

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Rakennusmestari AMK

2016

Reko Laaksonen

PAIKALLAVALUKOHTTEEN KOSTEUDENHALLINTA



OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

2016 | Sivumäärä 32

Ohjaaja Jari Salo, vastaava mestari, Pohjola Rakennus Oy Länsi-Suomi

Reko Laaksonen

PAIKALLAVALUKOHTTEEN KOSTEUDENHALLINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia toimintaohje kosteudenhallinnasta Pohjola Rakennus Oy Länsi-Suomen laatujärjestelmää varten. Koska Pohjola Rakennus Oy Länsi-Suomi on perustettu vuonna 2015, ovat yrityksen toimintatavat ja menetelmät vielä kehitysvaiheessa. Kosteudenhallintasuunnittelu on tärkeä osa rakentamista, ja runkovaiheessa tehdyt kosteudenhallintaan liittyvät virheet vaikuttavat olennaisesti rakentamisen jatkumiseen ja aikatauluun.

Opinnäytetyössä käsitellään kosteudenhallinnan perustoimenpiteitä, joiden avulla rakentaminen saadaan edistymään ilman aikatauluviivästyksiä ja rakennusvirheitä. Työssä keskityttiin siihen, että betonipinnat saatiin pinnoituskuntoon eri materiaaleja varten ja, että aikataulu suunniteltiin huolellisesti, jotta rakentaminen olisi tehokasta. Kosteudenhallinnan onnistuminen, ja oikein toteutettu runkovaihe vaikuttavat taloudellisesti ja aikataulullisesti merkittävästi rakentamiseen sisävalmistusvaiheessa sekä takuuajan huolloissa. Betonin kuivuminen on hidas prosessi, ja siihen kohdistunut ylimääräinen kosteusrasitus on pidettävä mahdollisimman pienenä, jottei kuivuminen hidastu entisestään.

Onnistunut kosteudenhallinta säästää monelta ongelmalta tulevaisuudessa. Tarkasten kosteudenhallinnan taloudellisia sekä laadullisia hyötyjä ja huonon kosteudenhallinnan vaikutuksia rakentamisen aikatauluun ja takuuajan huoltoihin sekä yrityksen maineeseen laadukkaana rakentajana.

ASIASANAT:

kosteudenhallinta, laadunvarmistus, kuivuminen, betoni

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Construction Management | Bachelor of Construction management

2016 | Total number of pages 33

Reko Laaksonen

THE HUMIDITY CONTROL OF CAST-IN-SITU STRUCTURES

[Click here to enter text.](#)

This Bachelor's thesis was completed in collaboration with Pohjola Rakennus Oy Länsi-Suomi, a company founded in the spring of 2015. The objective of this thesis was to become a part of Pohjola Rakennus' quality controlling scheme and to be used as a guide when planning the schedule of a new building. Humidity control is a vital part of successful construction. It can have a positive or a very negative effect on the schedule as well as on the expenses of the building.

This thesis introduces the basics of humidity control which will help the construction project maintain its planned schedule without interruptions. The focus of the thesis is the coating of a concrete structure and how one can make concrete dry faster in order to tighten a construction project schedule. Succession in humidity control can be a significant economic saving after the building has been handed over to the client. It will decrease the number of repairs on the building during the period of warranty since there will be less or no damage in the structures that could be there if the structures were coated when still too humid. The drying process of a concrete structure and frame is long and keeping additional humidity is absolutely vital in order to make it possible for the structure to dry.

KEYWORDS:

Cast-in-situ, humidity control, drying, schedule

SISÄLTÖ

1. JOHDANTO	6
2. BETONIN RAKENNE	7
2.1 Betonin rakenne	7
2.2 Betonilaadut ja niiden ominaisuudet	8
2.3 Betonin kosteus ja kuivumisen mittaaminen	9
3. RAKENNUSFYSIIKAN PERUSTEITA	10
3.1 Kosteusmittausmenetelmät	10
3.2 Suhteellinen kosteus	13
3.3 Kapillaarisuus	14
3.4 Diffuusio	15
3.5 Rakennuskosteus	15
3.6 Absoluuttinen kosteus	16
3.7 Kosteuskonvektio	17
3.8 Hygroskooppinen tasapainokosteus	18
3.9 Rakennusten mikrobiologiaa	18
4. AJALLINEN SUUNNITTELU JA VALVONTA	19
4.1 Kuivumisen edellytykset	19
4.2 Kuivatus ja pinnoituskuntoisuuden toteaminen	21
4.3 Sisävalmistusaikataulun sovittaminen runkoaikatauluun	24
5. LATTIABETONIN PÄÄLLYSTETTÄVYYS JA VAATIMUKSET	30
5.1 Määräykset ja vaatimukset	30
5.2 Betonin rakenteelliset vaatimukset	30
5.3 Eri pinnoitemateriaalien kuivusvaatimukset	30
6. LOPUKSI	32
LÄHTEET	33

1. JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on paikallavalukohteen kosteudenhallinnan toteuttaminen ja suunnittelu. Painopisteenä työssä on menetelmät, joiden avulla kohteen betonirakenteita päästäisiin pinnoittamaan mahdollisimman nopeasti. Lisäksi työssä käsitellään runkoaikataulun ja sisävalmistustyöaikataulun sovittamista toisiinsa sekä aikataulusuunnitteluun vaikuttavia asioita. Opinnäytetyö toteutettiin Pohjola Rakennus Oy Länsi-Suomelle heidän As.oy Turun Linnanpuiston työmaallaan.

Työmaan kosteudenhallinnan toteuttaminen runkovaiheessa vaikuttaa olennaisesti koko rakennusaikatauluun ja erityisesti sisävalmistustöiden aikatauluun. Oikeilla toimenpiteillä sisävalmistustyöt päästään aloittamaan suunnitellusti ja toteuttamaan ilman aikatauluhäiriöitä, jotka johtuvat puutteellisesta kosteudenhallinnasta. Kunnollisesti toteutettu kosteudenhallinta työmaalla mahdollistaa myös sisävarastoinnin sääherkille materiaaleille kuten kipsilevyille ja eristeille, joita käytetään sisävalmistustöissä.

As.oy Turun Linnanpuisto on kuusikerroksinen kerrostalo, joka rakennetaan jyrkkään rinneeseen, ja rakennuksen perustuksia tehdään kolmeen eri tasoon. Kaksi ensimmäistä kerrosta jäävät osittain maan alle ja asuntoja on vain toisella puolella käytävää. Neljä ylintä kerrosta ovat kokonaan maan päällä. Rakennukseen tulee 127 asuntoa.

Rakennuksen koosta johtuen kosteudenhallinnan toimenpiteet ovat tärkeitä, sillä rakennusosat ovat ulkoilman armoilla kohtuullisen pitkään. Rakennuksen pääjulkisivu on 80 metriä pitkä, ja sen päädyissä sijaitsevat siivet 30 metriä pitkät. Työn aikana rakennukseen tehdyt aukkosuojaukset ja kosteuskatkot olivat ensiarvoisen tärkeitä, jotta sisävalmistustyöt päästiin aloittamaan ennen kuin vesikatto oli valmiina ja rakennuksen vaippa tiiviinä.

2. BETONIN RAKENNE

2.1 Betonin rakenne

Betoni on keinotekoinen kivi, jossa kovettunut sementtiliima eli sementtikivi sitoo kiviainesarakenteet yhteen. Betonin pääraaka-aineet ovat sementti, vesi ja kiviainekset. Näiden lisäksi betonissa käytetään usein lisä- ja seosaineita esimerkiksi tuoreen betonin työstettävyyden lisäämiseksi tai kovettuneen betonin tiivyyden, lujuuden ja säilyvyysominaisuuksien parantamiseksi. Betonin osa-aineiden valinnalla ja niiden ominaisuuksien määrittämisellä eli suhteituksella on tärkeä merkitys betonin kaikkiin ominaisuuksiin (Suomen betoniyhdistys ry, 2004.)

Betonin osa-aineksista kiviaineksen osuus on 65 - 80 %. Kiviaineksena voidaan käyttää luonnonkiviaineksia, jotka voivat olla tavanomaisia kiviaineksia tai raskaita, malmipitoisia tai vulkaanisia kiviaineksia. Suomessa käytetään yleisimmin graniittipohjaista luonnonkiviainesta, joka on yleensä mekaanisesti murskattua (Suomen betoni yhdistys ry, 2004.)

Sementti on hydraulinen sideaine, joka veden kanssa reagoidessaan muodostaa niin veden alla kuin ilmassakin kovan ja kestäväen lopputuotteen. Sementin pääraaka-aine on kalkkikivi. Sementillä on ratkaiseva merkitys betonin ominaisuuksiin. Sementin kemiallinen koostumus vaikuttaa tuoreen betonin työstettävyyteen ja kovettuneen betonin säilyvyyteen. Betonin lujuuteen, lämmönkehitykseen ja kemialliseen kestävyysominaisuuteen voidaan vaikuttaa sementin valinnalla (Suomen betoniyhdistys ry, 2004.)

Betonin valmistukseen kelpaa vesijohtoverkosta otettu vesi sekä juomakelpoinen luonnonvesi. Humuspitoiset suovedet tai teollisuuden ja asumajätteiden saastuttamat vedet eivät kelpaa betonin valmistukseen ilman tarkempia tutkimuksia. Humuspitoisen veden käyttäminen saattaa estää betonin kovettumisen kokonaan. Humuksen lisäksi tuore betoni ei siedä sokeria. Pienikin määrä (0,1 %) sokeria vedessä voi estää betonin kovettumisen (Suomen betoniyhdistys ry, 2004.)

