

Joni Helske

## **Sandwich-runkoisen elementtitalon kosteudenhallinta**

## **Sandwich-runkoisen elementtitalon kosteudenhallinta**

Joni Helske  
Opinnäytetyö  
Kevät 2022  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, talonrakennustekniikka

---

Tekijä(t): Joni Helske  
Opinnäytetyön nimi: Sandwich-runkoisen elementtitalon kosteudenhallinta  
Työn ohjaaja(t): Jarmo Erho  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022  
Sivumäärä: 26 + 3 liitettä

---

Opinnäytetyössä käsiteltiin Oulussa sijaitsevan kerrostalon rakennusvaiheessa tapahtuvaa kosteudenhallintaa. Työmaan pääurakoitsijana toimi SRV Rakennus Oy ja työssä raportoidut tapahtumat sijoittuvat kesälle 2021.

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä kosteudenhallintaan ja kuivaukseen liittyviin toimiin. Aluksi perehdyttiin sandwich-elementtirunkoon ja sen kosteusteknisiin ominaisuuksiin. Sen jälkeen käytiin läpi eri kosteusmittaustapoja ja sitä, miten kosteusmittauksien avulla oli mahdollista seurata betonilattioiden kuivumista. Lisäksi tarkasteltiin vaihtoehtoisia toimenpiteitä, joilla betonirunkoista rakennusta voidaan suojella rakennusaikana.

Opinnäytetyön esimerkkikohteena käytetyllä työmaalla alkukesän runsaat sateet valuivat keskeneräisen yläpohjan kautta kerrokseen ja huoneistojen suhteellinen kosteus kasvoi. Tämä aiheutti aikataulumuutoksia ja kiirettä työmaalla. Työssä raportoitiin vaiheet, joilla työmaan suhteellinen kosteus saatiin tarvittavan alhaiseksi, jotta betonin päällystystöitä voitiin jatkaa.

Työssä havaittiin, että kosteuspitoisuuden kasvaessa nopea reagointi ja kuivauksen tehostaminen olivat tarpeen. Suhteellisen kosteuden kasvaessa tilanne saatiin haltuun ja rakenteet kuivuivat hyvin ja kuivumista seurattiin kosteusmittauksilla, jotta varmistuttiin pysyvyydestä. Työmaalla nopean reagoinnin tuloksena kuivaaminen ja uudelleen aikataulutukset onnistuivat erinomaisesti. Tämän seuraksena, aikataulumuutoksista huolimatta opinnäytetyössä tarkastelun kohteena ollut työmaa valmistui alkuperäisen aikataulun mukaan.

---

Asiasanat: kosteudenhallinta, kosteusmittaus, suhteellinen kosteus, sandwich-elementti, betoni

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Program in Civil Engineering, Option of House Building Engineering

---

Author(s): Joni Helske  
Title of thesis: Moisture Control of a Precast Concrete Building  
Supervisor(s): Jarmo Erho  
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022  
Number of pages: 26 + 3 appendices

---

The thesis is based on a moisture control work and research that was done at a building construction site in Oulu, Finland. The main contractor of the construction site was SRV Rakennus Inc. The building in question is a four-story apartment building. The frame of the building is made with precast concrete slabs.

The heavy rains of early summer caused the relative humidity to arise inside the building. This caused there to be some schedule changes. The purpose of the thesis is to report the actions that were taken to control the humidity and to bring it down faster. An important part of humidity control is conducting moisture surveys. This allows you to see how quickly the concrete is drying.

The thesis starts with describing how precast concrete works and how their moisture control is planned to work. After this, it goes through the actions that were taken to bring down the humidity so that the work could continue without any more interruptions. The thesis also explains the different methods of concrete moisture surveying and how the results help you know when the concrete is dry enough.

As a result of the moisture control actions taken, the thesis shows how the needed relative humidity percentage was achieved quicker. The thesis also explores different methods of protecting the concrete building from moisture during construction.

---

Keywords: precast concrete, moisture control, moisture survey

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	SANDWICH-ELEMENTTI .....	7
2.1	Toimintaperiaate .....	7
2.2	Sandwich-elementin kosteudenhallinta .....	8
2.3	Sandwich-elementtien suojaus varastoinnin aikana .....	9
3	BETONIN KOSTEUDENHALLINTA JA KUIVUMINEN RAKENNUSKOHTEESSA .....	10
3.1	Rakennuskohde .....	10
3.2	Sandwich-elementit rakennuskohteessa .....	10
3.3	Kosteus betonissa .....	12
3.4	Kuivaketju 10 .....	12
3.5	Kuivumisen tehostaminen .....	13
3.6	Betonin kuivuminen .....	15
3.7	Lämpötilan vaikutus betonin kuivumiseen .....	16
3.8	Betonin päällystäminen .....	16
4	KOSTEUSMITTAUKSET JA KUIVUMISEN SEURANTA .....	18
4.1	Kosteusmittausmenetelmiä .....	18
4.1.1	Porareikämenetelmä .....	18
4.1.2	Näytepalamenetelmä .....	19
4.1.3	Mitta-anturit .....	19
4.2	Kosteusmittaussyvyydet .....	20
4.3	Rakennuskohteen kosteusmittaukset ja -tulokset ennen päällystämistä .....	20
4.4	Kosteusmittaukset päällystyksen jälkeen .....	22
5	KEHITYSIDEOITA KOSTEUDENHALLINTAAN RAKENTAMISVAIHEESSA .....	23
5.1	Suojaaminen ja sääsuojat .....	23
5.2	Kattoelementti .....	24
5.3	Aukkojen suojaus ja saumojen tiivistys .....	24
6	LOPPUSANAT .....	25
	LÄHTEET .....	26
	LIITTEET .....	27

