

TYÖMAAN KOSTEUDENHALLINAN KEHITTÄMINEN

Timo Mäkinen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2011
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennustuotannon
suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennustuotanto

Tekijä	Timo Mäkinen
Työn nimi	Työmaan kosteudenhallinnan kehittäminen
Sivumäärä	38 sivua + 3 liitesivua
Valmistumisaika	2011
Työn ohjaaja	DI Hannu Kauranen
Työn tilaaja	Alasen Rakennus Oy, valvojana Rami Haapaniemi

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin työmaan kosteudenhallinnan kehittämistä. Työn tilaajana toimi Alasen Rakennus Oy. Työn lähtökohtana oli tarkastella kosteuden luomia tilanteita ja ongelmia työmaalla, keskittyen erittäin vahvasti kosteuden käyttäytymiseen betonirakenteissa.

Työssä pyrittiin teorian avulla luomaan kokonaisvaltainen kuva kosteudesta työmaalla. Työ käy läpi miten kosteus muodostuu rakenteisiin, millä tavoin se siirtyy, mitä vaikutuksia siitä seuraa, miten siltä voidaan suojautua ja miten kosteutta voidaan mitata rakenteista.

Työn keskeisimpänä aiheeksi valittiin kosteus betonirakenteissa. Tämä johtui siitä, että betonirakenteet ovat kosteudenhallinnan kannalta työmaan yleisimmät ja yleensä myös kriittisimmät kohteet.

Havainnollistamisen apuna opinnäytetyö käsitteli myös esimerkkikohteen. Kohteessa oli sattunut kosteusvaurio ja työssä käytiin läpi menetelmät sekä toimenpiteet vaurion korjaamiseksi.

Teorian tarkastelun pohjalta laadittiin ohje kosteudenhallinnasta, sekä päivitettiin Alasen Rakennus Oy:n kosteusmittauspöytäkirja.

Tampere University of Applied Sciences
 Degree Programme in Construction Engineering
 Construction management

Writer	Timo Mäkinen
Thesis	Improvement of Moisture Control on a Construction Site
Pages	38 pages + 3 appendix pages
Completion	2011
Thesis Supervisor	M.Sc (Civ.Eng.) Hannu Kauranen
Co-operating Company	Alasen Rakennus Oy, Supervisor: Rami Haapaniemi

ABSTRACT

This thesis covered the improvement of moisture control on a construction site. Subscriber of the thesis was Alasen Rakennus Incorporated. Basis of the thesis was to examine the situations and problems moisture can create on a construction site. This thesis focused heavily on moisture in concrete structures.

With the help of the theory portion this thesis tried to create comprehensive picture of moisture control on a construction site. The thesis covered how moisture forms in structures, how it moves, how it affects structures, how one can protect against it and how one can measure the quantity of moisture in a structure.

The central theme was moisture in concrete structures. This was chosen because concrete structures are the most common and usually most critical to the effects of moisture.

To help with illustration the thesis contains an example of the damage done by moisture and dampness in an office space. The thesis tells what was done to contain and repair the damages.

Based on the theory about moisture, a simple guide to moisture control was made. Also a record used by Alasen Rakennus Oy to write down levels of moisture, when measuring it on structures, was upgraded.

Keywords

moisture, moisture control, concrete

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
1.1 Työn tausta	5
1.2 Työn tavoite	5
1.3 Työn rajaukset	5
2 KOSTEUS RAKENNUSTYÖMAALLA	6
2.1 Kosteuslähteet	6
2.1.1 Sisäiset kosteuslähteet	6
2.1.2 Ulkoiset kosteuslähteet	7
2.2 Kosteuden siirtyminen	8
2.3 Vaikutukset	10
2.4 Materiaalit	11
2.4.1 Betoni	11
2.4.2 Puu	12
2.4.3 Muut materiaalit	14
2.5 Suojaaminen	15
3 BETONI	17
3.1 Kosteus	17
3.1.1 Kosteus paikalla valetuissa betoneissa	17
3.1.2 Kosteus betonielementeissä	17
3.2 Vaikutukset	18
3.3 Uuden betonin kuivuminen	20
3.4 Vanhan betonin kuivaaminen	22
3.5 Aikataulunhallinta	24
3.6 Kosteuden mittaaminen	25
3.6.1 Mittausmenetelmät	26
3.6.2 Suhteellisen kosteuden mittaaminen	28
4 ESIMERKKIKOHDE	31
5 YHTEENVETO	37

LÄHTEET

LIITTEET

Liite 1: Ohje kosteudenhallinnasta työnjohtajille

Liite 2: Kosteusmittauslomake Alasen Rakennus Oy (luottamuksellinen)

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Työmaan logistiikan kehittyessä, kosteudenhallinta on kasvanut yhdeksi keskeisimmistä teemoista. Kosteudenhallinnan kehittäminen oli Alasen Rakennus Oy:ssä noussut ajankohtaiseksi, muutamien kosteudenhallinnallisesti vaativien työkohteiden johdosta.

Alasen Rakennus Oy on alunperin Kyrönlahdesta lähtöisin oleva, vuonna 1984 perustettu rakennusyritys. Nykyaikana sen toiminta-alueena on pääsääntöisesti Pirkanmaa ja erityisesti Tampere. Henkilöstöä yrityksessä on 31, joista 4 on toimihenkilöitä, 1 on toimistovirkailija ja 26 on rakennusmiehiä tai rakennusammattimiehiä.

1.2 Työn tavoite

Tavoitteena työllä on antaa teoreettista perustietoa kosteudesta rakennustyömaalla. Luoda esimerkkikohteen avulla käsitys siitä, miten kosteusvaurio voi rakennuksessa ilmetä, kuinka se voidaan korjata ja miten siltä voidaan tulevaisuudessa välttyä. Kehittämissuunnitelmalla tuodaan esille uusia näkökulmia ja toteutustapoja kosteudenhallintaan. Lisäksi luodaan ohje, jonka avulla saadaan uusille vastavalmistuneille työmaamestareille käytäntötavat ja peruskäsitys kosteudenhallinnasta ja sen tärkeydestä.

1.3 Työn rajaukset

Opinnäytetyö käsittelee kosteuden fysikaalisia olomuotoja, siirtymistapoja ja ilmenemismuotoja rakennustyömailla. Työssä kerrotaan kosteudelta suojaamisesta, kosteuden kuivaamisesta ja kosteuden mittaustavoista. Pääasiassa työ keskittyy kosteuden käyttäytymiseen betonin kanssa, mutta käy pääpiirteisesti läpi kosteuden vaikutukset puumateriaaleissa.

2 KOSTEUS RAKENNUSTYÖMAALLA

2.1 Kosteuslähteet

Rakennustyömailla esiintyy monia erilaisia kosteuslähteitä. Kosteuden aiheuttajat ja kosteuden suuruus vaihtelee kohteiden mukaan ja yleensä kohteessa on useita eri kosteuslähteitä. Kosteus voi olla ihmisten, materiaalien tai ilmaston aiheuttamaa. Seuraavassa kosteuslähteitä on eritelty ulkoisiin ja sisäisiin lähteisiin.

2.1.1 Sisäiset kosteuslähteet

Rakennusten sisäisiä kosteuslähteitä ilmenee ihmisten ja rakennusmateriaalien aiheuttamina. Pesu- ja siivousvedet ovat ihmisten luomia kosteuslähteitä, osittain myös vesivuodot ja -vahingot. Lisäksi vähäinen ilmanvaihto ja huono tuuletus lisäävät kosteuden määrää sisätiloissa. Vesivuodot ja -vahingot ovat kosteuslähteitä joista syntyvät rakennusteknisesti ja rahallisesti suurimmat vahingot. Esimerkiksi tulipalotilanteissa tulesta suuremmat vahingot aiheutuvat yleensä sammutusvesistä.

Rakentamisen aikana käytetään vettä monissa rakennusvaiheissa, kuten esimerkiksi betonitöissä, muuraus- ja rappaustöissä ja lattioiden pintatöissä. Tällaisista rakenteista poistuu vettä kunnes rakenne on kosteustasapainossa ympäristönsä kanssa. Näitä kosteuksia kutsutaan rakennekosteuksiksi. Myös rakenteilla olevissa rakenteissa saattaa kosteus siirtyä materiaalista toiseen, jos ne ovat kosketuksissa toisiinsa. (Björkholtz 1997, 51.)

Kosteuden tiivistymistä esiintyy rakennusten ulko- ja sisäpuolella. Rakennusteknisesti se on kuitenkin haitallisempaa rakennuksen sisäpuolella. Kosteutta tiivistyy silloin kun kostea ilma joutuu kosketuksiin sellaisen pinnan kanssa, jonka lämpötila on alhaisempi kuin ilman kastepistelämpötila. Kosteuden tiivistymiseen rakenteiden sisäpinnoille vaikuttaa rakenteen ja sisäpinnan lämmönvastaus, sisäilman kosteuspitoisuus ja ulkoilman lämpötila. Teknisin toimenpitein voidaan vaikuttaa kaikkiin näihin tekijöihin, pois lukien ulkoilman lämpötila. (Björkholtz 1997, 64.)

2.1.2 Ulkoiset kosteuslähteet

Ulkoisiin kosteuslähteisiin kuuluvat mm. vesi-, lumi- ja räntäsateet, joita kaikkia esiintyy Suomen ilmastossa. Nämä eivät yleensä ole haittatekijöitä, jos rakennus on rakennettu oikein, mutta korjauskohteissa nämä on otettava erityisesti huomioon. Lisäksi maaperän kosteus, pintavesien valuminen, seinustoille pakkautunut lumi ja roiskevedet vaikuttavat kosteuden määrään rakenteissa.

Suomen ilmaston lämpötilaerot on myös otettava huomioon. Talvella -20 °C:n lämpötilassa ilma on huomattavasti kuivempaa kuin kesällä 20 °C:n lämpötilassa, jolloin kosteutta on enemmän. Björkholtz (1997, 47) kuvaa kirjassaan eri paikkakuntien ulkoilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, ilmassa olevan paineen ja ilmassa olevan vesihöyryn määrän vaihteluita eri vuodenaikoina (taulukko 1). Taulukon yläreunan roomalaiset numerot kuvaavat kuukausia, I on tammikuu ja XII joulukuu.

