

Joonas Laitinen

## **Rakennusaikainen kosteudenhallinta**

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Joonas Laitinen

Työn nimi: Rakennusaikainen kosteudenhallinta

Ohjaaja: Petri Koistinen

Vuosi: 2016 Sivumäärä: 54 Liitteiden lukumäärä: 1

---

Tässä opinnäytetyössä perehdytään työmaan rakennusaikaiseen kosteudenhallintaan. Kosteudenhallinta vaikuttaa merkittävästi työmaan kustannuksiin ja aikataulussa pysymiseen. Rakennusaikaiseen kosteuteen kiinnitetään yhä enemmän huomiota ja kosteudenhallintasuunnitelmat ovat tulossa yleisimmiksi.

Isommissa rakennuskohteissa betoni on työmaan suurimpia kosteuslähteitä ja sen kuivumiseen on kiinnitettävä huomiota. Betonin suhteellinen kosteus on saatava riittävän alhaiseksi, että sitä voidaan päällystää halutuilla materiaaleilla. Työssä on esitetty betonin suhteellisen kosteuden mittausmenetelmiä ja laskuesimerkkejä betonirakenteen kuivumisaikojen arvioimiseen.

Rakentamiseen on tullut myös termi nimeltä kuivaketju, joka kattaa rakennuksen kuivana pysymisen koko elinkaaren ajan. Kuivaketjuun ei ainoastaan kuulu pelkkä työmaan kuivana pito, vaan se sisältää myös suunnittelun ja rakennuksen oikeanlaisen käyttämisen.

Avainsanat: betoni, rakentaminen, kosteudenhallinta, kosteus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Joonas Laitinen

Title of thesis: Humidity control during construction

Supervisor: Petri Koistinen

Year: 2016      Number of pages: 54      Number of appendices: 1

---

The thesis focused on humidity control during construction. Humidity control has a significant effect on costs of a construction site and on staying in schedule. Humidity during construction is receiving increasing attention, and humidity control plans are becoming more common.

In larger building projects, concrete is one of the biggest sources of humidity on a construction site, and attention to its drying time must be given. The relative humidity of concrete must be low enough so that it can be coated with desired materials. In the thesis the measuring methods of relative humidity of concrete and calculation examples to assess drying times of concrete structure were presented.

The term dry chain has been included in the building process meaning that a building will stay dry the entire life cycle. To the dry chain is not only included the drainage of a construction site, but also the planning and proper use of building.

Keywords: concrete, construction, humidity control, humidity

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO.....	9
2 KOSTEUDEN SIIRTYMINEN.....	10
2.1 Veden painovoimainen siirtyminen.....	10
2.2 Veden kapillaarinen siirtyminen.....	10
2.3 Diffuusio.....	11
2.4 Konvektio.....	11
3 ULKOPUOLISET KOSTEUSLÄHTEET.....	13
4 KOSTEUDENHALLINTA HANKKEEN ERI VAIHEISSA.....	15
4.1 Suunnitteluvaihe.....	15
4.2 Toteutuksen valmistelu ja aikataulus.....	16
4.3 Kosteudenhallinnan suunnittelu.....	17
4.4 Kosteudenhallintasuunnitelma.....	18
5 TYÖMAAN SUOJAAMINEN KOSTEUELTA.....	20
5.1 Koko rakennuksen suojaaminen.....	20
5.2 Rakenteiden suojaus kosteudelta.....	22
5.2.1 Välipohjarakenteet.....	22
5.2.2 Yläpohjarakenteet.....	23
5.2.3 Ulkoseinäelementit.....	23
5.3 Materiaalien varastointi ja suojaus.....	24
5.4 Kuivaketju.....	26
6 BETONIN KOSTEUDENHALLINTA.....	28
6.1 Betonin kosteus.....	29
6.2 Betonin suhteellinen kosteus.....	30
6.3 Betonin kastuminen.....	31

7	BETONIRAKENTEEN KUIVUMINEN JA KUIVUMISAIKA-ARVIOT	
	.....	33
7.1	Kuivumisaikojen arviointi.....	35
7.1.1	Maanvastainen teräsbetoni-laatta .....	35
7.1.2	Massiivinen teräsbetonivälipohja .....	38
8	BETONIRAKENTEEN KOSTEUSMITTAUS .....	43
8.1	Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen porareiästä .....	44
8.2	Betonin suhteellisen kosteuden mittaus näytepalamenetelmällä .....	46
8.3	Mittauspisteet- ja syvyydet .....	48
9	ESIMERKKIKOHTTEEN KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA	50
10	YHTEENVETO.....	51
	LÄHTEET .....	52
	LIITTEET .....	54

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Suojattuja rakennuksia.....	22
Kuva 2. Ulkoseinäelementin suojaus. ....	24
Kuva 3. Betonin suhteellisen kosteuden mittauslaitteet. ....	44
Kuvio 1. Rakennuksen kosteuslähteet. ....	14
Kuvio 2. Rakennusmateriaalien ohjeellisia säilytystiloja.....	26
Kuvio 3. Rakennushankkeen kuivaketju. ....	27
Kuvio 4. Periaatekuva kiinteän aineen, huokostilan ja kosteuden jakautumisesta betonissa. ....	31
Kuvio 5. Maanvastainen teräsbetonilaatta ja kuivumisen arviointisyvyys.....	35
Kuvio 6. Arvioitu kuivumisaika.....	36
Kuvio 7. Maanvastaisen laatan peruskuivumiskäyrä.....	36
Kuvio 8. Betonilaatan kuivumissuunnat ja kuivumisen arviointisyvydet.....	39
Kuvio 9. Arvioitu kuivumisaika.....	40
Kuvio 10. Paikalla valetun massiivisen teräsbetoni-rakenteen peruskuivumiskäyrä. ....	40
Kuvio 11. Porareikämittaus. ....	46
Kuvio 12. Näytepalamittaus. ....	48
Kuvio 13. Mittaussyvyyydet eri rakenteilla. ....	49
Taulukko 1. Vesisideainesuhteen kerroin. ....	37

Taulukko 2. Rakenteen paksuudesta ja vesisideainesuhteesta riippuva kerroin. .	37
Taulukko 3. Alustan kosteuskerroin. ....	37
Taulukko 4. Kastumiskerroin.....	37
Taulukko 5. Olosuhdekerroin. ....	38
Taulukko 6. Vesisideainesuhteen kerroin. ....	41
Taulukko 7. Rakenteen paksuudesta ja vesisideainesuhteesta riippuva kerroin. .	41
Taulukko 8. Kuivumissuuntakerroin. ....	41
Taulukko 9. Kastumiskerroin.....	41
Taulukko 10. Olosuhdekerroin. ....	42

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Alkalisuus</b>	Materiaalin korkea pH-arvo
<b>Hydrataatio</b>	Betonin kovettumisreaktio
<b>Hygroσκοoppisuus</b>	Aineen kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta suhteellisen kosteuden muuttuessa.
<b>RH</b>	Ilmaisee prosentteina kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä siihen nähden, mitä kyseisessä lämpötilassa voi olla enimmillään vesihöyryä.



# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee rakennusaikaista kosteudenhallintaa sekä kosteudenhallintasuunnitelman tekemisestä. Työssä esitellään kattavasti kosteudenhallinnan eri osa-alueita aina kosteusfysiikasta työmaan suojaamiseen. Rakennusaikaisessa kosteudenhallinnassa betoni on merkittävä kosteuslähde ja siihen tässä työssä on myös kiinnitetty huomiota.

Opinnäytetyön aihe on tullut omasta kiinnostuksesta kosteudenhallintaan ja helpottamaan tulevaisuudessa kosteuden huomioimista työmailla. Työn aihe on rajattu pääasiassa juuri työmaan kosteudenhallintaan ja työmaalla tehtäviin toimenpiteisiin. Työn tekemiseen on käytetty aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja verkkolähteitä. Työssä on liitteenä Skanska Oy:ltä saatu esimerkki kerrostalotyömaan kosteudenhallintasuunnitelmasta.

## **2 KOSTEUDEN SIIRTYMINEN**

### **2.1 Veden painovoimainen siirtyminen**

Vesi pyrkii kulkeutumaan painovoiman vaikutuksesta alaspäin. Kapillaarisesti vettä imevät materiaalit eivät vie vettä alaspäin painovoiman vaikutuksesta, koska kapillaarivoimat ovat suurempia kuin painovoima. Mitä karkeampaa materiaali on, sitä vähemmän siinä on kapillaarisuutta ja näin ollen vesi pääsee kulkeutumaan alaspäin. Veden painovoimainen siirtyminen ja siirtymisen hallitseminen on tärkeä osa rakennuksen kosteusteknistä toimintaa. Veden toivottua painovoimaista siirtymistä tapahtuu putkistoissa ja kouruissa. Painovoimainen siirtyminen voi olla myös ongelma, jos kosteus pääsee ei-toivottuihin paikkoihin raoista ja saumoista. Läpivientien ja saumojen huolellinen tiivistäminen estää veden menemisen sille tarkoitettuihin paikkoihin. (Kosteuden siirtyminen 2008.)

### **2.2 Veden kapillaarinen siirtyminen**

Kapillaarinen veden siirtyminen johtuu veden pintajännitysvoimien aiheuttamasta huokosalipaineesta, kun kapillaarinen materiaali on kosketuksessa veteen tai toiseen materiaalin kapillaarisella kosteusalueella. Materiaalissa oleva huokosalipaine vaikuttaa kaikkiin suuntiin, joten veden kapillaarinen siirtyminen on myös mahdollista sivusuunnassa. Huokosalipaineen ja maan vetovoiman ollessa tasapainossa, on kapillaarinen kosteustasapaino saavutettu ja kosteus ei nouse enää tätä korkeammalle. Kapillaarinen kosteustasapaino pyritään muodostamaan alapohjan alla olevaan kapillaarikatkerrokseen. (Kosteuden siirtyminen 2008.)

Kosteustasapaino voi muodostua myös muuallekin kuin huokosalipaineen ja maan vetovoiman välille. Seinärakenteessa kosteuden kapillaariseen siirtymiseen vaikuttaa ilman kosteus ja rakenteessa olevan kosteuden haihtuminen ilmaan. Ilman ollessa kostea ei seinärakenteesta pääse haihtumaan kosteutta ja kapillaarisuus jatkuu. Jos rakenteesta haihtuu kosteutta riittävästi ja näin kapillaarisuus estyy, kutsutaan tätä dynaamiseksi tasapainotilanteeksi kapillaarisesti siirtyvän ja haihtumalla poistuvan kosteuden välillä. Paksummasta rakenteesta siirtyy enemmän kosteutta,

joten rakenteen poikkipinta-ala on merkittävä tekijä kapillaarisuuden hallitsemisessa. (Kosteuden siirtyminen 2008.)

### **2.3 Diffuusio**

Diffuusio on vesihöyryn siirtymistä suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään eli suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään. Mitä suurempi vesihöyrypitoisuusero on, sitä suurempi on diffuusiiovirtaus. Rakenteiden eri puolilla on yleensä erisuuruiset vesihöyrypitoisuudet, joten vesihöyry pyrkii kulkeutumaan rakenteeseen. Materiaaleilla on ominaisuus nimeltä vesihöyrynläpäisevyys, eli toiset materiaalit päästävät vesihöyryä läpi enemmän kuin toiset. (Kosteuden siirtyminen 2008.)

Yleensä diffuusion suunta on rakennuksen sisältä ulospäin, koska sisäilmassa on useimmiten enemmän kosteutta kuin ulkona. Lämpötila on diffuusiossa merkittävässä roolissa, koska lämpimään ilmaan mahtuu enemmän kosteutta kuin kylmään. Lämpötilaero ei kuitenkaan aina määrää kosteuden siirtymissuuntaa vaan kosteus voi liikkua myös ilmavirtauksien mukana, mitä kutsutaan konvektioksi. Rakentamisessa pyritään estämään kosteuden siirtyminen sisäpuolelta rakenteeseen ja näin välttämään kosteuden mahdollinen tiivistyminen rakenteeseen. Kylmänä talvena kosteuden tiivistymisriski rakenteeseen on suurimmillaan. (Kosteuden siirtyminen 2008.)

### **2.4 Konvektio**

Vesihöyryn siirtymistä ilmavirtauksien mukana kutsutaan konvektioksi. Vesi siirtyy ilmavirtauksien mukana, jos vesihöyry on tiivistynyt ilman epäpuhtaushiukkasten ympärille ja muodostanut pieniä vesipisaroita. (Kosteuden siirtyminen 2008.)

Ilmavirtaukset johtuvat ilmanpaine-eroista. Ilman lämpötilaerot vaikuttavat rakennuksen painesuhteisiin sitä voimakkaammin, mitä kylmempää ulkoilma on sisäil-

maan verrattuna. Tätä lämpötilaeron aiheuttamaa paine-eroa kutsutaan savupiippuvaikutukseksi. Tällaisessa tapauksessa rakennuksen alaosaan muodostuu alipaine ja yläosaan ylipaine lämpimän ilman noustessa kevyempänä ylöspäin. (Ilmavirtaukset rakennuksessa 2008.)