# 1 JOHDANTO

Suomen olosuhteissa kosteudenhallinta on tärkeää koko rakennuksen elinkaaren aikana, mutta erityisesti rakentamisvaiheessa on huolehdittava rakennuksen kuivana pysymisestä. On varmistettava, että betoni on tarpeeksi kuivaa päällystettäväksi, jotta ei tule ongelmia myöhemmin. (1.)

Opinnäytetyön tarkoituksena on kertoa sandwich-runkoisen elementtitalon kosteudenhallinnasta. Työssä arvioidaan eri kosteudenhallintamenetelmiä ja niiden tehokkuutta sekä kuvataan, miten niiden avulla voidaan varmistaa betonin tarpeeksi alhainen kosteuspitoisuus.

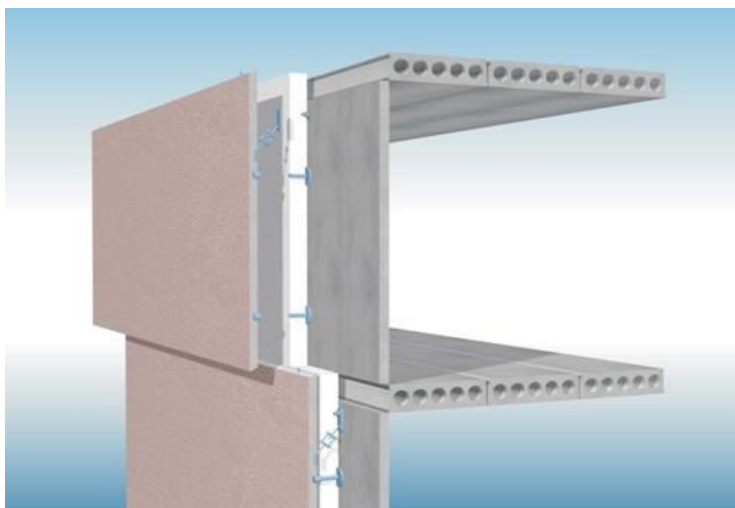
Työssä myös raportoidaan oululaisen kerrostalotyömaan kosteudenhallintaan liittyvät toimenpiteet, joita voidaan käyttää myös tulevilla projekteilla ja rakennuskohteilla. Opinnäytetyön esimerkkitilanteena olevalla työmaalla on käytössä Kuivaketju10-toimintamalli tukemassa rakennuksen kosteudenhallintaa.

Opinnäytetyö perustuu SRV:n kerrostalokohteeseen Oulussa. SRV on vuonna 1987 perustettu yhtiö. SRV Rakennus Oy on osa SRV Yhtiöt Oyj konsernia. Rakennustoiminta perustuu SRV malliin. Tämän mallin lähtökohdaksi on asiakastarpeiden ymmärtäminen sekä projektien tehokas toteuttaminen yhteistyössä kumppaneiden kanssa. SRV Mallissa yhdistyy hankekehitys ja projektinjohtototeutus. SRV ottaa siis vastuun hankkeen läpiviennistä ja hoitaa projektin johtamisen. Kohde on SRV:n itse markkinoima. (2.)

## 2 SANDWICH-ELEMENTTI

### 2.1 Toimintaperiaate

Betonisten ulkoseinärakenteiden osuus Suomessa on yli 25 %. Näistä suurin osa tehdään Sandwich-elementeistä. Sandwich-elementti on julkisivuelementti, jonka ulko- ja sisäkuori sidotaan yhteen ansailla eristekerroksen läpi. (Kuva 1.) Tämä tehdään yleensä valmiiksi samassa tuotantoprosessissa tehtaalla. Joskus kuoret voidaan valmistaa erikseen ja ne kootaan myöhemmin tehtaalla sandwich-komponentiksi. Kuorien välissä on lämmöneriste, joka on tuuletusurin varustettua lasi- tai mineraalivillaa. Tuuletusputket asennetaan valmiin elementtiseinän saumoihin. (3.)



