

Kosteuden hallinta paikallavaluisessa toimitilarakennuksessa

Alexi Hokkanen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), rakennustekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t) Hokkanen, Aleksi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 5/2018
	Sivumäärä 44	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Kosteuden hallinta paikallavaluisessa toimitilarakennuksessa		
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Jukka Konttinen		
Toimeksiantaja(t) Peab Oy, Pääkaupunkiseudun toimitilarakentaminen		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö liittyy Peab Oy:n rakentamaan keskisuureen sairaalan rakennushankkeeseen. Julkisten hankkeiden sisäilmaongelmien motivoimana, pääroolissa oli hankkeen rakentamisaikainen kosteuden hallinta ja siinä onnistuminen, minkä tavoitteena on luoda tuote, joka on terveellinen rakennuksen käyttäjille.</p> <p>Työn ensimmäinen tavoite oli selvittää, miten betonirakenteisen rakennuksen kosteutta tulee hallita, mitata ja dokumentoida oikein. Työn toinen tavoite oli tutkia miten rakennekosteus vaikuttaa sisäilmaan ja millä toimenpiteillä pystytään estämään ongelmat. Työhön kerättiin paljon tietoa betonissa olevasta kosteudesta ja sen vaikutuksista alan kirjallisuudesta ja Internetistä.</p> <p>Opinnäytetyössä löydettiin, että rakennekosteutta pystytään hallita valitsemalla olemassa olevista työkaluista työmaakohtaisesti soveltuvat tavat kosteuden mittaukseen ja rakenteiden kuivattamiseen. On myös tärkeä ymmärtää, miten betonissa oleva rakennekosteus käyttäytyy kuivuessaan, jotta voidaan luotettavasti suunnitella rakennushankkeen yleisaikataulua ja esimerkiksi arvioida, milloin betoni voidaan pinnoittaa. Suurin sisäilmaongelmien aiheuttaja on betonirakenteen pinnoittaminen liian aikaisin materiaalilla, joka ei hengitä. Tällöin rakenteeseen jäänyt kosteus reagoi kemiallisesti päällysmateriaalien kanssa.</p> <p>Toimenpiteet rakennekosteuden hallitsemiseksi saatiin käytännön kokemuksista hankkeen ollessa rakenteilla opinnäytetyön aikana, ja toisen, jo rakennetun sairaalan kokemuksista. Toimenpiteistä laadittiin työmaan käyttöön lista, joka sisältää esimerkiksi rakennusaikaisen veden käsittelyohjeet ja rakenteen kuivatuksen ohjeistukset. Työmaakohtaisten toimenpiteiden tarkoitus on vähentää, ennaltaehkäistä ja hallita rakennusaikaista kosteutta. Nämä ovat tärkeitä tavoitteita kosteuden hallinnassa rakennushankkeissa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) kosteus, mittaus, kuivuminen, betonirakenteet, betoni, lattiat		
Muut tiedot		

Author(s) Hokkanen, Aleksi	Type of publication Bachelor's thesis	Date 5/2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 44	Permission for web publication: x
Title of publication Moisture management in an on-site construction		
Degree programme Civil Engineering		
Supervisor(s) Konttinen, Jukka		
Assigned by Peab Oy		
Abstract <p>The thesis was prompted by an ongoing mid-sized hospital construction project of Peab Oy. Motivated by the indoor air problems in public building projects, the focus was on moisture control during construction and succeeding in it to create a building product which is healthy for its users.</p> <p>The first objective of the thesis was to find out how to control, measure and document the moisture of a construction of concrete build in a correct manner. The second objective was to investigate how the moisture in the concrete affects indoor air quality and which actions could be taken to prevent problems in that. Information about the moisture of concrete and its effects was gathered from industry literature and the Internet.</p> <p>The thesis found that moisture in the structures can be controlled by choosing site-specific manners from existing tools for measuring moisture and drying structures. Additionally, it is important to understand how the moisture in the concrete behaves when it dries, to be able to create reliable schedules for the construction site and to be able to evaluate when the concrete can be coated. The biggest cause of indoor air problems is that the concrete is coated too soon with an unbreathable material. Hence the excess moisture left in the concrete begins to chemically react with the coating materials.</p> <p>Actions for controlling moisture in construction were derived from practical experiences from the ongoing hospital construction and another finished hospital construction. A list of actions was created for the use of the ongoing site, which includes for example handling instructions for on-site water and instructions for drying structures. These site-specific actions aim to decrease, prevent and control moisture during ongoing construction. These mentioned are important goals in moisture control in construction projects.</p>		
Keywords/tags (subjects) moisture, measurement, drying, concrete structures, concrete, floors		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Tausta	4
1.2	Tavoitteet	4
1.3	Rajaukset	5
1.4	Peab Oy.....	5
2	Betonin kosteus.....	5
2.1	Betonin suhteellinen kosteus.....	6
2.2	Betonin kuivuminen	7
3	Betonin kosteuden mittaus.....	8
3.1	Johdanto	8
3.2	Mittalaitteet	9
3.3	Mittaustarkkuus	9
3.4	Kosteusmittaajan pätevyys	9
3.5	Mittaus menetelmät.....	10
3.5.1	Porareikämittaus	10
3.5.2	Näytepalamittaus	11
3.6	Mittausten laajuus.....	13
3.7	Tulosten raportointi	13
3.8	Tulosten tulkinta.....	14
3.9	Ympäristön lämpötilan vaikutus mittaustulokseen	15
4	Betonin alkaalisuus.....	16
4.1	VOC-emissiot	16
4.2	VOC-emissioiden muodostuminen.....	16
4.3	Orgaanisten yhdisteiden enimmäisarvot	20
4.4	Sisäilmaluokitukset.....	21

	2
4.4.1 Sisäilmaluokituksen kategoriat.....	21
4.5 Rakennusmateriaalien päästöluokitukset.....	23
5 Nykytilanne	24
5.1 Kosteusteknisesti kriittisten rakennusosien kartoittaminen	24
5.2 Betonirungon kosteusteknisesti haastavimmat rakennetyypit:	24
5.2.1 Alapohja	24
5.2.2 Liittolevy rakenne välipohja	25
5.2.3 Maanpaineseinä	26
5.3 Pintamateriaalit ja niiden kosteustekniset raja-arvot.....	26
5.4 Kuivumisen aikataulusuunnittelu.....	28
6 Toimenpiteet.....	29
6.1 Keinoja rakennekosteuden vähentämiseksi.....	29
6.2 Työmaa aikainen vesi	30
6.3 Työnaikaisten vesivuotojen ja –vahinkojen torjunta	31
6.4 Hyvien kuivumisolosuhteiden järjestäminen	32
6.5 Rakennuksen kuivattaminen	33
6.6 Konkreettiset toimenpiteet rakentamisvaiheessa.....	33
6.7 Kokemuksia muista hankkeista	34
6.8 Kosteusmittaus suunnitelma.....	35
7 Pohdinta.....	38
8 Lähteet.....	40

Kuvat

Kuva 1: Mittasyvytydet eri rakenneratkaisuilla rakennepaksuuksista riippuen. (RT14-10984 2010, 14).....	11
Kuva 2: Periaatekuva näytepalan ottamisesta. (RT 14-10984 2010, 7).....	12
Kuva 3: Liima-aineet ja lattiapäällysteissä olevat orgaaniset aineet hajoavat alkalisen hydrolyysin seurauksena. (weber.fi).....	17
Kuva 4: Betonin pH-arvo on noin 13, pH-arvo kertoo emäksisten OH ⁻ -ionien konsentraatiota vesiliuoksessa.	18
Kuva 5: Kosteuden ja alkalisuuden vaikutus. Ylhäällä mattoliima, keskellä saippuoitunutta mattoliimaa ja alhaalla betonipinta.	19
Kuva 6: Kosteuden vaikutus on merkittävässä roolissa päästöjen muodotumiseen.	20
Kuva 7: Alapohja rakenne.....	24
Kuva 8: Välipohja rakenne.....	25
Kuva 9: Periaatekuva liittolevyrakenteesta. (RT 83-10902, 10).....	25
Kuva 10: Maanpaineisinä rakennetyyppi.....	26
Kuva 11: Kantavat poimulevyn kuivuminen. (Ruukki.fi).....	30
Kuva 12: Kosteusmittaus suunnitelman voi laatia esimerkiksi aikataulu ohjelmaa käyttämällä. Kuvassa oleva mittaussuunnitelma on laadittu Planet aikatauluohjelmalla.	37

Taulukot

Taulukko 1: Kemialliset epäpuhtauksien raja-arvot (sisäilmayhdistys.fi).....	22
Taulukko 2: Sisäilmaluokituksen määrittämät vaatimukset eri yhdisteiden pitoisuuksille luokissa M1 ja M2 (RT 07-10946 2008, 17).....	23
Taulukko 3: Sallitut kosteusrajapitoisuuksien raja-arvot päällystemateriaaleille.	27
Taulukko 4: Esimerkki kuinka kosteudenhallintasuunnitelmassa tulee selvittää, joka kerroksen valu- ja päällystysajankohdat, sekä kuivumisajat viikkoina. Luvut tulee perustua suoraan kohteen yleisaikatauluun.....	28

1 Johdanto

1.1 Tausta

Aikataulut rakentamiselle ovat toimitilarakentamisessa kiristyneet markkinatilanteen myötä. Tämä aiheuttaa rakentamiselle suuria haasteita toteuttaa kohteet siten, ettei pääse syntymään rakennusvirheitä tai ylimääräisiä takuutöitä. Rakentamisessa kilpaillaan hinnalla ja laadulla. Jälkimmäinen on vaikea toteuttaa tiukan aikataulun takia, mutta hyvällä suunnittelulla ja toteutuksella se voi olla mahdollista.

Tässä opinnäytetyössä syvennyttään kosteuden hallintaan rakentamisvaiheessa. Rakentaessa kosteuden hallinta on todella tärkeä osa laadukasta rakentamista. Liiallinen kosteus rakenteessa aiheuttaa ongelmia rakenteeseen ja sen seurauksena sisäilmaan. Toimitilarakentamisessa tehdään turvallisia ja etenkin terveellisiä työympäristöjä ihmisille. Kosteuden hallinta rakentamisessa ei ole millään tapaa uusi asia, mutta jatkuvasti julkisuudessa olevat sisäilmaongelmat pitävät aiheen ajankohtaisena.

Opinnäytetyön tutkimuksen kohteena toimii Peab Oy:n käynnissä oleva keskisuuri sairaalahanke. Hankkeeseen tehdään tämän työn kanssa reaaliajassa kosteudenhallintasuunnitelma ja konkreettisia toimenpiteitä kosteuden hallinnan eteen, joista saadaan tähän työhön syvyyttä.

1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyöni tavoitteina oli tutkia millaisia keinoja on olemassa rakennusaikaiselle kosteuden hallinnalle ja millaiset keinot kosteuden hallinnassa on kustannustehokkaita työmaan kannalta. Lisäksi selvitin kuinka betonissa olevaa kosteutta pystytään seuraamaan ja miksi sitä tulee seurata. Tärkeänä näin selvittää mistä sisäilmaongelmat julkisissa hankkeissa on voinut johtua, ettei jatkossa vastavaa pääse tapahtumaan.

1.3 Rajaukset

Opinnäytetyössäni keskitytään pääasiassa kosteuden hallintaan muovimattolattioissa ennen rakenteen pinnoitusta ja pinnoituksen jälkeen. Työssä tutkitaan ja perehdytään yksistään rakentamisvaiheeseen, ottamatta suuremmin kantaa rakennuksen suunnitteluun tai käyttöön. Opinnäytetyössä perehdytään betonin kosteuden hallintaan lattiarakenteissa ottamatta kantaa julkisivuihin, vesikattoon tai muihin rakenteisiin.

Nykyisiä käytäntöjä kartoitetaan alan kirjallisuuden ja painettujen julkaisujen kautta. Lisäksi kokemuksia ja hyviä käytäntöjä on kerätty Peab Oy:n sisältä toimihenkilöiltä.

