



# **RAKENNUSAIKAISEN KOSTEUDEN HALLINTA JA BETONIN KUIVUMI- SEN VARMISTAMINEN**

Johanna Lahtinen

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2012  
Rakennustekniikka  
Tuotantotekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Tuotantotekniikan suuntautumisvaihtoehto

JOHANNA LAHTINEN:

Rakennusaikaisen kosteuden hallinta ja betonin kuivumisen varmistaminen

Opinnäytetyö 32 sivua, josta liitteitä 2 sivua  
Joulukuu 2012

---

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda kokonaiskuva rakentamisen aikaisista kosteusrasituksista sekä antaa työmaakäyttöön selkeitä ohjeita kosteudenhallinnan toteuttamiseksi. Työssä käsitellään työmaa-aikaisten kosteusrasitusten vähentämistä betonin kuivumisen varmistamista.

Työmaa-aikaisten kosteusrasitusten vähentämiseen liittyy olennaisesti rakennusmateriaalien oikeanlainen kuljetus ja varastointi. Niiden lisäksi ensimmäisessä osiossa paneudutaan runkovaiheen kosteudenhallintaan sekä käydään läpi työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältö. Toisessa osiossa paneudutaan betonin ominaisuuksiin ja annetaan tarkemmat ohjeet suhteellisen kosteuden mittaukseen.

Laajemman ohjeistuksen lisäksi työn tuloksena laadittiin työnjohdon tarkastuslista kosteudenhallinnan varmistumiseksi. Työn toteutukseen käytettiin apuna Skanska Talonrakennus Oy:n referenssikohdetta Tampereen Annalassa. Kohteen tarkoituksena oli tutustua tietyn työmaan kosteudenhallintaan ja saada sitä kautta aikaan työ, josta on mahdollisimman paljon hyötyä työmaahenkilöstölle.

---

Asiasanat: työmaan kosteudenhallinta, betonin kuivuminen

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Department of Construction Engineering  
Option of Building Production

JOHANNA LAHTINEN

Humidity Control and the Assurance of Concrete Drying during Construction Work

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 2 pages  
December 2012

---

The purpose of this thesis was to create a general view about the humidity burden during construction work and to provide explicit guidelines for implementing humidity control. This thesis consists of two parts. The first part deals with minimizing the humidity burden during construction work and the second part deals with the assurance of concrete drying.

The proper delivery and storage of construction materials is an essential part of reducing the humidity burden. In addition of that the first part deals with the humidity control of building's frame during construction work. Also a plan for a humidity control was introduced. The second part consists of concrete's physical features and instructions for measuring the humidity in concrete.

In addition of the general view concerning the explicit guidelines a checklist was produced. The checklist takes into consideration the most important things in reducing the humidity burden. In the implementation of this thesis a construction site of Skanska Talonrakennus Oy was utilized. The purpose of utilizing this construction site as an example was to familiarize oneself with the humidity control of a certain site. Choosing a certain construction site was thought to benefit the personnel of any construction sites as much as possible.

---

Key words: humidity control, concrete drying

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	RAKENNUSAIKAINEN KOSTEUS.....	6
2.1	Rakennusmateriaalien kastuminen kuljetuksen ja varastoinnin aikana .....	6
2.2	Rakennusmateriaalien kastuminen rakennuspaikalla .....	6
2.2.1	Rakennuksen rungon tuotannaikaiset kosteusrasitukset .....	7
3	TYÖMAAN KOSTEUDENHALLINTA .....	9
3.1	Kosteudenhallintasuunnitelma.....	9
3.1.1	Hankkeen yleistiedot ja kosteusriskien kartoitus .....	9
3.1.2	Rakenteiden kuivumisaika-arviot ja päällystettävyyys .....	10
3.1.3	Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu .....	11
3.1.4	Kosteusmittaussuunnitelma.....	11
3.2	Rakennusmateriaalien kuljetus ja varastointi .....	11
3.3	Rakennuksen rungon tuotannaikaisten kosteusrasitusten vähentäminen.....	12
3.3.1	Julkisivut .....	12
3.3.2	Paikallavaletut välipohjat .....	14
3.3.3	Ontelolaattavälipohjat .....	15
4	KUIVUMISEN VARMISTAMINEN JA PINNOITETTAVUUS .....	18
4.1	Betonin kosteustekniset ominaisuudet.....	18
4.1.1	Betonin rakenne .....	18
4.1.2	Betonin kovettumisreaktio .....	18
4.1.3	Betonin kuivuminen .....	19
4.2	Betonin kuivumisajan arviointi.....	19
4.3	Kuivumisolosuhteet .....	23
4.3.1	Vuodenajan vaikutus kuivattamiseen.....	23
4.4	Betonin suhteellisen kosteuden mittaus .....	24
4.4.1	Porareikämittaus.....	25
4.4.2	Suhteellisen kosteuden mittaus välipohjasta.....	26
5	OPINNÄYTETYÖN TULOS .....	28
6	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET .....	30
	LIITTEET .....	31
	Liite 1. Työnjohtajan tarkastuslista työmaan kosteudenhallintaan .....	31

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda kokonaiskuva rakennusaikaisista kosteusrasituksista sekä kehittää työmaakäyttöön ratkaisuja, joilla rasituksia voidaan kohtuullisin työresurssein ja kustannuksin pienentää. Lisäksi opinnäytetyön tarkoituksena on koota selkeät ohjeet betonin kuivumisen ja pinnoitettavuuden varmistamisesta.

Opinnäytetyön toteutumiseen käytettiin apuna Skanska Talonrakennus Oy:n kohdetta Tampereen Annalassa. Kohteen tarkoituksena oli tutustua työmaan kosteudenhallinnan nykytilaan, jonka pohjalta rakentui opinnäytetyön runko. Työssä ei haluttu esitellä itse kohteen kosteudenhallintaa.

Kosteudenhallinnan suunnittelu on osa rakennustuotannon laadunvarmistusta. Viime vuosina onkin ollut paljon keskustelua rakennustöiden laadusta, sillä kustannustehokkuuden parantaminen vaatii nopeaa tuotantoaikataulua. Media on antanut mustavalkoisen kuvan, jossa laatuongelmat johtuvat tiukoista aikatauluista ja työmaahenkilöstön välinpitämättömyydestä. Tulee kuitenkin muistaa, että kosteudenhallintaan vaikuttavat kaikki rakennushankkeen osapuolet aina tilaajasta lopulliseen käyttäjään. Suurin vastuu laadusta on silti pääurakoitsijalla.

Työmaan kosteudenhallinnan pohjana pidetään kosteudenhallintasuunnitelmaa, joka laaditaan työmaan käynnistyessä. Suunnitelman tekee työnjohto, joka seuraa suunnitelman toteutumista ja päivittää sitä hankkeen edetessä. Liian usein suunnitelmat ovat vain lomakkeita, jotka täytetään pakon vuoksi. Haluan opinnäytetyössäni tarjota työkaluja, joilla voitaisiin kattaa koko hankkeen työmaa-aikainen kosteudenhallinta.

Kiitän insinööriyön toteutumisesta Tampereen ammattikorkeakoulun puolesta valvovaa lehtoria Pekka Väisälää, Skanska Talonrakennus Oy:n työmaan henkilöstöä sekä ystävien ja perheen tukea.

## **2 RAKENNUSAIKAINEN KOSTEUS**

### **2.1 Rakennusmateriaalien kastuminen kuljetuksen ja varastoinnin aikana**

Ennen työmaalle tuloa rakennusmateriaalit saattavat vaurioitua jo kuljetuksen tai varastoinnin aikana. Tähän vaikuttaa suuresti työmaan logistiikka ja tuotannon suunnittelu. Materiaalit tulisi tilata siten, että ne saadaan varastoimatta mahdollisimman nopeasti lopulliseen käyttökohteeseen. Materiaalien varastointi kerroksiin rungon noustessa ei välttämättä suojaa niitä kosteuden aiheuttamilta vaurioilta, sillä runko ei vielä ole vesitiivis. Lisäksi kerroksiin varastoidut materiaalit vaikuttavat holvin kuivumiseen estäen kosteuden haihtumista materiaalipakkausten alta.