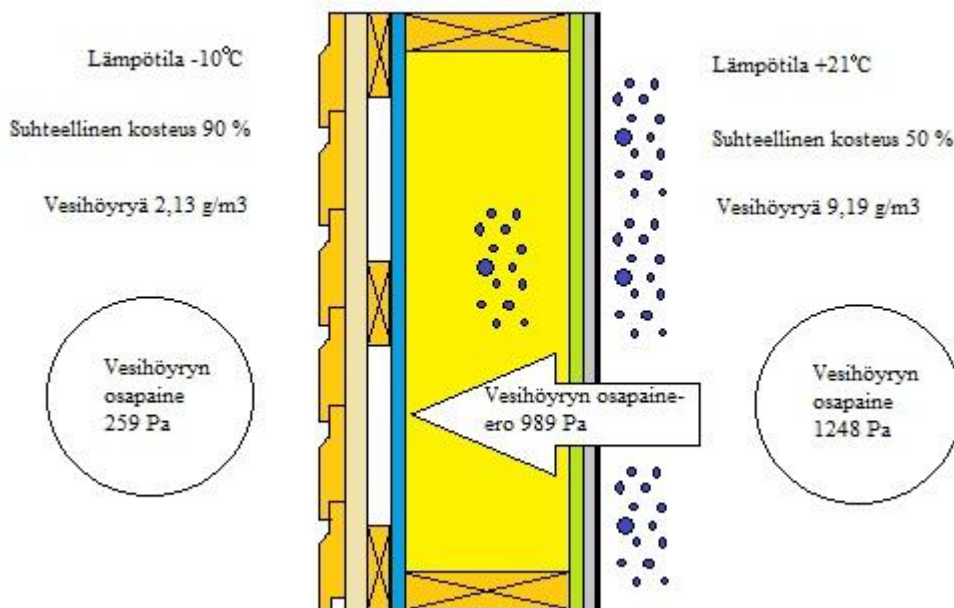
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Helsinki	t (°C)	-6,1	-6,6	-3,5	2,6	8,9	14,0	17,2	16,0	11,1	5,4	1,0	-2,6
	RH (%)	88	87	82	76	66	64	71	78	84	86	89	89
	p (Pa)	331	314	382	563	757	1025	1394	1420	1115	777	586	446
	v (g/m ³)	2,69	2,55	3,07	4,42	5,82	7,74	10,41	10,65	8,51	6,04	4,64	3,57
Turku	t	-6,0	-6,6	-3,6	2,2	8,7	13,9	17,1	15,7	10,6	5,2	0,9	-2,7
	RH	89	88	82	76	67	65	71	77	84	87	90	90
	p	337	317	379	546	758	1035	1386	1375	1079	775	588	447
	v	2,74	2,58	3,05	4,30	5,83	7,82	10,35	10,33	8,25	6,03	4,66	3,58
Jyväskylä	t	-8,8	-8,7	-4,8	2,0	8,7	13,9	16,9	15,0	9,8	3,8	-0,8	-5,0
	RH	89	87	81	75	68	65	72	80	86	88	91	90
	p	265	261	339	531	769	1035	1388	1366	1047	710	523	371
	v	2,17	2,14	2,74	4,19	5,92	7,82	10,37	10,29	8,03	5,56	4,17	3,00
Vaasa	t	-6,7	-6,9	-4,2	1,5	7,6	13,0	16,5	15,0	10,1	4,4	-0,1	-3,3
	RH	80	87	83	78	69	67	72	79	84	87	89	89
	p	282	305	365	533	725	1006	1353	1349	1044	733	540	422
	v	2,33	2,49	2,94	4,29	5,60	7,62	10,13	10,16	7,99	5,72	4,29	4,69
Keajaani	t	-10,6	-10,6	-6,7	0,4	6,9	13,0	16,1	14,0	8,3	2,1	-2,6	-7,0
	RH	86	85	81	75	67	66	69	78	84	87	90	88
	p	216	214	286	472	671	991	1264	1250	925	621	451	306
	v	1,79	1,77	2,36	3,75	5,19	7,51	9,48	9,44	7,13	4,89	3,61	2,50
Sodankylä	t	-13,5	-13,5	-8,9	-2,2	4,8	11,3	14,7	12,0	6,2	-0,5	-5,8	-9,8
	RH	85	83	80	73	67	65	69	78	84	88	89	89
	p	162	158	236	377	580	874	1157	1098	802	518	343	241
	v	1,36	1,32	1,94	3,01	4,52	6,67	8,72	8,35	6,22	4,12	2,79	1,99

TAULUKKO 1. Ulkoilman tietoja eri paikkakunnilla (Björkholtz 1997, 47)

2.2 Kosteuden siirtyminen

Kosteus siirtyy materiaaleissa ja rakenteissa erilaisilla tavoilla. Nämä siirtymätavat ovat vesihöyryn diffuusio, vesihöyryn konvektio, kapillaarinen siirtyminen ja painovoimainen siirtyminen.

Vesihöyryn diffuusiosta höyrymolekyylit liikkuvat ilmassa tai huokoisen aineen huokosissa suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään. Tällä tavoin diffuusio pyrkii tasoittamaan vesihöyryn osapaineen ja vesihöyrypitoisuuden eroja (kuvio 1). Vesihöyryn osapaineella tarkoitetaan vesihöyryn osuutta ilman kokonaispaineesta. Diffuusiosta vesihöyryn siirtymiseen vaikuttaa materiaalien vesihöyryn läpäisevyys, joka vaihtelee suuresti eri materiaalien kesken. Esimerkiksi 100 mm paksu betoni läpäisee vesihöyryä noin kymmenen kertaa enemmän kuin 0.2 mm vahva muovikalvo. (Björkholtz 1997. 55-57)

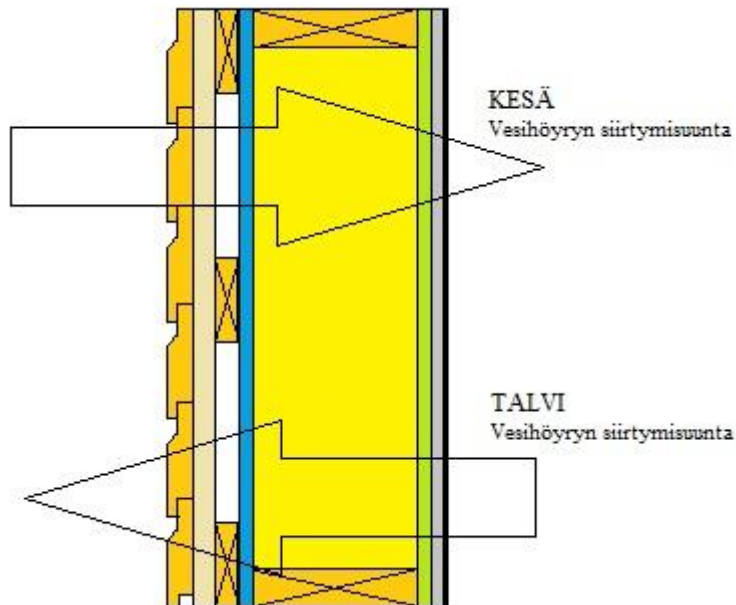


KUVIO 1. Vesihöyryn diffuusion periaate (www.tiivistalo.fi mukailten)

Vesihöyryn konvektiossa vesihöyryä sisältävä ilma siirtyy virtauksien mukana ja pyrkii siirtymään ylipaineisesta tilasta alipaineiseen. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen ollessa ylipaineinen rakennuksen kylmiin tiloihin nähden, konvektio pyrkii viemään kosteutta epätiiviyiskohtien kautta kylmiin tiloihin. Tällä tavoin kylmiin tiloihin tiivistynyt kosteus heikentää rakenteen toimintakykyä. Ilmanpaineen vaihteuluista

johtuvaa konvektiota kutsutaan luonnolliseksi konvektioksi. Konvektiota voidaan myös pakottaa käyttämällä erilaisia LVI-laitteita. (Björkholtz 1997, 57-59)

Diffuusio ja konvektio voivat vaikuttaa rakenteessa sisältä ulospäin tai ulkoa sisäänpäin, riippuen olosuhteista. Kesällä ilmanpaineen ja ilman vesihöyrypitoisuuden ollessa ulkona korkeampi kuin sisällä diffuusio ja konvektio vaikuttavat ulkoa sisäänpäin, talvella vaikutus on toiseen suuntaan (kuvio 2).

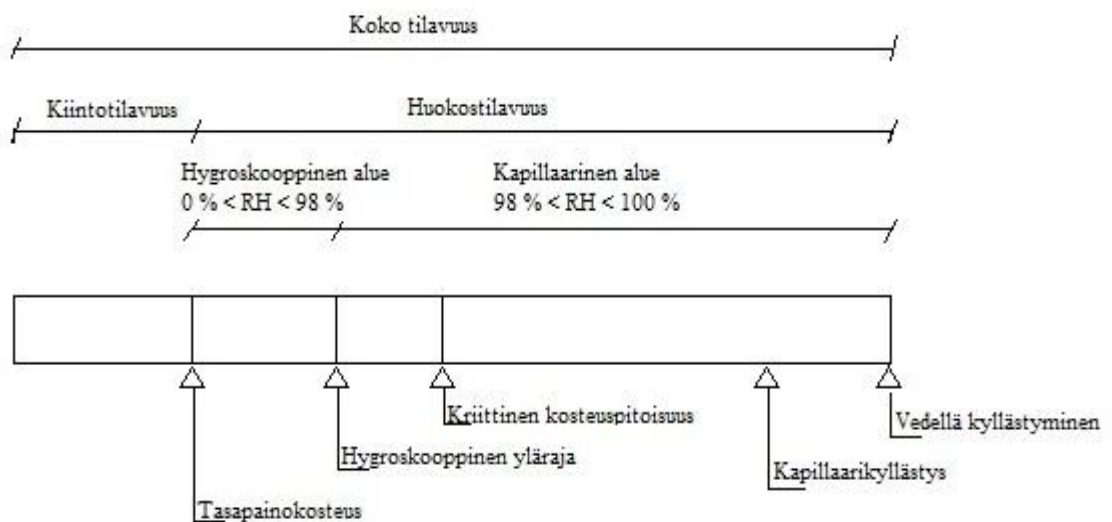


KUVIO 2. Kosteuskonevktion vesihöyryn siirtyminen
(www.tiivistalo.fi mukaillen)

Kosteus liikkuu huokoisissa aineissa kapillaarisesti, mikä tarkoittaa huokosalipaineen erojen aiheuttamaa nesteen virtausta. Huokosalipaine pyrkii nostamaan maakerroksissa tai rakenteissa vettä sille tasolle missä se ja maan vetovoima ovat tasapainossa. Tällöin on saavutettu kapillaarinen kosteustasapaino. Tämä tapahtuu yleensä rakennuksen alla mahdollisesti olevassa kapillaarisuuden katkaisevassa maakerroksessa. Kosteuden kapillaarinen pääsy rakenteisiin estetään myös tekemällä rakenteiden väliin kapillaarikatkoksia esimerkiksi bitumista tai kumista. Maan vetovoima ei ole ainoa kapillaariseen kosteustasapainoon vaikuttava tekijä. Ilmankosteus vaikuttaa olennaisesti kapillaariseen nousuun, sillä jos ilmankosteus on 100 %, materiaaleista ei pääse haihtumaan kosteutta ja kapillaarinen nousu jatkuu. (Björkholtz 1997. 53-54)

Kosteus siirtyy myös painovoiman ansiosta. Yleensä rakenteissa painovoimainen kosteuden siirtyminen on hyvä asia. Sitä käytetään hyväksi esimerkiksi erilaisissa kosteiden tilojen kaadoissa, harjakatoissa, salaojissa, vesikouruissa ja syöksytorvissa. Joissain tapauksissa painovoimainen liike on negatiivisesti vaikuttava, kuten esimerkiksi kattojen vuotokohdissa, jolloin kosteus saattaa päästä rakenteisiin.