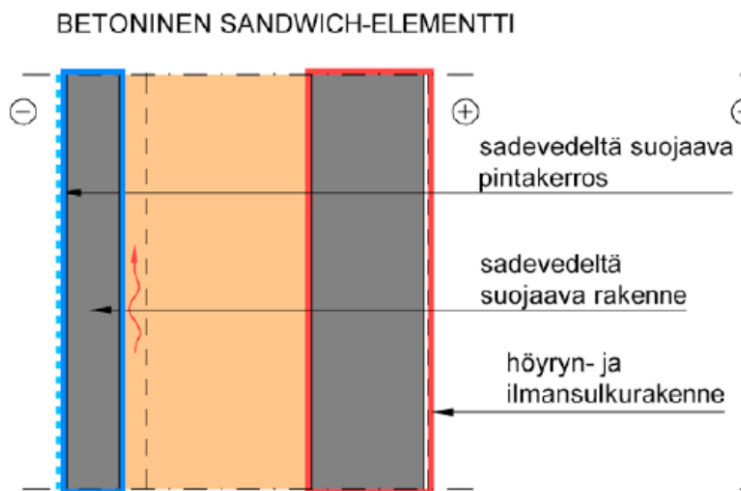
KUVA 1. Sandwich-elementin rakenne (3)

Sandwich-elementissä sisäkuori toimii kuormaa kantavana, taivutettuna ja puristettuna rakenneosana. Yhteistoiminta betonikuorien välillä saadaan aikaan diagonaaliinsailla ja pistokkailla. Ne toimivat vedettyinä ja puristettuina sauvoina, joita hyödyntäen ulkokuorelta tuleva paino ja tuulikuorma sekä muut kuormat viedään sisäkuorelle. Myös kova lämmöneriste voi siirtää painekuormia sisäkuorelle. Tämän vaikutus jäykkyyteen on kuitenkin vähäinen. Ansaat siis ripustavat ulkokuoren sisäkuoreen ja estävät ulkokuoren liiallisen kaareutumisen elementin keskikohdalla ja reunoilla. Epätasainen kuivumiskutistuminen sekä ilman kosteus- ja lämpötilavaihtelut ovat yleensä kaareutumisen syytä. (3.)

## 2.2 Sandwich-elementin kosteudenhallinta

Sandwich-elementin kosteusrasitus voidaan jakaa ajallisesti kahteen osa-alueeseen. Ensimmäisenä ovat on rakennusvaiheen aikaiset kosteusrasitukset, jotka riippuvat rakennustyön aikaisista suojuuksista ja niiden onnistumisesta. Toinen on käytön aikainen kosteusrasitus. (1.)

Rakennustöiden aikana vettä voi kulkeutua huonon sään vuoksi elementtiin. Käytön aikana kosteutta voi siirtyä rakennuksen sisätiloista elementtiin mahdollisista tiivistämättömistä saumoista tai vesihöyryn diffuusiolla. Tämän vuoksi lämmöneristeessä on yleensä vaaka- tai pystysuuntaisia tuuletusuria, joiden tehtävänä on ilmavirtausten avulla poistaa ylimääräinen kosteus rakenteesta. Kuvassa 2 on kerrottu, millä tavoin sandwich-elementin eri rakenneosat toimivat kosteusteknisesti. (1.)



KUVA 2. Kosteustekninen rakenne (3)

Kosteuden kannalta kriittisiä kohtia sandwich-elementissä ovat vialliset tai vanhentuneet elementtisaumat, rakenteesta puuttuva tuulettuminen, ikkunoiden ja muiden läpivientien tiivistykset. Myös vuotovesien puutteellinen poistumismahdollisuus vaakasuuntaisista liitoksista on kosteusriski. (3.)



### **2.3 Sandwich-elementtien suojaus varastoinnin aikana**

Kaikista paras tapa suojata sandwich-elementit on asentaa ne paikoilleen mahdollisimman nopeasti, mieluiten työmaalle saapumisen yhteydessä suoraan kuljetusautosta. Tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista, vaan toisinaan elementit täytyy varastoida työmaalla ennen niiden asennusta. Silloin sandwich-elementtien suojaaminen erityisesti eri kosteuden lähteistä on tärkeää. (1.)

Sandwich-elementin eristeosa on elementin heikko kohta. Tämä lämmöneriste on erityisen tärkeä pitää kuivana. Betoni kestää enemmän kosteusrasitusta, mutta betoninkaan ei ole hyvä imeä liikaa kosteutta itseensä. Elementin sisäkuori onkin hyvä suojata, jotta se ei ime kosteutta ja päästä asennuksen jälkeen kosteutta sisäilmaan. Betonin voi suojata esimerkiksi rakennuspeitteillä. (1.)