1.4 Peab Oy

Peab on pohjoismainen yhteiskuntarakentaja. Se on Pohjoismaiden yksi suurimmista rakennusyhtiöistä ja Ruotsin suurin. Peab on alun perin lähtöisin Ruotsista ja toimii nykyisin Ruotsin lisäksi Suomessa ja Norjassa. Se työllistää yhteensä noin 13 000 henkeä, joista suomen osuus on noin 750. (peab.fi)

2 Betonin kosteus

Betonissa on aina kosteutta. Betonin kosteus koostuu pääosin valmistuksessa käytetystä vedestä. Usein myös rakennusaikana betoni pääsee kastumaan, jolloin betoni imee itseensä kosteutta. Myös ulkoiset tekijät vaikuttavat betonin kosteuteen, kuten maaperä ja mahdolliset vesivahingot. Betonin huokoisuuden ansiosta se voi imeä itseensä ilman vesihöyryä. (Merikallio ym 2007, 13)

Betonin valmistuksessa käytetyn veden määrä riippuu betonin vesisementtisuhteesta, jolla tarkoitetaan betonin sisältämän vesimäärän ja sementin painon suhdetta. Osa betonin valmistuksessa käytetystä vedestä reagoi kemikaalisesti betonin sideaineen eli sementin kanssa kovettuessaan. Tätä reaktiota kutsutaan hydrataatioksi. Hydrataatiossa sementin ja veden muodostama pasta kovettuu. Sitoutuneen veden määrä riippuu siitä, miten hyvin hydrataatio onnistuu. Normaalisti vesi sitoutuu n. 20%:iin sementin painosta. Täydellisessä hydrataatiossa vesi sitoutuu n. 25%:iin sementin painosta. Käytännössä mitä enemmän sementtiä

sitä enemmän vettä sitoutuu kemiallisesti. Loput, eli suurin osa valmistuksessa lisätystä vedestä on niin sanotusti fysikaalisesti sitoutunutta vettä. Fysikaalisesti sitoutunut vesi on haihtumiskykyistä ja näin ollen se voidaan poistaa betonista kuivattamalla. Fysikaalisesti sitoutunut vesi on kiinnittynyt betonin huokosten pintaan. Fysikaalisesti sitoutuneen veden lisäksi betonin huokosissa on vesihöyryä. (Merikallio ym 2007, 13)

Betonin kyky sitoa itseensä kosteutta ja siirtää sitä eteenpäin on riippuvainen osittain betonin kapilaarihuokosten määrästä. Mitä korkeampi vesi-sementtisuhte(v/s) betonissa on, sitä suurempi kapillaarinen vedenimukyky ja kosteusvirta betonin läpi. (Merikallio 2009, 11)

2.1 Betonin suhteellinen kosteus

Valtaosa sementin ja veden kemiallisesta sitoutumisesta tapahtuu muutamassa päivässä riippuen sementin laadusta. Fysikaalista kosteutta esiintyy vesihöyryn muodossa betonin huokosten ilmatilassa. Huokosten ilmatilassa olevaa vesihöyryä kutsutaan betonin suhteelliseksi kosteudeksi eli RH%. Suhteellisen kosteuden prosentista ei selviä kuinka paljon vettä betonissa on sen tilavuuteen verrattuna. RH% kertoo vain betonin huokosten ilmatilan suhteellisen kosteuden. Vesihöyryn lisäksi betonin huokosissa on fysikaalisesti sitoutunutta vettä. Veden määrä riippuu huokosten pinta-alasta. (Merikallio ym 2007, 15-17)

Betonin kosteutta voidaan arvioida myös betonin painoon ja tilavuuteen perustuen eli tutkimalla betonin kosteussisältöä. Betonin huokosrakenteesta ja lämpötilasta riippuu, kuinka paljon kosteutta kussakin tasapainotilassa on. Kaikilla betonilaaduilla on omat huokosrakenteet ja näin ollen kahdella eri betonilaadulla voi olla eri kosteussisältö, vaikka betonin suhteellinen kosteus olisi sama. Kosteussisältöä tai kosteuspitoisuutta ei saa muuntaa minkään taulukon tai käyrän mukaan suhteelliseksi kosteudeksi. Materiaalin vaurioittava kosteus on juuri huokosissa sijaitseva kosteus. Tämän takia pinnoitusta ennen mitataan suhteellista kosteutta. (Merikallio ym 2007, 15-17)

2.2 Betonin kuivuminen

Betoni on huokoinen materiaali, joka pyrkii hygroskooppiseen tasapainokosteuteen ympäristön kanssa eli käytännössä se joko kuivuu jolloin se luovuttaa kosteutta ympäristöön tai kostuu jolloin se vastaanottaa kosteutta ympäristöstä riippuen. Betonin kuivumiseen vaikuttavat useat eri tekijät, kuten betonin laatu, rakenteen paksuus, kuivumissuunnat, kosteuden määrä, tiiveys ja tärkeimpänä kuivumisolosuhteet. Tuoreeltaan betonin suhteellinen kosteus on 100%. Hydrostaation eli betonin kovettumisen seurauksena sen RH% laskee betonilaadusta riippuen 90-98%, tätä kutsutaan sitoutumiskuivumiseksi. Sementin määrä vaikuttaa kuinka paljon sitoutumiskuivumista prosentuaalisesti tapahtuu. (Merikallio ym 2007, 20)

Rakenteen tiiveys vaikuttaa veden imukykyyn ja kosteuden siirtymiseen rakenteeseen ja rakenteesta pois päin. Betonin valmistuksessa käytetty veden määrä vaikuttaa siihen, kuinka paljon haihdutettavaa vettä rakenteessa on. Valmistuksessa käytetyn veden lisäksi ulkoisista tekijöistä voi päästä rakenteeseen kosteutta, joka osaltaan vaikuttaa kuivumisaikaan. Mitä myöhemmin rakenteeseen joutuu vettä ulkoisesta tekijästä johtuen sitä hitaammin rakenne kuivaa. Rakenteen paksuus ja kuivumissuunnat määrittävät kuinka pitkän matkan kosteus joutuu rakenteessa siirtymään, kunnes pääsee haihtumaan rakenteen pinnasta ympäristön ilmastoon. Esimerkiksi jos välipohjarakenne on toteutettu liittolaattarakenteena, se kuivaa vain toiseen suuntaan, jolloin kuivumisaika kasvaa huomattavasti. (Merikallio ym 2007, 20-21)

Rakenteen kuivumisolosuhteet ovat kuivamisen kannalta tärkein tekijä. Olosuhteiden pitää olla sellaiset, että betonissa oleva kosteus voi haihtua ympärillä vallitsevaan ilmastoon. Lämpötila vaikuttaa kosteuden siirtymiseen ja kykyyn sitoa kosteutta merkittävästi. (Merikallio ym 2007, 20-21)

Betoni kuivumisen alkuvaiheessa, kun pinta on vielä märkä, eniten kosteutta siirtyy kapilaarisesti ja betoni kuivuu nopeasti. Kapilaarista kuivumista tapahtuu, kun betonin suhteellinen kosteus on yli 97%. Kun betonin pinta on kuiva, kapilaarinen kuivuminen loppuu ja kosteus siirtyy vain diffuusion avulla, eli vesihöyryn muodossa. Diffuusion avulla kuivuminen on huomattavasti hitaampaa kuin kapilaarinen

kuivaminen. Diffuusion avulla tapahtuvaa kuivamista jatkuu, kunnes betonin suhteellinen kosteus on tasoissa ympäristössä vallitsevan kosteuden kanssa eli saavuttaa tasapainokosteuden. (Merikallio ym 2007, 21)

Betonin ei kuitenkaan tarvitse kuivua tasapainokosteuteen ympäristön kanssa, koska sen päällyste määrittää betonille sopivan suhteellisen kosteuden. Useimmat päällysteet määrittävät, että suhteellinen kosteus on enintään 80-90%. Koko betonilaatan ei tarvitse saavuttaa pinnoituskosteutta vaan riittää, että rakenteen paksuudesta riippuvassa arviointisyvyydessä alitetaan pinnoituskosteus. (Merikallio ym 2007, 20)

3 Betonin kosteuden mittaus

3.1 Johdanto

Betonin kosteuden mittaus ja sen dokumentointi ovat todella tärkeitä vaiheet ennen pinnoitus töiden aloittamista. Betonin eri pinnoitteilla on erilaiset vaatimuksia betonin suhteelliselle kosteudelle. Oikein tehdyillä mittauksilla voidaan saavuttaa varmuus onko betonin suhteellinen kosteus tarpeeksi matala pinnoittamista ajatellen. (RT 14-10984 2010, 1)

Uudisrakennustyömaalla kosteusmittaustulos määrittää, milloin betonilattia on päällystettävissä. Virheellisesti tehty mittaus voi johtaa lattian päällystystyön viivästymiseen ja sen seurauksena isoihinkin lisäkustannuksiin. Virheellisesti tehty mittaus voi myös johtaa liian aikaiseen päällystämiseen, joka taas voi johtaa kosteusvaurioon ja siitä syntyviin toiminnallisiin, taloudellisiin sekä terveydellisiin haittoihin. Pahimmassa tapauksessa kosteusvaurion syntyessä kustannuksia lisää oikeudenkäyntikulut, kun kiistellään korvausten määräästä, ja siitä, kuka on kenellekin korvausvelvollinen. Näin ollen, päällystettävien betonipintojen kosteuden mittauksen taloudellinen vaikutus rakennushankkeessa voi olla huomattava. (RT 14-10984 2010, 1)

Mittaaminen ja sen dokumentointi ovat todella tärkeitä työvaiheita, joiden tärkeys korostuu vasta rakennuksen valmistumisen jälkeen. Kosteuden mittaamisen voi tehdä monella eri menetelmällä ja tavalla. Tärkeää on, että mittauksen suorittaa

siihen koulutettu henkilö, jolla on asianmukainen mittauskalusto. (RT 14-10984 2010, 1)

Kosteuden mittausta suositellaan tehtäväksi koko kuivumisajan, jotta rakenteen kuivumista voidaan seurata. Näin toimimalla pystytään arvioimaan kuivatuksen tarvetta ja saadaan varmuus betonin päällystämiseksi. (RT 14-10984 2010, 1)

3.2 Mittalaitteet

Betonin kosteuden mittaamiseen on suunniteltu paljon erilaisia mittareita.

Mittalaitteen koko on suositeltavaa olla mahdollisimman pieni ja painoltaan kevyt, jotta lämpötilamuutosten vaikutukset mittaustuloksiin ovat mahdollisimman pienet. Useimmat sähköiset mittauslaitteet perustuvat sähkökapasitiivisiin ilmiöihin. (RT 14-10984 2010, 2)

Suhteellisen kosteuden mittauslaitteet koostuvat mittapäädästä, joka mittaa tuloksen ja näyttölaitteesta, joka sen sijaan ilmoittaa tuloksen. On olemassa myös näyttölaitteita, jotka toimivat tiedonkeruuyksikköinä. Mittauslaitteen tulee olla kalibroitu. (RT 14-10984 2010, 2)

3.3 Mittaustarkkuus

Mittaustarkkuus on suurelta osin kiinni mittauslaitteesta, mittausolosuhteista ja mittaustyöntekijästä. Mittauslaitteen Parhaimmillaan tarkkuus suhteellista kosteutta mitattaessa on $\pm 1\%$. Yleisesti rakennustyömailla käytetyn rakenne kosteusmittauskaluston tarkkuus on $\pm 2\text{...}3\%$. (RT 14-10984 2010, 2)

3.4 Kosteusmittaajan pätevyys

Rakenteiden kosteuden mittaajalta edellytetään perehtymistä rakennustekniikkaan, sekä riittävää tietämystä rakenteista ja rakennusmateriaaleista. Mittaajalta vaaditaan rakennusfysiikan tuntemusta ainakin lämpö- ja kosteustekniikasta. Hänen tulee ymmärtää, miten kosteus käyttäytyy rakenteessa eri olosuhteissa. Mittaajan tulee tuntea rakenteen, materiaalien ja rakennuksen lämpötila. Mittaajan tulee olla perehtynyt mittausvälineiden toimintaan ja käytön edellytyksiin ja rajoituksiin. Lisäksi

mittaajan pitää kyetä tulkitsemaan ja raportoimaan mittaustulokset oikein. (RT 14-10984 2010, 3)

Rakenteiden kosteuden ammattipätevyyden todistamiseksi pitää olla osoittaa asiakirja – pätevyystodistus. VTT:llä avaa lyhenne on olemassa henkilösertifikaatti rakenteiden kosteuden mittauksesta. VTT:n henkilösertifikaattikoulutukseen vaaditaan rakennustekninen peruskoulutus tai kolmen vuoden työkokemus talonrakennusalalta. Näiden lisäksi vaaditaan rakennusteknistä osaamista, rakenteiden ja rakennusmateriaalien riittävää tuntemusta.

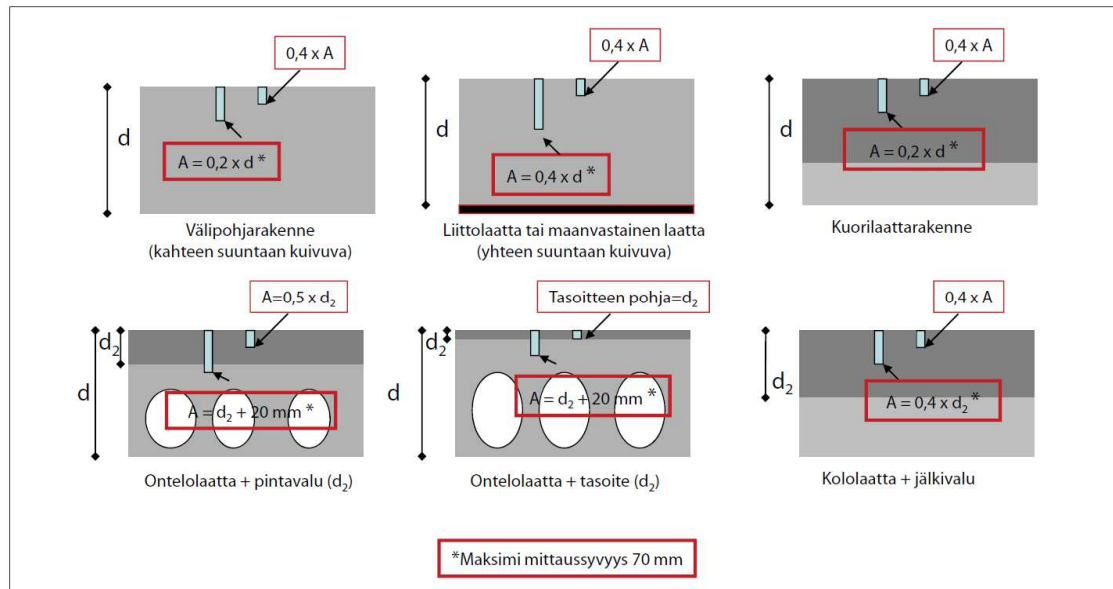
(www.vttexpertservices.fi)

