

Ville Sookari

ILMAN SÄÄSUOJAA RAKENTAMISEN VAIKUTUKSET  
BETONIN LUJUUDENKEHITYKSEEN

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
2015

# ILMAN SÄÄSUOJAA RAKENTAMISEN VAIKUTUKSET BETONIN LUJUUDEN KEHITYKSEEN.

Sookari Ville  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Kesäkuu 2015  
Ohjaaja: Uusitorppa Mari  
Sivumäärä: 27  
Liitteitä: 3

Asiasanat: Betoni, kosteus, lämpö, sääsuojaus.

---

Opinnäytetyössä tutkittiin miten betoni käyttäytyy ilman sääsuojaa rakennettaessa. Kohteena toimi Dialinna, jonka tilaajana toimi Länsi-Suomen Diakonialaitos säätiö. Tarkoituksena oli mitata ja tarkkailla betonin lujuudenkehitystä ja kuivumista Dialinna rakennusprojektissa. Lisäksi sääaseman avulla suoritettiin sääseuranta. Sääseuranalla saatiin tärkeää materiaalia liittyen lämpötilojen, kosteuksien ja tuulen vaikutuksesta betonin lujuudenkehitykseen. Mittaukset suoritettiin vuoden 2014 alkukesän ja loppuvuoden aikana. MVR-Yhtymä Oy rakensi vuonna 2013 valmistuneen Diavillan, jossa sääsuojasta käytettiin. Opinnäytetyössä vertailtiin näitä kahta kohdetta.

Saatujen tulosten perusteella todettiin, ettei sääsuojasta Dialinnan tapaisessa kohteessa tarvita, mikäli kosteudenhallinta on suunniteltu ja toteutettu huolellisesti. Sääsuojauksen kustannukset voivat nousta liian korkeaksi, jolloin kustannuksia täytyy muualta karsia, joka tämäkin aiheuttaa laadullisia huomioita. Sääsuojaus tulee yleistymään ja tällöin sääsuojauksen hinnat tulevat laskemaan, sekä sääsuojauksen käyttö helpottuu, kuten sääsuojauksen avaus ennen nostoja.

# BUILDING WITHOUT WEATHER COVER TO STUDY CONCRETE CONSTRUCTION STRENGTH DEVELOPMENT

Sookari Ville

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

June 2015

Supervisor: Uusitorppa Mari

Number of pages: 27

Appendices: 3

Keywords: Concrete, moisture, heat, weather cover.

---

The aim of the thesis was to study how concrete behaves without weather protection for building. The target of the thesis was Dialinna, which was commissioned by the Western Finland Deaconess Institute Foundation. The purpose was to measure and monitor the strength development and dehydration of concrete in Dialinna construction project. In addition, weather monitoring was carried out by means of weather station. Weather monitoring gave important material related to the effects of temperature moisture and wind on the strength development of concrete. The measurements were carried out in 2014 during the beginning of summer and the end of the year. MVR-Group Ltd built Diavilla in 2013 and weather cover was used. The thesis compares these two buildings.

Based on the results, it was found out that weather cover in a building like Dialinna is not needed if humidity control is designed and implemented carefully. Weather cover costs may rise too high, in which case the costs have to be reduced elsewhere, which also leads to qualitative observations. Weather protection will become more widespread and then weather cover prices will fall, and the use of weather protection will become easier, such as weather protection before opening the cover.

# SISÄLLYS

SYMBOLI JA TERMINOLOGIA.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 PROJEKTIN TIEDOT .....	7
2.1 Projektin kohteen kuvaus .....	7
2.2 Rakenteet.....	7
3 TUTKIMUSMENETELMÄT .....	9
3.1 Mittausmenetelmät.....	9
3.2 Sääseuranta .....	9
3.3 Sisäilman mittaus .....	10
3.4 Betonin lämpötilanseuranta .....	10
3.5 Porareikämittaukset.....	12
4 BETONIN KÄYTTÖ .....	14
4.1 Betonin kosteuden hallinta ennen päällystämistä. ....	14
4.2 Betonin päällystäminen ja pinnoittaminen.....	14
4.3 Kosteuden aiheuttamat vauriot betonilattioissa .....	15
4.4 Betonin valinta .....	17
4.5 Vihreä betoni.....	17
5 ELINKAARITEKNOLOGIA .....	18
5.1 Hiilijalanjälki .....	18
5.2 Elinkaaripäästöjen jakauma .....	19
5.3 Betonin ympäristövaikutukset .....	21
6 SÄÄSUOJAUS .....	22
6.1 Sääsuojaus, miksi suojata?.....	22
6.2 Sääsuojauksen valinta .....	22
6.3 Sääsuojauksen kustannusvaikutus .....	23
6.4 Kosteudenhallinta .....	23
6.5 Sääsuojauksen vaikutus betoniin .....	24
6.6 Kosteudenpoisto.....	26
7 YHTEENVETO .....	27
LÄHTEET .....	28
LIITTEET	

## SYMBOLI JA TERMINOLOGIA

**SUHTEELLINEN KOSTEUS RH%** ilmaisee prosenttilukuna, kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä tietyssä lämpötilassa, mitä kyseisessä lämpötilassa voi olla enimmillään vesihöyryä. Suhteellisen kosteuden ollessa 70% ja lämpötilan noin 20°C kosteuspiitoisuus on noin 12g/m<sup>3</sup>. (RT 05-10710 1999, 1)

**ABSOLUUTTINEN KOSTEUS** on ilman todellinen vesihöyrymäärä tilavuusyksikköä kohden (g/m<sup>3</sup>). Absoluuttinen kosteus on talvella keskimäärin 2...3 g/m<sup>3</sup> ja vajaan 10 g/m<sup>3</sup> kesällä. (RT 05-10410 1989, 2)

**ILMAN KOSTEUS** (kosteuspitoisuus) ilmoitetaan vesihöyryyn määränä (g/m<sup>3</sup>), vesihöyryyn osapaineena (Pa) tai suhteellisena kosteutena (RH %). (RT 05-10710 1999, 1)

**KONDENSOITUMISELLA** tarkoitetaan sitä, että ilmassa oleva vesihöyry tiivistyy nesteeksi ilmassa, kiinteään aineeseen, esimerkiksi rakennusosan, pinnalle tai sen sisään ilmahuokosiin, kun ilman kosteus on suurempi kuin ilman lämpötilaa vastaava kyllästyskosteus. (RT 05-10710 1999, 2)

**DIFFUUSIOLLA** tarkoitetaan sitä, että vesihöyry siirtyy suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta (vesihöyryyn osapaineesta) pienempään päin ilmassa tai kiinteään aineeseen huokosissa. Rakennuksissa diffuusio suuntautuu yleensä sisältä ulos siitä syystä, että huoneilmassa on enemmän vesihöyryä kuin ulkoilmassa. (RT 05-10710 1999, 2)

**KONVEKTIO** on huokoisten ja hyvin ilmaa läpäisevien aineiden ja rakennusosissa olevien rakojen läpi tapahtuvaa ilman virtausta. Ilmavirtauksia syntyy rakenteen eri puolilla vallitsevan ilman kokonaispaine-eron vaikutuksesta. (RT 05-10710 1999, 2)

**VEDEN KAPILAARINEN SIIRTYMINEN (NOUSU)** Vesi imeytyy huokoiseen aineeseen, kuten saveen, hiekkaan, betoniin, tiileen ja puuhun, jos kappale on kosketuksessa veteen.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tutkittiin sääsuojauksen vaikutusta betonirakentamisessa. Työn tutkimuskohteena toimi Länsi-suomen Diakonialaitoksen säätiön kohde Dialinna. Opinnäytetyö tehtiin MVR-Yhtymä Oy:lle, joka toimi pääurakoitsijana kohteessa sekä Rudus Oy:lle, joka toimitti betonin kohteeseen.

MVR-Yhtymä Oy:n toimialoja ovat uusio- ja korjausrakentaminen. MVR-Yhtymä Oy suorittaa teollisuuden, kaupan ja julkisten rakennuttajien kohteiden urakointia sekä omaa asuntotuotantoa. Rudus Oy:n toimialoja on kivi- ja betonituotteiden jalostaminen rakentamisen tarpeisiin. Rudus Oy on Suomen johtava yritys betonin tuotannossa. Rudus Oy toimii myös Baltiassa sekä Venäjällä. ”Vuodesta 1999 Rudus on kuulunut irlantilaiseen CRH plc – konserniin. CRH toimii 35 maassa sekä henkilöstöä on 76 000.” (Rudus Oy – <http://www.rudus.fi/rudus-yrityksena/toiminta>)

Opinnäytetyössä tutkittiin miten sääsuojaus vaikuttaa betonirunkoisen kerrostalon rakentamiseen. Tarkalleen ottaen opinnäytetyön kohteessa ei käytetty erillistä sääsuojaa, joten työssä tutkitaan tarvitaanko sääsuojasta rakennettaessa betonista. Vertailukohteena käytetään vuonna 2013 valmistunutta Diavilla rakennusta, jossa sääsuojasta käytettiin. Opinnäytetyössä selvitettiin sääsuojasta yleisesti, sääsuojauksen kustannuksia, vihreää betonia sekä kosteusasioita.