Rakenteissa kosteusvaurioriski kasvaa, jos kosteaa sisäilmaa pääsee rakenteisiin ja kosteus tiivistyy rakenteen sisään. Yläpohjarakenteet ovat riskialttiimmat konvektiolle, koska rakennuksen yläosa on ylipaineinen. (Kosteuden siirtyminen 2008.)

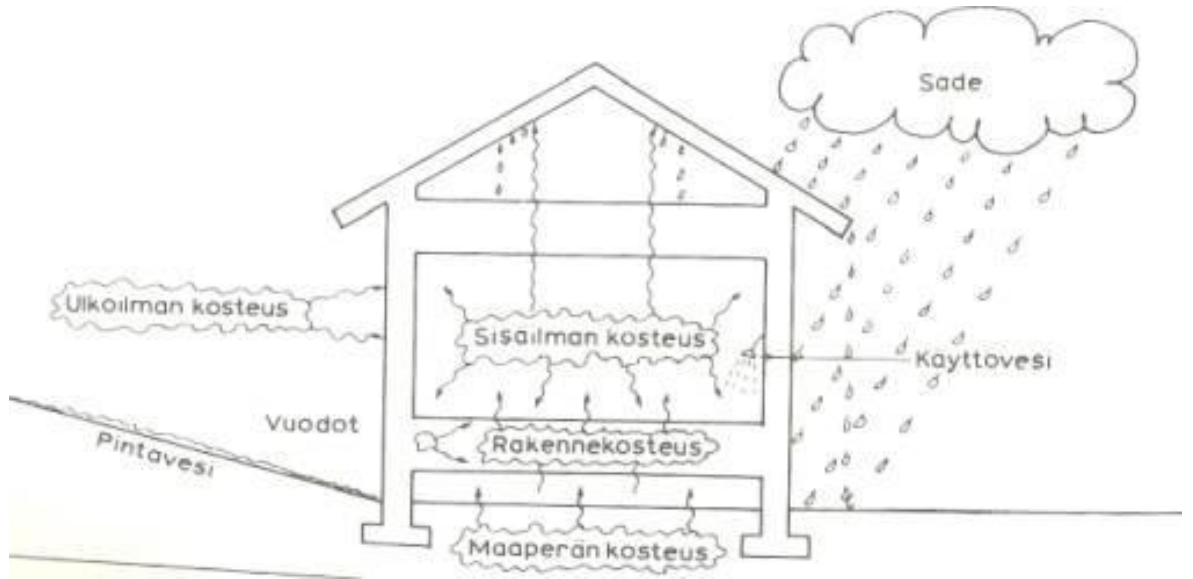
### 3 ULKOPUOLISET KOSTEUSLÄHTEET

Rakennuksen ulkopuolisia kosteusrasituksia ovat sade, maaperän kosteus, pintavedet ja ulkoilman kosteus. Näistä ulkopuolisista kosteuslähteistä voimakkain on sade. Vuositasolla tuleva sademäärä on Suomessa noin 600 mm vettä. Syksyisin tästä määrästä tulee suurin osa ja se voi tulla lyhyelläkin aikavälillä. Vesipisarat pyrkivät tulemaan painovoiman vaikutuksesta alaspäin, mutta tuulenpaine voi aiheuttaa veden sivuttaista siirtymistä tai jopa veden siirtymistä ylöspäin. Tuulen vaikutuksesta sade voi rasittaa vaakarakenteiden lisäksi pystyrakenteita. (Kosteuslähteet 2008.)

Maaperässä oleva kosteus on ulkopuolisista kosteuslähteistä pitkäkestoisin. Maaperässä on aina pohjaveden pinta jollakin syvyydellä rakennuksen alla. Rakennuksen ja pohjaveden välissä on aina erilaisia luonnontilaisia tai rakennettuja maakeroksia, jotka pyrkivät estämään kosteuden kulkeutumisen rakenteisiin. (Kosteuslähteet 2008.)

Rakenteita voi rasittaa myös ulkopuolelta tulevat pintavedet, jos maanpinta rakennuksen ulkopuolella kallistaa rakennukseen päin. Maanpinnan kallistuksessa suositeltava kaato on 1:20 vähintään kolmen metrin matkalla. Riittävällä maanpinnan kallistuksella rakennuksesta pois päin varmistutaan etteivät sadevedet ja mahdolliset lumen sulamisvedet pääse valumaan rakenteisiin. Suurimmat ongelmat pintavesien kanssa tulevat, jos lattian pinta on alempana kuin ulkopuolinen maanpinta. (Kosteuslähteet 2008.)

Ulkoilma ja ulkoilmassa oleva kosteus ympäröi ulkopuolisia rakenteita ja aiheuttaa niille kosteusrasituksia. Rakenteiden ja rakennusmateriaalien kosteuspitoisuus muuttuu ilman kosteuspitoisuuden muuttuessa. Rakennusmateriaaleilla on erilaiset kyvyt sitoa ja luovuttaa kosteutta. Ulkoilman kosteuspitoisuus on korkeimmillaan kesällä ja alhaisimmillaan talvella. Kuviossa 1 on esitetty rakennuksen erilaiset kosteuslähteet. (Kosteuslähteet 2008.)



Kuvio 1. Rakennuksen kosteuslähteet.  
(Kosteuslähteet 2008.)

## 4 KOSTEUDENHALLINTA HANKKEEN ERI VAIHEISSA

Kosteudenhallinta yhdistetään yleensä työmaalla tehtäviin toimenpiteisiin, joilla estetään rakenteiden kastuminen tai varmistetaan työvaiheiden toteutusedellytykset. Rakennushankkeen kosteudenhallinta on syytä ymmärtää paljon laajemmin, sillä monet alkuvaiheen ratkaisut voivat vaikuttaa merkittävästi siihen, onko hanke edes mahdollista toteuttaa suunnitellussa ajassa. Rakennuksen sijainti ja olosuhteet vaikuttavat myös siihen, mitkä rakenneratkaisut ovat hyviä ja käyttökelpoisia kyseisissä olosuhteissa. (Niemelä 2014, 33.)

### 4.1 Suunnitteluvaihe

Hankesuunnitteluvaiheessa rakennuspaikkaan ja olosuhteisiin liittyvät reunaehdot ovat jo tiedossa. Hankesuunnitteluun kuuluu myös tulevien käyttäjien kanssa tehtävä tilaohjelma. Hankesuunnitelman ja tilaohjelman perusteella voidaan alkaa hahmotella mahdollisimman kustannustehokkaita pohja- sekä rakenneratkaisuja. Kohteen runkoratkaisuun vaikuttaa merkittävästi rakennuksen korkeus ja muodot. Runkoratkaisun ja pintamateriaalien valinta vaikuttaa kohteen kuivumisaikoihin ja tätä kautta myös kohteen valmistumisaikatauluun. Runko- ja materiaalivalinnoissa on tietysti huomioitava myös kohteen käyttötarkoitus ja materiaalien vaatimukset kohteessa. (Niemelä 2014, 33.)

Rakennuksen pohjan pinta-alalla on suuri merkitys rakennuksen aikatauluun ja rakenteiden kuivumiseen. Laajan pohja-alan omaava rakennus on haasteellisempi sääsuojattava kuin pienen pohja-alan omaava korkea rakennus. Esimerkiksi maanvaraisen betonilaatan kuivumista hidastaa säärasitukset, joten sääsuojatun rakennuksen laatan kuivuminen voi olla huomattavasti nopeampi kuin suojaamattoman. (Niemelä 2014, 33-34)

Laajoissa ja haastavissa kohteissa pääsuunnittelijalla tulee olla syvällistä ymmärrystä toteutukseen liittyvistä kosteusteknisistä tekijöistä. Pääsuunnittelijan tulee huolehtia siitä, että suunnitelmat muodostavat toimivan kokonaisuuden. Suunnittelijoiden on huomioitava ympäristöolosuhteet, työnaikaiset olosuhteet ja rasitukset sekä kosteudenhallinnan tavoitteet. Suunnittelijoiden tulisi ohjeistaa työmaata siitä,

mitä olosuhteita rakenteilta ja materiaaleilta vaaditaan. Suunnittelijoiden olisi hyvä myös ilmoittaa mahdolliset raja-arvot eri rakenneosien peittämiselle tai asentamiselle. Suunnittelijan tulee ottaa kantaa rakennuksen suojaustarpeeseen. (Niemelä 2014, 34.)

## **4.2 Toteutuksen valmistelu ja aikataulutus**

Toteutuksen valmistelussa laaditaan aikataulu, jolla pystytään arvioimaan kuivumisaikoja, työjärjestystä ja suojaustarvetta. Aikataulua laadittaessa olisi syytä listata kosteusteknisesti kriittiset työvaiheet ja rakenteet. Kriittisille työvaiheille tulisi valita oikea työjärjestys tai suojaustapa. Rakenteiden kuivattaminen ja rakennuksen lämmittäminen tulisi aloittaa niin pian kuin se on mahdollista. Tällä varmistetaan aikataulussa pysyminen ja rakenteiden pinnoitusten vaatimien raja-arvojen täyttyminen. Eri lämmöneristeet kestävät säärasitusta paremmin kuin toiset, joten lämmöneristeen valinnassa on otettava huomioon mahdollinen sääsuojaustarve. (Niemelä 2014, 36.)

Tuotannon aikatauluttamisella tarkoitetaan kohteeseen tehtävää yleisaikataulua, työvaiheaikataulua tai yksittäisestä työvaiheesta tehtävää aikataulua. Aikataulujen laadinnassa reunaehtoina ovat yleensä kosteus ja rakenteiden kuivumisaajat. Kuivumisaikoja huomioitaessa on tärkeä olla realistinen, koska rakenteiden kuivumisaika määrittää siitä riippuvien työvaiheiden aloitusajankohdan. Aikataulun viivästyessä aiempien työvaiheiden takia, sitä ei voi ottaa kiinni laiminlyömällä kuivumisaikoja. (Niemelä 2014, 39.)

Yleisaikataulua tai tarkempia aikatauluja tehtäessä on aikatauluihin merkittävä lämmityksen aloitusajankohta. Lämmitystä aloittaessa on rakennuksen vaipan oltava vesitiivis ja eristetty. Aikatauluun on myös syytä huomioida kosteutta aiheuttavat sisätyöt kuten tasoitetyöt ja pintalattiatyöt. Nämä sisätyöt nostavat rakennuksen sisäilman kosteutta ja hidastavat rakenteiden kuivumista. Lattian tasoitustyö voi siirtää pinnoituksen ajankohtaa jopa kahdella viikolla. (Niemelä 2014, 39)

Aikatauluun voidaan merkitä kosteusmittauksien suoritusajankohdat. Mittauksien ajankohtien merkitseminen aikatauluun helpottaa mittauksien suorittamista, koska



rakenteiden kosteusmittaus on herkkää ja helposti häiriintyvää toimintaa. Kosteusmittausta tehtäessä on mittauskohde rauhoitettava mittauksen ajaksi luotettavien mittaustulosten saamiseksi. (Niemelä 2014, 39.)

Kuivumisaikoihin pidentävästi vaikuttavat tekijät ovat yleensä vaipparakenteiden tai vesikaton viivästyminen, lämmitysajankohdan siirtyminen tai rakenteiden kastuminen kuivumisaikana. (Niemelä 2014, 41.)

### **4.3 Kosteudenhallinnan suunnittelu**

Rakennuttajan on määrättävä urakoitsijoille kosteudenhallinnan vaatimukset. Vaatimuksissa määritetään toimenpiteiden taso, laajuus ja vastuunjako. Työmaan suunnittelussa on myös huomioitava rakennuttajan omat ohjeistukset esimerkiksi sääsuojien käytöstä. Rakennuttajan tulee sisällyttää tarjouspyyntöasiakirjoihin tarkka kosteudenhallintasuunnitelman laatimisohje sekä tarvittaessa vaatimukset urakoitsijoiden kosteudenhallintasuunnitelmien laatimiseen ja sisältöön. (Kosteudenhallintasuunnitelman noudattamisen valvonta, [viitattu 16.3.2016].)

Rakennussuunnitteluvaiheessa tarkennetaan hankesuunnitteluvaiheen alustavaa kosteuslähteiden arviointia. Rakennuttajan alustavaa kosteudenhallinta-asiakirjaa täydennetään rakennuksen suunnitteluvaiheessa ja siitä muodostuu suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma. Rakennussuunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään kosteusteknisesti kriittiset rakenteet ja niiden kosteusteknisen toimivuuden varmistaminen. Kosteusteknisesti kriittiset rakenteet jaetaan ympäristöolosuhteisiin sekä rakennusvaipan erikoispiirteisiin, esim. ulkoseinät, alapohja, välipohjat, yläpohja, vesikatto ja liittymädetaljit. Suunnitteluvaiheessa määritetään alustavasti kosteuslähteet, rakenteiden alttius kosteudelle ja mahdollisten kosteusvaurioiden vakavuus. (Rakennussuunnitteluvaiheen kosteudenhallinta suunnitelma, [viitattu 16.3.2016].)