Materiaalin kastumisesta aiheutuu aina jonkinlainen haitta. Käytettäessä turmeltunutta materiaalia haitta voi olla terveydellinen. Mikäli materiaali joudutaan vaihtamaan, aiheutuu materiaali- ja kustannushukkaa. Materiaalin kuivattaminen taas aiheuttaa aika-tilaan viivästyksiä ja sitä kautta mahdollisia kustannushaittoja.

### **2.2 Rakennusmateriaalien kastuminen rakennuspaikalla**

Rakennusajan sääolosuhteilla on suuri vaikutus rakennuksen rungon kastumiseen, sillä runkovaiheessa rakennus on alttiimmillaan ulkopuolisille kosteuslähteille. Suomessa sataa keskimäärin vettä eri olomuodoissaan noin 500-700 litraa maapinta-alan jokaista neliometriä kohden. Sateet jakautuvat melko tasaisesti läpi vuoden siten, että syksyllä sademäärät ovat hieman muita vuodenaikoja suuremmat. (Kestävä Kivitalo 1998, 92.)

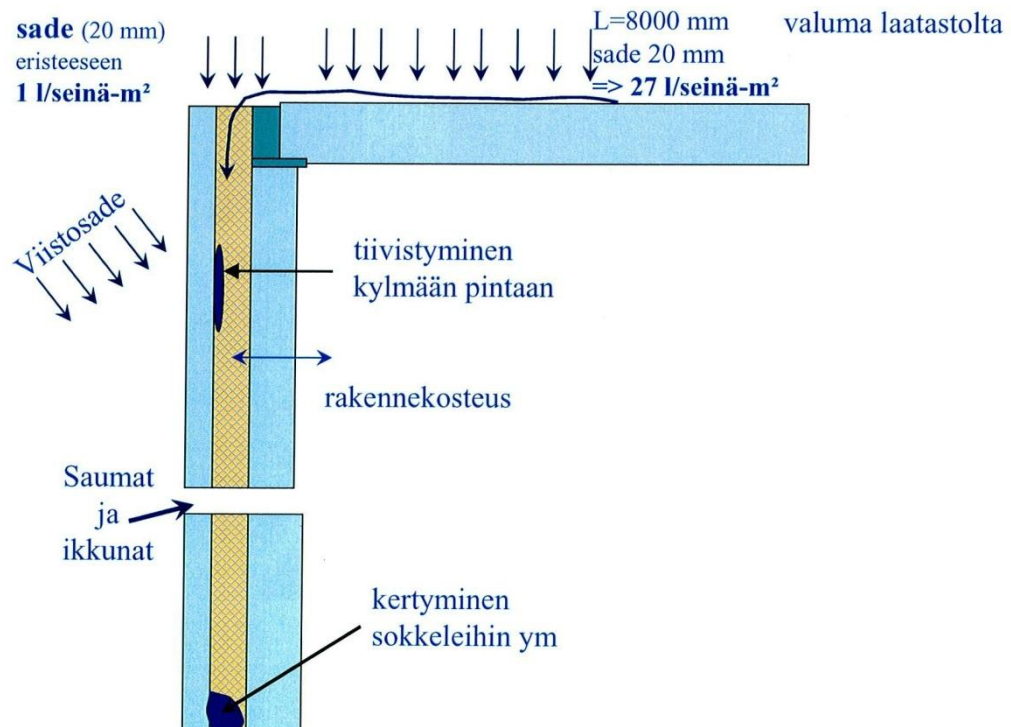
Sade- ja pintavesien lisäksi muita ulkoisia kosteuslähteitä ovat roiskevedet, ulkoilman vesihöyry, kapillaarivesi ja maaperän kosteus (Lassila 2011, 9).

Lisäksi rakennusmateriaalit voivat kastua mahdollisten rakennusaikaisten putkivuotojen vuoksi.

### 2.2.1 Rakennuksen rungon tuotannaikaiset kosteusrasitukset

Rakennusrunko voidaan jakaa pysty- ja vaakarakenteisiin. Työssä käsitellään tavannaista asuinkerrostaloa, jossa rungon vaakarakenteena on ontelolaatta- tai paikallavaluholvi ja pystyrakenteina ulkoseinien betonisandwich-elementit ja väliseinien betonielementit.

Ulkoseinillä vesi valuu kaarevilta ontelolaattavälipohjilta kastellen julkisivun lämmöneristeen. Laataston valuman lisäksi viistosade kastelee julkisivujen ulkopintoja ja kulkeutuu betonisandwich-elementtien saumoista eristetilaan. Viistosade kastelee myös avoimien ikkuna- ja oviaukkojen reunojen lämmöneristeitä. Betonisandwich-elementeissä eristetilaan päässyt vesi valuu ajan myötä alimpiin elementteihin ja kertyy sokkeleihin lähelle anturan yläpintaa. (Niemi 2011, 80.) Kuviossa 1 on lainattu esimerkki ulkoseinän tuotannaikaisista kosteusrasituksista:



KUVIO 1. Ulkoseinän tuotannaikaiset kosteusrasitukset (Niemi 2011, 80, muokattu)

Sadeveden lisäksi rungossa on runsaasti rakennekosteutta, joka tulee pääasiassa erilaisista betonivaluista, kuten paikallavaluholvin valusta, ontelolaataston saumavalusta sekä pysty- ja muiden pienempien saumojen saumauksesta betonilla. Myös betonielementit sisältävät rakennekosteutta, sillä elementissä on sitoutumatonta vettä noin 80 kg betonikuutiota kohden (Lassila 2011, 10). Lisäksi rakennekosteutta lisäävät sisävaiheen tasotetyöt.

Paikallavaluholveilla sadevesi lätköityy holvin mahdollisiin monttuihin, kuten märkätilojen kallistuksiin ja hormien päälle. Vaikka paikalla valettaessa holvista tulee kerralla tiivis suoja alemmille kerroksille, vettä valuu porraskuilun kohdalta sekä porrashuoneen massiivilaattojen saumoista.

Ontelolaatastolta sadevesi valuu avonaisista saumoista alempiin kerroksiin sekä laataston kaarevuuden vuoksi ulkoseiniin. Sadevesi voi aiheuttaa ongelmia vielä vuosienkin päästä, sillä onteloihin kertyvän veden määrää on vaikea arvioida rakennusaikana. Vesi päätyy laattojen onteloihin kantavia seiniä ja hormeja varten tehdyistä rei'istä (Lassila 2011, 10).

### **3 TYÖMAAN KOSTEUDENHALLINTA**

#### **3.1 Kosteudenhallintasuunnitelma**

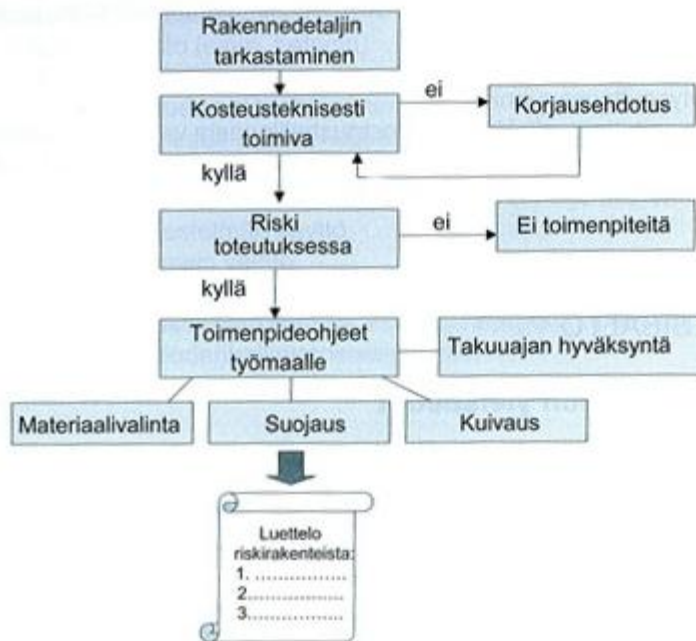
Työmaan kosteudenhallinta koostuu kosteusriskien kartoituksesta, kuivumisaika-arvioista, olosuhdehallinnasta ja suojauksesta, kosteus- ja tiiviysmittausuunnitelmasta, organisoinnista, seurannasta ja valvonnasta sekä raportoinnista. Kosteudenhallintasuunnitelman pohjan perustavat rakennuttajan laatutavoitteet sekä suunnittelijan laatima suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma. (RIL ry. 2011, 94.)