3.5 Mittaus menetelmät

Suhteellista kosteutta rakenteessa voidaan mitata tarkoilla tai suuntaa-antavilla menetelmillä. Suuntaa-antavilla menetelmillä, kuten pintakosteusmittarilla, on hyvä etsiä rakenteen kosteimmat paikat tarkempaa mittausta varten. Näin toimimalla annetaan lisää luotettavuutta mittaukselle. Tarkkoihin menetelmiin luokitellaan kaksi mittaumenetelmää, porareikämittaus ja näytepalamittaus. Suuntaa-antavia mittareita ovat muun muassa edellä mainittu pintakosteusmittari ja betoniin jo valun aikana lisättävä anturi. (RT 14-10984 2010, 3)

3.5.1 Porareikämittaus

Porareikämittaus on herkkä mittaus olosuhteille, se on tarkimmillaan +15C ja +25C välissä. Tämän lisäksi olosuhteiden pitää olla mahdollisimman lähellä rakennuksen normaalia käyttölämpötilaa. Rakenteessa olevan mittapään ja betonin pinnalla olevan mittalaitteen lämpötilaero ei saa olla yli 2C. Jos mittauksilta vaaditaan tarkkuutta ja olosuhteet eivät täytä edellä mainittuja raja-arvoja, niin mittaus tulee tehdä koepalamittauksella. Porareikämittauksessa rakenne ja sen paksuus määrittää kuinka syvältä kosteutta mitataan, mutta RT 14-10984 määrittää porareikämittauksen maksimi syvyydeksi 70mm ja minimiksi 10mm. (RT 14-10984 2010, 3)



Kuva 1: Mittausvyvydet eri rakenneratkaisuilla rakennepaksuudesta riippuen. (RT14-10984 2010, 14)

Porareian tekeminen muuttaa huomattavasti betonissa vallitsevaa kosteuspitoisuutta, koska reiän sisälle työntyy kosteutta poraamalla poistetusta materiaalista. Tästä syystä heti poraamisen jälkeen ei saada luotettavia poraustuloksia. RT-ohjekortin mukaan 72 tuntia on minimiaika porauksesta, jonka jälkeen voidaan aloittaa mittaaminen. (RT 14-10984 2010, 3-6)

Hyvään mittaustarkkuuteen vaikuttaa kuinka kauan mittapää pääsee tasaantumaan reiässä. Tasaantumisaika on tärkeä, koska aina kun mittapää liitetään mittausputkeen, mittaputkessa vallitseva kosteus pääsee puskemaan huoneilmaan. Alle 60 minuutin tasaantumisaika nopeimmillakin mittauspäillä saattaa johtaa huomattavasti todellisuutta alhaisempaan kosteusarvoon. (RT 14-10984 2010, 3-6)

3.5.2 Näytepalamittaus

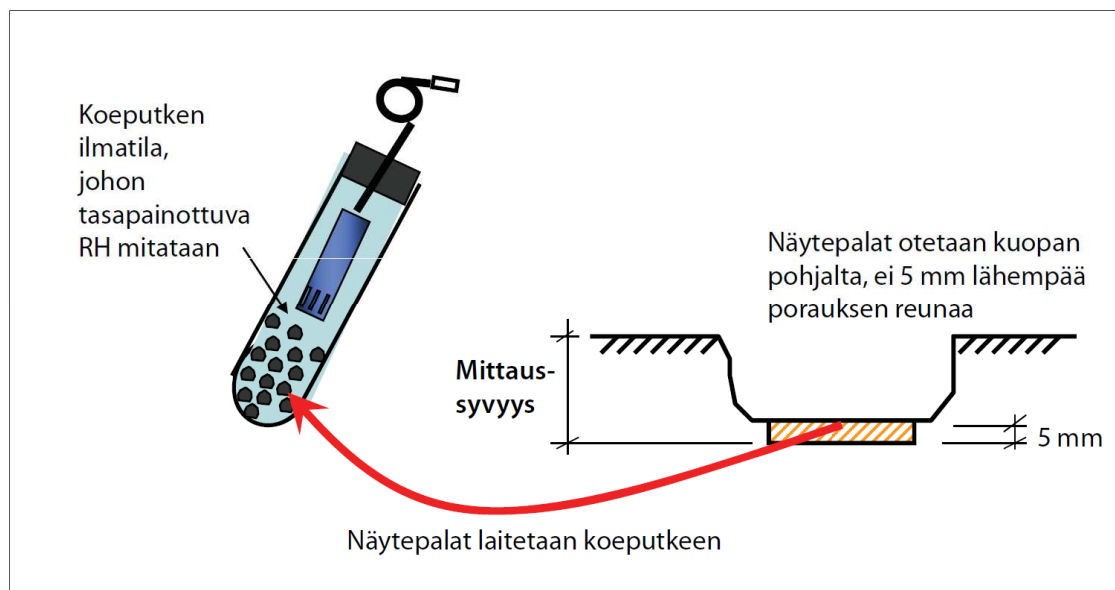
Näytepalamittausmenetelmää on tarkoitus käyttää, kun olosuhteet ovat epävakait, tulos tarvitaan nopeasti tai muuten pyritään mahdollisimman hyvään mittatarkkuuteen. Näytepalamittauksen vahvuutena pidetään sitä, että näytteen voi halutessaan ottaa vaikeissakin olosuhteissa. Näytepalamittauksen mahdollisiksi lämpötilaolosuhteiksi on määritetty -20C...+80C. (RT 14-10984 2010, 3)

Näytepalamittauksessa betonirakenteeseen tehdään ympyrä-ura, joka on halkaisijaltaan 50mm – 100mm. Ympyrä-ura tulee tehdä kuivamenetelmällä ja 5mm haluttua

mittaussyvyyttä ylemmäksi. Mittaussyvyiden yläpuoleinen betoni poistetaan, jonka jälkeen kuopan pohjalta piikataan näytepaloja. Nämä palat tulee olla 5mm kuopan seinämistä irti. Näytepalojen tulee olla pääosin vähintään 5mm x 5mm x 5mm. Näytepalojen tulee olla mahdollisimman suuria koeputken kokoon nähden, mutta niissä ei saa olla suuria runkoainerakeita. Näytepalojen poistamisen jälkeen mitataan kuinka syvältä näytepalat ovat otettu. Esimerkiksi 30mm syvän ympyräuran pohjalta piikatut näytepalat ovat syvyydeltä 30mm-35mm. (RT 14-10984 2010, 7)

Seuraavaksi näytepalat laitetaan koeputkeen, jonka on hyvä olla vähintään 20mm halkasijaltaan. Putkesta imuroidaan ylimääräiset betonimurut pois. Koeputkeen laitetaan vain halutulta mittasyvyydeltä olevia näytepaloja, ja paloja laitetaan yli yksi kolmasosa koeputken tilavuudesta, jotta betonipalojen suhteellinen kosteus tasaantuu varmuudella koeputken ilmatilaan. (RT 14-10984 2010, 7)

Koeputkeen asennetaan heti näytepalojen yhteydessä suhteellisen kosteuden mitta-anturi, ja koeputken pää tiivistetään huolellisesti vesihöyryntiiviillä kitillä. Koeputki siirretään olosuhteisiin, jotka vastaavat $\pm 2\text{C}$ tarkkuudella rakenteen lopullista käyttölämpötilaa (yleensä 20C). Koeputken annetaan olla edellä mainituissa olosuhteissa mitta-anturin tasaantumisaikasta riippuen vähintään 5-12 tuntia. Tämän jälkeen mitataan suhteellinen kosteus (RH) koeputkessa. Tulos vastaa silloin mitattavan betonin suhteellista kosteutta kyseisessä 20C vakio- 20C vakiolämpötilassa. (RT 14-10984 2010, 7)



Kuva 2: Periaatekuva näytepalojen ottamisesta. (RT 14-10984 2010, 7)

3.6 Mittausten laajuus

Betonin kosteus mittaukset voidaan jakaa kolmeen eri mittaukseen. Ensimmäisenä otetaan lähtötasomittaus. Mittaus tehdään yleensä, kun rakennuksen vesikatto on valmistunut tai voidaan olla varmoja, ettei rakenne pääse kastumaan. Lisäksi, lopullinen tai väliaikainen lämmitysjärjestelmä on kytketty päälle ja rakennuksen lämpötila on tasaantunut. Lähtötasomittaus antaa jo osviittaa siitä, millaisiin toimenpiteisiin tulee ryhtyä. Lähtötasomittauksen jälkeen aloitetaan seurantamittaukset. Seurantamittauksen mittauksia suoritetaan noin 2-4 viikon välein. Seurantamittauksen ideana on nimensä mukaan seurata kuivumista ja antaa arviota, milloin rakenteen voi pinnoittaa. Seuranta on todella tärkeä vaihe, jotta pysytään aikataulussa ja voidaan reagoida ajoissa kuivatuksen tarpeisiin. Seurantamittauksien mukaan seurataan riittääkö rakennusaikataulussa varattu kuivumisaika betonin kuivumiseen ennen pinnoittamista. Pinnoitteen asennettavuusmittaus on kolmas mittausvaihe. Seurantamittauksen antamien tuloksien perusteella tiedetään koska on oikea aika tehdä asennettavuusmittaus. Asennettavuusmittaus suoritetaan 0-2 viikkoa ennen pinnoituksen aloitusta. Tärkeää on, että mittaushetkellä olosuhteet ja rakenteen lämpötila ovat mahdollisimman lähellä käyttölämpötilaa. Jos rakenteen lämpötila on kuivatuksesta tai muusta johtuen korkeampi kuin käyttölämpötila päällystämisen jälkeen, voi syntyä niin sanottu kosteuspusku, joka tarkoittaa rakenteen keskelle paenneen kosteuden nousua rakenteen pintaan. (Merikallio ym 2007, 21)

Mittauspisteiden määrä ja paikat kannattaa harkita tarkasti, jotta saavutetaan tarpeeksi kattava ja luotettava mittaustulos. Mittauspaikan valinnassa oleellista on ottaa huomioon valupäivä, olosuhde-erot, rakenteiden kastuminen ja mikä pinnoite kyseiseen kohtaan tulee. Kosteimmat kohdat ovat yleensä kulkureitit ja aukkojen reunat. Tärkeää on tunnistaa rakenteet ja niiden riskipaikat. (Merikallio ym 2007, 21)

3.7 Tulosten raportointi

Mittausraportista tulee käydä ilmi kaikki mittaussuorituksen yksityiskohdat. Näin toimimalla myös raportin lukija voi tarkastella mittauksen laatua. Käytännössä

raportin tulisi olla niin yksinkertainen ja kattava, että asiaan perehtymätönkin pystyy ymmärtämään mitä on mitattu ja milloin.

Kosteusmittausraportin tulee olla kattava ja sisältää mittauskohdetiedot, jossa on kerrottu osoite, yhteyshenkilö ja hänen yhteystiedot. Raportissa tulee lukea mittauksen suorittaneen henkilön yhteystiedot ja mittauksen tarkoitus. Kohdetta tulee kuvata niin, että raportista selviää mitattu huoneisto tai tila. Lisäksi rakenneratkaisu, mahdollisesti betoninlaatu, valupäivä jolloin rakenne on valettu. Raportin lukua helpottaa piirros tai valokuva mistä selviää mittapisteiden sijainti rakennuksessa. Tärkeää raportissa on kuvailla *mittauslaitteisto, mittalaitetyyppi, mittapään numero, kalibrointiajankohta* (RT 14-10984 2010, 10). Muita tärkeitä tietoja raportissa voivat olla esimerkiksi mittauskohdan sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus, sekä ulkoilman olosuhteet. Lisäksi mittausvyvyys on merkittävä tieto raportissa. (RT 14-10984 2010, 10)

Mittausmenetelmä määrittää tarvitseeko ottaa kantaa tiettyihin asioihin. Esimerkiksi näytepalamittauksessa ei tarvitse laskea vesihöyrystisältöä, koska kaikki kosteusarvot luetaan samassa lämpötilassa. Näytepalamittauksissa esitetään näytteenottoajankohta, lukemienottoajankohta ja olosuhteet lukemieottohetkellä. Porareikämittauksessa taas kuvataan tarkasti porareian puhdistus, putkitus ja tiivystysoimenpiteet ja menetelmät. Porareikämittauksen suhteellisen kosteuden ja lämpötilan perusteella voidaan laskea vesihöyrypitoisuus. Mittaustulokset tulee esittää mahdollisimman tarkasti. Mittaustarkkuustarkastelu on olennainen osa raporttia, siinä otetaan kantaa mittaukseen liittyvät virheet ja epävarmuustekijät. Lisäksi kosteusmittaus raporttiin on hyvä tulkita saatuja tuloksia ja tehdä johtopäätökset niiden perusteella. (RT 14-10984 2010, 10)

3.8 Tulosten tulkinta

Mittaustulosten tulkintaa ei saa jättää omaan arvoonsa, koska betonirakenteiden kosteusmittaustulosten perusteella tehdään taloudellisesti merkittäviä päätöksiä. Mittaustulosten perusteella päätetään kuivatustarpeesta, betonin päällystämisaikakohdasta sekä purku- ja korjaustoimenpiteiden laajuudesta. Jotta tehdään oikeita päätöksiä ja valintoja, mittajaan pitää tuntea hyvin mittauskalusto ja

mittausmenetelmä. Lisäksi mittaajalta vaaditaan hyvää tuntemusta betonin materiaaliominaisuuksien ja mitattavan rakenteen rakennusfysikaalisesta toiminnasta. (Merikallio ym 2007, 28-29)

