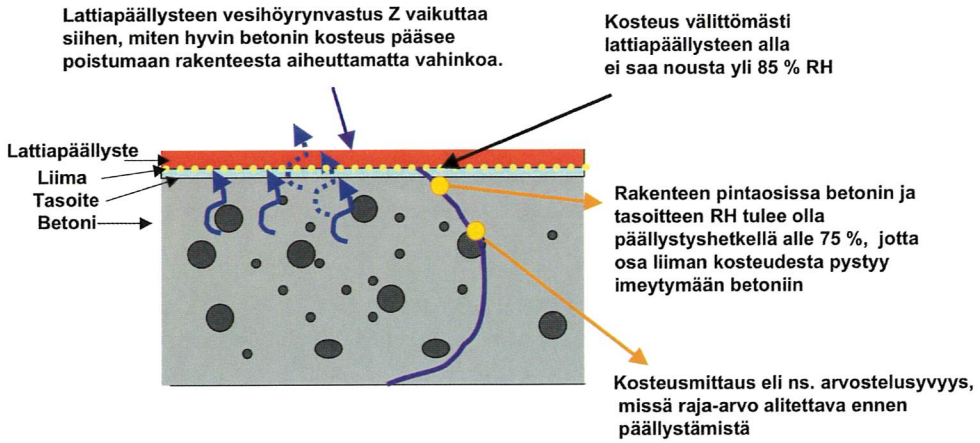
Maanvastaisissa lattioissa vesihöyrytiiviitä muovi- ja kumimattoja voidaan pitää kosteusteknisenä riskinä. Ajan kuluessa lattiarakenteen kosteusvirta voi olla maaperästä huonetilaan päin. Jos kosteusvirta on suurempi kuin maton kyky läpäistä kosteutta, kosteus maton alla voi nousta kriittisen korkeaksi.

Betonialustaan liimattavien päällysteiden kosteusraja-arvoja määritettäessä tulee aina ottaa huomioon maton kiinnittämiseen käytettävän liiman kosteudensietokyky. Useimpien liimojen raja-arvona on 85 %:n RH. Jotkut liimat kestävät 90 % RH:ta.

Toisin kuin muovimatot, linoleum on osin valmistettu orgaanisesta materiaalista, joten se on herkempi mikrobivaurioitumaan kuin täysin epäorgaaniset materiaalit. Mikrobikasvun synty edellyttää kuitenkin pitkäaikaista ja riittävän korkeaa kosteuspitoisuutta. Rakennusaikana muutamia kuukausia päällysteen alla mahdollisesti oleva 90 % RH ei vielä saa kasvua aikaiseksi. Hidastavina tekijöinä ovat mm. betonin alkalisuus, maton alapuolisen tilan vähäinen happimäärä ja maton alapinnan suojakäsittely. Linoleummattojen ja -laattojen mikrobivaurioitumista on havaittu lähinnä rakenteissa, joissa on jokin ulkopuolinen kosteuslähde, kuten esimerkiksi putkivuoto tai maaperän kosteus. Lisäksi linoleum kutistuu ja turpoaa kosteus- ja lämpötilavaihtelujen mukaan. Muuten linoleum käyttäytyy kosteusteknisesti kerroksellisen joustovinyylimuovimaton tavoin eli läpäisee hyvin vesihöyryä. Joten alustabetonin arvostelusyvyydellä voidaan päällystyshetkellä sallia 85 %:n suhteellinen kosteus. Uusimpien linoleum-mattojen vesihöyrynvastus saattaa olla samaa luokkaa kuin homogeenisella muovimatolla. Normaalin betonin rakennusaikainen kosteus ei yleensä keräänny linoleumin alle, sillä sen vesihöyrynläpäisykyky on riittävän suuri suhteessa alustabetonissa tapahtuvaan kosteuden siirtymiseen, kun betonin suhteellinen kosteus on alle 90 %. Rakenteen pintaosien tulee kuitenkin olla huomattavasti kuivemmat, jotta ne pystyvät ottamaan vastaan mm.

liiman kosteuden sekä pitämään päällysteen alapuolisen kosteuden liiman kannalta riittävän alhaisena (alle 85 % RH).

Tekstiilimattojen kosteudensietokykyyn vaikuttaa merkittävästi se, mistä materiaalista ne on tehty. Betonin suhteellisen kosteuden kriittisenä arvona pidetään 85 %:a, jos tekstiilimatto on luonnonmateriaalia tai matossa on alusrakenne (kumi, PVC, kumilateksisively). Täyssynteettisillä tekstiilimatoilla ilman alusrakennetta kriittisenä suhteellisen kosteuden arvona pidetään 90 %:a.



Kuva 47. Betonilattiaa muovi-, kumi-, linoleum- tai tekstiilimatolla päällystettäessä huomioon otettavia seikkoja.

Taulukko 9. Alustabetonin suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot päällystyshetkellä arviointisyvyydellä, kun päällysmateriaalina betonin pintaan liimattava muovi-, linoleumi-, kumi- tai tekstiilimatto tai -laatta. Hyvin suurilla laatoilla tulee noudattaa yhtenäisten päällysteiden ohjeistusta. Raja-arvoja voidaan käyttää vain, jos mittaustarkkuus täyttää tässä julkaisussa esitetyt tarkkuusvaatimukset. Raja-arvoissa on silti varmuusmarginaalia, joten niistä voidaan poiketa tapauskohtaisesti tarkemman fysikaalisen tarkastelun perusteella (vrt. kuvat 44–46). Materiaalitoimittajat voivat myös antaa tapauskohtaisesti noudatettavia päällystysraja-arvoja.

Päällystemateriaali	**Betonin RH (%) arviointisyvyydellä (A)**	**Betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1–3 cm:n syvyydellä (0,4xA)**
Muovimatot	85	75
Linoleumi	85	
Kumimatot	85	
Tekstiilimatto, tiivis alusta (pvc, kumi, kumilateksively) tai luonnonmateriaalista tehty	85	
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90	
Muovi-, kumi-, linoleumilaatat	90	

Ohjeita päällystystyöhön

- Mittaa betonirakenteen suhteellinen kosteus (RH) taulukon 9. perusteella. Voit aloittaa päällystystyön vasta kun materiaalikohtaiset suhteellisen kosteuden enimmäisarvot on alitettu.
- Varmista, että betonin pinta on tasainen, puhdas ja riittävän kova.
- Varmista, että mahdollinen tasoite on kovettunut ja kuivunut riittävästi ennen päällys-

teen liimausta (tasoitteen toimittaja voi antaa tuotteilleen tapauskohtaisesti noudatettavia päällystysraja-arvoja).
- Asennushetkellä lattiarakenteen lämpötilan tulee olla vähintään +18 °C.
- Jos lattiassa on lattialämmitys, käytä sitä rakenteen kuivattamiseen vähintään viikon parin ajan, mutta laske rakenteen lämpötila noin +20 °C:seen vähän ennen päällystystyötä. Nosta lämpö uudelleen vasta noin viikon kuluttua päällystämisestä nostaen lämpötilaa asteittain.
- Varmista, että päällystemateriaali täyttää vaaditun pintamateriaalin päästöluokan.
- Käytä kiinnitykseen päällystemateriaalin valmistajan ohjeiden mukaista liimaa.
- Valmiin lattian suojauksen tulee olla yhtenäinen, jotta esimerkiksi auringonvalon UV-säteily ei aiheuta värimuutoksia.
- Lattiasuojat tulee aina teipata kiinni toisiinsa eikä koskaan valmiiseen lattiapintaan.
- Asennus suoritetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti.

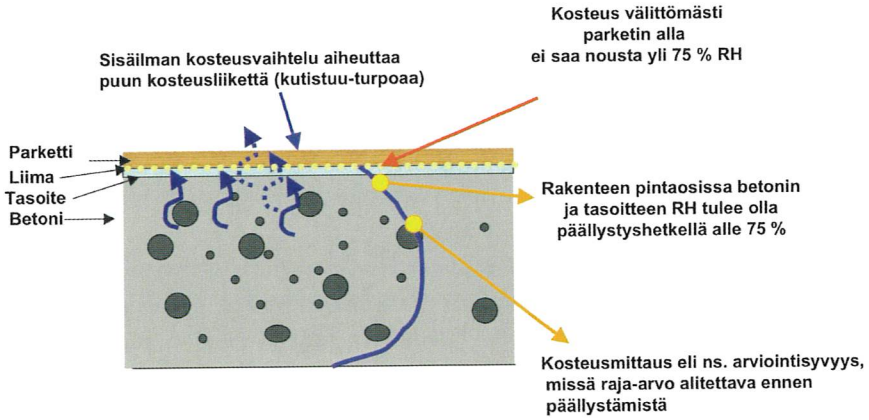
Huomioi, että
- maanvaraisissa lattioissa vesihöyryntiiviiden päällysteiden alle voi kerääntyä kosteutta, jos kosteusvirta maaperästä on suurempi kuin päällysteen kyky läpäistä kosteutta. Tästä syystä tiiviiden päällysteiden käyttö maanvaraisissa rakenteissa edellyttää usein tarkempaa rakennusfysikaalista tarkastelua.
- lattiarakenteissa, joissa on lattialämmitys, tiiviin päällysteen alle voi tiivistyä kosteutta tai suhteellinen kosteus voi nousta kriittisen korkeaksi, jos päällysteen lämpötila laskee lattiarakennetta alhaisemmaksi.

9.3 Betonialustaan liimattavat sauva- ja mosaiikkiparketit

Alustaan liimattavat sauva- ja mosaiikkiparketit ovat kokopuuta ja siten herkkiä kosteudelle. Puu turpoaa ja kutistuu herkästi ilman kosteusvaihtelujen seurauksena. Eri puulajien kosteudensietokyvyissä ja kosteuselämisen määrissä on merkittäviä eroja. Esimerkiksi pyökki on huomattavasti herkempi turpoamaan kosteuden vaikutuksesta kuin tammi, mikä johtuu pyökin tammea suuremmasta huokoisuudesta ja siten kyvystä imeä itseensä kosteutta. Tammen ja pyökin lisäksi parketteja tehdään myös monista muista puulajeista kuten esimerkiksi kirsikkapuusta, pähkinäpuusta, saarnista, vaahterasta ja koivusta.

Mosaiikkiparketti voidaan liimata suoraan betonin pintaan. Parketin ja alustan välisellä tartunnalla sekä liiman ominaisuuksilla on merkittävä vaikutus siihen, miten hyvin lattiapäällyste kestää kosteusvaihtelusta johtuvaa elämisliikettä. Hyvän tartunnan saamiseksi betonin pinnan tulee olla riittävän luja (teräshierretty), suora ja pölytön. Mikäli betonin pinta vaatii tasoitusta, on tasoitteena käytettävä mosaiikkiparkettilattioihin soveltuvaa tasoitetta. Kaikki lattiatasoitteet eivät sovellu alustaan liimattavien parkettien alle. Betonialustan tai tasoitteen vetolujuus tulee olla vähintään 1,0 N/mm^2. Parhaimpaan lopputulokseen päästään, jos parketti liimataan betonin pintaan liimatun ja pultatun vanerilevyn päälle. Parketin kiinnityksessä tulee käyttää nimenomaan mosaiikkiparkettien kiinnitykseen soveltuvaa liimaa.

Parkettipäällysteeseen voi kohdistua kosteusrasitusta sekä sisäilmasta että alustabetonista. Sisäilman vuotuiset kosteusvaihtelut aiheuttavat puun turpoamista ja kutistumista. Talvella sisäilman suhteellinen kosteus voi olla hyvin alhainen, mikä aiheuttaa parkettilattiaan rakoilua. Loppukesästä sisäilman kosteus voi puolestaan nousta niin korkeaksi, että parketti irtoaa turpoamisen seurauksena alustastaan. Turpoamisen aiheuttamaa irtoamista voidaan vähentää varmistamalla että tartunta alustaan on hyvä (pinnan laatu, liiman ominaisuudet) sekä jättämällä päällysteeseen riittävästi liikuntavaraa (elastiset liikuntasaumat, riittävät raot seiniin ja kiinteisiin esineisiin). Mikäli kohteeseen tulee erittäin kosteusherkistä puulajeista tehtyjä parketteja, huonetila tulee

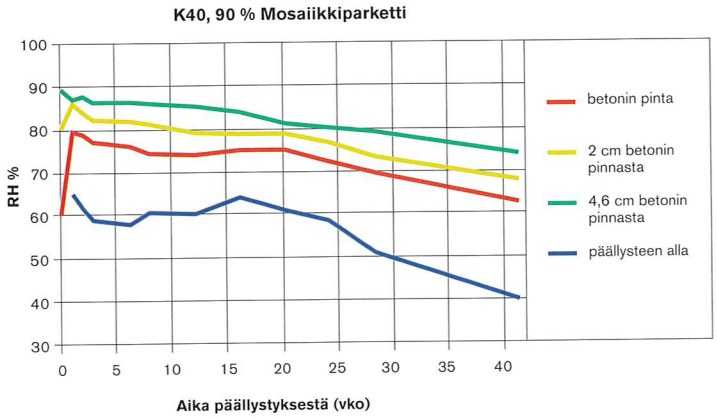


Kuva 48. Betonialustaan liimatun mosaiikkiparketin toimivuuteen vaikuttavat merkittävästi betonin pinnan laatu, betonin kosteus, liiman muodonmuutoskyky sekä sisäilman kosteusvaihtelut. Usein mosaiikkiparkettien alle asennetaan vaneri.

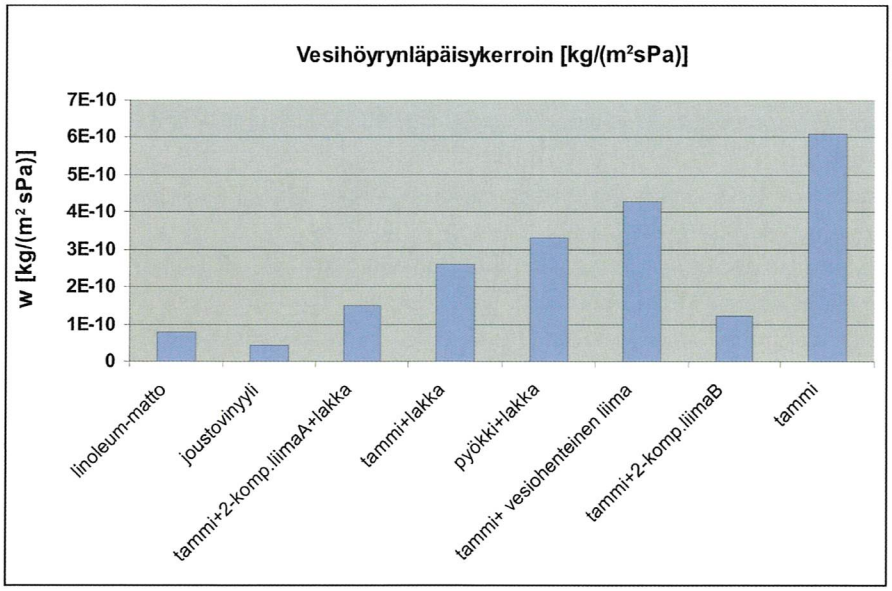
varustaa koneellisella ilmankostutus- ja kuivatusjärjestelmällä, joka pitää ilman suhteellisen kosteuden jatkuvasti 40–60 %:ssa.

Myös puun asennusaikainen kosteus vaikuttaa sen kosteuselämiseen. Suosituksena on, että puun kosteus asennushetkellä on 7± 2 painoprosenttia (p-%) /29/. Jos puun kosteus on asennushetkellä hyvin alhainen, korkeahko ilman kosteus ja vesiohenteinen liima voivat aiheuttaa parketin turpoamisen välittömästi asennuksen jälkeen.

Alustabetonin ja tasoitteen kosteus voi aiheuttaa parketin turpoamista ja joissakin tapauksissa parketin tummumista. Parketin vaurioitumisen kannalta on oleellista, ettei betonin kosteus välittömästi parketin alla nouse liian korkeaksi. Useimmilla puulajeilla kriittisenä suhteellisen kosteuden arvona pidetään 75 %:a. Jotkut puulajit edellyttävät tätäkin alhaisempaa kosteutta. Jotta kosteus parketin alla ei nousisi liian korkeaksi, betonirakennetta tulee rakennusaikana kuivattaa ennen kuin parketti voidaan asentaa. Koska parketti läpäisee suhteellisen hyvin vesihöyryä, riittää että parketin asennushetkellä betonin suhteellinen kosteus päällystettävyyskosteuden arviointisyvyydellä on alle 85 %. Rakenteen pintaosien tulee kuitenkin olla huomattavasti kuivemmat eli 1–3 cm:n syvyydellä alle 75 %. Mikäli lattiarakenne on valettu normaalibetonia tiiviimmästä betonista, jossa vesisideainesuhde on alle 0,5, betonissa voidaan arvostelusyvyydellä sallia 90 %:n suhteellinen kosteus. Tiiviissä betonissa kosteuden siirtyminen on niin hidasta, että kosteus ehtii haihtumaan parketin läpi aiheuttamatta vauriota. Parketin lakkaus ja liima vaikuttavat jonkin verran koko päällysteen vesihöyrynläpäisykykyyn, mutta vaikutus on niin pieni, ettei se hidasta kosteuden poistumista merkittävästi.



Kuva 49. Vaikka betonin suhteellinen kosteus päällystyshetkellä oli arviointisyvyydellä 90 %, ei kosteus välittömästi päällysteenä olevan mosaiikkiparketin alla nouse kriittisen korkeaksi, koska parketti läpäisee vesihöyryä nopeammin kuin mitä syvemmältä betonista siirtyy kohti pintaa. RH:n lievä nousu viikkojen 7–15 kohdalla johtuu sisäilman kosteudennoususta. /17/



Kuva 50. Erilaisten lattiapäällysteiden vesihöyrynläpäisykertoimia. Lakkaus ja liimaus pienentävät parkettipäällysteen vesihöyrynläpäisyä jonkin verran, mutta läpäisy on silti huomattavasti suurempi kuin esimerkiksi joustovinyylimaton /28/.

Taulukko 10. Alustabetonin suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot päällystyshetkellä. Raja-arvoja voidaan käyttää vain, jos mittaustarkkuus täyttää tässä julkaisussa esitetyt tarkkuusvaatimukset. Raja-arvoissa on silti varmuusmarginaalia, joten niistä voidaan poiketa tapauskohtaisesti tarkemman fysikaalisen tarkastelun perusteella. Materiaalitoimittajat voivat myös antaa tapauskohtaisesti noudatettavia päällystysraja-arvoja.

Mosaiikkiparketti	**Betonin RH (%) arviointisyvyydellä (A)**	**Betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1–3 cm:n syvyydellä (0,4xA)**
normaali betoni	85	75
erikoisbetoni (v/s < 0,5)	90	

Arviointisyvyys on **rakenteen paksuudesta riippuvainen kosteusmittaussyvyys**. Kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa mittaussyvyys on 20 % rakenteen paksuudesta ja yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa 40 %. Maksimi mittaussyvyytenä, josta päällystettävyysarvio tehdään, on 70 mm.

Huomioi mosaiikkiparkettia asennettaessa, että

- betonirakenteen suhteellinen kosteus (RH) on määritetty taulukon 10. perusteella
- betonin pinta on puhdas ja riittävän luja (pinnan vetolujuus 1,0 N/mm²)
- parhaaseen lopputulokseen päästään, jos parkettisauvat liimataan betonin pintaan pultatun ja liimatun vanerin päälle
- mikäli lattia joudutaan tasoittamaan, tasoitteen tulee soveltua mosaiikkiparkettilattioihin. Pinnan vetolujuuden tulee myös tasoitettuna olla vähintään 1,0 N/mm². Lisäksi liimana tulee käyttää esimerkiksi SMP-liimaa.
- ennen parketin asennusta tasoitteen tulee kuivua ja kovettua riittävästi. **Tasoitteen toimittaja voi antaa tuotteilleen tapauskohtaisesti noudatettavia päällystysraja-arvoja.**
- liiman tulee olla muodonmuutoskyvyltään joustavaa ja nimenomaan parketin kiinnitykseen tarkoitettua
- parketilla on riittävästi turpoamisvaraa (liikuntasaumoja ja rakoja), varsinkin jos asennusaikana ilman kosteus on alhainen (< 40 %)
- parketin kosteus asennushetkellä on 7± 2 painoprosenttia (SisäRYL2000)

- asennushetkellä lattiarakenteen lämpötilan tulee olla vähintään +18 °C.
- jos lattiassa on lattialämmitys, käytä sitä rakenteen kuivattamiseen vähintään viikon parin ajan, mutta laske rakenteen lämpötila noin +20 °C:seen vähän ennen päällystystyötä. Nosta lämpö uudelleen vasta noin viikon kuluttua päällystämisestä nostaen lämpötilaa asteittain.
- parketin tulee kuivua kaksi viikkoa ennen hiontoja ja lakkauksia, jotta parkettiliiman kosteus ehtii poistua riittävästi
- valmiin lattian suojauksen tulee olla yhtenäinen, jotta esimerkiksi auringonvalon UV-säteily ei aiheuta värimuutoksia
- lattiasuojat tulee aina teipata kiinni toisiinsa eikä koskaan valmiiseen lattiapintaan
- asennus suoritetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Huomioi aina, että

- sisäilman kosteus vaikuttaa merkittävästi parkettilattiaan. Talvella, kun ilma on kuivaa, parkettiin syntyy helposti rakoja, jotka umpeutuvat ilman kosteuden noustessa. Jos ilman kosteus nousee hyvin korkeaksi, parketti voi turvota ja "nousta ylös alustastaan", varsinkin jos lattiassa ei ole riittävästi liikuntavaraa. Sisäilman kosteus on yleensä korkeimmillaan loppukesästä.

9.4 Alustaan liimattava lautaparketti

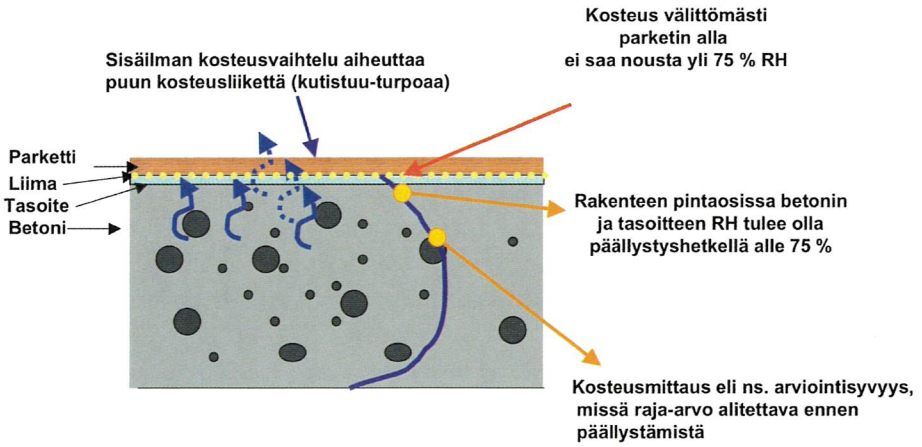
Lautaparketit ovat herkkiä kosteudelle. Kosteuden noustessa parketti turpoaa, ja kosteuden laskiessa parketti kutistuu. Eri puulajien kosteudensietokyvyissä on merkittäviä eroja. Alustaan liimatun lautaparketin kosteuteen vaikuttavat sekä **sisäilman kosteus** että **alustan kosteus**. Parketti toimii parhaiten, kun sisäilman suhteellinen kosteus on 35–60 %. Talvella sisäilman suhteellinen kosteus on usein alle oheisen arvon, kovien pakkasten aikaan jopa alle 20 %, mikä voi aiheuttaa alustaan liimatun parketin kutistumista ja näkyy usein lautaparketin rakoiluna. Ilman kosteuden noustessa lautaparketti turpoaa ja mahdolliset raot umpeutuvat. Jos ilman kosteus nousee hyvin korkeaksi, mikä on mahdollista esimerkiksi loppukesästä, alustaan liimattu lautaparketti voi turvotessaan irrota alustastaan. Parketin kutistama- ja turpoamisliikkeet voivat heikentää lautaparketin tartuntaa alustaansa. Liiallinen kosteus voi myös aiheuttaa parketissa mikrobivaurioitumista.

Betonin pinnan tulee olla riittävän luja ja puhdas. Tasoitteen käyttöä ei suositella, mutta mikäli lattia joudutaan tasoittamaan, tasoitteena tulee käyttää alustaan liimattavan lautaparketin alle soveltuvaa tasoitetta.

Alustaan liimattavat lautaparketit kiinnitetään muodonmuutoksia kestävällä parkettiliimalla (esim. SMP-liimalla). Liimauksessa tulee noudattaa materiaalivalmistajan ohjeita. Kosteusliikkeiden takia alustaan liimattavassa lautaparkettilattiassa tulee olla riittävästi liikuntavaraa (liikuntarakoja ja -saumoja).

Yleisimpien parkettilajien kriittisenä suhteellisen kosteuden arvona pidetään 75 %:a. Kosteusvaurioiden välttämiseksi suhteellinen kosteus välittömästi alustaan liimatun lautaparketin läheisyydessä ei saa nousta yli tämän arvon. Joillakin puulajeilla tämä raja-arvo on huomattavasti alhaisempi. Lisäksi kosteuspitoisuusero alustaan liimattavan lautaparkettilattian ylä- ja alapuolella ei saa nousta liian suureksi.