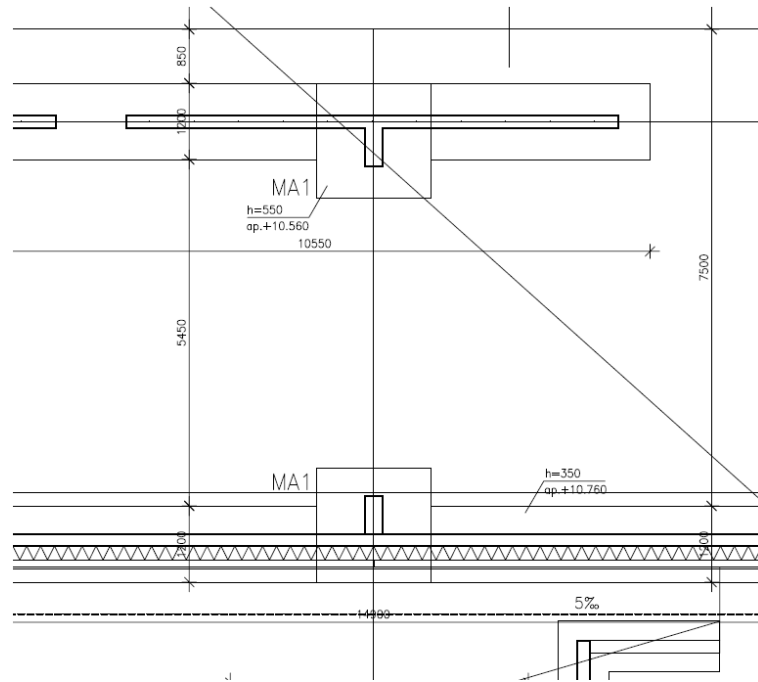
## 2 PROJEKTIN TIEDOT

### 2.1 Projektin kohteen kuvaus

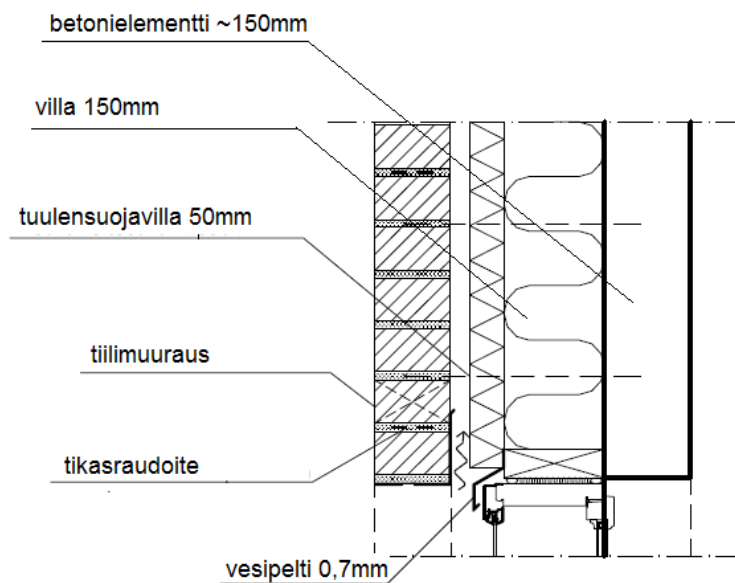
Kohderakennus sijaitsee Porissa metsämiehenkatu 2:ssa. Tilaajana toimi Länsi-Suomen Diakonialaitoksen säätiö ja rakennuttajana Porin YH-asunnot. Kohteen nimi on Dialinna, joka mukailee vuonna 2013 valmistuneen ja samalla konseptilla rakennetun Diavillan nimeä. Kohde on 5-kerroksinen asuinkerrostalo, jossa on 51 huoneistoa. Huoneistojen koot vaihtelevat 30 m<sup>2</sup>-55 m<sup>2</sup>. Talossa on yhteisiä tiloja mm. kaksi saunaa ja yhteinen tupakeittiö. Kohde on suunnattu vuokrattavaksi vanhuksille, joten rakennuksen suunnittelussa on huomioitu esteettömyys mm. leveissä käytävissä sekä oviaukoissa. Esteettömyys on huomioitu myös sisäänkäynnissä, ulkoalueiden luis-kissa, oven painikkeissa ja kynnyksissä.

### 2.2 Rakenteet

Rakennuksessa on betonirunko, joka suurimmaksi osaksi koostuu elementeistä. Alapohja on maanvarainen. Perustukset koostuvat rakennuksen seinien alla kiertävästä anturasta sekä pilarianturoista. Paalutusta ei geotutkimuksen perusteella tarvittu. Pilarianturat siirtävät paikallavalettujen pilarien kantamat kuormat maapohjaan. Kellarikerroksessa sijaitsee väestönsuoja, joka valettiin paikalla. Ensimmäisessä ja toisessa kerroksessa paikallavalettuja seiniä on 6 kappaletta, kolmannessa ja neljännessä kerroksessa 3 kappaletta ja viidennessä enää kaksi kappaletta. Paikallavalu seinät toimivat kantavina sekä jäykistävinä rakenteina. Lisäksi pilareita valettiin paikalla 10 kappaletta kellariin ja 2 kappaletta ensimmäiseen kerrokseen. Kuusi kappaletta holveja valettiin paikalla. Holvin paksuus on 270 mm. Seinälinjan alapuolella kiertävän anturan lisäksi valettiin pilarianturoita, jotka ottavat vastaan pilareilta tulevat massat (kts. kuva 1.).



*Kuva 1. Alapohjan laudoituspiirustus. Pilariantura MA1.*



*Kuva 2. Rakennekuvaus ulkovouresta. Lähde Narmaplan FMC Group.  
Tekijä TTu. 03.03.2014*

Julkisivut ovat paikalla muurattua tiiltä ja pääosin 3-kerrosrapattuna (kuva 2). Vesikate on konesaumattu peltikate, jonka alla puhallusvillaeriste. Eristeen ja holvin välissä on vielä bitumihuopa.



## 3 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 3.1 Mittausmenetelmät

Tämän opinnäytetyön apuna käytettiin erilaisia mittausmenetelmiä, joista kaikki liittyivät kosteuspitoisuuden ja lämpötilan mittaamiseen. Valitut mittausmenetelmät täydensivät toisiaan sekä antoivat tärkeää tietoa vallitsevista olosuhteista jo rakennusajankana. Mittausmenetelmät koostuivat sisä - ja ulkomittauksista.

### 3.2 Sääseuranta

Ulkomittaus tapahtui sääasemalla ja kosteus- ja lämpötilaloggerilla. Kahta mittaus tapaa käytettiin yhdenaikaisesti, jotta saatuja mittaustuloksia voitaisiin verrata ja näin varmistua tulosten oikeellisuudesta. Sääseuranta kesti koko runkovaiheen, jonka aikana tärkeimpinä havaintoina oli ulkoilman lämpötila, kosteus ja tuulenpaine. Sääsema antoi tärkeää ja tarkkaa tietoa vuorokauden lämpötilanvaihteluista sekä kosteuspitoisuuksista. Sääaseman käyttöön ja hankintaan päädyttiin säätietojen vaikean saatavuuden takia. Sääsema tallensi mittausajanhetken, sisälämpötilan, sisäilmankosteuden, ulkolämpötilan, ulkoilmakosteuden, ilmanpaineen, tuulen nopeuden, tuulen suunnan, kastepisteen, viimeisen tunnin sademäärän, viikon sademäärän, kuukauden sademäärän ja kokonaissademäärän mittauksen aloittamisesta. Sääaseman näyttö ja sisäanturi sijaitsi työmaatiloissa ja itse sääsema työmaalla. Mittaus ajankohta oli 16.05.2014 - 31.07.2014 mittausväli 30 minuuttia. Sääseurannantuloksia oli niin paljon, että olen nostanut tutkimuksessani esille vain tärkeimmät.

### 3.3 Sisäilman mittaus

Vaipan sulkemisen jälkeen mittaukset jatkuivat sisäilman tarkkailulla. Lämpötila ja kosteus mitattiin loggerin avulla 30 minuutin aikavälein. Loggeri oli käytännöllinen, koska se on pienen kokonsa puolesta huomaamaton. Pitkä akun kesto teki mittauksesta varsin yksinkertaista. Loggerille valittiin mahdollisimman keskeinen paikka rakennuksen sisältä. Loggeri sijaitsi kolmannen kerroksen käytävällä. Tulokset ovat liitteessä 3.

### 3.4 Betonin lämpötilanseuranta

Betonin lujuudenkehitystä seurattiin kahdella mittausmenetelmällä. Valun aikainen lämpötilanseuranta tapahtui Testo 177- T4 loggerilla. Ennen valua raudoitteisiin sidottiin K – tyypin termopari (NiCr-Ni). Johdon kaksi



Kuva 3. Testo 177-T4 Datalogger

päättä kuorittiin ja kiedottiin yhteen jolloin termopari muodostui. Sitomiseen käytettiin teippiä, helpokäyttöisyyden takia sekä teippi suojasi johtoa valun aikana. Loggeri tallensi lämpötilat omaan muistiinsa 30-60 minuutin välein. Valuihin käytettiin vähintään kahta termoparia, toinen pintaan ja toinen lähelle valun pohjaa (kuva 4.). Mittaukset suoritettiin perustuksista, väestösuojan holvista, 1.kerroksen holvista, 2.kerroksen holvista, 2.kerroksen kantavan seinän valusta, 3.kerroksen holvista, 4.kerroksen holvista. Mittaustulokset ovat liitteessä 1.

Testo 177-T4 loggeri (kuva 3.) ohjelmoitiin tietokoneella ennen mittauksen aloittamista. Loggerin mukana tuli englanninkielinen ohjelmisto. Loggeri

kiinnitettiin tietokoneeseen usb-portin kautta jolloin ohjelmisto kysyi välittömästi halutaanko loggerin keräämät tiedot siirtää tietokoneelle. Tietojen keruun jälkeen ohjelmisto automaattisesti keräsi tiedot excel-taulukkoon ja piirsi diagrammin. Uusi mittaus aloitettiin tarkistamalla päivämäärä, kellonaika, mittausyksikkö (°C tai °F), lopetus ajankohta (tietty ajanhetki tai muisti täyteen) ja mittausväli. Tämän jälkeen nimettiin antureiden paikat (4kpl). Tämä helpottaa tietojen lukemista mittauksen jälkeen.

Lopuksi valittiin mittauksen aloitushetki eli hetki ennen valun aloittamista. Työmaaolosuhteissa loggeri suojattiin kosteudelta sekä vahingoittumiselta muovipussiin, joka laitettiin styroxista eli EPS:stä tehtyyn laatikkoon. Mittaustulokset on liitteessä 1.



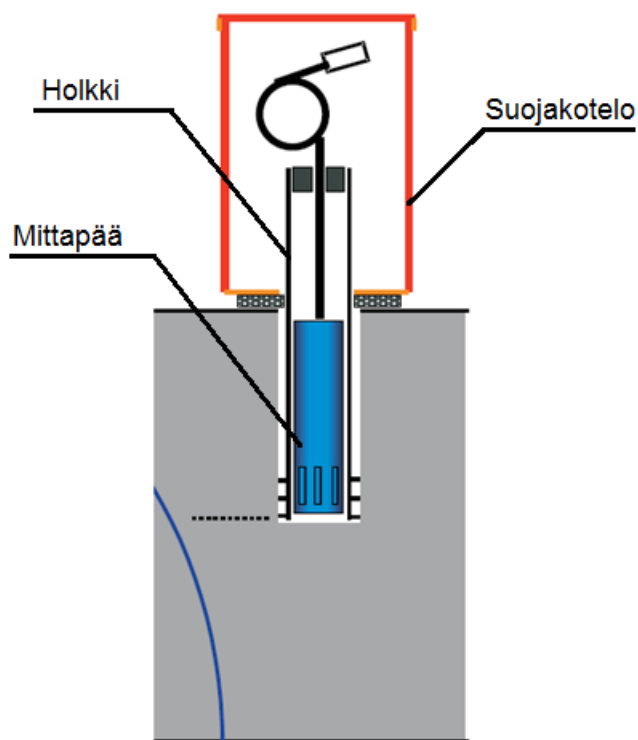
*Kuva 4. Termolangat sidottu raudoitteisiin*

### 3.5 Porareikämittaukset.

Valun jälkeistä betonin lujuudenkehitystä seurattiin jatkuvalla kosteusmittauksella. Suhteellisen kosteuden (RH%) mittaamiseen käytettiin porareikämittausta. Mittaus tehtiin poraamalla kuivamenetelmällä holviin 16 mm:n terällä reikä, joka imuroitiin puhtaaksi. Reiän tuli olla täysin pölytön, joten apuna käytettiin reikään sopivaa suulaketta. Porasyvyys määritettiin kaavasta  $0,2 \times \text{holvin paksuus (270mm)} = 54\text{mm}$ . Kerroin 0,2 määräytyy, kun kyseessä on holvi, joka pääsee kuivumaan ala- ja yläpinnasta. Tämä tarkoittaa sitä, että lattiaa ei ole vielä pinnoitettu tai päällystetty. Tämän jälkeen reikään asetettiin holkki. Holkin juuri tiivistettiin vielä sinitarralla, jolloin mittapään asentamisen jälkeen reiästä tuli tiivis.