### **3 BETONIN KOSTEUDENHALLINTA JA KUIVUMINEN RAKENNUSKOHTEESSA**

#### **3.1 Rakennuskohde**

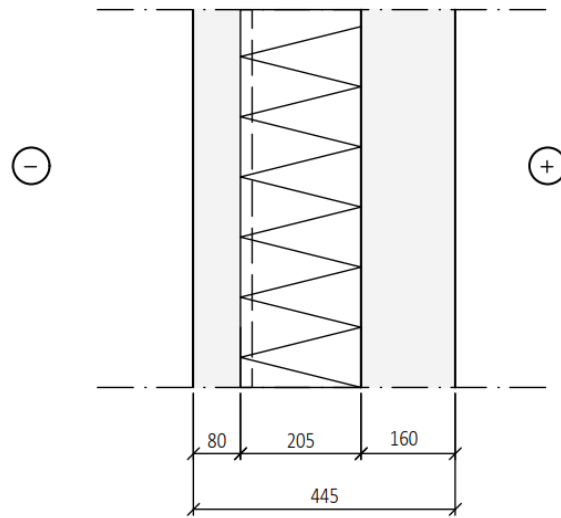
Opinnäytetyö perustuu havantoihin SRV:n kerrostalotyömaalta Oulussa. Kohteen rakennustyöt aloitettiin marraskuussa 2020. Valmistuminen suunniteltiin vuoden vaihteeseen 2022. Talven aikana kylmät säät aiheuttivat ongelmia, sillä oli liian kylmä betonitoille. Kevään ja kesän aikana runsaat sateet aiheuttivat runkolaattojen kastumista ja olosuhteet eivät olleet kuivumisen kannalta suotuisia. Tästä huolimatta kohde valmistui ajallaan ja luovutus oli 30.12.2021.

#### **3.2 Sandwich-elementit rakennuskohteessa**

Opinnäytetön esimerkkikohteen sandwich-elementit ovat hiekkapuhallettua harmaata betonia sekä vaakauritettua hienopestyä valkobetonia. Elementin sisäkuoren paksuus on 160 mm, eristekerroksen paksuus 205 mm ja ulkokuoren paksuus 80 mm. (Kuva 3.)

## US 1

Kantava ulkoseinä



	Pinta työselostuksen mukaan
80 mm	Betonulko kuori. RST-raudoitus B600KX. Rasitusluokka XC3, XC4 ja XF1 / By65 mukaan Pinta HIPM-A maalausalusta / By40
205 mm	Uritettu urasuojattu betonielementti-eriste ( $\lambda_d = 0.031 \text{ w/mk}$ ), Sisäkuori- ja ulko kuori sidotaan toisiinsa RST-ansailta
160 mm	Kantava betoni sisäkuori Raudoitus elementtisuunnitelmien mukaan Rasitusluokka XC1 / By65 mukaan Pinta teräshierto THI-A / By40
	Pinta huoneselostuksen mukaan

Elementtien vaakasaumoihin tuuletusputket vähintään k2000 jaolla. Eristeessä tuuletuskotelot vaakasaumoissa.

KUVA 3. Sandwich-elementin rakennetyyppi (5)

Kohteen sandwich-elementit varastoitii elementtifakilla työmaalla 1-2 päivää. Elementin lämmöneristeet oli peitelty ympäriinsä muovilla, jotka poistettiin vasta asennuksen yhteydessä. Elementtien eristeet ovat uritettua urasuojattua betonielementti-eristettä, joka ei ime vettä.

### 3.3 Kosteus betonissa

Kosteudenhallinta työmaalla on tärkeää, varsinkin Suomen kosteissa olosuhteissa. Erityisesti on huolehdittava kuivumisesta, sillä betoni on huokoinen materiaali ja tämän vuoksi imee itseensä kosteutta hygroskooppisesti sekä kapillaarisesti. Hygroskooppinen kosteudensiirtymä tapahtuu, kun betonia ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on korkea ja betoni alkaa imemään itseensä kosteutta kunnes, saavuttaa saman suhteellisen kosteuden kuin ilmassa oleva. Tämä on kostumista. Kastuminen tapahtuu, kun betoni kapillaarisesti kastuu eli se imee itseensä kosteutta, joka on nestemäisessä muodossa.(6.)

Opinnäytetyössä tarkasteltavassa kerrostalokohteessa kosteutta pääsi rakenteisiin alkukesän aikana runsaiden sateiden vuoksi. Kosteutta oli paikoin runsaasti ja erityisesti kylpyhuoneiden kololaattojen kohdalla betonin kosteus oli korkea. Tämä aiheutti sen, että huoneistoissa suhteellinen kosteus nousi, mutta rakenteiden kuivaaminen saatiin käyntiin lämmityksellä ja kuivauskalustolla. Huolimatta kuivatuksesta aiheutuvasta lisätyöstä, kohteen kaikki muut työt saatiin tehtyä aikataulussa, sillä aikataulutusta ja resurssienhallintaa pystyi joustavasti reagoimaan muuttuneeseen tilanteeseen.