2.2 Betonilaadut ja niiden ominaisuudet

Tavallisesti talonrakennuksessa käytetään normaalisti kovettuvaa betonia, ellei rakenteille ole asetettu erityisvaatimuksia betonin lujuuden, olosuhdekestävyyden tai kemiallisen kestävyuden suhteen. Normaalisti kovettuvan betonin käyttökohteita ovat seinät, pilarit, palkit ja holvit. Normaalisti kovettuvaa betonia saa lujuusluokissa K25 - K60 kaikissa standardiraekoissa (#8, #12, #16 ja #32 mm) ja notkeuksissa (S1 - S4). Betonin arvosteluikä on 28 vuorokautta (Rudus Oy 2016.)

Nopeasti kovettuvaa Rapid-betonia käytetään kohteissa, joissa betonilta vaaditaan nopeampaa varhaislujuudenkehitystä. Nimi Rapid tulee siinä käytettävästä Rapid-sementistä eli nopeammin reagoivasta sementistä. Nopeasti kovettuvalla betonilla saa nopeutettua muottikiertoa sekä vähennettyä talvikaudella lämmityskustannuksia suhteessa normaalisti kovettuvaan betoniin. Nopeasti kovettuvalla betonilla pyritään välttämään betonin jäätyminen talviolosuhteissa ennen kuin se on saavuttanut tavoitelujuutensa. Nopeasti kovettuvan betonin arvosteluikä on 7 vuorokautta, eli 21 vuorokautta pienempi kuin normaalisti kovettuvalla betonilla. Nopeasti kovettuvaa betonia ei pidä sekoittaa nopeasti kuivuvaan betoniin; nopeasti kovettuvan betonin kuivuminen on samanlainen kuin normaalisti kovettuvalla betonilla. Nopeasti kovettuvaa betonia on saatavilla lujuusluokissa K25-K50, raekoot #8, #12, #16 ja #32 mm notkeusluokissa S1 - S4 (Rudus Oy 2016.)

Nopeasti kuivuva betoni on betonimassa, joka kuivuu teoriassa puolet nopeammin kuin normaalisti kovettuva betoni. Tämä betonilaatu mahdollistaa aikataulun nopeuttamisen pinnoitustöiden osalta ja sitä käytetään erityisesti holvivaluissa, jotta lattiapintojen pinnoitustyöt voidaan aloittaa nopeammin. Nopeasti kuivuvan betonin vesi-sidesainesuhde on alle 0,4, joka on noin puolet normaalisti kovettuvan betonin vesi-sidesainesuhteesta (www.lattiamies.fi/betoni.)

Säänkestävää betonia käytetään kohteissa, joissa rakenteella on selvä riski joutua sääolosuhteiden rasittamiksi, esimerkiksi sokkeleissa. Säänkestävä betoni kestää toistuvaa pakkasrasitusta suojahuokostensa ansiosta. Kun rakenne joutuu kosteusrasituksen alaiseksi, vesi imeytyy betonin suojahuokosiin, joiden ansiosta betoni ei halkea jäätyessään. Säänkestävä betoni tulisi käyttää tunnin sisällä valmistuksesta, jotta sen ominaisuudet eivät kärsisi. Lisäksi tulisi välttää betonin notkistamista (Rudus 2016.)

2.3 Betonin kosteus ja kuivumisen mittaaminen

Betonin kosteutta ja kuivumista mitataan, jotta voidaan varmistua, ettei betonia päällystettäessä betonin suhteellinen kosteus aiheuta pinnoitteelle liian suurta kosteusrasitusta ja jottei betonin kutistuminen muodostu haitallisen suureksi. Näin vältetään kosteusherkkien päällysteiden mikrobivauriot ja kemialliset vauriot (Niemi ym. Betonirakenteiden kosteuden mittaaminen ja onnistunut päällystäminen 2007.)

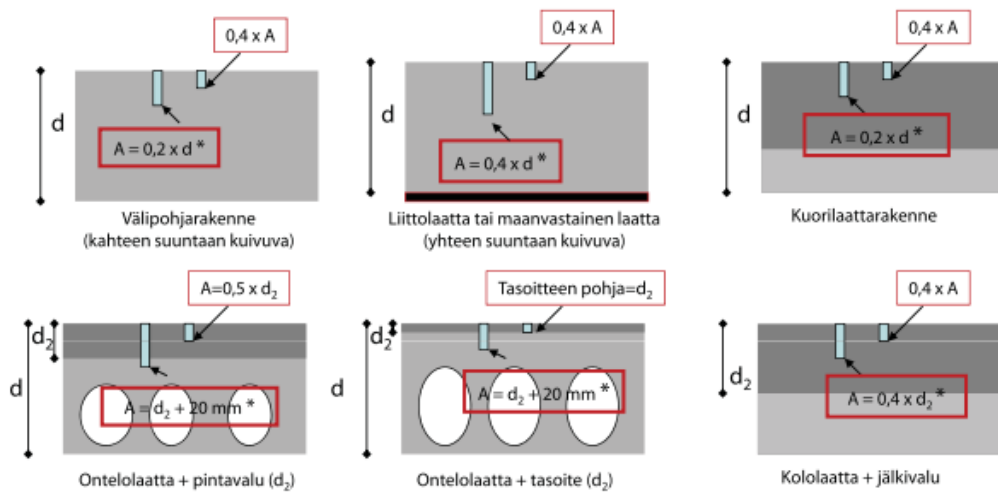
Kosteuden (vesihöyryn) poistuminen betonista tapahtuu haihtumalla betoniin syntyvää huokosverkostoa pitkin syvemältä betonista kohti pintaa ja siitä ilmaan, mikäli ilma on riittävän kuivaa vastaanottamaan betonista tulevaa kosteutta. Kuivumisen tuloksena betoniin syntyy kosteusjakauma, jossa betonin pintaosat ovat kuivimmat ja syvemmälle mentäessä kosteuspitoisuus (huokosilman suhteellinen kosteuspitoisuus, RH) nousee. Betoni saattaa kastua rakennusaikana sateiden tai lumen takia, jos sitä ei ole suojattu, minkä seurauksena betonin pinnan RH % saattaakin olla suurempi kuin syvemmällä betonissa. (Niemi ym. 2007.)

Kun mittauskohtia valitaan tulee huomioida valupäivät, olosuhde-erot sekä rakenteiden mahdollinen kastuminen valun jälkeen. Mittauskohtien määrä on aina tapauskohtainen, mutta aina tulisi minimissään mitata oletetusti kostein ja kuivin kohta. Tärkeintä on selvittää betonin kosteus ennen päällystyshetkeä, jotta voidaan varmistua betonin riittävästä kuivuudesta. Betonin kuivuminen on hidas prosessi, joten aikataulusuunnittelua helpottaa betonin kosteuden seurantamittaukset. (Niemi ym. 2007.)

3. RAKENNUSFYSIKAN PERUSTEITA

3.1 Kosteusmittausmenetelmät

Betonirakenteen suhteellinen kosteus määritetään rakenteen paksuuden mukaan määrytyvältä arviointisyvyydeltä A . Kosteusmittaukset tehdään betonirakenteen suhteellisen kosteuspitoisuuden mittaamiseen kehitetyllä laitteistolla. Pintakosteusmittari ei sovellu näihin mittauksiin. Kosteusmittauksia tulisi alkaa tehdä hyvissä ajoin ennen aika-aulussa suunniteltuna olevaa sisävalmistusvaihetta, jotta voidaan varautua ongelmiin, jotka johtuvat betonin hitaasta kuivumisesta. Riittävän useilla mittauksilla varmistetaan tuloksen oikeellisuudesta ja vältetään paikallisten RH % -erojen aiheuttamat heitot mittauksissa. Eroja voi esiintyä erityisesti holveissa, jotka ovat kastuneet paikallisesti rungon rakennusvaiheessa, kun osa holvista on jo ollut peitossa ja osa vielä sään armoilla. (RT 14 -10984.)



Kuva 1. Porareikämittauksen mittaussyvyydet (RT 14 -10984.)

Porareikämittaus suoritetaan olosuhteissa, joissa rakennuksen lämpötila vastaa sen käyttölämpötilaa. Tarkimmillaan mittaus on +15...+25 celsiusasteen lämmössä. Mitatessa mahdolliset lattialämmitykset tulee olla kytkettynä pois päältä. Olosuhteet rakennuksessa tulee olla tasaiset mittauspisteiden välillä, jotta varmistetaan tulosten oikeellisuudesta. (RT 14 -10984.)



3a. Reikä porataan kuivamenetelmällä esimerkiksi iskuporakoneella ja 16 mm terällä. Porareian halkaisijan tulee olla sellainen, että reikään asetettu putki voidaan tiivistää sivuiltaan, ja että käytettävä mittapää mahtuu mittaasputkeen.



3b. Porareian syvyyden on oltava millimetrin tarkkuudella se syvyys, jossa vallitseva kosteuspitoisuus halutaan selvittää. Syvyyden mittaukseen käytetään reikään mahtuvaa rullamittaa.