Kosteudenhallintasuunnitelman sisältö vaikuttaa kustannuksiin, henkilöresursseihin sekä työmaan aikatauluun. Painotettaessa yhteistä vastuuta rakentamisen laadussa rakennuttajan tulisi vaatia suunnitelma nähtäväkseen ja valvojan huolehtia, että kosteuteen liittyviä riskejä pyritään hallitsemaan suunnitellusti. Yhteisen vastuun jakamisen työkaluna pääurakoitsijan tulisi sisällyttää rakenteiden suojauksia aliurakoitsijoiden kanssa laadittuihin urakkasopimuksiin.

##### **3.1.1 Hankkeen yleistiedot ja kosteusriskien kartoitus**

Kuten kaikki työmaan suunnitelmat, myös kosteudenhallintasuunnitelma on laadittava tietyn hankkeen erityispiirteitä vastaavaksi. Projektin laatutavoitteet esitetään yhteenvetona lähtötiedoissa, joiden mukaan suunnitelman eri osioita laaditaan. Hankkeen yleistietojen ja laatutavoitteiden jälkeen kartoitetaan rakennepiirustusten ja –detaljien kosteusriskit (RIL ry. 2011, 97, 98). Kuviossa 2 on esitetty piirustusten kosteusriskien kartoituksen prosessikuvaus.

Suunnitelmaan on nimettävä kosteudenhallinnasta vastaavat osapuolet (RIL ry. 2011, 97). Yleistyvä käytäntö on nimetä työnjohdosta yksi henkilö, niin sanottu kosteusvas- taava, joka huolehtii suunnitelman toteutumisesta.



KUVIO 2. Piirustusten kosteusriskien kartoitus (RIL ry. 2011, 98)

### 3.1.2 Rakenteiden kuivumisaika-arviot ja päällystettävyys

Kuivumisaika-arviot luodaan rakenteille, joiden on kuivuttava ennen seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä. Tällaisia rakenteita ovat lähinnä betonilattiat ja –seinät, jotka päällystetään kosteusherkällä materiaalilla. (RIL ry. 2011, 100.)

Kuivumisaikaa arvioitaessa otetaan huomioon rakenteen paksuus ja kuivumissuunta, käytetty betonilaatu ja betonin vesi-sementtisuhte, kuivumisolosuhteet sekä haluttu suhteellisen kosteuden arvo. Johtopäätöksiä tehdessä kuivumisaika-arvion toteutuminen vaatii olosuhdeseurantaa sekä mittaustuloksia. (RIL ry. 2011, 101.)

Kuivumisaika-arvion laadinnasta on esitetty laskentaesimerkki osiossa 5.1. Betonin kuivumisaikojen arviointi.

### **3.1.3 Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu**

Työmaaolosuhteiden hallintaa suunniteltaessa sovitaan toimenpiteistä työmaalla, joilla estetään rakenteiden kastuminen sekä luodaan halutut kuivumisolosuhteet (RIL ry. 2011, 101). Rakenneosien ja rakennusmateriaalien kosteudenhallintaa suunniteltaessa otetaan huomioon myös niiden kuljetus ja varastointi (RIL ry. 2011, 103). Siten työmaaolosuhteiden hallinnan työkaluna käytetään myös työmaan aluesuunnitelmaa.

### **3.1.4 Kosteusmittaussuunnitelma**

Kosteusmittaussuunnitelman tulee sisältää tiedot mittauksista, joita kohteessa tehdään. Suunnitelmasta käy ilmi mittausmenetelmät ja laitteisto, mittausten aikataulu, laajuus ja mittauspisteiden sijainti sekä mittauksen suorittaja. Mittaajalta ei vielä määräysten mukaan vaadita henkilösertifikaattia, mutta hänellä tulee olla riittävä osaaminen mittalaitteiden käyttöön, rakennustekninen ymmärrys rakenteen toimivuudesta sekä mitattavan materiaalin ominaisuuksien vaikutuksesta mittaukseen. (RIL ry. 2011, 106, 107.)

## **3.2 Rakennusmateriaalien kuljetus ja varastointi**

Rakennusmateriaalien suojauksen lähtökohtana on tieto materiaalien kosteudenkestävyydestä ja oikeanlaisesta varastointitavasta. Lisäksi materiaalin varastointiin vaikuttaa sen lopullinen käyttökohde. Esimerkiksi betoniset rakennusosat ja –materiaalit kestävät kosteutta vaurioitumatta, mutta niitä yhdistettäessä muihin materiaaleihin ne saattavat tuhota lopullisen kerrosrakenteen tai viereisen rakennusosan. (RIL ry. 2011, 103.)

Varastointialueet ja –menetelmät tulee suunnitella ajoissa siten, että työmaalla on riittävästi sääsuojaa varastoitaville materiaaleille (RIL 2011, 103). Tämä edellyttää logistiikan kokonaisvaltaista huomiointia aluesuunnitelman teon yhteydessä. Kustannustehokkainta kaiken kaikkiaan olisi tilata tavarat siten, että ne otetaan suoraan lopulliseen käyttöön työkohteeseen. Epävarmojen toimitusaikojen vuoksi tämä on kuitenkin yleensä mahdotonta rakennusosasta riippuen.

Rakennusmateriaalin kokonaisvaltainen suojaaminen edellyttää myös toimittajilta kuljetuksen aikaista suojaamista (RIL ry. 2011, 103). Vastuu toimitetun tavaran kunnosta on sen vastaanottajalla, jonka tulee tarkastaa sen laatu ennen vastaanottamista.

### **3.3 Rakennuksen rungon tuotannon aikaisten kosteusrisiusten vähentäminen**

Kuljetuksen ja varastoinnin aikana kastumisen lisäksi on huomioitava rakennusosien ja -materiaalien kosteudenhallinta rakennuspaikalla. Rakennuksen runko on alttiina sääolosuhteille niin kauan, kunnes rakennuksen vaippa on ummessa. Mitä nopeampaa rungon rakentamistahti on, sitä nopeammin rakennus saadaan säältä suojaan. Lisäksi rakennuksen seuraava kerros toimii edellisen suojana. Valmisosarakentamisen yleistymisen on vauhdittanut ennen kaikkea runkovaiheen aikataulua.

Yleensä runkovaiheen jälkeen kytketään kerroksiin työmaa-aikaiset vesipisteet. Vesivuodon sattuessa rungon betoniosien alettua kuivua vesivuoto saattaa aiheuttaa suuria kustannuslisiä sekä vaikuttaa aikatauluun ja työjärjestykseen. Tämän vuoksi on tärkeää suunnitella vesipisteiden sijainnit huolella sekä katkaista vedet viikonlopuiksi.

#### **3.3.1 Julkisivut**

Julkisivujen kosteudenhallinta keskittyy ulkoseinien eristetyllä suojaamiseen vapaalta vedeltä. Tämä vaatii elementin suojaamista aina elementtitehtaalla elementin asennukseen asti. Elementtejä ei automaattisesti suojata tehtaalla, vaan suojaus riippuu tehdystä sopimuksesta tilaajan ja toimittajan välillä. Elementit saattavat seistä tehtaalla pitkään ilman sääsuojaa. Suojattujen elementtien muovit tulee poistaa vasta liittyvän elementin asennuksen yhteydessä (Niemi 2011, 86). Kuvassa 1 on esitetty tehtaalla valmiiksi suojattu elementti.



KUVA 1. Tehtaalla suojattu elementti kuljetettuna työmaalle (Teriö 2003, 2)

Suojaus voidaan toteuttaa myös katetulla kuljetuskalustolla kuten kuvassa 2 (Teriö 2003, 2). Tällöin suojaus kuljetuksen jälkeen on suunniteltava työmaalla siten, että elementit pysyvät suojattuna varastoinnin ja asennuksen aikana. Suojauksessa tulee ottaa huomioon myös elementin aukkojen suojaus, sillä erityisesti eristeen reunat aukon ympärillä ovat kosteudelle alttiita.