#### 4.4 Kosteudenhallintasuunnitelma

Työmaalla kosteudenhallintasuunnitelman lähtötietoina ovat rakennuttajan asettamat vaatimukset ja suunnitteluvaiheessa tehty kosteudenhallintasuunnitelma. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma kuvaa konkreettisesti toimet, jotka työmaalla tulisi tehdä, että kosteudenhallinnan tavoitteet saavutetaan. Rakennuttajan on kuitenkin määritettävä sääsuojauksen kattavuus ja rakentamisvaiheet, jotka tarvitsevat sääsuojausta. Rakennuttajan on myös määritettävä sääsuojauksesta vastaava urakoitsija. Pääurakoitsijan tulee esittää ja hyväksyttää rakennuttajalla kuivumisaika-arviot, kuivumiseen liittyvä aikataulu, sääsuojaussuunnitelma, työmaan olosuhteiden hallinta, varastotilat ja varastoinnin aikainen sääsuojaus sekä kosteusmittaus-suunnitelma. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään toimenpiteet ja vastuurajat mahdollisista työnaikaisista kosteusvaurioista. Pääurakoitsijan yleensä vastaa koko työmaan kosteudenhallintasuunnitelmasta ja päivittää kosteudenhallintasuunnitelmaa tarpeen mukaan. Työmaan muiden urakoitsijoiden on toimitettava omat kosteudenhallintasuunnitelmansa koko työmaan kosteudenhallintasuunnitelmasta vastaavalle urakoitsijalle. (Kosteudenhallintasuunnitelman noudattamisen valvonta, [viitattu 16.3.2016].)

##### Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältö

1. Yleistiedot
  - Perustiedot
  - Vastuuhenkilöt
2. Laatutavoitteet
  - Rakennuttajan laatutavoitteet
  - Urakoitsijan laatutavoitteet
3. Kosteusriskit
  - Suunnittelijan riskianalyysi
  - Valittu menettelytaso
  - Kriittiset rakenteet, materiaalit ja työtavat
  - Toimenpiteet
4. Kuivumisajat
  - Päällystämiseen liittyvät raja-arvot materiaaleittain

- Rakenteiden kuivumisajat
- Aikataulusuunnittelu
- Toimenpiteet, jos rakenne ei kuivu suunnitellussa ajassa

#### 5. Olosuhdehallinta

- Materiaalien ja rakenteiden suojaus ja varastointi
- Työnaikaisten vesivuotojen torjunta
- Kuivumisolosuhteet (lämpötila, suhteellinen kosteus, tuuletus)

#### 6. Erityisohjeet

- Märkätilat
- Muut erityistilat

#### 7. Valvonta ja mittaus

- Valvonnan organisointi
- Kosteusmittaussuunnitelma
- Muut mittaukset
- Allekirjoitus (kosteudenhallinnasta vastaava, vastaava mestari, rakennuttaja, rakennesuunnittelija). (Kosteudenhallintasuunnitelma, [viitattu 16.3.2016].)

## 5 TYÖMAAN SUOJAAMINEN KOSTEUELTA

Työmaalla kaikki materiaalit ja rakenteet tulee tarvittaessa suojata kosteudelta. Suojauksen tarpeeseen ja laajuuteen vaikuttaa rakennusosiin kohdistuva kosteusrasitus sekä rakenteiden kosteudenkestävyys. Suunnitteluvaiheessa on jo huomioitava rakenteiden rakennusaikainen kosteusrasitus ja suunniteltava rakenteet kestämaan rakennusajan kosteusrasitukset. (Työmaan suojaus, [viitattu 14.3.2016].)

Hankesuunnitteluvaiheessa rakennuttaja tekee päätöksen rakennusaikaisen suojauksen tasosta. Rakennusaikainen suojaaminen voi tarkoittaa koko rakennuksen suojaamista huputtamalla tai kosteusriskien hallitsemista paikallisesti suojaamalla materiaalit, keskeneräiset rakenteet ja valmistuneet rakenteet. Rakennuksen suojaaminen huputtamalla tarkoittaa koko rakennuksen peittävää sääsuojahallia ja julkisivusuojaa. Työvaiheen paikallinen suojaaminen tarkoittaa työvaiheen ajaksi asennettavia suojapeitteitä tai suojarakenteita. (Työmaan suojaus, [viitattu 14.3.2016].)

### 5.1 Koko rakennuksen suojaaminen

Yleensä uudisrakentamisessa runkovaihe pyritään tekemään mahdollisimman nopeasti ja näin saada kosteudelle alttiit rakenteet suojaan. Rakennuksen oman rungon hyödyntäminen sääsuojauksessa on kaikista edullisin vaihtoehto. Rakennettaessa ilman sääsuojaa on oltava tarkka työmaan ennakkosuunnittelussa ja seurattava sääennusteita. Sadevesien pääseminen rakenteisiin ja alempiin kuiviin kerroksiin pyritään estämään. (Työmaan suojaus, [viitattu 14.3.2016].)

Rakennuttajan vaatiessa koko työmaan huputusta sääsuojalla, on sellainen toteutettava. Työmaan suojaaminen koko rakennuksen kattavalla sääsuojalla nostaa kustannuksia, mutta on kosteudenhallinnan kannalta hyödyllinen. Työmaan pääura-koitsija on yleensä vastuussa sääsuojauksesta, mutta myös muiden urakoitsijoiden on huolehdittava, että suojaukset pysyvät ehjinä ja suojausohjeita noudatetaan. (Työmaan suojaus, [viitattu 14.3.2016].)

Koko rakennuksen kattavia sääsuojia on esitetty kuvassa 1. Se suojaa rakenteita, työntekijöitä ja rakennusmateriaaleja sateelta, lumelta, jäältä, tuulelta, pakkaselta ja auringolta. Sääsuojia käytettäessä saadaan työmaalle lyhyempi läpimenoaika, vähemmän materiaalihukkaa ja pilaantuneita materiaaleja sekä pienempi lämmitys- ja kuivaustarve. Talvella sääsuojan merkittävin hyöty on lumitöiden väheneminen ja paremmat työolosuhteet. Sääsuojalla lisätään myös työmaan työturvallisuutta. (Sääsuojat, [viitattu 14.3.2016].)

Sääsuojauksen suurin haitta on nostojen vaikeutuminen. Sääsuojaa joudutaan availemaan nostojen yhteydessä, joten nostoja on suunniteltava huolellisemmin. Sääsuojan stabiilisuuteen ja ankkurointiin on myös kiinnitettävä huomioita. Suojan saumojen on oltava tiiviit, ettei tuuli pääse puhaltamaan rakennuksen ja peitteen väliin ja pahimmassa tapauksessa kaatamaan suojan. Talviaikoina on puhdistettava peitteen päälle kertyvä lumi ja jää. Jos sääsuojassa tehdään pölyä aiheuttavia työvaiheita, on huomioitava pölyn poistuminen sääsuojasta ulos. (Sääsuojat, [viitattu 14.3.2016].)



Kuva 1. Suojattuja rakennuksia.  
(Telineet ja sääsuojat, [viitattu 16.3.2016].)

## 5.2 Rakenteiden suojaus kosteudelta

Rakenteiden suojaaminen kosteudelta estää kosteusvaurioita ja edistää aikataulussa pysymistä lyhentämällä kuivumisaikoja. Rakennuksen eri rakenteet ovat alttiita erilaisille kosteuslähteille. (Rakenteiden suojaus kosteudelta, [viitattu 14.3.2016].)

### 5.2.1 Välipohjarakenteet

Rakennuksen välipohjaholvit toimivat keskeneräisen rakennuksen ”vesikattorakenteena”, jos kohteessa ei käytetä sääsuojausta. Välipohjaholvi pyritään suojaamaan

sateelta ja välttämään veden makaamista välipohjassa. Veden poistossa on huomioitava alemmat kuivemmat välipohjaholvit ja estettävä veden valuminen niihin. (Rakenteiden suojaus kosteudelta, [viitattu 14.3.2016].)

Välipohjaelementtejä käytettäessä, ne pyritään asentamaan mahdollisimman nopeasti paikoilleen, että turhalta varastoinnilta vältytään. Jos elementtejä on varastoitava, on niiden oltava irti maasta ja sateelta suojassa. Ontelolaattoja käytettäessä on tarkistettava onteloihin kertyneet vedet ja tarvittaessa ontelot on tyhjennettävä poraamalla vedenpoistoreiät auki. (Rakenteiden suojaus kosteudelta, [viitattu 14.3.2016].)

## **5.2.2 Yläpohjarakenteet**

Yläpohjarakenteet ja vesikatto on saatava mahdollisimman nopeasti asennettua, koska ne suojaavat koko rakennusta. Yläpohjarakenteita ei saa päästää kastumaan, sillä kosteuden poistuminen on hidasta, koska ne sijaitsevat lämmittämättömässä tilassa, jossa tuuletuskin on heikompi. (Rakenteiden suojaus kosteudelta, [viitattu 14.3.2016].)

Työnaikaisena suojauksena yläpohjalaatan päällä voidaan käyttää kumibitumikermiä. Yläpohja on suositeltavaa rakentaa maassa tai käyttää vesikattoelementtejä, jos rakennuksessa ei käytetä sääsuojasta. Elementeillä saadaan nopeutettua vesikaton valmistumista ja saadaan rakennus nopeammin säältä suojaan. (Rakenteiden suojaus kosteudelta, [viitattu 14.3.2016].)

## **5.2.3 Ulkoseinäelementit**

Samoin kuin välipohjaelementit, on ulkoseinäelementitkin asennettava mahdollisimman nopeasti paikoilleen ja vältettävä turhaa varastointia. Elementit on aina toimi-

tettava työmaalle lähelle asennusajankohtaa. Seinäelementit varastoidaan elementtelineissä sateelta suojassa, jossa ne ovat irti maasta ja ilma kiertää elementtien ympärillä. Jos elementeissä on sisäpinnassa valmiiksi levyt, on varastoinnissa ja suojauksessa oltava entistä tarkempi. (Rakenteiden suojaus kosteudelta, [viitattu 14.3.2016].)

Elementtien huokoiset eristeet esim. mineraalivillat suojataan muovilla, joka poistetaan asennuksen yhteydessä. Elementin yläpinnassa oleva eriste suojataan huolellisesti sadetta ja holvilta tulevaa vettä vastaan (kuva 2). (Rakenteiden suojaus kosteudelta, [viitattu 14.3.2016].)



Kuva 2. Ulkoseinäelementin suojaus.  
(Rakenteiden suojaus kosteudelta, [viitattu 14.3.2016].)






### 5.3 Materiaalien varastointi ja suojaus

Rakennusmateriaalien varastointiolosuhteet tulisi olla aina mahdollisimman lähellä materiaalin käyttöolosuhteita. Kuviossa 2 on esitetty sopivia varastointiolosuhteita eri materiaaleille. Materiaaleja varastoitaessa niiden on oltava irti maasta tukipuilla tai lavalla ettei niiden alle kertyisi vettä ja materiaaleihin kosteutta tämän kautta. On



huomioitava, että kuljetuspakkaukset eivät välttämättä kestä työmaaolojen kosteusrasituksia, minkä takia materiaalit on tarvittaessa lisäsuojattava. Rakennusmateriaalien varastointiajat pyritään pitämään mahdollisimman lyhyinä. (Materiaalien suojaus, [viitattu 14.3.2016].)

Työmaan suunnittelussa on huomioitava materiaalien varastointitarve ja varattava riittävä tila varastoitaville materiaaleille. Materiaalit pyritään mahdollisuuksien mukaan varastoimaan sääsuojaissa tai sisällä. Työmaan suunnittelussa on myös huomioitava varastoinnissa tarvittavat suojausmateriaalit. Materiaalien suojaukseen vaikuttaa varastointiaika ja materiaalin kosteudensietokyky. Pitkään varastoitavien materiaalien suojausten kunto on syytä tarkistaa välillä. Materiaalien toimitusajoissa pyritään siihen, että materiaali tulee heti käyttöön ja sen voi siirtää suoraan työkohteelle. (Rakenteiden suojaus kosteudelta, [viitattu 14.3.2016].)