Kosteuden siirtymistavat voidaan myös jakaa kahteen eri tapaan. Hygroskooppinen tapa tarkoittaa, että kosteus siirtyy kaasuna. Hygroskooppisuus on huokoisen aineen ominaisuus sitoa kosteutta ilmasta sekä luovuttaa kosteutta ilmaan. Toinen tapa on kapillaarinen siirtyminen missä kosteus siirtyy nesteinä. Joissakin rakenteissa kosteus voi siirtyä samanaikaisesti molemmilla tavoilla. Rakennusaineen kastuminen täysin kuivasta täysin märäksi sisältää molemmat tavat (kuvio 3). Kastumisen aikana kosteus siirtyy ensin hygrostaattisesti, kunnes se saavuttaa kriittisen kosteuspitoisuuden, jonka jälkeen se siirtyy kapillaarisesti. (Björkholtz 1997, 52)



KUVIO 3. Rakennusaineen kastumisen vaiheet (Björkholtz 1997, 53 mukaillen)

2.3 Vaikutukset

Rakennuksissa kosteuden vaikutuksia ilmenee monella eri tavalla ja ne vaikuttavat niin ihmisiin, kuin materiaaleihin. Kosteudesta ja huonosta ilmanvaihdosta johtuen rakennuksissa saattaa esiintyä hajuja ja tunkkaisuutta. Sisäilman suhteellisen kosteuden ollessa noin 45 % erilaiset mikrobit ja huonepölypunkit alkavat lisääntyä. Mikrobit

itsessään tarvitsevat muutakin kuin kosteutta kasvaakseen. Suhteellisen kosteuden noustessa 60–70 %:iin bakteerit ja homesienet lajista riippuen alkavat lisääntymään. Materiaalista riippumatta home kasvaa missä vain, jos suhteellinen kosteus ylittää 80 %:in. (Flannigan, B. & Morey, P.R. 1996)

Nämä asiat vaikuttavat ihmisten terveyteen ja lämpö- ja oleskeluviihtyvyyteen. Erityisesti mikrobeista aiheutuvia oireita ovat päänsärky, kurkun karheus, kurkkukipu, yskä, hengenahdistus, äänen käheys, nuhaoireet ja silmien ärsytys ja kutina. Toisaalta hengitystieinfektioita esiintyy liian kuivassa sisäilmassa, kun taas allergia- ja astmatapauksia esiintyy niin kuivassa kuin kosteassa sisäilmassa. (Flannigan, B. & Morey, P.R. 1996)

Rakennusmateriaaleissa kosteus voi aiheuttaa eri yhdisteiden reagoinnin keskenään, mikä saattaa johtaa materiaalien hajoamiseen tai heikentymiseen. Orgaanisissa materiaaleissa kosteus vaikuttaa nopeammin kuin epäorgaanisissa ja aiheuttaa mittojen muuttumista ja materiaalin hajoamista. Epäorgaanisissa aineissa kosteus voi johtaa aineiden liikkumiseen, esimerkiksi betonissa suolojen nousemisen pintaan. Tämä puolestaan vaikuttaa betonin päällä oleviin pintoihin. Kosteus aiheuttaa myös materiaalien kemiallisten yhdisteiden lisääntyvää haihtumista. Tällaisia yhdisteitä ovat esimerkiksi ammoniakki, orgaaniset yhdisteet ja asetonit. Kosteus vaikuttaa myös materiaalien eristävyyteen ja tätä kautta rakennuksen energiankulutukseen. (Flannigan, B. & Morey, P.R. 1996)

2.4 Materiaalit

Eri materiaalit reagoivat kosteuteen erilaisilla. Joidenkin valmistuksessa käytetään vettä ja jotkut eivät siedä kosteutta lainkaan. Kosteus liikkuu materiaaleissa eri tavoin ja vaikuttaa kuhunkin materiaalin omalla tavallaan. Kosteuden vaikutuksia kaikkiin käytössä oleviin materiaaleihin ei ole tässä tarkoituksenmukaista käydä läpi. Käytännössä kosteus vaikuttaa työmailla suurimmaksi osaksi betoniin sekä betonin päällystettävyyteen ja puuhun, jotka seuraavassa käydään läpi. Lisäksi käsitellään pintapuolisesti tiili, kartonkikipsi ja mineraalivilla.

2.4.1 Betoni

Betoni on huokoinen materiaali, joka pyrkii ympäristönsä kanssa tasapainokosteuteen. Kosteus liikkuu betonissa hygroskooppisesti, eli se vastaanottaa ympäristön kosteutta tai luovuttaa kosteutta ympäristöön. Kosteus siirtyy betonissa, ilman apukeinoja, hyvinkin hitaasti. Hygroskooppisen tasapainotilan saavuttamiseen saattaa olosuhteista riippuen mennä jopa vuosia. (Merikallio 2002, 10)

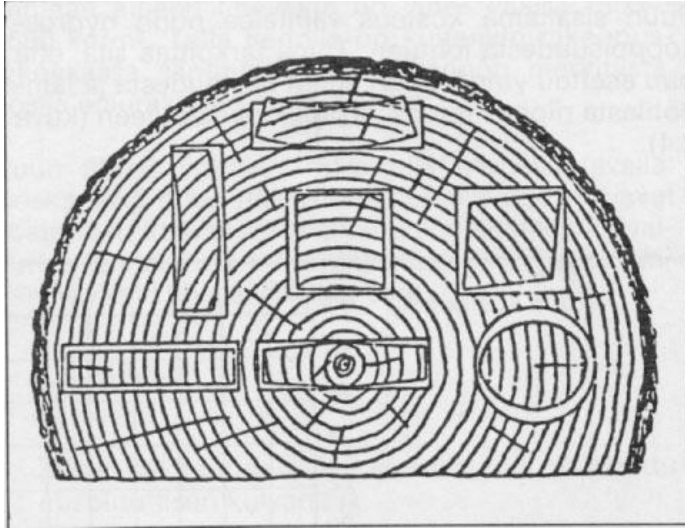
Betonin kosteus ilmoitetaan joko suhteellisena kosteutena (RH %) tai kosteuspitoisuuden painoprosenttina (kg/ , paino- %). Lisäksi betoni sisältää kemiallisesti ja fysikaalisesti betoniin sitoutuvaa kosteutta, sekä rakennekosteutta joka haihtuu betonista siihen asti että tasapainokosteus on saavutettu. Betonin sisältämä kosteus johtuu valmistuksessa käytettävästä vedestä, mutta sää- ja ympäristöolosuhteet sekä kosteusvauriot saattavat lisätä betonissa olevan kosteuden määrää. (Merikallio 2002, 10)

Betonin kosteudella on monia vaikutuksia kuten betonin päällystettävyyys ja sen kautta aikataulunhallintaan vaikuttavat tekijät. Kosteus saattaa muodostaa home- ja emissio-ongelmia. Kosteuden ehkäisyyn, kuivaamiseen ja kosteusmittauksiin on monia menetelmiä ja ne käydään läpi luvussa 3.

2.4.2 Puu

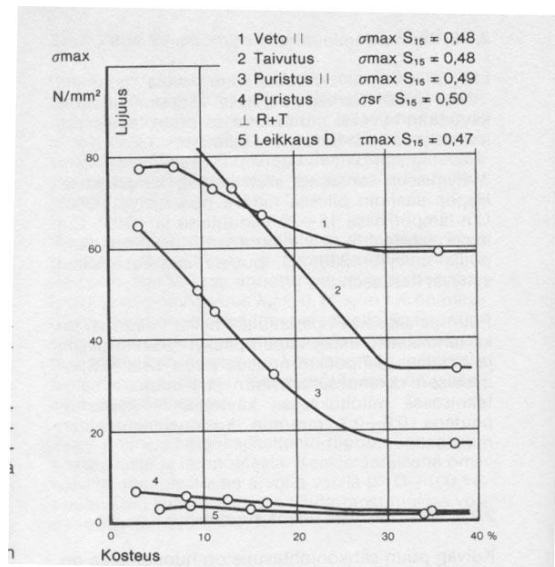
Normaalioloissa puu sisältää aina jonkin verran kosteutta. Kosteus esiintyy puussa vetenä, joka on puun soluonteloissa ja sitoutuneena soluseinämissä. Puun kuivuessa vesi poistuu ensiksi soluonteloista ja vasta kun niistä on kaikki irtain vesi poistunut alkaa soluseinämiin sitoutuneen veden haihtuminen. Puun tilaa jolloin soluonteloissa ei ole irtainta vettä, mutta soluseinät sisältävät maksimimääränsä vettä, sanotaan puunsyiden kyllästymispisteeksi. Tämä kyllästymispiste vastaa samaa, jos ilman suhteellinen kosteus olisi 100 %. Kun puunsyiden kyllästymispiste on saavutettu, koko puun kosteus on 27–30 %. Puun kosteus ilmoitetaan yleensä prosentteina ja se saadaan veden massan ja täysin kuivan puun massan suhteesta. (Manninen 1987, 19)

Kuivuessaan puu saattaa halkeilla ja käyristyä, riippuen mistä kohtaa tukkia se on sahattu (kuvio 4). Rakennustavarana käytetyssä puussa tapahtuu kutistumista ja turpoamista jos se on alttiina säiden vaihteluille. Yleisimmin puutavaran kosteus on 12–18 % jos se on suojattuna ulkoilman vaikutukselta. Jotkin rakennuskohteet vaativat puuta jonka kosteus on 6–12 % ja näihin kosteusoloihin tarkoitettu rakennuspuutavara on keinokuivattava. (Manninen 1987, 19–20)



KUVIO 4. Sahatavaran muodonmuutokset (Manninen 1987, 20)

Koska puutavara saattaa kosteuden takia muuttaa muotoaan, on tämä otettava rakentamisessa huomioon. Esimerkiksi 22 x 100 mm lauta kutistuu leveyssuunnassa keskimäärin 2 mm, jos puun kosteus muuttuu 20 %:sta 10 %:iin. Lisäksi kosteus vaikuttaa puun lujuuteen. Puun kosteuden alittaessa puunsyiden kyllästymispisteen, alkaa puun kutistuminen ja samalla puun lujuus kasvaa (taulukko 2). Kosteuden yllittäessä kyllästymispisteen puun turpoaminen loppuu ja lujuus ei enää alene. (Manninen 1987, 20)



TAULUKKO 2. Kosteuden vaikutus puun lujuuksiin. (Manninen 1987, 22)

Sisätiloissa käytettävä rakennuspuutavara on suotavaa pitää hyvin suojattuna kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Homesienien itiöitä on kaikkialla ja huonosti suojatuissa kosteissa olotiloissa, ne kasvavat silmännähtäväksi homeeksi. Puun pinnan epäpuhtaudet ja liat lisäävät homeen kasvua. Ulkona käytettävä puutavara on yleensä jollain tavalla käsitelty tai se pitää maalata hyvin. Kärittely voidaan tehdä kyllästämällä puu. Kyllästetty puutavara on yleensä mäntyä, koska kuusta ei ole hyväksytty kyllästettäväksi puulajiksi huonon kyllästävyytensä johdosta. Puu voidaan kyllästä paineen tai alipaineen avulla, josta johtuu niiden nimet, painekyllästetty ja tyhjäkyllästetty. Kyllästämisen tärkein syy on puun lahoamisen esto. (Manninen 1987, 40–41, pajutex)

2.4.3 Muut materiaalit

Puun ja betonin ollessa rakennustyömaalla tärkeimmät kosteudenhallintaan liittyvät materiaalit, on myös monia muita rakennusmateriaaleja joihin kosteus vaikuttaa.