KUVA 2. Esimerkki katetusta kuljetuskalustosta (Teriö 2003, 2)

Elementtien asennuksen jälkeen eristetilän tuuletuksen toimivuus pitäisi varmistaa siten, että tuuletusraot ovat kaikkialla auki ja yhtenäinen tuuletuslinja toimii. Myös tuuletusputkien tulee olla auki ja elementtisaumojen tiiviitä ja oikealla massalla tehtyjä. (Niemi 2011, 86.)

Elementtien pystysaumapumppaus tulisi suorittaa mahdollisimman nopeasti elementtiasennuksen jälkeen, jolloin viistosade ei pääse rakennuksen nurkkien vapaista saumoista sisään. Myös ikkuna-asennuksen aloittaminen rungon noustessa ehkäisee viistosateen pääsyä rakennukseen ja täten edesauttaa kuivana pysymistä. Tämän vuoksi ikkuna-asennus usein sisällytetään runkourakkaan. Lisäksi vesikaton valmistuessa ikkunat on jo valmiiksi asennettu ja lämmöt voidaan kytkeä päälle.

### **3.3.2 Paikallavaletut välipohjat**

Paikallavalettua välipohjaa pidetään rakennusaikana kosteusteknisesti toimivampana ratkaisuna kuin ontelolaatastoa. Holvi on kerralla tiivis ja suojaa alempaa kerrosta. Ainoa suojaustarve liittyy porraskuiluun, josta sisään satamalla vesi valuu alimpiin kerroksiin asti.

Märkätilojen kallistusvalut pyritään tekemään mahdollisimman hyvin holvivalun yhteydessä, jolloin vältetään myöhemmän vaiheen betonointitöitä ja märkätilojen pinnoitustyöt voidaan aloittaa mahdollisimman nopeasti. Holvitöiden aikana satanut vesi kerääntyy kallistuksiin kaivojen kohdalle. Usein työmailla virheellisesti päästetään lätäköitynyt vesi lopulliseen viemäristöön, jonne valetun holvin betonijätteet saattavat aiheuttaa tukoksia. Toinen virheellinen tapa on päästää sadevesiä valumaan Elpo-hormeista alas.

Ratkaisuna onkin pidetty väliaikaisten vedenpoistoreikien ja viemärintien tekemistä, jolloin vesi saadaan esimerkiksi lastattua holvilta reiän kautta alempaan kerrokseen vesiasiaan. Tämä aiheuttaa kuitenkin jonkin verran jälkitöitä, eikä ole kovin yleisessä käytössä työmailla. Vesi-imurin käyttö onkin yleisempi vaihtoehto vapaan veden poistoon.

Talvella lumi tulee poistaa mekaanisesti lapioiden, ei sulattamalla. Talvisin myös holvin suojaus pressuin ja muovein ehkäisee holvin kastumista. Holvivalun jälkityöt on hyvä liittää työurakkaan, jolloin työ suunnitellaan siten, että keskeneräiset rakenteet pystytään suojaamaan työvuoron aikana.

Holvin nopeampaan kuivumiseen voidaan vaikuttaa myös nopeammin kuivuvilla betonilaaduilla, joista käytetään nimikettä NP-betonit eli nopeammin päällystettävät betonit. Nopeamman kuivumisen lisäksi ne ovat tiiviimpiä, mikä ehkäisee veden imeytymistä betoniin runkotöiden aikana. Lisäksi ylimääräisen veden imeytymistä voidaan vähentää käyttämällä betonin pintaan ruiskutettavaa jälkihoitoainetta. Aine tekee betonipinnan päälle kalvon, joka samalla estää veden liiallista haihtumista rakenteesta.

### 3.3.3 Ontelolaattaväliohjat

Ontelolaattaväliohjissa tärkeää on saada nopeasti tiiviit saumavalut ja suorittaa pinta-betonointi mahdollisimman pian. Kerralla tiiviiseen paikallavaluholviin verrattuna ontelolaattojen rakennekosteus itsessään on kuitenkin vähäisempää. Ongelmana ontelolaatoissa ovat ontelovedet, joiden määrää on mahdotonta arvioida rakennusaikaisesti. Ontelovesien sijainnin määrittämiseen on kuitenkin alettu käyttää maatumaa, jonka soveltuvuus vesien paikantamiseen on teoreettisesti hyvä (Hämäläinen 2012, 18). Ontelovesiä pyritään ohjaamaan ulos poraamalla onteloiden pohjiin vedenpoistoreikiä.

Reunalaattojen sitominen ei-kantavilla julkisivuilla on aikaisemmin aiheuttanut sen, että reunimmainen ontelo on puhkaistava auki. Avonaiseen onteloon kerääntyvä vesi on pyritty poistamaan täyttämällä ontelo betonilla. Laattaan on myös tapana tehdä jälkikäteen ontelon lävistävä reikä siltä varalta, ettei ontelo ole täytynyt betonilla kokonaan ja sen yläosaan on jäänyt vettä. Nykyään reunimmainen laatta pyritään sitomaan vaijerilenkin avulla, joka ei vaadi ontelon puhkaisua (kuva 3).

Kuvassa 3 on nähtävissä myös sandwich-elementin eristetilan suojaus. Lisäksi laatasto on suunniteltu jäävän ulkoseinäelementin yläpintaa matalammalle, mikä ehkäisee veden valumista eristetilään kantamattomilla ulkoseinillä.



KUVA 3. Reunimmaisen ontelolaatan sitominen ei-kantavaan ulkoseinään onteloa puhkaisematta (Betoniteollisuus ry, 2012)

Erilaiset talotekniikan valmisosat nopeuttavat holvin rakennustöitä sekä paikallavaletuissa, että ontelolaattaholveissa (Teriö 2003, 5). Näistä esimerkkinä Elpo-hormit (kuvat 4 ja 5).



KUVAT 4 ja 5. Elpo-hormeja varastoituna sekä paikalleen asennettuna (Teriö 2003, 4)

Talvirakentamisessa laatastolla on huomioitava samat suojausperiaatteet kuin paikalla-  
valuvälipohjissa. Laatasto tulee suojata vesi- ja lumisateelta mahdollisimman hyvin ja  
poistaa satanut lumi mekaanisesti. Saumavalut vaativat saumojen sulattamista, jolloin  
holville satanut lumi kastelee sulaessaan laatastoa.

## 4 KUIVUMISEN VARMISTAMINEN JA PINNOITETTAVUUS

### 4.1 Betonin kosteustekniset ominaisuudet

#### 4.1.1 Betonin rakenne

Betonin pääraaka-aineet ovat sementti, vesi ja kiviainekset. Usein betoniin lisätään myös seos- ja lisäaineita betonin käyttökohteeseen haluttujen ominaisuuksien mukaan. Seos- ja lisäaineilla voidaan säädellä betonimassan käsiteltävyyttä, betonin sitoutumista ja kovettumista sekä kovettuneen betonin ominaisuuksia (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004, 31). Rakennustyömailla käytettävän valmisbetonin yleisimmät lisäaineet ovat notkistin ja huokostin.

#### 4.1.2 Betonin kovettumisreaktio

Betonin kovettuminen perustuu sementin ja veden kemialliseen reaktioon eli hydrataatioon. Sementti sitoutuu veden avulla ympäröivään kiviainekseen jähmettyen ensin hyytelömäiseksi pastaksi. Hyytelön kiinteys lisääntyy tämän jälkeen ajan funktiona ja alkaa ns. kovettuminen eli betonin lujuudenkehitys. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004, 51.)

Täydelliseen hydratoitumiseen riittävä vesimäärä on noin 40-45 % sementin painosta (vesi-sementtisuhde  $w$  on tällöin 0,4-0,5). Ylimääräinen vesi jää kovettuneen sementtikiven huokosiin ja tyhjätiloihin niin sanotuksi vapaaksi vedeksi. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004, 53.)