Lakkauksesta huolimatta tyypillisimmät parketit läpäisevät hyvin vesihöyryä. Jos betonirakenteen pintaosa on riittävän kuiva, syvemmältä mahdollisesti kohti pintaa siirtyvä kosteus haihtuu alustaan liimatun lautaparketin läpi kerääntymättä lautaparketin alle eikä siten aiheuta vauriota. Alustaan liimattavan parketin asennushetkellä syvemmällä rakenteessa voidaan täten sallia korkeampi kosteus kuin pinnassa.



Kuva 51. Betonialustaan liimatun lautaparketin toimivuuteen vaikuttavat merkittävästi betonin pinnan laatu, betonin kosteus, liiman muodonmuutoskyky sekä sisäilman kosteusvaihtelut.

Ennen päällystystyöhön ryhtymistä tulee kosteusmittauksin varmistaa, että betonirakenne on kuivunut riittävästi. Betonin suhteellisen kosteuden tulee kosteuspitoisuuden **arviointisyvyydellä** olla **alle 85 %**. Mikäli lattiarakenne on valettu erikoisbetonista, jossa kosteuden siirtyminen on normaalibetonia hitaampaa, voidaan arviointisyvyydellä sallia **90 %:n** suhteellinen kosteus. Rakenteen **pintaosissa 1–3 cm:n** syvyydellä suhteellisen kosteuden tulee päällystyshetkellä olla kaikissa tapauksissa alle **75 %**.

Taulukko 11. Alustabetonin suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot päällystyshetkellä. Raja-arvoja voidaan käyttää vain, jos mittaustarkkuus täyttää tässä julkaisussa esitetyt tarkkuusvaatimukset. Raja-arvoissa on silti varmuusmarginaalia, joten niistä voidaan poiketa tapauskohtaisesti tarkemman fysikaalisen tarkastelun perusteella. Materiaalitoimittajat voivat myös antaa tapauskohtaisesti noudatettavia päällystysraja-arvoja.

Alustaan liimattava lautaparketti	**Betonin RH (%) arviointisyvyydellä (A)**	**Betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1–3 cm:n syvyydellä (0,4xA)**
normaali betoni	85	75
erikoisbetoni (v/s < 0,5)	90	

Arviointisyvyys on **rakenteen paksuudesta riippuvainen kosteusmittaussyvyys**. Kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa mittaussyvyys on 20 % rakenteen paksuudesta ja yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa 40 %. Maksimimittaussyvyytenä, josta päällystettävyysarvio tehdään, on 70 mm.

Huomioi alustaan liimattavaa lautaparkettia asennettaessa, että

- betonirakenteen suhteellinen kosteus (RH) on määritetty taulukon 11. perusteella
- betonin pinta on puhdas ja riittävän luja, vähintään 1,0 N/mm² (tavoitelujuus voidaan myös määrittää suunnitelma-asiakirjoissa tapauskohtaisesti).
- mikäli lattia joudutaan tasoittamaan, tasoitteen tulee soveltua alustaan liimattavan lautaparketin alle. Pinnan vetolujuuden tulee myös tasoitettuna olla riittävän luja.
- ennen parketin asennusta tasoitteen tulee kuivua ja kovettua riittävästi (tasoitetoimittaja voi määrittää tuotteilleen materiaalikohtaisesti noudatettavat päällystysraja-arvot)
- liiman tulee olla muodonmuutoskyvyltään joustavaa ja nimenomaan alustaan liimattavan lautaparketin kiinnitykseen tarkoitettua
- alustaan liimattava lautaparketin liimaus suoritetaan ns. kokopintaliimauksena, jossa liima levitetään kammalla aluslattiaan (ei raitaliimauksena parkettilaudan pohjaan!)

- liimauksen jälkeen alustaan liimatun lautaparketin päälle tulee asettaa paino pitämään lautaparketti kiinni liimapinnassa liiman kuivumisen ajaksi
- lautaparketilla on riittävästi turpoamisvaraa (liikuntasaumoja ja rakoja), varsinkin jos asennusaikana ilman kosteus on alhainen (< 40 %)
- lautaparketin kosteus asennushetkellä on 7± 2 painoprosenttia
- asennushetkellä lattiarakenteen lämpötilan tulee olla vähintään +18 °C.
- jos lattiassa on lattialämmitys, käytä sitä rakenteen kuivattamiseen vähintään viikon parin ajan, mutta laske rakenteen lämpötila noin +20 °C:seen vähän ennen päällystystyötä. Nosta lämpö uudelleen vasta noin viikon kuluttua päällystämisestä nostaen lämpötilaa asteittain.
- valmiin lattian suojauksen tulee olla yhtenäinen, jotta esimerkiksi auringonvalon UV-säteily ei aiheuta värimuutoksia
- lattiasuojat tulee aina teipata kiinni toisiinsa eikä koskaan valmiiseen lattiapintaan
- asennus suoritetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Huomioi aina, että

- sisäilman kosteus vaikuttaa merkittävästi parkettilattiaan. Talvella, kun ilma on kuivaa, parkettiin syntyy helposti rakoja, jotka osittain umpeutuvat ilman kosteuden noustessa. Jos ilman kosteus nousee hyvin korkeaksi, parketti voi turvota ja "nousta ylös alustastaan", varsinkin jos lattiassa ei ole riittävästi liikuntavaraa. Sisäilman kosteus on yleensä korkeimmillaan loppukesästä.

9.5 Parketti- ja mattoliimat

Useimmat lattiapäällystemateriaalit, kuten esimerkiksi muovimatot, muovilaatat, linoleum ja mosaiikkiparketit, kiinnitetään alustaan liimaamalla. Eri lattiapäällystemateriaaleille on olemassa omat liimatyyppinsä. Tuotteet eroavat jonkin verran toisistaan lähinnä pääsideaineiden osalta. Nykyiset liimat ovat pääsääntöisesti vesiohenteisia (liuotteettomia) dispersioliimoja, jotka levitetään alustaan yksipuolisesti. Joissakin tapauksissa käytetään kontaktiliimoja tai kaksikomponenttisia reaktioliimoja.

Liimausmenetelminä voidaan käyttää märkä- tai tarraliimausta. Märkäliimauksessa päällyste painetaan välittömästi alustaan ja hierotaan huolellisesti kiinni. Tarraliimauksessa liima saa ilmottua jonkin aikaa ennen päällysteen asentamista. Jos päällyste on jäykkä tai siihen joudutaan rakenteista johtuen tekemään taivutuksia tai jos alustan imukyky on huono, annetaan liiman yleensä ilmottua jonkin aikaa ennen kiinnipainamista. Tällöin päällyste lasketaan heti levitettyyn liimaan ja hierretään kevyesti, mutta nostetaan tämän jälkeen ylös ja annetaan liimapintojen ilmottua liimatyypistä ja olosuhteista riippuen yleensä 10–30 minuuttia. Tämän jälkeen päällyste painetaan lopullisesti kiinni ja hierretään kunnolla.

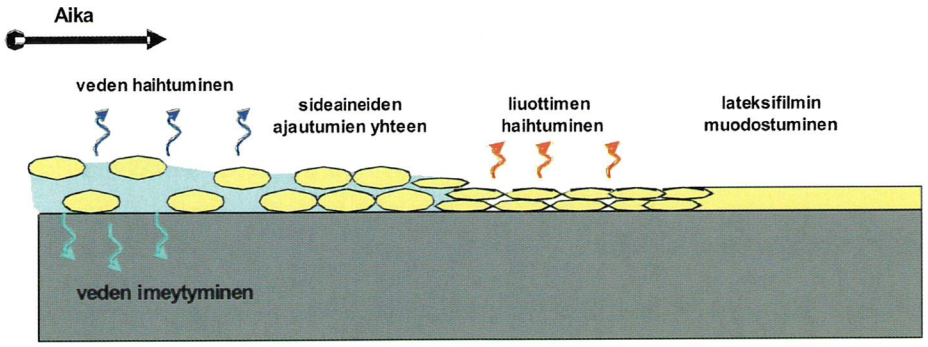
Kontaktiliimoja käytettäessä liima levitetään molempiin liimattaviin pintoihin. Kun liimakalvo tuntuu kuivalta (olosuhteista ja liimalaadusta riippuen noin 10–30 minuutin kuluttua), liimapinnat puristetaan yhteen.

Liimojen varastoinnille, liimausajankohdalle, kiinnitysalustalle ja käyttöolosuhteille on yleensä annettu tuotekohtaisia ohjeita, joita tulee noudattaa. Työmaalla vesiohenteiset liimat on varastoitava viileissä sisätiloissa, mieluiten 10–15 °C:n, mutta vähintään 1 °C:n lämpötilassa. Asennusaikainen suosituslämpötila on yleensä 18–20 °C. Kiinnitysalustan tulee olla kuiva, kiinteä, tasainen ja puhdas pölystä ja rasvasta. Koska olosuhteet työmaalla, alustan laatu ja kosteus vaikuttavat merkittävästi liiman sitoutumisnopeuteen ja kuivumiseen, liiman tuote-esitteessä annettuja lukuarvoja on syytä pitää vain suuntaa-antavina.

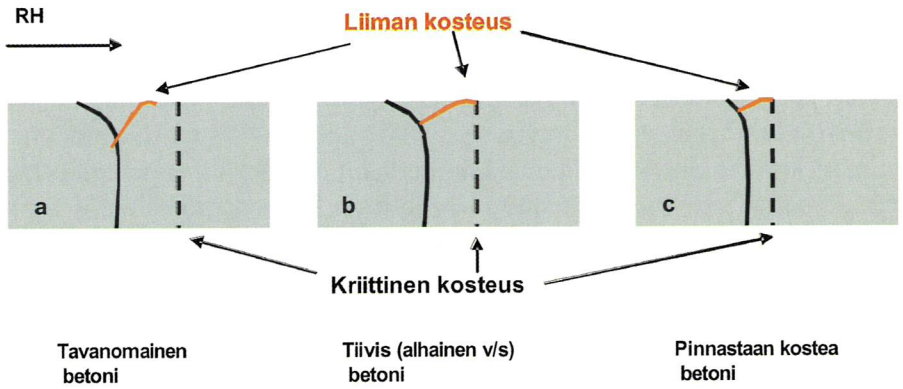
Liiman kosteuden vaikutus betonilattiarakenteeseen

Betonin alkalinen kosteus voi aiheuttaa liimassa kemiallisen hajoamisreaktion, jonka seurauksena päällystemateriaali voi irrota alustasta ja sisäilmaan voi emittoitua terveydelle haitallisia yhdisteitä. Liimojen kosteudensietokyvyissä on tuotekohtaisia eroja. Monien vesiliukoisten liimojen kriittisenä suhteellisen kosteuden raja-arvona pidetään 85 % RH, jotkut sallivat 90 % RH. Kaksikomponenttiliimat kestävät vielä korkeampia kosteuksia.

Vaikka betonirakenteen pintaan levitettävä liimamäärä on pieni, liiman sisältämä vesimäärä nostaa huomattavasti betonirakenteen pintaosien kosteuspitoisuutta. Tämä suhteellisen kosteuspitoisuuden kasvun arvo riippuu betonin pintaosien kosteuspitoisuudesta ennen liimausta sekä pinnan imukyvystä. Mikäli käytetty liimamäärä on suuri ja alustan imukyky vähäinen, suhteellinen kosteuspitoisuus päällysteen alla voi nousta jopa 100 %:iin ja aiheuttaa materiaalien vaurioitumista sekä kemiallisia päästöjä. Liimakerroksen suhteellisen kosteuden kasvun on todettu lisäävän mm. muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden emissioita. Tutkimuksissa lattiarakenteista on havaittu emittoituvan normaalia enemmän mm. 2-etyyliheksanolia ja n-butanolia, joita syntyy mm. muovimaton pehmitinaineiden ja liiman sideaineiden hajoamistuotteina /26/.

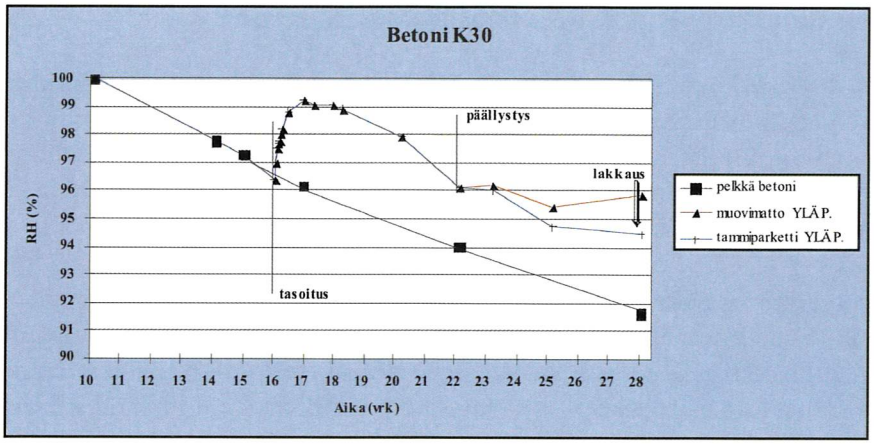


Kuva 52. Periaatteellinen kuva vesiliukoisen akrylaattiliiman (lateksin) kuivumisesta. Osa liiman vedestä imeytyy aluksi alapuoliseen betoniin, mistä se ajan kuluessa haihtuu. Liuottimien haihtuminen on materiaalille tyypillistä primääriemissioita /22/.



Kuva 53. Betonin pinnan tiiviys vaikuttaa merkittävästi siihen, miten betoni imee liiman kosteutta. Jos betonin vedenimu on huono tai pinta on alun perin kostea, betonirakenteen pinnan kosteus voi nousta liiman kosteuden vaikutuksesta kriittisen korkeaksi /22/.

Ennen päällystemateriaalin liimausta tulee varmistaa, että alustarakenteen edellyttämän kosteusraja-arvon alittamisen lisäksi rakenteen pintaosat ovat riittävän kuivat vastaanottamaan myös liiman sisältämän kosteuden. Mitä kosteampi pinta on, sitä kauemmin liimakerroksen kosteuspitoisuus on korkea ja sitä herkemmin sekä itse liimassa että päällystemateriaalissa alkaa vaurioituminen. Myös betonin vedenimukyky vaikuttaa siihen, miten paljon liiman kosteus nostaa pintakerroksen kosteutta. Mitä tiiviimpi



Kuva 54. Betonin kosteuspitoisuuden muutokset 50 mm paksussa betonilattiarakenteessa. Kosteusmittaukset on tehty laatan yläpinnasta 5 mm:n syvyydestä. Tasoitteen levittäminen betonin pintaan nostaa betonin kosteuspitoisuutta, jonka jälkeen rakenne kuivuu kunnes liimaustyövaihe aiheuttaa uudelleen kosteuspitoisuuden nousun. Muovimaton asentamisen jälkeen betonin kosteuspitoisuus laskee hyvin hitaasti. Parkettipäällyste sen sijaan laskee kosteutta lävitse ja parketin alla betoni kuivuu selvästi nopeammin. Laboratoriossa päällystys hyvin kostealle betonille.

(korkealujuuksisempi) betoni on, sitä suurempi liiman kosteuden vaikutus yleensä on. Myös liimaustapa ja maton asennuksen ajankohta vaikuttavat betonilattiarakenteen emissioihin. Jos liiman veden annetaan haihtua riittävästi (10–30 minuuttia) ennen maton asennusta, rakenteesta mitatut emissiomäärät vähenevät merkittävästi /26/.

9.6 Kelluvat lautaparketit

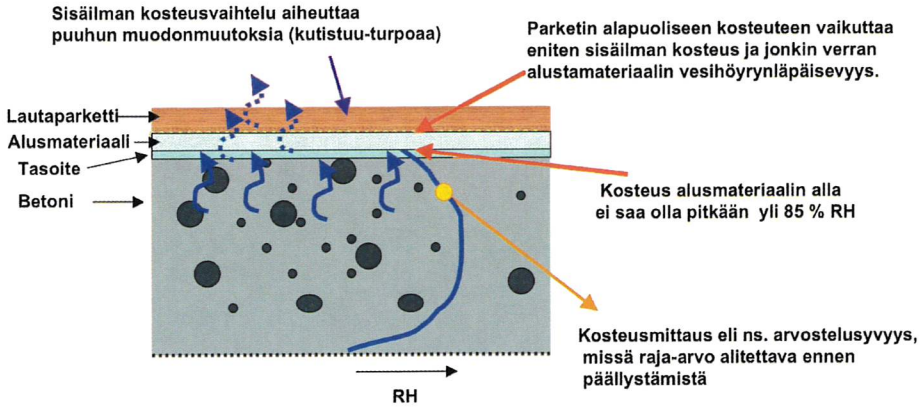
Alustaan liimaamattomat ns. kelluvat parketit tehdään yleensä lautaparketeista. Lautaparketit valmistetaan pääosin liimaamalla kolme kerrosta yhteen. Alimmat kerrokset ovat mäntyä tai kuusta, vaneria tai lastulevyä. Pintakerroksen puulaji on yleensä tammea, pyökkiä, koivua, kirsikkaa, saarnia, merbauta ja jarrahia jne. Ristikkäin asennettu lamellirakenne vähentää puun elämistä kosteusvaihteluissa, mistä johtuen lautaparketti ei ole niin herkkä kosteudelle kuin sauva- ja mosaiikkiparketti. Silti sekä sisäilman kosteus että rakennekosteus voivat aiheuttaa lautaparkettilattiaan vaurioita.

Kelluvissa parkettilattioissa betonialustan ja parketin väliin asennetaan askeläänieristeenä ja osin kosteuseristeenä toimiva alusmateriaali. Aiemmin parketin alusmateriaalina käytettiin vesihöyryä varsin hyvin läpäisevää aaltopahvia tai solumuovia. Monet nykyisin markkinoilla olevat parketinalusmateriaalit ovat vesihöyrynläpäisykyvyltään aiempia huomattavasti tiiviimpiä, mutta kuitenkin läpäisevämpiä kuin esimerkiksi 0,2 mm:n polyeteenikalvo.

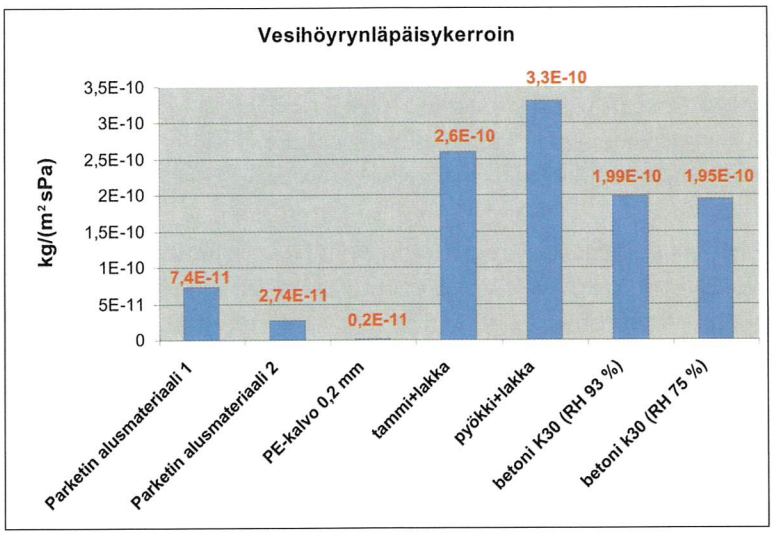
Alusmateriaalin vesihöyrynläpäisykyky vaikuttaa merkittävästi koko pintarakennejärjestelmän kosteustekniseen toimintaan. Jos parketin alla on vesihöyrynkulkua merkittävästi hidastava alusmateriaali, alustabetonin kosteus ei pääse vaikuttamaan parkettiin edellyttäen ettei alusmateriaalissa ole avonaisia saumoja ja muita rakoja. Useimpien nykyisten alusmateriaalien vesihöyrynläpäisevyys on niin pieni, ettei betonin kosteus pääse vaikuttamaan itse parkettiin, vaan parketin kosteuseläminen johtuu ilman kosteusvaihteluista. Vaikka betonin kosteus ei pääsisikään vaikuttamaan parkettiin, kosteus voi kerääntyä alusmateriaalin alapintaan.

Jos alusmateriaali on vesihöyrynläpäisykyvyltään erittäin tiivis tai sen lisäksi käytetään 0,2 mm:n polyeteenikalvoa (PE-kalvo), betonin kosteus voi kerääntyä kalvon alle. Korkea kosteus alustamateriaalin alla voi aiheuttaa mm. tasoitteiden lujuusominaisuuksien heikkenemistä ja betonin pinnassa mahdollisesti olevien orgaanisten aineiden mikrobivaurioitumista. Mitä tiiviimpi materiaali on, sitä herkemmin sen alle voi kerääntyä kosteutta. Rakenteen kosteusteknisen toimivuuden kannalta alusmateriaalin tulisi

läpäistä jonkin verran vesihöyryä, mutta sen vesihöyrynläpäisykyvyn tulisi kuitenkin olla selvästi pienempi kuin itse parketin. Useimmat nykyiset parketinalusmateriaalit ovat vesihöyrynläpäisykyvyltään sellaisia, että ne estävät betonin kosteuden liiallisen pääsyn parkettiin, mutta läpäisevät kuitenkin sen verran vesihöyryä, ettei kosteus keräänny alusmateriaalin alle. PE-kalvon käyttö parketin alla alusmateriaalin lisäksi kasvattaa riskiä, että kosteus alusmateriaalin alla nousee liian korkeaksi. Tiivistä PE-kalvoa ei tulisi käyttää varsinkaan maanvaraisissa lattioissa, joissa ajan kuluessa maaperästä voi nousta diffuusiolla kosteutta.



Kuva 55. Kelluvaan lautaparkettiin vaikuttaa sekä sisäilman että alustan suhteellinen kosteus. Kuvaan on lisätty tasoite.

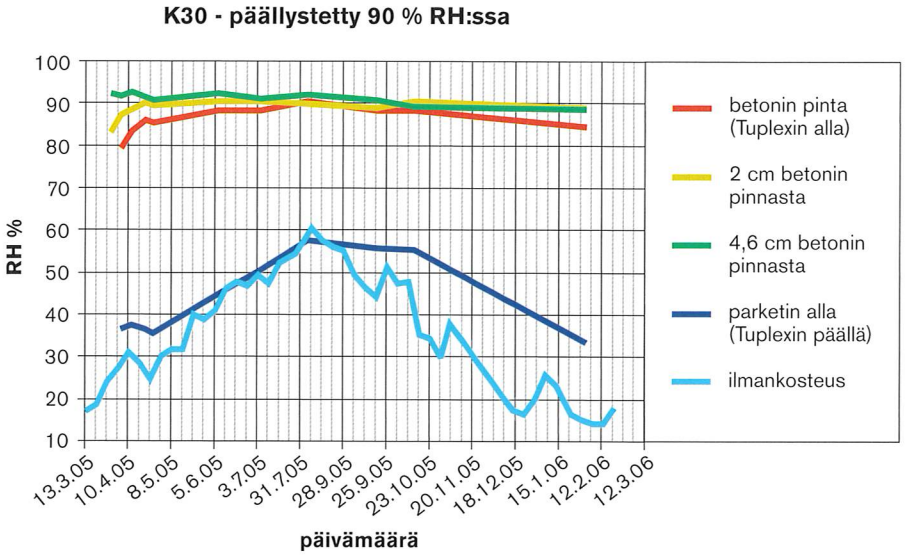


Kuva 56. Parketin alusmateriaalien, parketin ja betonin vesihöyrynläpäisykertoimia. Parketin alusmateriaalit läpäisevät huomattavasti hitaammin vesihöyryä kuin itse parkettimateriaali /27/.

Jotta kosteus alustamateriaalin alla ei nouse mahdollisten tasoitteiden ja pintaan mahdollisesti jääneiden orgaanisten aineiden vaurioitumisen kannalta liian korkeaksi, betonirakenteen suhteellisen kosteuden ennen päällystämistä tulee olla **alle 85 % RH**. Tämä kosteus määritetään ns. arviointisyvyydeltä, joka riippuu rakenteen paksuudesta. Mikäli lattiaa ei tasoiteta tai tasoitteena käytetään hyvin kosteuttaa kestävää tuotetta, pinta on puhdas ja alusmateriaali läpäisee riittävästi vesihöyryä ($W_{p>}$ 2E-11), betonirakenteen suhteellisen kosteuspitoisuuden arvostelusyvyydellä ennen päällystämistä tulee silti olla alle 85 % RH. Lisäksi rakenteen pinnassa 1–3 cm:n syvyydellä suhteellisen kosteuden tulee olla alle 75 %.

Kelluvia parketteja asennettaessa tulee kiinnittää erityistä huomioita sisäilman kosteuteen ja parketin liikuntavaraan. Suomessa sisäilman suhteellinen kosteus voi talviaikaan

olla jopa alle 10 % ja loppukesällä jopa yli 80 %. Tämä kosteusvaihtelu aiheuttaa puumateriaalissa elämistä, mikä näkyy parkettilattioissa talvella rakoiluna ja kesällä turpoamisena. Kuivaan aikaan parketissa voi ilmetä myös leveyssuuntaista kovertumista, kun laudan pinta kuivuu. Tämä korostuu erityisesti lukkopontilla, missä pontti ei anna periksi. Tyypillinen parkettivaurio syntyy, kun parketti asennetaan talvella kuivaan aikaan ilman riittäviä liikuntasaumoja. Kesällä ilman suhteellisen kosteuden noustessa parketti turpoaa ja sen seurauksena parkettilaatta laajenee. Jos elämisvarat ovat liian pienet, parketti kohoaa alustastaan ja siinä voi ilmetä jopa ylimääräistä ääntä (esim. napsumista).