Betonissa oleva kosteus ei itsessään ole ongelma, sillä betonin lujuusominaisuudet eivät heikkene kosteuden vaikutuksesta. Liian korkea kosteus muodostuu ongelmaksi vasta kun se joutuu kontaktiin kosteusherkkien materiaalien kanssa joita ovat esimerkiksi puu, liima ja muovimatto. Betonirakenteen normaali kosteus saattaa vaihdella hyvinkin 30-97%RH:n välillä. Eli esimerkiksi muutaman vuoden vanhassa betonivälipohjan halkileikkauksen keskikohdassa voidaan pitää sallittuna jopa yli 90%RH:ta, kunhan rakenteen pinnassa, pinnoitteen välittömässä läheisyydessä RH% on huomattavasti alhaisempi. Maanvaraisessa betonirakenteen alapinnassa saattaa kosteus pysyä koko rakennuksen käyttöiän yli 90%RH, eikä se suoraan tarkoita, että rakenteessa olisi kosteusvaurio. Kosteusmittausten tuloksia tulkittaessa pitääkin ottaa huomioon useita asioita, kuten millä syvyydellä mikäkin kosteusprosentti vallitsee, miten nopeasti kosteus siirtyy betonissa ja millainen on pinnoitteen vesihöyrynläpäisevyys. (Merikallio ym 2007, 28-29)

3.9 Ympäristön lämpötilan vaikutus mittaustulokseen

Rakenteen suhteellista kosteutta mitattaessa täytyy ottaa huomioon mittaus hetkellä vallinneen ilman lämpötila. Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden perusteella voidaan määrittää vesihöyrypitoisuus (g/m^3) tai vesihöyrynosapaine, näiden perusteella voidaan määrittellä mihin suuntaan kosteus on liikkumassa. Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden perusteella ei voida määrittää betonissa olevan veden määrää, sillä menetelmä soveltuu vain ilmassa olevan kosteuden arviointiin. Menetelmä ottaa huomioon hetkellisesti betonin huokosten ilmatilassa olevan vesihöyrypitoisuuden. Näin ollen se ei ota huomioon betonin huokosten pintaan fysikaalisesti kiinnittynyttä vettä. Käytännössä betonikuution vesipitoisuus ilmakeuutioon verrattuna on todella suuri. Tarja Merikallion kirjassa "Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi" on esitetty havainnollistava esimerkki betoni- ja ilmakeuutioon vesimääristä: "kun lämpötila on 20C ja RH 80% ilmakeuutiassa on vettä noin 14g ja vastaavasti betonikuutiassa noin 100kg". (Merikallio ym 2007, 28-29)

4 Betonin alkaalisuus

4.1 VOC-emissiot

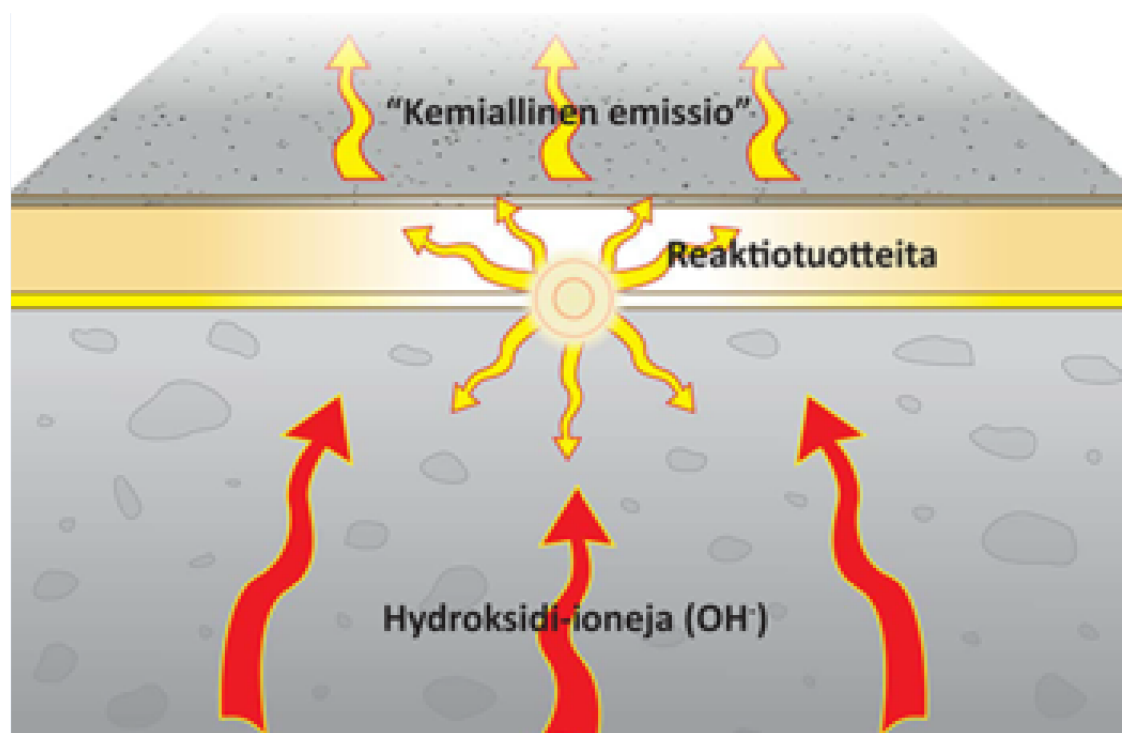
Volatile organic compound, eli VOC-emissiot ovat orgaanisia yhdisteitä, joita haihtuu ilmaan tiettyjen materiaalien reagoidessaan keskenään. Betonin alkaalisen kosteuden ja muovimaton mattoliiman reagoidessa voi syntyä VOC-emissioita. Tämä luo ongelman erityisesti silloin, kun muovimatto asennetaan suoraan raakabetonin päälle, ilman tasoitetta. Tämä johtuu betonin korkeasta alkaalisuudesta. VOC-emissioiden kertyessä huoneilmaan ne huonontavat sisäilmaa ja saattavat aiheuttaa ihmiselle muun muassa päänsärkyä ja huonovointisuutta. (www.sisailmayhdistys.fi)

4.2 VOC-emissioiden muodostuminen

Emissioiden muodostuminen voi johtua useasta eri tekijästä, kuten *rakenteen pinnan ilmanvaihdosta, eri yhdisteiden hyödynpaineesta, diffuusiokertoimesta materiaalissa sekä materiaalin tai rakenteen lämpötilasta ja kosteuspitoisuudesta* (Kylliäinen 2010, 13-14). Uusista lattianpäällystysmateriaaleista emittoituu erilaisia yhdisteitä huoneilmaan ensimmäisten kuukausien aikana. Nämä yhdisteet voidaan kuitenkin aistia kullekin materiaalille ominaisena hajuna. Materiaalin valmistuksessa käytettyjen aineiden emissioiden haihtumista kutsutaan ominaisemissioksi tai primääriemissioksi. (Kylliäinen 2010, 13-14)

VTT:n tutkimuksen mukaan uudet asuinrakennukset eivät tavallisesti saavuta sisäilmaluokituksen määrittämiä tavoitearvoja orgaanisten haihtuvien yhdisteiden (TVOC) sekä ammoniakkipitoisuuden suhteen luovutusvaiheessa (Kylliäinen 2010, 13-14). TVOC pitoisuus laskee vastaamaan sisäilmaluokituksen S1-S3 -luokkia (katso luku 4.4.1) keskimäärin kuuden kuukauden jälkeen rakennuksen käyttöönotosta. (Kylliäinen 2010, 13-14)

Liiallinen kosteus ja alustan eli betonin korkea pH-arvo vaurioittavat päällystemateriaaleja ajan saatossa. Muovimatossa käytettävät mattoliimat ja lattiapäällysteissä olevat orgaaniset aineet hajoavat alkalisen hydrolyysin seurauksena ja muodostavat huoneilmaa pilaavia haihtuvia orgaanisia yhdisteitä eli VOC-päästöjä. (Kylliäinen 2010, 13-14)



Kuva 3: Liima-aineet ja lattiapäällysteissä olevat orgaaniset aineet hajoavat alkalisen hydrolyysin seurauksena. (weber.fi)

Betonilaadusta riippuen betonin pH-arvo on noin 13-14, jolloin se mielletään todella emäksiseksi aineeksi. Korkeasta emäksisyydestä on hyötyä, sillä se suojelee raudoitustaan muodostamalla tiiviin oksidikalvon rautojen ympärille. Toisin kuin raudoille, korkea pH on myrkyä muovimatolle ja sen liimalle. (www.finnsementti.fi)

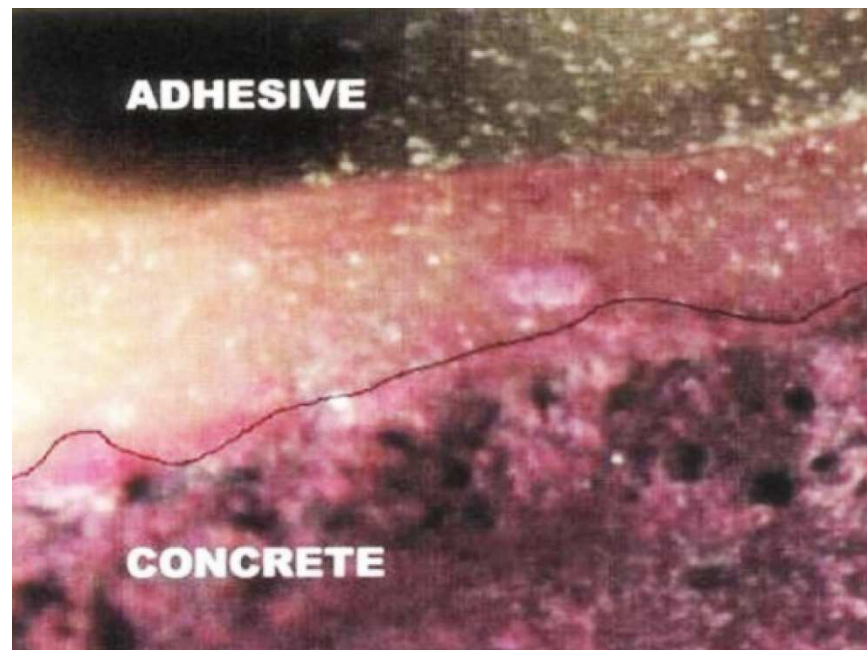
Aine	pH	Aine	pH
Akkuhappo	<1,0	Maito	6,5
Mahahappo	2,0	Tislattu vesi	7,0
Sitruunamehu	2,4	Ihmisen sylki	6,5–7,4
Kolajuomat	2,5	Veri	7,34 - 7,45
Etikka	2,9	Merivesi	8,0
Appelsiinimehu	3,5	Käsisäippua	9,0–10,0
Olut	4,5	Ammoniakki	11,5
Kahvi	5,0	Pyykinpesuaine	12,5
Tee	5,5	Kodin putkimies	13,0
Happosade	< 5,6	Lipeä (NaOH)	13,5

Kuva 4: Betonin pH-arvo on noin 13, pH-arvo kertoo emäksisten OH^- -ionien konsentraatiota vesiliuoksessa.

Betoni, tasoite, liima ja lattianpäällyste muodostavat yhdistelmän, joka voi muodostaa kemiallisia reaktioita joutuessaan etenkin kosteuden kanssa tekemisiin. Kylliäinen (2010) kertoo opinnäytetyössään, että betonin alkalinen kosteus voi aiheuttaa lattia-materiaalissa ja sen kiinnitysliimassa kemiallista hajoamista, jota kutsutaan saippuoitumiseksi. Saippuoitumisen seurauksena kiinnitysliima ei pidä ja maton pehmitinaineet hajoavat, jonka seurauksena matto menettää joustavuutensa ja kovettuu. Matossa käytetyn kiinnitysliiman hajoamisen seurauksena syntyvät *yhdisteet ovat hydrolyysi- ja hapettumistuotteita kuten: alkoholit, aldehydit, ketonit ja hapot, näistä tunnetuin 2-etyliheksanoli* (Kylliäinen 2010, 13-14). 2-etyliheksanoli yhdiste syntyy, kun PVC-muovin ftalaatti-pohjainen pehmitin hajoaa muovissa. Tällaisen hajoamisreaktion voi pahimmillaan havaita hajuna ja tummina laikkuina PVC-matossa. Hajoamisreaktiossa syntyvät kemialliset yhdisteet saattavat erittyä sisäilmaan, ja imeytyä alla olevaan materiaaliin eli betoniin ja tasoihteeseen. Ulkoisista tekijöistä, kuten kosteudesta syntynyttä emissiota kutsutaan sekundääriemissioksi. *Sekundääriemissioita on*

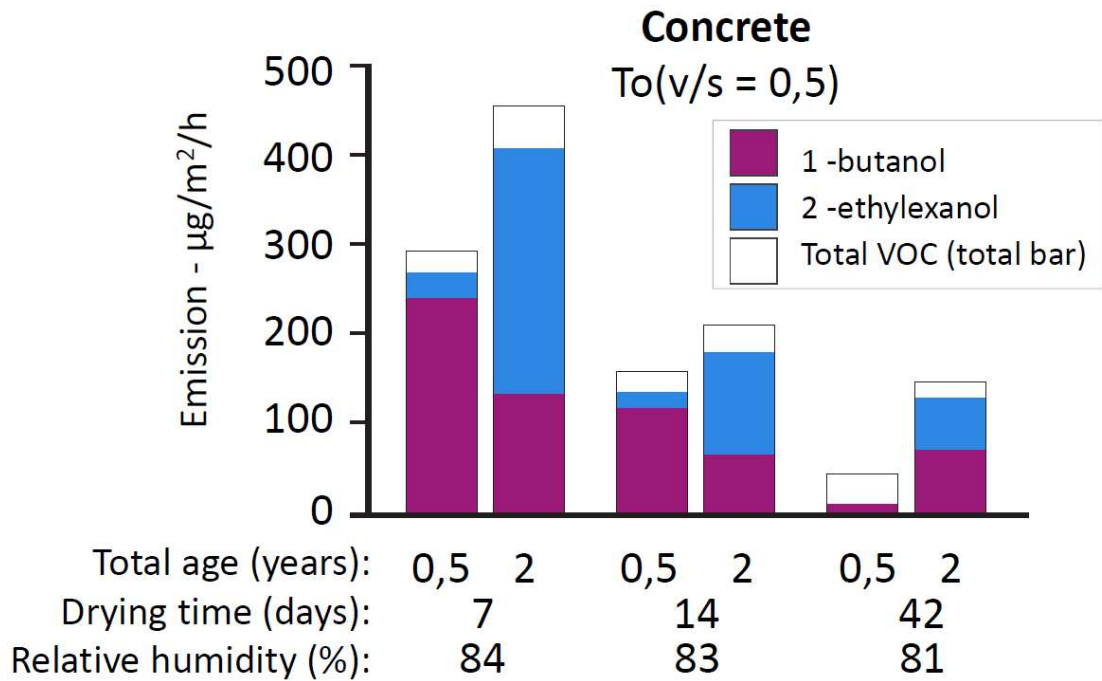
yleisesti todettu syntyvän kun muovimatto liimataan liian kostean betonin päälle.