Käyttötila	Lämmin tila	Sisätila	Suojainen tila	Ulkotila																							
																											
Säilytys lämmitetyssä sisätilassa. Materiaalilla voi olla erityisiä olosuhdevaatimuksia, kuten lämpötila tai ilmankosteus.	Materiaali säilytetään lämmitetyssä sisätilassa.	Materiaali tulee säilyttää sisätilassa kastumiselta. Ei välttämättä lämpötilavaatimusta. Varastointipaikka esim. ulkorakennus tai varastokontti.	Materiaali voidaan säilyttää katetussa ulkotilassa. Esimerkiksi suojapeitteillä tai katoksella suojattu tila.	Materiaalilla ei ole erityistä suojaustarvetta.																							
<table border="1"> <tr><td>Parketit, laminaatit</td></tr> <tr><td>Kalusteet</td></tr> <tr><td>Matot</td></tr> <tr><td>Kipsi- ja lastulevyt</td></tr> <tr><td>Pintatuotteet</td></tr> <tr><td>Suojaamattomat puuikkunat ja -ovet</td></tr> <tr><td>Pintapuutavara</td></tr> <tr><td>IV-koneet ja äänenvaimentimet</td></tr> <tr><td>Laastit</td></tr> <tr><td>Runkopuutavara</td></tr> <tr><td>Puuikkunat ja -ovet (lyhytaikainen)</td></tr> <tr><td>Metalli-ikkunat ja -ovet</td></tr> <tr><td>Kuivabetoni</td></tr> <tr><td>Lämmöneristeet</td></tr> <tr><td>Metallikasetit</td></tr> <tr><td>Puuelementit</td></tr> <tr><td>Betonielementit</td></tr> <tr><td>Keramiikka, tiilet ja laatat</td></tr> <tr><td>Raudotteet</td></tr> <tr><td>Metallivarusteet</td></tr> <tr><td>Maa-ainekset</td></tr> <tr><td>Kattotiilet</td></tr> <tr><td>Ulkovarusteet</td></tr> </table>					Parketit, laminaatit	Kalusteet	Matot	Kipsi- ja lastulevyt	Pintatuotteet	Suojaamattomat puuikkunat ja -ovet	Pintapuutavara	IV-koneet ja äänenvaimentimet	Laastit	Runkopuutavara	Puuikkunat ja -ovet (lyhytaikainen)	Metalli-ikkunat ja -ovet	Kuivabetoni	Lämmöneristeet	Metallikasetit	Puuelementit	Betonielementit	Keramiikka, tiilet ja laatat	Raudotteet	Metallivarusteet	Maa-ainekset	Kattotiilet	Ulkovarusteet
Parketit, laminaatit																											
Kalusteet																											
Matot																											
Kipsi- ja lastulevyt																											
Pintatuotteet																											
Suojaamattomat puuikkunat ja -ovet																											
Pintapuutavara																											
IV-koneet ja äänenvaimentimet																											
Laastit																											
Runkopuutavara																											
Puuikkunat ja -ovet (lyhytaikainen)																											
Metalli-ikkunat ja -ovet																											
Kuivabetoni																											
Lämmöneristeet																											
Metallikasetit																											
Puuelementit																											
Betonielementit																											
Keramiikka, tiilet ja laatat																											
Raudotteet																											
Metallivarusteet																											
Maa-ainekset																											
Kattotiilet																											
Ulkovarusteet																											

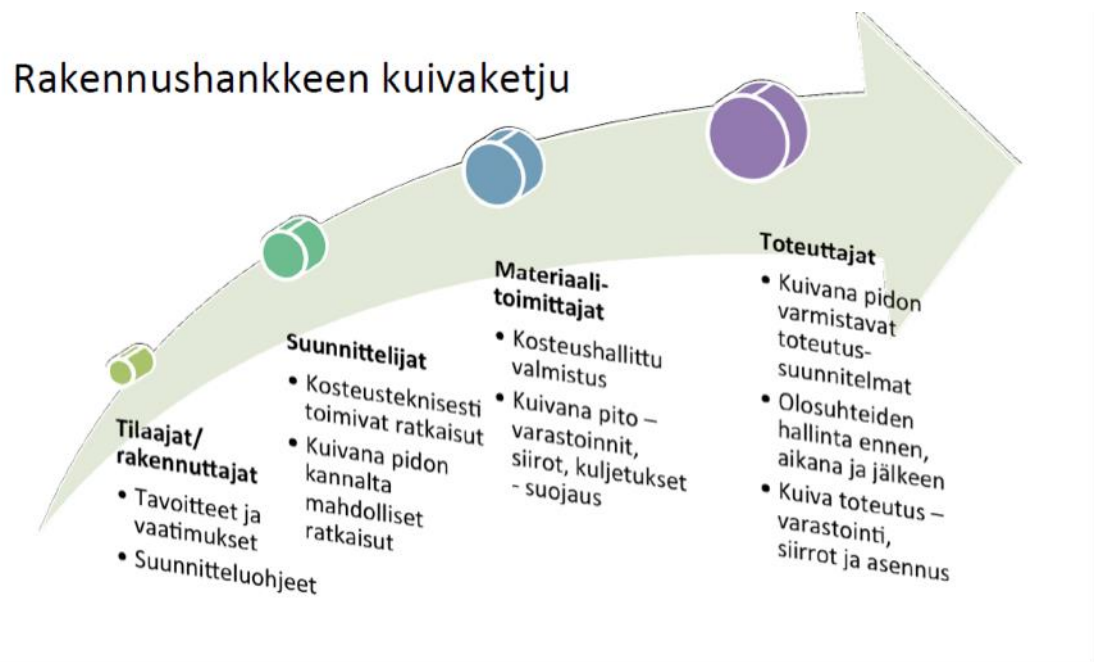
Kuvio 2. Rakennusmateriaalien ohjeellisia säilytystiloja. (Materiaalien suojaus, [viitattu 14.3.2016].)

## 5.4 Kuivaketju

Kuivaketjun tavoitteena on huolehtia rakennustuotteen kuivana pysymisestä kaikissa rakentamisen vaiheissa materiaalivalmistuksesta loppukäyttäjälle. Kuivaketjun lähtökohta on tilaajan vaatimukset suunnittelulle ja toteutukselle. Suunnittelija ja päätoteuttaja toimivat tilaajan antamien vaatimusten mukaan. Suunnittelija toteuttaa kosteusteknisellä suunnittelulla tilaajan vaatimukset ja ohjeistaa päätoteuttajaa rakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa. Päätoteuttajan on suunniteltava vaati-

muksien mukainen kuiva rakentamistapa ja ohjeistettava muita urakoitsijoita oikeanlaiseen toimintaan. Pää toteuttajan on myös täytettävä tilaajan asettamat vaatimukset materiaalihankinnoissa ja hankintasopimuksissa. Hankintasopimukset velvoittavat materiaalitoimittajia tuomaan rakennustuotteet työmaalle sovitusti suojattuna ja sovitussa rakennekosteudessa. (Kuivaketjun toteutus, [viitattu 14.3.2016].)

Kuivaketjun toteutumiseksi kaikkien on noudatettava asetettuja vaatimuksia. Kuivaketjun epäonnistuminen ja kosteusongelmat eivät ole pelkästään työmaan vastuulla, koska kosteudenhallinta sisältää koko rakentamisprosessin niin kuin kuviossa 3 on esitetty. Koko rakennusprosessin kuivaketju edellyttää mittauksien tekemistä, tiedon dokumentointia ja avoimuutta. Mittauksien ja dokumenttien perusteella voidaan rakennukselle määrittää kosteuslaatuluokka. (Seppälä 2014.)



Kuvio 3. Rakennushankkeen kuivaketju.  
(Kuivaketjun toteutus, [viitattu 14.3.2016].)

## 6 BETONIN KOSTEUDENHALLINTA

Betoni on hyvin kosteutta kestävä materiaali. Betonin lujuus ei heikkene eikä se lahoa kosteuden vaikutuksesta. Betoni saavuttaa parhaat lujuusominaisuudet, kun sitä säilytetään kauan kosteassa. Betonirakenteet useimmiten päällystetään erilaisilla materiaaleilla, kuten tasoitteella, maalilla, muovimatolla, parketilla tai laotalla. Betoni voi muodostaa päällysmateriaalin kanssa kosteusteknisesti hyvinkin haastavan yhdistelmän. Vaikka betoni itsessään kestää hyvin kosteutta, ongelma tulee betonin alkalisen kosteuden kanssa, joka voi olla haitallista päällystemateriaaleille. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 7.)

Betonin kosteus voi aiheuttaa päällystemateriaaleille irtoamista, värjäytymistä tai pahimmassa tapauksessa homehtumista. Joidenkin päällystemateriaalien kanssa voi betonin korkea kosteuspitoisuus aiheuttaa kemiallisen hajoamisreaktion, jonka seurauksena sisäilmaan haihtuu terveydelle haitallisia aineita. (Merikallio ym. 2007, 7.)

Huokoisena materiaalina betoni on altis muodonmuutoksille. Betonin kuivuminen aiheuttaa kutistumista ja kastuessaan betoni turpoaa. Betonin mahdolliset muodonmuutosliikkeet voivat myös olla haitallisia päällystemateriaalille, jos materiaali on sellainen, ettei se kestä muodonmuutoksia. Esimerkiksi laatoitettu betonipinta voi olla ongelmallinen, jos betonissa tapahtuu vielä kuivumiskutistumista. (Merikallio ym. 2007, 7.)

Kosteuden lisäksi betonirakenteissa muodonmuutoksia aiheuttaa lämpötilan muutos. Erityisesti lattialämmitys vaikuttaa kosteusliikkeiden lisäksi materiaalien lämpöliikkeisiin ja sitä kautta päällysteisiin ja niiden kiinnipysyvyyteen. Merkittävästi päällysteiden kiinnipysyvyyteen vaikuttaa myös betonipinnan laatu, materiaalikerrokset betonin ja päällystemateriaalin välissä sekä itse päällyste- ja pinnoitetyön laatu. (Merikallio ym. 2007, 7.)

## 6.1 Betonin kosteus

Vaikka betoni on kovettunut, se sisältää aina jonkin verran kosteutta. Kosteus betonissa on peräisin sen valmistuksessa käytetystä vedestä tai jostain ulkopuolisesta tekijästä, kuten rakenteen kastumisesta rakennusaikana tai putkivuodoista. Betonin huokoisuuden seurauksena se pystyy sitomaan itseensä kosteutta ympäröivästä ilmasta. (Merikallio ym. 2007, 13.)

Betonissa käytetty vesi muodostaa sementin kanssa sementtilliiman, joka sitoo kiwiainekset toisiinsa. Betonissa oleva vesi myös helpottaa betonin työstettävyyttä. Osa betonissa olevasta vedestä sitoutuu kemiallisesti reagoidessaan sementin kanssa betonin kovettuessa. Kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on ainoastaan noin 20 painoprosenttia sementin massasta. Esimerkiksi, jos normaalin lattiabetonin valmistamiseen käytetään kuutiota kohti vettä 200 kilogrammaa ja sementtiä 250 kilogrammaa, tästä vesimäärästä ainoastaan 50 kilogrammaa sitoutuu kemiallisesti. Loppu 150 kilogramman vesimäärä sitoutuu betonin huokosrakenteeseen fysikaalisesti siten, että betonin pyrkiessä tasapainokosteuteen ympäristön kanssa osa vedestä poistuu ympäristöön. Betoniin fysikaalisesti sitoutunut vesi on haihtumiskykyistä vettä, joka poistuu betonista sen kuivuessa. Fysikaalisesti sitoutunut vesi sijaitsee betonin huokosten pinnalla ja huokosten ilmatilassa vesihöyrynä. Betoniin kemiallisesti sitoutunut vesi ei haihdu betonista. (Merikallio ym. 2007, 13.)

Betonin vesisideainesuhde ja huokosrakenne vaikuttavat betoniin kykyyn sitoa kosteutta. Verrattaessa kahta erilaista betonilaatua, joiden valmistamiseen käytetään sama määrä vettä, mutta sementtimäärässä on eroa, kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on suurempi betonissa, jossa sementtimäärä on suurempi. Eli mitä enemmän betonissa käytetään sementtiä, sitä enemmän se sitoo kemiallisesti kosteutta itseensä ja haihdutettavan veden määrä on pienempi. (Merikallio ym. 2007, 13-14.)

Suurin osa veden sitoutumisesta sementtiin tapahtuu muutaman päivän aikana. Vaikka vesi olisi sitoutunut sementtiin ja betoni olisi kovettunut, se ei tarkoita sitä etteikö betoni olisi vielä kosteaa. Betonin todellinen kuivuminen alkaa vasta, kun fysikaalisesti sitoutunutta vettä poistuu betonista. Betoni kuivuu niin kauan, kunnes betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on sama kuin ympäröivän ilman

suhteellinen kosteus. Betoni ja ympäristö saavuttavat hygroskooppisen tasapainokosteuden sitten, kun molempien suhteellinen kosteus on sama. Esimerkiksi betonin ollessa tilassa, jossa tilan suhteellinen kosteus on 60 %, betonista haihtuu niin kauan kosteutta kunnes betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on sama 60 % kuin ympäröivän tilan suhteellinen kosteus. Ympäröivän tilan ollessa kosteampi kuin betonin huokosten ilmatila, se voi myös imeä kosteutta itseensä. (Merikallio ym. 2007, 14.)