Kuva 57. Kun parketin alusmateriaalina on vesihöyrynliikettä hidastava materiaali (W_p > 2E-11), betonin kosteus ei pääse vaikuttamaan parkettiin, vaan parketin alapuolinen kosteus seuraa sisäilman kosteutta vaikka arviointisyvyydellä ns. perusraja-arvo hieman ylittyykin päällystyshetkellä. Alusmateriaalin vesihöyrynläpäisevyys ja betonin päällystysajankohdan suhteellinen kosteus vaikuttavat siihen, miten korkeaksi kosteus alusmateriaalin alapinnassa (betonin pinnassa) nousee päällystämisen jälkeen. /17/

Taulukko 12. Alustabetonin suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot päällystyshetkellä. Raja-arvoja voidaan käyttää vain, jos mittaustarkkuus täyttää tässä julkaisussa esitetyt tarkkuusvaatimukset. Raja-arvoissa on silti varmuusmarginaalia, joten niistä voidaan poiketa tapauskohtaisesti tarkemman fysikaalisen tarkastelun perusteella (vrt. kuva 56). Materiaalitoimittajat voivat myös antaa tapauskohtaisesti noudatettavia päällystysraja-arvoja.

	Betonin RH (%) arviointisyvyydellä (A)	**Betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1–3 cm:n syvyydellä (0,4xA)**
Kelluva lautaparketti ja alusmateriaali	85	75

Arviointisyvyys on **rakenteen paksuudesta riippuvainen kosteusmittaussyvyys**. Kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa mittaussyvyys on 20 % rakenteen paksuudesta ja yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa 40 %. Maksimimittaussyvyytenä, josta päällystettävyysarvio tehdään, on 70 mm.

Huomioi kelluvaa lautaparkettia asennettaessa, että

- betonirakenteen suhteellinen kosteus (RH) on määritetty taulukon 12. perusteella
- betonin pinta on puhdas
- tasoite on kuivunut ja kovettunut riittävästi (tasoitetoimittaja voi määrittää tuotteilleen materiaalikohtaisesti noudatettavat päällystysraja-arvot)

- asennushetkellä lattiarakenteen lämpötilan tulee olla vähintään +18 °C.
- parkettilattia voidaan asentaa lattialämmityksen päälle. Tällöin on kuitenkin syytä huomioida, että parketin pintalämpötila saa olla enintään +27 °C ja lattian lämpövaihtelu enintään 5°/vrk. Lämmitettävällä lattiapinnalla ei saa olla sellaisia paksuja peittäviä mattoja, jotka estävät lämmön pääsyn huoneilmaan ja aiheuttavat maton alla olevaan lattiamateriaaliin vaurioita.
- ennen parketin asennusta lattialämmityksen tulee olla toiminnassa vähintään 2 viikkoa. Lämmitystä pienennetään asennuksen ajaksi n. +18–20 °C:seen ja nostetaan asennuksen jälkeen käyttölämpötilaan asteittain 1–2 viikon aikana. Samaa lämmönnostoa noudatetaan aina myös uuden lämmityskauden alussa.
- ennen asennusta parkettien tulee olla huonetilassa vähintään 2 vrk avaamattomissa paketeissa tasaisella rima-alustalla
- alusmateriaalin valinnassa ja asennuksessa tulee noudattaa valmistajan ohjeita sekä kerrostalojen osalta myös suomalaisia askeläänivaimennusta koskevia määräyksiä. Esim. umpisolumuovi soveltuu alusmateriaaliksi mutta ei sellaisenaan kosteudeneristeeksi
- alusmateriaali on asennettu kauttaaltaan tiiviisti ja sen saumat on tiivistetty valmistajan ohjeiden mukaisesti (yleensä 20 cm:n limitys ja saumojen teippaus)
- parketilla on riittävästi turpoamisvaraa, varsinkin jos asennusaikana ilman kosteus on alhainen (< 40 %)
- parketin kosteus asennushetkellä on 7± 2 painoprosenttia (SisäRYL2000)
- tarkemmassa turpoamisvaran arvioinnissa tulee huomioida ilmankosteusmuutosten lisäksi myös parketin asennushetkinen kosteuspitoisuus sekä lattialistan leveys
- parkettia ei saa suojata tiiviillä materiaalilla
- valmiin lattian suojauksen tulee olla yhtenäinen, jotta esimerkiksi auringonvalon UV-säteily ei aiheuta värimuutoksia
- lattiasuojat tulee aina teipata kiinni toisiinsa eikä koskaan valmiiseen lattiapintaan
- asennus suoritetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Huomioi aina, että

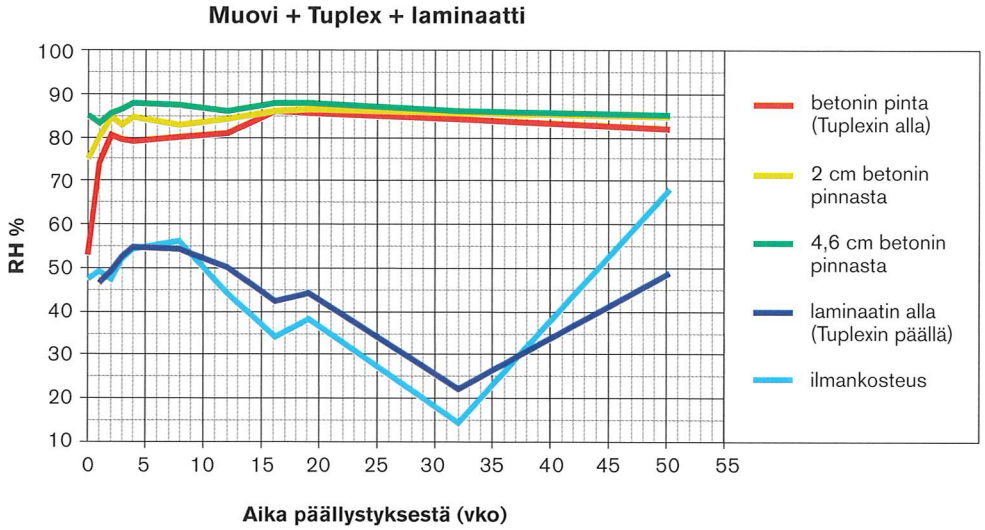
- sisäilman kosteus vaikuttaa merkittävästi parkettilattiaan. Talvella, kun ilma on kuivaa, parkettiin syntyy helposti rakoja, jotka pääosin umpeutuvat ilman kosteuden noustessa (talvella parketin rakoihin mahdollisesti joutuvat epäpuhtaudet voivat estää rakojen umpeutumisen kesällä). Jos ilman kosteus nousee hyvin korkeaksi, parketti voi turvota ja "nousta ylös alustastaan", varsinkin jos lattiassa ei ole riittävästi liikuntavaraa. Sisäilman kosteus on yleensä korkeimmillaan loppukesästä. Etenkin pyökki ja vaahteraparkettien kosteusliikkeet ovat suuria.
- parkettilattia toimii parhaiten kun sisäilman suhteellinen kosteus on 35–60 %.

9.7 Laminaattilattiat

Laminaattilattia asennetaan betonin pintaan aina kelluvaksi, siten että betonin ja laminaatin välissä on jokin vesihöyrynläpäisykyvyltään tiivis alusmateriaali. Alusmateriaalin valinnassa ja asennuksessa tulee noudattaa valmistajan ohjeita. Korkkiraehuopa tai liian joustavat kenno- tai huopalevyt eivät sovellu laminaattilattian alusmateriaaliksi. Alusmateriaalin tulee olla vesihöyrynläpäisykyvyltään niin tiivis, ettei alustabetonin kosteus pääse vaikuttamaan laminaattiin. Mikäli alusmateriaalin vesihöyrynvastus ei ole riittävä, laminaatin alle tulee lisäksi asentaa polyeteenikalvo (0,2 mm), jonka saumat on teipattu huolellisesti. Esimerkiksi umpisolumuovi ei sellaisenaan riitä kosteudeneristeeksi.

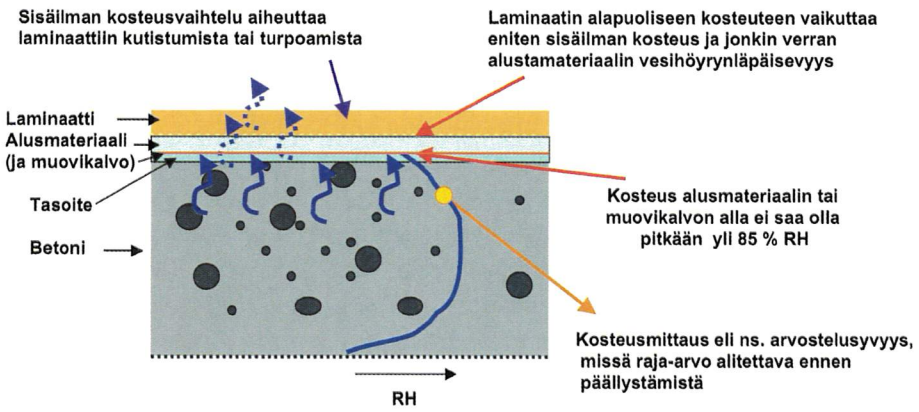
Laminaattien runkomateriaalina on puukuitulevy (HDF, MDF) tai lastulevy, joka pinnoitetaan eli laminoidaan hartsilla kyllästetyllä paperilla, jossa on haluttu pintakuvio tai väri. Pintamateriaalina voi olla korkeapainelaminaatti (HPL), jatkuvapuristeinen laminaatti (CPL) tai suoralaminaatti (DPL). Pohjamateriaalina on laminaatti tai paperi.

Laminaattilattiamateriaalissa yli 90 % on puuta, mistä johtuen siinä tapahtuu elämistä kosteuden vaihdellessa. Normaaliolosuhteissa (suhteellinen kosteus 30–65 %, lämpötila +18–+22°C) muodonmuutos on noin 1 mm/m tasaisesti joka suuntaan. Kun laminaatin alusmateriaalin vesihöyrynläpäisy on pieni, laminaatin kosteuselämistä tapahtuu lähinnä vain huoneilman kosteusvaihtelujen vaikutuksesta. Materiaalivalmistajien suositus huoneilman suhteelliselle kosteudelle on 30–65 %. Talvella kovien pakkasten aikaan huoneilman kosteus on usein kuitenkin ohjearvoja huomattavasti alhaisempi, mikä voi näkyä laminaatin rakoiluna. Kosteusliikkeiden takia laminaattilattialla tulee olla riittävästi liikuntavaraa (liikuntarakoja ja -saumoja).



Kuva 58. Kun laminaatin alla on tiivis vesihöyrynliikettä hidastava alusmateriaali, laminaatti joutuu tekemisiin lähinnä ilman kosteuden kanssa. Betonin kosteus tasapainottuu alusmateriaalin alle. (Kuvan betoni K30 päällystettiin, kun alusbetonin suhteellinen kosteuspitoisuus arvostelusyvyydellä oli 85 %.) /17/

Jos laminaatin alla käytetään vesihöyrynkulkua merkittävästi hidastavaa alusmateriaalia, alusbetonin kosteus ei pääse vaikuttamaan laminaattiin. Betonin kosteus voi kuitenkin kerääntyä tiiviin alusmateriaalin alapintaan. Alusmateriaalin tulee olla kauttaaltaan ehjä ja sen saumat tulee teipata huolellisesti, ettei kosteus pääse paikallisesti vaurioittamaan laminaattia. Jotta alusmateriaalin alapintaan ei syntyisi mikrobivaurioita, betonin pinnan tulee olla puhdas kaikesta orgaanisesta materiaalista eikä suhteellinen kosteus alusmateriaalin alapinnassa saa nousta pitkäksi aikaa yli 85 %:n. Päällystyshetkellä betonin suhteellisen kosteuden arviointisyvyydellä tulee olla alle 85 %. Betonin pinnassa 1–3 cm:n syvyydellä suhteellisen kosteuden tulee olla alle 75 %.



Kuva 59. Laminaattilattiaan vaikuttavat sekä sisäilman kosteus että alustan kosteus. Kun alusmateriaalin vesihöyrynläpäisykyky on pieni tai sen alla on muovikalvo, laminaatin kutistuminen tai turpoaminen tapahtuu lähinnä vain huoneilman kosteusvaihtelujen vaikutuksesta.

Taulukko 13. Alustabetonin suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot päällystyshetkellä. Raja-arvoja voidaan käyttää vain, jos mittaustarkkuus täyttää tässä julkaisussa esitetyt tarkkuusvaatimukset. Raja-arvoissa on silti varmuusmarginaalia, joten niistä voidaan poiketa tapauskohtaisesti tarkemman fysikaalisen tarkastelun perusteella. Materiaalitoimittajat voivat myös antaa tapauskohtaisesti noudatettavia päällystysraja-arvoja.

	Betonin RH (%) arviointisyvyydellä (A)	**Betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1–3 cm:n syvyydellä (0,4xA)**
Laminaatti + vesihöyryntiivis alusmateriaali	85	75

Arviointisyvyys on **rakenteen paksuudesta riippuvainen kosteusmittaussyvyys**. Kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa mittaussyvyys on 20 % rakenteen paksuudesta ja yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa 40 %. Maksimimittaussyvyytenä, josta päällystettävyysarvio tehdään, on 70 mm.

Huomioi laminaattilattiaa asennettaessa, että

- betonirakenteen suhteellinen kosteus (RH) on määritetty taulukon 13. perusteella
- betonin pinta on puhdas
- tasoite on kuivunut ja kovettunut riittävästi (tasoitetoimittaja voi määrittää tuotteilleen tapauskohtaisesti noudatettavat päällystysraja-arvot)
- laminaattilattia voidaan asentaa lattialämmityksen päälle. Tällöin on kuitenkin syytä huomioida, että laminaattiin alapuolelta kohdistuva lämpötila saa olla enintään +28 °C ja lattian lämpövaihtelu enintään 5 °C/vrk. Lämmitettävällä lattiapinnalla ei saa olla sellaisia paksuja peittäviä mattoja, jotka estävät lämmön pääsyn huoneilmaan ja aiheuttavat silloin maton alla lattiamateriaalissa liiallista elämisliikettä.
- ennen laminaatin asennusta lattialämmityksen tulee olla toiminnassa vähintään 2 viikkoa. Lämmitys kytketään asennuksen ajaksi pois ja kytketään päälle 3 vrk kuluttua asennuksen jälkeen vaiheittaisella lämmön nostolla (enint. 5 °C/vrk). Samaa lämmönnostoa noudatetaan aina myös uuden lämmityskauden alussa. Asennuksen aikana lattian lämpötilan tulee olla kuitenkin vähintään +15 °C.
- alusmateriaalin valinnassa ja asennuksessa tulee noudattaa valmistajan ohjeita sekä kerrostalojen osalta myös suomalaisia askeläänivaimennusta koskevia määräyksiä. Esim. umpisolumuovi soveltuu alusmateriaaliksi mutta ei sellaisenaan kosteudeneristeeksi
- ennen asennusta laminaatti tulee olla huonetilassa vähintään 2 vrk avaamattomissa paketeissa, vähintään 50 cm:n etäisyydellä seinästä, tasaisella rima-alustalla
- asennusolosuhteet ovat materiaalitoimittajan suositusten mukaiset
- vesihöyryntiivis alusmateriaali on asennettu kauttaaltaan tiiviisti ja sen saumat on tiivistetty valmistajan ohjeiden mukaisesti (yleensä 20 cm:n limitys ja saumojen teippaus)
- laminaatilla on riittävästi turpoamisvaraa (liikuntasaumoja ja rakoja)
- laminaattia ei saa suojata muovilla tai muulla tiiviillä materiaalilla
- valmiin lattian suojauksen tulee olla yhtenäinen
- lattiasuojat tulee aina teipata kiinni toisiinsa eikä koskaan valmiiseen lattiapintaan
- asennus suoritetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Huomioi aina, että

- sisäilman kosteus vaikuttaa merkittävästi laminaattiin. Laminaattilattia toimii parhaiten, kun sisäilman suhteellinen kosteus on 35–65 %.

9.8 Keraamiset laatat

Keraamiset laatat ovat sekä kulutusta että kosteutta kestäviä päällystemateriaaleja, joita käytetään sekä seinissä että lattioissa. Keraamisten laattojen pääraaka-aineena käytetään savea ja hiekkaa. Lisäksi mukana on pieniä määriä erilaisia mineraaleja, kuten karbonaatteja, silikaatteja ja maasälpää. Kaikki keraamiset laatat poltetaan. Polttolämpötilat ja -ajat vaihtelevat eri laattatyypeillä. Peruslaattatyyppejä ovat kuivapuristetut, märkäpuristetut ja valetut laatat. Kuiva- ja märkäpuristetut laatat voidaan jakaa alaryhmiin niiden vedenimukyvyn E (%) mukaan. Kaikilla näillä laatoilla on lisäksi lasitettu tai lasittamaton vaihtoehto sekä erilaisia käsittelyvaihtoehtoja pinnoille /30/.

Erilaisilla laattatyypeillä on erilaisia **kiinnitys**- ja saumaustapoja, jotka vaativat kuhunkin tarkoitukseen sopivia aineita. Esimerkiksi laattojen vedenimukyvyssä on suuria eroja, mikä vaikuttaa mm. kiinnitysaineen ominaisuuksiin. Jos laatan vedenimukyky on suuri, kiinnitysaineella pitäisi olla hyvä vedenpidätyskyky eli "pitkä avoaika", jotta kiinnitysaineen tartunta laattaan varmistuu. Laattatyypin lisäksi käytettävien aineiden valintaan vaikuttavat laatan koko, käyttötarkoitus sekä laatoitusalusta.

Taulukko 14. En 14411:2006 standardin mukainen keraamisten laattojen jako ryhmiin valmistustavan ja vedenimukyvyn mukaan /30/.

<table>
<tr><th>Valmistustapa</th><th>Ryhmä I
$E \leq 3$ %</th><th>Ryhmä II_a
3 % $< E \leq$ 6 %</th><th>Ryhmä II_b
6 % $< E \leq$ 10 %</th><th>Ryhmä III
$E >$ 10 %</th></tr>
<tr><td rowspan="2">A
Märkäpuristetut</td><td>Ryhmä AI_a
$E \leq$ 0,5 %</td><td>Ryhmä AII_{a-1} [a]</td><td>Ryhmä AII_{b-1} [a]</td><td rowspan="2">Ryhmä AIII</td></tr>
<tr><td>Ryhmä AI_b
0,5 % $< E \leq$ 3 %</td><td>Ryhmä AII_{a-2} [a]</td><td>Ryhmä AII_{b-2} [a]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">B
Kuivapuristetut</td><td>Ryhmä BI_a
$E \leq$ 0,5 %</td><td rowspan="2">Ryhmä BII_a</td><td rowspan="2">Ryhmä BII_b</td><td rowspan="2">Ryhmä BIII[b]</td></tr>
<tr><td>Ryhmä BI_b
0,5 % $< E \leq$ 3 %</td></tr>
<tr><td colspan="5">[a] Ryhmä AII_a ja AII_b on jaettu kahteen osaan (1 ja 2) erilaisten tuotetietojen pohjalta
[b] Ryhmä BIII koskee vain lasitettuja laattoja. On olemassa pieni määrä lasittamattomia kuivapuristelaattoja, joiden vedenimukyky on yli 10 %, jotka eivät kuulu ryhmään BIII.</td></tr>
</table>

9.9 Keraamisten laattojen kiinnitysaineet

Laattojen kiinnitysaineina käytetään yleensä joko sementtipohjaista kiinnityslaastia, laattaliimaa tai epoksia. Kiinnitysaineiden ominaisuuksissa, kuten esimerkiksi avoajoissa, valuvuudessa, vetolujuuksissa, vedenimuissa, kemiallisessa kestävyydessä ja muodonmuutoskyvyssä, voi olla merkittäviä eroja. EN-standardin 12004:2001 mukaan kiinnitysaineet voidaan luokitella kolmeen luokkaan:

C sementtipohjaiset kiinnitysaineet
D dispersiopohjaiset kiinnitysaineet eli liimat
R epoksipohjaiset kiinnitysaineet

Kiinnitysaineet voidaan edelleen jakaa eri luokkiin seuraavien vaihtoehtoisten ominaisuuksien mukaan:
1 normaalisti kiinnittyvä
2 parannettu kiinnittyvyys
F nopea lujuudenkehitys
T valumattomuus
E pidennetty avoaika

Kiinnitysaineiden ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi laattojen kiinnipysyvyyteen. Esimerkiksi **mitä elastisempaa kiinnityslaasti on, sitä paremmin se kestää betonin muodonmuutosten aiheuttamaa rasitusta**. Laastin elastisuus voidaan määrittää standardin SFS EN 12002:2002 mukaisesti. Elastisuusluokkia on kaksi: S1 (laastin minimitaipuma ≥ 2,5 mutta < 5 mm) sekä S2 (laastin minimitaipuma ≥ 5 mm).

Sementtisideaineinen kiinnityslaasti voidaan merkitä CE-merkillä, kun siitä on standardin mukaisesti testattu seuraavat ominaisuudet:
- tartuntalujuus, alkutartunta
- tartuntalujuus vesiupotuksen jälkeen
- tartuntalujuus lämpövanhennuksen jälkeen
- tartuntalujuus pakkas-sulatus-syklien jälkeen.

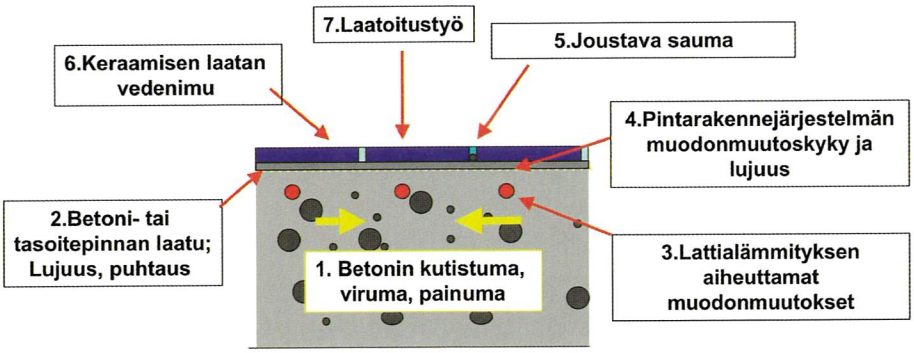
Osa testeistä on standardin mukaan mahdollista jättää tekemättä. Näitä ovat "tartuntalujuus lämpövanhennuksen jälkeen" sekä "tartuntalujuus pakkas-sulatus-syklien jälkeen". Mikäli ko. testejä ei tehdä, merkitään tuloksen paikalle CE-merkinnässä kirjaimet NPD (= No Performance Determined). Tällöin merkinnän yhteyteen on selkeästi kirjoitettava esimerkiksi lause "Ei sovellu ulkokäyttöön".

9.10 Alustabetonin vaikutus keraamisten laattojen kiinnipysyvyyteen

Alustabetonin **pinnan laatu** (lujuus, puhtaus) sekä itse laatoitustyö vaikuttavat merkittävästi keraamisten laattojen kiinnipysyvyyteen. Alustabetonin kosteus ei uusissa betonoinneissa suoranaisesti vaurioita laattoja, mutta **liian kosteaan betonialustaan kiinnitetyt laatat voivat irrota betonin kuivumiskutistuman seurauksena**. Rakenteen pinnassa olevasta laatoituksesta huolimatta alustabetonista pääsee saumojen kautta haihtumaan kosteutta. Kuivumisen myötä betonissa tapahtuu kutistumista. Päällysteenä olevassa laatoituksessa vastaavaa muodonmuutosta ei tapahdu. Betonin kutistuman seurauksena laattojen kiinnitys alustaan voi pettää, jolloin laatat irtoavat. Betonin kutistuman lisäksi muodonmuutoksia aiheuttaa varsinkin seinärakenteissa betonirakenteen **viruma** sekä maanvaraisissa lattiarakenteissa rakenteen **painuma**. Myös **lattialämmityksellä** on merkittävä vaikutus sekä betonirakenteen että laatoituksen lämpölaajenemisen aiheuttamiin muodonmuutoksiin. Betonin riittävällä kuivattamisella, varmistamalla, että betonin pinta on riittävän luja ja puhdas, käyttämällä **muodonmuutoskykyisiä kiinnitysaineita** sekä **noudattamalla tuotekohtaisia ohjeita laattojen kiinnitystyössä** (kiinnityslaastin sekoitussuhteet, paksuus sekä tuotteen avoaika) voidaan laattojen kiinnipysyvyys varmistaa.

Betonirakenne voi jatkaa kuivumista ja siten myös kutistumista vielä pitkään laatoittamisen jälkeen. Jos betonin suhteellinen kosteus on päällystyshetkellä ollut korkea, päällystämisen jälkeinen kutistuma voi siis olla niin suuri, että laatat irtoavat sen seurauksena alustastaan. Mitä kuivempi betonirakenne on ennen laatoittamista, sitä pienempi alustan kutistuma laatoittamisen jälkeen on ja sitä pienemmät ovat rakenteen muodonmuutokset.