Kosteusmittaukset aloitettiin, kun vaippa saatiin umpeen ja saatiin betonin kosteustilanne varmistettua. Mittaukset otettiin kylpyhuoneiden kololaatoista, joissa suhteellinen kosteus oli korkeimmillaan jopa 97,1 %. Betonin suhteellisella kosteudella (RH %) tarkoitetaan betonin huokosten ilmatilan suhteellista kosteutta. Suhteellinen kosteus huomioi betonin huokosten ilmatilassa vesihöyrynä olevan kosteuden. (6.)

Mittausten jälkeen kuivumista pyrittiin tehostamaan, jotta aikataulusta jouduttaisiin poikkeamaan mahdollisimman vähän. Luvuissa 3.4 ja 3.5 on kerrottu toimenpiteistä, joilla hallittiin rakenteisiin päässyttä kosteutta ja nopeutettiin kuivumista.

### 3.4 Kuivaketju 10

Kohdetyömaalla on käytössä Kuivaketju 10 –toimintamalli, jolla pyritään ehkäisemään ja estämään kaikki kosteusvauriot rakentamisen kaikissa eri vaiheissa, jopa koko rakennuksen elinkaaren aikana. Toimintamallissa on esitetty seuraavat kymmenen yleisintä kosteusriskiä sekä Kuivaketju 10 -riskilista ja ohje:

1. Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita.
2. Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle.
3. Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan.
4. Kosteutta siirtyy ilmansulkukerroksen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi.
5. Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin.
6. Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja.
7. Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet.
8. Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen.
9. Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen.
10. Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti. (7.)

Kuivaketju 10:n kohta 3 kertoo vesikatteen läpi tulevasta sadevedestä. Alkukesän runsaiden sateiden aikana vesikatto ei ollut vielä valmis, joten sadevesi tunkeutui keskeneräisen yläpohjan läpi rakenteisiin. Vesikaton puutöiden valmistuttua veden pääsy yläpohjan kautta rakenteisiin loppui. (7.)

Kohdassa 8 mainitaan, että kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin pilaantumisen. (7.) Tämän vuoksi ryhdyttiin kuivumisen tehostamiseen, jotta saatiin varmistettua, että betoni on kuivaa ennen kuin se päällystettiin.

Työmaan kaikki pintarakenteet on tehty vasta, kun rakenteet saavuttivat materiaalin vaatiman suhteellisen kosteuden. Pinnoituspäätökset on tehty Kuivaketju 10:n mukaisesti yhdessä kosteuskoordinaattorin, vastaavan työjohtajan ja mittauskonsultin kanssa.

### **3.5 Kuivumisen tehostaminen**

Opinnäytetyön esimerkkinä olevan kerrostalon kuivattaminen aloitettiin vesi-imuroimalla vesi betonin pinnalta ja huolehtimalla betonin puhtaana pitämisestä sekä tuulettumisesta. Huoneistoihin vietiin lämpöpuhaltimia ja samalla varmistettiin hyvä ilman kierto. Työmaalle vuokrattiin lämpökontti (kuva 4 ), joka puhalsi lämmintä ilmaa huoneistoihin ja nosti rakennuksen sisälämpötilan korkealle.



KUVA 4. Lämpökontti (8)

Työmaalle vuokrattiin puhaltimia (kuva 5), jotka varmistivat hyvän ilmankierron ja liikuttivat lämpökontin tuottamaa lämmintä ilmaa ympäri rakennusta huoneistoihin ja näin ollen tehostivat kuivumista. Työmaalle vuokrattiin myös yhdistelmäkuivaimia, jotka absorptiotekniikan avulla erottelevat ilmassa olevan vesihöyryn ja tiivistävät sen vedeksi kondensiotekniikan avulla.



KUVA 5. Simpukka- ja aksiaalipuhallin

Kun lattiolta saatiin poistettua vesi, huoneistojen suhteellinen ilmankosteus laski. Tällöin betoni alkoi kuivumaan eikä imenyt kosteutta hygroskooppisesti eikä kapillaarisesti. Muutamien viikkojen

ajan huolehdittiin siitä, että huoneistoissa oli riittävä lämpötila ja ilmanvaihto hyvä. Betonipinnat puhdistettiin myös useasti, jotta kuivuminen oli mahdollisimman tehokasta.

### 3.6 Betonin kuivuminen

Vasta valetun betonin suhteellinen kosteus on 100 %, sillä betonin valmistuksessa tarvitaan vettä. Veden ja sementin aiheuttama kemiallinen reaktio kovettaa betonin. Tähän reaktioon menee vain pieni osa tarvittavasta vedestä, koska suurin osa vedestä tarvitaan betonin työstettävyyden takia. Betonin kovettuessa vesi sitoutuu, mikä laskee suhteellista kosteutta. Tämän jälkeen betonissa on vielä ylimääräistä kosteutta, joka haihtuu ajan kuluessa, kun betoni tasapainottuu vallitsevan ilmankosteuden kanssa, joka on yleensä noin 50-60 %. (9.)