(Kylliäinen 2010, 13-14)



Kuva 5: Kosteuden ja alkalisuuden vaikutus. Ylhäällä mattoliima, keskellä saippuoitunutta mattoliimaa ja alhaalla betonipinta.

Betonilattian ja muovimattojen emissioiden ja suhteellisen kosteuden välillä on selkeä yhteys. Emissioita muodostuu huomattavasti enemmän, kun betonin suhteellinen kosteus nousee betonin pinnassa muovimaton alla. Betonin suhteellisen kosteuden kriittisenä arvona, mitä ennen sitä ei saa pinnoittaa, voidaan pitää RH 85%:a, silloin kun kosteus on mitattu betonin pinnasta muovimaton alta rakenteen arviointisyvyydestä. Arviointi syvyys vaihtelee rakennekohtaisesti (katso luku 3.5.1). Markkinoille on kehitetty matala-alkalisia tasoitteita, joiden tehtävänä on muodostaa matala-alkalinen kerros betonin korkean alkalisuuden tilalle. Tasoitteen käyttö on suositeltavaa etenkin, jos pinnoitettava alusta on korkealujuusbetonia. Korkealujuusbetonin valmistuksessa käytetään huomattavan paljon sementtiä ja tästä johtuen sen alkalipitoisuus on huomattavan korkea. Korkealujuusbetonin tiiveydestä johtuen liiman kosteus imeytyy betoniin tavanomasta betonia huonommin, jolloin se nostaa pintaosan kosteutta. (Kylliäinen 2010, 13-14)



Kuva 6: Kosteuden vaikutus on merkittävässä roolissa päästöjen muodotumiseen.

Kuvassa 5 on tutkittu laboratorio- että työmaaolosuhteessa, miten liimattu PVC-matto toimii eri alustoilla. Mittaukset suoritettiin kahdessa osassa. Ensimmäinen mittaus suoritettiin puolen vuoden jälkeen pinnoittamisesta. Silloin 1-butanolipäästöt olivat vallitsevat. Tämän voidaan tulkita johtuvan betonin alkalisuuden vahingoittamasta liimasta. Toinen mittaus suoritettiin kaksi vuotta pinnoittamisen jälkeen. Silloin 2-etyyliheksanoli oli lisääntynyt huomattavasti, joka voidaan olettaa johtuvan PVC:n pehmenninaineen hajoamisesta. (Liimainen, 2016)

Materiaalista tapahtuva emissio vaikuttaa sisäilman koostumukseen. Ilman riittävää ilmanvaihtoa yhdisteet voivat kerääntyä sisäilmaan, ja näin ollen ihminen altistuu yhdisteille. Jotkut yhdisteet suurina määrinä sisäilmassa voivat aiheuttaa ihmiselle erilaisia oireita joista esimerkkinä iho-oireet, silmien kirvely, päänsärky ja pahoinvointi. (Merikallio ym 2007, 39)

4.3 Orgaanisten yhdisteiden enimmäisarvot

Suomessa julkaistiin vuonna 1995 alustava ohjeisto, jossa on määritetty sisäilman laatuluokat pitoisuusrajoineen ja rakennusmateriaaleille sallittavat emissioiden raja-

arvot. Vuonna 2001 ohjeisto korvattiin Sisäilmaluokitus 2000:lla, mutta sen uusin versio on julkaistu vuonna 2008, se kantaa nimeä Sisäilmaluokitus 2008. (Sisäilmayhdistys.fi)

Kemiallisten, sisäilmassa esiintyvien haihtuvien yhdisteiden kokonaismäärä ilmoitetaan usein termillä TVOC (Total volatile organic compounds) (Kylliäinen 2010, 17). TVOC-mittaustulosta ei sellaisenaan toimi yhdisteiden terveyshaittojen arvioinnissa, mutta kohonnut TVOC-pitoisuus (yli 600 µg/m³) indikoi epätavallisen suuresta kemiallisten yhdisteiden määrästä sisäilmassa. (Kylliäinen 2010, 17)

Ammoniakki on yhdiste jonka ihmiset voivat haistaa, mutta sen hajukynnys vaihtelee suuresti (100–37 000 µg/m³) (Kylliäinen 2010, 17). Erilaisten amiinien hajukynnykset ovat 10-100 kertaa pienempiä kuin ammoniakkin. Amiinit aiheuttavat herkemmin ärsytystä kuin ammoniakki, ja ärsytysoireita voi ilmestyä jo, kun pitoisuus kohoaa yli 160-410 µg/m³ (Kylliäinen 2010, 17). Sisäilman niin sanottua tavanomaista ammoniakki pitoisuutta voitane pitää 10-20 µg/m³, mutta jos sisäilman ammoniakkipitoisuus ylittää arvon 40 µg/m³, pitoisuutta voidaan pitää tavanomaista korkeampana. (Kylliäinen 2010, 17)

Formaldehydi on yhdiste, joka ärsyttää silmiä ja ylempiä hengitysteitä. Ihmisten herkkyys formaldehydin ärsytysvaikutukselle vaihtelee paljon. Formaldehydin hajukynnys on noin 35 µg/m³. Formaldehydi voi aiheuttaa ärsytysoireita todella pienissäkin pitoisuuksissa (5-10 µg/m³). (Kylliäinen 2010, 17)

4.4 Sisäilmaluokitukset

Sisäilmayhdistys ry:n julkaisemassa Sisäilmaluokitus 2008 ohjeistossa on koottu suositusarvoja sisäilman olosuhteisiin vaikuttavista tekijöistä suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Tavoitteena tällä on, että rakennuksissa saavutettaisiin sisäilmalle haluttu laatu. (Sisäilmayhdistys.fi)

4.4.1 Sisäilmaluokituksen kategoriat

Sisäilmaluokituksessa sisäilmasto on jaettu kolmeen laatukategoriaan: S1, S2 ja S3.

Laatuluokka S1 (yksilöllinen sisäilmasto)

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. (RT 07-10946 2008, 4)

Laatuluokka S2 (hyvä sisäilmasto)

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. (RT 07-10946 2008, 4)

Laatuluokka S3 (tydyttävä sisäilmasto)

Tilan sisäilman laatu täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. (RT 07-10946 2008, 4)

Sisäilmayhdistys huomauttaa, että pelkkä teknisten tavoitearvojen täyttyminen ei riitä pääsemään tavoitteiden mukaiseen sisäilmastoon. Luokituksessa on esitetty perusvaatimukset S1- ja S2- luokkien tiloille: *P1-luokan rakennus- ja IV-työt, M1-luokan materiaalit ja ilmanvaihtotuotteet, kosteuden hallinta suunnittelussa ja työmaalla* (Sisäilmayhdistys.fi). Nämä sisältävät yksityiskohtaisempia ohjeita hyvän sisäilmaston varmistamiseksi. (Sisäilmayhdistys.fi)

Aiemmin tavoitearvioina esitetyt epäpuhtaudet kuten formaldehydi, VOC:t ja pienhiukkaset on korvattu vaatimuksilla M1-luokan rakennusmateriaalien ja tuloilmasuodattimien käytössä. Tämä ei tarkoita, että epäpuhtauksien tärkeys olisi vähentynyt, vaan sitä, että suunnittelijat eivät pysty saamaan tarpeeksi tarkkoja arvoja työmaalle tulevista aineista, jotta he pystyisivät tekemään mitoitusta vaarallisten yhdisteiden määrästä. Lisäksi TVOC-pitoisuutta on käytetty väärin muun muassa sisäilmaongelmien arviointiin. Myös sisäilmaongelmien todentaminen on ollut hankalaa. (RT 07-10946 2008, 8)

Taulukko 1: Kemiaaliset epäpuhtauksien raja-arvot (sisailmayhdistys.fi)

Sisäilman laatuluokka	TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ammoniakki ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Formaldehydi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
S1	200	30	30
S2	300	30	50
S3	600	40	100

4.5 Rakennusmateriaalien päästöluokitukset

Rakennusmateriaaleille on laadittu oma päästöluokitus, jossa on rajattu tavoitearvot vähäpäästöisille materiaaleille. Rakennustietosäätiö myöntää materiaaleille luokituksen. Testaamattomille materiaaleille ei myönnetä luokitusmerkkiä.

Rakennusmateriaalien päästöluokat on jaettu kolmeen luokkaan, jotka ovat M1, M2 ja M3. Laatuluokka M1 tarkoittaa, että tuotteet ovat emissiotestattu ja tuotteet täyttävät M1 vaatimukset. Laatuluokka M2 tarkoittaa, että tuotteet ovat emissiotestattu ja tuotteet täyttävät M2 vaatimukset. Laatuluokka M3 tarkoittaa, että tuote on emissiotestattu, mutta ylittää M2 luokan vaatimukset.

Taulukko 2: Sisäilmaluokituksen määrittämät vaatimukset eri yhdisteiden pitoisuuksille luokissa M1 ja M2 (RT 07-10946 2008, 17)

Materiaalin laatuluokka	TVOC* (mg/m ² h)	Ammoniakki (mg/m ² h)	Formaldehydi (mg/m ² h)	IARC:n luokkaan 1 kuuluvat karsinogeeniset aineet (mg/m ² h)	Haju (kouluttamaton paneli)
M1	0,2	0,03	0,05	0,005	>0,1
M2	0,4	0,06	0,125	0,005	0,1

*) yhdisteistä on tunnistettava vähintään 70%, laastit, tasoitteet ja silotteet eivät saa sisältää kaseiinia.

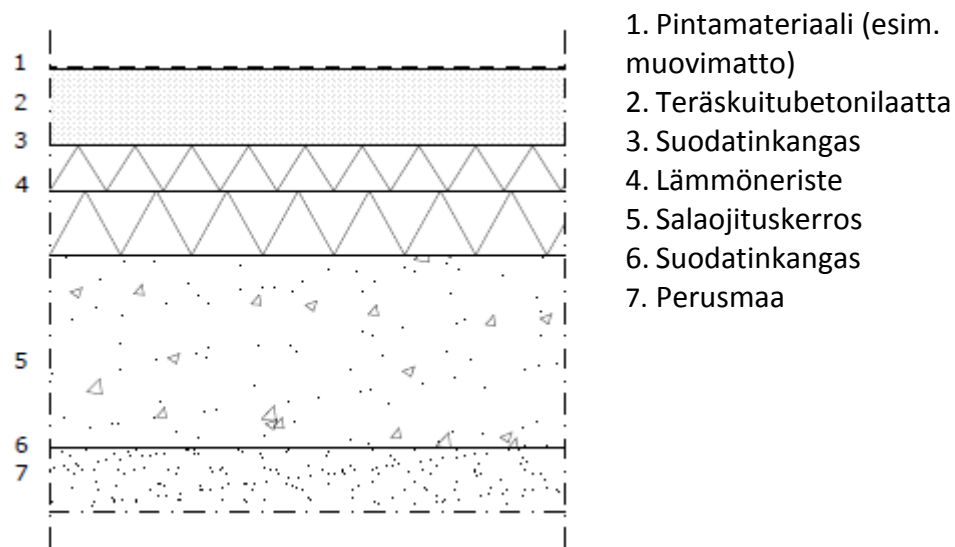
5 Nykytilanne

5.1 Kosteusteknisesti kriittisten rakennusosien kartoittaminen

Kosteuden hallintaa tutkittaessa on tärkeää löytää kriittisimmät paikat, joista voi syntyä ongelmia. Sellaisia paikkoja ovat rakenteet, jotka pääsevät kuivamaan vain yhteen suuntaan ja rakenteet, jotka eivät pääse kuivamaan pinnoittamisen jälkeen ollenkaan. Alle on kerätty erään toimitilarakennuksen haastavimmat rakenteet. Näitä paikkoja voidaan pitää rakennuksen kriittisimpinä paikkoina.