Betonirakenteen kuivuminen 80–90 %:n suhteelliseen kosteuteen voi hyvissäkin olosuhteissa kestää rakenteen paksuudesta riippuen useita kuukausia. Rakenteen vaatima kuivumisaika ja kutistuma tulee ottaa huomioon eri suunnitteluvaiheissa, jotta kuivu-



Kuva 60. Betonirakennetta keraamisilla laatoilla päällystettäessä huomioitavat tekijät.

Taulukko 15. Laatoituksen jälkeen tapahtuva kutistuminen eri lähtökosteuksilla rakenteen kuivuessa RH 50 %:iin. Eri betonilaatujen välistä eroa selventää kuva 22. Käytännössä rakenteet kuivuvat harvoin alle 50 RH %:n kosteuspitoisuuden.

Keraamiset laatat, kuivat tilat	**Betonin RH (%) arviointisyvyydellä A**
Mahdollinen oletettu kutistuma laatoituksen jälkeen (mm/m)*	
0,45–0,65	95
0.35–0,55	90
0,3–0,4	85
0,2–0,3	80

* otettava huomioon laatoituksen joustavien saumojen määrää suunniteltaessa sekä kiinnitysjärjestelmän muodonmuutoskykyä määritettäessä (esim. kiinnityslaastia valittaessa)

miseen vaikuttaviin tekijöihin (esim. betonilaatu ja kuivumisolosuhteet) voidaan ajoissa vaikuttaa.

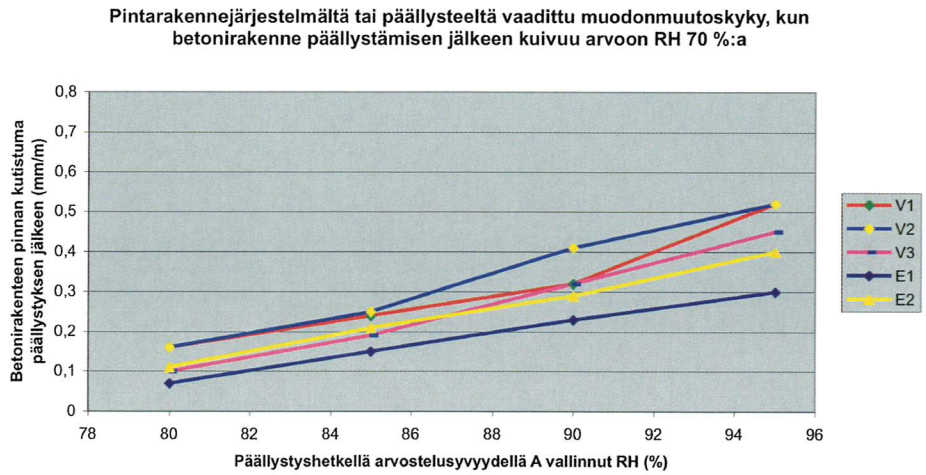
Useimmilla betonilaaduilla päällystämisen kannalta riittävä kuivuminen/kutistuminen on yleensä tapahtunut, kun betonin suhteellinen kosteus on päällystyshetkellä noin 80 %. Tällöin laatoituksen kiinnitysjärjestelmältä ei vaadita erityistä elastisuutta.

Pintarakennejärjestelmän tai päällysteen muodonmuutoskyvyn tulee aina olla suurempi kuin betonipinnan oletettu kutistuma päällystyksen jälkeen. Betonirakenteen suhteellinen kosteuspitoisuus arvostelusyvyydellä voi käyttöaikana, päällystyksen jälkeen, laskea lopulliseen arvoon, joka voi esimerkiksi olla joko RH 70, 50 tai 30 %.

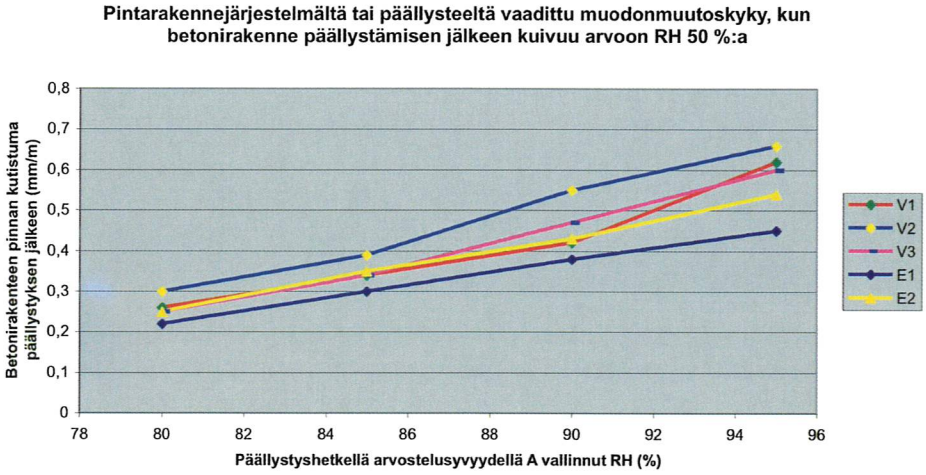
Kuvissa 61–63 on esitetty päällystyksen jälkeen eri kosteuspitoisuuksiin käyttöaikana kuivuvien, erilaisilla päällystyshetkellä arvostelusyvyydellä vallinneilla kosteuspitoisuuden arvoilla päällystettyjen betonien pinnan kutistuminen päällystyksen jälkeen. Betonien tunnistetiedot on esitetty kuvan 22 kuvatekstissä.

Korkeiden rakennusten alimmissa kerroksissa yläpuolisten rakenteiden vaikutuksesta pystysuuntainen kokonaismuodonmuutos voi olla jopa kaksinkertainen vaakasuuntaiseen nähden.

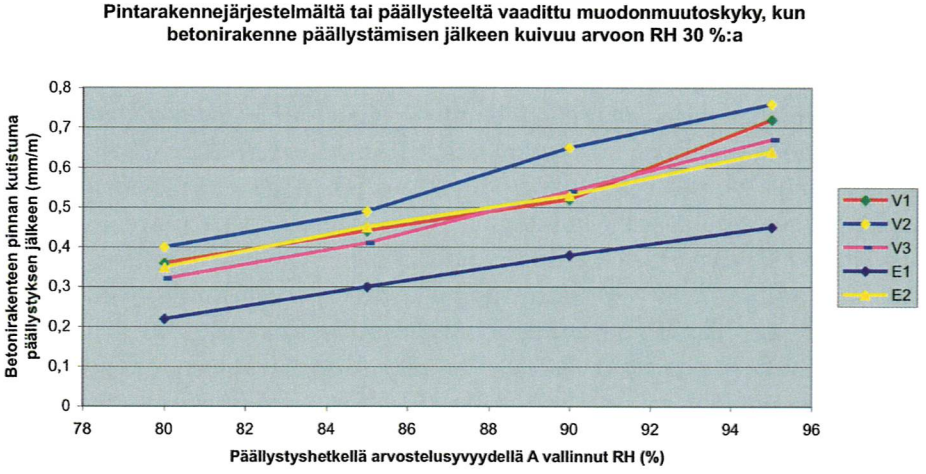
Mitä elastisempaa kiinnityslaasti on, sitä paremmin se kestää betonin muodonmuutosten aiheuttamaa rasitusta. Laastin muodonmuutoskyky voidaan määrittää standardin SFS EN 12002:2002 mukaisesti. Elastisuusluokkia on kaksi: S1 (laastin minimitaipuma $\geq$ 2,5 mutta $<$ 5 mm) sekä S2 (laastin minimitaipuma $\geq$ 5 mm). Em. taivutuskokeiden tulokset eivät täysin vastaa leikkausrasitusta, johon kiinnityslaasti joutuu betonin kutistuessa.



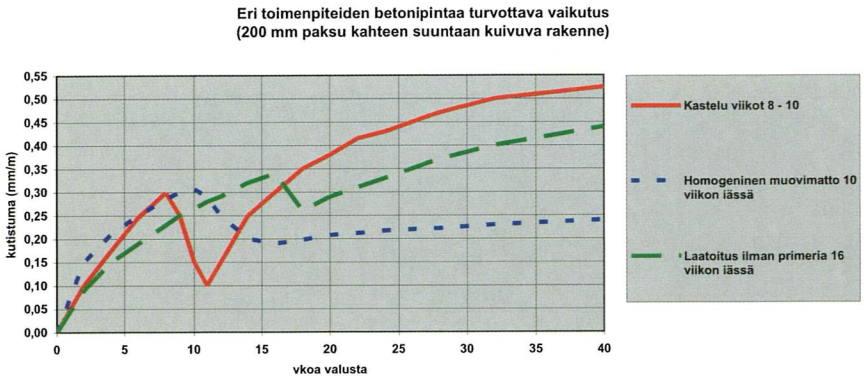
Kuva 61. Betonipinnan kutistuminen (mm/m) päällystyksen jälkeen eri betoneilla, kun betonien suhteellinen kosteuspitoisuus arvostelusyvyydellä laskee päällystyksen jälkeen arvoon RH 70 %.



Kuva 62. Betonipinnan kutistuminen (mm/m) päällystyksen jälkeen eri betoneilla, kun betonien suhteellinen kosteuspitoisuus arvostelusyvyydellä laskee päällystyksen jälkeen arvoon RH 50 %.



Kuva 63. Betonipinnan kutistuminen (mm/m) päällystyksen jälkeen eri betoneilla, kun betonien suhteellinen kosteuspitoisuus arvostelusyvyydellä laskee päällystyksen jälkeen arvoon RH 30 %.



Kuva 64. Päällystyksessä tai hieman ennen päällystystä rakenteeseen imeytyvä kosteus tai RH:n nousu palauttaa osan jo tapahtuneesta kutistumisesta. Tällöin päällystämisen jälkeinen kutistuminen saattaa olla esimerkiksi paksun tasoituksen vuoksi oleellisesti kuvista 61–63 arvioitua suurempaa.

Taulukko 16. Pintarakennejärjestelmiltä ja päällysteiltä edellytetty muodonmuutoskyky.

Keraamiset laatat, kuivat tilat	**Oletettavissa oleva kutistuminen päällystämisen jälkeen vähintään (mm/m)**
Laatoituksen ja betonin välisen kiinnitysaineen muodonmuutoskyky	
1. Erittäin hyvä *)	0,5
2. Hyvä	0,4
3. Keskinkertainen	0,3
4. Pieni	0,2

*) Vaatii aina riittävyyden erityistä suunnittelua. Suunnittelussa voidaan hyödyntää tietoa esimerkiksi siitä miten kuivaksi rakenne päällystyksen jälkeen voi kuivua. Lisäksi aina tulee huomioida se, että paksummat tasoitekerrokset turvottavat betonia, jolloin pian tasoituksen jälkeen laatoitetuilla pinnoilla jälkikutistuma saattaa olla huomattavasti syvältä mitattua RH-arvoa vastaavaa kutistumaa suurempi.

Laatoituksen ja betonin välinen muodonmuutoskyky on hyvä esim., kun käytetään pieniä saumattuja laattoja, jotka kiinnitetään muodonmuutoskykyisellä kiinnityslaastilla (S-luokitus) ja osa saumoista tehdään joustaviksi.

Laatoituksen ja betonin välinen muodonmuutoskyky on pieni, jos käytetään isoja laattoja, erittäin kapeita saumoja (2–3 mm) ja laatoitukseen sijoitettujen joustavien saumojen väli on suuri (noin 5 m).

Alustabetonissa laatoituksen jälkeen tapahtuvan kuivumiskutistuman suuruus riippuu mm. betonilaadusta ja siitä, mikä betonin suhteellinen kosteus oli laatoitushetkellä (luku 5). Betonin suhteellisen kosteuden ja kutistuman välinen korrelaatio on erilainen eri betonilaaduilla. Mitä korkeampi betonin suhteellinen kosteus päällystyshetkellä on, sitä suurempi betonirakenteen kutistuma päällystämisen jälkeen on. Useimmilla betonilaaduilla merkittävä osa betonin kuivumiskutistumasta on yleensä tapahtunut, kun betoni on kuivunut noin 80 %:n suhteelliseen kosteuteen. Aikataulusyistä betonirakenteet halutaan usein päällystää huomattavasti kosteampana (esim. 90 % RH:ssa). Myös tällöin on mahdollista päästä hyvään ja pysyvään lopputulokseen, edellyttäen että betonin pinnassa käytetään muodonmuutoskykyistä pintarakennejärjestelmää, laatoitukseen tehdään joustavia saumoja ja hyvä tartuntalujuus saavutetaan.

Muodonmuutoskykyinen pintarakennejärjestelmä koostuu esimerkiksi siveltävästä vedeneristeestä ja muodonmuutoskykyisestä kiinnityslaastista (S-luokitus). Vedeneristeen ja kiinnityslaastin on oltava yhteensopivia keskenään.

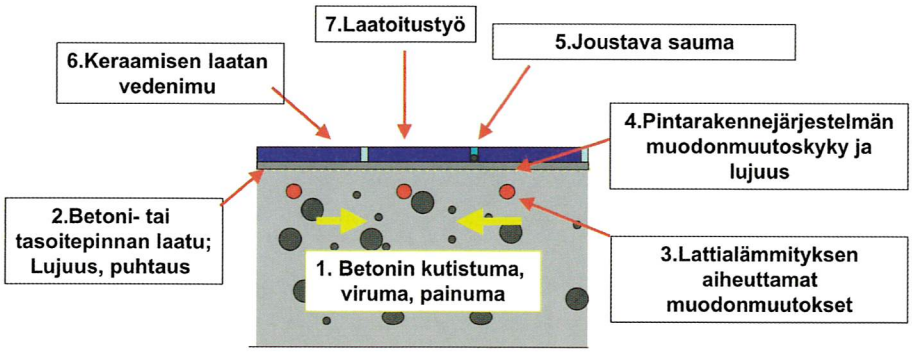
Suurilla lattia- ja seinäpinnoilla laatoitus tulee ruuduttaa joustavilla saumoilla. Saumajakoon vaikuttavat esimerkiksi laattakoko, haluttu saumakoko, laatan reunan suoruus ja lattialämmityksen aiheuttamat muodonmuutokset.

Laatoituksen joustava sauma tulee lisäksi sijoittaa:

- rakennuksen rungon liikuntasauman kohdalle. Laatalla ei saa ylittää liikuntasaumaa!
- seinän, pilareiden ja muiden pystyrakenteiden ja lattian liitoskohtiin
- elementtien välisen sauman kohdalle, jos elementtien liike-erojen oletetaan olevan huomattavan suuret
- yleensä läpivientien ympärille
- seinissä kulma- ja nurkkakohtiin
- sekä aina kohtiin, joissa on odotettavissa rakenteiden liikkeitä, halkeamia (kuten eri rakenteiden rajakohtiin tai eri tilojen välisten kynnysten kohtiin).

Joustavat saumat toimivat suunnitellusti vain, jos ne ulottuvat koko laatan paksuudelle.

9.11 Ohjeita betonirakenteen päällystämiseen keraamisilla laatoilla kuivissa tiloissa



Kuva 65. Betonirakennetta keraamisilla laatoilla kuivissa tiloissa päällystettäessä huomioitavat tekijät.

Ennen laatoitustyön aloittamista

1. Mitataan betonirakenteen suhteellinen kosteus ja siten varmistetaan, että laatta on kuivunut ja sitä kautta myös **kutistunut riittävästi käytettävien materiaalien muodonmuutoskykyyn nähden**. Betonin suhteellinen kosteus voi olla esimerkiksi 80–95 % riippuen kiinnitysaineen muodonmuutoskyvystä ja laatoitukseen tulevien joustavien saumojen määrästä.
2. Betonin pinnan tulee olla riittävän **luja** ja tasainen sekä puhdas (esim. jälkihoitoainejäämät on hiottu pois) ja pölytön. Pinnan tulee täyttää sille asetettu **vetolujuusvaatimus**, joka esimerkiksi uudisrakentamisessa betoniseinillä on **1,0 N/mm²**. Tavoitelujuus voidaan muilla pinnoilla määrittää suunnitelma-asiakirjoissa tapauskohtaisesti. Pinnassa mahdollisesti oleva heikko sementtiliimakerros hiotaan pois.
3. Alustan mahdollisessa tasoituksessa tulee käyttää tarkoitukseen soveltuvaa tasoitetta, esimerkiksi lattialämmitykseen soveltuvaa. Tasoitteen sekoitussuhteissa, kerrospaksuuksissa sekä kuivumis- ja kovettumisajoissa tulee noudattaa tasoitevalmistajan tuotekohtaisia ohjeita. Tasoitetoimittaja voi määrittää tuotteilleen tapauskohtaisesti noudatettavia päällystysraja-arvoja. Tasoitetun pinnan tulee täyttää pinnalle asetettu vetolujuusvaatimus.
4. Jos lattiassa on lattialämmitys, sitä tulee käyttää vähintään parin viikon ajan ennen laatoitustyön aloitusta, jotta lämmityksen aiheuttamat muodonmuutokset pääsevät suurimmalta osin tapahtumaan. Betonin tulee tällöin kuitenkin olla riittävän lujaa (vähintään 4 viikon ikäistä). Laatoitustyön ajaksi laatan lämpötila tulee laskea noin +18–+20 °C:seen.

Laatoitus

5. Laattajako ja saumojen paikat tulee suunnitella etukäteen.
6. Laattojen vedenimukyvyissä on eroja, mikä tulee ottaa huomioon mm. kiinnityslaastin valinnassa sekä itse laatoitustyössä.
7. Kiinnityslaastia valitessa tulee huomioida alustan kosteus/kutistuma. **Kiinnityslaastin tulee olla sitä muodonmuutoskykyisempi (S-luokitus), mitä korkeampi betonirakenteen suhteellinen kosteus on** (80–90 %).
8. Pintarakennejärjestelmän muodonmuutoskyvyn parantamiseksi kiinnityslaastin alla voidaan käyttää märkätiloihin tarkoitettua vedeneristysmassaa.
9. Kiinnityslaastin sekoitussuhteissa ja sekoituksessa tulee tarkoin noudattaa tuotekohtaisia ohjeita.
10. Alustan lämpötila, käytettävien materiaalien sekä työskentelylämpötila tulee olla vähintään +5 °C tai laastin valmistajan ohjeen mukainen.
11. Laastia levitettäessä tulee huomioita laastin **avoaika**. Avoajan ylittyminen johtaa puutteelliseen tartuntaan. Laastia ei tule levittää laajemmalle alueelle kuin mitä laastin avoajan kuluessa ehtii laatoittamaan (normaalisti noin 10 minuuttia). Ilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja veto vaikuttavat merkittävästi laastin kuivumiseen.
12. Laasti levitetään alustaan voimakkaasti painaen ja kammataan auki hammastetulla lastalla. Tartunta tarkistetaan ajoittain irrottamalla yksi laatta. Lattioissa laatan takaosan peittoasteen tulee olla vähintään 90 %. Seinälaatoissa kiinnityslaastin peittoasteen tulee olla vähintään 75 %.
13. Isojen laattojen asennuksessa suositellaan korkean peittoasteen varmistamiseksi tarvittaessa käytettävän ns. kaksoislaastikiinnitystä, jossa laasti levitetään sekä alustaan että laatan taustaan. Lattioissa voidaan käyttää isoille laatoille kehitettyjä ns. notkistettuja kiinnityslaasteja.
14. Kiinnityslaasti saa nousta enintään saumaraon puoleen väliin. Kiinnityslaastikerroksen paksuus on tavanomaisella laattakoolla (150 mm x 150 mm) yleensä noin 3 mm. Tämä varmistetaan asianmukaisella laastikammalla ja sen käytöllä. Joustavien saumojen kohdalla ei saa olla kiinnityslaastia.
15. Laattojen saumausajankohta riippuu kiinnityslaastin ominaisuuksista. Saumausta ei tule tehdä ennen kuin kiinnityslaasti on kunnolla sitoutunut. Sitoutumisajoissa on tuotekohtaisia eroja.
16. Seinälaatoituksen nurkkasaumoissa, seinän ja lattian välisessä saumassa sekä muissa liikuntasaumoissa käytetään joustavaa saumausainetta.
17. Lattialämmitys tulee kytkeä pois päältä ennen laatoitustyötä. Lattialämmitys voidaan kytkeä päälle asteittain lämpöä nostaen tuotekohtaisia ohjeita noudattaen, yleensä noin 7–14 vrk laatoituksen jälkeen.
18. Asennustyö suoritetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti.
19. Rakennuksen käyttöaikana lattialämmitystä käytettäessä rakenteille ei myöskään saa aiheuttaa haitallisen suuria lämpöliikkeitä.

9.12 Keraamiset laatat pysyvästi kosteissa rakenteissa

Keraamista laattaa voidaan käyttää päällystemateriaalina myös rakenteessa, jossa korkea kosteus on pysyvää. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi vanhojen rakennusten kellaritilojen lattiat ja seinät, joihin pääsee maaperästä kosteutta. Keraamiset laatat eivät yleensä sisällä orgaanisia aineita, mistä johtuen ne eivät ole hyvää ravintoa mikrobeille eikä niissä siten ole korkeissakaan kosteuksissa havaittu olevan terveydelle haitallisia mikrobeja. Jos rakenteen kosteustila pysyy vakaana eli rakenne ei pääse merkittävästi kuivumaan, betonissa ei myöskään tapahdu kuivumiskutistumaa. Jos maaperän kosteustuotto on suuri, kosteuden mukana rakenteen pintaan voi kulkeutua betonin al-

kalisia suoloja, jotka voivat näkyä mm. saumojen kohdalla "kalkkihärmänä". Suolan muodostumista pidetään lähinnä esteettisenä haittana, ei terveyshaittana. Laatat ja saumat voivat myös tummua kosteuden vaikutuksesta. Alustan ollessa kostea laattojen kiinnittämiseen tulee käyttää kosteutta hyvin kestävää kiinnitysainetta.

9.13 Siveltävät vedeneristeet

Siveltäviä vedeneristeitä käytetään lähinnä märkätiloissa, joihin tulee keraaminen laatta. Vedeneristeen tehtävänä on estää nestemäisen veden haitallinen tunkeutuminen kapillaarisesti tai painovoiman vaikutuksesta rakenteeseen, kun rakenteen pinta kastuu. Vedeneristeet läpäisevät kuitenkin aina jonkin verran vesihöyrymuodossa olevaa kosteutta. Eri vedeneristejärjestelmien vesihöyrynläpäisevyyksissä on suuria eroja. /18/

Markkinoilla olevat vedeneristeet eroavat toisistaan esimerkiksi käytettävän sideaineen mukaan. Materiaalivalmistajien menekkejä (kg/m^2) vedeneristeille pitää noudattaa. Tällä varmistetaan, että käytettävän vedeneristeen ohjeellinen kuivakalvovahvuus täyttyy. Vedeneristemassan lisäksi vedeneristejärjestelmään kuuluvat yleensä varsinaisen vedeneristemassan alle levitettävä pohjuste sekä erilaiset nurkkiin, liitoksiin ja lattiakaivon ympärille tarkoitettavat vahvikekappaleet.

Myös itse vedeneritystyöhön tulee kiinnittää erityistä huomiota. Riittävän ammattitaidon osoittamiseksi on märkätila-asentajilla mahdollisuus sertifioitua. Henkilösertifikaatilla varmistetaan vedeneristystyön käytännön osaaminen ottaen huomioon voimassa olevat määräykset ja ohjeet. **Henkilösertifioitu märkätila-asentaja** ylläpitää ammattitaitoaan tekemällä märkätila-asennuksia ja kouluttamalla itseään määräajoin.

Vedeneristemassat levitetään yleensä joko telalla, lastalla tai siveltimellä. Eri valmistajien aineilla ja menetelmillä on erilaisia asennustapoja. Ennen työn aloitusta tulee tarkoin perehtyä materiaalivalmistajan ohjeisiin ja asennustyössä tulee noudattaa niitä. Lähes kaikki sertifioidut vedeneristys- tai vedeneristys- ja pintarakennejärjestelmät edellyttävät, että betonialustan suhteellinen kosteus on alle 85–90 % ja että pinta on kiinteä, pölytön ja tasainen. Tarvittavat tasoitetyöt kaatojen parantamiseksi tehdään ennen vedeneristeen asentamista. Ennen varsinaisen vedeneristeen levitystä betonin pinta yleensä pohjustetaan järjestelmään kuuluvalla pohjustusaineella. Vedeneristettä levitetään yleensä vähintään kaksi kerrosta, nurkka- ym. vahvistuskappaleiden kohdalle jopa kolme. Massan levityksen aikana huoneen ja alustan lämpötila tulisi olla +15–25 °C. Jos lattiassa on lattialämmitys, tulee se kytkeä pois päältä viimeistään 2 vrk ennen vedeneristystyön aloittamista. Lattialämmitys voidaan kytkeä uudelleen päälle noin viikon kuluttua laatoituksesta nostaen lämpötilaa asteittain. Vedeneristeen kuivumista ei tule nopeuttaa lisälämmittimillä, kuten kuumailmapuhaltimilla tms.