Betonin päällystettävyyden kannalta, rakenteen ei tarvitse kuivua tähän tasapainokosteuteen vaan vaadittavan kosteuspitoisuuden asettavat päällystemateriaalit. Yleisimmät päällystemateriaalit vaativat suhteellisen kosteuspitoisuuden olevan RH 80-90 %. Työmaan betonilattioiden kosteuspitoisuuden täytyi olla ennen plaanolla päällystämistä alle 85 % . (9.)

Betoni kuivuu sitoutumalla ja haihtumalla. Betonin ominaisuudet vaikuttavat suuresti kuivumismuotojen osuuksiin. Mitä suurempi betonin sementtipitoisuus on, sitä enemmän betoni kuivuu sitoutumiskuivumisella. Monet erikoisbetonit kuivuvat nopeasti, mikä perustuu suureen sementtimäärään. Tätä kutsutaan ns. itsestään kuivumiseksi. Haihtumiskuivumiseen vaikuttavat betonin koostumus, betonirakenteen paksuus ja ympäristön lämpötila sekä kosteus. Haihtumiskuivumisen prosessissa kosteus liikkuu rakenteen sisällä kohti pintaa ja se haihtuu ympäröivään ilmaan. (9.)

Betonirakenteen paksuus vaikuttaa kuivumiseen merkittävästi, sillä paksummassa rakenteessa kosteus joutuu siirtymään pidemmän matkaa päästäkseen pinnalle. Rakennepaksuuden kaksinkertaisuessa tai kuivumisen estyessä toisesta suunnasta voi kuivumisaika jopa nelinkertaistua. (9.)

Betonin kastuminen on yksi merkittävimmistä kuivumista hidastavista tekijöistä. Opinnäytetyön esimerkkikohteessa ontelolaatat kastuivat ja ryhdyttiin toimenpiteisiin, jotta betoni saisi oivalliset olosuhteet kuivumiselle. Ontelolaatta on teräsbetoninen elementti, jossa olevien onteloiden avulla rakenteesta saadaan kevyempi säilyttäen samalla kuitenkin lujuus ja kantavuus. (9.) Työmaan

välipohjat ovat ontelolaattoja, jotka työmaalle tullessa ovat kerenneet kuivua jo jonkin aikaa. Ontelolaattojen onteloissa oleva vesi voi myös aiheuttaa ongelmia. Onteloihin porattiin reikiä ja niihin kertynyt vesi valutettiin pois. Tämä ei ole suuri ongelma, mutta on hyvä saada vedet hallitusti rakennusaikana pois, jotta vedet eivät tule valmiiden pintojen läpi ja aiheuta ongelmia sitten.

### **3.7 Lämpötilan vaikutus betonin kuivumiseen**

Tehokkain tapa betonin kuivattamiselle on betonin lämpötilan nostaminen. Rakennetta ympäröivän ilman lämmittäminen ja tuulettaminen, betonin lämmittäminen sekä kosteuden poiston tehostaminen kosteudenkerääjille ovat yleisimpiä menetelmiä betonin suhteellisen kosteuden alentamiseksi. (9.)

Betonin lämpötilan noustessa vesihöyryn osapaine kasvaa. Tämä lisää betonin vesihöyrynläpäisevyyttä. Yhdessä nämä lisäävät ja nopeuttavat betonin kuivumista. Betonin ja ympäristön välinen suuri lämpötilaero edistää kuivumista suuresti. Lämmitettäessä betonilaattaa on lämmityslaitteet sijoitettava niin, että kosteusvirta menee luonnollista kulkusuuntaa pitkin. Esimerkiksi säteilylämmittimet kannattaa sijoittaa välipohjalaatan alapuolelle. Säteilylämmitin ei kuitenkaan lämmitä kerroksen välistä ilmaa, eli sitä käytetään kun halutaan lämmittää itse betonia. On myös huolehdittava, että ympäröivän ilman kosteuspitoisuus on alhainen, jotta betonista tuleva kosteus pääsee haihtumaan ympäröivään ilmaan. Tarvittaessa sementtiliimakerroksen pois hionta nopeuttaa kuivumista. (9.)

On hyvä huomioida, että jos esimerkiksi ontelolaattavälipohjan alla on lämpimämpää kuin sen yläpuolella, voi ontelolaatassa tapahtua kosteuden uudelleen jakautumista. Tällöin kosteus siirtyy pintalaattaan ja voi keräytyä päällysteen alle ja näin aiheuttaa kosteusvaurioita. Vaurioriskit pienenevät, jos yläpuolen lämpötila on korkeampi, sillä kosteus pyrkii siirtymään alaspäin. (9.)