5.2 Betonirungon kosteusteknisesti haastavimmat rakennetyypit:

5.2.1 Alapohja

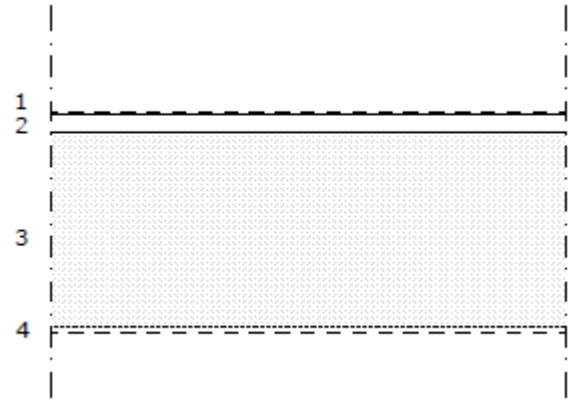


Kuva 7: Alapohja rakenne.

Kuva 6. rakennetyyppi toimii seuraavasti. Perusmaan kosteus pyrkii nousemaan kapillaarisesti ylöspäin. Salaojituseros toimii kapillaarikatkona, joka estää maankosteuden nousemasta eristeisiin. Näin ollen betonilaatta kuivaa huonosti alaspäin ja ylhäällä oleva muovimatto estää sen kuivumista ylöspäin. Joten ennen muovimaton asennusta pitää varmistaa, että betonilaatta on riittävän kuiva pinnoittamiselle. Muovimaton valmistaja määrittää kuinka alhainen kosteuden pitää olla betonissa ennen pinnoittamista.

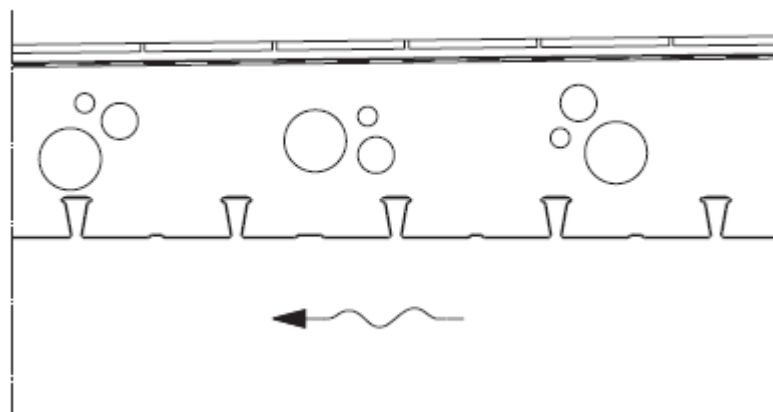
5.2.2 Liittolevyrakenne välipohja

1. Pintamateriaali (esimerkiksi muovimatto)
2. Tasausvalu
3. Teräsbetoni-laatta
4. Pintakäsittely (esimerkiksi pölynsidontamaalaus)



Kuva 8: Välipohja rakenne.

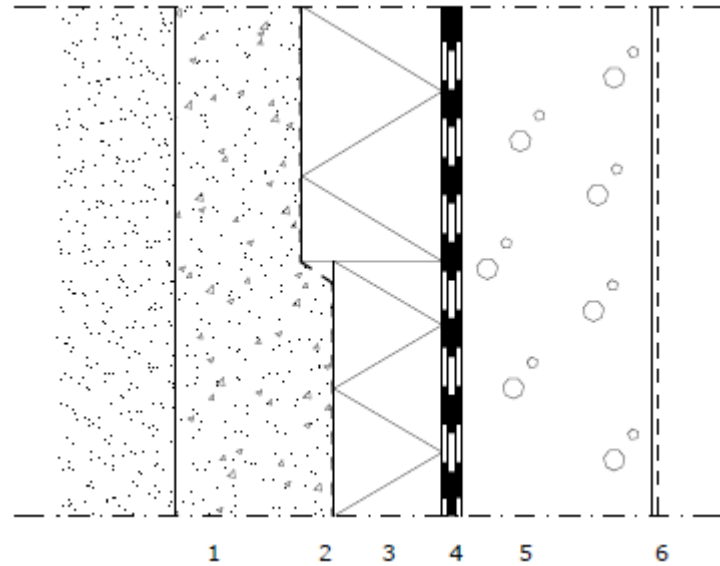
Paikallavalettuja välipohjarakenteita toteutetaan toisinaan liittolevyrakenteena (katso kuva 8.). Liittolevyä käytetään usein kun rakenteen muotti on sellaisessa paikassa, ettei sitä ole järkevää purkaa. Liittolevy toimii itsessään muotin pintana ja näin ollen jää valuun kiinni eikä sitä irroiteta siitä ollenkaan. Välipohjarakenteesta tulee todella kriittinen kuivumisen kannalta siinä vaiheessa, kun todetaan, että rakenne toteutetaan liittolevyrakenteena. Näin ollen rakenne ei pääse kuivamaan kuin ylöspäin.



Kuva 9: Periaatekuva liittolevyrakenteesta. (RT 83-10902, 10)

5.2.3 Maanpaineseinä

1. Perusmuurin vierustäytöt ja salaojituskerros
2. Perusmuurilevy
3. Solumuovieriste
4. Vedeneriste
5. Teräsbetoniseinä
6. Pintamateriaali



Kuva 10: Maanpaineseinä rakennetyyppi.

Tämän rakennetyypin teräsbetonirakenne ei pääse kuivumaan kuin kohti pintamateriaalia. Kun rakenteeseen määritetään seinille nostettava muovimatto, rakenteen kuivuminen loppuu lähes kokonaan. Seinille nostettava muovimatto on tuttu näky sairaaloiden seinillä noin metrin korkeudella. Se suojaa seinää paremmin kuin tasoitteet. Muovimatto estää teräsbetoniseinän kuivumisen pinnoituksen jälkeen. Näin ollen seinän tulee saavuttaa pinnoitusmateriaalin vaatima sallittu kosteuspitoisuuden raja-arvo ennen pinnoitusta.

5.3 Pintamateriaalit ja niiden kosteustekniset raja-arvot

Eri tiloihin on suunniteltu omat päällystemateriaalit lattioille, seiniin ja kattoon. Alustan kosteutta tulee seurata, mikäli päällystemateriaaleille ja niiden alustalle on määritetty kosteuspitoisuusraja-arvot.

Kosteusraja-arvoja on määritetty muun muassa sisäRYL ja betonilattiaohjeissa (BY). Näiden lisäksi materiaalin valmistajilla on määritetty tuotteeseensa liittyviä kosteusteknisiä raja-arvoja ja yleisohjeita, joita tulee noudattaa. Taulukossa 3 on havainnollistettu yleisimpien päällystemateriaalien kosteusrajoja.

Taulukko 3: Sallitut kosteusrajapitoisuuksien raja-arvot päällystemateriaaleille.

Päällystenimike	Materiaali	Sallittu kosteuspitoisuuden raja-arvo RH (%)
Lattiatyypit LP1, LP2, LP3 esim Tarkett IQ granit	Muovimatto	syvyydeltä A 85% ja syvyydeltä 0,4*A 75%
Lattiatyypit LP4, LP5 esim. Tarkett IQ granit SD, RTV Altro Suprema II	Muovimatto, sähkötilat ja kosteat tilat	syvyydeltä A 85% ja syvyydeltä 1-3 cm pinnasta 75 %
Lattiatyyppi LP6 esim. Urheilulattiat-Indoors Regupol Everrol	Kumipäällyste, sisäliikuntatilat	85 %
Lattiatyyppi LP7 Laattapiste Minos, porcellano	Laatta	90 % pinnassa, 1-3 cm syvyydellä 75 %
Lattiatyyppi LP8 esim. Basf Mastertop1325 AB+hiutale	Polyuretaanipinnoitusjärjestelmä	
Lattiatyyppi LP9 esim. Basf Mastertop 1730+hiutale	Epoksinpinnoitus	asennetaan 2-3 vrk vanhalle betonille, josta on poistettu sementtiliima
Vedeneristys laattaseinien alle esim Weber Vetonit tai Ardex	Vedeneristys	90% (Vetonit) tai 95% (Ardex 8+9)

5.4 Kuivumisen aikataulusuunnittelu

Rakenteille, jotka päällystetään kosteusherkillä alueilla, laaditaan kuivumisaika-arviot erilaisissa toteutusolosuhteissa. Jos kohteessa olevien rakenteiden suunniteltu kuivumisaika todetaan liian pitkäksi, eikä muut työvaiheet mahdollista tarpeeksi pitkää kuivumisaikaa täytyy miettiä muita menettelytapoja.

Menettelytapavaihtoehtoja ovat esimerkiksi materiaalinvalinta, rakenneratkaisut ja tehostettu kuivaus. Taulukossa 4 on esitetty kosteudenhallintasuunnitelman aikatauluja, ja mahdollisia menettelytapoja aikataulun pitämiseksi.

Taulukko 4: Esimerkki kuinka kosteudenhallintasuunnitelmassa tulee selvittää, joka kerroksen valu- ja päällystysajankohdat, sekä kuivumisajat viikkoina. Luvut tulee perustua suoraan kohteen yleisaikatauluun.

kr	valu / pintavalu	päällystys matto	lämpö päälle	kok. kuiv.aika *) (valusta)	tod. kuiv.aika *) (lämpö)	Huom!
K mv	52/2016	21/2018	36/2017	73 vko	35 vko	
1	44/2016 19/2017	19/2018	36/2017	52 vko	35 vko	
2	50/2016 23/2017	16/2018	36/2017	45 vko	30 vko	
3	4/2017 26/2017	14/2018	36/2017	40 vko	28 vko	
4	10/2017 30/2017	11/2018	36/2017	33 vko	27 vko	
5	16/2017 32/2017	9/2018	36/2017	29 vko	25 vko	
6	23/2017 32/2017	47/2017+ 17/2018+ +	36/2017	15 vko+ 37 vko++	11 vko+ 33 vko++	+pinnoitus koneiden alle ++pinnoitus koko lattia

*) Kokonaiskuivumisaika tarkoittaa aikaa valusta, todellinen kuivumisaika tarkoittaa aikaa siitä, kun lämpö on kytketty päälle.

6 Toimenpiteet

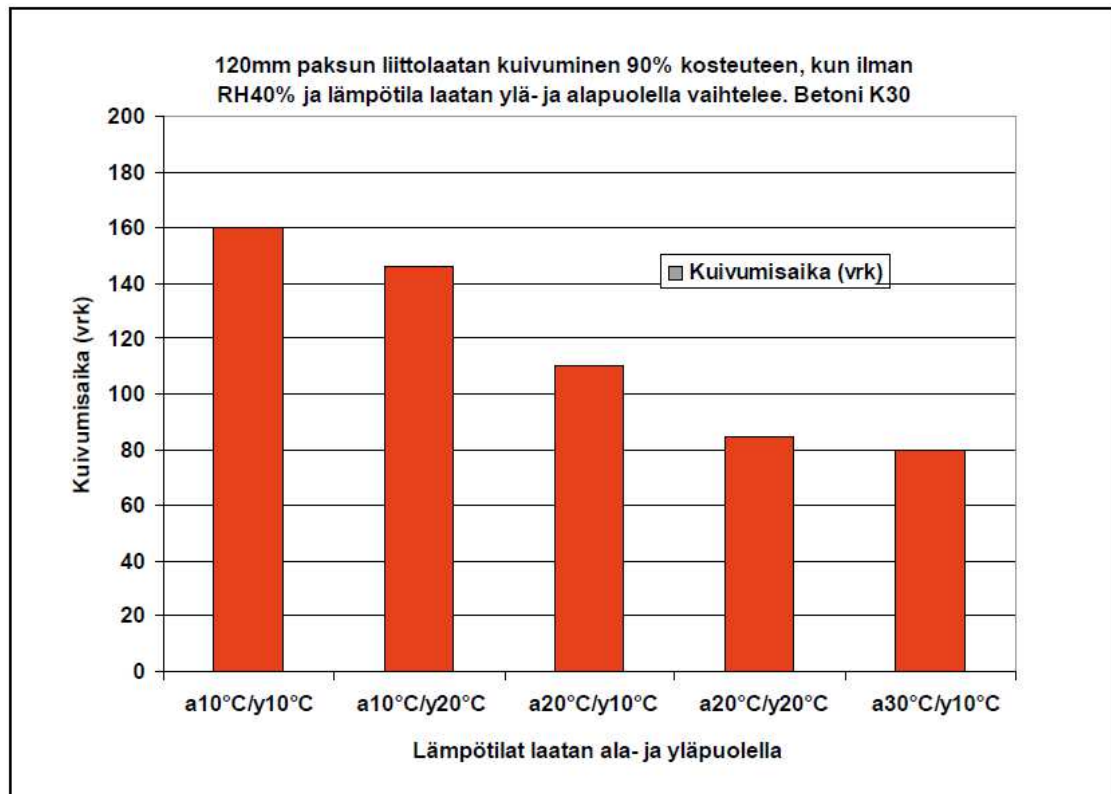
6.1 Keinoja rakennekosteuden vähentämiseksi

Rakenteiden kuivattamiseen on useita erilaisia keinoja. Ei ole yhtä oikeaa ratkaisua. Kuivattamisessa on tärkeää tietää, miten kosteus kussakin rakenteessa liikkuu ja mikä on rakenteen kosteusvirralle luonnollinen suunta. Tärkein asia on kuitenkin, että ympäröivä ilma on tarpeeksi kuivaa, jotta rakenteesta haihtuva kosteus pääsee poistumaan rakenteesta siihen. (Lumme 1997, 19)