Vaikka vedeneristeet kestävät hyvin kosteutta, alustabetonilta vaaditaan riittävää kuivumista ennen vedeneristystyön ryhtymistä. Kuivumistavoitteena on vedeneristevalmistajan määrittelemä ns. perusraja-arvo suhteellisen kosteuden enimmäisarvolle. Betonin riittävällä kuivumisella varmistetaan, että alustabetoni on kutistunut riittävästi. Vedeneristeen pintaan kiinnitetty keraaminen laatta voi irrota alustaan, jos alustan kuivumiskutistuma päällystämisen jälkeen on liian suuri. Koska vedeneriste toimii eräänlaisena "laakerina" betonipinnan ja laatan kiinnityslaastin välillä, voidaan alustabetonissa sallia suurempia kutistumia ja siten myös korkeampia kosteuksia kuin jos laatat kiinnitettäisiin suoraan betonin pintaan. Mikäli materiaalivalmistajan perusraja-arvoa ei saavuteta, voidaan vedeneristys tehdä huomioimalla tapauskohtaisesti betonissa pitkän ajan kuluessa tapahtuvan jälkikutistumisen vastaanottokyky. Ks. kuvat 61–63.

Kapillaarisella alueella oleva kosteus (RH > 97 %) voi irrottaa vedeneristeen alustabetonista. Kapillaarisen kosteuden mukana kulkeutuvat betonin suolat voivat kerääntyä vedeneristeen alle aiheuttaen mm. osmoottista painetta, joka heikentää tartuntaa. Kapillaarisen kosteuden syynä on useimmiten jokin ulkopuolinen kosteuslähde, kuten esimerkiksi putkivuoto, maaperän kosteus tai vedeneristeen vuoto.

9.14 Ohjeita betonialustan vedeneristämiseen siveltävillä vedeneristemassoilla

Ennen vedeneristystyön aloitusta

1. Mitataan betonirakenteen suhteellinen kosteus ja siten varmistetaan, että laatta on kuivunut **vedeneristeen edellyttämään suhteellisen kosteuden arvoon** (85–95 % RH). Mikäli raja-arvoa ei saavuteta, voidaan vedeneristys tehdä huomioimalla erityisesti betonin pitkän ajan kuluessa tapahtuvan jälkikutistumisen vastaanottokyky (**betonialustan liikkeitä ja -muodonmuutoksia on käsitelty tarkemmin kohdassa Alusbetonin vaikutus keraamisten laattojen kiinnipysyvyyteen**). Materiaalitoimittajat voivat myös antaa tapauskohtaisesti noudatettavia päällystysraja-arvoja.
2. Betonin pinnan tulee olla riittävän **luja** ja tasainen sekä puhdas ja pölytön. Pinnan tulee täyttää sille asetettu **vetolujuusvaatimus**, joka esimerkiksi uudisrakentamisessa betoniseinillä on **1,0 N/mm²**. Tavoitelujuus voidaan muilla pinnoilla määrittää suunnitelma-asiakirjoissa tapauskohtaisesti. Pinnassa mahdollisesti oleva heikko sementtiliimakerros hiotaan pois.
3. Tarkistetaan lattian kaadot. Suihkun kohdalla kaadon tavoitekallistus tulee olla 1:50 ja koko lattian alueella 1:100.
4. Alustan mahdollisessa tasoituksessa tulee käyttää **märkätiloihin soveltuvaa tasoitetta**. Mikäli lattiaan tulee lattialämmitys, on varmistettava, että tasoite soveltuu lämmityksen kanssa. Tasoitteen sekoitussuhteissa, kerrospaksuuksissa sekä kuivumis- ja kovettumisajoissa tulee noudattaa tasoitevalmistajan tuotekohtaisia ohjeita. Tasoitetoimittaja voi myös antaa tuotteilleen materiaalikohtaisesti noudatettavia päällystysraja-arvoja. Tasoitetun pinnan tulee täyttää pinnalle asetettu vetolujuusvaatimus.
5. Jos lattiassa on **lattialämmitys**, sitä tulee käyttää vähintään parin viikon ajan ennen laatoitustyön aloitusta, jotta lämmityksen aiheuttamat muodonmuutokset pääsevät suurimmalta osin tapahtumaan. Betonin tulee tällöin kuitenkin olla riittävän lujaa (vähintään 4 viikon ikäistä). Ennen vedeneristyksen levitystä lämpötila tulee laskea noin +18–+20 °C:seen.

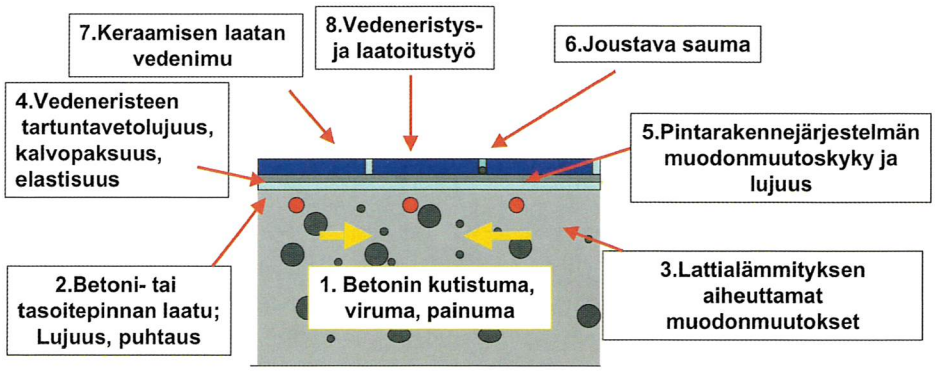
Vedeneristeitä tai koko vedeneristys- ja pintarakennejärjestelmiä sertifioidaan. Sertifioinnilla voidaan osoittaa, että tuote/pintarakennejärjestelmä on testein ja laadunvalvonnan avulla todettu soveltuvan vedeneristeeksi. **Sertifioidussa vedeneristys- ja pintarakennejärjestelmässä aineet pohjustuksesta laatoitukseen soveltuvat yhteen.** Eri valmistajien tuotteita ei tulisi sekoittaa keskenään.

Vedeneristäminen nestemäisillä vedeneristemassoilla

6. Käytetään vain sertifioituja tuotteita.
7. Noudatetaan tarkoin tuotekohtaisia ohjeita:
   - pohjustuksessa
   - kerrospaksuuksissa
   - nurkkien, kulmien ja läpivientien teossa
   - kuivumisajoissa.
8. Työntekijäksi suositellaan sertifioitua märkätila-asentajaa.

9.15 Ohjeita betonirakenteen päällystämiseen keraamisilla laatoilla märkätiloissa

Märkätiloissa, joissa keraamisten laattojen yläpintaan kohdistuu kosteusrasitus, laattojen alle tulee aina laittaa vedeneriste. Vedeneriste estää laattojen saumojen kautta



Kuva 66. Keraamisilla laatoilla päällystettävän betonirakenteen vedeneristys- ja laatoitustyössä huomioitavia tekijöitä.

laatan alle pääsevän veden kulkeutumisen alustabetonia pitkin muihin, mahdollisesti kosteusherkkiin rakenteisiin. Märkätilan lattiat ja seinät eristetään aina kauttaaltaan.

Vedeneristeen tulee olla riittävän sitkeä, jotta se kestää alustan liikkeet. **Alustan liikkeitä ja muodonmuutoksia on käsitelty perusteellisemmin kohdassa Alusbetonin vaikutus keraamisten laattojen kiinnipysyvyyteen.** Vedeneristeenä käytetään useimmiten siveltäviä vedeneristemassoja. Tarkoitukseen soveltuvaa muovimattoa voidaan myös käyttää ammattilaisen asentamana. Mikäli lattiarakenteessa halutaan rakenteellisista syistä käyttää erillistä pintalaattaa, voidaan vedeneristeenä käyttää myös bitumikermejä.

Suurilla lattia- ja seinäpinnoilla laatoitus tulee ruuduttaa joustavilla saumoilla. Saumajakoon vaikuttavat esimerkiksi laattakoko, haluttu saumakoko, laatan reunan suoruus ja lattialämmityksen aiheuttamat muodonmuutokset.

Laatoituksen joustava sauma tulee lisäksi sijoittaa:

- rakennuksen rungon liikuntasauman kohdalle
- seinän, pilareiden ja muiden pystyrakenteiden ja lattian liitoskohtiin
- elementtien välisen sauman kohdalle, jos elementtien liike-erojen oletetaan olevan huomattavan suuret
- yleensä läpivientien ympärille
- seinissä kulma- ja nurkkakohtiin
- sekä aina kohtiin, joissa on odotettavissa rakenteiden liikkeitä, halkeamia (kuten eri rakenteiden rajakohtiin tai eri tilojen välisten kynnysten kohtiin).

Joustavat saumat toimivat suunnitellusti vain, jos ne ulottuvat koko keraamisen laatan paksuudelle.

Ennen laatoitustyön aloitusta

1. Tarkistetaan lattian kaadot. Suihkun kohdalla kaadon tavoitekallistus tulee olla 1:50 ja koko lattian alueella 1:100.
2. Alustan mahdollisessa tasoituksessa tulee käyttää **märkätiloihin soveltuvaa tasoitetta**. Mikäli lattiaan tulee lattialämmitys, on varmistettava, että tasoite soveltuu lämmityksen kanssa. Tasoitteen sekoitussuhteissa, kerrospaksuuksissa sekä kuivumis- ja kovettumisajoissa tulee noudattaa tasoitevalmistajan tuotekohtaisia ohjeita. Tasoitetoimittaja voi myös antaa tuotteilleen tapauskohtaisesti noudatettavia päällystysraja-arvoja. Tasoitetun pinnan tulee täyttää pinnalle asetettu vetolujuusvaatimus.
3. Jos lattiassa on **lattialämmitys**, sitä tulee käyttää vähintään parin viikon ajan ennen laatoitustyön aloitusta, jotta lämmityksen aiheuttamat muodonmuutokset pääsevät suurimmalta osin tapahtumaan. Betonin tulee tällöin kuitenkin olla riittävän lujaa (vähintään 4 viikon ikäistä).
4. Laattajako ja saumojen paikat tulee suunnitella etukäteen.

5. Laattojen vedenimukyvyissä on eroja, mikä tulee ottaa huomioon mm. kiinnityslaastin valinnassa sekä itse laatoitustyössä.
6. Kiinnitysaineen tulee olla kosteutta kestävää ja muodonmuutoskykyistä. Käytetään vedeneristeen kanssa samaan tuoteperheeseen kuuluvia tuotteita.
7. Kiinnityslaastin sekoitussuhteissa ja sekoituksessa tulee tarkoin noudattaa tuotekohtaisia ohjeita.
8. Laastia levitettäessä tulee huomioita laastin **avoaika**. Avoajan ylittyminen johtaa puutteelliseen tartuntaan. Laastia ei tule levittää laajemmalle alueelle kuin mitä laastin avoajan kuluessa ehtii laatoittamaan (normaalisti noin 10 minuuttia). Ilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja veto vaikuttavat merkittävästi laastin kuivumiseen.
9. Laasti levitetään alustaan voimakkaasti painaen ja kammataan auki hammastetulla lastalla. Tartunta tarkistetaan irrottamalla yksi laatta. Lattialaatoissa tulee kiinnityslaastiin peittoasteen olla vähintään 90 %. Tavoitteena tule kuitenkin olla 100 %:n peittoaste, jolla ehkäistään veden kerääntyminen laattojen alle. Seinissä kiinnityslaastin peittoasteen tulee olla vähintään 75 %
10. Isojen laattojen asennuksessa tai esimerkiksi uima-altaissa voidaan korkea peittoaste varmistaa ns. kaksoislaastikiinnityksellä, jossa laasti levitetään sekä alustaan että laatan taustaan. Lattioissa voidaan käyttää isoille laatoille kehitettyjä ns. notkistettuja kiinnityslaasteja.
11. Kiinnityslaasti saa nousta enintään saumaraon puoleen väliin. Kiinnityslaastikerroksen paksuus on tavanomaisella laattakoolla (150 mm x 150 mm) yleensä noin 3 mm. Tämä varmistetaan asianmukaisella laastikammalla ja sen käytöllä. Joustavien saumojen kohdalla ei saa olla kiinnityslaastia.
12. Laattojen saumausajankohta riippuu kiinnityslaastin ominaisuuksista. Saumausta ei tule tehdä ennen kuin kiinnityslaasti on kunnolla sitoutunut. Sitoutumisajoissa on tuotekohtaisia eroja.
13. Seinälaatoituksen nurkkasaumoissa, seinän ja lattian välisessä saumassa sekä muissa liikuntasaumoissa käytetään joustavaa saumausainetta koko laatan paksuudella. Myös läpiviennit tiivistetään joustavalla sauma-aineella. Joustavan sauma-aineen tulee olla homeenestokäsiteltyä saniteettisilikonia.
14. Lattialämmitys tulee kytkeä pois päältä ennen laatoitustyötä. Lattialämmitys voidaan kytkeä päälle asteittain lämpöä nostaen aikaisintaan kun kiinnitysaineen maksimikuormituskyky on saavutettu (noudatetaan tuotekohtaisia ohjeita, yleensä noin 7–14 vrk laatoituksen jälkeen).
15. Asennustyö suoritetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti.
16. Rakennuksen käyttöaikana lattialämmitystä käytettäessä rakenteille ei myöskään saa aiheuttaa haitallisen suuria lämpöliikkeitä.

9.16 Betonilattioiden pinnoitteet

Pinnoitteet eivät ole olleet mukana BePO-tutkimuksessa. Seuraavassa esitetään alalla yleisesti käytettyjä raja-arvoja ja perusteita niille.

Teollisuusrakennusten, autohallien, kellari- ja varastotilojen betonilattioiden pintaan levitetään usein mekaanista ja kemiallista rasitusta kestäviä pinnoitteita. Joissakin tiloissa betoni pinnoitetaan vain maalilla tai pölynsidonta-aineella.

Betonilattioiden pinnoitteet voidaan jakaa koostumuksen ja ominaisuuksien mukaan seuraaviin pinnoitetyyppeihin/3/:

- pölynsidonta-aineet
- ohennettavat maalit ja lakat
- liuotteettomat maalit, lakat ja pinnoitteet
- itsesiliävät massapinnoitteet
- hierrettävät massapinnoitteet
- sementtipolymeerimassat.

Pinnoitukset ovat useimmiten vähintään kahden eri tuotteen yhdistelmiä, ensin tehdään pohjustuskäsittely ja sen päälle varsinainen pinnoitus. Pohjustuksen tarkoituksena on sulkea alustan pintahuokoset ja parantaa pinnoitteen tartuntaa.

Yleisimpiä pinnoitemateriaaleja ovat epoksit, polyuretaanit ja akryylit. Esimerkiksi **epoksituotteet** voidaan jakaa liuotteen mukaan vesiohenteisiin, liuotinohenteisiin ja liuotteettomiin. Vesiohenteisia epokseja valmistetaan lakkoina, maaleina, itsesiliävinä massoina ja hierrettävinä massoina. Luonteenomaista näille vesiohenteisille pinnoitteille on niiden vesihöyrynläpäisevyys eli ne sallivat betonialustassa mahdollisesti olevan kosteuden siirtymisen diffuusiolla pinnoitteen läpi. Tällöin pinnoitteen irtoamisen voi aiheuttaa betonin liiallinen kutistuminen. Ks. kutistumisen huomioiminen kappaleessa 9.10.

Liuotinohenteisia epoksilakkoja käytetään lähinnä pohjustuslakkoina ja hierrettävien epoksipinnoitteiden pintalakkana. Pohjustuslakat tarttuvat hyvin betonipintaan ja muodostavat tiiviin kalvon. Useimmat tuotteet edellyttävät, että **betonin pinnan tulee olla kuiva**. Kostean betonin pohjusteet tarttuvat hyvin kosteaankin betoniin, mutta sulkevat samalla kosteuden betonirakenteeseen, mikä voi aiheuttaa myöhemmin ongelmia.

Epoksipinnoitteet kestävät yleensä hyvin betonin kosteutta. Betonin suhteellinen kosteus ei kuitenkaan saa olla yli 97 % eli kosteus ei saa olla kapillaarisella alueella. Kapillaarinen kosteus voi aiheuttaa pinnoitteen alle osmoottisen paineen, joka johtaa pinnoitteen kuplimiseen ja hilseilyyn. Osmoottisen paineen aiheuttama pinnoitteiden kupliminen on tyypillistä maanvastaisissa lattiarakenteissa, joissa maaperästä nousee kapillaarisesti kosteutta.

Polyuretaanit ovat elastisia, iskunkestäviä ja ne muodostavat kulutusta kestävän, vesitiiviin pinnan, joka kestää hyvin kemikaaleja, öljyjä ja polttoaineita. Perinteiset polyuretaanipinnoitteet ovat herkkiä kosteudelle. Ne edellyttävät että alustabetonin suhteellinen kosteus on alle **90** %. Liiallinen kosteus voi aiheuttaa osmoottisen paineen pinnoitteen alle, josta voi seurata pinnoitteen kupliminen. Sementtipolymeeripinnoitteet puolestaan edellyttävät, että betonin pinnan tulee olla kostea pinnoitustyöhön ryhdyttäessä /3/.

Akryylilattioita tehdään pääsääntöisesti hierrettävinä massoina. Akryylihartsi voidaan pigmentoida ja sitä käytetään tällöin joko telattuna ohuena pinnoitteena tai hieman kiviaineksella täytettynä itsesiliävänä massana.

Akryyli kovettuu nopeasti ja sitä voidaan levittää alhaisissa lämpötiloissa. Pinnassa ei kuitenkaan saa olla tiivistynyttä kosteutta. Alustabetonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvo on 97 %./3/

Useimmille pinnoitteille riittää, että pinnoitushetkellä betonirakenteen pinnat ovat kuivat eikä betonin kosteus ole kapillaarisella alueella. Jotkut pinnoitteet kestävät myös kapillaarista kosteutta (RH > 97 %).

10 Ilman kosteuden vaikutus päällystemateriaaleihin

Betonirakennetta ympäröivän sisäilman kosteus vaikuttaa merkittävästi erityisesti puuperäisien päällystemateriaalien muodonmuutokseen. Ilman suhteellisen kosteuden noustessa puu turpoaa ja ilman suhteellisen kosteuden laskiessa puu kutistuu.

Ilma koostuu pääosin typestä ja hapesta. Näiden kaasujen lisäksi ilmassa on pieniä määriä muita kaasuja, joista yksi on vesihöyry. Vesihöyryä, kuten muitakaan kaasuja, emme havaitse silmin. Ilman kosteussisältö voidaan ilmaista vesihöyryn osapaineena (N/m^2, Pa), vesihöyrymääränä (g/m^3) ja suhteellisena kosteutena (RH %).

Tietyn lämpöinen ilma voi sisältää enimmillään vain tietyn maksimimäärän vesihöyryä. Tätä vesihöyrymäärää kutsutaan *kyllästyskosteudeksi* (C_{kyl}). Mitä lämpöisempää ilma on, sitä suurempi sen kyllästyskosteus on eli sitä enemmän se voi sisältää kosteutta. Ilma ei kuitenkaan aina sisällä maksimimäärää vesihöyryä, mitä siinä pystyy olemaan. Normaalisti ilmassa on vähemmän vesihöyryä (C) kuin mitä sen kyllästyskosteus (C_{kyl}) on. Tätä vesihöyrymäärää kutsutaan ilman absoluuttiseksi kosteudeksi C [g/m^3].

Ilman suhteellinen kosteus, *relative humidity* RH, ilmaisee paljonko ilmassa on vesihöyryä suhteessa siihen, paljonko ilmassa voi enimmillään olla vesihöyryä tietyssä lämpötilassa.

$$RH = (C/C_{kyl}) \times 100\ \%$$

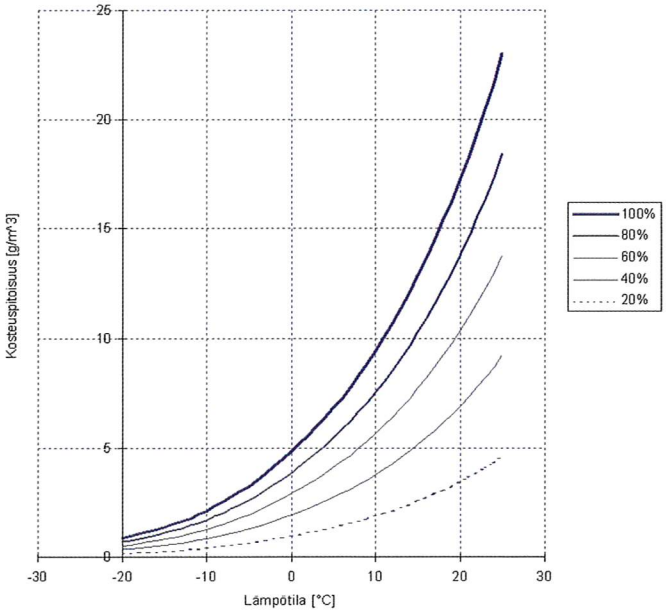
Esimerkiksi jos ilma sisältää kosteutta eli sen absoluuttinen kosteus C on noin 8,7 g/m^3 ja ilman lämpötila on +20 °C, ilman suhteellinen kosteus on noin 50 %, sillä +20 °C:n lämpötilassa ilman kyllästyskosteus C_{kyl} on noin 17,3 g/m^3 ja täten (8,7/17,3) x 100 % on noin 50 %. Kun ilman kosteussisältö (vesihöyrymäärä) on sama kuin kyllästyskosteus ($C = C_{kyl}$), suhteellinen kosteus on 100 %. Välittömästi vapaan veden yläpuolella, maaperässä ja sumuisessa ilmassa suhteellinen kosteus on 100 %.

Jos ilman vesihöyrymäärä C pysyy samana, mutta lämpötila muuttuu, ilman suhteellinen kosteus muuttuu. Lämpötilan noustessa suhteellinen kosteus laskee, ja lämpötilan laskiessa suhteellinen kosteus nousee. **Suhteellinen kosteus on lämpötilariippuvainen.**

Ilman vesihöyry voi tiivistyä vedeksi eli kondensoitua rakenteiden kylmille pinnoille, jos vesihöyryn kyllästyskosteus ylittyy eli jos pinnan lämpötila on alhaisempi kuin vallitsevan ilman vesihöyrymäärää vastaava kyllästymislämpötila (kastepistelämpötila).

Talviaikaan Suomessa ulkoilman suhteellinen kosteus on korkea (keskimäärin noin 80–90 %), mutta vesihöyrymäärä on alhainen (noin 2 g/m^3) johtuen ilman alhaisesta lämpötilasta. Kun tätä ilmaa siirtyy ilmanvaihdon vaikutuksesta lämpöiseen sisätilaan, ilman suhteellinen kosteus laskee sitä enemmän mitä lämpimämpää sisäilma on. Talviaikaan sisäilman suhteellinen kosteus voi olla hyvinkin alhainen (20–30 %), kylminä pakkasjaksoina jopa alle 10 %.

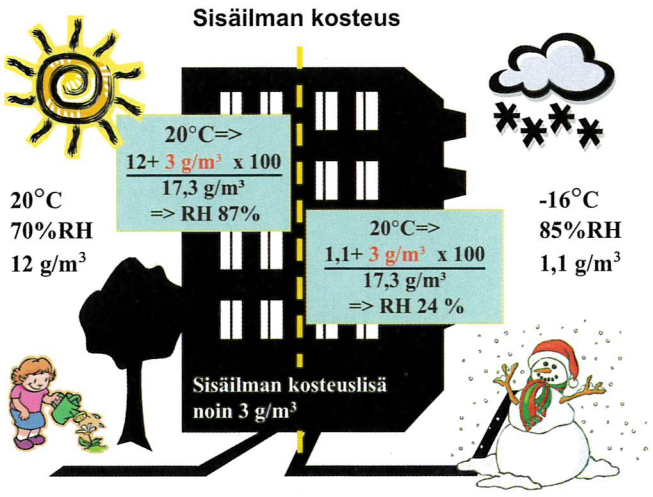
Kesäaikaan ulkoilman vesihöyrymäärä on suuri (keskimäärin noin 10 g/m^3). Kun tämä ilma tulee huonetilaan ja mukaan lisätään vielä rakennuksen käytönaikainen kosteustuotto eli ihmisistä, kasveista, ruuanlaitosta, ym. vedenkäytöstä tuleva kosteus (noin 3 g/m^3), sisäilman suhteellinen kosteus voi nousta hyvinkin korkeaksi. Kesäaikaan



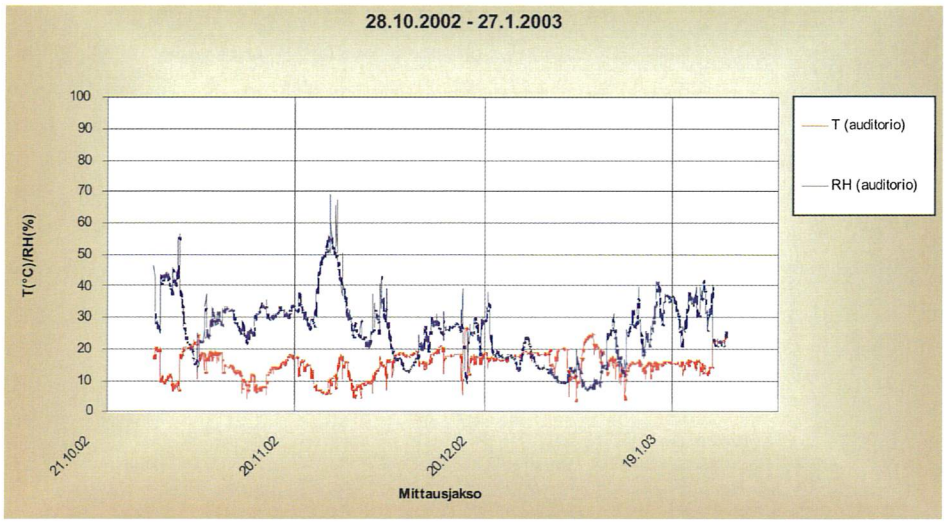
Kuva 67. Ilma voi sisältää tietyssä lämpötilassa maksimimäärän vesihöyryä [g/m³]. Tätä vesihöyrymäärä kutsutaan kyllästyskosteudeksi. Kun ilmassa on kyllästyskosteuden verran vesihöyryä, ilman suhteellinen kosteus on 100 %. Jos ilman vesihöyrysisältö pienenee, mutta lämpötila pysyy samana, ilman suhteellinen kosteus laskee.

normaalilämpöisen huonetilan suhteellinen kosteus voi olla jopa 70–80 % ja kylmemmissä tiloissa vielä tätäkin korkeampi.