Mittalaitteistona käytettiin Vaisala HM70 mittalaitetta, jonka anturina oli Vaisala INTERCAP® -kosteus- ja lämpötilamittapää HMP60. Laitteisto ja mittapääät lähetettiin kalibroitavaksi ennen mittausten aloittamista. Mittapää asetettiin holkin sisään ja holkin ja mittapään johdon väli tiivistettiin sinitarralla. Reiän tiivistämisen jälkeen mittapään ja reiän tuli antaa tasaantua kolme päivää, jonka jälkeen ensimmäinen kosteusmittaus voitiin suorittaa. Mittapään asettaminen holkkiin jo porauksen yhteydessä säästää aikaa mittausten yhteydessä. Mikäli mittapäättä ei asetettaisi porauksen yhteydessä, se tulisi laittaa holkin sisään vasta reikien tasaantumisen jälkeen (3 vuorokauden jälkeen) ja tämän jälkeen mittapäiden tulisi antaa tasaantua vähintään neljä tuntia jotta mittaustulos olisi tarvittavan tarkka. Yhtä mittapäättä käytettiin pitkäaikaisempaan mittaukseen, joten mittapään asettaminen heti porauksen yhteydessä oli varmin tapa varmistua mittauksen oikeellisuudesta ja tarkkuudesta. Työmaaolosuhteissa piti huolehtia, jotta mittaus onnistuisi, että mittauspaikka pysyisi koskemattomana. Näin ollen päädyttiin käyttämään suojakoteloita (kuva 5).

Tärkeitä asioita ennen mittapään asettamista oli huolehtia, että mittapää on tasaantunut mittauspisteen ympäröiviin olosuhteisiin. Mittapään tuli antaa olla huonetilassa jossa mittaus tapahtui useamman tunnin. Jo 1°C:n ero mittapään ja mitattavan rakenteen lämpötilassa voi aiheuttaa jopa 5%:n vääristymän mittaustuloksessa. Rakenteen lämpötila tulisi olla mahdollisimman lähellä käyttölämpötilaa eli noin 20°C. Lämpötilan poikkeamat saattavat aiheuttaa mittausrvirheitä, jos lämpötila laskee alle 15°C:n mitausta ei suositella suoritettavan. Tässä tapauksessa kosteusmittaus tulisi tehdä näytepalamenetelmällä. Mittaustuloksien yksikkö on suhteellinen kosteus RH% ,jolla nykyisin tärkeimmät kosteusraja-arvot ilmoitetaan. Tulokset ovat liitteessä 2.



Kuva 5. Lämpileikkaus porareikämittauksesta. Lähde Merikallio, T. n.d. Kosteusmittaus julkaisu.

## 4 BETONIN KÄYTTÖ

### 4.1 Betonin kosteuden hallinta ennen päällystämistä.

Betonirakenteen kuivuminen on tärkeää ennen päällystämistä tai pinnoittamista. Useimpien päällystysmateriaalien kriittiset kosteudet ilmoitetaan nimenomaan suhteellisena kosteutena. Suhteellisen kosteuden mittaaminen tulisi tehdä aina ennen betonin päällystämistä tai pinnoittamista. Pintakosteusmittarit eivät ole tarpeeksi tarkkoja, jotta niillä voisi määrittää betonin päällystettävyyden. Helppokäyttöisyyden takia pintakosteusmittari tuntuu sopivalta ratkaisulta ja usein luullaankin, että mittarin ilmoittama tulos on suhteellisena kosteutena, mikä ei pidä paikkaansa.

Pintakosteusmittareiden toiminta perustuu sähkönjohtavuuteen. Mitä paremmin materiaali johtaa sähköä sen suurempi tulos eli mitä kosteampi materiaali on sitä paremmin se johtaa sähköä. Materiaalien sisältämät ainesosat saattavat jo aiheuttaa vääristymiä mittaustulokseen, mm. betonin sisältämä sementti vaikuttaa sähkönjohtavuuteen. Mitä suurempi määrä sementtiä on sen paremmin se johtaa sähköä. Pintakosteusmittaria voi käyttää kosteuden havaitsemiseen, kartoittamalla suuria pintoja löytääkseen kosteampia kohtia rakenteesta. Korjausrakentamisessa pintakosteusmittaria voi käyttää tähän käyttötarkoitukseen, mikäli tiedetään rakenteen olevan muuten kuiva. Näin voi purun jälkeen määrittää rakenteen pinnoitettavuuden. Porareikä- tai koepalamittaus suositellaan tehtäväksi kuitenkin aina ennen betonin päällystämistä. Suosituksina on vähintään kolme reikää ja eri syvyyksiltä.

### 4.2 Betonin päällystäminen ja pinnoittaminen.

Yleisimpiä lattiapäällystysmateriaaleja ovat erilaiset muovimatot, linoleum, laminaatit, parketit sekä keraamiset laatat. Pinnoitteina käytetään usein erilaisia maaleja, lakkoja, massapinnoitteita kuten epokseja, akryyleja ja sementtipolymeerimassoja. Päällysteiden ja pinnoitteiden suurin ero on siinä, että päällysteet kiinnitetään betonialustansa jollakin kiinnitysaineella, liimalla tai laastilla.

Päällysteet sekä pinnoitteet vaikuttavat merkittävästi betonin kosteustekniseen toimivuuteen. Ne kestävät erilaisilla kosteutta eli betonin kannalta tärkeimpänä, miten paljon ne päästävät kosteutta lävitseen. Osa päällysteistä ja pinnoitteista on suunniteltu märkätiloihin jolloin niiden vedenläpäisykyky on todella alhainen. Tämä kuitenkin tarkoittaa myös sitä, ettei betonissa oleva kosteus pääse poistumaan rakenteesta. Tällöin täytyy varmistua ennen päällystämistä ja pinnoittamista, että betonirakenne todella on tarpeeksi kuiva. Päällysteiden ja pinnoitteiden valmistajat ilmoittavat aina kriittiset betonin kosteudet.

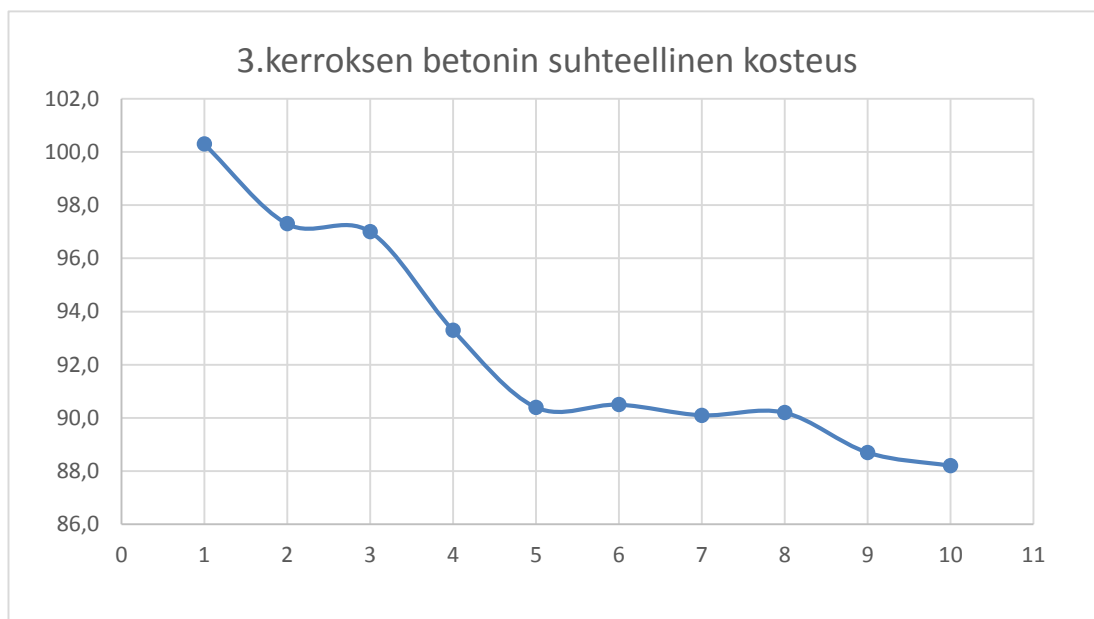
Betonilattioissa kosteus jakautuu epätasaisesti rakenteeseen, tätä kutsutaan kosteusjakaumaksi. Pinnat saattavat olla kuivia, mutta keskemälle mentäessä kosteus kasvaa. Holveissa kuten välipohjissa korkein kosteus on usein rakenteen keskellä. Ehtona kuitenkin on, että välipohja pääsee kuivumaan molempiin suuntiin. Kuivuminen hidastuu huomattavasti kun lattia päällystetään tai pinnoitetaan. Tähän vaikuttaa päällystys- ja pinnoitemateriaali ja niiden vedenläpäisykyky. Jos betonin vedenläpäisykyky on suurempi kuin päällystysmateriaalin, kuten usein on, saattaa rakenteen keskellä oleva kosteus siirtyä ja kerääntyä päällystysmateriaalin alle. Nopea lämpötilan ja kosteuden nousu rakennuksessa saattaa aiheuttaa ongelmia päällyste- ja pinnoitemateriaaleissa. Rakennusvaiheessa on tärkeää huomioida betonin vedenläpäisykyky. Esimerkiksi maalausta edeltävä tasoitetyö tuo rakennukseen runsaasti kosteutta, joten hyvästä ilmanvaihdosta on huolehdittava työn aikana ja jälkeen, jotta betoni ei sido (absorboi) vettä itseensä. Betoni voi siirtää diffuusiolla kosteutta kosketuksissa oleviin rakenteisiin.

#### 4.3 Kosteuden aiheuttamat vauriot betonilattioissa

Betoni käyttäytyy hyvin kosteuden kanssa. Kosteus ei aiheuta yksinään lahoamista tai rapautumista betonissa. ”Betoniasta tulee jopa sitä lujempaa, mitä kosteimmissa olosuhteissa sitä kovettumisvaiheen aikana säilytetään” (Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen). Betonissa oleva kosteus voi kuitenkin aiheuttaa siihen kosketuksissa oleviin rakenteisiin vaurioita mm. päällysteisiin tai puuhun (puurunko).

Päälysteisiin voi syntyä värjäymiä, päälyste irtoaa pohjastaan, hometta (mikrobikasvustoa) tai kemiallisia hajoamisreaktioita. Useimmin nämä vauriot aiheuttaa liian korkea betonin kosteuspitoisuus päälystyshetkellä. Suhteellisen kosteuden mittaaminen on erittäin tärkeää tämän kaltaisten vaurioiden ennalta ehkäisyssä.