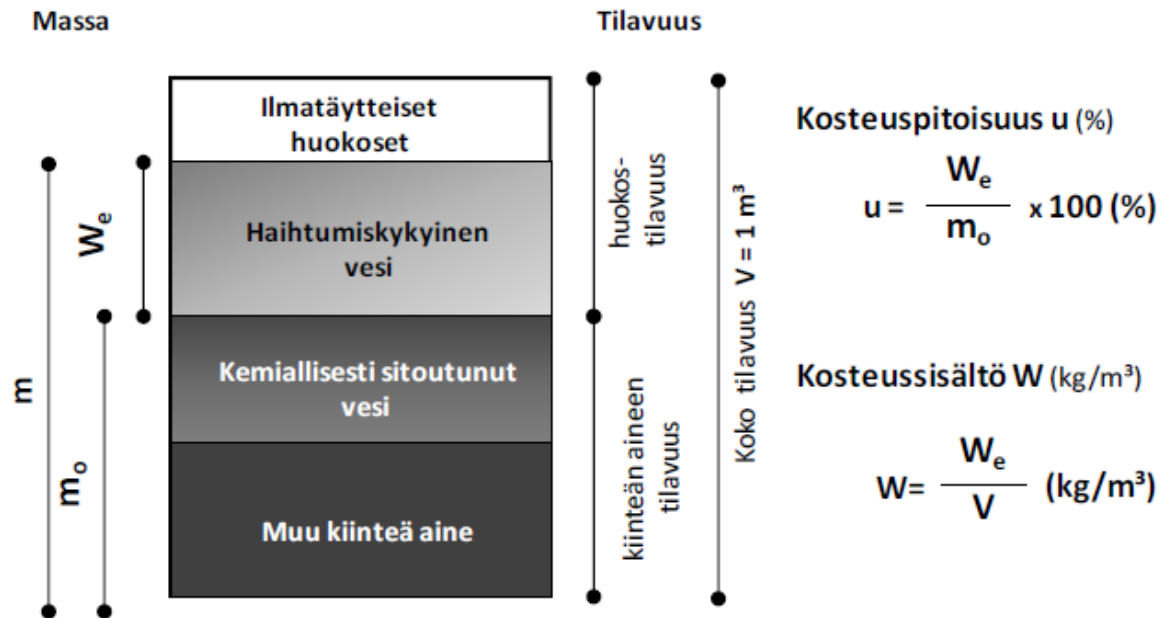
## 6.2 Betonin suhteellinen kosteus

Betonin suhteellinen kosteus tarkoittaa betonin huokosten ilmatilan suhteellista kosteutta. Suhteellinen kosteus ei kerro koko kosteus määrä, joka betonissa on. Suhteellinen kosteus huomioi ainoastaan betonin huokosten ilmatilassa vesihöyrynä olevaa kosteutta. Vesihöyryn lisäksi betonin huokosten seinämiin sitoutuu fysikaalisesti eli adsorboituu vesimolekyylejä. Sitoutuneen kosteuden määrään vaikuttaa huokostilan ominaispinta-ala. (Merikallio ym. 2007, 15.)

Betonin kosteussisällön ( $W$ ) muodostaa huokosten ilmatilassa oleva kosteus sekä betonin huokosten pintaan sitoutunut kosteus. Betonin kosteussisältö voidaan ilmoittaa kilogrammoina betonikuutiota kohden. Betonin kosteuspitoisuus ( $u$ ) ilmoitetaan painoprosentteina eli miten paljon betonin kuivapainosta on vettä prosentteina. Betonin painoprosenttikosteus saadaan selvitettyä kuivapunnitusmenetelmällä. Kuivapunnituksessa betonikappale punnitaan ensin kosteana, jonka jälkeen se kuivutetaan ja punnitaan uudestaan kuivana. Betonin kosteuspitoisuus kertoo betonin sisältämän vesimäärän suhteen betonin kuivapainoon. Kuviossa 4 on esitetty kiinteän aineen, huokostilavuuden ja kosteuden jakautuminen betonissa. (Merikallio ym. 2007, 15.)

Betonin huokosrakenne ja lämpötila vaikuttavat betonissa olevaan kosteuteen. Eri betonilaaduilla on erilaiset huokosrakenteet, eli ne sitovat kosteutta eri tavalla. Vaikka kahdella eri betonilla olisi sama suhteellinen kosteus, niiden kosteussisältö ( $W$ ) tai kosteuspitoisuus ( $u$ ) voivat poiketa toisistaan. Betonin suhteellinen kosteus ja betonin kosteussisältö eivät välttämättä ole suorassa yhteydessä toisiinsa. Beto-

nin kosteussisältöä ei voida muuttaa minkään käyrän tai taulukon avulla suhteelliseksi kosteudeksi eikä suhteellinen kosteus myöskään kerro betonin todellista kosteussisältöä. (Merikallio ym. 2007, 15-16.)



Kuvio 4. Periaatekuva kiinteän aineen, huokostilan ja kosteuden jakautumisesta betonissa.

(Merikallio ym. 2007, 15.)

### 6.3 Betonin kastuminen

Koska betoni on huokoinen materiaali, se pystyy imemään kosteutta itseensä hygroskooppisesti tai kapillaarisesti. Betonin ilmatilan suhteellinen kosteus pyrkii tasaantumaan ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden kanssa. Vesihöyrymuodossa oleva kosteus siirtyy kosteammasta ilmasta betoniin hygroskooppisesti, tätä betonin kosteuden nousua kutsutaan kostumiseksi. (Merikallio ym. 2007, 17.)

Jos betoni on kosketuksessa veteen tai toiseen märkään materiaaliin, se imee itseensä vettä eli nestemäisessä muodossa olevaa kosteutta. Tätä kutsutaan kapillaariseksi kosteuden siirtymiseksi. Kapillaarisessa kosteuden siirtymisessä betoni

kastuu. Kosteuden siirtymiseen betonissa vaikuttaa sen huokosrakenne. Betonin valmistuksessa käytetään työstämisen helpottamiseksi huomattavasti enemmän vettä kuin mitä betonin kovettumisreaktio vaatisi. Betonin ylimääräisestä vedestä tulee betoniin kapillaarihuokosia. Betonin suuri vesi-sementtisuhde ja betonin tuoreus nostavat kapillaarihuokosten määrää. Vesi-sementtisuhteen ollessa alle 0,4 ja hydrataatioaste lähes 100 prosenttia kapillaarihuokokset häviävät lähes kokonaan. Jos betonin vesi-sementti-suhde on yli 0,7, betonissa on jatkuvasti avoin kapillaariverkosto. Korkea vesi-sementti-suhde siis mahdollistaa betonissa kosteuden kapillaarisen siirtymisen. (Merikallio ym. 2007, 17-18.)

Betonirakenteiden kastumista aiheuttavat yleensä sade- ja pintavedet, maaperän kosteus sekä vesivahingot. Betonin kastuminen ei vaurioita itse betonia, mutta betonin kuivumisajat pitenevät ja voivat tätä kautta aiheuttaa ongelmia työmaalla. Tuoreessa betonissa sen huokosrakenne on niin täynnä vettä, ettei sinne mahdu enempää. Vanhan betonin kastuessa esimerkiksi vesivahingon seurauksena, on sen kuivuminen huomattavasti hitaampaa kuin tuoreen betonin. (Merikallio ym. 2007, 19.)



## 7 BETONIRAKENTEEN KUIVUMINEN JA KUIVUMISAIKA-ARVIOT

Betonin suhteellinen kosteus tuoreena on 100 %. Betonin kovettuessa osa betonissa olevasta vedestä sitoutuu ja betonin suhteellinen kosteus laskee. Kovettumisreaktion seurauksena betonin huokosten suhteellinen kosteus tippuu noin 2-10 % betonilaadusta riippuen. Betonin kovettumisen jälkeen betonirakenteeseen jää ylimääräistä kosteutta, joka haihtuu sieltä ajan myötä betonin saavuttaessa saman suhteellisen kosteuden kuin ympäristö. (Merikallio ym. 2007, 20.)

Rakennusaikana betonirakenteen suhteelliseen kosteuteen raja-arvot antaa yleensä pinnoite- ja päällystemateriaalit. Pinnoite- ja päällystemateriaalit vaativat yleensä betonin suhteellisen kosteuden olevan 80-90 % materiaalista riippuen. Vaikka jokin päällystemateriaali vaatisi betonin suhteellisen kosteuden olevan 80%, tämä ei tarkoita sitä että betonin suhteellisen kosteuden pitäisi olla läpikotaisin 80 %. Päällystemateriaalin vaatima kosteusarvo on alitettava rakenteen paksuudesta riippuvaisella arviointisyvyydellä. Betonin kuivumisnopeuteen vaikuttavat betonilaatu, betonirakenteen paksuus ja kuivumissuunnat sekä kuivumisolosuhteet. (Merikallio ym. 2007, 20.)

Betonin kuivuminen on sitoutumiskuivumista ja haihtumiskuivumista. Betonilaatu ja sen ominaisuudet vaikuttavat eri kuivumisten osuuteen. Paljon sementtiä omaava betoni kuivuu enemmän sitoutumiskuivumisella kuin betonilaatu, jossa on vähemmän sementtiä. Esimerkiksi erikoisbetonien nopeampi kuivuminen perustuu betonissa olevaan suureen sementtimäärään, joka aiheuttaa sitoutumiskuivumista. (Merikallio ym. 2007, 20.)

Haihtumiskuivumiseen vaikuttaa betonista haihdutettava vesimäärä, betonirakenteen paksuus ja tiiviys sekä olosuhteet eli lämpötila ja ympäristön kosteus. Haihtumiskuivumisessa kosteus liikkuu betonirakenteen sisältä kohti pintaa ja haihtuu ympäröivään ilmaan. Haihtumiskuivuminen on nopeampaa betonin ollessa kokonaan märkä, koska betonin pinnalta kosteus pääsee helpommin haihtumaan. Betonin suhteellisen kosteuden ollessa lähellä 100 % kosteus siirtyy pääosin kapillaarisesti rakenteen pintaan, josta kosteus haihtuu ympäristöön. Betonin pinnan kuivuttua kapillaarinen kosteuden siirtyminen estyy, mikä hidastaa betonin kuivumista. Kapillaarisen kosteuden siirtymisen estyminen betonin pinnalla tarkoittaa sitä, että kosteus

siirtyy ainoastaan diffuusiolla betonin pinnassa. Kosteuden siirtyminen diffuusiolla eli vesihöyrymuodossa on huomattavasti hitaampaa kuin kapillaarinen kosteuden siirtyminen. Betonin kuivuminen hidastuu sitä mukaa, mitä syvemmälle betonirakennetta haihtumisrintama menee. Rakenteen kuivuttua keskiosaltakin riittävästi ainoa kosteuden siirtymismuoto on diffuusio. Betoni kuivuu niin kauan, kunnes se on samassa suhteellisessa kosteudessa ympäristön kanssa. (Merikallio ym. 2007, 20-21.)

Betonin vesihöyrynläpäisevyyteen ja kosteudensiirtymisominaisuuksiin vaikuttavat betonilaatu, betonin kosteus ja betonin lämpötila. Betonin vesisementti-suhteen ollessa alhainen eli betonin ollessa tiivistä, on sen vesihöyrynläpäisevyys huonompi. Betonin tiiviys heikentää myös kapillaarisen kosteuden siirtymistä. Betonin kosteuspitoisuuden nousu taas lisää vesihöyrynläpäisevyyttä eli betonin ollessa kosteaa, kosteuden siirtyminenkin nopeutuu. Tehokkain tapa kuivattaa betonia on betonin lämpötilan nosto, koska lämpötilan nousu nostaa betonin huokosten ilmatilan vesihöyrynpainetta, mikä edesauttaa kosteuden siirtymistä. (Merikallio ym. 2007, 21.)

Paksut betonirakenteet kuivuvat hitaammin, koska kosteus joutuu siirtymään pidemmän matkan päästäkseen haihtumiskykyiseen pintaan. Rakennepaksuuden kaksinkertaistuessa tai kuivumisen estäminen toiseen suuntaan voi nostaa kuivumisaikaa olosuhteista riippuen nelinkertaiseksi. Liittolevyrakenteissa tai muovin päälle valettaessa rakenne kuivuu ainoastaan yhteen suuntaan ja kuivuminen hidastuu merkittävästi. Kuorilaattarakenteet ja ontelolaatan päälle valetut pintalattiat kuivuvat osittain alaspäinkin, mutta se on paljon hitaampaa verrattuna ylöspäin siirtyvään kosteuteen. Pintalaattojen alaspäin kuivumiseen vaikuttaa runkolaatan kosteuspitoisuus. (Merikallio ym. 2007, 22.)