Sisäilman suhteellinen kosteus vaihtelee merkittävästi eri vuodenaikoina. Tämä suuri kosteusvaihtelu vaikuttaa myös päällystemateriaaleihin. Sisäilman kosteuden noustessa huokoinen materiaali, kuten esimerkiksi puu, imee ilmasta kosteutta itseensä, minkä seurauksena puun kosteussisältö kasvaa ja puu turpoaa. Kuivana aikana puusta puolestaan haihtuu kosteutta ja puu kutistuu. Kosteuden aiheuttamat muodonmuutokset näkyvät mm. parkettilattioissa talvella rakoiluna, kesäaikaan raot pääsääntöisesti menevät umpeen. Jos sisäilman kosteus nousee hyvin korkeaksi, esimerkiksi liimattu mosaiikkiparketti voi turvota niin paljon, että se irtoaa alustastaan. Kelluvissa lautaparkettilattioissa ja laminaattilattioissa, joissa päällystemateriaalin alla on vesihöyrynliikettä hidastava materiaali, päällystemateriaalin kosteus johtuu lähinnä sisäilman kosteudesta.



Kuva 68. Vaikka ulkoilman suhteellinen kosteus talvella on korkea, sisäilman suhteellinen kosteus voi olla hyvin alhainen. Kesällä sisäilman suhteellinen kosteus voi nousta hyvinkin korkeaksi johtuen ulkoilman kosteussisällöstä sekä sisäilman kosteuslisästä, joka normaalissa asuinhuoneessa on keskimäärin 3 g/m³. Ilman lämpötilan ollessa 20 °C sen kyllästyskosteuspitoisuus on 17,3 g/m³.



Kuva 69. Talviaikaan sisäilman suhteellinen kosteus (RH %) voi olla hyvin alhainen. Kuvassa rakenteilla olevan auditorion sisäilman suhteellinen kosteus (RH) ja lämpötila (T) 28.10.2002–27.1.2003.

11 Lämpötilan vaikutus päällystetyssä betonilattiarakenteessa

Lämpötilalla on merkittävä vaikutus betonirakenteiden kosteustekniseen käyttäytymiseen sekä ennen päällystämistä että päällystämisen jälkeen. Lämpötila vaikuttaa mm. betonin kuivumisnopeuteen sekä päällystyshetkellä kiinnitysaineiden ja päällysteiden ominaisuuksiin. Päällystysmateriaaleilla on materiaalikohtaiset asennusajankohdan suosituslämpötilat, joita tulee noudattaa. Lämpötila vaikuttaa mm. muovimaton jäykkyyteen. Liian kylmässä asennettavaa mattoa on vaikea saada taipumaan halutulla tavalla ja kiinnittyminen liimaukseen voi jäädä puutteelliseksi. Asennus liian kylmässä on mm. muovimattolattioiden yksi yleisimmistä työvirheistä. Useimmilla päällystemateriaaleilla asennusaikaiset suosituslämpötilat ovat 18–24 °C. Pinnoitteilla levityshetken minimilämpötila on puolestaan useimmissa tapauksissa +5 °C. Lämpötila vaikuttaa mm. pinnoitteiden kovettumisreaktioon. Lämpötilan nousu asennuksen jälkeen voi puolestaan johtaa kosteuden voimakkaaseen nousuun päällysteen alla.

Päällystetyssä betonilattiassa lämpötila vaikuttaa kosteuden liikkumiseen, betonin ja päällystemateriaalin lämpöliikkeisiin sekä erilaisiin kemiallisiin reaktioihin. Lämpötilan nousu esimerkiksi kiihdyttää emissioita aiheuttavia kemiallisia hajoamisreaktioita.

Lämpötilan nousu kiihdyttää myös kosteuden siirtymistä betonissa. Betonin lämpötilan noustessa osa betonin huokosten pintaan kiinnittyneistä vesimolekyyleistä höyrystyy huokosen ilmatilaan, jolloin huokosen ilmatilan vesihöyryn määrä ja siten myös vesihöyrynosapaine kasvaa. Tämä paineen nousu saa aikaan vesihöyryn liikkeen siten, että vesihöyry pyrkii siirtymään tilaan, missä on alhaisempi vesihöyrynosapaine. Mitä korkeampi lämpötila on, sitä suuremmaksi paine kasvaa. Jos vesihöyry törmää matkalla itseään kylmempään materiaaliin, esimerkiksi lattiapäällysteeseen, vesihöyry voi tiivistyä vedeksi päällysteen alapintaan. Tiivistymisriski on sitä suurempi, mitä tiiviimpi päällystemateriaali on.

Vaikka betonirakenteen suhteellinen kosteus on päällystyshetkellä alle kriittisen arvon, mutta lämpötila on alhainen, esimerkiksi vain +10 °C, rakenteen lämpötilan noustessa myöhemmin betonin suhteellinen kosteus voi päällysteen alla nousta yli kriittisen arvon. Päällystettävyyskosteusmittaus tuleekin aina tehdä siinä lämpötilassa, missä rakenne tulee käytönaikana olemaan.

Betonilattian lämpötila päällystämisen jälkeen voi nousta merkittävästi mm. **lattialämmityksen** vaikutuksesta. Asuinhuoneissa lattialämmitetyn lattian pintalämpötila on yleensä +25–+27 °C. Päällystemateriaalin lämmönjohtavuus vaikuttaa siihen, mikä lämpötila betonissa tulee olla, jotta tavoiteltu pintalämpötila saavutetaan. Esimerkiksi, jos päällystemateriaalina on suuren lämmönvastuksen omaava parketti, suorassa lattialämmityksessä betonilaatan lämpötilan tulee olla 2–4 °C ja varaavassa lattialämmityksessä jopa 4–7 °C korkeampi kuin parketin pintalämpötila. Jos parketin alusmateriaalina on vesihöyryä huonosti läpäisevä materiaali, esimerkiksi polyeteenikalvo, lattialämmityksen liikkeelle paneva vesihöyry voi tiivistyä tiiviin kalvon alapintaan. Myös tiiviin muovimaton alla suhteellinen kosteus voi lattialämmityksen vaikutuksesta nousta kriittisen korkeaksi, vaikka päällystyshetkellä kosteuden olisikin todettu olevan riittävän alhainen /32/.

Lattialämmitetyissä lattioissa suhteellisen kosteuden päällysteen alla on todettu nousevan nopeammin maksimitasoonsa kuin lämmittämättömissä lattioissa. Mitä korkeampi laatan lämpötila päällystämisen jälkeen on, sitä korkeammaksi päällysteen alapuolinen suhteellinen kosteus nousee. Tutkimuksissa on havaittu, että jos kahden eri betonilaatan suhteellinen kosteus arvostelusyvyydellä on ennen tiiviillä muovimatolla päällystystä sama (87 %), nousee kosteus muovimaton alla päällystämisen jälkeen nopeammin ja vähän korkeammalle laatassa, jossa on lattialämmitys. Tämä johtuu laatan korkeamman lämpötilan aiheuttamasta suuremmasta kosteuspotentiaalista/32/. Lämmitetyn laatan kosteusteknisen käyttäytymisen kannalta kriittinen vaihe on muutaman viikon ajanjakso päällystämisen jälkeen, jolloin päällysteen suhteellinen kosteus voi nousta korkeaksi, jos laattaa lämmitetään voimakkaasti. Tästä syystä välittömästi päällystämisen jälkeen laatan lämpötilaa ei tulisi nostaa kovin korkeaksi, erityisesti jos laatta on päällystetty vesihöyryntiiviillä materiaalilla.

Lattialämmitystä on hyvä käyttää ennen lattioiden päällystämistä. Betonivalun annetaan kuitenkin kovettua riittävästi ennen lämmön kytkemistä, yleensä vähintään kolme viikkoa. Tämä jälkeen vesikiertoisessa lattialämmityksessä menoveden lämpötilaksi säädetään noin +20 °C, jota pidetään päällä muutama päivä. Tämän jälkeen lämpötilaa nostetaan pikku hiljaa, noin 2–4 °C kerrallaan muutaman viikon aikana, kunnes päästään normaaliin käyttölämpötilaan. Sähköisessä lattialämmityksessä lämpötilaa nostetaan noin 5 °C/päivä /33/.

Lattialämmitys nopeuttaa jonkin verran betonirakenteen kuivumista. Kuivuminen ei kuitenkaan ole tasaista. Kaapelien läheisyydessä betonin suhteellinen kosteus voi olla jopa 5 prosenttiyksikköä alhaisempi kuin kaapelien välissä /32/. Ennen päällystämistä betonin kosteus tulee mitata lämmityskaapelien välistä, mahdollisimman kaukaa kaapeleista. Mittaus tulisi tehdä siinä lämpötilassa, jossa rakenne on käytönaikana. Mittauspisteet on hyvä merkitä jo valuaikana, ettei mittausreiän teko vaurioita kaapeleita. Lattialämmityksen tapauksessa mittaustarkkuuteen tulee aina kiinnittää erityistä huomiota. Kaapelit voidaan myös paikantaa lämpökameran avulla. Päällystystyön aikana lattian lämpötilan tulee olla päällystysmateriaalin edellyttämällä tasolla, yleensä noin +20 °C.

Lämpötilaerot laatan ylä- ja alapuolella voivat aiheuttaa suhteellisen kosteuden nousua ja jopa kosteuden tiivistymistä tiiviin päällysteen alle, jos laatan alapuolella on korkeampi kosteus kuin yläpuolella. Lämpötilaero voi aiheuttaa kosteuden tiivistymistä parketin ja laminaatin alusmateriaalina käytetyn solumuovin ja muovin väliin, jos muovi on rakenteen kylmemmällä puolella. Myös kerroksellisissa välipohjissa, kuten esimerkiksi kelluvissa lattioissa, lämpötilaero voi aiheuttaa kosteuden tiivistymistä askeläänieristeen yläpinnassa mahdollisesti olevan muovin alapintaan.

Maanvastaisissa lattioissa maaperän lämpötilalla on merkittävä vaikutus rakenteen kosteustekniseen toimintaan. Maaperässä suhteellinen kosteus on lähes aina 100 %. Mitä lämpimämpi maa on, sitä suurempi on sen vesihöyrypitoisuus ja sitä herkemmin kosteus pyrkii siirtymään laatan läpi huonetilaan päin. Maaperästä huonetilaan päin tapahtuvaa kosteusvirtaa voidaan pienentää varmistamalla että betonilaatan ja maaperän välillä on riittävän suuri lämpötilaero siten, että maaperä on viileämpi. Lämpötilaero saadaan aikaan laatan alla olevalla lämmöneristekerroksella. Lämmittämättömissä laatoissa eristekerrokseksi suositellaan esimerkiksi 100 mm:n umpisoluista polystyreenilevyä tai vastaavaa. Lattialämmitetyille alapohjille vaaditaan suurempaa lämmöneristävyyttä (150–250 mm) /32/. Puutteellisen eristävyyden vuoksi maaperä voi lämmitä ja ongelmia voi syntyä varsinkin, jos lattialämmitys on välillä pitkiä aikoja pois käytöstä. Tällöin maaperän lämpötila voi olla korkeampi kuin rakenteen tai huoneilman lämpötila, jolloin kosteusvirta maaperästä huonetilaan päin kasvaa voimakkaasti.

12 Betonirakenteen kosteusmittaus ennen päällystämistä

Betonirakenteen riittävä kuivuminen ennen päällystämistä tai pinnoittamista voidaan määrittää vain mittaamalla betonirakenteen kosteus. Koska päällystemateriaalin kriittinen kosteus ilmoitetaan suhteellisena kosteutena RH (%), tulee myös betonista mitata nimenomaan **suhteellinen kosteus**. Betonin suhteellisella kosteudella tarkoitetaan betonin huokosen ilmatilan suhteellista kosteutta. Betonin suhteellinen kosteus voidaan määrittää mittaamalla betoniin poratun reiän suhteellinen kosteus tai betonista otettujen näytepalojen suhteellinen kosteus koeputkessa.

12.1 Mittauskalusto ja -menetelmät

Kun kosteusmittaustulokseksi halutaan suhteellisen kosteuden arvo (RH %), mittaus tulee tehdä suhteellisen kosteuden mittalaitteella. Mittausmenetelmä, jossa kosteuslukema saadaan ensin painoprosenttina ja muutetaan taulukoiden avulla suhteellisen kosteuden arvoksi, johtaa helposti virheelliseen tulokseen eikä anna luotettavaa kuvaa betonin kosteudesta. Tällaisia menetelmiä ovat mm. karbidimittari, pintakosteudenosoittimet ja erilaiset vastusmittarit.

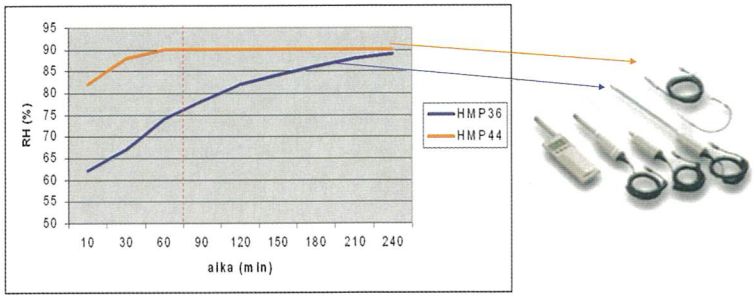
Helppokäyttöisillä **pintakosteudenosoittimilla ei tule määrittää betonirakenteen päällystettävyyttä uudisrakentamisessa**. Ensinnäkin ne havainnoivat vain rakenteen pintaosien (1–2 cm) kosteutta, mikä päällystettävyyden kannalta ei ole riittävä. Toiseksi, ne eivät mittaa suhteellista kosteutta. Lisäksi niiden toiminta perustuu mitattavan materiaalin sähkönjohtavuuden havainnointiin. Mitä kosteampi materiaali on, sitä suurempi on sen sähkönjohtavuus, mutta esimerkiksi myös betonin sementtimäärä vaikuttaa sähkönjohtavuuteen (mitä enemmän sementtiä, sitä parempi sähkönjohtavuus ja siten sitä korkeampia lukemia pintamittari antaa). Pintakosteudenosoittimia voidaan kuitenkin käyttää rakenteissa mahdollisesti olevien kosteampien kohtien kartoittamiseen sekä määritettäessä rakenteen pinnoitettavuutta, kun tulokseksi riittää tieto siitä, onko rakenteen pinta kuiva.

Aiemmin lattiapäällystyspuolella yleisesti käytetty **karbidimittari ei myöskään mittaa suhteellista kosteutta**. Karbidimittari ilmoittaa betoninäytteen kosteuden ja kaliumkarbidijauheen reaktiotuotteena syntyneen kaasun paineen, joka taulukon avulla muutetaan betonin painoprosenttikosteudeksi ja siitä edelleen toisen taulukon kautta suhteelliseksi kosteudeksi. Kosteusarvojen muuttamien painoprosenttikosteudesta suhteelliseksi kosteudeksi voi johtaa hyvinkin suureen mittausvirheeseen (ks. kuva 9). Lisäksi karbidimittauksessa betoninäyte on yleensä otettu vain noin 2 cm:n syvyydeltä, mikä poikkeaa merkittävästi nykysuositusten mukaisesta mittaussyvyydestä.

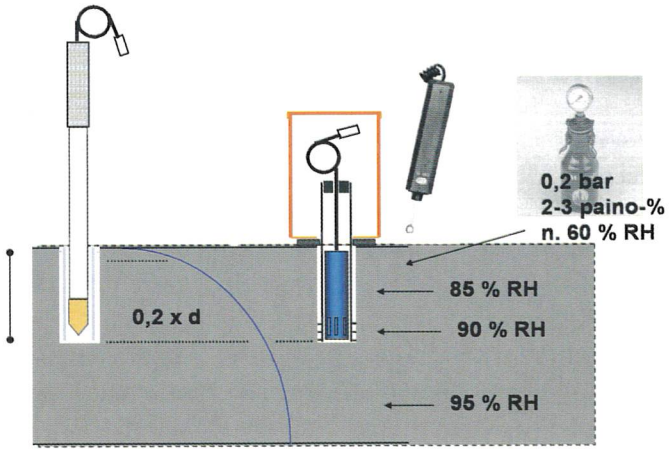
Koska betonirakenteen päällystettävyyttä arvioitaessa on oleellista tietää betonin suhteellinen kosteus, kosteusmittaus tulee tehdä mittalaitteella, joka suoraan mittaa suhteellista kosteutta. Rakennustyömaalle soveltuvat suhteellisen kosteuden mittalaitteet koostuvat yleensä mitta-anturista ja näyttölaitteesta. Kuivumisolosuhteiden seurantaa voidaan tehdä samoilla mittalaitteilla kuin rakennekosteusmittauksia. Anturityyppejä on useita erilaisia kuten kapasitiiviset anturit, elekrolyytin sähkönjohtavuuteen perustuvat anturit sekä kastepisteanturit. Ensiarvoisen tärkeää on, että mittalaite

on tarkoitukseen soveltuva, kalibroitu ja että mittaajalla on hyvät tiedot mittalaitteen toimintaperiaatteista, mittaustyön suorittamisesta sekä mittaustulokseen vaikuttavista tekijöistä.

Rakennekosteusmittaukset tehdään joko rakenteisiin **poratuista rei'istä** tai ottamalla rakenteesta **materiaalinäyte, jonka suhteellinen kosteus mitataan koeputkessa**.



Kuva 70. Eri mittapäiden tasaantumisajoissa voi olla suuria eroja. Myös materiaali vaikuttaa tasaantumisaikaan. Betonin kosteutta mitattaessa tasaantumisajat ovat huomattavan pitkät, nopeimmillakin mittapäillä yleensä vähintään 1 tunti.



Kuva 71. Kosteusmittausmenetelmä ja siitä johtuva mittaussyvyys vaikuttavat merkittävästi kosteusmittaustulokseen. Karbidimittauksella tai pintakosteudenosoittimilla tehdyssä tarkastelussa kosteusarvot määritetään yleensä rakenteen pintaosista. Lisäksi kyseiset mittalaitteet eivät mittaa suhteellista kosteutta, mikä päällystettävyyden kannalta on oleellinen. Koska päällystemateriaalin kriittinen kosteus ilmoitetaan suhteellisena kosteutena RH (%), tulee myös betonista mitata nimenomaan suhteellinen kosteus.

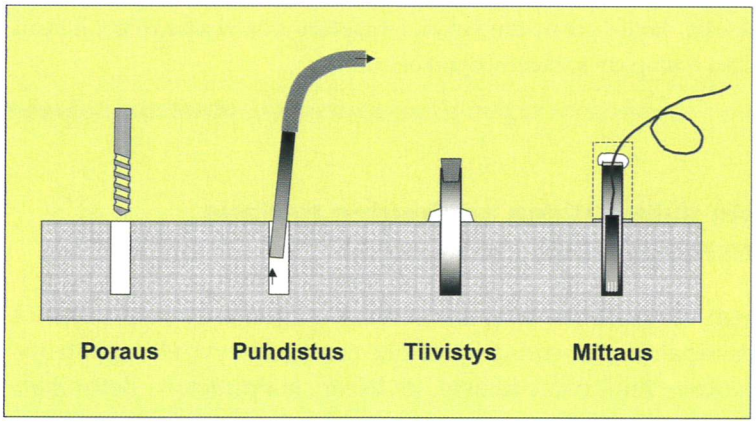
12.2 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus porareiästä

Betonin suhteellisen kosteuden mittaus porareiästä on yleisin menetelmä määrittää betonirakenteen kosteus. Suhteellisen kosteuden mittaus edellyttää mittaajalta ammattitaitoa (esim. sertifioitu kosteudenmittaaja) ja erityistä huolellisuutta. Mittaukseen liittyy useita epävarmuustekijöitä, jotka mittauksessa sekä tulosten tulkinnassa tulee ottaa huomioon. Mittauksen luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm.:

- porareiän syvyys, puhdistus, tiivistys ja tasaantuminen
- mittalaitteen kalibrointi ja muu kunto
- mittalaitteen tasaantumisaika porareiässä
- ympäröivän ilman lämpötila ja sen vaihtelut mittauksen aikana
- betonin lämpötila ja sen vaihtelu mittauksen aikana.

Lämpötila vaikuttaa merkittävästi betonin suhteellisen kosteuden mittaukseen. Jo 1 °C:n lämpötilaero mittapään ja mitattavan materiaalin väillä voi aiheuttaa jopa 5 prosenttiyksikön virheen mittaustuloksessa. Porareikämittausta tehdessä rakenteen läm-

pötilan tulee olla lähellä rakenteen tulevaa käyttölämpötilaa (yleensä noin +20 °C). Jos lämpötila mittauksen aikana poikkeaa edellä mainitusta yli 5 °C (alle +15 °C tai yli +25 °C), porareikämittausta ei suositella tehtävän. Tällöin mittaus voidaan kuitenkin tehdä näytepalamenetelmällä.



Kuva 72. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen rakenteeseen poratusta reiästä. (Lähde: by 47 betonirakentamisen laatuohjeet 2007).

Betonin suhteellisen kosteuden mittaus porareikämenetelmällä, kun betonin T: +15–+25 °C

1. Mittapiste valitaan ottaen huomioon rakenneratkaisu, betonilaatu, päällystemateriaali, olosuhteet.
2. Tarkistetaan betonin ja huonetilan lämpötila. Porareikämittauksessa betonin lämpötilan tulisi olla lähellä rakenteen käyttölämpötilaa (yleensä noin +20 °C). Jos lämpötila poikkeaa edellä mainitusta yli 5 °C, mittaus tulee tehdä näytepalamenetelmällä.
3. Varmistetaan, että olosuhteet mittauspisteen ympärillä pysyvät mittauksen aikana vakaana (porauksesta lukemienottoon). Yläpuolisen ilman ja rakenteessa olevan mittapään lämpötilanäyttämien ero ei saa olla yli 2 °C.
4. Varmistetaan, ettei mittauspisteen kohdalla ole sähkö- tai vesiputkia (esim. lattialämmityskaapeleita).
5. Selvitetään rakenneratkaisu (paksuus, kerroksellisuus) ja määritetään mittaussyvyydet.
6. Porataan reiät kuivamenetelmällä: kaksi rinnakkaista reikää arviointisyvyydelle ja lisäksi yksi reikä lähemmäs pintaa 1–3 cm:n syvyydelle.
7. Puhdistetaan reiät huolellisesti porauspölystä imurilla reikään mahtuvalla suuttimella.
8. Tiivistetään reiät sivuilta reiän pohjaan ulottuvalla putkella, joka on sivuiltaan umpinainen. Puhdistetaan putki imuroimalla se putkeen mahtuvalla suuttimella. Tiivistetään putken ja betonin rajakohta kitillä ja putken yläpää kitillä tai tulpalla.
9. Suojataan mittauspiste lämpötilavaihteluilta ja muilta häiriöiltä.
10. Annetaan reikien tasaantua vähintään 3 vuorokautta.
11. Varmistetaan, että mittapäät ovat kunnossa ja kalibroitu.
12. Annetaan mittapäiden tasaantua mittauspistettä ympäröiviin olosuhteisiin ennen reikään asennusta.
13. Asennetaan mittapäät reikiin nopeasti ja tiivistetään mittapään ja putken väli huolellisesti. Vaihtoehtoisesti mittapäät on voitu asentaa jo porausten yhteydessä, jolloin niiden tasaantumisaika on 3 vrk.
14. Annetaan mittapään tasaantua mittausreiässä riittävän pitkä aika. Tasaantumisaika riippuu mm. mittapäätyypistä ja betonilaadusta. Betonimittauksissa nopeimmatkin mittapäät vaativat vähintään tunnin tasaantumisajan. Esim. Vaisala HMP44 vaatii tunnin tasaantumisajan ja Vaisala HMP36, HMP46 neljän (4) tunnin tasaantumisajan. Betonimittauksessa alle tunnin tasaantumisaika ei ole riittävä millään mittapäällä, koska vaadittava lisäys kosteusarvoon ei ole vakio.

15. Kiinnitetään mittapää näyttölaitteeseen, luetaan RH ja T sekä kirjataan arvot, mittapäännumero, mittauspisteen sijainti ja mittaussyvyys. Mitataan myös huoneilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ja kirjataan myös nämä arvot.
16. Mittauksesta tehdään raportti, josta ilmenevät tulosten ja johtopäätösten lisäksi, kuka mittauksen on tehnyt sekä milloin ja miten mittaus on tehty (tarkka menetelmäkuvaus mittauksesta, kuten porausajankohta, mittapään asennusajankohta, lukemienottoajankohta sekä mittapään kalibrointiajankohta).