Ylimääräinen hydrataatioon osallistumaton vesi heikentää betonin puristuslujuutta (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004, 54) sekä vaikuttaa sitoutumisaikaan (75).

### 4.1.3 Betonin kuivuminen

Betonirakenteen kuivumisen nopeuttamiseen voidaan vaikuttaa käyttämällä mahdollisimman suuriraekokoista ja jäykkää massaa (Kestävä Kivitalo 1998, 90). Lisäksi voidaan käyttää nopeammin kuivuvia betonilaatuja, joiden tuotenimikkeet vaihtelevat betonin valmistajan mukaan. Jälkihoitoaineella estetään betonimassassa olevan veden liian nopeaa haihtumista sekä ulkopuolisen veden imeytymistä rakenteeseen. Rakenteen ympärille on luotava hyvät kuivumisolosuhteet, mikä tarkoittaa vähintään 20 celsiusateen lämpötilaa ja alle 50 prosentin suhteellista kosteutta (Kestävä Kivitalo 1998, 91). Betonipinnat tulee pitää puhtaana ja paljaana, etteivät pöly ja varastoidut tavarat estä veden haihtumista rakenteesta (Kestävä Kivitalo 1998, 91). Rakenteeseen satanut lumi ja vesi tulee poistaa mahdollisimman nopeasti mekaanisesti (Kestävä Kivitalo, 91).

Mitä myöhemmissä vaiheissa betonirakenne kastuu, sitä enemmän siihen pääsee imeytymään vettä. Lisäkastuminen hidastaa rakenteen kuivumista huomattavasti. Esimerkkinä 2 viikon lisäkastuminen voi olosuhteista riippuen hidastaa betonirakenteen kuivumista jopa 20 viikolla. (Kestävä Kivitalo 1998, 91.)

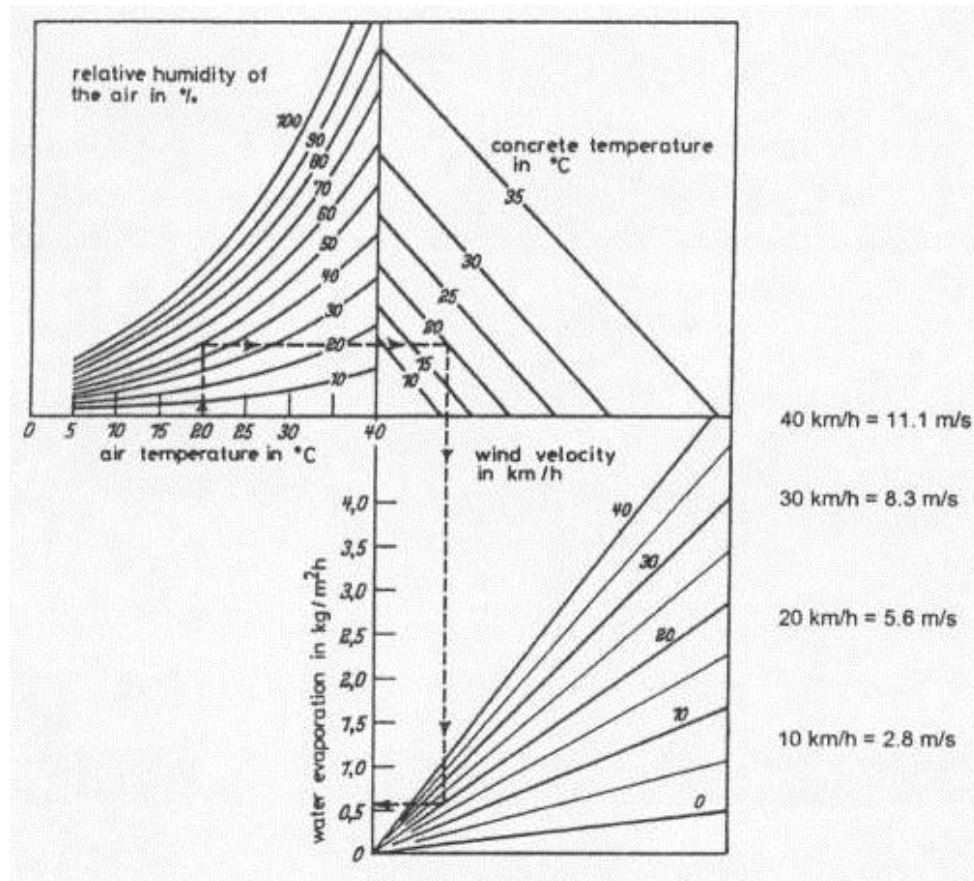
## 4.2 Betonin kuivumisajan arviointi

Rakenteiden kuivumisajan arviointi on osa työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaa. Kuivumisaikaan vaikuttavat tekijät ovat betonilaatu, rakennetyyppi ja kuivumisolosuhteet (Merikallio 2002, 32). Aika-arvioita verrataan työmaan suunniteltuun yleisaikatauluun. Mikäli aika-arvio on hälyttävästi haluttua pidempi, voidaan kuivumisnopeuteen vaikuttaa riittävän aikaisin tehdyillä toimenpiteillä.

Osa betonissa olevasta vedestä sitoutuu hydrataatioreaktion vaikutuksena. Tätä kuivumista kutsutaan sitoutumiskuivumiseksi. Hydrataatioon osallistuvan veden tarkkaa määrää on vaikea arvioida, mutta karkean arvion mukaan valmistettaessa kuutio lattiabetonia, jonka vesi-sementtisuhde on 0,6-0,8, massan valmistusvaiheen 180-200 litrasta vettä noin 50-70 litraa sitoutuu. (Merikallio, 2002, 33)

Sitoutuneen veden lisäksi betonikuutiossa on noin 25-40 l hygroskooppista kosteutta, joka pitää betonin kosteuspitoisuuden tasapainossa ympäristön kanssa. Jäljelle jäävä 70-125 l vedestä on rakennekosteutta, josta pinnoitusmateriaalista riippuen suuri osa on kuivatettava pois ennen rakenteen päällystämistä. (Sisäilmayhdistys ry. 2008.)

Haihtumiskuivumista voidaan arvioida ACI:n nomogrammin (kuvio 3) avulla kun tunnetaan betonin sitoutumiseen kuluva aika, ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus, betonin lämpötila ja tuulen nopeus (Sisäilmayhdistys ry. 2008). Sitoutumisreaktioon kuluva aikaa on vaikea arvioida, sillä se tapahtuu pitkien aikojen kuluessa alkaen nopeasti ja hidastuen ajan myötä (Merikallio 2002, 33). Reaktio alkaa muutaman tunnin kuluessa betonimassan sekoituksesta ja on normaaleilla sementeillä tapahtunut suurimmaksi osaksi noin 15 vuorokauden kuluessa (Merikallio 2002, 33).



KUVIO 3. ACI:n nomogrammin avulla voidaan arvioida haihtumiskuivumista (Sisäilmayhdistys ry. 2008)

Betonirakenteen kuivumisaikaa voidaan arvioida laskennallisesti käyttäen tietylle rakenteelle listattuja kertoimia sekä peruskuivumiskäyrää ja tavoitekosteutta. Laskennan ohjeet on julkaistu muun muassa Tarja Merikallion teoksessa Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi.

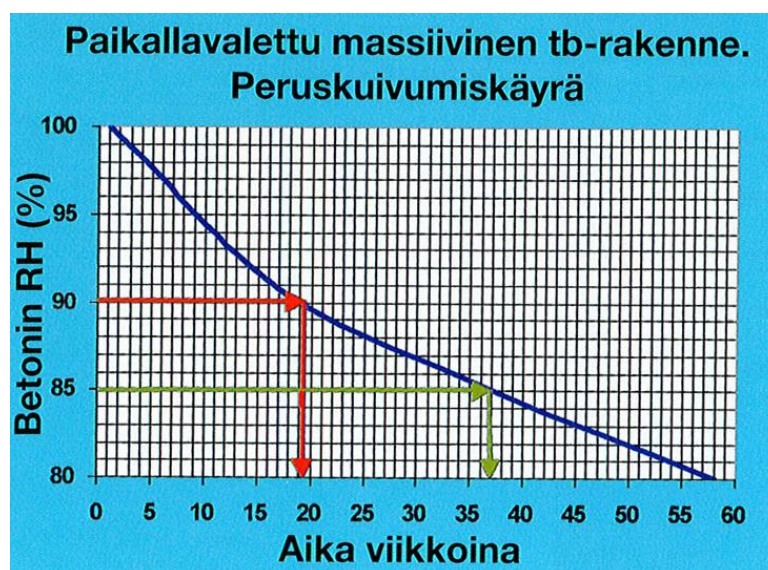
Seuraavassa laskentaesimerkissä arvioidaan 200 mm paksun välipohjan kuivumisaikaa, kun betonilaatu on K30, vesi-sementtisuhde 0,7 ja tavoitekosteus 85 %. Kuivatuksen alettua ympäristön lämpötila on ollut 25 celsiusastetta ja suhteellinen kosteus 50 %. Ennen kuivatusta välipohja on ollut suojaamatta 2 viikkoa.