Betonin kastuminen myöhemmässä vaiheessa hidastaa sen kuivumista merkittävästi. Sitä hitaammin betoni kuivuu, mitä myöhäisemmässä vaiheessa siihen pääsee kosteutta. Betonin kovettuessa huokosrakenne tiivistyy, joka vaikeuttaa kosteuden poistumista. Vaikka kovettuessa huokosrakenne tiivistyy, se ei siltikään estä ulkopuolisen veden pääsyä rakenteeseen. Betonin altistuessa pitkäkestoiselle saateelle tai vesivahingolle, voi sen kuivumisaika kasvaa useilla viikoilla. Betonielementtejä käytettäessä on otettava tämä huomioon, koska elementit ovat jo jonkin

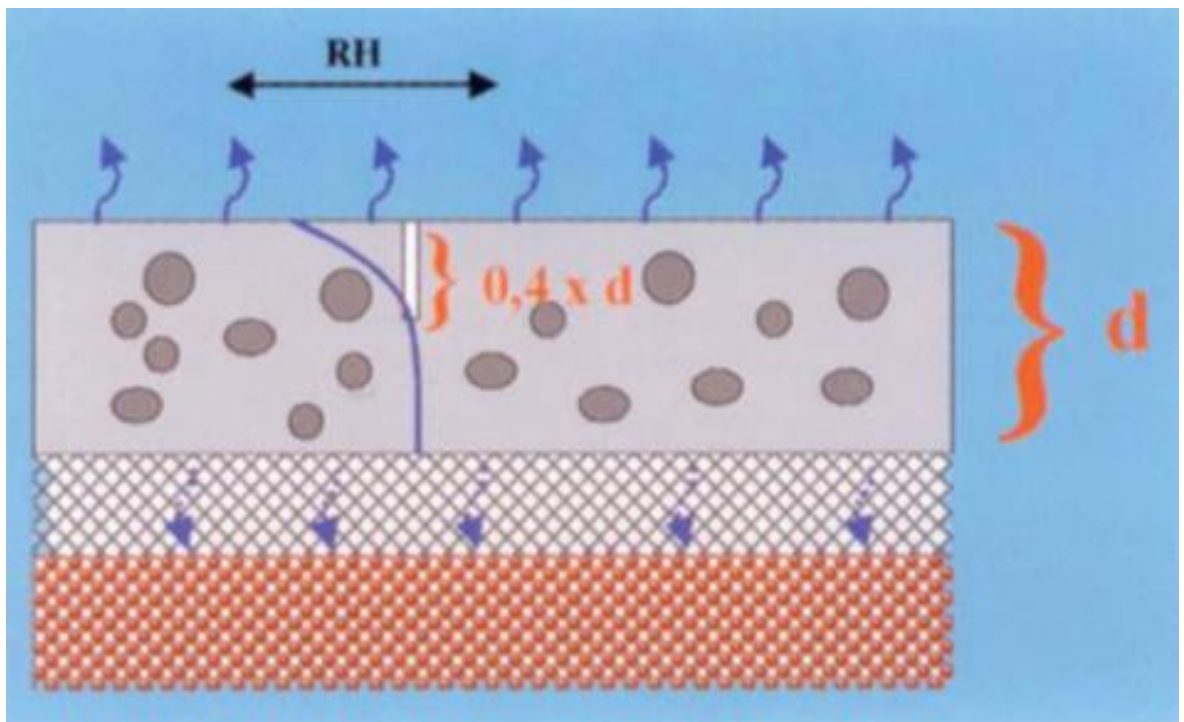
verran kuivuneet ennen työmaalle tuloa. Kosteuden poistuminen esimerkiksi tiiviistä ontelolaattabetonista voi olla todella hidasta. (Merikallio ym. 2007, 23.)

## 7.1 Kuivumisaikojen arviointi

Betonirakenteiden kuivumista voidaan arvioida arviointiohjeiston avulla. Kuivumisaika-arviot ovat ainoastaan suuntaa antavia ja niiden on tarkoitus helpottaa aikataulujen ja kuivatuksen suunnittelua. Ainoa luotettava tapa saada betonin kosteus on sen mittaaminen. (Merikallio 2002, 38.)

### 7.1.1 Maanvastainen teräsbetonilaatta

Maanvastainen teräsbetonilaatta kuivuu pääosin sisätiloihin päin (kuvio 5). Alaspäin kuivumiseen vaikuttaa eristeen läpäisevyys, mahdolliset tiiviit kerrokset ja maan lämpötila.



Kuvio 5. Maanvastainen teräsbetonilaatta ja kuivumisen arviointisyvyys. (Merikallio 2002, 39.)

Arvioitu kuivumisaika voidaan laskea kaavalla (kuvio 6), jossa rakenteen peruskuivumisaika otetaan peruskuivumiskäyrältä (kuvio 7) ja tätä saatua arvoa kerrotaan betonin ominaisuuksiin ja kuivumisolosuhteisiin vaikuttavilla kertoimilla. Kertoimet löytyvät taulukoista 1-5.

<b>Arvioitu kuivumisaika</b>
Peruskuivumisaika
x
Vesisideainesusuhde
x
Rakenteen paksuus
x
Alustan kosteus
x
Kastumisaika
x
Kuivumisolosuhteet

Kuvio 6. Arvioitu kuivumisaika.  
(Merikallio 2002, 39.)



Kuvio 7. Maanvastaisen laatan peruskuivumiskäyrä.  
(Merikallio 2002, 39.)

Taulukko 1. Vesisideainesuhteen kerroin.  
(Merikallio 2002, 39.)

Vesisideainesuhde	Kerroin
0,7	1
0,6	0,7
0,5	0,5
0,4	0,2

Taulukko 2. Rakenteen paksuudesta ja vesisideainesuhteesta riippuva kerroin.  
(Merikallio 2002, 39.)

Rakenteen paksuus $d$ (mm)	Vesisideainesuhde $\mu$ (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
70	1	0,8	0,8	0,7
90	1,4	1,3	1,3	1,2
100	1,7	1,6	1,6	1,5
120	2,1	2	2	1,9
150	2,5	2,4	2,4	2,3

Taulukko 3. Alustan kosteuskerroin.  
(Merikallio 2002, 39.)

Alusta	Kerroin
kuiva	1
muovi	1,1
märkä	1,5

Taulukko 4. Kastumiskerroin.  
(Merikallio 2002, 39.)

Kastuminen	Vesisideainesuhde $\mu$ (v/s)			
	0,4	0,5	0,6	0,7
kuivassa	1	0,9	0,9	0,8
kosteassa yli 2 viikkoa	1	1	1	1
kastunut yli 2 viikkoa	1,1	1,2	1,3	1,5

Taulukko 5. Olosuhdekerroin.  
(Merikallio 2002, 39.)

Olosuhteet				
RH(%)	Lämpötila(°C)			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1	0,9

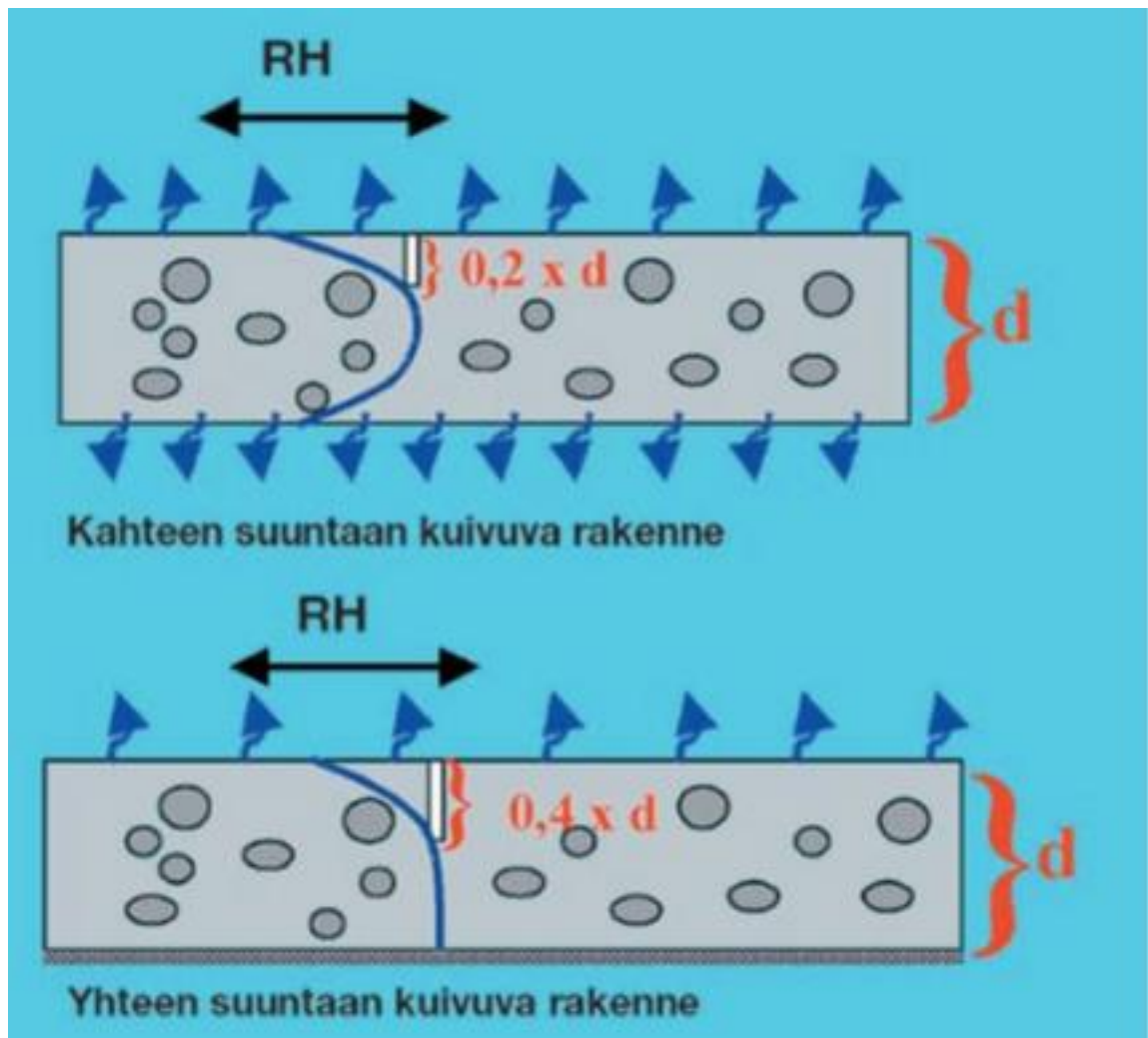
Esimerkki: 120 mm paksu maanvastainen laatta, vesisideainesuhde 0,7, kosteissa olosuhteissa yli 2 viikkoa, kuivatuksen alettua olosuhteet 18 °C ja 50 %RH. Tavoitekosteutena laatalta 85 %.

Peruskuivumiskäyrältä luetaan tavoitekosteuden kohdalta peruskuivumisaika, joka on 17 viikkoa.

Arvioitu kuivumisaika saadaan: peruskuivumisaika 17 viikkoa x vesisideainesuhde 1,0 x rakenteen paksuuskerroin 2,1 x alustan kosteuskerroin 1,0 x kastumiskerroin 1,0 x olosuhdekerroin 0,9. Tästä saadaan kuivumisajaksi noin 32 viikkoa.

### 7.1.2 Massiivinen teräsbetonivälipohja

Paikalla valetun massiivisen teräsbetonivälipohjan kuivumiseen vaikuttaa merkittävästi kuivumissuunnat (kuvio 8). Betonilaatan kuivuminen on huomattavasti nopeampaa, jos sillä on mahdollisuus kuivua kahteen suuntaan. (Merikallio 2002, 41.)

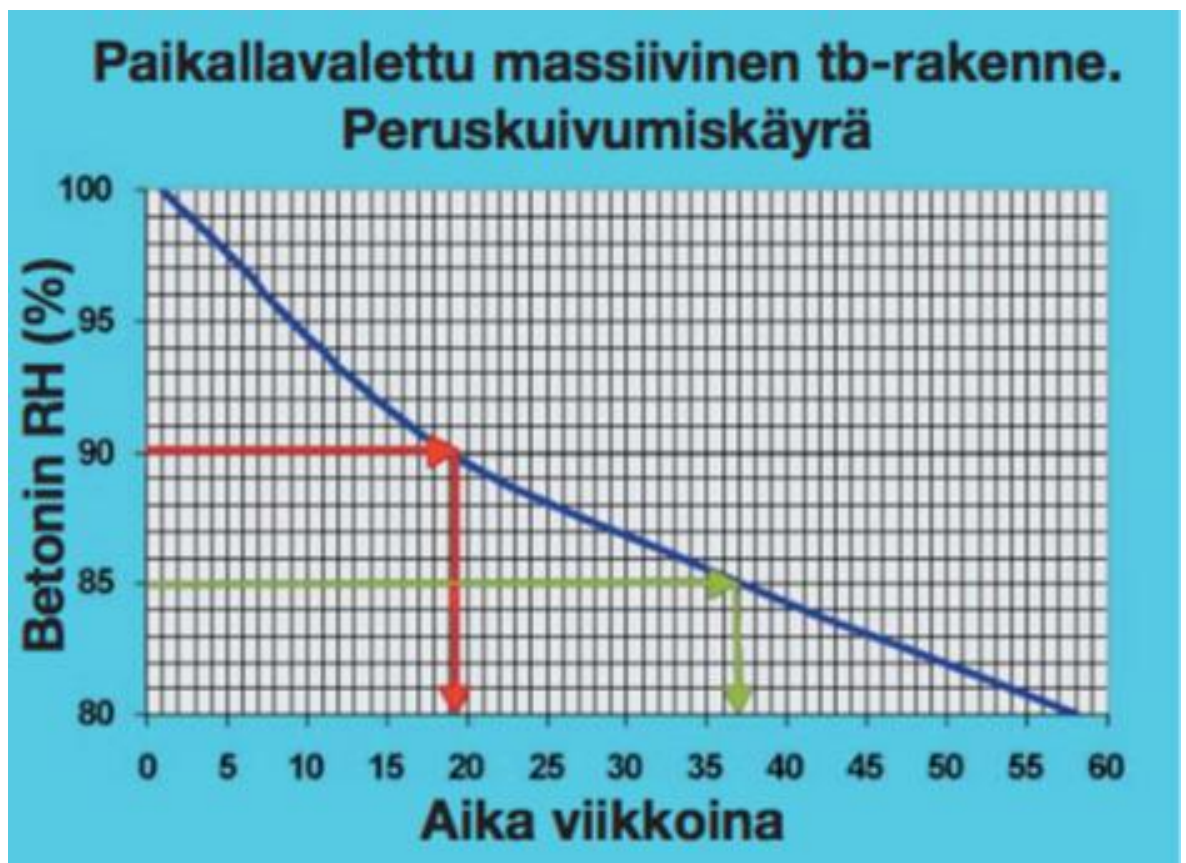


Kuvio 8. Betonilaatan kuivumissuunnat ja kuivumisen arviointisyvyydet.  
(Merikallio 2002, 41.)