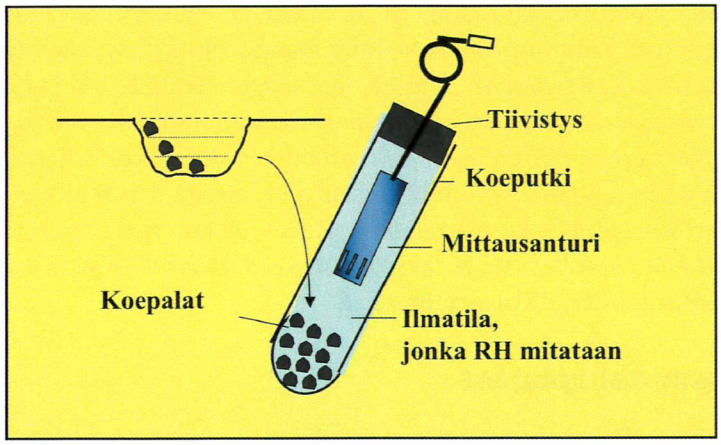
12.3 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus näytepalamenetelmällä

Betonirakenteen suhteellinen kosteus voidaan mitata betonista otetusta näytepalasta siten, että betonipaloja (murusia) halutulta mittaussyvyydeltä laitetaan yhdessä suhteellisen kosteuden mittapään kanssa tiiviiseen koeputkeen. Betonipalat saavuttavat tasapainokosteuden koeputken ilman kanssa. Koska betonipalojen kosteussisältö (kg/betoni-m^3) on huomattavasti suurempi kuin koeputkeen joutuvan ilman (kg/ilma-m^3), koeputken ilman suhteellinen kosteus saavuttaa saman arvon kuin mikä on betonin huokosten ilman suhteellinen kosteus. Näytepalamittaus voidaan tehdä lähes minkä lämpöisestä betonista tahansa.

Betonin suhteellisen kosteuden mittaus näytepalamenetelmällä, kun betonin T: –20–+80 °C, olosuhteet ovat epävakaat, tulos tarvitaan nopeasti tai muuten halutaan maksimoida mittaustarkkuus

1. Mittapiste valitaan ottaen huomioon rakenneratkaisu, betonilaatu, päällystemateriaali ja olosuhteet.
2. Varmistetaan, ettei mittauspisteen kohdalla ole sähkö- tai vesiputkia (esim. lattialämmityskaapeleita).
3. Selvitetään rakenneratkaisu (paksuus, kerroksellisuus) ja määritetään mittaussyvyydet.
4. Tehdään betoniin kuivamenetelmällä (poraamalla rinki, piikkaamalla tai kuivaporauskruunulla) halkaisijaltaan 50–100 mm:n monttu, jonka suora pohja on noin 5 mm mittaussyvyyttä ylempänä. Tällöin montun pohjalta irrotettavat muruset koostuvat betonista, joka on mittaussyvyydellä ja siitä 5 mm ylöspäin.
5. Montun pohjalta piikataan betoninäytteitä ja toteutunut mittaussyvyys tarkistetaan mittaamalla. Näytteet otetaan esimerkiksi lyöntimeisselillä tai taltalla. Näytemurusia ei oteta 5 mm:ä lähempää ringin porauksen/työstön sisäreunaa.
6. Imuroidaan koeputket putkeen mahtuvalla suuttimella. Laitetaan irrotetut betonikappaleet (ei porauspölyä eikä suuria runkoainerakeita) välittömästi koeputkeen, jonka halkaisija on yleensä n. 20 mm yhdessä suhteellisen kosteuden mittapään (esim. Vaisala HMP 44) kanssa ja suljetaan putken suu tiiviisti kitillä. Murusten koko mahdollisimman suuri koeputken kokoon nähden varsinkin kuumalla betonilla. Näytteitä otetaan samasta mittaussyvyydestä vähintään kaksi koeputkellista. Näytemäärän putkessa tulee olla vähintään kolmasosa putken vapaasta tilavuudesta, jotta betonipalojen sisällä oleva kosteus (RH) varmuudella tasapainottuu putken ilmatilaan. Mittaus voidaan tehdä minkä lämpöisestä betonista tahansa missä tahansa ilmankosteudessa. Putkien ja mittapäiden tulee tasaantua mittauskohdassa vallitseviin olosuhteisiin ennen mittauksen aloitusta.
7. Koeputket siirretään vakiolämpötilaan (yleensä +20 °C) tasaantuman mittapään tasaantumisajasta riippuen 5–10 tunniksi. Kuljetuksen aikana koeputkien tulee olla suojattuja lämpötilamuutoksilta (kuljetus esimerkiksi lämpölaukussa). Mikäli betonin näytteenottohetkiset lämpötilat poikkeavat oleellisesti normaalista, tulee tasaantumisaikaa pidentää. Myös lujemmilla betoneilla tulee käyttää pidempää tasaantumisaikaa.

8. Tasaantumisen jälkeen kirjataan ylös mittapään tiedot, kosteus (RH %) ja lämpötila (T). Aina kirjataan myös mittaussyvyydet ja mittauskohta.
9. Mittauksesta tehdään raportti, josta ilmenevät tulosten ja johtopäätösten lisäksi, kuka mittauksen on tehnyt sekä milloin ja miten mittaus on tehty (tarkka menetelmäkuvaus mittauksesta kuten näytteenotto-olosuhteet, näytteenottohetki, lukemienottohetki ja lukemienottolämpötila).



Kuva 73. Betonin suhteellinen kosteus voidaan mitata betonista otetuista näytepaloista laittamalla palat tiiviiseen koeputkeen yhdessä suhteellisen kosteuden mittapään kanssa.

Näytepalat voidaan ottaa myös hyvin kylmästä tai kuumasta betonista. Kun koeputkien annetaan tasaantua vakiolämpötilassa, esimerkiksi +20 °C:ssa, tulokseksi saadaan betonin suhteellinen kosteus kyseisessä lämpötilassa.

12.4 Mittausten tarve ja -laajuus

Mittausten tarve

Kosteusmittaukset voidaan jakaa lähtötasomittauksiin, seurantamittauksiin ja päällysteiden asennettavuusmittauksiin. Lisäksi yleensä tulee suorittaa sisäilman mittauksia, joilla varmistutaan, että olosuhteet ovat riittävän hyvät rakenteiden kuivumisen edistymiselle.

Lähtötasomittaukset voidaan suorittaa, kun vesikatto on valmis tai jollain muulla tavalla voidaan varmentua, ettei tarkasteltava rakenne enää kastu. Ennen lähtötasomittausten suoritusta on suotavaa, että mitattavan tilan lopullinen ja/tai tilapäinen lämmitysjärjestelmä on ollut käytössä jonkin aikaa.

Seurantamittauksia suoritetaan 2–4 viikon välein ja niillä varmennetaan rakenteiden hallituttu kuivuminen ja työmaan aikataulussa pysyminen. Saatavien kosteusmittaustulosten perusteella ohjeistetaan jatkotoimenpiteitä, joita voivat olla esimerkiksi rakenteen kuivumisolosuhteiden parantaminen, radikaalimpi kuivumisen nopeuttaminen, vaihtoehtoisten ratkaisujen haku tai päällystyksen aloittaminen.

Varsinaiset päällystettävyysmittaukset suoritetaan tilanteesta riippuen 0–2 viikkoa ennen rakenteiden aiottua vedeneristämistä tai päällystystä. Tällöin on huomioitava, että kaikki lattianpäällysteet asennetaan mahdollisimman lähellä tulevia normaaleja rakenteiden käyttölämpötiloja. Näin vältytään lämpötilan noston tai valmiiksi kuuman betonin aiheuttamalta ns. kosteuspuskulta lattiapäällysteen alle heti päällystämisen jälkeen tai lämpötilan nostamisen jälkeen. Samalla minimoidaan rakenteiden lämpöliikkeet.

Mittausten laajuus

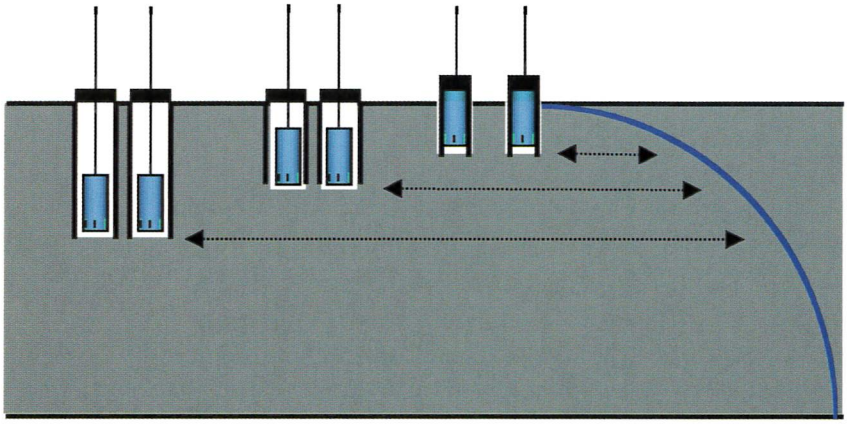
Koska rakenteiden suhteellisen kosteuden mittaus on sekä rakennetta rikkovaa että aikaa vievää, kohteesta on valittava tarkoituksenmukainen määrä mittauskohtia. Kriittisten rakenteiden tapauksessa on suotavaa tehdä sekä lähtötaso- että seurantamittauksia. Mittauskohtien valinnassa tulee huomioida valupäivät, olosuhde-erot, sekä rakenteiden kastuminen. Mittauskohtien määrä valitaan aina tapauskohtaisesti, esimerkiksi 1–2 kohtaa/kerros. Suositeltavaa myös on, että rakenteiden kosteusmittauksia tehtäisiin sekä paikalla valetuista että elementtirakenteista. Minimiotantana voidaan pitää mittaamista oletetusta kuivimmasta ja kosteimmasta kohdasta. Kosteimpia kohtia ovat todennäköisesti mm. kulkureittien ja aukkojen kohdat. Mittausten laajuutta määritettäessä on myös otettava huomioon erilaisten päällystemateriaalien lukumäärä kohteen kuiva- ja märkätiloissa ja niiden asettamat erilaiset vaatimukset alustan kosteuspitoisuudelle. Mikäli kohteen runko on tehty useista erilaisista, etenkin kerroksellisista rakenteista, mittauspisteiden lukumäärää on lisättävä. Mikäli rungon eri osissa tiedetään olevan huomattavia olosuhde-eroja tai jotkut rakenteet ovat selvästi kastuneet, näillä alueilla tulee lisäksi tehdä tarkistusmittauksia.

12.5 Kosteusmittauspisteet

Betonirakenteen päällystettävyysmittauksissa yksi mittauspiste koostuu useammasta mittausreiästä. Jokaisessa mittauspisteessä tulee olla ns. arviointisyvyydellä A **vähintään kaksi saman syvyistä rinnakkaista reikää**, joiden keskinäinen etäisyys on yleensä n. 10 cm. Rinnakkaisista rei'istä saadut tulokset eivät saa poiketa toisistaan yli 3 prosenttiyksikköä. Jos ero on tätä suurempi, eikä syytä siihen löydy, mittaus on uusittava /34/.

Arviointisyvyys (A) **on se kohta rakenteessa, jossa kosteusraja-arvo on alitettava ennen kuin päällystystyöhön voidaan ryhtyä.** Arviointisyvyys määräytyy pääosin rakenteen paksuuden mukaan. Nämä arviointisyvyydet perustuvat olettamukseen, että päällystämisen jälkeen kosteus nousee tiiviin päällysteen alla enimmillään siihen arvoon, mikä ennen päällystämistä vallitsi kyseisellä arviointisyvyydellä rakenteen lämpötilan pysyessä vakiona.

Arviointisyvyyden lisäksi kosteus tulee mitata rakenteen pintaosista syvyydeltä 0,4 x A. Suositeltavaa on mitata myös arviointisyvyyttä syvemmältä. Myös pinnan (0–10 mm) kosteus suositellaan mitattavaksi. Tämä mittaus voidaan tehdä näytepalamenetelmällä. Nämä lisämittaussyvyydet helpottavat huomattavasti tulosten tulkintaa.



Kuva 74. Yhdessä mittauspisteessä tulee olla eri syvyyksille ulottuvia reikiä, jolloin saadaan määritettyä rakenteen kosteusjakaumaa. Luotettavan mittaustuloksen saamiseksi samalla syvyydellä on kaksi rinnakkaista reikää, jolloin mittaustulos saadaan niiden keskiarvona.

12.6 Mittaussyvyydet

Betonirakenteen päällystettävyyskosteusmittausten mittaussyvyydet vaihtelevat rakenneratkaisun ja rakenteen paksuuden mukaan. Jos kyseessä on rakenne, joka **kuivuu kahteen suuntaan**, kuten esimerkiksi paikalla valettu välipohja, päällystettävyyskosteus tulee määrittää syvyydeltä, joka on **20 % koko rakenteen paksuudesta**. Tällä ns. **arviointisyvyydellä** (A) päällystemateriaalin edellyttämä kriittinen suhteellisen kosteuden arvo tulee alittaa. **Yhteen suuntaan kuivuvissa** rakenteissa, kuten esimerkiksi liittolaattarakenteissa, ja maanvastaisissa rakenteissa vastaava mittaussyvyys A on **40 % koko rakenteen paksuudesta**. Maksimimittaussyvyytenä voidaan pitää 7 cm:ä. Lisäksi molemmissa tapauksissa kosteus tulee mitata rakenteen pinnasta sekä 10–30 mm:n syvyydeltä 0,4 x A, missä suhteellisen kosteuden tulee olla alhaisempi kuin arviointisyvyydellä. Rakenteen pinnasta tehtävällä kosteusmittauksella varmistetaan, että pinnalla on kapasiteettia ottaa vastaan mm. päällystemateriaalin kiinnittämiseen käytettävän liiman kosteutta.

Maksimimittaussyvyyttä 70 mm:ä voidaan käyttää vain, jos rakenteen ylä- ja alapuolella on normaalit olosuhteet. Mikäli alapuolinen tila on hyvin lämmin tai maanvaraisen laatan alla on niukka lämmöneriste, ei päällysteen hyvä toiminta riipu ennen päällystystä saavutetusta kosteustasosta vaan päällysteen vesihöyrynläpäisykyvystä.

Kerroksellisissa rakenteissa mittaus tulee tehdä useammalta eri syvyydeltä. **Ontelolaattavälipohjissa**, jossa on pintavalu, arviointisyvyyksiä on kaksi: **50 % pintavalun paksuudesta sekä 2 cm pintavalun alapuolelta ontelolaatasta**. Jos ontelolaatan päällä on lattiatasoite, mittaus tulee tehdä 2 cm tasoitteen ja ontelolaatan rajapinnan alapuolelta. Ontelolaatassa mittauspisteen tulee osua ontelolaatan kannaksen kohdalle, ei esimerkiksi onteloon. Lisäksi mittaus on hyvä tehdä sauman kohdalla. Saumassa voidaan sallia 5 prosenttiyksikköä korkeampi kosteus kuin mitä päällyste edellyttää, edellyttäen, että muualla ontelolaatassa sekä pintavalussa kriittinen kosteus alitetaan.

Kuorilaattavälipohja mitataan kuten kahteen suuntaan kuivuva massiivinen välipohja. Jos kylpyhuoneiden kohdalla käytetään **kololaattaa**, jonka päällä on suhteellisen paksu jälkivalu, arviointisyvyys A on **40 % jälkivalun paksuudesta**. Lisäksi mittaus tehdään rakenteen pintaosista syvyydeltä 0,4 x A.

Kerroksellisissa rakenteissa, joissa kahden eri betonikerroksen välissä on eriste esimerkiksi ääneneristyssyistä, tulee kosteusmittauksin varmistaa, että runkolaatta on riittävän kuiva ennen ylempien kerrosten (eristeiden ja pintalaatan) tekoa. Suosituksena pidetään, että runkolaatan suhteellinen kosteus olisi alle 90 % noin 50 mm:n syvyydeltä mitattuna. Mikäli kosteus on em. korkeampi, eristetilaan tulee järjestää tuuletus. Ennen pintalaatan päällystämistä tulee pintalaatan lisäksi mitata eristetilan kosteus. Pintalaatan kosteuspitoisuuden arviointisyvyys A on 40 % pintalaatan paksuudesta.

Mittauksissa tulee huomioida rakenteen eri kerrosten välillä mahdollisesti vallitsevien lämpötilaerojen aiheuttamat mittausvirheet! Mittauspiste on aina hyvä eristää suurten mittausvirhemahdollisuuksien ja kondenssiriskin vuoksi.

13 Valmiin betonirakenteen kosteusmittaus päällystämisen jälkeen

Päällystämisen onnistuminen voidaan, ja on usein syytä, todentaa 0,2–2 vuotta päällystämisen jälkeen tehtävillä päällysteen alapuolisen suhteellisen kosteuspitoisuuden mittauksilla.

Joskus hyvinkin pienellä mittausotannalla voidaan osoittaa päällysteiden moitteeton toiminta.

Soveltuvat mittausmenettelyt on kuvattu yksityiskohtaisemmin vauriomittausosuudessa (kohta 14). Rakenteisiin voidaan myös rakentaa mittausmahdollisuus tarkkojen mittausten tekemiseksi täysin rakenteita avaamatta.

Käyttöiän alkuvaiheessa (tai takuuajan umpeutuessa) tehtävillä varmistusmittauksilla voidaan joskus välttää hyvinkin pahat pitkän ajan kuluessa syntyvät kosteusvauriot.

14 Betonilattioiden kosteusvauriotutkimukset

Rakenteessa havaittu näkyvä vaurio, kuten päällysteen irtoaminen tai värjääntyminen, sisäilmassa havaittu hajuhaitta tai ihmisten oireilu johtavat usein tilanteen, jossa betonilattian kosteutta aletaan epäillä ongelman syyksi. Syyn selvittäminen vaatii usein lattiarakenteeseen tehtävää kosteusvauriotutkimusta.

Kosteusvauriotutkimukset aloitetaan tutustumalla asiakirjoihin, joista ilmenee mm. millainen rakenne on kyseessä (rakenneleikkaukset), mistä materiaaleista se on tehty ja millä aikataululla. Asiakirjojen perusteella voidaan arvioida rakenteen kosteusteknistä toimivuutta ja mahdollisia kosteusvaurioriskejä. Sisäilmaongelmatapauksissa kohteessa oleskeleville voidaan tehdä oirekysely.

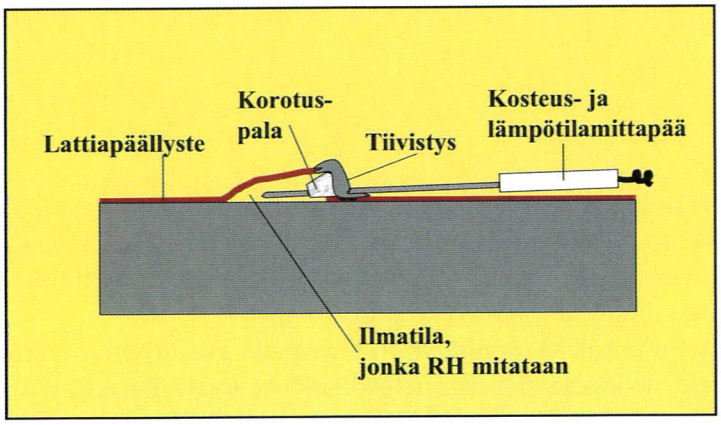
Varsinaiset kenttätutkimukset aloitetaan aistinvaraisilla tarkasteluilla, jolloin tehdään havaintoja näkyvistä vaurioita sekä sisäilman laadusta (esimerkiksi hajusta). Rakenteet tarkastetaan mahdollisuuksien mukaan sekä rakennuksen sisä- että ulkopuolelta mahdollisten kosteuslähteiden selvittämiseksi. Kosteuslähteitä voivat olla esimerkiksi rakennekosteus, maaperän kosteus, sade- ja sulamisvedet, käyttövesi (esim. suihkuvesi) sekä erilaiset vesivahingot, kuten putki- ja pesukonevuodot.

Aistinvaraisten tarkastelujen jälkeen tai niiden yhteydessä rakenteiden pinnoilta voidaan tehdä ainetta rikkomattomia pintakosteuskartoituksia. Pintakosteuskartoituksen avulla voidaan selvittää samassa rakenteessa eri alueilla olevia mahdollisia kosteuspitoisuuseroja. Pintakosteuskartoituksen avulla voidaan esimerkiksi löytää muovimatolla päällystetystä lattioista paikallisesti kosteampia kohtia. Pintakosteuskartoituksia tehdessä tulee aina ottaa huomioon, että ne havainnoivat vain rakenteen pintaa (yleensä noin 1–2 cm:n syvyydeltä) sekä materiaalin sähkönjohtavuutta, ja siten moni muukin tekijä kuin kosteus vaikuttaa niiden näyttämään. Erilaiset muovimatot voivat antaa hyvinkin erilaisia "kosteuslukemia", vaikka alustabetonin kosteus olisi sama, johtuen mattojen erilaisesta sähkönjohtavuuskyvystä. Esimerkiksi antistaattiset muovimatot antavat lähes poikkeuksetta korkeita lukemia pintakosteusosoittimilla mitattaessa vaikka rakenne olisikin kuiva.

Mikäli betonilattian kosteutta epäillään päällystemateriaalin vaurion aiheuttajaksi, on ensiarvoisen tärkeää tietää, **mikä kosteus vallitsee välittömästi päällysteen alla**. Betonin pintaan liimattujen muovi-, kumi- ym. mattojen alapuolinen kosteus voidaan mitata **viiltomittauksella**, jossa suhteellisen kosteuden mittapää työnnetään päällysteen alle päällystemateriaaliin tehdyn viillon kautta. Ennen mittapään asentamista päällysteen alle tulee tehdä jollakin terävällä työkalulla, esimerkiksi puukolla, vapaa reitti mittapään rikkoutumisen ehkäisemiseksi. Viiltomittauksessa mittapään annetaan tasaantua päällysteen alla 15–30 minuuttia. Koska liiman kemikaalit voivat vaikuttaa mittapäähän muuttaen sen näyttämää, mittapäätä ei tule pitää pitkiä aikoja päällysteen alla ja mittapää on syytä kalibroida mittausten jälkeen. Betonin pinnasta tai tasoitteesta, välittömästi päällysteen alta, voidaan mitata suhteellinen kosteus myös näytepalamenetelmällä.

Varsinaisen syyn selvittäminen, eli mistä betonirakenteen kosteus on peräisin, edellyttää rakenteesta useammalta eri syvyydeltä (esimerkiksi 2–3 cm:n välein) tehtäviä suhteellisen kosteuden mittauksia. **Suhteellisen kosteuden (RH) ja lämpötilan (T) lisäksi mittauspisteestä pitää määrittää absoluuttinen kosteus (g/m³).** Tämä absoluutti-

nen kosteus eli betonin huokosen vesihöyrysisältö kertoo, mihin suuntaan kosteus on siirtymässä. Jos esimerkiksi maanvaraisessa laatassa vesihöyrysisältö pienenee alhaalta ylöspäin mentäessä, on syytä epäillä, että kosteus tulee maaperästä, mutta jos vesihöyrynsisältö laatan keskellä tai yläpinnassa on suurempi kuin alapinnassa, kosteuslähde voi olla esimerkiksi putkivuoto tai rakennekosteus. Vesihöyry pyrkii siirtymään tilaan, missä on alhaisempi vesihöyrysisältö (vesihöyrynosapaine).

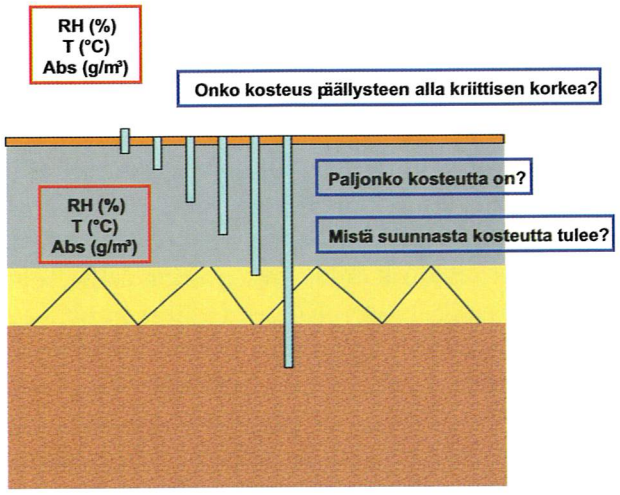


Kuva 77. Lattiapäällysteen alapuolisen kosteuden mittaus päällysteen tehdyn viillon kautta ns. viiltomittauksella.

Kosteusvauriotutkimuksissa mittaussyvyydet eivät ole samat kuin ennen päällystystä tehtävissä mittauksissa. Vauriotutkimuksissa oleellisinta on nimenomaan päällysteen alapuolinen kosteus, mutta syyn selvittämiseksi usein määritetään myös koko rakenteen kosteusprofiili.