Tiili on rakennusmateriaali joka imee ja luovuttaa kosteutta. Tiilellä kosteuspiitoisuus kasvaa ja pienene ilman suhteellisen kosteuden mukaan. Tiiliseinä myös läpäisee kosteutta ja kosteus siirtyy seinän läpi vesihöyryn diffuusion avulla. Tiilen vedenimukykyyn voidaan vaikuttaa polttolämpötilaa muuttamalla, jossa lämpötilan nosto pienentää tiilen vedenimukykyä. Polttolämpötilan nosto lisää tiilen suurien

huokosten määrää. Tästä johtuen tiilen vedenimunoisuus on suurempi tiilillä, jotka on poltettu korkeissa lämpötiloissa. Toisaalta, pienemmissä lämpötiloissa poltetut tiilet sisältävät enemmän pieniä huokosia, joten niiden imukorkeus on suurempi. Tämä perustuu kosteuden kapillaariseen nousuun. (Siikanen 2009, 81)

Tiilen vedenimukyvyllä on suora vaikutus saumojen tiiviyteen, laastin ja muurauskiven väliseen tartuntaan ja rakenteen lujuuteen. Tiilen imunoisuuden ollessa pieni, se saattaa jäädä kellumaan kostean laastin päälle, jolloin laastissa oleva vesi ei pääse poistumaan ja siitä tulee huokoista sekä heikkoa lujuudeltaan. Tällöin saumoista ei myöskään tule tarpeeksi tiiviitä. (Siikanen 2009, 82)

Kipsikartonkilevyt ovat herkkiä isoille määrille kosteutta, mutta ilman kosteuden vaihtelut eivät vaikuta niihin suuresti. Sillä ilman suhteellisen kosteuden ollessa 40–90 %, kipsikartonkilevyn muodonmuutos on vai noin 0,04 %. Kipsikartonkilevyn muodonmuutoksesta johtuvaa liikkumavaraa ei tarvitse huomioida saumakohtissa, mutta niiden käyttöä ei suositella kosteissa oloissa. Sillä jos ilman suhteellinen kosteus on jatkuvasti yli 85 %, levyssä oleva kartonki pehmenee ja levyn jäykkyys käärii. Levyssä pituussuuntainen laajeneminen on noin 0,4 mm/m, kosteuden aiheuttamana. (Siikanen 2009, 224)

Mineraalivillassa ilman suhteellisen kosteuden vaikutus lämmöneristykseen on lähes merkityksetön, mutta maaeristeissä maaperän kosteuden vaikutus on otettava huomioon. Öljyllä käsitellyt mineraalivillat eivät ime kosteutta ja niitä voidaan käyttää esimerkiksi kapillaarikatkaistuissa maaeristeissä. Öljyamättömän villan kosteuden lisääntyessä, esimerkiksi sateen johdosta, heikkenee sen eristävyys huomattavasti. Mineraalivillan vesihöyrynläpäisykyky on muihin materiaaleihin verrattuna sangen suuri. Joten rakenteiden lämpimällä puolella on käytettävä tarpeeksi vesihöyryn diffuusiota estäviä rakennekerroksia, jos kosteuden riittävää poistumista mineraalivillasta ulospäin ei voida varmistaa. Vesihöyry ei tiivisty mineraalivillassa, vaan kulkee sen läpi. (Siikanen 2009, 220)

2.5 Suojaaminen

Suojaaminen on suuri osa kosteudenhallintaa ja se kuuluisi tehdä kosteudelle aroille rakenteille ja materiaaleille varastoinnin, kuljetuksen, välivarastoinnin aikana. Kuten myös silloin kun materiaali tai rakenne on asennettu tai rakennettu, mutta vielä alttiina kosteuslähteille. Tässä osiossa käydään läpi yleisimmät materiaalien ja rakenteiden suojaamisessa käytetyt varusteet. Niihin lukeutuvat erilaiset suojapeitteet, sääsuojat ja julkisivusuojat. (Ratu 07-2-06, 1992)

Suojapeitteitä ovat rakennus-, julkisivu- ja erikoispeitteet. Niiden materiaalina on yleensä polyeteenimuovi, PVC- päällysteinen tekokuitukangas, polyesterikangas tai verkkokangas. Näistä erityisesti rakennuspeitteet kestävät sään ja vuodenaikojen rasituksia ja läpäisevät aurinkoa huonosti. Siksi niitä käytetään ulkona olevien materiaalien varastointiin sekä rakentamisen aikana holvien suojana. Julkisivupeitteet ovat ohuita, kevyitä ja läpäisevät aurinkoa. Niitä käytetään nimensämukaisesti julkisivusuojissa, suojana sateelta, lumelta ja tuulen mukana tulevalta kosteudelta. Erikoispeitteisiin luetaan lämpö-, eriste- ja verkkovahvistetut peitteet, joiden valmistusmateriaalit määräytyvät käyttötarkoituksen ja suojauskohteen mukaan. (Ratu 07-2-06. 1992)

Sääsuojat ovat kantavan rungon, pitkittäisorsien ja katemateriaalin muodostamia suojatiloja, joita siirretään nostokalustolla tai miesvoimin. Katemateriaalina voidaan käyttää kevytmuovia, tekokuitukangasta tai PVC-päällysteitä. Sääsuojista saadaan rakennuksen päälle yksittäinen säänkestävä vaippa, joka ei päästä vettä tai lunta rakenteisiin. Rungon tukevuuden ja katemateriaalin luoman vesisuojan johdosta niitä voidaan käyttää myös väliaikaisina varastoina työmailla. Sääsuojat eivät yleensä kestä lumi- tai vesikuormia, joten ne on syytä pitää puhtaina järjestelmällisesti. (Ratu 07-2-06. 1992)

Julkisivusuoja on rakennustelineisiin kiinnitettävien rakennus- tai julkisivupeitteiden luoma suojaseinä. Esimerkiksi isoissa rappauksissa se suojaa työstettävää seinää ja työntekijöitä sateelta ja muilta sääolosuhteilta. Lisäksi suojaseinän päälle asennetaan telinekatto, joka on kiinni itse rakennustelineessä. Ristikkorakenteisella telinekatolla voidaan myös peittää koko rakennuksen vesikatto, korjaustöistä varten. (Ratu 07-2-06. 1992)

3 BETONI

3.1 Kosteus

Kosteutta esiintyy betoneissa riippumatta siitä onko betoni paikalla valettu vai elementti. Kosteus poistuu betoneista haihtumalla, niin kauan että betoni on tasapainokosteudessa ympäristönsä kanssa. Kosteuden määrään betonissa vaikuttaa mm. valmistuksen aikana käytetty vesimäärä sekä kuljetuksen, varastoinnin ja muun rakentamisen aikana betoniin päässyt kosteus.

3.1.1 Kosteus paikalla valetuissa betoneissa

Paikalla valettavan betonin valmistuksessa käytetään vettä noin 120-180 l/m³. Veden määrään vaikuttaa erityisesti vesisementtisuhde sekä tavoiteltu lujuus ja kiviainesten ominaisuudet. Lisäksi veden määrään vaikuttaa, käytetäänkö kohteessa säkistä tehtyä vai betonin toimittajalta tilattua betonia. Näistä seikoista johtuen valmistuksessa käytettävää vesimäärää on vaikea arvioida. Veden määrä betonia valmistettaessa lisää betonissa olevia huokosia joka puolestaan heikentää betonin lujuutta. Pienempi määrä vettä takaa paremman laadun ja lujemman betonin. (Merikallio 2002, 33)

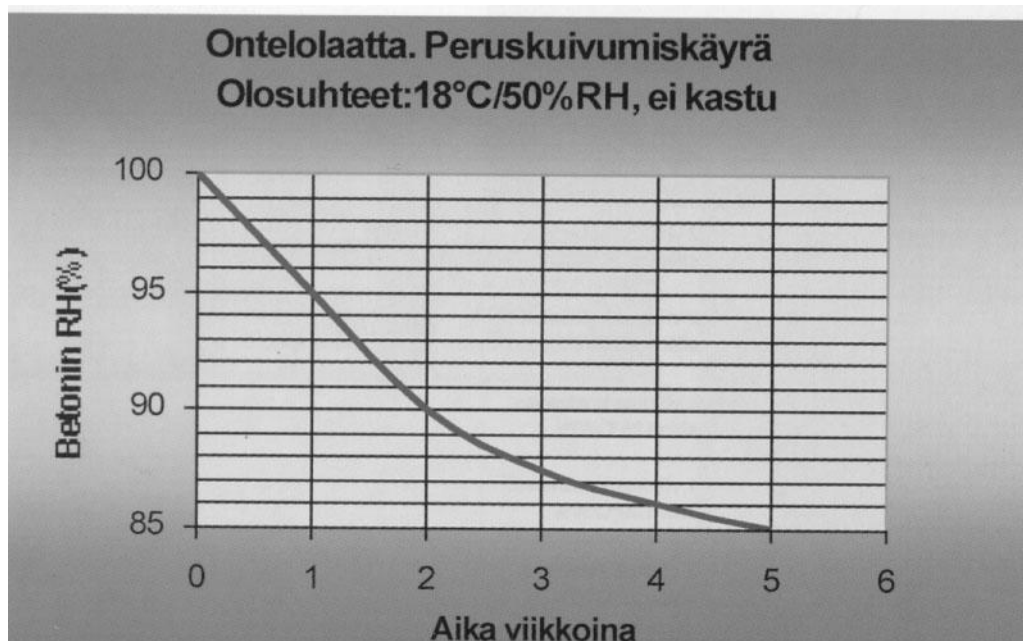
Valmistuksessa käytettävä vesimäärä vaikuttaa suoraan siihen kuinka kauan betonin kuivumisessa kestää. Betonista haihtuu vettä noin 70-115 l/m³ ennen kuin se on kosteustasapainossa ympäristönsä kanssa. Kuivumisella on suora vaikutus betonin päällystettävyyteen. (Merikallio 2002, 33)

3.1.2 Kosteus betonielementeissä

Yleisesti ottaen rakennustyömaille tehtailta tuodut elementit eivät aiheuta kosteudenhallintaan liittyviä ongelmia. Elementeissä kosteus on päässyt tasapainoon ympäristön kanssa, valmistuksen ja käyttöönoton välisenä aikana. Joten ne ovat käyttövalmiita ja päällystettävissä heti, poislukien tilanteet, joissa niihin on päässyt kosteutta kuljetuksen tai välivarastoinnin aikana. Yleisesti sade ei aiheuta

betonielementteihin huomattavia kosteuspitoisuuksia. Mutta jos elementeissä on kiinni eristeitä, kuten sandwich-elementissä, pitää ne suojata jotta eristeet eivät pääse kastumaan.

Betonielementeistä väli- ja yläpohjaelementit ovat kosteudenhallinnan kannalta seiniä merkittävämmät. Esimerkiksi ontelolaatat tehdään alhaisen vesisementtisuhteen omaavista betoneista, joissa kemiallinen kuivuminen on merkittävää. Kuivumiseen vaikuttaa ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila (kuvio 5). Mutta jos ontelolaatat ovat riittävän kauan kosteissa olosuhteissa, ne saattavat kastua. Tällä on suuri merkitys kuivumisnopeuteen koko rakennuksessa. Kosteudenhallintaan ja rakenteiden kuivumiseen itse ontelolaattaa enemmän vaikuttavat sen päällystämiseen käytettävät materiaalit, kuten erilaiset tasoitteet tai pintavalut. (Merikallio 2002, 48–55)



KUVIO 5. Ontelolaatan kuivuminen ihanne olosuhteissa. (Merikallio 2002, 48)

3.2 Vaikutukset

Kosteuden vaikutuksia betoniin ovat valun jälkeen kuivumisen aikana tapahtuva kutistuminen ja halkeilu sekä myöhemmin tapahtuva mahdollinen pakkasrapautuminen. Lisäksi kosteus vaikuttaa suoraan betonin pinnoitus- ja päällystystöihin sekä niissä mahdollisesti syntyviin emissio- ja homeongelmiin.