3c. Porauspöly poistetaan huolellisesti reiästä reikään mahtuvalla imurin suuttimella. Jos poraus tehdään valmiissa rakennuksessa, käytetään imuria kohdepoistona, jotta estetään epäpuhtauksien leviäminen. Pölyn poistoon voidaan käyttää myös pumppua tai paineilmaa, jos se ei viilennä mittaasreikää.



3d. Mittaasputkena käytetään reiän pohjaan ulottuvaa putkea, joka on sivultaan umpinainen. Putki voi olla esimerkiksi muovinen sähköputki, jonka ulkohalkaisija on sama kuin porareian halkaisija.



4a. Mittaasputki painetaan reiän pohjaan. Mittaustulos saadaan tällöin putken alapään syvyydeltä.



4b. Putken ja betonin yläpinnan rajakohta tiivistetään vesihöyryntiiviillä kitillä ellei rajakohtaa pystytä muilla toimenpiteillä saamaan vesihöyryntiiviiksi. Vaihtoehtoiset tiivistysratkaisut on esitetty kuvassa 4e.



4c. Putki puhdistetaan imuroidalla se putkeen mahtuvalla suuttimella. Puhdistamaton tai huonosti puhdistettu porareikä saattaa antaa liian korkeita suhteellisen kosteuden arvoja, huonontaa mittaustarkkuutta, hidastaa mittapään tasaantumisaikaa mittaasputkessa ja liata mittapäätä vaikuttaen mahdollisesti normaalia enemmän mittapään näyttämätasoon.



4d. Putken yläpää tiivistetään vesihöyryntiiviillä kitillä, tulpalla tai teipillä.

Reiän annetaan tasaantua vähintään 3 vuorokautta, jolloin tasapainokosteus reiässä on saavutettu.

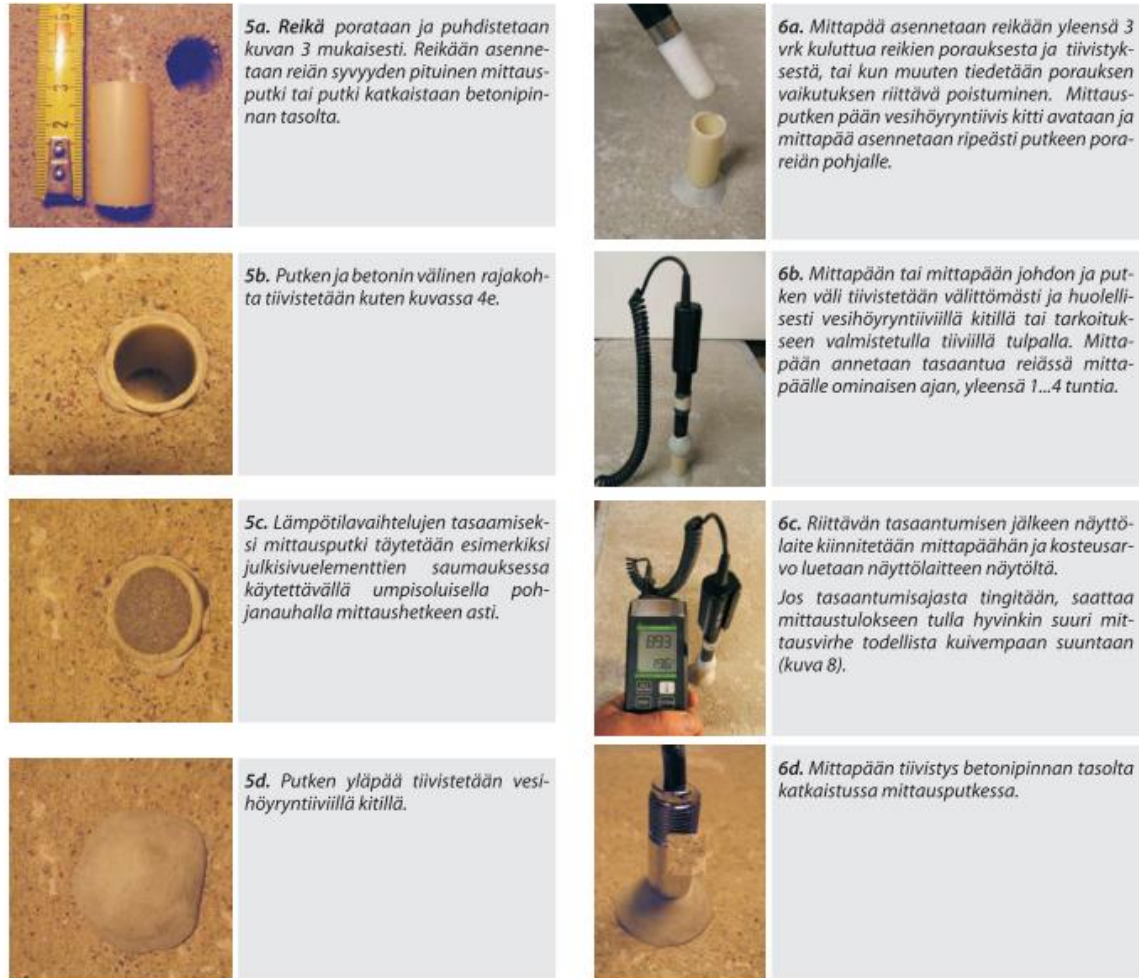
Mittaasputki voidaan myös katkaista betonipinnan tasolta ennen yläpään tiivistystä kuten kuvassa 5.



4e. Putken ja betonin välisen yhtymäkohdan vaihtoehtoiset tiivistysratkaisut:

ylemmässä kuvassa kitti on asennettu betonin sisään jäävälle sähköputken osalle ja alemmassa kuvassa putkessa on valmiit tiivistyslaipat.





Kuva 2. Porareikämittaus (RT 14 -10984.)

Näytepalamittaus voidaan tehdä, jos mittaustuloksia ei tarvita syvältä betonista. Mittaustulos saadaan nopeammin kuin porareikämittauksesta. Näytepalamittaus voidaan suorittaa epävakaimmissa olosuhteissa kuin porareikämittaus ja silloin, kun tulokset tarvitaan nopeasti. Mittaustulokseen eivät vaikuta mittaolosuhteet kuten porareikämittauksessa, ja tulos on luotettava, vaikka olosuhteet olisivat epävakait. (RT 14 -10984.)

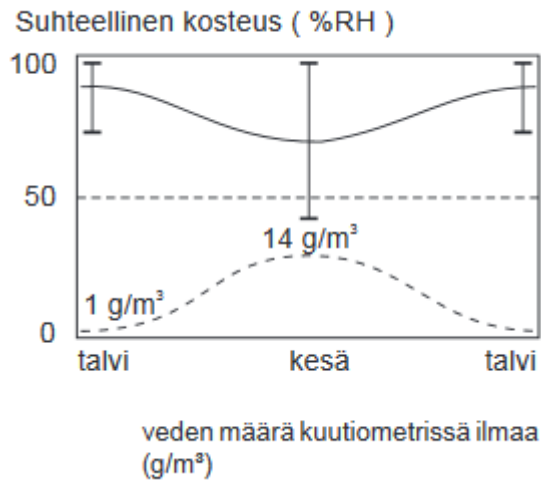


Kuva 3. Näytepalamittaus (RT 14-10984).

3.2 Suhteellinen kosteus

Suhteellinen kosteus ilmoittaa prosenttilukuna, paljonko kyseisen ilman massasta koostuu kosteudesta eli ilmassa olevan vesihöyryn määrän suhteessa yhtä lämpimän ilman kyllästyskosteuteen. Kyllästyskosteus tarkoittaa sitä vesihöyryn määrää, jonka tietyn lämpöinen ilma voi itseensä sitoa tiivistymättä nesteeksi. Mitä kylmempi ilma on, sitä vähemmän se pystyy sitomaan itseensä kosteutta. Talvella ilman suhteellinen kosteus

on monesti paljon suurempi kuin kesällä, mutta kesällä lämmin ilma pystyy kuitenkin sitomaan itseensä enemmän kosteutta kuin kylmä talvi-ilma (kuva 4). (Ilmatieteenlaitos).

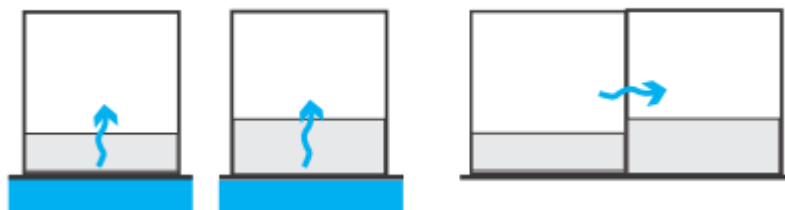


Kuva 4. Veden määrä ilmassa kesällä ja talvella (RT 05-10710).

3.3 Kapillaarisuus

Kapillaarisuus tarkoittaa kosteuden siirtymistä ylöspäin tai vaakasuuntaisesti eteenpäin rakenteen huokosissa. Kapillaarisuuden voimakkuus on riippuvainen rakenteen huokosten koosta; mitä pienemmät huokokset, sitä tehokkaammin kosteus siirtyy. Kapillaarivoima johtuu vesimolekyylien ja kiinteän aineen sähköstaattisista varauksista. (hometutkimukset.fi).

Rakennuksiin tulee tehdä kapillaarikatko, jotta kosteus ei pääse nousemaan maanpinnasta rakenteisiin. Yleisimmin kapillaarikatkona käytetään bitumikermiä. (R. Lautkan-kare, henkilökohtainen tiedonanto 2014.)