Sisäilman kosteus varsinkin vaipan sulkemisen jälkeen on tärkeää, sillä kastuessaan betoni turpoaa ja kuivuuessaan kutistuu. Muodonmuutokset voivat aiheuttaa ongelmia mikäli betonin sisäinen kosteus muuttuu rakennuksen elinkaaren aikana. Ilmankosteuden ailahtelut varsinkin rakennusvaiheessa voivat olla suuria (katso liite 3). Tasoitetyöt hidastivat holvin kuivumista Dialinnassa. Kuivuminen lähes pysähtyi, kun tasoitetyöt olivat käynnissä, kuivuminen palautui normaaliin nopeuteen kun työvaihe valmistui. (Kuva 6). Mittaustulosten varmistamiseksi porasimme kontrollireikiä vanhojen reikien läheisyyteen.

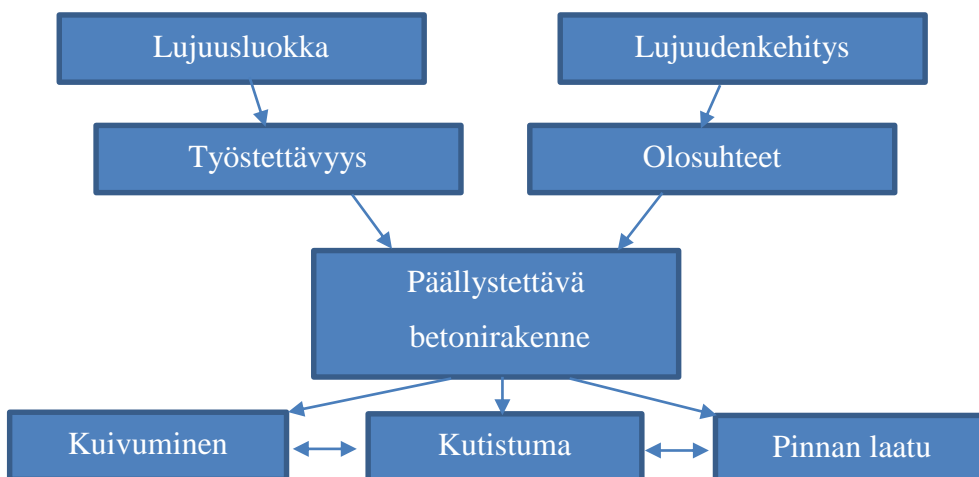


Kuva 6. Suhteellinen kosteus ajan funktiona. X-akseli montako viikko on kulunut valusta.



#### 4.4 Betonin valinta.

Betonilaatuja on todella paljon erilaisia moneen eri tarkoitukseen. Suunnitteluvaiheessa suunnittelijaa ohjaa normit, ohjeet ja rakennelaskelmat. Rakennesuunnittelijan olisi hyvä käydä betonivalintoja läpi yhdessä rakennuttajan, betonin tuottajan ja betonitoista vastaavan henkilökunnan kanssa. Rakennuttajalla voi olla erityisiä pyyntöjä koskien betonia esim. värillinen betoni tai erikoisia käyttösuunnitelmia betonille. Betonin tuottajalla ja toimittajalla voi olla uusia tai vaihtoehtoisia ratkaisuja vanhojen tilalle esim. ekologisempaa (vihreää) betonia tai erilaisia kuitubetoneita. Betonitoista vastaavan rakentajan kanssa on hyvä keskustella erilaisista käytännön asioista mm. betonin valettavuudesta, työstettävyydestä, tiivistettävyydestä sekä aikataulullisia asioista mm. muottikierron nopeus, betonin kuivumisnopeudet ja ulkoiset olosuhteet.



Kuva 7. Päällystettävän betonin valintaan merkittävästi vaikuttavat ominaisuudet

#### 4.5 Vihreä betoni

Dialinnassa päädyttiin vihreään betoniin rakennusaikaisten hiilipäästöjen vähentämisen vuoksi. Sääolosuhteet huomioiden pyrittiin valitsemaan joka valuun sopiva betoniresepti. Vihreässä betonissa betonin reseptissä olevan sementin määrä pyritään minimoimaan. Poistettu sementti korvataan joko kivituhkalla tai kuonalla. ”Vihreällä betonilla saadaan vähennettyä hiilipäästöjä tavalliseen betoniin verrattuna 20-50 % riippuen betonin reseptistä” (Kestävä rakentaminen – seminaari 2011). Tämä reseptin

muuttaminen aiheuttaa kuitenkin betonin lujuudenkehityksessä muutoksia. Vihreä betoni vaatii korkeamman ulkolämpötilan, noin  $<15^{\circ}\text{C}$ , jotta betonin lämmönkehitys ja lujuuden kehitys alkaa. Kylmä lämpötila hidastaa betonin ainesosien kemiallista reaktiota, jolloin lujuuden kehitys hidastuu. Yölliset lämpötilan laskut saattavat aiheuttaa betonin sisäisen lämpötilan laskun, jolloin lujuuden kehitys hidastuu ja tämä aiheuttaa ongelmia työmaan aikataulutuksessa.

Vihreys ei huononna betonin käsiteltävyyttä, holvibetonoinneissa ei huomattu mitään eroa tavalliseen betoniin. Ruduksen kanssa yhteistyötä tehtiin jo Diavilla - projektissa, joka valmistui vuonna 2013. Diavillassa käytettiin n. 90 %:sti vihreää betonia, jonka resepti sisälsi kuitenkin enemmän sementtiä (70/30). DiaLinna projektissa päädyttiin käyttämään mahdollisimman vihreää betonia (50/50).

Elementtitoimittajan kanssa keskustelimme mahdollisuudesta, että hekin käyttäisivät tuotannossaan vihreää betonia, mutta tuotannollisista syistä he kieltäytyivät. Uuden massan käyttö voisi hidastaa tuotantoa sekä aikataulullisista syistä vihreä betoni ei sopinut heidän käyttötarkoitukseen. Elementtitehtaalla tuotantonopeus on hiottu äärimilleen, betonireseptit sisältävät paljon sementtiä (rapid), muoteissa saatetaan käyttää lämmitystä ja muottikierron takia purkulujuus pyritään saavuttamaan mahdollisimman nopeasti.

## 5 ELINKAARITEKNOLOGIA

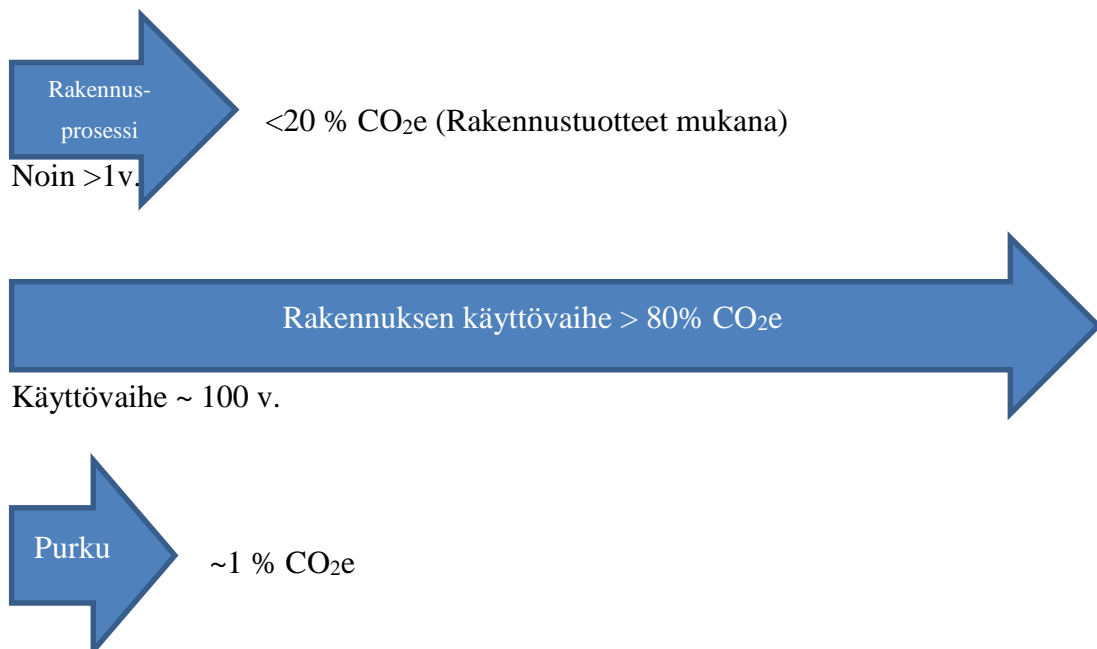
### 5.1 Hiilijalanjälki

Hiilijalanjäljellä mitataan rakennuksen koko elinkaaren hiilipäästöjä. Rakennuksen elinkaari alkaa rakentamisen suunnittelusta, rakennusmateriaalien valmistuksesta, rakennuksen rakentamisesta, rakennuksen käyttövaiheesta ja päättyy rakennuksen purkujätteen hävittämiseen. Tässä osiossa keskitytään rakentamisen aikaisen hiilijalanjäljen tutkimiseen. Hiilijalanjälki ilmaistaan usein rakennuksen kokonaissummana hiiliekvivalenttitonnia tn  $\text{CO}_2\text{e}$ . Hiilijalanjäljen mittaaminen antaa hyvää vertailupohjaa

rakennusten kesken, sillä yhtä kokonaissummaa on helppo vertailla. Erilaisia elinkaarimittareita on jo useampi, mutta niitä kaikkia ohjaa eurooppalainen CEN/TC 350 Sustainability of Construction Works – standardi ja laskentamenetelmästandardi EN 15978 Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method.