Betonissa syntyy valun jälkeen aina kutistumaa ja halkeilua. Tämä johtuu siitä, kun veden ja sementin reaktiosta muodostuva sementtikivi kutistuu erivaiheisesti. Vesi-sementtisuhde vaikuttaa olennaisesti kutistumaan ja halkeiluun ja yleensä pienen raekoon betoneissa vettä ja sementtiä on enemmän, kuin suurempien raekokojen betoneissa. Kutistumaa ja halkeilua voidaan hillitä raudoituksella, lisäaineilla, betonilaadulla ja kuivumisolosuhteilla. Jälkihoito ei poista kutistumaa ja halkeilua vaan siirtää niiden vaikutuksia myöhemmäksi. (Orjala 2011)

Pakkasrapautuminen aiheutuu jäätymislaajenemisen myötä paineen nousuna, betonin huokosverkostossa. Huokosrakenne on tärkeä tekijä ulkoisen kosteuslähteen ohella, sillä se vaikuttaa vaurioiden syntyyn ja suuruuteen. Korkea vesi-sementtisuhde nostaa betonin kapillaarihuokosten määrää, jotka nopeuttavat veden imeytymistä betoniin ja mahdollistavat suuren veden määrän, joka voi jäätää. Vuodesta toiseen tapahtuva jäätyminen ja sulaminen vaurioittaa betonia ja se saattaa halkeilla. Halkeamia pitkin betonin teräksiin pääsevä kosteus saattaa johtaa teräksen korroosioon. Tällöin teräs laajenee ja saattaa lohkaista betonista palasia. Lisäksi teräksistä valuva vesi värjää betonia punertavaksi. (Siikanen 2009, 162–164)

Betonissa jossa suhteellinen kosteus on liian korkea päällystyksessä käytettävään materiaalin nähden, saattaa liiallinen kosteus synnyttää kemiallisia reaktioita. Nämä kemialliset reaktiot synnyttävät ilmaan haitallisia yhdisteitä ja voivat johtaa rakenteen näkyvään vaurioon. Rakennusmateriaalin emissioilla tarkoitetaan näitä, materiaaleista haihtuvia kemiallisia yhdisteitä ja niiden määriä. Etenkin päällystyksessä käytettyjen liimojen on todettu vaikuttuvan huomattavasti päällysteen emissioarvoihin. (Lumme & Merikallio 1997, 8–9)

VOC (volatile organic compound) ja TVOC (total volatile organic compound) kuvaavat kemiallisten ja erityisesti orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia. Näiden lisäksi formaldehydi- ja ammoniakkipitoisuudet määritellään erikseen. Emmisio-mittauksissa mitataan yhden neliömetrin alueelta tunnin aikana emittoituvat yhdistemäärät ($\text{mg}/\text{m}^3\cdot\text{h}$). (Lumme & Merikallio 1997, 8)

Homeongelmat ovat mahdollisia, kun materiaalin tai sen välittömässä läheisyydessä olevan ilman suhteellinen kosteus pysyy monia viikkoja yli 75 % ja lämpötila $+5^\circ\text{C}$. Tällaiset olosuhteet saattavat muodostua liian nopeasti päällystettyyn betoniin.

Homeongelmat huomataan mikrobikasvustona tai tunkkaisena hajuna. (Lumme & Merikallio 1997, 10–11)

3.3 Uuden betonin kuivuminen

Betonin kuivumista voidaan kuvata kahdella tapaa, haihtumiskuivumisena ja sitoutumiskuivumisena. Haihtumiskuivumisessa vesi siirtyy betonin sisältä rajapintaan diffuusion ja kapillaarijohtumisen avulla. Rajapinnasta vesi pääsee haihtumaan ympäristöön. Sitoutumiskuivuminen tapahtuu silloin, kun vesi sitoutuu betoniin. Tämä tapahtuu veden ja sementin välisen reaktion, hydrataation, kautta. (Lumme & Merikallio 1997, 14)

Vesi-sementtisuhde vaikuttaa betonin kuivumisnopeuteen. Kun vesi-sementtisuhde on alhainen, betonista haihtumalla poistuva rakennekosteuden määrä on myös pienempi. Joissain tapauksissa vesi-sementtisuhteen ollessa todella alhainen, betonin koko vesimäärä sitoutuu fysikaalisesti tai kemiallisesti ja haihtumista ei tapahdu ollenkaan. Tällöin betoni kuivuu jopa vesisäilytyksessä. (Lumme & Merikallio 1997, 15)

Betonin muut ominaisuudet vaikuttavat myös kuivumiseen. Esimerkiksi silikan käyttö lisää kuivumisnopeutta. Lisäksi runkoaineen lisäys parantaa läpäisevyyttä, jolloin lisääntyy sementtikiven ja runkoaineen faasirajan huokoisuus ja mikrohalkeamien määrä. Myös kevytsora runkoaineena imee osan vedestä itseensä. (Lumme & Merikallio 1997, 8, 15)

Kuivumisolosuhteet, rakennepaksuus ja kuivumissuunta ovat myös osatekijöitä betonin kuivumisessa. Kuivumisolosuhteissa, ympäristön suhteellinen kosteus ja lämpötila vaikuttavat suuresti. Betonia ympäröivän lämpötilan ollessa mahdollisimman suuri ja ilman suhteellisen kosteuden ollessa mahdollisimman alhainen, kuivumisnopeus lisääntyy. Rakennepaksuuden vaikutus perustuu siihen, että paksun betonin sisältä rajapintaan kulkeva kosteus liikkuu pidemmän matkan, jolloin kuivuminen on hitaampaa. Lisäksi yhteen suuntaan kuivuva betoni kuivuu huomattavasti hitaampaa kuin kahteen suuntaan kuivuva betoni. Tästä johtuen saman paksuinen paikalla valettu välipohja kuivuu nopeammin kuin vastaava maata vasten valettu laatta. (Merikallio 2002, 35)

Kuivumista voidaan myös nopeuttaa lämmittämällä betonia, käyttämällä imubetonointia tai käyttämällä nopeammin kuivuvia betoneita. (Lumme & Merikallio 1997, 19–20)

Betonin lämmitykseen voidaan käyttää säteilylämmittimiä jotka tulisi sijoittaa lämmitettävän kohteen alapuolelle, jolloin luonnollinen kosteusvirta säilyttää kulkusuuntansa. Lämmitystä voidaan tehostaa tuulettimilla ja ns. kosteudenkerääjillä. (Lumme & Merikallio 1997, 19)

Toisena vaihtoehtona voidaan käyttää sähkölämmityslankoja, joita käytetään erityisesti ohuiden pintalautojen lämmitykseen. Tapa jossa lämmönlähde on betonin sisällä on, huomattavasti nopeampi ja tehokkaampi, kuin tapa jossa pelkkää ilmaa lämmitetään. Betonin lämpötilan kohotessa, rakenteen sisällä oleva vesihöyryn osapaine kasvaa ja samalla myös vesihöyrynläpäisevyys. Betonin pinnassa olevan sementtiliiman poisto varhaisessa vaiheessa auttaa. Nämä seikat sekä betonin ja ympäröivän ilman tarpeeksi suuri lämpötilaero, edistävät kuivumista huomattavasti. (Lumme & Merikallio 1997, 19)

Imubetonointi on hyvä tapa poistaa rakennekosteutta ja se toimii erityisen hyvin 100-200 mm vahvoissa lattiarakenteissa. Imubetonoinnissa betonin ylimääräisiä seosvettä imetään pois vastaavaletun betonin pinnasta imumattojen avulla. Imun vaikutus ulottuu jopa 15 cm syvyyteen, jolloin betonin vesi-sementtisuhde sekä kutistuma- ja halkeiluriskit pienentyvät. Lisäksi betoni hierto voidaan suorittaa aiemmin, lujoudenkehitys nopeutuu ja loppulujuus laatan pinnassa kasvaa. Tulee kuitenkin huomata, että massan suhteitus tulee olla imubetonoinnille sopiva, jotta menetelmää voidaan käyttää. (Lumme & Merikallio 1997, 20)

Käytettävissä on myös nopeammin kuivuvia betoneita, jotka kuivuvat 2-3 kertaa normaalia betonia nopeammin. Lisäksi on itsestään kuivuvaa betonia, joka ympäristöstään riippumatta kuivuu pinnoituskelpoiseksi erittäin nopeasti. Kuivuminen perustuu suurempaan sementtimäärään, jolloin suuri osa vedestä hydratoituu sementin kanssa. Lisäksi näissä betoneissa käytetään lisäaineita, jotka nopeuttavat veden haihtumista. Itsestään kuivuva betoni on tiivistä eikä ime ympäristöstä tulevaa kosteutta ja tästä johtuen se voidaan pinnoittaa normaalia betonia aiemmin. Jälkihoito näillä

betoneilla on syytä aloittaa välittömästi valun jälkeen, jotta nopeasta kuivumisesta johtuva halkeilu saadaan estettyä. (Lumme & Merikallio 1997, 20–21)

3.4 Vanhan betonin kuivaaminen

Vastavaletun uuden betonin ja vanhan kastuneen betonin kuivumisnopeudet ovat hyvin erilaiset. Aikanaan kun vanha betoni on saavuttanut lujuutensa, sen ominaisuudet kuivumisen suhteen ovat muuttuneet. Vanhan betonin läpäisevyys ja kosteudensiirtokyky ovat huomattavasti tuoretta betonia alhaisemmat. Tämän takia kastunut vanha betoni kuivuu huomattavasti hitaampaa kuin tuore betoni (taulukko 3). (Lumme & Merikallio 1997, 14)

Rakenteen paksuus H (mm)	Aika (vrk)			
	Suhteellinen kosteus 0,2 * H syvyydellä (%)			
	95 %	90 %	85 %	80 %
50	5	15	30	40
75	15	40	60	95
100	25	70	110	165
125	35	105	175	260
150	50	150	250	375
175	70	205	340	510
200	90	270	445	665
225	115	340	560	840
250	250	420	695	1040

TAULUKKO 3. Täysin kastuneen betonisen välipohjan kuivuminen, suhteellinen kosteus 50 % ja lämpötila +20°C (Sisäilmayhdistystä mukaillen)

Betonin kuivaamista varten on luotava kuivumiselle hyvät olosuhteet. Ihanteellisena pidetään ilman suhteellisen kosteuden arvoa 50 % ja lämpötilaa +20°C. Lämpötilan nosto vaikuttaa suuresti kuivumisaikaan. Kuivaamista voidaan tehostaa lisäksi aiheuttamalla betonin pinnalle virtauksia tai poistamalla kosteutta rakennuksesta. Ontelolaattoja voidaan kuivata poraamalla joka onteloon reiät lämpöpuhaltimien suuttimia varten. Samanlaisella kalustolla voidaan myös kuivata uivan betonilattian alla olevia rakenteita (kuva 1). (Lumme & Merikallio 1997, 8, 15)



KUVA 1. Uivan betonilattian alla olevan villan kuivaus (Lumme & Merikallio 1997, 8)

Lisäksi kuivaamisessa käytetään apuna öljy-, nestekaasu-, tai sähkökäyttöisiä rakennuskuivaajia ja kiertoilmalämmittimiä. Näistä kiertoilmalämmittimet ovat raskaita isompien tilojen lämmitykseen tarkoitettuja ja rakennuskuivaajat ovat pienempiä ja helpommin siirrettäviä. On myös ilmankuivaajia, jotka erottavat kosteutta ilmasta, niitä käytetään vain lämpimissä tiloissa. (Ratu 07-3003)

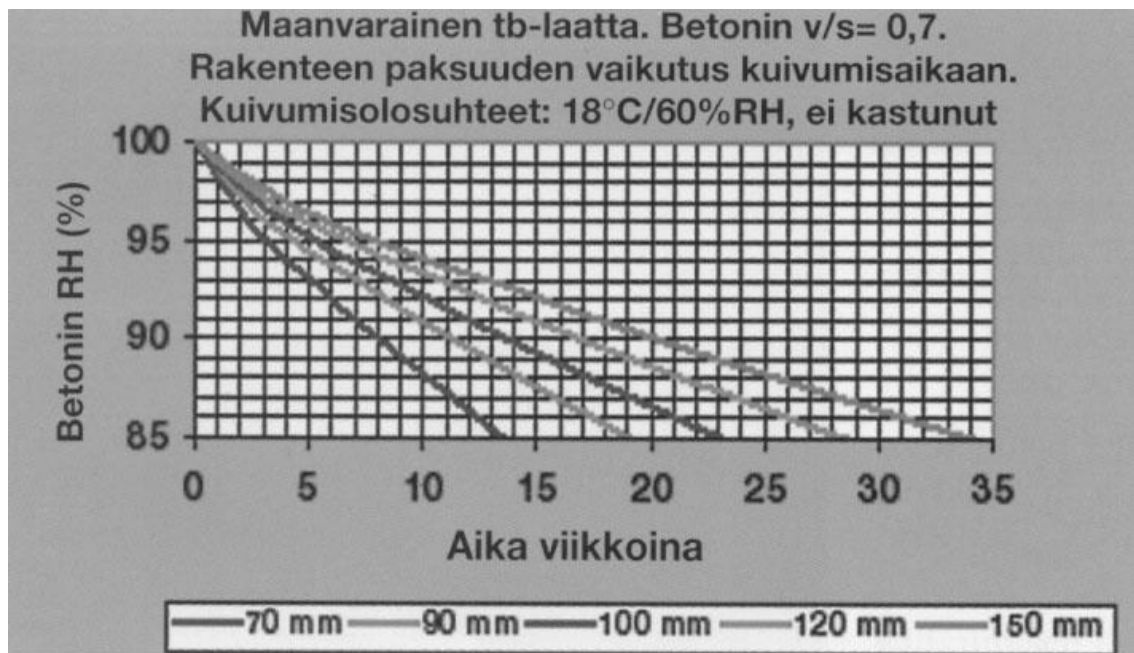
Muita kuivaamiseen käytettyjä laitteita ovat infrapunalämmittimet ja tasokuivaimet eli täsmäkuivaimet. Infrapunalämmittimet voivat olla kaasu- tai öljykäyttöisiä. Tasokuivainten käyttö perustuu jatkuvaan ilmanvirtaukseen ja kohdistettuun lämmitykseen samanaikaisesti (kuva 2). Nämä menetelmät soveltuvat parhaiten pienten alueiden kuivaamiseen.