Kuva 5. Kapillaarinen siirtyminen rakenteissa. Oikeanpuolimmaisten kappaleiden huokokset ovat pienempiä, joten niiden huokosalipaine on suurempi ja kosteuden siirtyminen

on voimakkaampaa. Kosteus siirtyy myös suuremmasta huokostilavuudesta pienempään tilavuuteen. (RT 05-10710.)

3.4 Diffuusio

Diffuusio tarkoittaa vesihöyryn siirtymistä suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään vesihöyrypitoisuuteen ilmassa tai kiinteän aineen huokosissa. Rakennuksissa diffuusio suuntautuu useimmiten sisältä ulospäin, koska huoneilma sisältää enemmän vesihöyryä kuin ulkoilma. Diffuusiokosteuden hillitsemiseksi rakennuksen ulkoseiniin asennetaan höyrynsulku, joka estää kosteuden kulkeutumisen ulkoseinärakenteisiin ja yläpohjaan. (RT 05-10710.)

3.5 Rakennuskosteus

Rakennuskosteus tarkoittaa kosteutta, joka jää rakenteisiin rakennusaikana tai on pääsyt rakennusaineeseen ennen sen käyttöä. Tämän kosteuden tulisi päästä poistumaan rakenteesta ennen rakenteen pinnoittamista. Rakennuskosteudesta aiheutuvat vauriot johtuvat usein siitä, että rakenne ei ole ehtinyt kuivua riittävästi ennen pinnoitusta. Erityisesti betoni on hidas kuivumaan, ja sen kuivumista tulee tarkkailla ennen sen pinnoittamista, jotta varmistutaan sen riittävästä kuivuudesta. Rakennusosiin voi jäädä liikaa kosteutta, jos

- betonilattia on pinnoitettu liian aikaisin
- rakennusta on maalattu ennen kuin rakennusosat ovat ehtineet kuivua
- rakennusosia ja rakennustarvikkeita ei ole suojattu rakentamisen aikana ylimääräiseltä kosteudelta kuten sateelta tai lumelta. (RT-05-10710.)

Rakennusaine	Kosteus kg/m ³			
	Valmistus- kosteus	Kemiallisesti sitoutunut kosteus	Tasapainokos- teus, kun ilman RH = 50%	Poistuva rakennuskosteus, kun ilman RH = 50 %
Betoni				
K15	180	40	25	115
K25	180	60	30	90
K40	180	70	40	70
Kevytbetoni	100...200	-	20	80...180
Kalkkisementtilaasti	300	20	30	250
Tiili	10	-	10	0
Tiilimuuri	80	-	10	70
Puu	60	-	40	20

Kuva 6. Eri rakennusaineiden rakennuskosteuksia. Arvot ovat suuntaa antavia. (RT 05-10710.)

3.6 Absoluuttinen kosteus

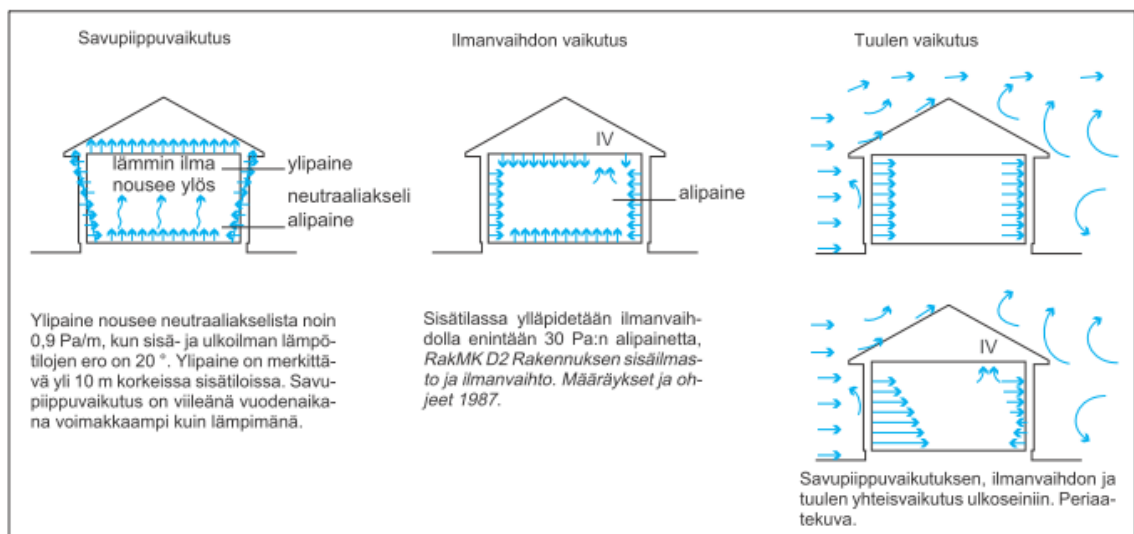
Absoluuttinen kosteus ilmaisee, paljonko kosteutta sisältyy enimmillään tietyn lämpöiseen ilmaan. Luku ilmoitetaan grammoina kuutiometrissä. Absoluuttisen kosteuden yläraja, kyllästyskosteus, ilmoittaa, paljonko vesihöyryä ilmassa voi olla kussakin lämpötilassa. Lämmin ilma voi sisältää enemmän kosteutta kuin kylmä ilma. Jos ilman kosteus menee yli kyllästyskosteuden, alkaa vesihöyry tiivistyä pisaroiksi. Myös ilman kylmetessä käy samoin, kun kyllästyskosteus laskee. (Ilmatieteenlaitos.)

Taulukko 1. Absoluuttisen kosteuden ja suhteellisen kosteuden arvoja eri lämpötiloissa. (A. Torvikoski, henkilökohtainen tiedonanto. 2013.)

Suhteellinen kosteus:	20%	40%	60%	80%	90%	100%
Ilman lämpötila °C	absoluuttinen kosteus: g/m ³					
80	58	116	174	232	261	290
70	39	78	118	157	176	196
60	26	52	78	104	117	130
50	17	33	50	66	75	83
40	10	20	31	41	46	51
30	6,1	12	18	24	27	30
20	3,5	6,9	10	14	16	17
10	1,9	3,8	5,6	7,5	8,5	9,4
0	1,0	1,9	2,9	3,9	4,4	4,9
-10	0,44	0,88	1,3	1,8	2,0	2,2
-20	0,18	0,35	0,53	0,70	0,79	0,88
-25	0,11	0,22	0,33	0,44	0,50	0,55
-30	0,07	0,13	0,20	0,26	0,30	0,33

3.7 Kosteuskonvektio

Konvektio on ilmiö, jossa ilmavirta kuljettaa lämpöä ja kosteutta ilmanpaine-erojen johdosta. Konvektiossa ilma virtaa suuremmasta paineesta pienempään paineeseen, ja rakentamisen kannalta sillä voi olla rakennetta kuivaava tai kosteuttava vaikutus. Ilmiö on luonnollinen, mutta sitä voidaan tehostaa koneellisesti, kun rakenteita pyritään kuivaamaan. (Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka. Björkholtz, 2015.)



Kuva 7. Konvektio rakennuksessa (RT 05-10710).

3.8 Hygroskooppinen tasapainokosteus

Hygroskooppisuus on materiaalin kyky vastaanottaa kosteutta ilmasta ja kyky luovuttaa kosteutta ilmaan. Materiaalin kosteussisältö pyrkii tasapainottumaan ympäröivän ilman kanssa samanlaiseksi. Lämpötila vaikuttaa tasapainokosteuteen siten, että kylmä materiaali voi sitoa itseensä suuremman määrän kosteutta kuin lämmin materiaali. (Björkholtz, 2015.)

3.9 Rakennusten mikrobiologiaa

Mikrobien kasvamisen edellytykset riippuvat täysin mikrobilajista, kasvualustasta ja lämpötilasta. Kuvassa 10 on esitetty eri mikrobilajien kasvun vaatimia kosteuksia.

Mikrobilaji	Ilman RH%
Homesienet ja hiivat	65...85
Erinäiset bakteerit	95
Lahottajasienet	>95
Sienten rihmaston leviäminen	>85...95

Kuva 8 Erilaisten mikrobien kasvun edellyttämiä suhteellisia kosteuksia. (Niemi, 2008.)

Homeiden kasvuun vaikuttaa olennaisesti lämpötila; liian kylmät ja kuumat olosuhteet eivät mahdollista kasvua. Otollinen kasvlämpötila on 15...30 celsiusasteen välissä. Ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa kasvuun myös. Suhteellisen kosteuden ollessa alle 30 % eivät homeet kasva, kun taas suhteellisen kosteuden ollessa yli 70 % on homeiden kasvaminen erittäin todennäköistä. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2003).

4. AJALLINEN SUUNNITTELU JA VALVONTA

4.1 Kuivumisen edellytykset

Rakenteen kuivaamisessa ensiarvoisen tärkeää on luoda olosuhteet kuivumiselle. Osa rakenteesta olevasta vedestä siirtyy painovoimaisesti pois, osa siirtyy kapillaarisesti muihin rakenteisiin ja osa siirtyy ilmavirtausten mukana. Kuivumista tapahtuu luonnollisesti ilman erityistoimenpiteitä, mutta silloin se on yleisesti hidasta. Rakenteen kuivuminen keskeytyy kokonaan, jos ympäröivän ilman RH % on 100, koska se ei pysty sitomaan itseensä enempää kosteutta. (Sisäilmayhdistys.)