Laskenta noudattaa aina tiettyä kaavaa (kuvio 4).

Peruskuivumis- aika	$\times$	Vesisideaine- suhde	$\times$	Kuivumis- suunta	$\times$	
Rakenteen paksuus	$\times$	Kastumis- aika	$\times$	Kuivumis- olosuhteet	=	Arvioitu kuivumisaika

KUVIO 4. Betonin kuivumisajan laskennan kaava (Merikallio 2002, 41)

Peruskuivumisaika luetaan peruskuivumiskäyrältä (kuvio 5), jossa y-akselin lukema kuvaa tavoitekosteutta ja x-akselin lukema kulunutta aikaa viikkoina.



KUVIO 5. Paikallavaletun massiivisen teräsbetonirakenteen peruskuivumiskäyrä (Merikallio 2002, 41)

Muut laskentakaavan arvot saadaan taulukoista 1-5.

TAULUKOT 1-5. Kuivumisajan laskennan kaavan kertoimet (Merikallio 2002, 41)

Vesideainesuhde (v/s)	Kerroin
0,7	1,0
0,6	0,7
0,5	0,5
0,4	0,2

Rakenteen paksuus (mm)	Vesideainesuhde (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	1,0	1,0	1,0	1,0
280	1,3	1,1	1,1	1,1
300	1,6	1,4	1,3	1,2

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

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	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1,0	0,9

Kastuminen	Vesideainesuhde			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Kuivassa	1,0	0,9	0,9	0,8
kosteassa yli 2 viikkoa	1,0	1,0	1,0	1,0
kastunut yli 2 viikkoa	1,1	1,2	1,3	1,5

Laskentaesimerkin taulukosta katsottua kuivumisen perusaikaa 37 viikkoa kerrotaan siis seuraavilla kertoimilla 1,0 (v/s –kerroin), 0,7 (paksuuskerroin), 1,0 (kuivumissuuntakerroin), 0,7 (olosuhdekerroin) sekä 1,5 (kastumiskerroin).

Välipohjan kuivumisajaksi saadaan

$$37 * 1,0 * 0,7 * 1,0 * 0,7 * 1,5 = 27 \text{ viikkoa.}$$

### 4.3 Kuivumisolosuhteet

Betonilaadun ja rakenneratkaisun lisäksi kuivumisolosuhteet vaikuttavat olennaisesti kuivumisnopeuteen. Ympäristön lämpötila, suhteellinen kosteus ja ilmavirtaukset vaikuttavat veden haihtumiseen betonista. Betoni pyrkii tasapainokosteuteen ympäröivän ilman kanssa, jolloin rakenteen sisäosan ja pinnan kosteuseron kasvaessa myös kosteutta siirtävät voimat kasvavat. (Merikallio 2002, 35.)

Lämpötilan nousu kasvattaa vesihöyryn osapainetta betonirakenteessa, mikä nopeuttaa betonin kuivumista (Merikallio 2002, 35). Liian korkea lämpötila voi kuitenkin aiheuttaa nuoressa betonissa halkeilua ja lujuudenkatoa (Merikallio 2002, 35). Lisäksi lämpötilan tulee olla sopiva työskentelylle. Optimaalisina ympäristöolosuhteina pidetäänkin 20 celsiusasteen lämpötilaa sekä 50 % ilman suhteellista kosteutta.

Betonin kuivumisen katsotaan alkavan silloin, kun rakenteeseen ei pääse enää lisäkosteutta. Käytännössä tämä tarkoittaa runkovaiheen loppumista, jolloin vesikatto on rakennettu, ikkunat ja ovet asennettu sekä lämmitys aloitettu. (Merikallio 2002, 36.)

#### 4.3.1 Vuodenajan vaikutus kuivattamiseen

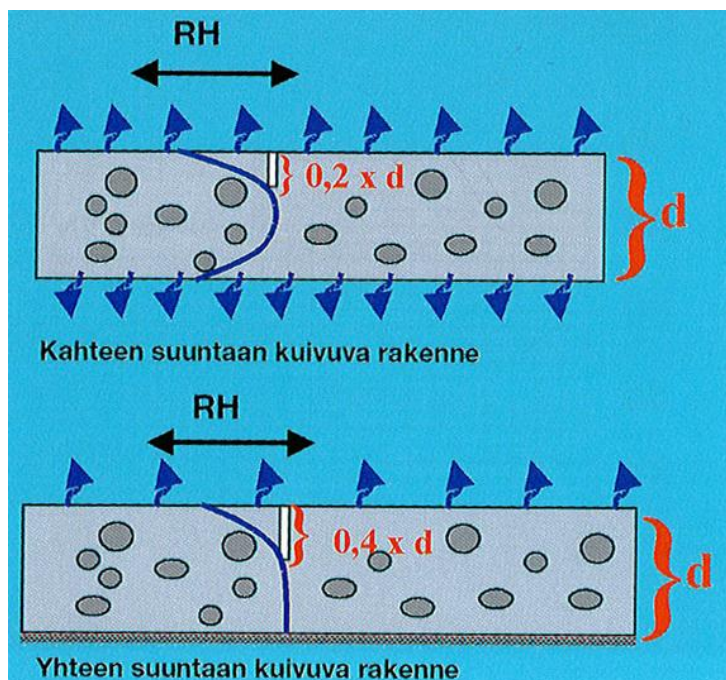
Vuodenaika vaikuttaa ilman kosteuspitoisuuteen. Kylmä ilma pystyy sitomaan itseensä vähemmän absoluuttista kosteutta, mikä kasvattaa suhteellisen kosteuden arvoa. Tämän vuoksi kylmällä säällä sisäilmaa tulee lämmittää sopivien ympäristöolosuhteiden luomiseksi. Koska absoluuttinen kosteus ilmassa pysyy samana, saavutetaan pelkällä lämmityksellä alhainen suhteellinen kosteus. Talvirakentamisessa onkin kiinnitettävä huomiota aukkojen suojaukseen, jolloin sisäilman lämpötila saadaan pysymään korkeana. Lämpimällä ilmalla suhteellisen kosteuden ollessa korkea, betonin kuivattaminen vaatii tehokasta ilmanvaihtoa sekä mahdollisia ilmankuivaimia.

Vuodenaikojen mukaan vaihtelevat sääolosuhteet vaikuttavat siis eri kuivattamismenetelmiin ja siten myös työmaan kustannuksiin. Optimaalisten kuivumisolosuhteiden saavuttamiseksi menetelmät on pohdittava riittävän ajoissa ja kirjattava työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan.

#### 4.4 Betonin suhteellisen kosteuden mittausta

Betonin kuivuminen perustuu siihen, että betonin suhteellinen kosteus pyrkii tasoittumaan ilman suhteellisen kosteuden tasolle. Ennen kuivumisen alkamista betonin suhteellinen kosteus on 100 %. Yleisimpien pinnoitemateriaalien pohjan kosteuspitoisuus vaatii alle 85 % suhteellista kosteutta. Pinnoitusmateriaalien valmistajat määrittelevät pohjan sallitun kosteuspitoisuuden arvon.