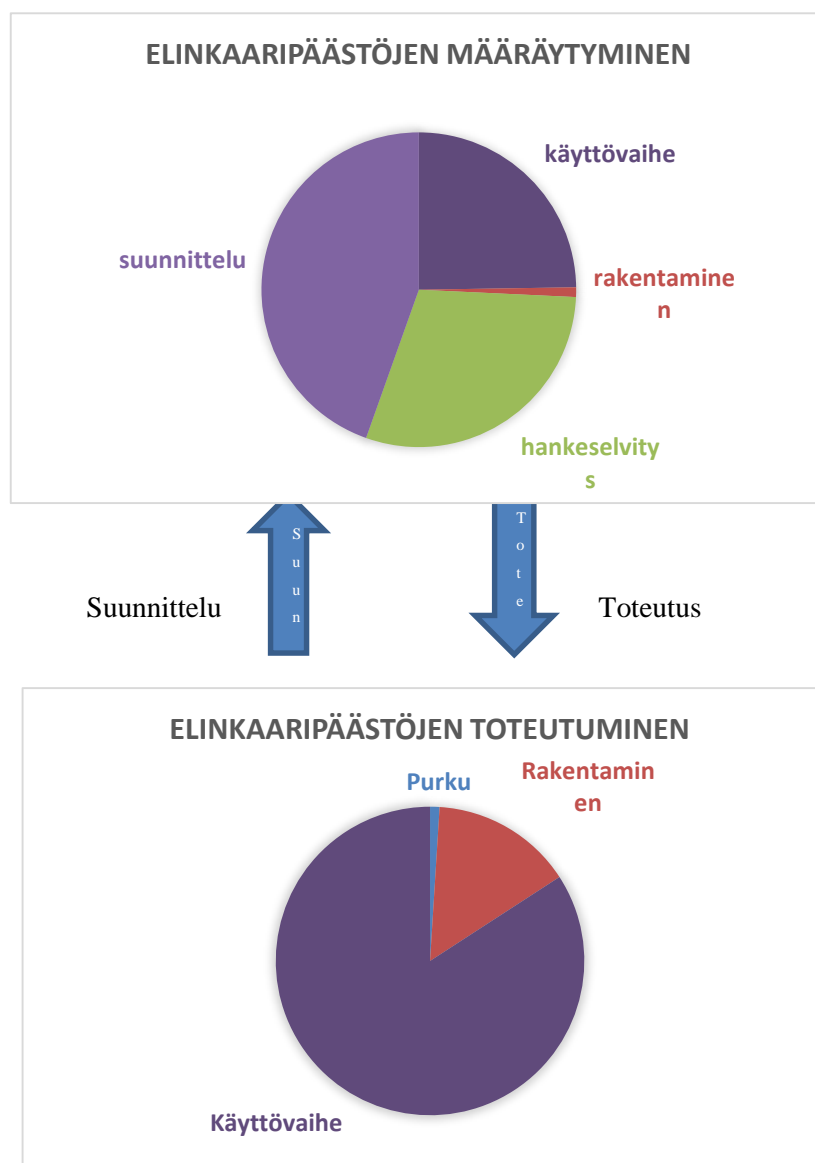
## 5.2 Elinkaaripäästöjen jakauma

Elinkaaripäästöjen jakaumaa on tärkeä miettiä jo rakennuksen suunnittelussa. Erilaisilla rakennuksen lämmitysmuodoilla on suuri vaikutus rakennuksen elinkaaren päästöihin. Kaukolämpö tai uusiutuvaa lämmitystä käyttävän rakennuksen käyttövaiheen päästöt jäävät niin pieniksi, että rakennustuotteiden ja rakennuksen rakentaminen on viidesosa koko elinkaaren (noin 100 vuotta) päästöistä. Tulevaisuuden passiivi ja nollaenergiatalojen rakentamisaikaisten päästöjen osuus suurenee entisestään kokonaispäästöistä. Elinkaaripäästöjen toteutuminen tapahtuu rakennuksen rakentamisesta, käyttövaiheesta ja purusta.



Kuva 8. Kaukolämmöllä lämmitettävän rakennuksen hiilipäästöjen jakauma

Elinkaaripäästöjen määräytyminen tapahtuu jo suunnittelussa. Rakennuksen ympäristövaikutukset määräytyvät jo suunnitteluvaiheessa, mutta ympäristövaikutukset toteutuvat vasta rakentamisen ja käytön aikana, joten niihin on vaikea vaikuttaa enää tässä vaiheessa. Ympäristövaikutusten minimointiin tulee tarttua jo hankesuunnittelu vaiheessa. Jo tässä vaiheessa tilaajan on syytä keskustella betonitoimittajan kanssa mahdollisuuksista pienentää ympäristövaikutuksia. Betonielementti - tai paikallavalurunkoisissa rakennuksissa betonin osuus rakentamisen aikaisista päästöistä on suuri. Alla olevissa (kuvassa 9) ympyrädiagrammeissa on esitetty päästöjen määräytyminen ja toteutuminen.



Kuva 9. Yllä olevissa ympyrädiagrammeissa on esitetty päästöjen määräytyminen ja toteutuminen

### 5.3 Betonin ympäristövaikutukset

“Betonin on maailmanlaajuisesti veden jälkeen toiseksi käytetyin aine.” (Ympäristöystävällisen kivitalon suunnittelu ja toteutus – Bionova consulting 2011). Betonia käytetään lähes kaikessa rakentamisessa. Betoni koostuu kiviaineksesta, sementistä, vedestä sekä seos- ja lisäaineista. Betonirakenteissa käytetään myös terästä lujittamaan rakennetta. Betonin ”liimana” käytetään sementtiä, joka toimii sidosaineena. Sementin määrä asuinrakentamisessa vaihtelee 10 % - 15 % välillä. Teräksen osuus rungosta on noin 1 % - 3 %. ”Sementtiä valmistettiin vuonna 2010 maailmassa 3300 miljoonaa tonnia, josta yli puolet Kiinassa” (Ympäristöystävällisen kivitalon suunnittelu ja toteutus – Bionova consulting). Yhden vuoden kasvihuonepäästöistä jopa 5 % tulee sementin valmistuksesta.

”Sementin raaka-aineita ovat luonnonmineraalit, kalkkikivi, kvartsi ja savi, joita on maapallolla runsaasti. Raaka-aineet jauhetaan ja poltetaan uunissa (1450 °C), jossa lähtöaineiden alkuperäinen rakenne hajoaa veden ja hiilidioksidin poistuessa. Reaktiossa syntyy pääasiassa kaliumsilikaateista muodostuneita klinkkerimineraaleja, joista sementti jauhetaan. Tuttu harmaa väri johtuu rautapitoisista yhdisteistä. Valkosementtiä valmistetaan raudattomista raaka-aineista. Sementtiä käytetään betonin ohella erilaisten laastien valmistukseen.” (Betoniteollisuus Ry). Sementin osuus betonin kokonaispäästöistä on jopa 60 – 80 %, kun taas valmistaminen on 10 – 20 % kuten myös raudoituksen osuus ja kiviaineksen osuus vain noin 3 %. Sementin osuus massasta on vain noin 10 – 15 %, kun taas vähäpäästöisimmän ainesosan eli kiviaineksen osuus noin 75 – 80 %.



Kuva 10. Osuudet päästöistä ja osuudet massasta

## 6 SÄÄSUOJAUS

### 6.1 Sääsuojaus, miksi suojata?

Sääsuojauksen tavoitteena on suojata rakenteita ja tekijöitä sekä antaa paremmat olosuhteet onnistuneelle rakentamiselle. Hyvällä sääsuojauksella pystytään parantamaan laatua, työturvallisuutta, työmuokavuutta ja tehokkuutta, sekä sääolosuhteista johtuvat viivästyksset vähenevät. Usein sääsuojauksen tavoitteet onnistuvat, mutta monimutkainen tai huonosti toteutettu tai kasattu sääsuoja on vain haitaksi rakentamiselle ja ylimääräinen kustannus. Pystytys-, purku- ja lämmityskulut vaikuttavat sääsuojauksen kokonaiskustannuksiin suuresti.

Puukerrostaloa rakennettaessa on erittäin tärkeää, että kosteudenhallinta toimii ja tähän suurena apuna on sääsuoja. Puukerrostaloja rakennettaessa voidaankin sanoa, että sääsuoja on välttämätön, on kyseessä sitten osittainen tai kokonainen sääsuoja. Betonielementti- ja betoni paikallavalu-rakennusten runkovaiheessa kosteudenhallinta ei ole niin tärkeässä roolissa, kuin puukerrostaloa rakennettaessa. Eristeet kuten villat tulee suojata suoralta sateelta, mutta villat voi suojata kevytpeittein tai muovilla.

Dialinna-projektissa elementit toimitettiin aikataulun mukaisesti ja erillistoimituksesta, jolloin elementit nostettiin paikoilleen suoraan kuorma-auton kyydistä. Tällä tavoin välttyttiin elementtien turhalta varastoinnilta, esim. elementtifakkia ei ollut työmaalla ollenkaan. Tuennan jälkeen elementit suojattiin kevytpeitteellä tai muovilla esim. sandwich-elementit.

### 6.2 Sääsuojauksen valinta

Sääsuojaia on paljon erilaisia ja moneen käyttötarkoitukseen. Sääsuojan valintaan vaikuttavat kohteen sijainti, rakennuksen koko ja muoto sekä vallitsevat vuodenaajat, tuulikuormat ja suojan käyttötarkoitus. Halutaanko rakennus koko huputukseen vai riittääkö pelkkä julkisivusuojaus tai suojapeitteiden käyttö.

Kosteudenhallinnan takia on varmaa, että jonkinlaista sääsuojaukseen tarvitaan, vaikkei erillistä sääsuojahallia käytettäisi. Kosteudelle herkkien rakennusmateriaalien suojaaminen on välttämätöntä rakennusaikana. Erilaisia vedenohjaimia kuten väliaikaisten syöksytorvien käyttö on suositeltavaa, jotta sadevedet ja sulamisvedet saadaan ohjattua pois rakenteista.

Rakennuksissa joissa on muurattu julkisivu, olisi hyvä käyttää julkisivusuojaukseen, sillä kosteudelle herkät materiaalit, kuten julkisivun eristeet on syytä suojata huolella. Rakennuksen muoto voi vaikeuttaa sääsuojauksen käyttöä kuten ulkonevat parvekkeet. Parvekkeiden kohdalla telineiden kasaus voi olla hankalaa varsinkin, jos käytetään koko huputusta rakennuksen runkovaiheen aikana. Sääsuojauksia voi käyttää myös useampaa samanaikaisesti esim. julkisivusuojaus sekä kohdekohtaisia suojapeitteitä.

### 6.3 Sääsuojauksen kustannusvaikutus

Sääsuojauksen valintaan vaikuttavat asiat ovat suoraan kytköksissä sääsuojan kustannuksiin. Sääsuojauksen koko ja malli vaikuttavat suuresti pystytys - sekä purkukustannuksiin. Lisäksi lämmitys näyttelee suurta osaa kustannuksissa. Diavilla-projektissa käytettiin sääsuojaukseen, jossa käytettiin öljylämmitystä. Lähtötilanteessa lämmittimiä oli kolme 50 kW:n, tällä kapasiteetilla ei sääsuojatelttaa saatu lämmitettyä tavoitelämpötilaan (+5 °C). Lämmitystehoa lisättiin vielä kahdella 195 kW:n lämmittimellä. Lämmitysteho oli siis lopputilanteessa 540 kW. Lämmityskustannukset Diavillassa nousivat moninkertaisiksi suunnitellusta. Dialinnaan verrattuna taas kokonaislämmityskustannukset olivat yli nelinkertaiset.

### 6.4 Kosteudenhallinta

Sääsuojaus parantaa ja ennen kaikkea helpottaa kosteudenhallintaa. Sadevedet, sulamisvedet ja muut ympäristönvaikutuksesta aiheutuvat vesimassat eivät pääse rakenteisiin eikä aiheuta turhia viivästyksiä työvaiheissa. Mikäli sääsuojaus on tehty huolella ja oikein kosteudenhallinta pitäisi helpottua huomattavasti verrattuna perinteisiin menetelmin rakentamiseen - ilman sääsuojaa. Sääsuojan tulee olla lämmitetty, mutta

myös samalla täytyy huolehtia kunnollisesti ilmanvaihdosta ja tuuletuksesta. Sääsuojan tulee siis olla kosteutta läpäisemätöntä, mutta myös samalla hengittävää ainetta. Huono ilmanvaihto aiheuttaa kosteusongelmia rakenteissa sekä työskentelyolosuhteet huononevat. Muilta ympäristön aiheuttamilta sääolosuhteilta, kuten tuulelta sääsuojasuoja hyvin. Onko sääsuojauksesta kuitenkin merkittävää hyötyä, jos kyseessä on betonirunkoinen rakennus?