Suomessa ulkoilman RH % on läpi vuoden 70...90 prosenttia, mutta ilman absoluuttinen kosteuspitoisuus vaihtelee kesän ja syksyn noin 8...10 g/kuutiometrissä talven 1...3 g/kuutiometriin (Sisäilmayhdistys).

Rakenteen kuivattamiselle otollinen ajankohta on talvi, jolloin ulkoilma on kylmää ja on sitonut itseensä vähemmän kosteutta kuin kesäinen lämmin ilma. Kylmää ulkoilmaa tulisi saada rakennukseen sisään lämmittimien kautta, jolloin sen RH % putoaa olennaisesti sen lämmitessä ja lämpenemisen seurauksena ilma pystyy vastaanottamaan lisää kosteutta rakenteista. Ilman RH %:n alentaminen on yksi tärkeimmistä asioista, jotta kuivatus onnistuu. Talviaikana ilman RH %:n laskeminen tasoon RH 30...50 % onnistuu helposti, kun lämmitetään ulkoilmaa ja puhalletaan se sisätiloihin. Ulkoa otettu pakkasilma on rakenteiden kuivatukseen loistavasti soveltuvaa.

Kesällä ja syksyllä ilman RH %:n alentaminen ei onnistu yhtä helposti. Kesällä ilma lämpenee päivän aikana paljon ja vastavuoroisesti öisin se viilenee. Siitä johtuen yöllä kylmenyt ilma ylittää oman kastepisteensä, joka näkyy aamuisin maakasteena. Päivällä ilman taas lämmitessä ja kosteudenvastaanottokyvyn kasvaessa se alkaa sitoa itseensä yöllä vapauttamaansa kosteutta eikä sen RH % laske kovin helposti alle RH 50 %, joka on rakenteiden kuivatuksen kannalta tärkeää. Taloudellisesti rakenteiden kuivattaminen pelkästään lämmittämällä kesäaikaan ei ole järkevää, koska ilman RH % on valmiiksi niin korkea, ettei kuivatus onnistu ilman sisäilman kuivattamista. Lämpimänä

vuodenaikana on tärkeää pitää kuivattavan tilan ilmanvaihto mahdollisimman pienenä, jottei tilaan pääse kosteaa ulkoilmaa hidastamaan kuivausprosessia.

Vuodenajasta riippumatta kuivatettava tila, jossa betonirakenne sijaitsee, tulee saada mahdollisimman ilmatiiviiksi ja sellaiseksi, että ilmavaihtoa pystytään säätelemään hallitusti. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen rungon täytyy olla täysin valmis tai avoimet rakenteet, esimerkiksi ikkuna-aukot, täytyy korvata vaihtoehtoisilla menetelmillä, kuten tiiviistä materiaalista tehdyillä väliaikaisilla rakenteilla. Tulee kuitenkin muistaa, että väliaikainen rakenne ei ole yhtä tiivis kuin rakennuksen valmis runko, joten ilmanvaihdon hallitseminen ei onnistu samalla tehokkuudella kuin valmiissa talossa. Hallitsematon ilmanvaihto tulee saada mahdollisimman vähäiseksi.

4.2 Kuivatus ja pinnoituskuntoisuuden toteaminen

Betonin kuivumisen alkamisen ensimmäinen lähtökohta on, ettei rakenne joutuisi kärsimään ylimääräisestä kosteusrasituksesta. Tämä on kuitenkin lähes mahdoton asia toteuttaa, mutta säärasituksen pienentäminen onnistuu merkittävästi valun jälkeisellä suo-
jauksella. Kuivatus voidaan aloittaa, kun varmistutaan siitä, että tila on tiivis eikä kärsi enää ylimääräisestä, ulkoisesta kosteusrasituksesta.

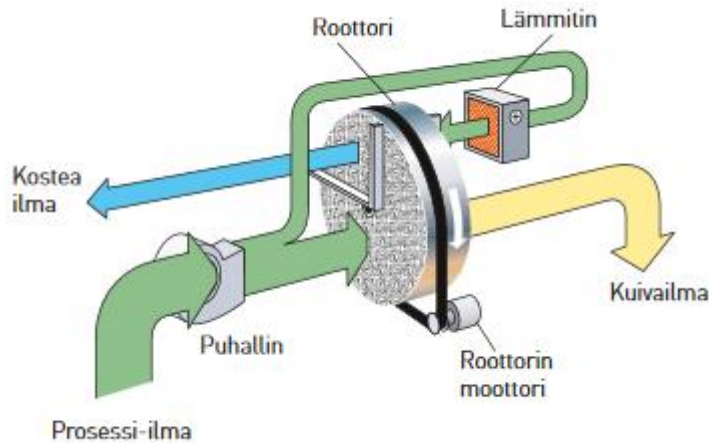
Kun irtovesi on saatu pois rakenteen pinnalta, alkaa luonnollinen kuivuminen, jossa kos-
teus siirtyy kapillaarisesti kohti kuivempia rakenteita ja rakenneosia (Björkholtz 2015).

Ennen kuivauksen aloittamista betonipintojen tulee olla hengittävät, eli ne täytyy hioa tai
jyrsiä, jotta pinnassa oleva sementtiliima saadaan poistettua.

Tämän jälkeen voidaan alkaa suorittaa kuivatusta koneellisesti tarkoitukseen sopivilla
välineillä. Kuivauslaitteiden avulla päästään vaikuttamaan rakenteen ja ympäröivän il-
man olosuhteisiin ja sitä kautta nopeuttamaan kuivumista. Koneita käytettäessä on muis-
tettava ohjata koneen kosteudenpoistoletku ulos kuivattavasta tilasta ja tiivistettävä let-
kun ulosmenoaukko.

Ilmankuivaimia on kahta pääluokkaa; adsorptio- ja kondenssikuivaimia.

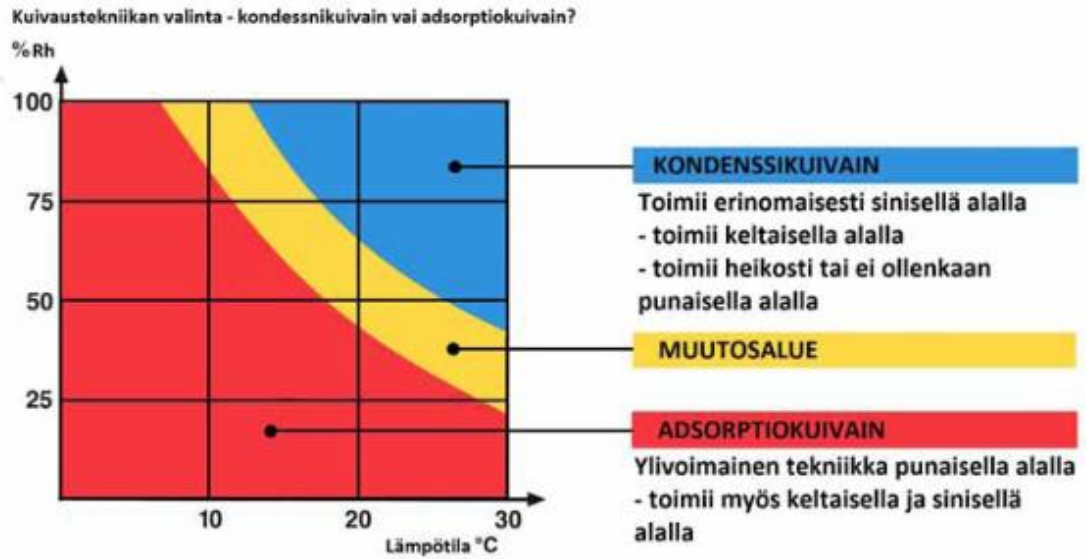
Adsorptiokuivain kierrättää huoneilmaa itsensä läpi sitoen ilmankosteutta koneistossaan
sijaitsevaan kennostoon, jolla on hyvä kosteudensitomiskyky. Kone siis kuivattaa ilmaa
sisällään ja puhaltaa kuivatetun ilman takaisin kuivattavaan tilaan. Adsorptiokuivain so-
veltuu lähes kaikkiin olosuhteisiin, ja sillä pystytään tuottamaan nopeasti paljon kuivaa
ilmaa.



Kuva 9. Adsorptiokuivaimen toimintaperiaate.

Kondenssikuivain toimii siten, että sisään imettävä ilma kulkee jäähdytyskennon läpi, jossa ilmassa oleva vesihöyry tiivistyy vedeksi. Jäähdytyksen jälkeen ilma kulkee lämmittimen kautta puhaltimelle ja takaisin kuivattavaan tilaan. Kondenssikuivainta käytettäessä on muistettava johtaa kondenssivesi viemäriin tai keruuastiaan, jottei vesi pääse uudestaan rakenteeseen. Kondenssikuivain on hyvä valinta erittäin kosteisiin olosuhteisiin, joten kesäaikana suoritettavaan kuivatukseen kondenssikuivain on tehokas ilman-kuivauskeino. (Gles Oy.)

Betonipinnan pinnoituskunnosta voidaan varmistua, kun betonista on otettu kosteusmittaukset ja todettu mittaustulosten todentavan betonin riittävän kuivuuden.