Suhteellinen kosteus tasoittuu rakenteen kuivumisprofiilin mukaan. Kuviossa 6 on esitetty sinisellä viivalla suhteellisen kosteuden arvo. Ylemmässä, kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa, arvo on suurin rakenteen keskellä. Kuivumisprofiilin vuoksi suhteellisen kosteuden mittaussyvyyydet vaihtelevat.



KUVIO 6. Massiivisten teräsbetoni-laattojen kuivumisprofiilit yhteen ja kahteen suuntaan kuivuvilla rakenteilla (Merikallio 2002, 41)

Suhteellista kosteutta mitataan pääsääntöisesti joko porareikämittauksin tai ottamalla näytepaloja betonirakenteesta. Suhteellisen kosteuden mittaamisesta kertoo Rakennustiedon ohjekortti 14-10984.

#### 4.4.1 Porareikämittaus

Mittaus suoritetaan sähköisellä mittalaitteella, joka koostuu yleensä mittapästä ja näyttölaitteesta, jotka yhdistetään kaapelilla toisiinsa (kuva 6). Mittalaitteen käytössä on huomioitava sen säännöllinen kalibrointi, joka tulisi tehdä vähintään vuoden välein. (Merikallio 2002, 9, 13.)



KUVA 6. Esimerkki suhteellisen kosteuden mittalaitteista (RT 2010, 1, muokattu)

Porareikämittaus tehdään rakenteeseen poratusta reiästä. Mittauskohdan valintaan vaikuttavat valuaajankohta, kastuminen, betonilaatu, tuleva päällystemateriaali, rakenneratkaisu sekä mittauspisteen olosuhteet (Merikallio 2002, 11). Reikä porataan siihen syvyyteen, josta mittaustulos halutaan. Mittaussyvyyteen vaikuttavat rakenteen paksuus ja kerroksellisuus (Merikallio 2002, 11). Esimerkiksi tavallisella kahteen suuntaan kuivuvalla holvilla mittaussyvyys on 0,2 kertaa laatan paksuus (RT 2010, 14).

Reikä porataan kuivamenetelmällä ja sen halkaisijan on oltava muutaman millimetrin mittapäästä suurempi. Yleisimpien mittapäiden kanssa tämä tarkoittaa halkaisijaltaan 16 millimetrin suuruista reikää. Porauksen jälkeen reikä on puhdistettava huolellisesti imu-roimalla tai paineilmalla. (Merikallio 2002, 13.)

Reikään painetaan joko laitevalmistajan putki tai katkaistu sähköputki. Sekä putken tyvi, että reiän pää on tiivistettävä kitillä. Kitille hyvä vaihtoehto sinitarra, jonka pysyminen myös reiän juurella on varmistettava. Puutteellinen tiivistäminen johtaa yleensä liian alhaisiin suhteellisen kosteuden arvoihin. (Merikallio 2002, 14.)

Reiän porauksen ja putken tiivistämisen jälkeen kosteuden on annettava tasaantua kolmesta seitsemään vuorokauteen. Laitteen mittapään on oltava mittaustilaympäristön kanssa samassa lämpötilassa mittausten alkaessa. Mittaustulosta otettaessa putken pään kitti poistetaan ja asennetaan mittalaitteen anturi putkeen. Anturi voi olla putkessa myös kosteuden tasaantumisen ajan, kunhan putken tiiviydestä huolehditaan. Otettaessa samalla anturilla useita mittatuloksia, tulee anturin tasaantua putkessa 1-24 tuntia laitevalmistajan ohjeista riippuen. (Merikallio 2002, 15.)

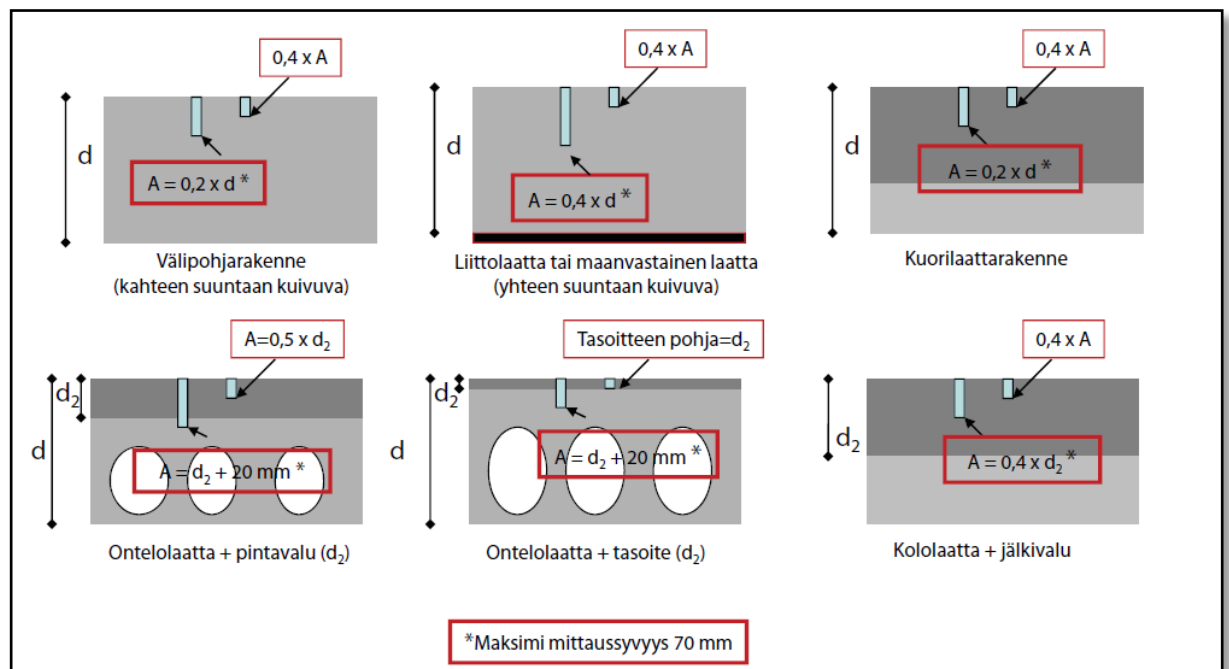
Tasaantumisen jälkeen anturi liitetään mittalaitteeseen, joka näyttää suhteellisen kosteuden arvon (RH) sekä lämpötilan (T). Kukin anturi on kalibroitu mittalaitteen tietylle paikalle. Siksi on tärkeää, että myös anturiin on merkitty paikkanumero, johon se on kalibroitu. (Merikallio 2002, 15.)

#### **4.4.2 Suhteellisen kosteuden mittaus välipohjasta**

Ensimmäinen kosteusmittaus tulisi tehdä heti, kun kohteeseen on asennettu lämmöt päälle. Näin saadaan lähtöarvot betonin suhteelliselle kosteudelle, joka määrittää kuivaustarpeen. Riittävän varhaisessa vaiheessa saatuihin mittaustuloksiin on helpompi reagoida aikataulun puitteissa. Toinen mittaus olisi hyvä suorittaa noin kaksi viikkoa ennen aiottua päällystystöiden alkamista. Viimeinen mittaus tehdään juuri ennen päällystystöitä. (RIL ry. 2011, 106.)

Mittausreiän syvyys riippuu välipohjatyypistä ja pinnoitusmateriaalista (kuvio 7). Maksimisyvyytenä pidetään kuitenkin 70 millimetriä. Paikallavaletun välipohjan mittaussyvyytenä pidetään 40 prosenttia holvin paksuudesta. Ontelolaattavälipohjassa mittaussyvyys on 20 millimetriä tasoitteen alapuolella. Tiiviillä pintamateriaalilla näillä syvyyksillä esiintyvät kosteudet ovat lähellä päällysteen alle tasapainottuvaa kosteuspitoisuutta. (RT 2010, 14.)

Mikäli pintabetonin paksuus holvin päällä ylittää 60 millimetriä, tulee mittauksia ottaa myös matalammalta syvyydeltä. Lisäksi ontelolaatastoilla mitataan kosteus tasoitteen ja ontelolaatan rajapinnasta. Läheltä pintaa mitattaessa voidaan myös selvittää, ettei holvi kuivu liian nopeasti. (RT 2010, 14.)