Massiivisen teräsbetonilaatan kuivumisarvio on lähes samanlainen kuin maanvastaisen betonilaatan, mutta kuivumissuunnat huomioidaan kertoimella. Arvioitu kuivumisaika (kuvio 9) on peruskuivumiskäyrältä (kuvio 10) saatu arvo, jota kerrotaan taulukoista 6-10 saaduilla kertoimilla.

<b>Arvioitu kuivumisaika</b>
Peruskuivumisaika
x
Vesideainesuhde
x
Kuivumissuunta
x
Rakenteen paksuus
x
Kastumisaika
x
Kuivumisolosuhteet

Kuvio 9. Arvioitu kuivumisaika.  
(Merikallio 2002, 41.)



Kuvio 10. Paikalla valetun massiivisen teräsbetoni-rakenteen peruskuivumiskäyrä.  
(Merikallio 2002, 41.)



Taulukko 6. Vesisideainesuhteen kerroin.  
(Merikallio 2002, 41.)

Vesisideainesuhde	Kerroin
0,7	1
0,6	0,7
0,5	0,5
0,4	0,2

Taulukko 7. Rakenteen paksuudesta ja vesisideainesuhteesta riippuva kerroin.  
(Merikallio 2002, 41.)

Rakenteen paksuus (mm)	Vesisideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
200	0,7	0,7	0,7	0,8
230	0,9	0,9	0,9	0,9
250	1	1	1	1
280	1,3	1,1	1,1	1,1
300	1,6	1,4	1,3	1,2

Taulukko 8. Kuivumissuuntakerroin.  
(Merikallio 2002, 41.)

Kuivumissuunta	Vesisideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
Kahteen suuntaan	1	1	1	1
Yhteen suuntaan	3,2	2,6	2,3	2

Taulukko 9. Kastumiskerroin.  
(Merikallio 2002, 41.)

Kastuminen	Vesisideainesuhde (v/s)			
	0,4	0,5	0,6	0,7
kuivassa	1	0,9	0,9	0,8
kosteassa yli 2 viikkoa	1	1	1	1
kastunut yli 2 viikkoa	1,1	1,2	1,3	1,5

Taulukko 10. Olosuhdekerroin.  
(Merikallio 2002, 41.)

Olosuhteet				
RH(%)	Lämpötila(°C)			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1	0,9

Esimerkki: 230 mm paksu välipohjalaatta, vesisideainesuhde 0,7, kosteissa olosuhteissa yli 2 viikkoa, laatan mahdollista kuivua kahteen suuntaan, kuivatuksen alettua olosuhteet 18 °C ja 50 %RH. Tavoitekosteutena laatalta 85 %.

Peruskuivumiskäyrältä luetaan tavoitekosteuden kohdalta peruskuivumisaika, joka on 37 viikkoa.

Arvioitu kuivumisaika saadaan: peruskuivumisaika 37 viikkoa x vesisideainesuhde 1,0 x rakenteen paksuuskerroin 0,9 x kuivumissuuntakerroin 1,0 x kastumiskerroin 1,0 x olosuhdekerroin 0,9. Tästä saadaan kuivumisajaksi noin 30 viikkoa.

Jos betonilaatan kuivuminen olisi mahdollista ainoastaan yhteen suuntaan, saataisiin kuivumissuuntakertoimeksi 3,2 ja kuivumisajaksi noin 96 viikkoa.

## 8 BETONIRAKENTEEN KOSTEUSMITTAUS

Betonirakenteiden riittävä kuivuminen ennen päällystämistä on syytä varmistaa kosteusmittauksella. Betonista on mitattava betonin suhteellinen kosteus, koska päällystemateriaalien kosteuden raja-arvot ilmoitetaan suhteellisena kosteutena. Betonin suhteellinen kosteus on betonin huokosen ilmatilan suhteellinen kosteus. Betonin suhteellinen kosteus voidaan mitata porareiästä tai näytepalasta. Nämä kaksi mittaussuhteellistä kosteutta voidaan mitata myös karbidimittarilla, pintakosteusmittarilla ja erilaisilla vastusmittareilla. Näitä mittareita ei voida käyttää luotettavan suhteellisen kosteuden saamiseksi, koska mittarit eivät ilmoita suoraan suhteellista kosteutta tai mittaussyvyudet eivät ole riittävät. (Merikallio ym. 2007, 81.)

Betonin suhteellista kosteutta mittaavat mittalaitteet sisältävät mitta-anturin ja näyttölaitteen (kuva 3). Näillä suhteellisen kosteuden mittalaitteilla voidaan myös seurata rakenteen kuivumisolosuhteita. Mittalaitteen antureita on useita erilaisia kuten kapasitiiviset anturit, elektrolyytin sähkönjohtavuuteen perustuvat anturit ja kaste-pisteanturit. Mittalaitteen tulee olla tarkoitukseen soveltuva sekä kalibroitu, ja mitausta tekevän henkilön on tiedettävä mittalaitteen toimintaperiaatteet ja mittaustuloksiin vaikuttavat tekijät. (Merikallio ym. 2007, 81-82.)

Kosteusmittauksia voi olla lähtötasomittaus, seurantamittaus ja päällysteiden asennettavuusmittaus. Näiden lisäksi on suositeltavaa tehdä mittauksia sisäilmasta ja näin varmistua, että kuivumisolosuhteet ovat hyvät. Seurantamittauksilla varmistetaan kuivumisen edistyminen ja aikataulussa pysyminen. Seurantamittauksia on tehtävä 2-4 viikon välein. Päällystettävyyssmittauksien ajankohta on oltava lähellä päällysteiden asentamisajankohtaa. Päällystettävyyssmittauksia tehtäessä on lämpötilan oltava lähellä normaaleja käyttölämpötiloja, johon päällysteet asennetaan. (Merikallio ym. 2007, 85.)



Kuva 3. Betonin suhteellisen kosteuden mittauslaitteet. (RT 14-10984 2010, 1.)

### 8.1 Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen porareiästä

Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen porareiästä on luotettava tapa saada betonirakenteen suhteellinen kosteus. Porareikämittaus on yksinkertainen, mutta vaatii mittajalta ammattitaitoa ja huolellisuutta. Mittaukseen liittyy epävarmuustekijöitä, jotka on otettava huomioon mitattaessa ja saatujen tulosten tulkinnessa. Mittaukseen luotettavuuteen vaikuttavat tekijät ovat:

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

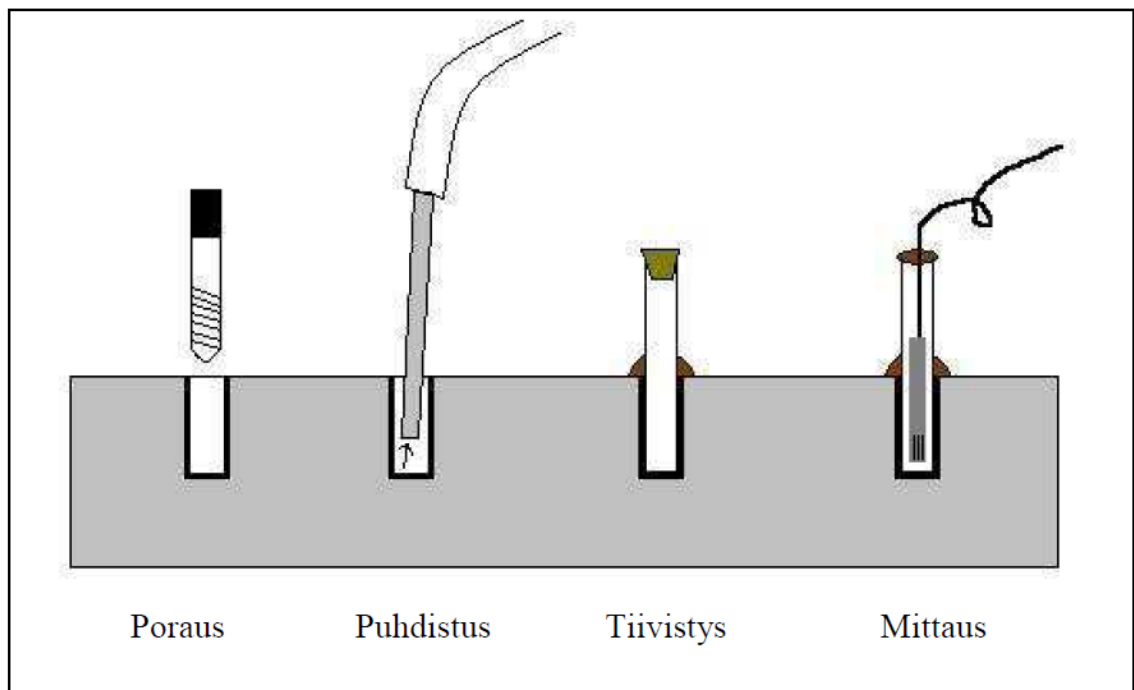
- betonin lämpötila ja sen vaihtelut mittauksen aikana (Merikallio ym. 2007, 82.)

Porareikämittauksessa rakenteen lämpötilan tulee olla lähellä tulevaa käyttölämpötilaa, mutta lämpötilan oltava kuitenkin 15 °C ja 25 °C välillä. Porareikämittausta ei suositella tehtäväksi, jos lämpötila alittaa tai ylittää edellä mainitut arvot. Lämpötilaerot mittapään ja mitattavan materiaalin välillä aiheuttavat virheitä mittaustuloksissa. (Merikallio ym. 2007, 83.)

Porareikämittauksen suoritusjärjestys (kuvio 11).

1. Valitaan mittauspiste ottaen huomioon rakenneratkaisu, betonilaatu, päällystemateriaali ja olosuhteet
2. Tarkistetaan betonin ja huoneen lämpötila. Lämpötilan oltava noin 20 °C.
3. Varmistetaan, että olosuhteet mittauspisteen ympärillä pysyvät mittauksen aikana vakaana. Lämpötilaero ilmassa ja rakenteessa olevassa mittapäässä ei saa ylittää 2 °C.
4. Varmistetaan, ettei porattavan reiän kohdalla ole sähkö- tai vesiputkia.
5. Selvitetään rakenteen paksuus ja mahdolliset eri rakennekerrokset. Näillä tiedoilla määritetään mittaussyvyys.
6. Porataan kaksi rinnakkaista reikää arviointisyvyydelle sekä yksi reikä lähemäs pintaa.
7. Puhdistetaan imurilla reiät huolellisesti porauspölystä.
8. Tiivistetään reiän reunat pohjaan asti ulottuvalla putkella. Putki puhdistetaan imuroimalla putkeen mahtuvalla suuttimella. Putken ja betonin rajakohta tiivistetään kitillä ja putken yläpää tulpataan.
9. Suojataan mittauspiste lämpötilanvaihteluilta ja muilta häiriöiltä.
10. Annetaan reikien tasaantua vähintään kolmea vuorokautta.
11. Varmistetaan mittalaitteen toiminta.
12. Annetaan mittapäiden tasaantua mittauspistettä ympäröiviin olosuhteisiin ennen reikiin asennusta.
13. Asennetaan mittapäät ja tiivistetään mittapään ja putken väli hyvin. Mittapäät voidaan asentaa myös porausten yhteydessä.

14. Annetaan mittapään tasaantua mittausreiässä riittävän kauan. Tasaantumisaika on vähintään tunti mittalaitteesta ja betonilaadusta riippuen.
15. Kiinnitetään mittapää näyttölaitteeseen ja kirjataan betonista saatu suhteellinen kosteus ja lämpötila. Näiden lisäksi on kirjattava mittapään numero, mittauspisteen sijainti, mittausvyvyys, huoneilman lämpötila ja huonetilan suhteellinen kosteus.
16. Mittauksesta tehdään raportti, joka ilmoittaa saadut tulokset, johtopäätökset, mittauksen ajankohdan ja tarkan kuvauksen mittausmenetelmästä. (Merikallio ym. 2007, 83-84.)



Kuvio 11. Porareikämittaus.  
(Merikallio ym. 2007, 83.)