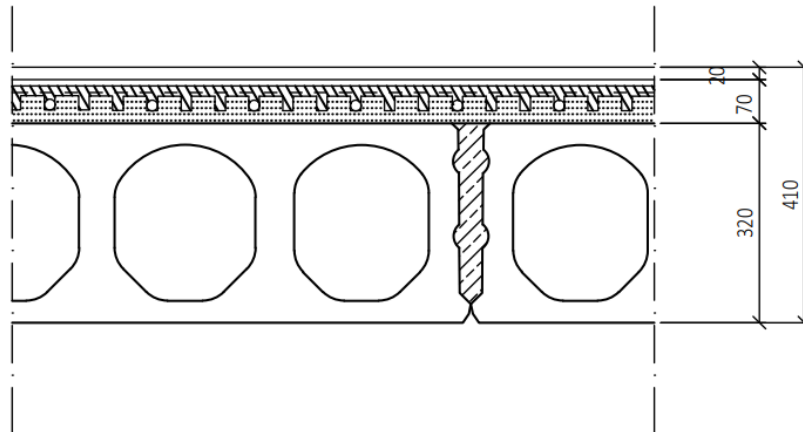
### **3.8 Betonin päällystäminen**

Betonin saavuttettua sopivan kosteuspitoisuuden oli mahdollista edetä seuraavaan työvaiheeseen eli betonin päällystykseseen. Kuvassa 6 esitetään välipohjan rakenne. Suurimman osan huoneistojen kylpyhuoneista pintarakenteet tehtiin maakostealla betonilla ja kaksi huoneistoa päällystettiin sillä kokonaan. Muuten kaikkien huoneistojen pintarakenteet tehtiin plaanolla.



## VP 1

Välipohja yleensä  
asunnoissa



	Pinta huoneselityksen mukaan
20 mm	Parkettivara / lautaparketti Pinnoitetta ei saa vaihtaa ääniteknisesti huonompaan rakenteeseen, esim laatoitukseen. Joustava parketinalusmateriaali esim. Upofloor Tuplex tai muu testattu tuote
70mm	Askelääni/lattialämmitysjärjestelmä toimittajan ohjeiden mukaan Reunoilla reunanauha järjestelmätoimittajan mukaan
320 mm	Esijännitetty ontelolaatta elementtitoimittajan suunnitelmien mukaan. Laattojen saumavalut ja -teräkset rakennesuunnitelmien mukaan Rasitusluokka XC1/ By65
	Pinta huoneselityksen mukaan

KUVA 6. Rakennetyyppi välipohjarakenteesta (5)

Plaanon pumppaus suoritettiin aina kerroksittain, ja plaanon ollessa erittäin kostea ilmankosteus nousi kerroksessa erittäin korkealle. Myöhäisen aikataulun vuoksi täytyi edesauttaa plaanon kuivumista, jotta seuraavat työvaiheet pääsisivät alkamaan ajallaan. Seuraavien viikkojen aikana huolehdittiin hyvästä ilmankierrosta ja hyödynnettiin tähän samoja laitteita kuin aikaisemmin. Erityisesti yhdistelmäkuivaimet sekä puhaltimet tulivat tarpeeseen.

## 4 KOSTEUSMITTAUKSET JA KUIVUMISEN SEURANTA

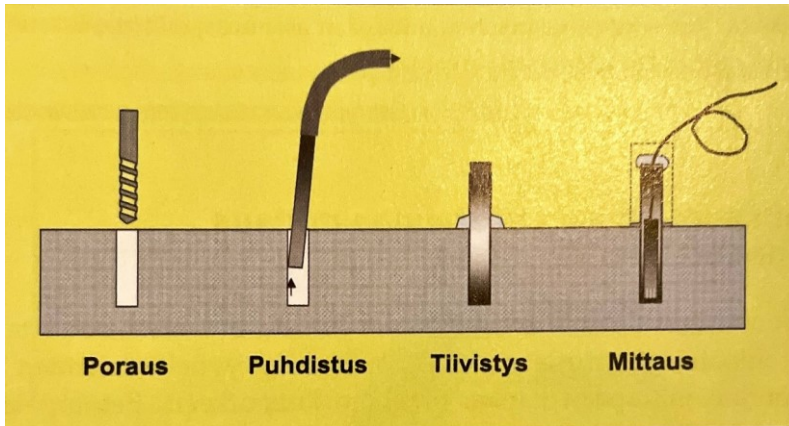
Kosteudenmittaus on tärkeä osa kosteudenhallintaa. Sen avulla voidaan seurata kuivumisen etenemistä ja varmistua siitä, että betonirakenteen kosteuspitoisuus on tarpeeksi alhainen päällystystä varten. (6.) Opinnäytetyön esimerkkikohteessa kololaattojen päällystäminen tehtiin maakostealla betonilla ja muu osa huoneistoista plaanolla. Tarkoitus oli saada suhteellinen kosteus 60 mm:n syvyydellä alle 85 %:iin. Suhteellisen kosteuspitoisuuden mittaaminen vaatii huolellisuutta ja tarkkuutta. Tämän vuoksi kosteusmittaukset suoritti alan erikoisyriksen sertifioidut rakenteiden kosteudenmittaajat. (Liite 3.)