KUVIO 7. Rakenteen vaikutus mittaussyvyyteen (RT 2010, 14)

## 5 OPINNÄYTETYÖN TULOS

Opinnäytetyön toteutumiseen käytettiin apuna Skanska Talonrakennus Oy:n työmaata Tampereella Annalan kaupunginosassa. Uudisrakennuksen betonisandwich-elementtien asennus aloitettiin marraskuussa vuonna 2011. Kohteeseen tehtiin yhteensä viisi kerrosta, joista viidennen kerroksen holvi toimii vesikattona. Holvien valutyöt toteutettiin jäsikalla ja torninosturilla. Muottitöissä käytettiin Doka-järjestelmää.

Referenssikohteen kanssa toteutuneen yhteistyön tarkoituksena oli seurata työmaan kosteudenhallintaa käytännössä sekä saada ideoita insinööriyön sisältöön havaittujen puutteiden kautta. Kohteen valmistumista seurattiin alusta aina luovutukseen asti.

Sekä työmaan kanssa tehdyn yhteistyön, että opinnäytetyön tuloksena syntyi työnjohtajan tarkastuslista työmaan kosteudenhallinnan varmistamiseksi (liite 1). Tarkastuslistassa on joitakin päällekkäisyyksiä yleisen työmaan kosteudenhallintasuunnitelman kanssa. Sen tarkoituksena on kuitenkin tarkentaa kosteudenhallintasuunnitelmaa sekä jakaa vastuuta kosteudenhallinnassa useammille henkilöille.

Tarkastuslista on jäsenelty opinnäytetyön rungon mukaan. Kosteudenhallintasuunnitelma laaditaan työmaan alkaessa, mutta tarkastuslistan ideana on täyttää sitä päivämäärien osalta silloin, kun aikataulut varmistuvat. Tarkastuslista voisi olla liitteenä työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan.

Työnjohtajan tarkastuslistasta haluttiin tehdä mahdollisimman yksinkertainen ja työnsuunnittelua helpottava lomake.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda kokonaiskuva rakennusaikaisista kosteusrasituksista sekä antaa työkaluja tuotannonaikaiseen kosteudenhallintaan. Tavoitteena oli pitää työn sisältö mahdollisimman yksinkertaisena siten, että siitä olisi eniten hyötyä työmaakäytössä. Tuloksena syntyi työnjohtajan tarkastuslista työmaan kosteudenhallintaan, joka sisältää pääkohtia onnistuneen kosteudenhallinnan varmistamiseksi. Opinnäytetyö onnistui kokoomaan tiiviin paketin työmaa-aikaisista käytännön ratkaisuksista kosteusongelmien välttämiseksi.

Työmailla on vielä paljon haasteita kosteudenhallinnan suhteen. Osa ongelmista johtuu henkilöstön tietotaidon puutteesta ja osa vääristä rakenneratkaisuista. Jotkin rakenneratkaisut toimivat lopullisessa käytössä, mutta rakennusaikana niiden kosteudenhallinta on mahdotonta. Tulevaisuudessa uusia kosteudenhallinnan haasteita tuovat uudet energiamääräykset, jotka kasvattavat ulkoseinien eristepaksuuksia.

Suurimmat kosteudenhallinnan ongelmat johtuvat kuitenkin mielestäni asenteista. Kosteudenhallintaa pidetään hyvänä asiana, mutta sen kehityksen ajatellaan aiheuttavan enemmän kustannushaittaa kuin -hyötyä. Luulenkin, että kosteudenhallinnan kehityksen kanssa tulee käymään samoin kuin työturvallisuuden.

Työturvallisuus on kehittynyt Suomessa hurjaa vauhtia viime vuosina ja asenteet paranevat koko ajan. On hyväksytty se, että työturvallisuuden parantaminen vähentää kustannuksia pitkällä tähtäimellä. Toivottavasti tulevaisuudessa asenteet kosteudenhallintaa kohtaan muuttuvat samoin.

## LÄHTEET

Betoniteollisuus ry. 2010. Liitokset. Liitosten toiminta. Luettu 4.12.2012.  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/liitokset/liitosten-toiminta>

Hämäläinen J. 2012. Rakennustyömaan energiatutkimus. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.

Lassila A. 2011. Rakentamisen aikainen rakenteiden tehokas kuivattaminen. Tampereen teknillinen yliopisto. Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. Kandidaatintyö.

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

Niemi Sami. 2011. Rakennustyömaan olosuhteiden hallinta. Luentomateriaali. Rakennustuotannon ammattitutkinto 20.9.2011. Rastor Oy. Helsinki.

Rakennustieto Oy. 2010. Ohjeet. Rakennushanke. Rakennusten laatuvaatimukset. RT 14-10984. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Tulostettu: 5.12.2012.  
<https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2410984%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistiscs%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06I3w5%3AE4-1010-10120000-10120500-103082/10984.pdf>

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Terveelliset tilat. Kunnossapito ja korjaaminen. Purku, kuivaus ja puhdistus. Rakenteiden kuivaus. Luettu 4.12.2012.  
[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kunnossapito\\_ja\\_korjaaminen/purku\\_kuivaus\\_ja\\_puhdistus/rakenteiden\\_kuivaus/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kunnossapito_ja_korjaaminen/purku_kuivaus_ja_puhdistus/rakenteiden_kuivaus/)

Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004. By 201 Betonitekniikan oppikirja. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011. RIL 250-2011. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Teriö O. 2003. Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta. Tulostettu 4.12.2012.  
<http://www.tut.fi/idcprod/groups/public/@1702/@web/@p/documents/liit/p016688.pdf>

Vesa M., Seppänen M., Petrow S., Pahkala M., Syrjynen J., Nyqvist K., Vuorinen P., Mannonen P., Merikallio T., Lumme P., Laine M., Karilainen J., Huhtilainen M., Lahtinen E., Helimäki H., Grönholm T., Klemola K., Virtanen J. & Romu M. 1998. Kestävä Kivitalo. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

## LIITTEET

Liite 1. Työnjohtajan tarkastuslista työmaan kosteudenhallintaan

1 (2)

### Työnjohtajan tarkastuslista työmaan kosteudenhallintaan

#### Rakennusmateriaalien kosteudenhallinta

- ✓ Työmaan logistiikka on suunniteltu siten, että kosteudelle herkät materiaalit saadaan varastoitua säältä suojaan. Materiaalien suojaamiseen on varattu pressuja ja lainapeitteitä \_\_\_ kpl.
- ✓ Myös kuljetuksen aikaisesta suojaamisesta on sovittu tavarantoimittajien kanssa.
- ✓ Työmaan logistiikasta huolehtii \_\_\_\_\_.

Materiaali	Toimitus (vk)	Varastointipaikka
villat		
kipsilevyt		
sementtisäkit		
puutavarat		
ikkunat		
ovet		

### **Runkotöiden kosteudenhallinta**

- ✓ Runkotöiden kosteudenhallinnasta huolehtii \_\_\_\_\_.
- ✓ Elementtien suojauksista on sovittu tehtaan kanssa.
- ✓ Keskeneräiset julkisivut suojataan käyttäen \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.
- ✓ Rungon suojaukset on sisällytetty urakkaan ja niihin kuuluva aika on huomioitu.
- ✓ Vaippa on ummessa viikolla \_\_\_\_, jonka jälkeen kuivaus aloitetaan. Käytettävät kuivausmenetelmät ovat  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

### **Betonin kuivuuden varmistaminen**

- ✓ Tavoitteellinen suhteellisen kosteuden arvo on \_\_\_\_ RH%.
- ✓ Betonin kuivumisen laskennallinen aika on \_\_\_\_ vkoa.
- ✓ Betonin suhteellisen kosteuden mittausmenetelmänä käytetään \_\_\_\_\_.
- ✓ Mittaukset suorittaa \_\_\_\_\_.

### **Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma**

- ✓ Suunnitelman on laatinut (työnjohtaja , pvm)  
\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_
- ✓ Suunnitelma on käytössä ja esillä työmaalla.
- ✓ Työnjohdosta on nimetty tietty henkilö kosteusvastaavaksi. Hän on \_\_\_\_\_.