KUVA 2. Taso- eli täsmäkuivaimia (Satakuivaus)

3.5 Aikataulunhallinta

Betonissa olevan kosteuden poistuminen ennen betonin päällystämistä on otettava aikatauluja tehdessä huomioon. Ilman koneellista apua betonin suhteellisen kosteuden kuivuminen, päällystettävään kuntoon saattaa viedä jopa kuukausia (kuvio 6). Betonirakenteen sisältämä kosteus voi liian nopeasti päällystetyssä betonissa aiheuttaa vaurioita päällystysmateriaaleissa ja sen kiinnitysaineissa. Tämä vaikuttaa aikatauluun korjaustöiden muodossa. (Merikallio 2002, 23)



KUVIO 6. Betonin kuivuminen eri rakennepaksuuksilla (Merikallio 2002, 40)

Betonin kuivuessa sen pinnassa oleva suhteellinen kosteus on pienempi kuin syvemällä betonissa. Tämä syvemällä oleva kosteus siirtyy pintaa kohti ajan kuluessa ja lopulta haihtuu ympäröivään ilmaan. Kun betonin päällystetään, kosteuden haihtuminen hidastuu ja tällöin pintamateriaalin vesihöyrynläpäisevyydellä on suuri merkitys. (Merikallio 2002, 23)

Betonin suhteellisella kosteudella on siis suuri merkitys betonin päällystettävyyteen. Eri pinnoitteilla ja päällystymateriaaleilla on valmistajan antamat arvot betonin sallituista suhteellisista kosteuksista. Yleisimmin suhteellisen kosteuden arvot ovat välillä 80...90 %. (taulukko 5). Päällystymateriaalin ollessa erittäin herkkää kosteudelle, pitää myös betonin suhteellisen kosteuden olla alhainen. Esimerkiksi sauvaparketti ilman

kosteudensulkua vaatii betonin suhteellisen kosteuden olevan alle 60 %. (Merikallio 2002, 20)

Betonin suhteellisen kosteuspitoisuuden enimmäisarvo	Päällystemateriaali
80 %	Mosaiikkiparketti, puu ja puupohjaiset materiaalit
85 %	Huopa- tai solumuovipohjaiset matot Kumimatot Linoleum Korkkilaatat, laattojen alapinnassa kosteudeneristys Tekstiilimatot, joissa alusrakenne (kumi, PVC, kumilateksilevy) Luonnon materiaaleista tehdyt tekstiilimatot ilman alusrakennetta
90 %	Muovilaatat Muovimatot ilman huopa- tai solumuovipohjaa Alustaan kiinnittämättömät puulattiat, puun ja betonin välissä kosteudeneristys Polyuretaanimuovimassat Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta
97 %	Epoksi, akryyli- ja polyesterimuovimassat

TAULUKKO 5. Suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja (Lumme & Merikallio 1997, 7)

Yleisesti ottaen, kun betoni on saavuttanut kosteustasapainon ympäristönsä kanssa, se voidaan pinnoittaa tai päällystää millä tahansa markkinoilla olevilla materiaaleilla.

3.6 Kosteuden mittaaminen

Kosteuksia mitattaessa ei saa sekoittaa betonin kosteuspitoisuutta, joka voidaan ilmaista painoprosenttina tai kg/ ja suhteellista kosteuspitoisuutta (RH %). Suhteellisella kosteudella tarkoitetaan sitä ilmatilan suhteellista kosteutta joka on betonin huokosissa. Tämän kosteuden lisäksi huokokset sisältävät vesimolekyylejä, jotka aiheutuvat huokosen pintaan fysikaalisesti kiinnittyneestä materiaalista. Huokosrakenteesta johtuen, eri betoneilla on erilainen kyky sitoa kosteutta. Betonin kosteuspitoisuus saadaan selville punnitsemalla näyte kosteana sekä kuivana ja vertaamalla näitä painoja. Joillekin betonilaaduille on olemassa hygroskooppiset tasapainokosteuskäyrät, joilla voidaan arvioida paljonko on betonin kosteuspitoisuus tietyllä suhteellisen kosteuden arvolla. Nämä tasapainokosteuskäyrät eivät ota huomioon betoniin kapillaarisesti

imeytyntä vettä, joten todellista kosteuspitoisuutta on vaikea määrittää betonin suhteellisen kosteuden ja tasapainokosteuskäyrän perusteella. Sama pätee myös toisinpäin, jolloin suhteellista kosteutta ei voida määrittää kosteuspitoisuuden avulla. (Merikallio 2002, 10)

Kosteusmittauksien perusteella voidaan arvioida onko rakenteessa ympäristöön nähden ylimääräistä kosteutta, voidaanko rakenne päällystää sekä arvioida kosteusvaurioiden syytä, laajuutta ja kuivatarvetta. Mittausten tulee olla todella tarkkoja ja mittaajan ammattitaitoinen, koska mittaustulosten perusteella tehdään taloudellisia johtopäätöksiä jotka vaikuttavat kustannuksiin. (Merikallio 2002, 11–12)

3.6.1 Mittausmenetelmät

Betonista voidaan mitata kosteuksia muutamilla erilaisilla mittausmenetelmillä, jotka eroavat toisistaan huomattavasti. Yleisimmät mittausmenetelmät ovat pintakosteusmittaukset, kalsiumkarbidimitaukset, vastusmittaukset, kosteuspitoisuuden määrittäminen kuivatus-punnitus –menetelmällä sekä suhteellisen kosteuden mittausmenetelmät. (Merikallio 2002, 6–9)

Pintakosteusmittareiden eli pintakosteudenosoittimien toiminta perustuu materiaalin sähköisten ominaisuuksien muutoksiin, materiaalin vesipitoisuuden muuttuessa. Eri valmistajien tuottamat, toimintaperiaatteeltaan samanlaiset osoittimet voivat antaa samasta kohdasta mitattaessa hyvinkin erilaisia arvoja. Tämä johtuu siitä, että mittalaitteisiin on valmistajien toimesta asetettu joidenkin materiaalien sähköisiä ominaisuuksia vastaava, kosteuspitoisuus painoprosentteina ja näiden laitteiden erot voivat olla suuria. (Merikallio 2002, 6)

Mitä alhaisempi vesisementtisuhde betonissa on, sitä paremmin se johtaa sähköä ja tällöin pintakosteudenosoittimet antavat korkeampia lukuja. Lisäksi betonissa mahdollisesti käytetyt lisäaineet, raudotteet, vesi- ja sähköputket voivat kasvattaa sen sähkönjohtavuutta, joka nostaa mittalaitteiden antamia lukemia huomattavasti. (Merikallio 2002, 6)

Pintakosteudenosoittimien toimintaperiaatteiden ja rakennusmateriaalien ominaisuuksien vaihteluiden johdosta, niiden mittaustulokset ovat enintään suuntaa-antavia ja sopivat parhaiten tilanteeseen, jossa rakenteista haetaan mahdollisia kosteampia kohtia. Koska pintakosteudenosoittimet antavat nimensä mukaisesti tiedon vain rakenteen pinnassa olevasta kosteudesta, niiden antamien arvojen perusteella ei tule tehdä betonin päällystettävyysepäätöksiä, määrittää betonin kuivatustarvetta tai tehdä purkupäätöksiä. (Merikallio 2002, 6–7)

Kalsiumkarbidimittauksessa betonista otetut näytepalat laitetaan metalliseen koepulloon yhdessä kalsiumkarbidijauhetta sisältävän lasiampullin kanssa. Lisäksi koepulloon laitetaan teräskuulia, jotka rikkovat lasiampullin, jolloin kalsiumkarbidi pääsee reagoimaan betonin kosteuden kanssa. Pullon korkissa oleva painemittari kertoo syntyneen paineen ja sitä verrataan betonilaadun taulukoihin, joista saadaan painetta vastaava betonin kosteuspitoisuus painoprosenttina. (Merikallio 2002, 7)

Ongelmana kalsiumkarbidimittauksessa on, että kaikille eri betonilaaduille ei ole olemassa muutostaulukoita. Lisäksi mittaustuloksen tarkka tulkinta edellyttää betonin koostumuksen tuntemista. Tämän ohella monet rakenteiden kosteusraja-arvot annetaan suhteellisen kosteuden mukaan ja mittauksista saadun kosteuspitoisuuden painoprosentin muuttaminen suhteellisen kosteuden arvoksi vaatii monia eri taulukoita ja tasapainokäyriä, joiden tulkinnassa voi syntyä virheitä. Mittausta käytetään betonin päällystettävyyden arviointiin, mutta edellä mainituista syistä johtuen, se ei ole suotavaa. Toisaalta mittaustapaa voidaan käyttää sillanrakentamisessa, jossa on tiedettävä onko rakenteen pinta tarpeeksi kuiva vedeneristeen tartunnalle. (Merikallio 2002, 7)

Vastusmittauksen periaate on rakenteen sisään poratun, kahden elektrodin välille syntyvä sähkövastus ja sen mittaus. Sähkövastuksen suuruuteen vaikuttaa elektrodien välillä olevan materiaalin kosteuden määrä. Ongelmaksi vastusmittauksessa nousee sama kuin kalsiumkarbidimittauksessa, tulokset ovat kosteuspitoisuuden painoprosentteina ja niiden muuttaminen suhteellisen kosteuden arvoksi on työlästä ja epävarmaa. Lisäksi betonia mitattaessa, kuten pintakosteusosoittimilla, lisäaineet, raudat ja vesi- ja sähköputket vaikeuttavat mittauksia. (Merikallio 2002, 7–8)

Pintakosteusmittaukset ja vastusmittaukset antavat vastaukseksi kosteuspitoisuuden painoprosenttina, mutta tulokset perustuvat mittalaitteiden valmistajien muutamille materiaaleille tekemiin tutkimuksiin. Kosteuspitoisuuden määrittäminen kuivatus-punnitus – menetelmällä on ainoa tapa saada selville materiaalin oikea kosteuspitoisuus. Tällöin materiaalinäyte punnitaan kosteana, kuivataan ja punnitaan kuivana. Kostean ja kuivan näytteen painojen erotuksen ja kuivan näytteen painon suhteesta, saadaan selville oikea kosteuspitoisuus. Menetelmän virhemahdollisuudet voivat ilmetä näytteenotossa, näytteiden säilytyksessä ja punnituksessa. (Merikallio 2002, 8)