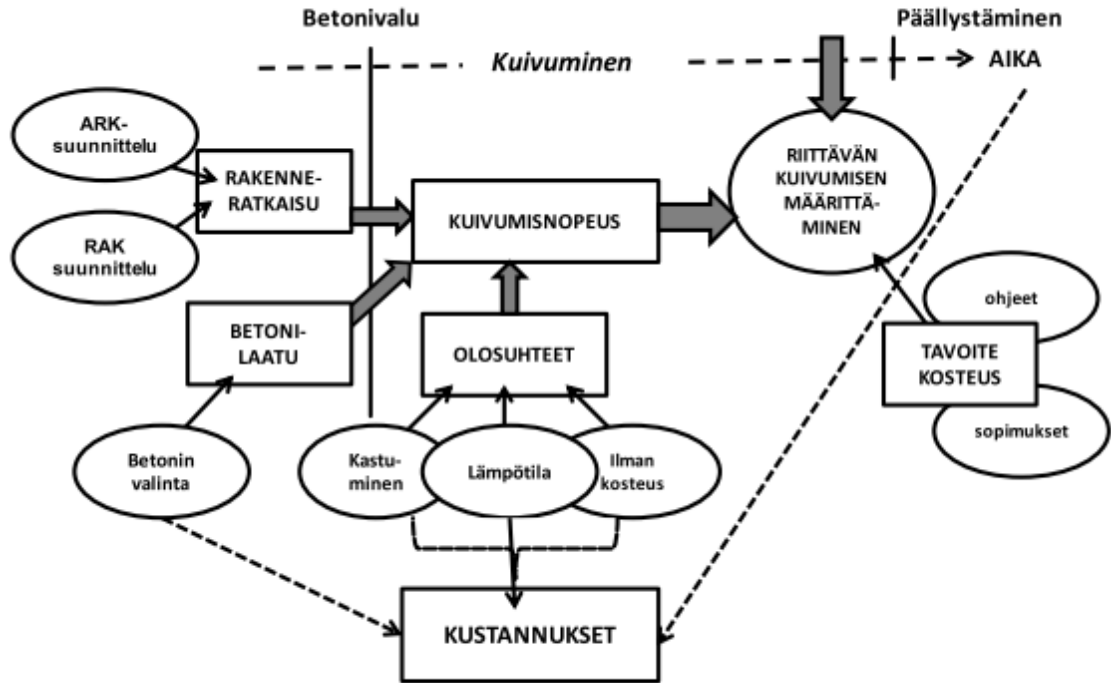


Kuva 10. Kondenssi- ja adsorptiokuivaimien toiminta eri lämpötiloissa ja ilmankosteudessa. (Gles Oy.)

Kuivausta voidaan tehostaa merkittävästi lisälämmittimillä ja pienentämällä kuivattavaa tilaa. Kaluston merkittävä lisääminen aiheuttaa kuitenkin lisäkustannuksia, ja tavoitteena on saada mahdollisimman pienellä kustannuksella iso vaikutus aikaan. Pienemmillä kustannuksilla tavoitteeseen pääseminen edellyttää kuivattavan tilan kunnollista tiivistämistä.

Koneiden kapasiteetti ja määrä lasketaan kuivattavan tilan kuutiotilavuuden mukaan.

4.3 Sisävalmistusaikataulun sovittaminen runkoaikatauluun

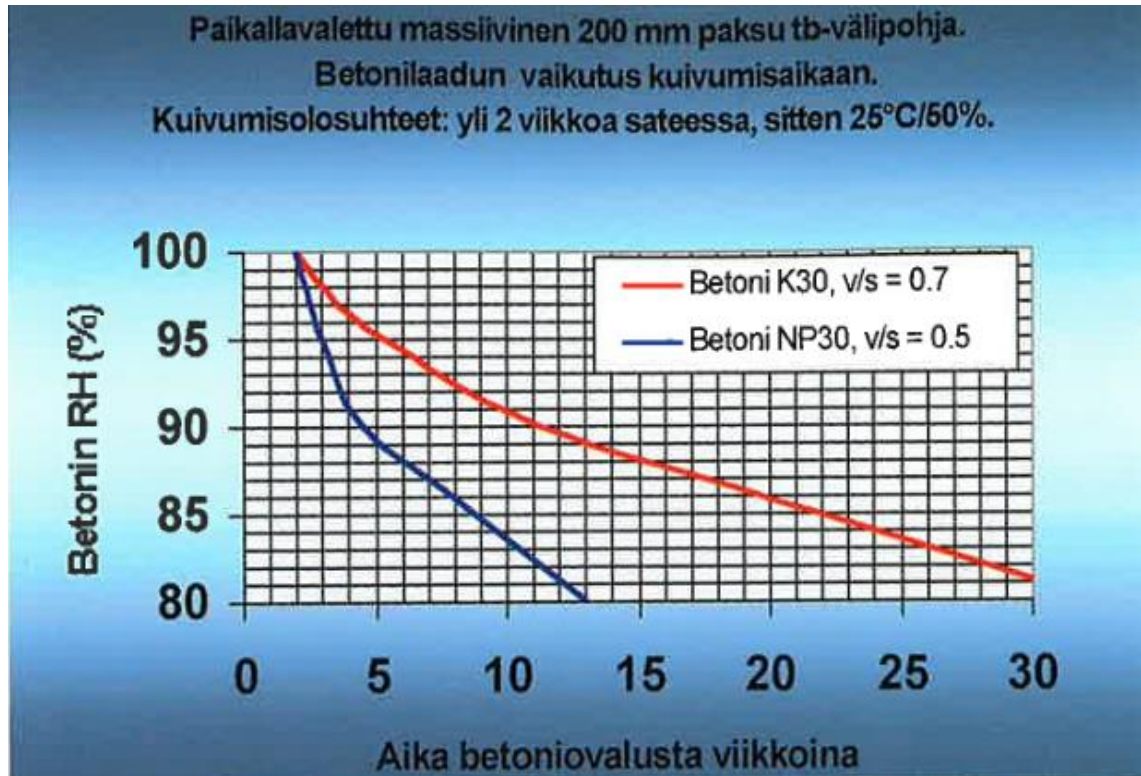


Kuva 11. Rakennushankkeen aikakaavio suunnittelusta betonin pinnoittamiseen asti (Merikallio 2009.)

Pinnoitusaikataulun suunnitteluun vaikuttavat asiat ovat:

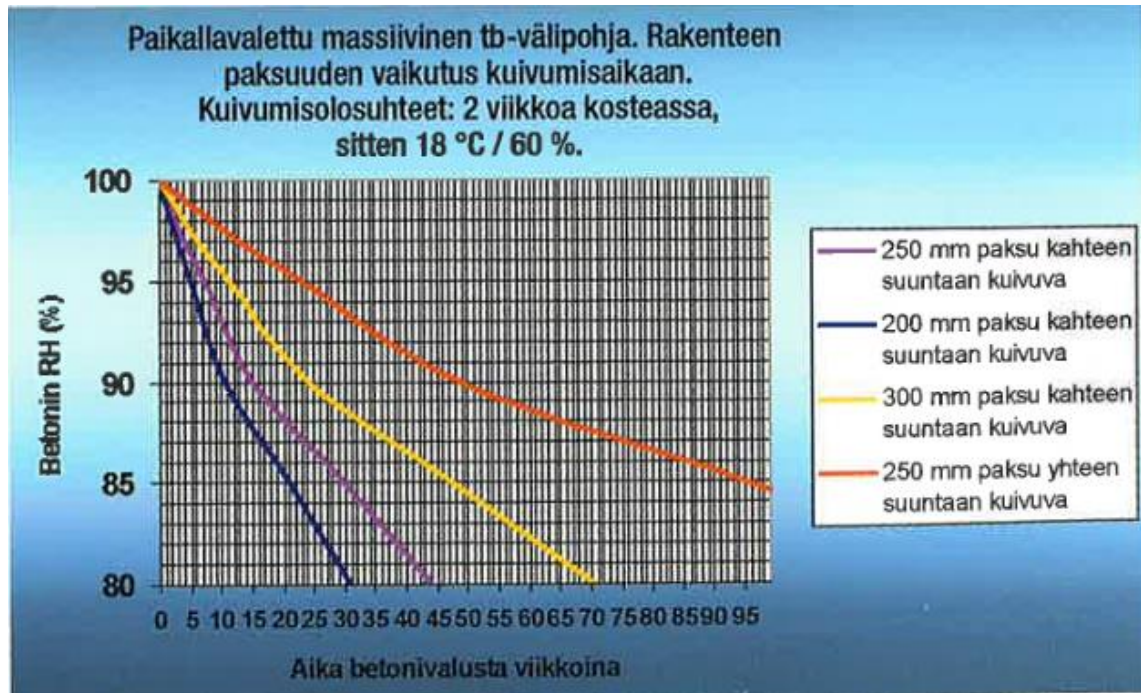
- suunnittelun pinnoitteen vaatima RH %
- betonimassan vesi-sementtisuhde
- betonilaatan tai holvin paksuus
- valetun osan uudelleenkastuminen
- ilman lämpötila.

Sisävalmistus- ja pinnoitusaikataulua suunnitellessa tulisi miettiä betoniholvien ja laattojen kuivumisen kestoa. Laattojen ja holvien valuissa käytetyllä betonilla on myös iso merkitys kuivumisen kestoon. Ulkona vallitsevat olosuhteet vaikuttavat myös olennaisesti betonin kuivumiseen.



Kuva 12. Betonilaadun vaikutus kuivumiseen (Merikallio, 2002.)