### 6.5 Sääsuojauksen vaikutus betoniin

”Rakenteeseen voi kulkeutua kosteutta mm. sateesta, ilman vesihöyryn tiivistymisestä, kapillaarisesti maaperästä tai vesivuodosta. Lisäksi kaikki rakennusaineet joutuvat vuorovaikutukseen ilman sisältämän vesihöyryn kanssa ja absorboivat siitä kosteutta.” (Rt - kortisto rakennustyömaan sääsuojaus).

”Betonin tärkein osa-aine on sementti. Sen määrä betonissa on n. 200 - 400 kiloa (tai vaihtoehtoisesti 65 - 130 litraa) per betonikuutio (1000 litraa betonia). Sementti muodostaa veden kanssa kovan huokoisen mineraalin joka kiinnittää runkoainerakeet sekä mahdollisen raudoituksen betoniin. Koska kovettumisreaktio tapahtuu sementin ja veden välillä, betoni kovettuu myös kosteissa olosuhteissa. Betonia voidaan valaa jopa veden alla, esimerkiksi meren pohjassa.” (Betoniteollisuus Ry). Betoni ei vaadi kovettumiseen kuivia olosuhteita.

Vesisade saattaa liuottaa vastavaletun betonin pintaa, jolloin raudoitteet saattavat tulla näkyviin ja rakenteen lujuudenkesto heikkenee. Betonilla valettaessa tulee ottaa huomioon sää ja tarkkailla sen kehittymistä. Aina valettaessa varsinkin suuria holveja tulisi olla säävaraus. Sääolosuhteet tulee ottaa aina huomioon rakennettaessa perinteisin menetelmin kuten ilman sääsuojaa. Betonointi ilman minkäänlaista sääsuojaa ei ole harvinaista, tulee vain ottaa huomioon mahdolliset sateet ja perehtyä seuraavien päivien sääolosuhteisiin.

Vesisade ei ole ainoa uhka betonin lujuuden kehittymiselle. Vielä tärkeämpänä voidaan pitää lämpötilaa. Ympäristön lämpötila vaikuttaa suuresti betonin lujuuden kehittymiseen. Lämpötilan laskiessa lujuuden kehitys hidastuu moninkertaisesti.

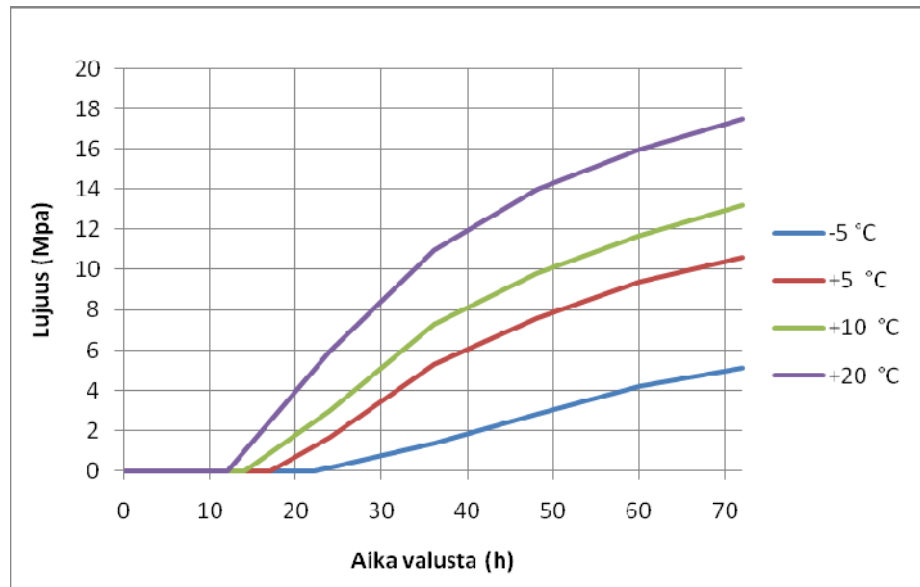


”Kun betonin lämpötila jää 5:een asteeseen betonin lujuudenkehitys on niin hidasta ettei sitä voida enää useimmissa tapauksissa käytännön rakentamisessa hyväksyä.”

Rudus – Betonin valinta rakenteisiin – olosuhdehallinta.

Hidas lujuudenkehitys tuo mukanaan muitakin ongelmia. Kovettumattomasta betonista haihtuu ympäristöön suuria määriä vettä, jolloin betonin pinta saattaa haljeta.

Tämä johtuu kutistuman aiheuttamista vetolujuuksista.



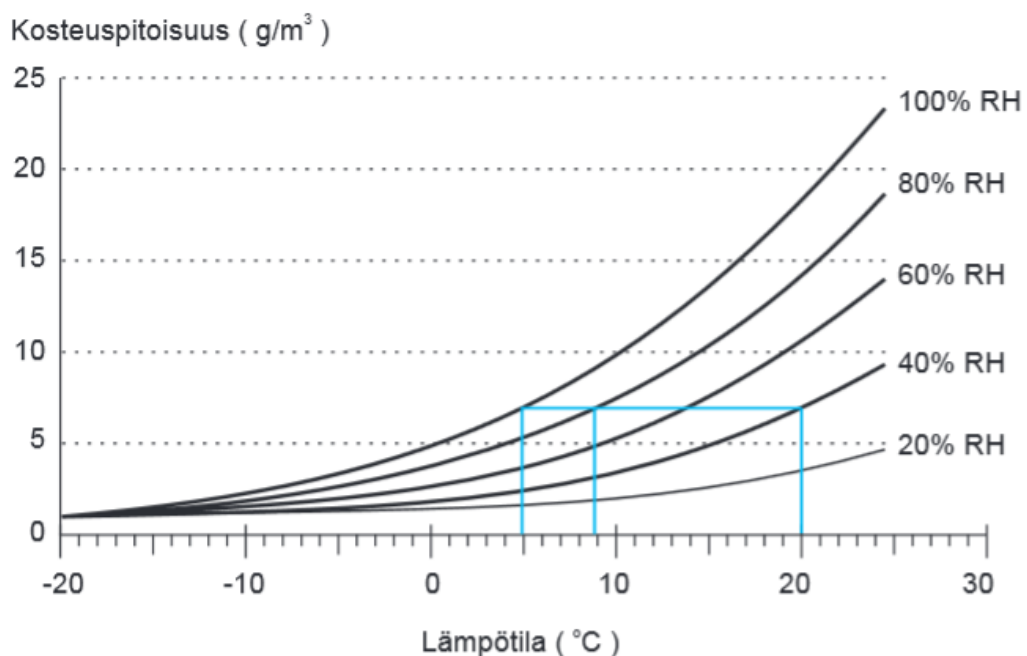
Kuva 11. 260 mm:n välipohjan lujuudenkehitys laatan keskiosassa eri ympäristön lämpötiloissa. Betonimassa K30 #16 mm S3. Kuva Rudus, betonin valinta rakenteisiin – olosuhdehallinta.

Kuva 11:ssä on esitetty betonin lujuudenkehittymistä ajan vektorina. Verrattaessa lujuuden kehittymistä ajankohdassa 30 tuntia valusta, 5 asteen lämpötilassa lujuudenkehittyminen on noin 8-kertaa pienempi kuin lämpötilan ollessa 20 astetta.

Ilman sääsuojaa rakennettaessa tulee lämpötilan vaihtelut ottaa huomioon. Suomen vuorokauden aikana lämpötilat voi vaihdella kymmeniä asteita (katso liite 4). Lämpötilan vaihtelu rasittaa betonia kuin myös muitakin rakenteita. Sääsuoja antaa mahdollisuuden rakentaa tasaisessa lämpötilassa läpi vuoden. Sääsuojan avulla saadaan mahdolliseksi ympärivuotinen työskentely. Tämä on vain kustannus kysymys, satsaako sääsuojaukseen ja lämmitykseen vai onko talvibetonointi mahdollinen vai voiko jopa koko projektin aikatauluttaa, niin että betonoinnit suoritetaan kesällä.

## 6.6 Kosteudenpoisto

Rakennuksissa joissa on valetut holvit on tärkeää saada vaipan sulkemisen jälkeenkin hyvä ilmanvaihto ja kosteudenpoisto. Tällä tavoin ilmassa oleva kosteus ei pääse kondensoitumaan rakenteisiin. ”Kondensoitumisella tarkoitetaan sitä, että ilmassa oleva vesihöyry tiivistyy nesteeksi ilmassa, kiinteään aineen, esimerkiksi rakennusosan, pinnalle tai sen sisään ilmahuokosiin, kun ilman kosteus on suurempi kuin ilman lämpötilaa vastaava kyllästyskosteus. Tätä havainnollistaa esimerkki suhteellisen kosteuden käyrästä, kuva 1. Vaipan sulkemisen jälkeen olisi hyvä saada mahdollisimman nopeasti rakennus lämpimäksi, jolloin lopullinen kuivuminen käynnistyy. ilman kosteus kasvaa betonin kuivumisen yhteydessä, joten hyvästä ilmanvaihdosta on huolehdittava ja lisäksi voi käyttää erilaisia kosteudenerottajia. Dialinna projektissa käytössä oli kolme El-Björn A 75 BT – kosteudenerottajaa. ”Kapasiteetti ilman suhteellisen kosteuden ollessa 70 % ja lämpötilan +26 °C noin 27 l/vrk. Suhteellisen kosteuden ollessa 70 % ja lämpötilan noin 20 °C kosteuspitoisuus on noin 12 g/m<sup>3</sup>.” (RT-Kortisto) Se ei vaikuta paljolta, mutta rakennuksessa on rakennusaikana kosteudenlähteitä useita, mm. ihmiset, työt kuten tasoitus ja betonityöt sekä ulkoilmasta tulevat kosteudet.



Kuva 12. ”Ilmassa olevan vesihöyryn määrä ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mukaan, periaatekuva. Tässä kuvassa esitetään värillisellä viivalla esimerkki suhteellisen kosteuden käyrästä käytöstä. Siitä voidaan nähdä rakennusosan likimääräinen lämpötila, jossa vesihöyry kondensoituu.” RT-Kortisto, kortti RT 05-10710.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia miten betoni käyttäytyy ilman sääsuojaa rakennettaessa. Tarkoituksena oli mitata ja tarkkailla betonin lujuudenkehitystä ja kuivumista Dialinna rakennusprojektissa. Vertailukohteena voitiin käyttää Diavilla rakennusta, joka rakennettiin samalle tontille vuosina 2012 - 2013. Rakennukset ovat lähes samanlaiset, mutta Diavillassa käytettiin sääsuojasta, kun taas Dialinnassa ei käytetty. Syyt tähän olivat taloudelliset sekä aikataululliset.

Betonin lujuudenkehitystä ja kuivumista seurattiin suhteellista kosteutta mittaavalla porareikämittauksella ja lämmönkehittymistä termolankaparilla, jotka kytkettiin loggeriin. Säaseurannalla ja sisäilman kosteus- ja lämpötilamittauksilla pyrittiin osoittamaan ilmassa olevan kosteuden vaikutus betonin lujuuden kehittymiseen, kuivumiseen ja päällystettävyyteen.

Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että sääsuojaus kyseisen tyyppisessä kohteessa on ylimääräinen kustannus, mikäli kosteudenhallintasuunnitelma tehdään huolella ja sitä noudatetaan. Kosteudenhallinta vaatii jatkuvaa tarkkailua ja tarkkaa suunnittelua erityisesti kohteessa jossa ei käytetä erillistä sääsuojasta. Tulevaisuudessa sääsuojauksen käyttö tulee yleistymään, mutta käytäntö, että halvin tarjous voittaa karsii sääsuojauksen käyttöä ja varsinkin sen laatua. Näistä syistä tilaajien tulisi olla valmiita maksamaan sääsuojauksesta, jos sellaista tarjouspyynnössä vaatii.

## LÄHTEET

Merikallio, T., Niemi, S. & Komonen, J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. 2. painos. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Betoniteollisuus Ry. 2015. Tietoa betonista, Perustietopaketti – Mitä betonin valmistuksessa tehdään. Verkkajulkaisu.  
<http://www.betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/mita-betonin-valmistuksessa-tehdaan>

Green Building Council Finland. 2015. Elinkaaren hiilijalanjälki. Verkkajulkaisu.  
<http://figbc.fi/elinkaarimittarit/laskentaohjeet/elinkaaren-hiilijalanjalki/>

Betoniteollisuus Ry. 2015. Paikallavalurakentaminen, valmisbetoniteollisuus – valmistus. Verkkajulkaisu.  
<http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/valmisbetoniteollisuus/valmistus>

Sisäilmayhdistys Ry. 2008. Helsingin, Espoon ja Vantaan - Terveelliset tilat, Työmaan kosteudenhallinta. Verkkajulkaisu.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/korjausten-laadunvarmistus/tyomaan-kosteudenhallinta/>

Merikallio, T. 2009. Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. TKK Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitoksen väitöskirjoja TKK-R-VK4.

RT-kortisto. 1998. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus; RT-kortti RT 14-10675

RT-kortisto. 2013. Rakennustyömaan sääsuojaus. RATU-kortti S-1232.

RT-kortisto. 2010. Talvityöt ja - kustannukset. RATU-kortti C8-0377.

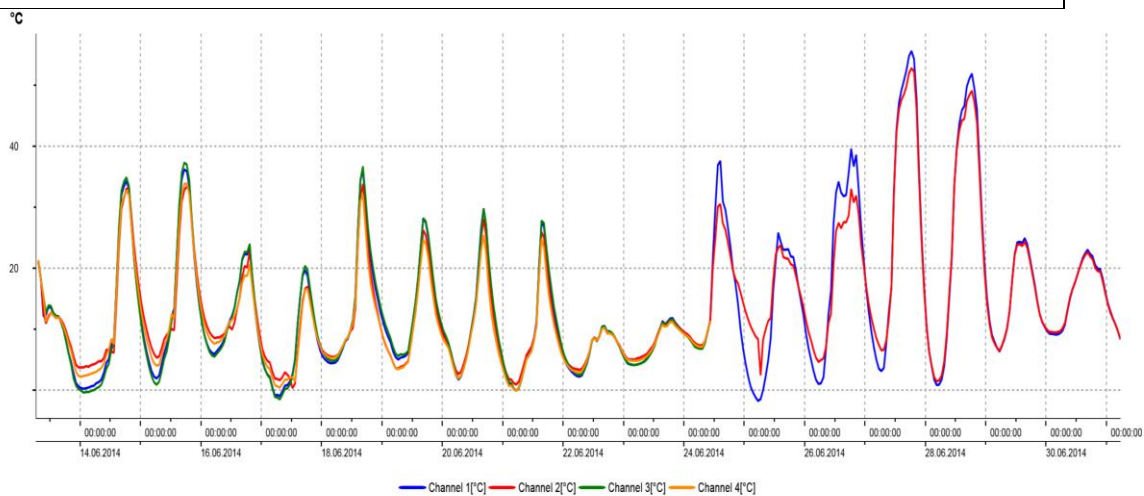
Teline-Rami Oy. n.d. Sääsuojauksen ohjekirja.  
<http://tuotteet.ramirent.fi/sites/tuotteet.ramirent/files/S%C3%A4%C3%A4suojauksen%20ohjekirja.pdf>

Rudus Oy. n.d. Betonin valinta rakenteisiin – olosuhdehallinta.

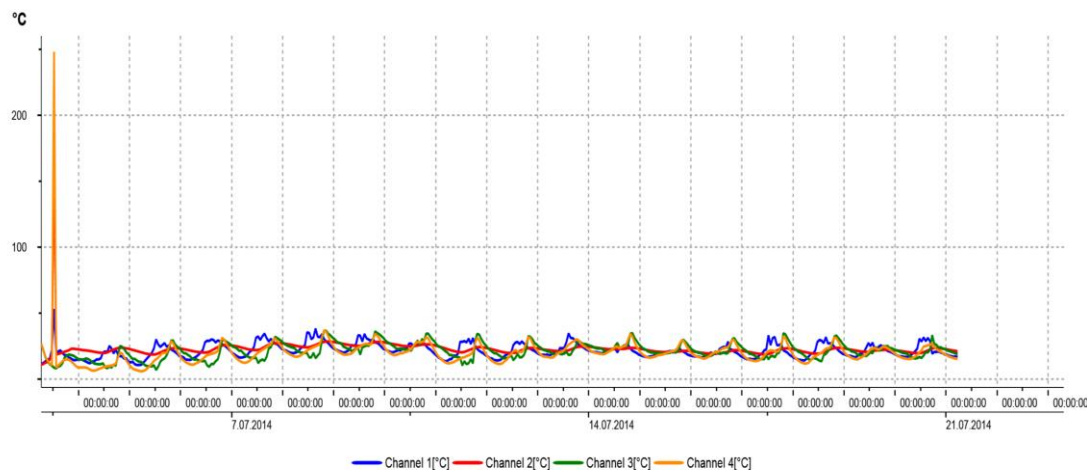
## LIITE 1

## Betonin valulämpötilat

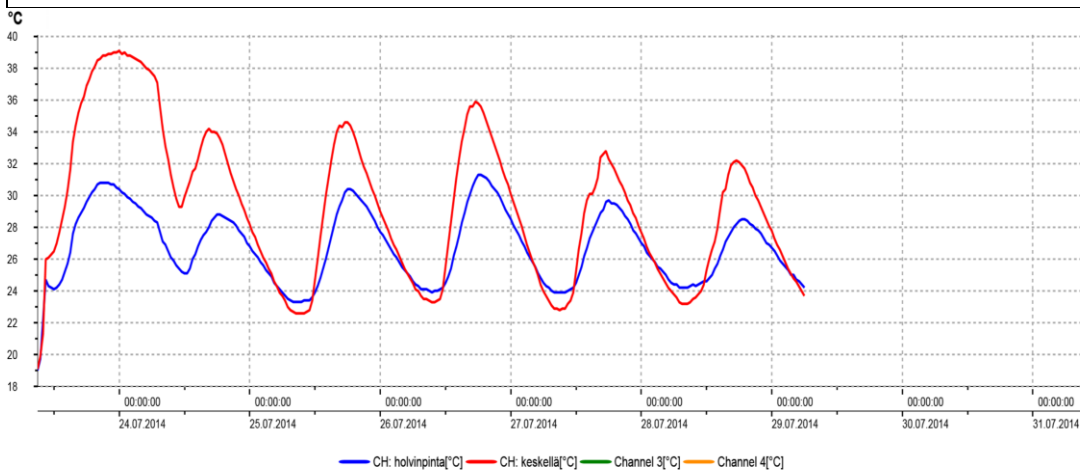
Instrument name: testo 177-T4 Rudus1		1.7.2014 8:55:32		
Start time: 13.6.2014 6:30:00		Minimum	Maximum	Mean value
End time: 1.7.2014 5:30:00	Channel 1 [°C]	-1,8	55,6	13,96
Measurement channels: 4	Channel 2 [°C]	0,3	52,8	13,985
Measured values: 432	Channel 3 [°C]	-1,5	37,3	10,72
C1: SN 02064130 / 103	Channel 4 [°C]	-0,1	33,9	10,152
<b>holvivalu 1.osa kellari</b>				



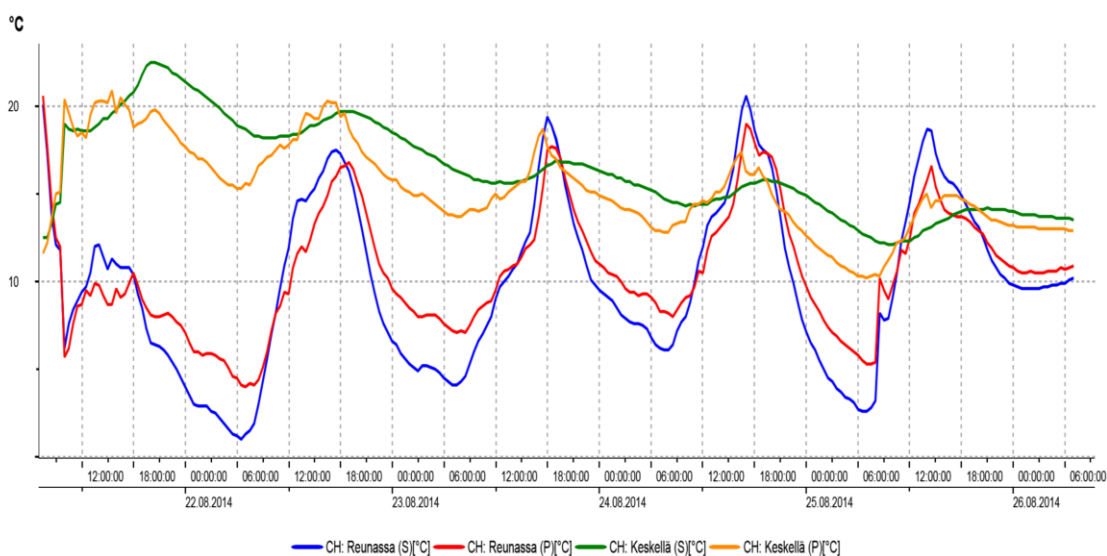
Instrument name: testo 177-T4 Rudus1		23.7.2014 8:03:33			Page 1/1
Start time: 3.7.2014 6:30:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 23.7.2014 7:30:00	Channel 1 [°C]	10,6	53,1	21,569	-100,0/1000,0
Measurement channels: 4	Channel 2 [°C]	10,9	169	22,78	-100,0/1000,0
Measured values: 482	Channel 3 [°C]	6,8	36,6	20,972	-100,0/1000,0
C1: SN 02064130 / 103	Channel 4 [°C]	5,8	248,1	20,094	-100,0/1000,0
<b>holvivalu 1.osa 1.kerros 3.7.2014</b>					