Suhteellisen kosteuden mittaukseen käytetään sähköisiä laitteita, jotka sisältävät mittapään ja näyttölaitteen. Mittapää sisältävät kosteus- ja lämpötila-anturin. Yleisimmät kosteusanturit betonia mitattaessa ovat kapasitiiviset mitta-anturit, joiden rakenteena on kahden elektrodin välissä oleva vesimolekyyleille herkkä materiaali, kuten muovi tai polymeeri. Mittaus perustuu kapasitanssin muutokseen, joka tapahtuu kun vesimolekyyleille herkkä materiaali vastaanottaa ja luovuttaa betonin vesimolekyylejä. Kapasitanssin muutokset tulevat numeroarvoina mittarin näyttölaitteeseen. Muita kosteusanturityyppejä ovat mm. kastepisteanturit ja elektrolyytin sähköjohtavuuteen perustuvat anturit. (Merikallio 2002, 8–9)

3.6.2 Suhteellisen kosteuden mittaaminen

Betoniin tehtävät suhteellisen kosteuden mittaukset kertovat rakenteen kosteusteknisestä käyttäytymisestä ja kosteusjakaumasta, jonka avulla voidaan arvioida kosteuden liikkumissuuntaa rakenteessa. Mittaukset voidaan tehdä betonista otetuista näytepaloista, mutta useimmin mittaus otetaan rakenteeseen poratusta reiästä. Kosteusvauriotapauksissa mittauspaikan määrittämisen apuna voidaan käyttää pintakosteudenosoitinta, mikrobitutkimuksia, aistihavaintoja tai rakennepiirustuksia. Suhteellisen kosteuden mittaamiseen porareistä vaikuttaa mittapäiden kalibrointi, reiän puhtaus, tiiviys ja tasaantuminen, mittapäiden tasaantumisaika rakenteessa, ympäristön ja betonin lämpötila ja betonin ominaisuudet. (Merikallio 2002, 11–12)

Mittapäiden kalibrointi on suositeltavaa tehdä 1–2 vuoden välien, sillä mittapäiden anturit saattavat kemikaalien, pölyn, lian ja vanhentumisen johdosta antaa epäluotettavia tarkkuuksia. Betonia mitattaessa kalibrointia suositellaan tehtäväksi useammin.

Useimmat mittalaittevalmistajat antavat mittatarkkuudeksi $\pm 2-3$ %, jota voidaan kuitenkin parantaa säännöllisellä kalibroinnilla. Mittatarkkuuden virhe voi olla jopa ± 10 %-yksikköä kauan kalibroimatta olleella mittalaitteella.

Näytepalamenetelmä on harvinaisempi, mutta luotettavampi ja nopeampi tapa, kuin porareikämenetelmä. Sitä käytetään silloin kun betonin lämpötila poraamista varten on selvästi liian suuri tai liian alhainen. Lisäksi sitä käytetään silloin kun olosuhteet mittauskohdassa ovat epävakait. (Merikallio 2002, 17)

Näytepalat otetaan siten, että betoniin porataan mittaussyvyyteen asti halkaisijaltaan noin 100–150 mm piiri, jonka sisällä oleva betoni irrotetaan piikkaamalla tai hakkaamalla. Irronneen palan alta paljastuu näytteenottopinta, josta hakataan irti betonimursia, jotka laitetaan välittömästi koeputkeen mittauspään kanssa ja putki tiivistetään vesihöyryntiiviiksi. Tiivistyksessä käytetään materiaaleja, joiden kosteuskapasiteetti on alhainen. Tiiviit koeputket siirretään $+20$ °C lämpötilaan ja niiden annetaan tasaantua 2–12 tuntia. Tasaantumisen jälkeen voidaan mitata suhteellinen kosteus sekä lämpötila. (Merikallio 2002, 17–18)

Porareikämenetelmällä reiät porataan kuivamenetelmällä siihen syvyyteen, mistä mittauksia halutaan tehdä. Mittapäästä riippuen reiän tulee olla halkaisijaltaan 4–16 mm, siten että mittapään saa tiivistettyä reikään. Mittaussyvyudet ovat tapauskohtaisia ja suositeltavaa on tehdä mittauksia eri syvyyksiltä. Poratessa pitää varoa betonin rautoja sekä betonissa mahdollisesti olevia sähkö- ja vesiputkia. Ontelolaattaan poratessa on katsottava myös että reikä ei mene onteloon asti, muuten mittapää mittaa koko ontelon kosteutta. Reikä ei saa myöskään mennä höyrynsulun tai vesieristeen läpi tai muuten rikkoa rakennetta siten, että se myöhemmin vaurioituu. Porareikä tulee puhdistaa paineilmalla tai imurilla. Itse puhaltamalla, hengityksen mukana reikään menevä kosteus pilaa mittaustuloksen. (Merikallio 2002, 13)

Puhdistuksen jälkeen reikä voidaan tiivistää laitevalmistajan asennusputkilla. Putki asetetaan reikään ja se tiivistää reijän reunoilta, jolloin mitattava kosteussyvyys on reiän pohjalla. Putkittamaton reikä antaa kosteuden koko reiän pituudelta. Tämä nousee tärkeäksi tekijäksi kosteusvaurion aikana, jolloin betonin pinnassa on enemmän kosteutta kuin syvemmällä betonissa. Putken ja betonin rajapinta on myös hyvä tiivistää

esimerkiksi kitillä. Putken yläpää tulee aina tiivistää huolellisesti kumi- tai muovitulpalla tai joustavalla massalla. (Merikallio 2002, 14)

Tämän jälkeen reiän kosteuden annetaan tasaantua, että reiässä saavutetaan tasapainokosteus. Tasaantumisaika on 3–7 vuorokautta. Mittauksia ei saa tehdä liian aikaisin sillä porauksen johdosta betoni kuumenee ja betonin huokosten kosteustasapaino häiriintyy. Betonin ollessa kuiva porauksen vaikutus betonin suhteelliseen kosteuteen voi olla jopa 15–20 %-yksikköä. (Merikallio 2002, 14–15)

Ennen mittapään asentamista reikään, sen lämpötilan tulee olla tasaantunut ympäröivän ilman kanssa. Mittapää tulee asettaa reikään heti kun reikä on avattu ja tiivistää se huolellisesti. Mittapäästä ja halutuista mittaustarkkuuksista johtuen mittapään tulee olla reiässä 1–24 tuntia. Kun tasaantumisaika on ohi, mittapää kiinnitetään näyttölaitteeseen ja tulokset luetaan. Tuloksissa näkyy betonin suhteellinen kosteus ja lämpötila. Mittalaitteesta riippuen näyttölaitteet voivat antaa muitakin arvoja. (Merikallio 2002, 15–16)

4 ESIMERKKIKOHDE

4.1 Kohdetiedot

Esimerkkikohteena on Tampere-talon 3. kerroksen toimistotilojen kaksi toimistohuonetta, joissa sattui keväällä 2011 kosteusvaurioita. Toisessa huoneista sijaitsee myös Tampereen Filaharmonian arkistohyllyköitä, joista löytyy muun muassa Jean Sibeliuksen alkuperäisnuotteja. Tilat sijaitsevat rakennussiiven ylimmässä kerroksessa, siiven vesikaton alapuolella. Vesikatto on tasakatto.

Vesikaton rakenteena alhaalta ylöspäin on betoninen ontelolaatta, lecasora ja bitumikermi. Tarkkaa tietoa ei ollut siitä sisälsikö rakenne kosteudensulkua. Jos sellainen oli, se oli mitä ilmeisimmin ontelolaatan ja lecasoran välissä. Aiemmissa saneerauksissa katon eristystä lisättiin asentamalla alkuperäisen bitumikermin päälle noin 10 cm villaa jonka päälle tuli uusi bitumikermi.

Kosteusvaurio huomattiin maaliskuun loppupuolella 2011, kun edellä mainittujen toimistotilojen alakatoista ja seiniä pitkin alkoi valua vettä. Seinissä betonielementtien päälle oli kiinnitetty kaksinkertainen tasoitettu ja maalattu kipsilevytys teräsrankakoolauksella. Vesi valui myös näitä kipsilevyjä pitkin lattialle, jossa oli ontelolaatan päälle kiinnitetty muovimatto. Myös alakatot oli tehty kaksinkertaisella kipsilevyllä ja niiden pintaan oli asennettu villa. Katosta tullut vesi oli todennäköisesti katolla olevien lumien sulamisvesiä.

4.2 Kuivatus

Vesikatolla huomattiin että kattokaivon ympärille oli muodostunut noin 5 cm paksu jääkerros, joka esti sulamisvesien poistumisen. Kaivon läheisyydessä oli myös läpivietyinä teräsputki joka toimi eräänlaisen katolla sijaitsevan valaisimen jalkana. Teräsputki meni koko vesikaton läpi ja loppui sisällä alakaton päälle, josta valaisimelle oli tuotu sähköjohdot. Koska jää oli tukkinut kaivon oli vesi katolla päässyt kertymään lätäkölle, joka ulottui juuri tämä teräsputken juureen. Teräsputken juuri oli melko huonosti tukittu ja epäiltiin että vesi oli sitä kautta päässyt yläpohjaan (kuva 3).



KUVA 3. Katon valaisimen jalka (Kuva: Timo Mäkinen 2011)

Sisällä toimistotiloissa purettiin tarvittavilta osin alakattoa ja kipsilevyseinien alapäitä, jotta niissä oleva kosteus ei pääsisi luomaan homekasvustoa (kuva 4). Lisäksi huoneisiin sekä alakaton ja yläpohjan välisiin tiloihin asetettiin lämpöpuhaltimia, poistamaan kosteutta. Vesikatolla oli tuuletusputkia jotka tuulettivat tilaa jossa lecasora oli. Yhdestä näistä tuuletusputkista laitettiin myös puhaltamaan lämpöpuhallin, jonka tarkoituksena oli kuivata lecasoratilaa. Lisäksi huomattiin kattokaivon ympärillä, aiemmin tehdyn lisäeristysvillan olevan jäässä noin 1 x 1 m alueella.



KUVA 4. Alakatto ja seinät avattuina (Kuva: Timo Mäkinen 2011)

4.3 Tutkimukset

Molemmissa huoneissa purettujen alakattojen kohdilla päästiin näkemään ontelolaatat. Ontelolaattojen vedenpoistoaukot olivat kaikki auki, joten tiedettiin että kosteus ei ollut rakentamisen aikana onteloihin jäänyttä vettä. Molemmissa huoneissa porattiin laattassa ontelon kohdalle, halkaisijaltaan noin 10 cm leveä reikä (kuva 5).



KUVA 5. Onteloon tehty reikä (Kuva: Timo Mäkinen 2011)

Näistä re'istä pystyttiin SeeSnake- tarkastuskameroilla (kuva 6) tutkimaan mistä vesi olisi mahdollisesti päässyt vuotamaan sisätiloihin. Kamera jonka paksuus oli 30 mm sijaitsi noin 8 mm paksun työntökaapelin päässä. Kaapelin päässä kameran ohella oli 6 säädettävää LED-valoa, jotenka muuta valaistusta ei tarvittu. Kameran ja LED-valojen suojana oli läpinäkyvä muovi-ikkuna. Kaapelilla oli pituutta noin 30 metriä. Työntökaapeli välitti värikuvaa erilliselle näytölle josta nähtiin mitä ontelon sisällä oli. Laitteesta löytyi myös mittari, joka mittasi kuinka pitkän matkaan kaapelia oli työnnetty ontelon sisään.