Kuvassa 11 on esitetty 200 mm paksun teräs­betonilaatan kuivumista. Kuvasta voidaan todeta, että nopeasti kuivuvaa betonia käyttämällä on mahdollista päästä RH % 90 alle jo viidessä viikossa. Normaal­ia betonia käyttämällä samaan RH % arvoon pääseminen kestää 12 viikkoa. Olennainen ero betoneissa on niiden vesi­sementtisuhte.

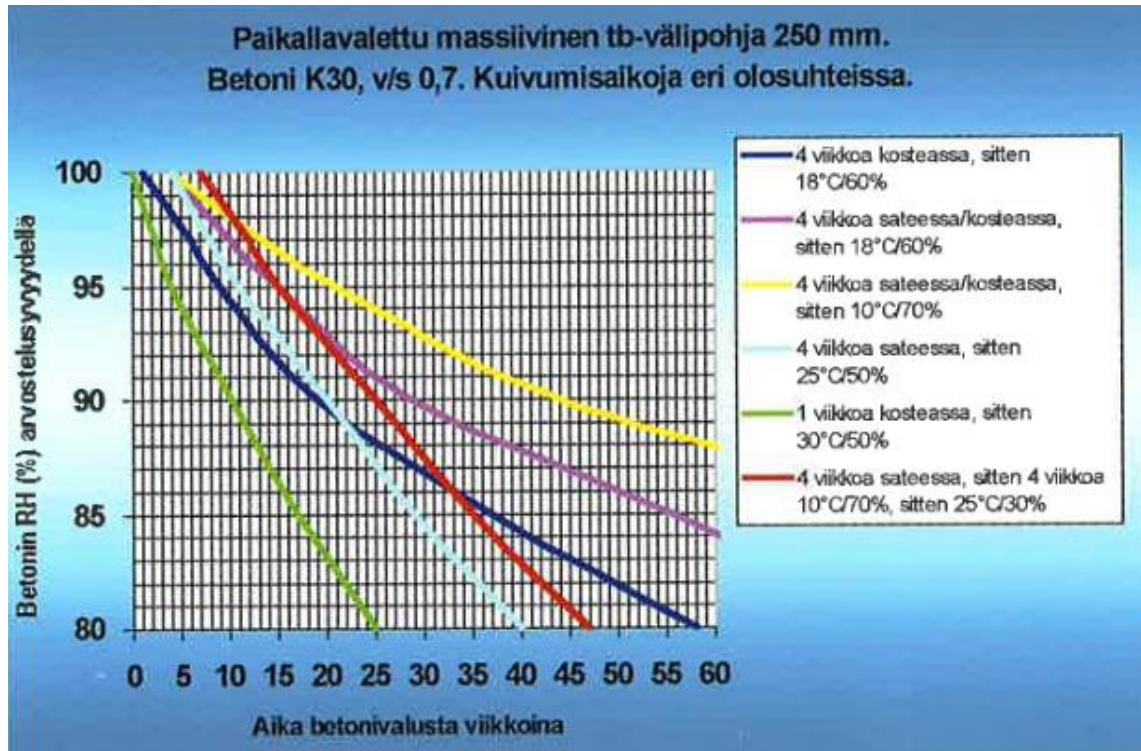


Kuva 13. Paikallavalettujen massiivisten teräsbetonilaattojen kuivumisaikoja (Merikallio, 2002.)

Kuvassa 12 on esitetty eri paksuisten laattojen kuivumisesta ja laatan paksuuden sekä kuivumissuuntien merkitystä kuivumisprosessissa. Hitaimmin kuivuva laatta on 250 mm paksu yhteen suuntaan kuivuva laatta. Voidaan ajatella sen olevan esimerkiksi maanvarainen laatta.

Opinnäytetyössä myöhemmin esitettävien eri materiaalien pinnoitusvaatimusten perusteella voidaan todeta, että yhteen suuntaan kuivuvan laatan kuivuminen on niin hidas prosessi. Sen pinnoittaminen esimerkiksi muovimatolla on suuri riski rakentajalle. Kuvaajassa kyseisen laatan kuivuminen arvoon RH % 85 kestää 90 viikkoa. Maanvaraisten laattojen pinnoitusta tulisikin miettiä tarkasti ja siihen tulisi valita materiaali, jonka kuivusvaatimus olisi välillä RH % 90...95.

Kuivumisen nopeuden kannalta tärkeää on, että rakenne pääsee kuivumaan useaan suuntaan, laattojen tapauksessa kahteen suuntaan. Kuvaajassa esitetty 300 mm paksu kahteen suuntaan kuivuva laatta kuivuu RH % 85:een 50:ssä viikossa eli 40 viikkoa nopeammin kuin yhteen suuntaan kuivuva 50 mm ohuempi laatta.



Kuva 14. Betonilaatan kuivuminen eri olosuhteissa (Merikallio, 2002.)

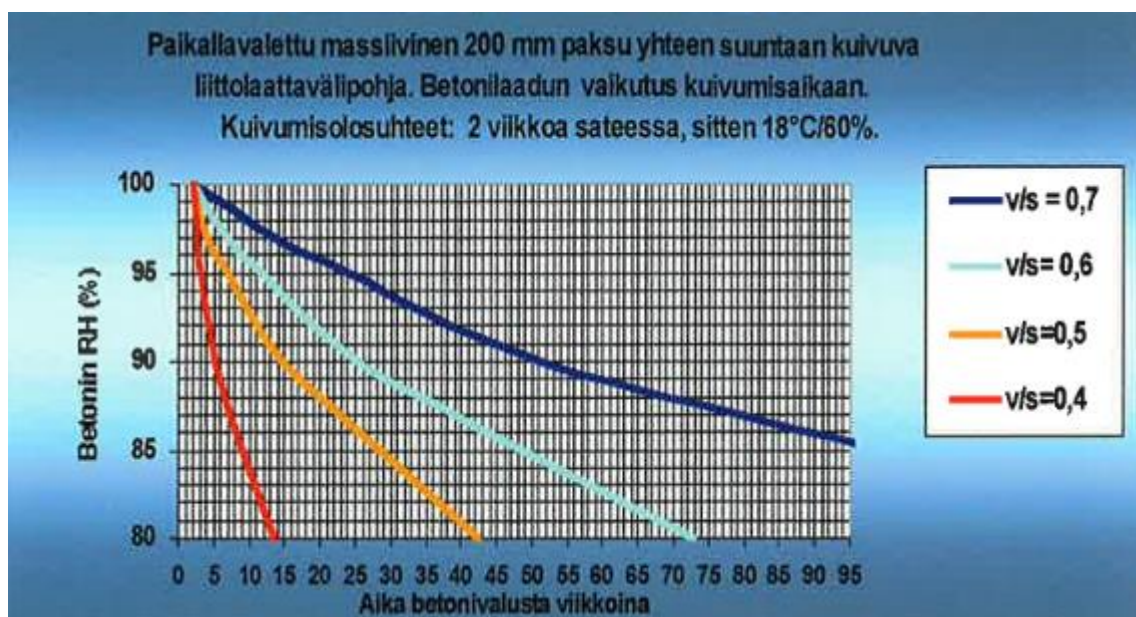
Kuvassa 16 esitetään betonin kuivumista eri sääolosuhteissa. Kuvassa vihreällä esitetty, nopeimmin kuivunut betoni on päässyt kuivumaan lähes optimaalisissa olosuhteissa; viikko kosteassa jälkihoidossa, jonka jälkeen se on saanut kuivua lämpimässä, kuivassa ilmassa. Kuivuminen RH % 85:een on kestänyt 17 viikkoa. Kyseistä aikaa voidaan käyttää aikataulusuunnittelussa ohjaimena, jos tavoitteena on rakentaa tiukalla aikataululla. RH % 85 mahdollistaa betonin pinnoittamisen lähes jokaisella erilaisella pinnoitusmateriaalilla.

Tulee kuitenkin muistaa, että vihreän käyrän betoni on päässyt kuivumaan optimiolosuhteissa ja aikataulusuunnittelussa tulisi vähintäänkin varautua aikatauluhäiriöihin, joita tulee kuivumiseen heti, jos betoni kastuu uudelleen. Kun tätä käyrää käytetään aikataulusuunnitteluun, tulee varautua lisäkustannuksiin, joita tulee optimaalisten olosuhteiden luonnissa. Sääsuojaukset ja lämmittimet tuovat merkittäviä kustannuksia, kun niitä käytetään pitkään.

Realistisemmän ohjaimen aikataulusuunnitteluun antaa tummansinisellä esitetty käyrä, jossa betoni on ollut valun jälkeen 4 viikkoa kosteassa ja sen jälkeen 18 celsiusasteessa, jonka RH % on ollut 60. Tämä betoni on kuivunut RH % 85:een 36:ssa viikossa. Tätä

käyrää käytettäessä on huomioitu betonin olevan 4 viikkoa sään armoilla kosteassa ilmassa.

Hitaimmin kuivunut keltainen käyrä on ollut koko tarkkailuajan huonoissa kuivumisolosuhteissa. Se ei ole missään vaiheessa päässyt kuivumaan kunnolla, mutta se on kuvaajan raameissa saavuttanut RH % 87:n. Tämä tilanne kuvastaa huonointa mahdollista tilannetta, jossa betonia ei ole suojattu mitenkään ja sen on annettu kastua uudelleen ja uudelleen.