Perinteisin tapa vähentää rakennekosteutta on ympäröivän ilman lämmittäminen ja tuulettaminen. Tämä ei ole se tehokkain, mutta usein taloudellisesti edullisin jos rakentamisen aikataulu tähän antaa mahdollisuuden. Betonin lämmittäminen esimerkiksi säteilijöillä nostaa betonin lämpötilaa ja ympäröivän ilman lämpötilaa korkeammaksi. Tällöin ongelmaksi saattaa koitua huoneilman suuri ilman suhteellinen kosteus. Tähän ratkaisuna on niin sanotut kosteuden keräilijät, jotka poistavat kosteutta huoneilmasta. (Lumme 1997, 19)

Ohutta rakennetta voidaan lämmittää myös sisältä päin esimerkiksi lämmityslangoilla. Tämä nopeuttaa rakenteen kuivumista huomattavasti, koska rakenteen ja ympäröivän ilman suuri lämpötila ero nopeuttaa rakenteen kuivumista. Betonin lämpötilan noustessa betonissa tapahtuu kaksi asiaa. Huokosissa olevan vesihöyryn osapaine kasvaa ja betonin vesihöyrynläpäisevyys lisääntyy. Näiden yhteisvaikutuksesta betonin kuivuminen nopeutuu huomattavasti. (Lumme 1997, 19)

Tärkeää kuivattamisessa on, ettei mene muuttamaan rakenteen luonnollista kuivumissuuntaa. Esimerkiksi liittolevyrakenne kuivaa vain yhteen suuntaan. Silloin lämmittäminen pitää tehdä rakenteen alapuolelta. Kuva 10. havainnollistaa kuinka liittolaatan kosteuspitoisuus reagoi, kun lämpötila eri puolilla vaihtelee. (Lumme 1997, 19)



Kuva 11: Kantavat poimulevyn kuivuminen. (Ruukki.fi)

Haihtumiskuivumisesta nopeuttaa betonin pinnan aukaisu hiomalla, näin pinnasta poistuu sementtiliima ja mahdollinen jälkihoitoaine, jotka muodostavat tiiviin pinnan rakenteelle. (Lumme 1997, 19)

Kantavan rakenteen päälle valetun pintalaatan kuivuminen itsessään ei riitä varmistamaan rakenteen toimivuutta. Jos välipohjan alapuolen lämpötila nousee, saattaa kosteus lähteä liikkumaan kohti pintalaattaa. Pintalaattaan siirtynyt kosteus voi aiheuttaa jälkikäteen ongelman pinnoitteessa. Jos taas välipohjan yläpuolella lämpötila nousee verrattuna alapuolen ilmaan, kosteus lähtee liikkumaan pois päin yläpuolen pinnasta. (Lumme 1997, 19)

6.2 Työmaa aikainen vesi

Runkovaiheessa sadevesiä on lähes mahdotonta estää joutumasta runkoon, ellei rakennusta rakenneta sääsuojassa. Rakennuksen kuivumisella on kaksi merkittävää ajankohtaa. Ensimmäinen on, kun rakennuksen höyrynsulku saadaan kiinni, eikä

sadevesi pääsee enää tulemaan sisälle. Silloin kuivuminen pääsee alkamaan eikä rakenteet enää pääse kastumaan. Toinen merkittävä askel rakennuksen kuivumisen kannalta on, kun rakennuksen väliaikainen tai lopullinen lämmitys saadaan käyttöön. Höyrynsulun sulkemisen jälkeen, kun vesi ei enää pääse rakennukseen, tulee poistaa kaikki ylimääräinen vesi rakennuksesta esimerkiksi vesi-imuria apuna käyttäen. Tämän jälkeen kannattaa lattioiden betonipinnat hioa ja imuroida. Hionnalla poistetaan betonin pintaan muodostunut kalvo, joka hidastaa kuivumista. Hiomisen jälkeen tulee huolehtia, että pinnat pysyvät puhtaina, ettei rakennuspöly aiheuta uutta kerrosta betonin pinnalle, joka hidastaa kuivumista.

Tärkeitä toimenpiteitä höyrynsulun sulkemisen jälkeen on varmistaa, ettei rakennukseen pääse enää vettä ulkopuolisista lähteistä kuten vesipisteistä. Rakennusvaiheessa vettä tarvitaan työmaalla lähes päivittäin. Onkin tärkeää, että vesi tulee kerrokseen hallitusti. Työmaavaiheessa suositellaan rakentamaan erikseen kiinteä linja työmaa-aikaiselle vesipisteelle. Näin minimoidaan riskit vuodoille. Vesipisteiden tulee sijaita joka kerroksessa keskeisellä paikalla, jotta ylimääräinen veden siirtäminen on mahdollisimman vähäistä. Vesipisteen alla oleva rakenne tulee suojata mahdollisilta roiskeilta. Kun rakennuksen lopullinen käyttövesi saadaan käyttöön ja työmaa-aikainen vesipiste puretaan, vesipisteen alueelta tulee varmistaa mittaamalla rakenteen kosteus. Työmaa-aikainen vesipiste on luonnollisesti riski paikka kosteuden kannalta, koska siinä käsitellään vettä.

6.3 Työnaikaisten vesivuotojen ja –vahinkojen torjunta

Työmaalla on paljon erinäisiä syitä mistä kosteus voi rakenteisiin joutua. Usein syynä on huolimattomuus tai tietämättömyys. Vesivahinkoja voivat aiheuttaa helposti työn aikaiset aukot vesikatolla, joista kosteus pääsee rakennukseen sisään. LVI-töissä on suuret riskit vesivahingolle, koska putkien liitokset tehdään käsityönä ja vuodot voivat olla todella pieniä, eikä niitä välttämättä huomata, jos putkien koepaineet tehdään huolimattomasti. Useissa työvaiheissa tarvitaan vettä kuten muurauksessa, tasoitetöissä ja laatoituksessa. Näissä työvaiheissa piilee aina riski, siksi on tärkeää teroittaa työntekijöiden vastuuta huolehtia tiedonkulusta vahingon sattuessa.

Työmaan yleisillä toimilla voidaan vaikuttaa paljon vesivahinkojen ennalta torjuntaan. Esimerkiksi laastin sekoituspisteiden tulee olla sellaiset, että sekoituksessa käytetty vesi tulee hallitusti sekoituspisteelle, eikä sitä kanneta sangoilla tai väliaikaisilla letkuilla, joissa on riskit vuotaa tai läikkyä. Mitä vähemmän rakennuksessa joudutaan vettä siirtämään, sitä pienempi on riski vesivahingolle.

Kosteuden joutuminen rakenteeseen on aika yleistä rakennustyömaalla. Tämä ei kuitenkaan oikein toimimalla ole ongelma. Jos vettä pääsee rakenteeseen, vesi tulee poistaa välittömästi esimerkiksi vesi-imuria apuna käyttäen. Tällaiset paikat tulee kartoittaa pohjakuvaan ja rakenteen kosteus mitata erikseen. Tarvittaessa kyseiseen kohtaan tulee järjestää kuivausta. Näin toimimalla voidaan varmistua, ettei yksittäisiä kohtia jää kosteiksi pinnoitteen alle.

6.4 Hyvien kuivumisolosuhteiden järjestäminen

Rakenteiden kuivumista edellyttää, että rakennetta ympäröivä ilmasto on sellainen, mikä mahdollistaa rakenteen kuivumisen. Ihanteellinen tilanne on, jos rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän voi ottaa käyttöön jo rakennusaikana. Se mahdollistaa stabiilin lämmön joka puolelle rakennusta. Rakennusaikana rakennuksen sisäpuolella ilmaan tulee ylimääräisiä kosteusrasitteita erinäisistä lähteistä. Esimerkiksi tasoitteiden kuivuminen huoneilmaan nostaa huomattavasti ilman suhteellista kosteutta. Huoneilman suhteellista kosteutta pystytään laskemaan koneellisesti kosteuden kerääjillä tai tuulettamalla ulkoilmaan.

Pintalattioiden kuivumista nopeuttaa pinnan auki hionta. Auki hionnalla poistetaan betonin pintaan muodostunut sementtiliima ja mahdollisesti käytetty jälkihoitoaine. Jälkihoitoaine sulkee betonin pinnan ja näin ollen hidastaa betonin kuivumista. Hidas kuivuminen estää betonin halkeilun siksi jälkihoitoaineen käyttö on pintabetoneissa usein suositeltavaa. Kun betoni on saavuttanut riittävän lujuuden, eikä halkeilua enää synny tulee jälkihoito-aine hioa pois pinnasta. Hionta nopeuttaa kuivumista. Hionnan jälkeen pinnat tulee pitää imuripuhtaana, koska pölyn kertyminen betonin pintaan hidastaa betonin kuivumista.

6.5 Rakennuksen kuivattaminen

Rakennuksessa vallitsevaa ilman kosteutta on tärkeää tarkkailla. Kesällä kuumalla ilmalla tai sateella kosteusprosentti voi nousta korkeammaksi kuin betonissa vallitseva suhteellinen kosteus (RH%). Tällöin betoni alkaa kuivumisen sijaan vastaanottamaan kosteutta.

Rakennusaikana joistakin työvaiheista syntyy ilmaan suuria määriä kosteutta. Esimerkiksi seinäpintojen tasoittaminen ja tasoitteen kuivuminen aiheuttavat rakennukseen suuria määriä kosteutta. Kosteutta tulee ohjata rakennuksesta pois tuulettamalla, tai koneellisesti. Lisäksi, kosteuden kerääjiä on suositeltavaa käyttää. Se nopeuttaa tasoitteiden kuivamista ja mahdollistaa betonin kuivumisen.

Betonin kosteutta tulee mitata säännöllisesti, jotta voidaan ennustaa milloin saavutetaan pinnoitukselle riittävä kosteusarvo (RH%). Tarvittaessa kuivattamista tulee lisätä ja tehostaa. Kuivattamiselle on paljon erilaisia menetelmiä ja ratkaisuja. Tärkeää on tiedostaa kuivattamisen tarpeen laajuus ja aikataulu. Sen perusteella voidaan valita kohteelle oikeanlainen kuivaustapa ja laitteet.

6.6 Konkreettiset toimenpiteet rakentamisvaiheessa

Rakennettaessa kosteuden hallinta on jatkuvasti mukana. Ilman sääsuojaa rakennettaessa tulee pyrkiä saada rakennus vedenpitäväksi mahdollisimman varhaisessa vaiheessa rakentamista. Käytännössä kun vesikaton höyrünsulku saadaan ummistettua, eikä sadevesi pääse rakennukseen sisälle, on tärkeää estää sadeveden pääsy rakennukseen muita reittejä pitkin, kuten ikkuna-, ovi- tai muista aukoista. Rakennusaikaisiin aukkoihin voidaan rakentaa väliaikaisia suojauksia kuten vaneriovia ja katoksia.

Kun sadeveden pääsy rakennukseen on estetty, on tärkeää huolehtia ulkopuolisesta lähteestä tulevasta vedestä, kuten rakennusaikaisista vesipisteistä. Vesipisteisiin tulee tehdä sekoituspiste siten, että vesi ei pääse missään vaiheessa kontaktiin kuivuvan betonin kanssa. Hyvä vesipiste tai sekoituspiste on vesitiivis allas, joka on hieman ilmassa, jotta alla oleva betoni pääsee kuivumaan myös pisteen alapuolelta.

Vesi- ja sekoituspisteiden ollessa kunnossa, pitää huomioida myös ennalta-arvaamattomat veden pääsyt rakenteisiin, kuten esimerkiksi patterin irrottamisesta tai käyttövesiputkien painekokeista johtuvien vuotojen aiheuttamat vahingot. Näihin tilanteisiin tulee varautua vesi-imurein ja puhaltimilla. Nopea reagoiminen on tärkeää, ettei vesi pääse ajan kanssa imeytymään rakenteeseen. Kyseiset vuodot tulee dokumentoida ja tarvittaessa tarkastaa kosteus mittaamalla.

Kun rakennuksen vaippa eli ulkokuori saadaan umpeen, tulee rakennukseen luoda suotuisat olosuhteet kuivumiselle. Tämä tarkoittaa, että pyritään nostamaan rakennuksen sisälämpötila vastaamaan lopullista käyttölämpötilaa (yleensä n. 21C). Lisäksi sisäilman suhteellinen kosteus pyritään saamaan mahdollisimman alas, jotta betonin suhteellinen kosteuden on mahdollista vähentyä. Rakennuksen lämpötilaa ja suhteellista kosteutta on hyvä seurata jatkuvasti, koska se vaihtelee paljon eri työvaiheista riippuen. Esimerkiksi, kun seinäpintoja tasoitetaan, tasoitteen kuivuminen lisää sisäilman kosteutta huomattavasti. Tällöin on hyvä poistaa kosteutta koneellisesti tai tuulettamalla.

Kun kuivumisolosuhteet ovat kunnossa, aloitetaan kosteuden mittaus. Kosteusmittauksien perusteella päätetään toimenpiteistä. Jos kuivattamisen tehostamista nähdään tarpeelliseksi, sitä voi tehostaa erillisillä toimenpiteillä, kuten lämpötilan nostamisella ja kosteuden kerääjillä.

6.7 Kokemuksia muista hankkeista

Tätä opinnäytetyötä varten haastattelin Tampereen yliopistollisen sairaalan E-osan uudisrakennuksessa mukana ollutta Peab Oy:n tuotanto- ja kehitysinsinööriä. Kohteen pääurakoitsijana toimi Peab Oy. Haastattelussa kävin yleisesti kosteuden hallinnan perusasioita, joihin tässä opinnäytetyössä on otettu kantaa.