KUVA 6. SeeSnake tarkastuskamerajärjestelmä (SeeSnake)

Kamera paikansi vuotokohdan, joka oli ontelon yläpinnassa oleva noin 16 mm vahva reikä. Reikä meni suoraan lecasoratilaa ja varovasti kokeilemalla huomattiin että reiän tukkeena oli jonkinlaista styroksia. Reiässä näkyi veden valumajälkiä (kuva 7), mutta sen tarkoitusta ei tiedetty. Yhtenä selityksenä reiälle voisi olla, että se on kosteusmittauksia varten tehty reikä, joka on vahingossa puhjennut onteloon asti, jonka jälkeen se on tukittu styroksilla.



KUVA 7. Vuotokohta ontelolaatassa (Kuva: Timo Mäkinen 2011)

Lisäksi kohteessa otettiin kosteusmittauksia eri paikoista. Yksi paikoista oli edellä mainittu vuotoreikä, muut mittauspisteet olivat toimistojen lattioissa. Mittauksia varten porattiin 16 mm paksuisia reikiä, joista poistettiin epäpuhtaudet imurilla, jonka jälkeen ne peitettiin teipillä. Kosteuksien annettiin reiässä tasaantua päivän verran jonka jälkeen niihin asennettiin kosteusmittarin mittapäät. Kosteusmittauksissa käytettiin Vaisalan HMI41-näyttölaitetta ja HMP44-mittapäätä. Lattian suhteellisten kosteuksien arvot olivat 44,0–57,8 %:in välillä ja lämpötilat 23,2–23,8 °C:een välillä. Vuotoreiästä otettu mittaus ei ollut täsmällinen, sillä reiän yläpäässä oli styrokseja. Siitä saatu RH % oli 34,3 ja lämpötila 21,0 °C.

4.4 Korjaustoimenpiteet

Kun sisätiloja ja lecasoraa oli kuivatettu tarpeeksi, voitiin aloittaa korjaukset. Vesikatolla bitumikermiä poistettiin kattokaivon ympäriltä noin 2 x 2 m alueelta ja märkä, aiemmin jäässä ollut villa korvattiin uudella. Myös valaisimen jalan kohdalta aukaistiin kermi ja villat vaihdettiin. Lisäksi valaisimen tyveen laitettiin uusi kumieriste, joka tuli uuden bitumikermin alle.

Sisätiloissa kosteusmittaukset kertoivat betonin olevan tarpeeksi kuiva, joten alakattoon ja seiniin asennettiin uudet kipsit. Ontelon vuotokohtaan pursotettiin uretaania siten, että reikä tuli kokonaan umpeen. Alakattoihin voitiin käyttää vanhat puretut valaisimet ja tuuletuselimet. Myös villalevyt jotka alakatoissa olivat suurimmaksi osaksi kuivat ja niitä uusittiin vain tarvittavilta osin. Lattiassa ollutta mattoa ei tarvinnut uusia koska vesi ei ollut päässyt ontelolaatan ja maton väliin.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyöstä tuli sopiva mitaltaan ja sisällötään aluperäiseen suunnitelmaan verrattuna. Työtä tehdessä lähteinä käytettiin paljon painettua tekstiä ja internettiä. Kosteuden teoria tuli erittäin tutuksi, mikä on johtanut tekijällä kosteuteen liittyvien tehtävien lisääntymiseen työpaikalla. Työstä on siis jo tekovaiheessa ollut paljon apua.

Työ itsessään on jo melko kattava kuvaus kosteudesta ja sen hallinnasta, mistä johtuen liitteestä löytyvä ohje kosteudenhallintaan on tiivis ja pääpiirteinen. Tästä johtuen itse työ ja liitteen ohje toimivat yhdessä ohjeena kosteudenhallintaan.

Muilta osin työ kertoo kattavasti kosteuden teoriaa keskittyen erityisesti betoniin ja betonirakenteisiin. Lisäksi työn esimerkkikohde ja siellä tapahtunut kosteusvaurio sisälsi vaikutuksia moniin eri materiaaleihin, mukaan lukien betoniin ontelolaattoihin.

Työssä kerrottiin monipuolisesti kosteuslähteistä ja kosteuden siirtymistavoista rakenteissa. Lisäksi siinä käytiin läpi kosteuden vaikutuksia ja miten kosteudelta voidaan suojaantua. Betoniin liittyen työ kävi myös läpi kuivaamisen ja kuivumisen ja sen kautta vaikutukset aikatauluhallintaan. Työ myös kertoi betonista tehtävistä kosteusmittauksista. Näistä seikoista ja muusta työn sisällöstä johtuen, työstä tulee todennäköisesti olemaan iso apu tulevaisuudessa työmailla joissa ollaan tekemisissä kosteuden kanssa.

Tulevaisuutta ajatellen työ toimii hyvänä pohjana kosteudenhallintasuunnitelman tekoon. Kosteudenhallintasuunnitelman valmiin pohjan laatiminen tulee todennäköisesti olemaan Alasen Rakennus Oy:n seuraava askel kosteudenhallinnasta puhuttaessa. Kosteushallintasuunnitelman laatiminen on tärkeä askel eteenpäin, sillä työmaiden kosteudenhallintaan puututaan koko ajan enemmän ja enemmän.

LÄHTEET

Betoniteollisuus ry. Tietoa betonista. Luettu 13.3.2011
<http://www.betoni.com/fi/Tietoa%20betonista>

Björkholtz, D. 1997. Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Flannigan, B. & Morey, P.R. 1996. Rakennusten kosteus- ja homevaurioiden torjunta. Suom. Nevalainen, A., Pasanen, P. & Seppänen, O. Helsinki: Sisäilmayhdistys Oy.

<http://www.ridgid.com/tools/seesnake/>

Kosteusvauriot ja niiden torjuminen. 2010. Päivitetty Lokakuu 2010. Luettu 10.3.2011
<http://www.tiivistalo.fi/tiedostot/>

Lumme, P & Merikallio, T. 1997. Betonin kosteuden hallinta. Forssa: Suomen Betonitieto oy

Manninen, J. 1987. Puu ja puutuotteet rakennustarvikkeina. Helsinki: Rakentajain kustannus Oy

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy

Orjala, K. Betonitekniikan jatkokurssi. Luentomateriaali. 2011. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere

Ratu 07-2-06. 1992. Suojauskalusto. Rakennustieto Oy

Ratu 07-3003. Rakennuskuivaajat, kiertoilmalämmittimet ja ilmankuivaajat. Rakennuskirja Oy

Ratu M2-165. 1978. Infrapunälämmitys kulmamuoteissa. Rakennuskirja Oy

RakMK. Kosteus. Määräykset ja ohjeet. 1.1.1999/C2

Seppänen, O. & Seppänen, M. 2004. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Jyväskylä: SIY Sisäilmatieto Oy.

Seuri, M. & Reiman, M. Rakennusten kosteusvauriot, home ja terveys. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Siikanen, U. 2009. Rakennusaineoppi. 7. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Kosteustekninen toiminta. Luettu 22.3.2011
http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kosteusvauriot

Tietoa homeongelmista. 2011. Luettu 3.5.2011
<http://www.pajutex.fi/tietoa-homeongelmista.php>

Uusitalo, J., Ihanamäki, J., Rajala, R. & Vallin, O. 1990. Betonityöt By 205. Toinen painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.



OHJE KOSTEUDENHALLINNASTA TYÖNJOHTAJILLE

Kartoita kosteusriskit

Ensimmäisenä tulisi kartoittaa kaikki mahdolliset kosteusriskit. Hyvä tapa on koota luettelo kosteusteknisesti kriittisistä ja riskialttiista rakenteista ja materiaalien varastointipaikoista, joissa voi suunnittelun ja toteutuksen aikana sekä mahdollisesti tulevaisuudessa ilmetä kosteusriskejä tai kosteusvaurioita. Tämän luettelon avulla työajoitus voi paremmin ja ajoissa varautua kosteudenhallintaan, tietyn rakennusvaiheen aikana. Luettelo helpottaa materiaalien oikea-aikasta tilaamista, jolloin varastointiaika kosteudelle herkkillä materiaaleilla voidaan saada mahdollisimman lyhyeksi, kun materiaalit tulevat työmaalle ja menevät mahdollisimman nopeasti käyttöön.

Suunnittele kuivumisajat

Rakenteiden kuivumisaika-arviot ja päällystettävyyden, etenkin betonilla, tulisi ottaa erityiseen huomioon. Kuivumisajan arvioinnissa kannattaa varata mieluummin liian paljon kuin liian vähän aikaa. Etenkin betonirakenteilla, jotka päällystetään kosteusherkillä materiaaleilla tai joissa kuivumisesta syntyvät muodonmuutokset voivat aiheuttaa vaurioita, tulisi kuivumisaika olla riittävä. Ennen päällystystöitä betonin suhteellinen kosteus tai kosteuspitoisuus tulisi mitata. Pitää myös huomata että betonissa pintakosteus on yleensä alhaisempi kuin syvemmillä betonissa ja kosteus nousee pintaa kohti ja lopulta haihtuu ilmaan. Siksi kosteusmittaukset olisi hyvä tehdä betonin pinnasta sekä syvemmältä betonista. Kuivumisarvioinnin yhteydessä voidaan tehdä myös päätös kuivattaa betonia koneellisesti, jolloin kuivumisaikaa saadaan pienemmäksi. Tämä täytyy huomioida erityisesti aikatauluja tehtäessä.

Hallitse olosuhteet ja mittaukset

Lisäksi tulee suunnitella työmaaolosuhteiden hallinta. Hallinnan avulla määritellään toimenpiteet, joilla voidaan kontrolloida rakenteiden ja materiaalien työmaa-aikainen kastuminen, sekä luoda optimaaliset olosuhteet rakenteiden kuivumiselle. Hallintasuunnitelmasta tulisi ilmetä rakennusmateriaalien ja rakenteiden sääsuojaukset, sekä varastointipaikat missä materiaalit ovat vähiten alttiina kosteudelle. Lisäksi suunnitelmassa tulisi olla rakennuksen kuivatuksen toteutus ja siihen tarvittavat välineet.

Kohteeseen joka on kosteusteknisesti kriittinen, voidaan laatia kosteusmittausuunnitelma. Suunnitelma tulisi sisältää tiedot mittauskalustosta, mittausmenetelmistä, mittauspisteiden sijainnista, kuka on vastuussa mittauksista ja mittausaikataulu.

Tee korjaussuunnitelma

Kosteusvauriotilanteissa pätee edellämainitut asiat. Niiden lisäksi kosteuslähteen sulkeminen tai tukkiminen pitää tehdä mahdollisimman pian. Irtovedenpoisto tiloista pitää suorittaa heti. Mahdolliset vaurioituneet rakenteet tulee purkaa purkutyösuunnitelman mukaan. Seuraavaksi tulisi osastoida vauriokohde muusta rakenteesta. Osastoituu tilaan olisi hyvä luoda alipaineistus, lämmitys ja kosteudenpoisto. Tällä tavoin ehkäistään mikrobikasvuston ja homeongelmien leviäminen. Kosteusvauriotilanteissa ennen korjaustoimenpiteitä pitää suorittaa rakenteiden kosteusmittaukset, jotta nähdään ettei rakenteisiin jää ylimääräistä kosteutta.

Muista dokumentointi

Sopimusasiakirjoissa tulee käsitellä kosteudenhallinnan organisointi, seuranta ja valvonta, sekä eri osapuolten tehtävät ja vastuut liittyen kosteudenhallintaan. Kosteudenhallinnan suorittamiseen liittyvät poikkeusolosuhteet, vesivahingot, kosteusmittausten tulokset ja rakenteiden päällystämispäätökset dokumentoidaan tarkoituksenmukaisesti asiakirjoihin.