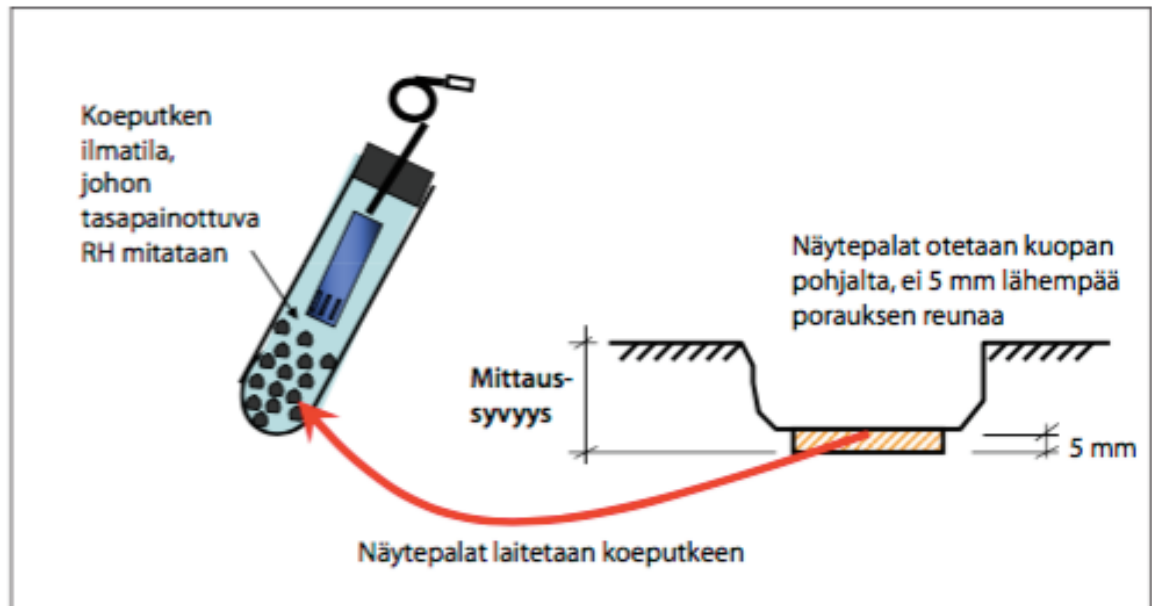
## 8.2 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus näytepalamenetelmällä

Betonin suhteellinen kosteus voidaan mitata myös betonista otettavalla näytepalalla. Näytepalamenetelmässä betonista otetaan näytepalat halutulta syvyydeltä ja laitetaan ne tiiviiseen koeputkeen mittapään kanssa (kuvio 12). Betonipalojen ollessa koeputkessa, ne saavuttavat tasapainokosteuden koeputken ilman kanssa.

Koeputken ilma saavuttaa saman suhteellisen kosteuden arvon kuin betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus, koska betonin kosteussisältö on merkittävästi suurempi kuin koeputken sisältämän ilman kosteus. Näytepalamittauksessa on merkittävänä etuna porareikämittaukseen verrattuna se, että se voidaan mitata lähes minkä lämpöisestä betonista tahansa. (Merikallio ym. 2007, 84.)

#### Näytepalamittauksen suoritusjärjestys

1. Valitaan mittauspiste huomioiden rakenneratkaisu, betonilaatu, päällystämateriaali ja olosuhteet.
2. Varmistetaan, ettei mittauspisteen kohdalla ole sähkö- tai vesiputkia.
3. Selvitetään rakenteen paksuus ja mahdolliset eri rakennekerrokset. Näillä tiedoilla määritetään mittaussyvyys.
4. Tehdään betoniin monttu, joka on halkaisijaltaan 50-100 mm. Montun pohjan on oltava mittaussyvyyttä 5 mm ylempänä, koska silloin pohjalta irrotettavat mittaukseen käytettävät betonimuruset ovat oikealta mittaussyvyydellä.
5. Montun pohjalta otetaan betoninäytteet ja tarkistetaan toteutunut mittaussyvyys.
6. Betoninäytteet laitetaan heti sopivan kokoiseen koeputkeen mittapään kanssa ja koeputki suljetaan tiiviisti. Koeputkeen ei saa laittaa betonipölyä tai suuria paloja runkoainetta. Betoninäytteen tulee täyttää vähintään kolmasosa koeputken tilavuudesta ja samasta kohdasta on otettava vähintään kaksi näytettä.
7. Koeputket laitetaan vakiolämpötilaan (+20 °C) tasaantumaan mittapään kanssa noin 5-10 tunniksi. Tasaantumisaikaa tulee pidentää, jos näytteenottohetkellä lämpötilat poikkeavat merkittävästi normaalista lämpötilasta tai, jos betonin lujuus on tavallista korkeampi.
8. Näytteen tasaannuttua, mittapäästä kirjataan ylös mittapään antama suhteellinen kosteus ja lämpötila. Kirjattava on myös mittaussyvyys ja mittauskohta
9. Mittauksesta tehdään raportti, joka ilmoittaa saadut tulokset, johtopäätökset, mittauksen ajankohdan ja tarkan kuvauksen mittausmenetelmästä. (Merikallio ym. 2007, 84-85.)



Kuvio 12. Näytepalamittaus.  
(RT 14-10984 2010, 7.)

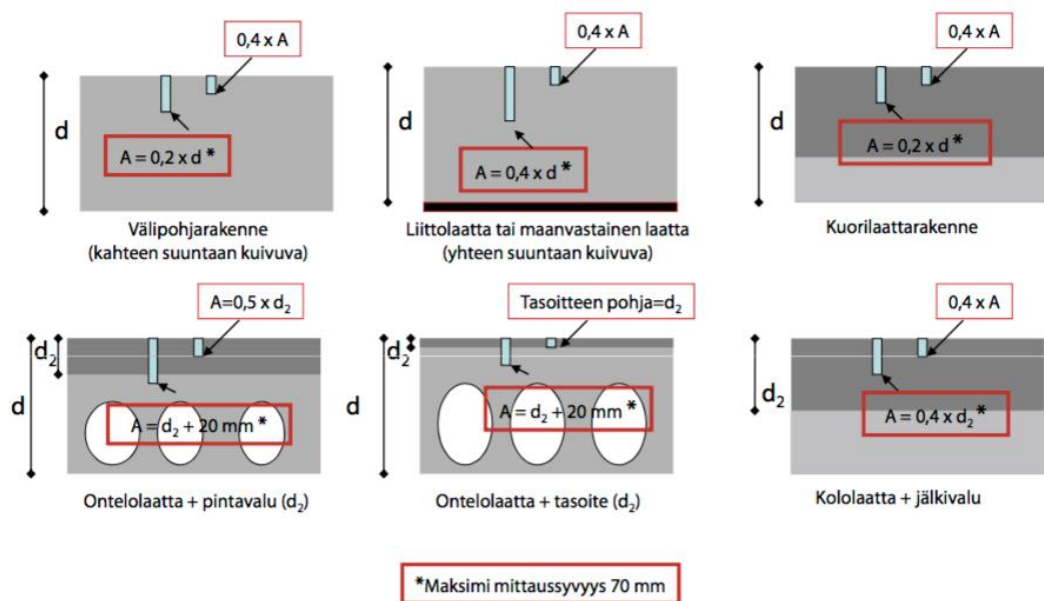
### 8.3 Mittauspisteet- ja syvyydet

Betonirakenteiden päällystettävyyssmittauksia tehdessä on suositeltavaa, että mittauspisteessä on useita mittausreikiä luotettavien tulosten saamiseksi. Mittauspisteessä tulee olla vähintään kaksi saman syvyyttä reikää arviointisyvyydellä A ja kaksi reikää syvyydellä  $0,4 \times A$  (kuvio 13). Useamman reiän tekeminen eri syvyyksille helpottaa mittautulosten tulkintaa. Mittautulos otetaan kahden samalla syvyydellä olevan reiän keskiarvona. Jos samalla syvyydellä olevien reikien mittautulokset poikkeavat toisistaan yli 3 prosenttiyksikköä, on mittaus suoritettava uudelleen. Arviointisyvyydellä A on mittautuloksen oltava pienempi kuin päällystemateriaalin vaatima kosteusraja-arvo. Arviointisyvyydet perustuvat olettamukseen, että päällystämisen jälkeen lämpötilan pysyessä vakiona kosteus nousee tiiviin päällysteen alla enimmillään arvoon, joka on saatu arviointisyvydeltä A. (Merikallio ym. 2007, 86.)



Betonirakenteiden päällystettävyysskoosteusmittauksien mittaussyvyys  $A$  ei ole kaikilla rakenteilla sama. Mittaussyvyyteen vaikuttavat rakenteen paksuus ja rakenneratkaisu. Esimerkiksi paikalla valetulla betonilaatalla, jonka on mahdollista kuivua kahteen suuntaan, käytetään mittaussyvyytenä 20 % koko rakenteen paksuudesta. Yhteen suuntaan kuivuvilla rakenteilla kuten liittolaatta tai maanvastainen betonilaatta mittaussyvyys  $A$  on 40% koko rakenteen paksuudesta. Mittaussyvyys saa kuitenkin korkeintaan olla 70 mm. (Merikallio ym. 2007, 87.)

Rakenneratkaisuissa, joissa on useita kerroksia, tulee mitaukset tehdä useilta eri syvyyksiltä. Pintavaletulla ontelolaattavälipohjalla mittaussyvyyksiä on kaksi: 50 % pintavalun paksuudesta sekä 20 mm pintavalun alapuolelta ontelolaatasta. Ontelolaattaa mitattaessa on huomioitava, ettei mitauspiste osu ontelon kohdalle. Ontelolaattarakenteissa on myös mitattava laattojen sauman kohta. Sauman kohdalla kosteusarvo voi olla 5 prosenttiyksikköä korkeampi, jos muualla kriittinen kosteusarvo alitetaan. Kuorilaattavälipohjissa käytetään samoja mittaussyvyyksiä kuin kahteen suuntaan kuivuvassa betonilaatassa. (Merikallio ym. 2007, 87.)



Kuvio 13. Mittaussyvydet eri rakenteilla.  
(RT 14-10984 2010, 14.)

## **9 ESIMERKKIKOHTTEEN KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA**

Kohde on kahdeksankerroksinen betonielementeistä valmistettu asuinkerrostalo Helsingin Jätkäsaassa. Kohteen rakennuttajana toimii Helsingin seudun opiskelija-asuntosäätiö ja pääurakoitsijana on Skanska. Kohteeseen valmistuu 103 asuntoa opiskelijoille vuoden 2016 loppuun mennessä. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma löytyy liitteenä.

## 10 YHTEENVETO

Rakennusaikaisen kosteuden huomioiminen on tärkeää kustannustehokkaassa ja laadukkaassa rakentamisessa. Kosteudenhallinnan suunnittelemisella ja suunnitelmien toteuttamisella vältetään mahdolliset kosteusvauriot ja korjaustyöt. Kosteus ja siitä aiheutuvien vaurioiden estäminen on huomioitava jo hanketta suunniteltaessa. Rakennuttajan on tarvittaessa vaadittava riittävää sääsuojausta ja kattavaa kosteudenhallintasuunnitelmaa. Rakennuksien käyttäjien on myös pidettävä huolta rakennuksista oikeanlaisilla ja riittävän usein tehtävillä huoltotoimenpiteillä. Kosteuden huomioimisella taataan rakennukselle pitkä elinkaari.

## LÄHTEET

- Ilmavirtaukset rakennuksessa. 2008. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Sisäilmäyhdistys ry. [Viitattu 15.2.2016]. Saatavana: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa>
- Kosteuden siirtyminen. 2008. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Sisäilmäyhdistys ry. [Viitattu 15.2.2016]. Saatavana: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>
- Kosteudenhallintasuunnitelma. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Rakentamisen kosteudenhallinta. [Viitattu 16.3.2016]. Saatavana: <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/kosteudenhallintasuunnitelma>
- Kosteudenhallintasuunnitelman noudattamisen valvonta. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Rakentamisen kosteudenhallinta. [Viitattu 16.3.2016]. Saatavana: <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisen-valmistelu/162-tyoemaan-kosteudenhallinnan-suunnittelu>
- Kosteuslähteet. 2008. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Sisäilmäyhdistys ry. [Viitattu 15.2.2016]. Saatavana: <http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat/kosteusvauriot/kosteustekninen-toiminta/kosteuslahteet>
- Kuivaketjun toteutus. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Rakentamisen kosteudenhallinta. [Viitattu 14.3.2016]. Saatavana: <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/kuivaketjun-toteutus>
- Materiaalien suojaus. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Rakentamisen kosteudenhallinta. [Viitattu 14.3.2016]. Saatavana: <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/materiaalien-suojaus>
- Merikallio, T., Niemi, S. & Komonen, J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- Niemelä, T. 2014. Kosteusvaurioiden ehkäiseminen rakennustuotannossa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.
- Rakennussuunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Rakentamisen kosteudenhallinta. [Viitattu 16.3.2016]. Saatavana: <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakennussuunnittelu/148-rakennussuunnitteluvaiheen-kosteudenhallintasuunnitelma>

Rakenteiden suojaus kosteudelta. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Rakentamisen kosteudenhallinta. [Viitattu 14.3.2016]. Saatavana: <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/rakenteiden-suojaus-kosteudelta>

RT 14-10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Helsinki: Rakennustieto.

Seppälä, P. 2014. Kuivaketju rakentamiseen. RY Rakennettu ympäristö (2), 6-9.

Sääsuojat. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Rakentamisen kosteudenhallinta. [Viitattu 14.3.2016]. Saatavana: <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/161-saaesuojauskalusto/saaesuojat>

Telineet ja sääsuojat. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Ramirent. [Viitattu 16.3.2016]. Saatavana: [http://ramirent.fi/portal/fi/palvelut/tyomaapalvelut/telineet\\_ja\\_saa-suojat/](http://ramirent.fi/portal/fi/palvelut/tyomaapalvelut/telineet_ja_saa-suojat/)

Työmaan suojaus. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Rakentamisen kosteudenhallinta. [Viitattu 14.3.2016]. Saatavana: <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/tyoemaan-suojaus>

## **LIITTEET**

Liite 1. Kosteudenhallintasuunnitelma