Kuva 15. Vesisementtisuhteen vaikutus laatan kuivumisaikaan (Merikallio, 2002.)

Kuvassa 17 on esitetty betonilaadun valinnan merkitys kuivumisen keston. Valettu betoni on ollut yhteen suuntaan kuivuva, ja sen voidaan ajatella olevan maanvarainen laatta. Nopeimmin kuivuneen betonin vesisementtisuhte on ollut 0,4 ja hitaimmin kuivuneen vesisementtisuhte on ollut 0,7. Hitaimmin kuivuneen betonin vesisementtisuhte on ollut sellainen, jota käytetään normaalisti kovettuvan betonin suhteituksessa. Nopeimmin kuivunut betoni on ollut nopeasti kuivuvaa betonia. Kuvan 14 taulukosta saa hyvän aikatauluohjaimen, kun suunnitellaan maanvaraisen laatan valua ja sen pinnoittamisen aloittamista.

Normaalisti kovettuva betoni			
		Notkeusluokka S	
Betonilaatu	Max. Raekoko	S2	S3
C30/37	#8mm	141,75	146,25
	#16mm	128,22	133,57
	#32mm	124,87	128,22
Nopeasti kuivuva betoni			
		Notkeusluokka S	
Betonilaatu	Max. Raekoko	S2	S3
C30/37	#16mm	164,73	172,1
	#32mm	161,95	168,72

Kuva 16. Nopeasti kuivuvan ja normaalisti kovettuvan betonin hintavertailu.

Kuvassa 18 on vertailtu kahden eri betonityypin hintaeroa. Hinnat ovat Ruduksen betonikuution hintoja, jotka eivät sisällä arvonlisäveroa. Nopeasti kuivuvat betonilaadut ovat keskimäärin 29 % kalliimpia kuin normaalisti kovettuvat betonilaadut.

Kuvan 14 kuivumiskuvaajan perusteella voidaan ajatella nopeammin kuivuvan betonin käytön soveltuvan esimerkiksi pistetaloon, jonka pohjapinta-ala ei ole suuri eikä kerroksia ei ole montaa. Tällaisen talon runko valmistuu nopeasti, ja sisävalmistustöiden aloittaminen tulee rakentajalle ajankohtaiseksi nopeammin kuin talossa, jonka pohjapinta-ala on suuri ja kerroksia on monta. Talo, jossa on suuri pohjapinta-ala ja kerroksia on monta, ehtii kuivua pidempään ennen sisävalmistustöitä kuin pienellä pistetalolla.

Nopeasti kuivuvaa betonia käyttämällä voi saada kustannussäästöjä, koska kuivainkailuston määrä pysyy vähäisenä ja käyttöaika lyhyenä.

5. LATTIABETONIN PÄÄLLYSTETTÄVYYS JA VAATIMUKSET

5.1 Määräykset ja vaatimukset

Seuraavat kirjallisuuslähteet käsittelevät lattiabetonin päällystettävyyttä ja vaatimuksia.

-RT 14-10984, Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen, 2010 Rakennustieto Oy

-Asumisterveysohje, Sosiaali- ja terveysministeriö, 2003

-Asumisterveysopas, 2005

5.2 Betonin rakenteelliset vaatimukset

Betonirakenteen on täytettävä seuraavat vaatimukset, jotta se voidaan pinnoittaa:

- Lujuuden täytyy olla pinnoitteelle riittävä.
- Pinnan täytyy olla puhdas; betoniliima ja muut epäpuhtaudet tulee olla hiottuna pois ennen pinnoitusta.

Betonin tulee täyttää ohjeiden, normien ja suunnitelmien edellyttämät vaatimukset. Seuraaviin asioihin tulee kiinnittää huomiota valittaessa pinnoitettavaksi tulevaa betonia:

- Betonin vetolujuuskestävyys
- Betonin kutistuma
- Betonin pinnan työn laatu (Suomen Betonitieto Oy, 2007.)

5.3 Eri pinnoitemateriaalien kuivusvaatimukset

Betoni sisältää kovettuneenakin kosteutta. Suurin osa siitä on peräisin betonin valmistamiseen käytetystä vedestä, mutta usein betoni on päässyt rakennusaikana kastumaan

uudelleen ja siihen on sitä kautta päässyt lisää vettä. Betonin kosteus pinnoitushetkellä ratkaisee sen, voidaanko rakenne pinnoittaa valitulla materiaalilla vai ei. (RT 14 -10984.)

Alustabetonin suhteellisen kosteuden RH (%) enimmäisarvot päällystyshetkellä				
Päällystemateriaali	SisäRYL 2000	by45/BLY7 Betoni lattiat 2002	by 47 Betoniraken- tamisen laatuohjeet 2007¹⁾	Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet (2007)¹⁾²⁾
Alustaan liimattava lautaparketti (ilman puun ja betonin välistä kosteudeneristystä)	60 %	85 %	-	85 % (normaalibetoni) 90 % (v/s < 0,5)
Mosaiikkiparketti	80 %	80 % (pinta < 75 %)	85 % 90 % (v/s < 0,5)	85 % 90 % (v/s < 0,5)
Kelluva lautaparketti (puun ja betonin välissä kosteudeneristys)	80 %	90 %	85 % 90 % (kost. kestävä tasoite tai ei tasoitetta)	85 %
Laminaatti (puun ja betonin välissä kosteudeneristys)	80 %	-	85 %	85 %
Huopa ja solumuovipohjaiset muovimatot	85 %	85 %	85 %	85 %
Muovimatot ilman huopa- tai solumuovipohjaa	90 %	90 %	85 %	85 %
Kumimatot	85 %	85 %	85 %	85 %
Linoleumi	90 %	90 %	85 %	85 %
Tekstiilimatot, joissa alusrakenne	85 %	85 %	85 %	85 %
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90 %	90 %	90 %	90 %
Muovilaatat	90 %	90 %	90 %	90 %

Kuva. 17 Eri materiaalien kuivusvaatimuksia. Jokainen materiaali edellyttää lisäksi, että pinnoitettavan betonin RH% on alle 75 % 1-3cm syvyydeltä pinnoitushetkellä (Merikallio, 2007.)

6. LOPUKSI

Työn tarkoituksena oli laatia Pohjola Rakennus Oy Länsi-Suomelle ohje, josta jokainen mestari voisi lukea perustietoa kosteudesta ja kosteudenhallinnasta. Työmaalla ei ole vielä tehty kosteusmittauksia. Niitä otettaessa ja tulosten saapuessa sekä huomioidessa toimenpiteet, joita As. Oy Turun Linnanpuiston työmaalla on tehty tai jätetty tekemättä, voidaan jatkossa varautua ongelmiin paremmin ja toimia viisaammin pinta-alaltaan suuren rakennuksen runkoa tehdessä.

Kosteudenhallinta työmaalla on parantunut huomattavasti työmaan edetessä ja etsittäessä uusia ratkaisuja onnistuneeseen kosteudenhallintaan. Urakoitsijat ovat omilla havainnoillaan helpottaneet kosteudenhallinnan toimenpiteiden onnistumista ja toteuttamista.

Urakoitsijoiden sitoutuminen kosteudenhallintaan on välttämätöntä projektinjohtourakka-mallissa, jota Pohjola Rakennus toteuttaa ja sillä ei ole omia työntekijöitä. Työmaan pysyminen aikataulussa, erityisesti sisävalmistusvaiheessa, on urakan valmistumisen ja onnistumisen kannalta ehdotonta jokaisen osapuolen kannalta. Asukkaille on luvattu valmistumisaika ja pää- sekä aliurakoitsijat kokevat taloudellisia tappioita, mikäli urakan aikataulu ei toteudu. Urakoitsijan sitoutuminen kosteudenhallinnan toteuttamiseen vaikuttaa myös työn laatuun, kun jokainen urakoitsija hoitaa oman työalueensa työstettävään kuntoon.

Tämän työn valmistuessa rakennuksen runko on lähes valmis ja vesikattotöiden työsuunnittelu on käynnissä. Rakennuksen sisävalmistustyöt on aloitettu kolmessa alimmassa kerroksessa, ja niissä on lämmitys päällä. Kosteusmittauksia tullaan ottamaan näissä kerroksissa tulevina viikkoina ja tulosten tullessa todetaan voidaanko sisällä aloittaa tasoitus- ja pinnoitustyöt.

LÄHTEET

Björkholtz, D. 2002. Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka.

www.gles.fi/pdf/gles_kuivausohje.pdf

www.ilmatieteenlaitos.fi/ilman-kosteus

www.lattiamies.fi/betoni.php

Merikallio, T. 2002. Betonin kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Suomen Betonitieto Oy

Merikallio, T. 2009. Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. Väitöskirja.

Niemi, S. Merikallio, T. Komonen, J. 2007. Betonirakenteiden kosteuden mittaaminen ja onnistunut päällystäminen. Rakennustieto Oy

RT 05 – 10710. 199. Kosteus rakennuksissa

RT 14 – 10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus

www.rudus.fi/hinnasto-ja-esitteet

www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat/kosteusvauriot/kosteustekninen-toiminta/kosteuden-siirtyminen

www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat/kosteusvauriot/mikrobit/mikrobikasvun-edellytykset

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2003. Asumisterveysohje

Sosiaali- ja terveysministeriö, 2005. Asumisterveysopas

Suomen Betoniyhdistys ry. 2004. Betonitekniikan oppikirja By 201.