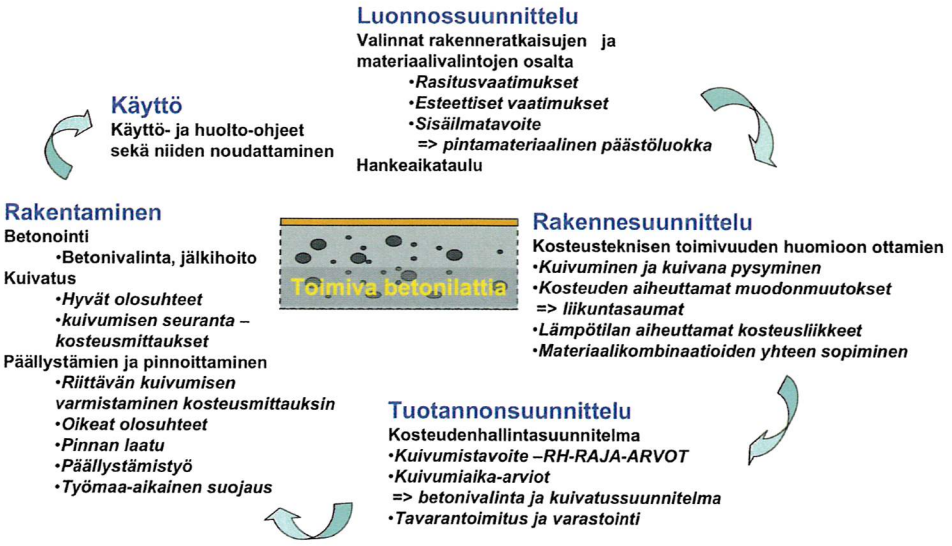
Päällystevauriot ovat usein monen eri tekijän aikaansaamia, eikä yksiselitteistä syytä vaurion syntyyn aina löydy. Syyn ja vaurion laajuuden selvittäminen on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää, kun suunnitellaan korjausta sekä arvioidaan korjauskustannuksia ja sitä, kuka on maksuvelvollinen. Syyn selvittäminen vaatii vauriotutkijalta rakennusten lämpö- ja kosteusfysiikan hyvää osaamista (miten rakenne voi esimerkiksi kuivua päällystämisen jälkeen?), vauriomekanismien ymmärtämystä, rakennusmateriaalien tuntemusta sekä tutkimusmenetelmien, kuten kosteusmittauksen, hyvää hallintaa.

Lopullista korjaustarvetta ei milloinkaan pidä määritellä pelkkien pintakosteusmittausten perusteella.



Kuva 78. Kosteusvauriotutkimuksissa rakennekosteusmittauksia tulee tehdä useammalta eri syvyydeltä ja jokaisesta rakennekerroksesta. Suhteellisen kosteuden (RH %) lisäksi tulee aina mitata myös lämpötila (T). Näiden perusteella voidaan määrittää jokaisen mittaussyvyyden absoluuttinen kosteus (g/m^3), jonka avulla voidaan arvioida, mihin suuntaan kosteus on siirtymässä.

15 Betonilattioiden päällystämisen huomioon ottaminen koko rakentamisprosessissa



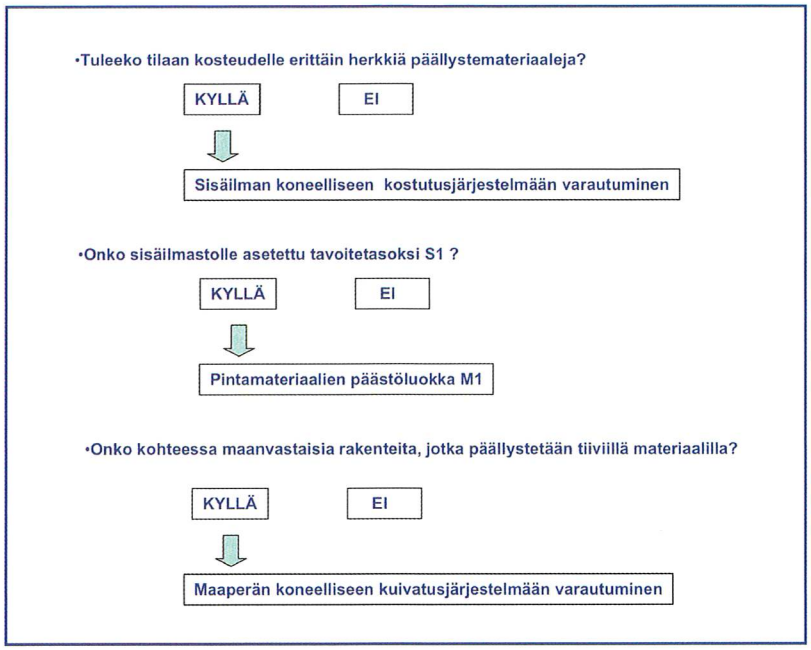
Kuva 79. Betonilattian päällystämiseen ja päällysteiden pysyvyyteen vaikuttavat seikat tulee ottaa huomioon rakennuksen suunnittelun, rakentamisen ja käytön aikana.

Luonnossuunnitteluvaihe

Luonnossuunnitteluvaiheessa tehdään monia valintoja, jotka vaikuttavat betonilattioiden päällystämiseen ja pinnoittamiseen. Rakenteen tuleva käyttötarkoitus asettaa päällyste- ja pinnoitemateriaaleille erilaisia vaatimuksia sen mukaan, miten niiden tulee kestää kulutusta, kosteutta ja erilaisia kemikaaleja sekä miltä ne näyttävät, tuntuvat ja jopa kuulostavat. Luonnosvaiheessa määritellään usein myös sisäilman laatutavoitteet, jotka puolestaan vaikuttavat pintamateriaalien päästöluokitukseen eli siihen, miten paljon materiaalista saa haihtua erilaisia kemiallisia yhdisteitä. Päällyste- ja pinnoitemateriaaleille esitetyt vaatimukset vaikuttavat mm. siihen, miten materiaali kestää kosteutta ja miten se läpäisee kosteutta.

Luonnossuunnitteluvaiheessa päätetään myös, millaiset olosuhteet eri tiloissa tulee olemaan. Huonetilan sisäilmalle asetetut lämpötila- ja kosteustavoitteet vaikuttavat merkittävästi päällystemateriaaleihin. Myös lämmitysmuodolla, esimerkiksi lattialämmityksellä, on oma vaikutuksensa päällystetyn rakenteen kosteustekniseen toimintaan.

Luonnossuunnitteluvaiheessa on syytä ottaa huomioon ympäristön asettamat reunaehdot, joista merkittävimpänä voidaan pitää sisäilman suhteellisen kosteuden vaihtelua eri vuodenaikoina. Talvella sisäilma voi olla hyvin kuivaa ja loppukesästä taas hyvin kosteaa, mikä voi aiheuttaa kosteusherkissä puulajeissa hyvinkin suuria kosteusliikkeitä. Mikäli tilaan halutaan esimerkiksi esteettisistä syistä kosteudelle erittäin herkkä puupäällyste, tulee jo luonnossuunnitteluvaiheessa varautua tilan koneelliseen kostutus- ja kuivatusjärjestelmään.



Kuva 80. Luonnossuunnitteluvaiheessa huomioitavia betonilattioiden päällystämiseen liittyviä seikkoja.

Rakennesuunnitteluvaihe

Rakennesuunnitteluvaiheessa päällystettävien ja pinnoitettavien betonirakenteiden osalta tulee ottaa huomioon

- betonin sisältämän rakennekosteuden kuivumisnopeuteen vaikuttavat tekijät, kuten rakenteen paksuus, kuivumissuunta, kerroksellisuus ja betonilaatu
- päällystemateriaalien kosteudenkestävyys ja vesihöyrynläpäisevyys
- rakenteen eri puolilla vallitseva lämpötila sekä lämpötilaeroista johtuva kosteuden tiivistymisriski – ettei päällyste- ja pinnoitemateriaalien alle keräänny lämpö- tai kosteusteknisistä syistä missään vaiheessa rakennuksen elinkaaren aikana liiaksi kosteutta
- ettei kerroksellisissa rakenteissa kahden betonirakenteen väliin jää orgaanista materiaalia
- betonin kuivumiskutistumasta ja virumasta johtuvat muodonmuutokset ja niistä johtuvat mahdollisten liikuntasaumojen tarve sekä itse rakenteessa että päällysteessä.

Tuotannonsuunnitteluvaihe

Tuotannonsuunnitteluvaiheessa laaditaan työmaan yleisaikataulu, suunnitellaan tavarantoimitus ja varastointi sekä laaditaan työmaa-aikainen **kosteudenhallintasuunnitelma**, jossa

- määritetään kosteusteknisesti kriittiset rakenteet sekä annetaan niiden toteuttamiseen työvaihekohtaisia ohjeita
- selvitetään päällyste- ja pinnoitemateriaalien **kosteusraja-arvot**
- laaditaan päällystettävien tai pinnoitettavien betonilattioiden ja -seinien kuivumisaika-arviot
- laaditaan kuivatussuunnitelma
- laaditaan kosteusmittaussuunnitelma.

Rakentamisvaihe

Rakentamisvaiheessa päällystettävien ja pinnoitettavien betonirakenteiden osalta tulee ottaa huomioon

- betonin valinnassa sen kuivumisnopeus sekä kutistuma

- betonointitavan vaikutus betonimassan laatuun (ei esim. lisätä vettä betonoinnin aikana)
- betonin jälkihoito ja sen vaikutus pinnan laatuun
- rakenteen suojaaminen kastumiselta
- kuivattaminen (hyvien kuivumisolosuhteiden luominen, olosuhteiden seuranta)
- kuivumisen seuranta kosteusmittauksin (**sertifioitu kosteudenmittaaja)**
- betonin pinnan käsittely (esim. hionta) ennen päällystämistä
- päällystemateriaalin varastointi työmaalla
- päällystämisajankohdan olosuhteet (lämpötila, sisäilman kosteus)
- puupäällysteiden kosteus päällystyshetkellä
- riittävät kuivumis- ja sitoutumisajat eri materiaalikerroksille (esim. tasoitteelle, liimalle, vedeneristeelle)
- päällysteurakoitsijoiden ammattitaito
- kaikkien materiaalien ohjeiden mukainen käyttö, jotta saavutetaan riittävät tartuntalujuudet, kerrospaksuudet ja kosteuselämisvarat
- päällystettyjen rakenteiden suojaus materiaalivalmistajan ohjeen mukaisesti
- käyttäjän opastaminen ja hoito-ohjeen jättäminen käyttäjälle.

Käyttö

Käyttöiän alkuvaiheessa tehtävillä varmistusmittauksilla voidaan joskus välttää hyvinkin pahat pitkän ajan kuluessa syntyvät kosteusvauriot.

Lattia- ja/tai betonirakenteiden päällystämisen onnistuminen voidaan todentaa hyvinkin pienillä, esimerkiksi 0,2–2 vuotta päällystämisen jälkeen tehtävillä päällysteen alapuolisilla suhteellisen kosteuspitoisuuden mittauksilla. Rakenteisiin voidaan myös tarvittaessa rakentaa mittausmahdollisuus tarkkojen mittausten tekemiseksi täysin rakenteita avaamatta.

Jotta lattiarakenne täyttäisi sille asetetut sekä mekaaniset että esteettiset vaatimukset vielä vuosien kuluttua, tulee rakennuksen käytön aikana noudattaa lattian hoitoon (esim. puhdistusmenetelmät ja -aineet) liittyviä ohjeita.

Lähteet:

1. By 45/BLY7. Betonilattiat 2000. Suomen Betoniyhdistys r.y. Suomen Betonitieto Oy. 2005
2. By 201. Betonitekniikan oppikirja 2004. Suomen Betoniyhdistys r.y. Suomen Betonitieto Oy. 2005
3. By 49/BLY10. Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2003. Suomen Betoniyhdistys r.y. Suomen Betonitieto Oy. 2003.
4. Nevander, L-E., Elmarsson, B. 1994. Fukthandbok, Praktik coh teori. Svensk Byggtjänst.
5. Lumme, P., Merikallio, T. 1997. Betonin kosteuden hallinta. Kestävä Kivitalo-projekti. Suomen Betonitieto.
6. Neville, A.M. 1995. Properties of Concrete. Fourth edition. Longman Group Limited. England.
7. Merikallio T. Malmivaara K, Niemi S, Salo E. Rakennustyömaan olosuhdehallinta. Raportti 10.6.2003. Humittest Oy (julkaisematon)
8. Ljungkrantz C, Möller G, Petersons N. Betonghandbok. Material, utgåva 2. Svensk Byggtjänst. 1997.
9. Nilsson L-O. Hygroscopic moisture in concrete-drying, measurement & related material properties. Lund. 1980. Lund Instiute of technology, Report TVBM-1003.
10. Lindberg R, Wahlman J, Suonketo J, Paukku E. Kosteusvirta-tutkimus. Tampere teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka. Julkaisu 119. Tampere 2002.
11. Merikallio T. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Betonikeskus ry. Suomen Betonitieto Oy. 2002.
12. Lainio, K. Juvas K. Kosteiden tilojen laatoitukset. Addtek Research & Development Oy. Raportti MATLAB 21/98. 1998
13. Niemi, S., Leskinen, M., Komonen, J. Betonin kuivumisen ja kutistuman välinen yhteys. Humi-Group Oy. BePo-projektin tutkimusraportti 060609. 2007. (julkaisematon)
14. Leivo, V., Rantala, J. 2002. Maanvastaisten alapohjarakenteiden kosteustekninen toimivuus. TTKK Talonrakennustekniikka. Julkaisu 120.
15. Leivo, V., Rantala, J.2002. Maanvastaiset alapohjarakenteet - kosteustekninen mitoittaminen ja korjaaminen. TTKK Talonrakennustekniikka. Julkaisu 121.
16. Viitanen H. 2003. Betonin ja siihen liittyvän eristeen homehtumisen kriittiset olosuhteet. VTT.
17. Niemi, S., Leskinen, M. Lattianpäällystyskokeet. Humi-Group Oy. BePo-projektin tutkimusraportti 060610. 2007. (julkaisematon)
18. Niemi, S., Leskinen, M. Vedeneristyskokeet. Humi-Group Oy. BePo-projektin tutkimusraportti 060611. 2007. (julkaisematon)
19. Järnström, H. 2005. Muovimattopinnoitteisen lattiarakenteen VOC-emissiot sisäilmaongelmatapauksissa. VTT publications 571. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka.
20. Sisäilmayhdistys ry. 2001. Sisäilmaluokistus 2001. Espoo
21. Ympäristö ja Terveys-lehti 8:2005 s. 75

22. Sjöberg A. 2001. Secondary emissions from concrete floors with bonded flooring material. Göteborg: Departement of Building Materials, Chalmers University of Technology.
23. Eronen, J., Räsänen, V., Wirtanen , L. Penttala, V. 1998. Päällystettyjen betonilattioiden emissiot. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusmateriaalitekniikka. Raportti 8.
24. Lattian- ja seinäpäällysteliitto. 2003. Lattiapäällystealan työohjekortit.
25. Räsänen, V., Eronen, J., Wirtanen , L. Penttala, V. 1998. Tasoitteiden vaikutus betonilattioiden kosteustekniseen toimintaan. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusmateriaalitekniikka. Raportti 9.
26. Fritsche M., Sjöberg A., Wengholt Johnsson H. 1997. Kemisk emission från golvsystem av limmad PVC-matta på självtorkande betong- inverkan av limningteknik, torkförlopp samt cement-, lim- och mattyper. Institution för byggnadsmaterial, Chalmers, Göteborg. P-97-2.
27. Lindberg R., Wahlman J., Suonketo J., Paukku E. 2002. Kosteusvirta-tutkimus. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakennustekniikan osasto. Julkaisu 119.
28. Eronen, J., Wirtanen , L. Räsänen, V., Penttala, V. 1998. Lattiapäällysteiden vaikutus betonilattioiden kuivumiseen. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusmateriaalitekniikka. Julkaisu 15.
29. SisäRYL 2000. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 2000. Talonrakennuksen sisätyöt. RT 14-10668. Rakennustieto Oy.
30. Suomen standardisoimisliitto SFS, standardi SFS-EN 12004. Rakennustuoteteollisuus. 2001.
31. Kuivien sisätilojen luonnonkivisen lattiapäällystyksen suunnitteluohje. Marraskuu 2003. Kiviteollisuusliitto ry.
32. Leivo V., Rantala J. 2005. Lattialämmitetyn alapohjarakenteen rakennusfysikaalinen toiminta. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan osasto. Tutkimusraportti 128.
33. LVI 13-10561. 1996. Vesikiertoinen lattialämmitys. Ohjetiedosto. Rakennustuotesäätiö. Rakennustieto.
34. RT 14-10675. Ohjetiedosto lokakuu 1998. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus.
35. Sjöberg, A. 1998. Mätosäkerhet vid fuktmätning i betong med kapacitiva fuktgivare. Chalmers tekniska högskola. Byggnasmaterial. P-98:1
36. Asumisterveysopas. Sosiaali- ja terveysmisisteriö. 2005.



maxit Floor lattiaratkaisut sekä uudis- että korjausrakentamiseen. maxitin lattiaratkaisuissa yhdistyy nerokkaalla tavalla loistava askeläänieristys, lämmön tasaisuus sekä kerralla suora lattiapinta. Asennuksesta huolehtivat maxitin valtuuttamat lattiaurakoitsijat.

www.maxit.fi

maxit vetonit

ole hyvä rakentaja

Paremmin betonista



FI

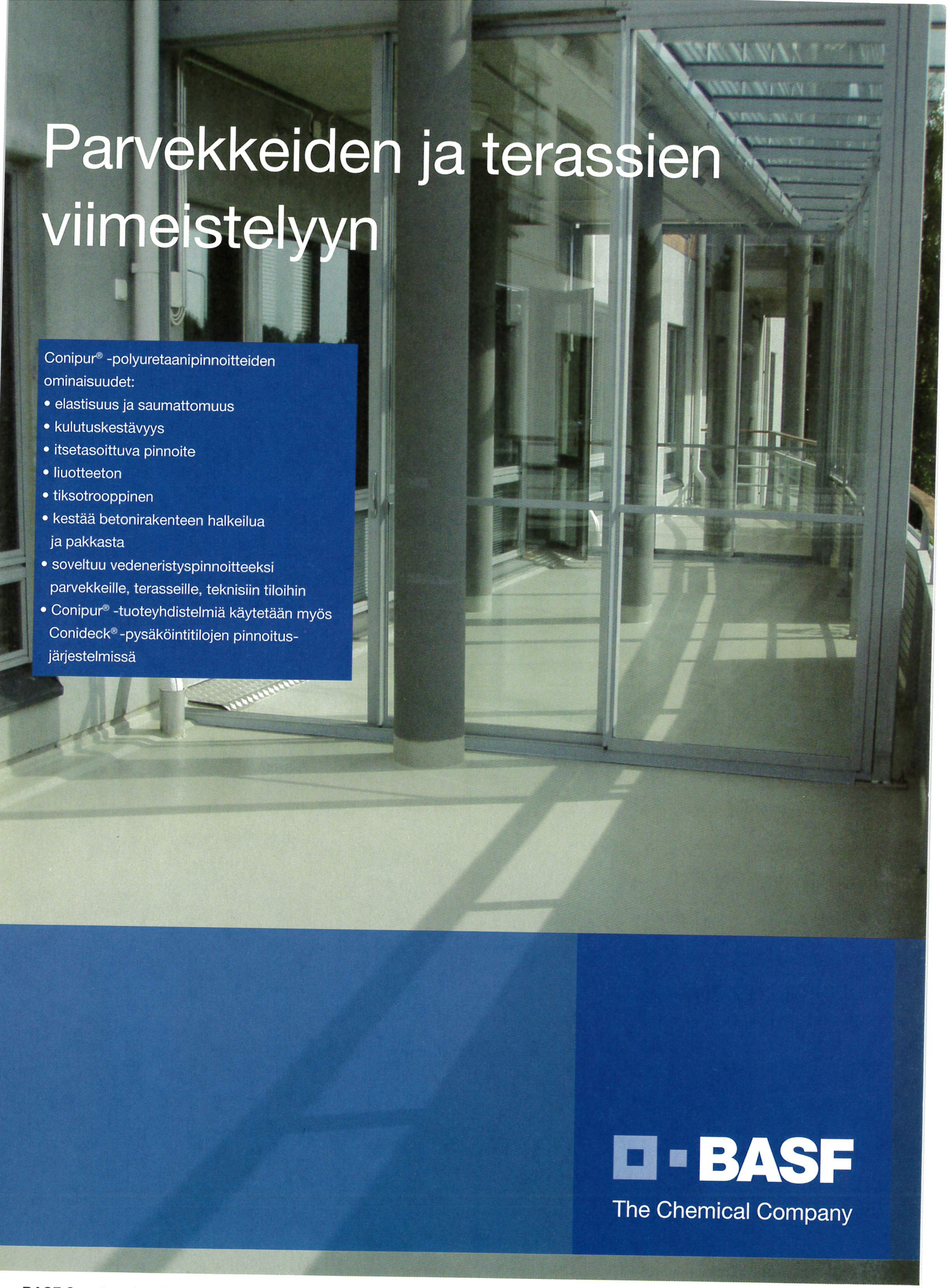
nqa.
ISO 9001
Registered

FORSSAN BETONI OY

Espoo • Helsinki • Lempäälä • Forssa • Kangasala • Olkiluoto
Vaasa • Lappeenranta • Punkaharju • Talvivaara • Petäjävesi

Pääkonttori 02071 55700

www.forssanbetoni.fi



Parvekkeiden ja terassien viimeistelyyn

Conipur® -polyuretaanipinnoitteiden ominaisuudet:

- elastisuus ja saumattomuus
- kulutuskestävyys
- itsetasoittuva pinnoite
- liuotteeton
- tiksotrooppinen
- kestää betonirakenteen halkeilua ja pakkasta
- soveltuu vedeneristyspinnoitteeksi parvekkeille, terasseille, teknisiin tiloihin
- Conipur® -tuoteyhdistelmiä käytetään myös Conideck® -pysäköintitilojen pinnoitus-järjestelmissä

BASF
The Chemical Company

BASF Construction Chemicals Finland Oy
PL 94, 11101 RIIHIMÄKI, Puh. 010 830 2000, Fax 010 830 2050
www.basf-cc.fi

Erikoislaastit ja vedeneristeet Kaakelikeskuksesta!

Mira 3250 Superplanfix -saneerauslaasti
Itsetasoittuva, nopeasti kovettuva, valkoinen saneerauslaasti. Sopii erityisesti tasaisille suurille lattioille. Tartunta > 3,0 Mpa. Muodonmuutoskyky vähintään 1‰.

Mira Z-fix -saneerauslaasti
Valkoinen, valumaton, kevyt saneerauslaasti. Tuote on helppo sekoittaa ja työstää. Menekki 1,6-2,2 kg/m^2, lattioiden saumaus normaalioloissa 18 tunnin kuluttua, seinien 10 tunnin kuluttua.

Mira 3600 Multicrete -saneerauslaasti
Elastinen saneerauslaasti ongelmalaatoitus-kohteisiin, erityisesti peltikasettikylpyhuoneisiin. Erinomainen tarttuvuus. Tartunta betoniin > 1,1 Mpa.

Mira X-plan -tasoite
Itsetasoittuva, kuituvahvistettu lattiatasoite. Soveltuu myös puupinnoille. Veden määrää vähentämällä myös kallistukset 50 mm asti. Tartunta > 3,0 Mpa.

Muista myös Mira- ja Rewah-vedeneristystuotteet!
Pyydä edullinen tarjous kohteeseesi!



NOUDA KOKEILU-SÄKKI!

Voit valita oheisista tuotteista yhden vapaa-valintaisen säkin. Tuotteen voit noutaa Kaakelikeskus Helsinki Oy:stä. Tarjous koskee yritysasiakkaita vuoden 2010 loppuun.

mira rewah

Kaakelikeskus®

Kaakelikeskus Helsinki Oy, Hankasuontie 6, 00390 Helsinki
puh. 09-512 3470, projekti@kaakelikeskus.fi

Hyvin tehty huomataan

Onnistuminen palkitsee.

Lakka **-lattiatasoitteilla**
teet kiitettävää jälkeä
oikaisuista viimeistelyyn.

Kysy lisää lähimmältä jälleenmyyjältä!



Lakka®

info@lakanbetoni.fi **www.lakka.fi**
Itä- ja Pohjois-Suomi: puh. 0207 481 200, fax 0207 481 260
Etelä- ja Länsi-Suomi: puh. 0207 481 300, fax 0207 481 340

- MATTOTYÖT
- LAATTATYÖT
- ERIKOIS-
PINNOITTEET

EPA-Lattiat Oy Avainkierto 21 05840 HYVINKÄÄ
Puh. 010 8329 500, Fax 010 8329 520, info@epa-lattiat.fi

Suomalaista laatua
ympäristön ehdoilla

Tähän julkaisuun on koottu betonilattioiden kosteudenhallintaan ja erityisesti betonilattioiden päällystämiseen liittyvä oleellisin tieto.

Julkaisu on tehty rakentamisen eri osapuolten välisenä yhteistyönä vuosina 2005–2007 Betonilattioiden päällystämisen ohjeistus BePO -projektin puitteissa.

Julkaisu on tarkoitettu erityisesti betonilattioiden päällystämisproblematiikan kanssa työskenteleville, kuten lattiapäällysteurakoitsijoille, rakennusurakoitsijoille, rakennesuunnittelijoille, materiaalitoimittajille ja rakennuttajille.

Tämän julkaisun kanssa samanaikaisesti julkaistaan uudet betonirakenteiden päällystämisen ohjeet, joiden avulla saadaan aikaan entistäkin onnistuneempia, terveellisempiä ja turvallisempia päällystettyjä betonirakenteita.

LATTIAN- JA SEINÄN-
PÄÄLLYSTELIITTO

www.lattia.net

betoni

www.betoni.com

ISBN 978-952-5075-88-5