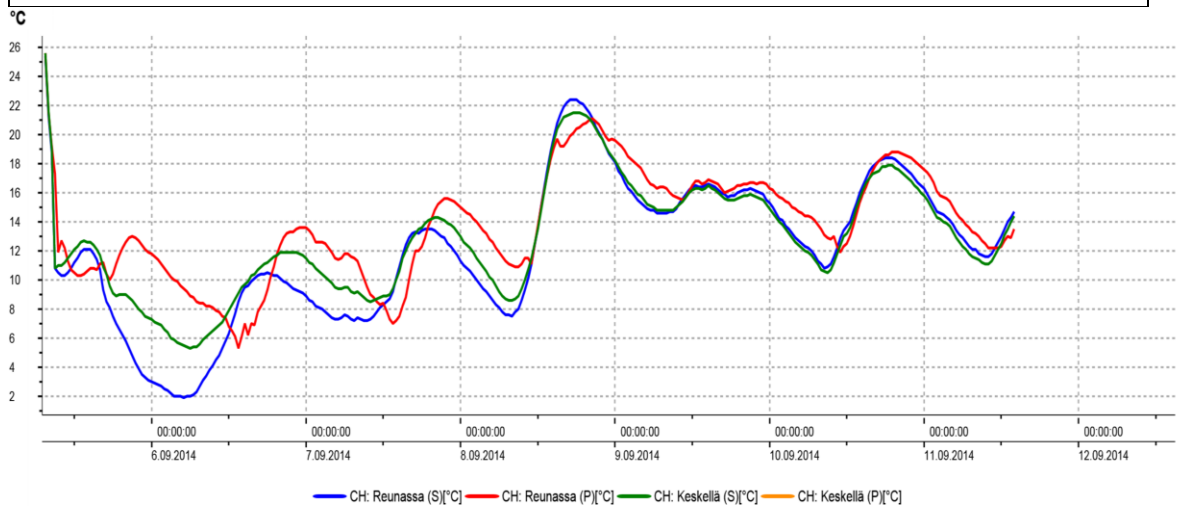
Instrument name: testo 177-T4 Rudus1		31.7.2014 10:04:21			Page 1/1
Start time: 23.7.2014 9:00:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 31.7.2014 10:00:00	CH: holvinpinta [°C]	19	31,3	26,794	-100,0/1000,0
Measurement channels: 4	CH: keskellä [°C]	19,1	39,1	29,321	-100,0/1000,0
Measured values: 387	Channel 3 [°C]	----	----	----	-100,0/1000,0
C1: SN 02064130 / 103	Channel 4 [°C]	----	----	----	-100,0/1000,0
<b>seinävalu 2.kerros 23.7.2014</b>					



Instrument name: testo 177-T4 Rudus1		26.8.2014 9:50:39			Page 1/1
Start time: 21.8.2014 7:00:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 26.8.2014 9:30:00	CH: Reunassa (S) [°C]	1	20,6	9,853	-100,0/1000,0
Measurement channels: 4	CH: Reunassa (P) [°C]	4	20,6	10,592	-100,0/1000,0
Measured values: 246	CH: Keskellä (S) [°C]	12,1	22,5	16,401	-100,0/1000,0
C1: SN 02064130 / 103	CH: Keskellä (P) [°C]	10,2	20,9	15,352	-100,0/1000,0
<b>3. kerroksen Holvi 1.osa 21.8.2014</b>					



Instrument name: testo 177-T4 Rudus1		12.9.2014 15:10:37		Page 1/1	
Start time: 5.9.2014 7:00:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 12.9.2014 15:00:00	CH: Reunassa (S) [°C]	1,9	25,4	12,125	-100,0/1000,0
Measurement channels: 4	CH: Reunassa (P) [°C]	5,3	25,6	13,781	-100,0/1000,0
Measured values: 353	CH: Keskellä (S) [°C]	5,3	25,6	12,812	-100,0/1000,0
C1: SN 02064130 / 103	CH: Keskellä (P) [°C]	----	----	----	-100,0/1000,0
<b>4. kerroksen Holvi 2.osa 5.9.2014</b>					



#### Manuaaliset mittaukset perustusten 1.osa

PVM	Klo	An1	An2	An3	An4	Valu	Työvaihe
30.huhti	14.30	27	28	28	28		perustukset 1/2
	20.30	26	27	23	24		
1.touko	9.00	20	21	17	16		
	19.00	17	16	14	13		
2.touko	7:30	13	10	6	6		
	14:30						

## LIITE 2

## Vaisala kosteusmittaukset

PVM	klo	Nro. 4	Lämpötila [°C]	Nro. 1	Lämpötila [°C]	Nro. 5	lämpötila [°C]
2.9	8.45	94,7	12	99,3	12	76	14,9
12.9	10.40	93,9	14,2	98,6	14,3	49,6	21,6
19.9	7.31	93,2	12,9	98,3	13,1	83,4	13,8
30.9	10.20	92,7	10,1	98	10,2	77,2	9,2
10.10	10.15	92,4	9,6	97,5	9,7	83,3	11,5
23.10	13.00	91,9	11,4	98,6	11,7		
6.11	9.00	91,1	20,2	95,2	20,6		
12.11	12.00	90,6	21,2	94,1	21,1		
26.11	11.00	85,3	20,9	92,5	21,2		
17.12	14.00	80,9	17,8	87,8	18,2		

PVM	klo	4.krs	lämpötila [°C]	3.krs	lämpötila [°C]
		tasaantuu		90,5	19,8
19.12	09.30	95,3	19,0	90,1	19,6
22.12	10.00	90,8	19,2	90,2	20,2
8.1	14.00	89,6	21,5	88,7	21,4
14.1	9.00	88,6	19,5	88,2	17,7
22.1	15.30				

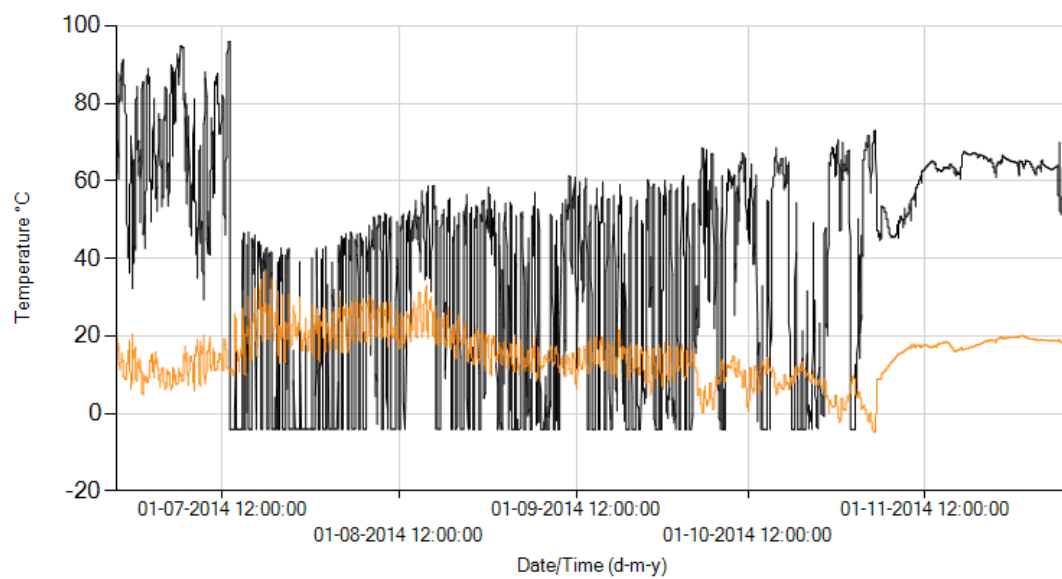
PVM	klo	5.krs	lämpötila [°C]
		97,6	19,8
19.12	09.30	96,3	19,1
22.12	10.00	93,9	20,1
8.1	14.00	93,3	22,5
14.1	9.00	92,5	21
22.1	15.30		



## LIITE 3

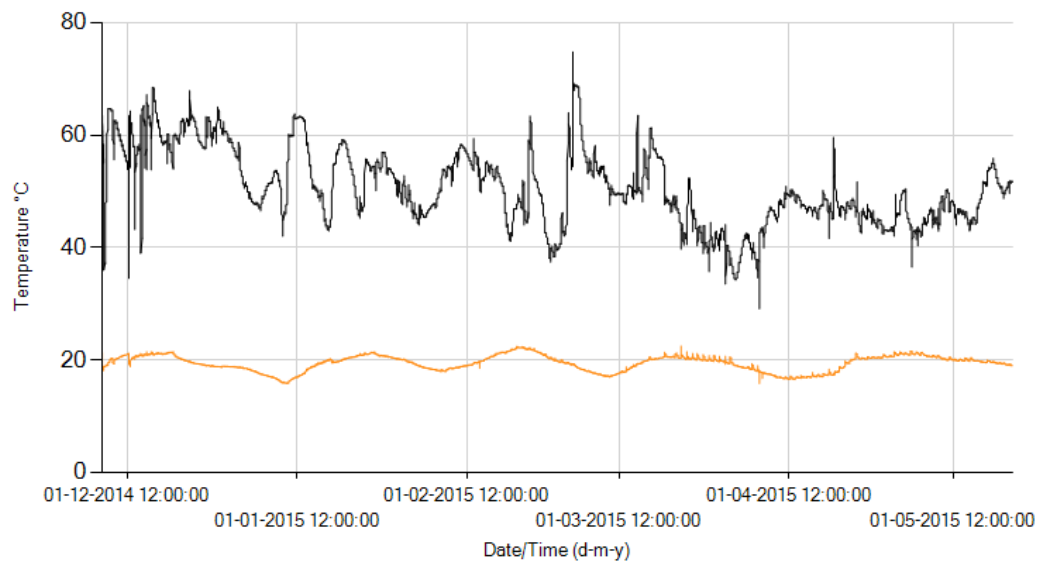
## Rakennuksen sisälämpötilat ja -kosteudet

Data Summary			
Earliest Reading:	12.06.2014 1:34:38		
Latest Reading:	26.11.2014 5:04:38		
Probe:	Sensor 1	Sensor 2	
No of Samples:	8000	8000	
Max:	96,0°C	37,1°C	
Min:	-4,1°C	-4,8°C	
Mean Avg:	39,6°C	15,0°C	
High Alarm Level:	100,0°C	85,0°C	
High Alarm found:	No	No	
No. of over alarms:	0	0	
Low Alarm Level:	0,0°C	-20,0°C	
Low Alarm found:	Yes	No	
No. of under alarms	117	0	



Ylempi jana on kosteusprosentti [%] ja alempi lämpötila [°C]

Data Summary			
Earliest Reading:	26.11.2014 7:51:25		
Latest Reading:	11.05.2015 11:21:25		
Probe:	Sensor 1	Sensor 2	
No of Samples:	8000	8000	
Max:	74,8 %	22,5°C	
Min:	29,1 %	15,8°C	
Mean Avg:	50,7 %	19,4°C	
High Alarm Level:	100,0 %	85,0°C	
High Alarm found:	No	No	
No. of over alarms:	0	0	
Low Alarm Level:	0,0 %	-20,0°C	
Low Alarm found:	No	No	
No. of under alarms	0	0	



Ylempi jana on kosteusprosentti [%] ja alempi lämpötila [°C]