Tays E:n runkona toimii pilari-palkkirunko, jossa on ontelolaatasto, jonka päälle on valettu pintavalu. Alapohjana toimii osittain sama rakenne, ja osittain maanvarainen lattia. Rakennuksen kosteuden hallintaa varten laadittiin kattava kosteudenhallintasuunnitelma joka hyväksyttiin rakennustöiden valvojalla. Kohteen kosteusmittaukset suoritettiin ulkopuolisella taholla. Näin toimimalla saatiin varmuus koska pinnoittaminen voidaan käynnistää. Lisäksi kohteessa haettiin

kokemuksia rakennusalan uusista innovaatioista kuten Wiisteen kosteusmittausantureista ja RH-sensiti laitteesta. Näistä ei todettu saatavan hyötyä kyseisessä kohteessa. Mittauksia suoritettiin muutamia kertoja tärkeiksi havaituista paikoista. Lisäksi mittauksia tehtiin erikseen vielä kriittiseksi havaituista paikoista. Kosteusmittaukset dokumentoitiin sähköisesti Peabin omaan järjestelmään. Pintojen päälllystäminen käynnistettiin kun raja-arvot olivat alittuneet ja voitiin olla varmoja, että rakenteet ovat kuivat.

Hyviä toimenpiteitä rakennusaikana olivat niin sanotut ulosheittäjät, jotka ohjasivat sadevedet katolta pois lopullisten vesikattokaivojen kautta ennen lopullisten sadevesiviemäreiden valmistumista. Näin toimimalla minimoitiin rakennusaikana sadevesien pääsy rakennukseen. Sisävalmistusvaiheessa huolehdittiin, että veden käsittely oli hallittua, eikä näin olleen lattiat päässeet kastumaan kesken niiden kuivattamisen. Tästä helpompaa teki, että vesipiste oli keskitetty hissikuilun yhteyteen, eikä niitä ollut ympäri rakennusta.

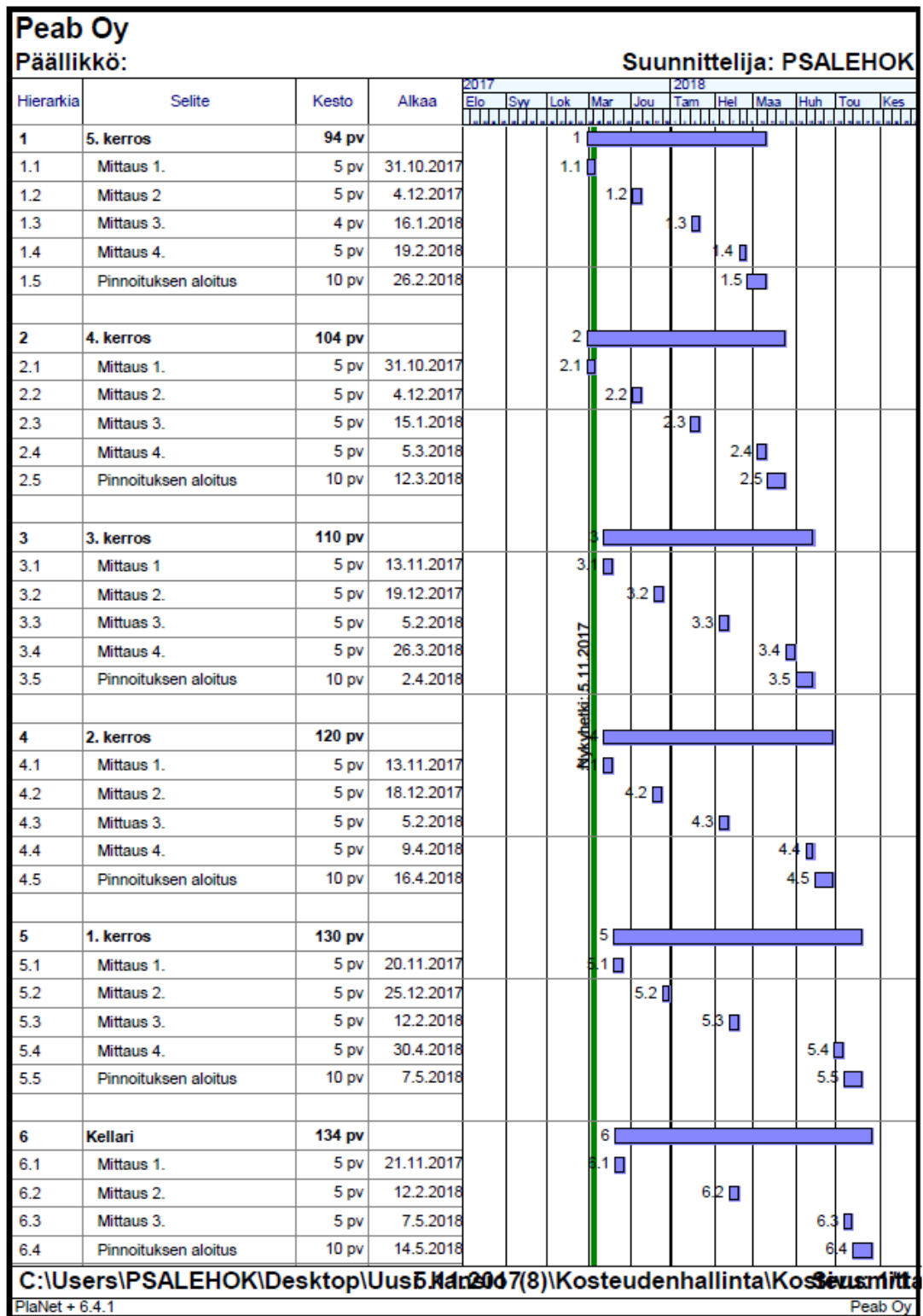
Rakennuksen kuivattaminen toteutettiin ilman koneellista kuivattamista. Huolehdittiin riittävästä lämmöstä ja tuulettamisesta, mikä mahdollisti hyvät olosuhteet kuivumiselle, eikä näin ollen tarvittu koneellista kuivattamista. Rakenteiden kuivuminen tapahtui talvella, jolloin kuivuminen tapahtuu parhaiten valmiiksi kuivan ulkoilman vuoksi. Tällöin rakenteista haihtuu hyvin kosteutta ympäröivään kuivaan ilmaan.

6.8 Kosteusmittaus suunnitelma

Rakenteen kosteusmittauksia tulee suorittaa säännöllisesti. Kosteusmittaukset ja niiden ajankohdat tulee kirjata kosteusmittaussuunnitelmaan. Säännöllisellä seuraamisella voidaan arvioida pinnoitusajankohtaa ja koneellisen kuivattamisen tarvetta. Mittaukset täytyy suorittaa siihen perehtynyt ja koulutettu henkilö. Lopulliset mittaukset täytyy suorittaa ulkopuolisen mittaajan toimesta tai valvotusti esimerkiksi rakennustöiden valvojan kanssa. Mittalaitteet tulee olla kalibroituja ja kalibrointitodistuksien kopiot tulee löytyä työmaalta.

Kun höyrynsulku saadaan kiinni ja rakennuksen vaippa on ummessa, eikä vettä enää pääse rakenteisiin, aloitetaan mittaus. Kaikki kriittiset rakenteet tulee mitata

tarvittavalla laajuudella. Lisäksi paikat, joihin on viimeisimpänä päässyt vettä, tai jotka ovat runkovaiheessa päässeet kastumaan, tulee mitata erikseen. Mittauksien laajuus riippuu rakennuksesta ja sen valualueista. Ensimmäiset mittaukset täytyy suorittaa tarpeeksi laajalta alueelta, jotta saavutetaan tarpeeksi kattava kuva betonin kosteudesta koko rakennuksen alueelta. Seurantamittauksia voidaan tehdä harkiten, mutta viimeinen mittaus ennen pinnoitusta tehdään mahdollisimman laajana ja mahdollisimman lähellä pinnoittamisen ajankohtaa.



Kuva 12: Kosteusmittaussuunnitelman voi laatia esimerkiksi aikataulu ohjelmaa käyttämällä. Kuvassa oleva mittaussuunnitelma on laadittu Planet aikatauluohjelmalla.

7 Pohdinta

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin perehtymällä betonissa olevaan rakennekosteuteen. Olemassa olevaa tietoa kerättiin alan kirjallisuudesta ja internetin tietolähteistä. Se loi perustan opinnäytetyössä käsiteltäville aiheille. Samaan aikaan kartoitettiin tietoa kosteuden mittauksesta ja siitä, mihin huonosti hoidettu kosteuden hallinta voi johtaa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua olemassa olevaan tietoon betonin kosteudesta, kuivattamisesta ja mittaamisesta. Samalla palvelulla käynnissä olevaa rakennushanketta suunnitteleamalla hankkeeseen toimenpiteitä rakennusaikaisen kosteuden vähentämiseksi. Näiden lisäksi selvitettiin, millaisia ratkaisuja on olemassa rakentamisvaiheessa olevan rakennuksen kuivattamiseen ja kuivana pitämiseen.

Rakennushankkeen ollessa käynnissä opinnäytetyötä tehdessä pystyttiin tuomaan käytännön toimenpiteitä suoraan tähän työhön kuten kohdassa 6.6 on esitetty. Yhtä lailla tämä työ palveli myös rakentamishanketta, lisäämällä tietoisuutta kosteuden hallinnasta.

Työssä saatiin selville, että betoni ja siinä oleva rakennekosteus käyttäytyy suhteessa ympärillä vallitsevaan ilmaan. Betoni joko ottaa vastaan tai luovuttaa kosteutta, riippuen ympäröivän ilman suhteellisesta kosteudesta. Kosteuden hallintaan kuuluu oleellisesti kosteuden mittaus. Luotettavia suhteellisen kosteuden mittauksia ovat porareikä- ja koepalamittaukset, koska muut mittaukset ovat suuntaa-antavia. Kosteusmittausten tulkitseminen vaatii hyvää rakennusfysiikan tuntemista, jotta ymmärtää ovatko tulokset järkevät. Opinnäytetyössä todettiin, että mittaaminen on yksinkertainen toimenpide, mutta väärin tehtynä se voi aiheuttaa suurta vahinkoa rakennusaikana taloudellisesti tai aikataulullisesti. Opinnäytetyöhön saatiin arvokasta konkretiaa samaan aikaan käynnissä olleesta rakennushankkeesta. Kuten hankkeeseen laadittu kosteudenmittaussuunnitelma.

Tässä opinnäytetyössä olisi voinut selvittää hieman enemmän, miten rakenteen kuivattamista tulisi tehdä ja missä vaiheessa kuivattaminen tulisi aloittaa tai tehostaa. Kosteuden mittauksessa olisi voinut käydä tarkemmin miten paljon mittauksia tulisi tehdä ja mitkä ovat kriittisimmät mittauspaikat.

Tämän opinnäytetyön tärkeimpänä tuloksena voidaan pitää sitä, ettei kosteus rakenteessa ole ongelma, jos siitä on tarpeeksi tietoa ja se on hallinnassa. Täytyy ymmärtää kosteuden käyttäytymistä kyseisessä rakennustilanteessa, ja miten se vaikuttaa aikatauluun ja rakenteen kanssa käytettäviin materiaaleihin.

8 Lähteet

Aducate. Viitattu 11.1.2018. http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0052-4/urn_isbn_978-952-61-0052-4.pdf

Alexanderson Johan. 2004. Secondary emissions from alkali attack on adhesives and PVC floorings. Lund: Lund Institute of Technology

Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. (2008). Viitattu 23.12.2017. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisaimasto/Kemialliset-epapuhautaudet>

Kantavat poimulevyt: Ruukki.fi Viitattu 27.12.2017. <http://onninen.procus.fi/documents/original/13032/5/1/Liittolevyn%20ty%C3%B6hje.PDF>

Kylliäinen K. 2010. Betonirakenteiden VOC-emissiot ja niiden vähentäminen rakennetta lämmittämällä. Lopputyö, Itä-Suomen yliopisto. Koulutus- ja kehittämispalvelu

Lumme, P & Merikallio T. 1997. Betonin Kosteuden Hallinta. Helsinki: Suomen betonitieto

Liimatainen, J. 2016. Lattiatasoitteella on väliä. Weberopisto. Kosteudenhallinta seminaari 15.11.2016

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Betonikeskus

Merikallio, T., Niemi, S. & Komonen, J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki: Suomen Betonitieto

Merikallio T. 2009. Betonilattian ”Riittävän” Kuivumisen Määrittäminen Uudisrakentamisessa. Espoo: Multiprint

Osaamisvaatimukset: Rakenteiden kosteuden mittaaja. VTT Expert Services 2015. Viitattu 23.12.2017. http://www.vttexpertservices.fi/palvelut/sertifiointi-ja-tuotehyv%C3%A4ksynt%C3%A4/sertifiointi_henkilot/henkilosertifikaatti_osaamisvaatimukset/osaamisvaatimukset-rakenteiden-kosteuden-mittaaja

Parempaa sisäilmaa. Viitattu 10.1.2018. <http://www.e-weber.fi/lattiatietoa/parempaa-sisailmaa.html>

RT 07-10946. 2008. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Viitattu 23.12.2017. http://www.rakennustieto.fi/rt_ajantasainen_ohje.

RT 14-10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Viitattu 23.12.2017. http://www.rakennustieto.fi/rt_ajantasainen_ohje.

RT 83-10902. 2007. Välipohjarakenteita. Viitattu 17.1.2018. http://www.rakennustieto.fi/rt_ajantasainen_ohje.

Sisäilmayhdistys ry. Viitattu 11.1.2018 <http://www.sisailmayhdistys.fi/Sisailmayhdistys/Sisaimastoluokitus>

Viitattu 28.12.2017 <https://peab.fi/peab/>

Viitattu 23.12.2017. <http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-suunnittelijalle/betonin-rasitusluokat-lyhyesti>