### 4.1 Kosteusmittausmenetelmiä

Betonin suhteellinen kosteus voidaan mitata tarkasti porareikämenetelmällä, näytepalamenetelmällä tai mahdollisesti valun aikana betoniin upotetuilla mitta-antureilla. Pintakosteusmittarit havainnoivat vain pintaosien kosteuden ja päällystettävyyden kannalta tämä ei ole riittävä. (9.) Luvuissa 4.1.1-4.1.3 käydään kosteusmittausmenetelmät läpi.

#### 4.1.1 Porareikämenetelmä

Porareiästä mitattava menetelmä on yleisin tapa määrittää betonin kosteus. Se vain vaatii muutamia päiviä luotettavia tulosten saamiseksi. Reikä porataan haluttuun mittaussyvyyteen. Porauksessa ei saa käyttää apuna vettä. Porauksen jälkeen reikä tulee puhdistaa huolellisesti ja tiivistää päältä ja sivuilta. Mittauksen voi tehdä vain kerran samasta reiästä. Betonin poraaminen kuumentaa betonin pintaa ja liian aikainen mittaaminen voi aiheuttaa epätarkan mittaustuloksen. Tämä on vaativa menetelmä ja vaatii sen, että mittaajan täytyy olla sertifikoitu. (9.) (Kuva 7.)



KUVA 7. Porareikämenetelmä (6)

#### 4.1.2 Näytepalamenetelmä

Näytepalamittausmenetelmällä betonista piikataan halutulta syvyydeltä murusia ja nämä muruset laitetaan välittömästi tiiviiseen koeputkeen. Tämän lisäksi koeputkeen laitetaan kosteusmittausanturi. Betonin ja mittausanturin annetaan tasaantua vakioämpötilassa n.+20 °C:ssa ennen kosteusarvon määrittämistä. Rakennuskohteessa suurin osa kosteusmittauksista toteutettiin näytepalamenetelmällä. (6.) (Kuva 8.)



KUVA 8. Näytepalamenetelmä (6)

#### 4.1.3 Mitta-anturit

Työmaan olosuhteissa on myös mahdollista käyttää mitta-antureita. Tällöin mitta-antureita jätetään betonin sisään betonivalun aikana. Näin betonin kosteuspitoisuutta voidaan tarkastella antureiden avulla. (9.)

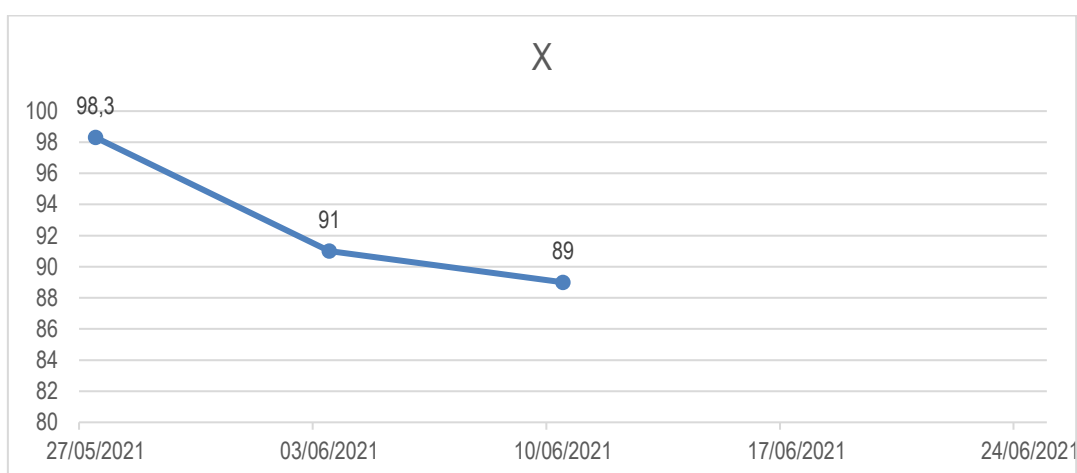
## 4.2 Kosteusmittausvyödyt

Mittausvyödyt riippuvat betonin rakenteesta ja paksuudesta. Päälystettävyysskosteus määritetään arviointisyödydeltä (A). Paikalla valettu betonilaatta kuivuu kahteen suuntaan, joten päälystettävyysskosteus määritetään 20 % rakenteen paksuudesta. Arviointisyödyys on siis 0,2 kertaa rakenteen paksuus. Ontelolaatta on yhteen suuntaan kuivuva rakenne, joten arviointisyödyys A on 40 % rakenteen paksuudesta. Arviointisyödyys on siis 0,4 kertaa rakenteen paksuus. Maksimimittausvyödyys on 70 mm. (6.)

## 4.3 Rakennuskohteen kosteusmittaukset ja -tulokset ennen päälystämistä

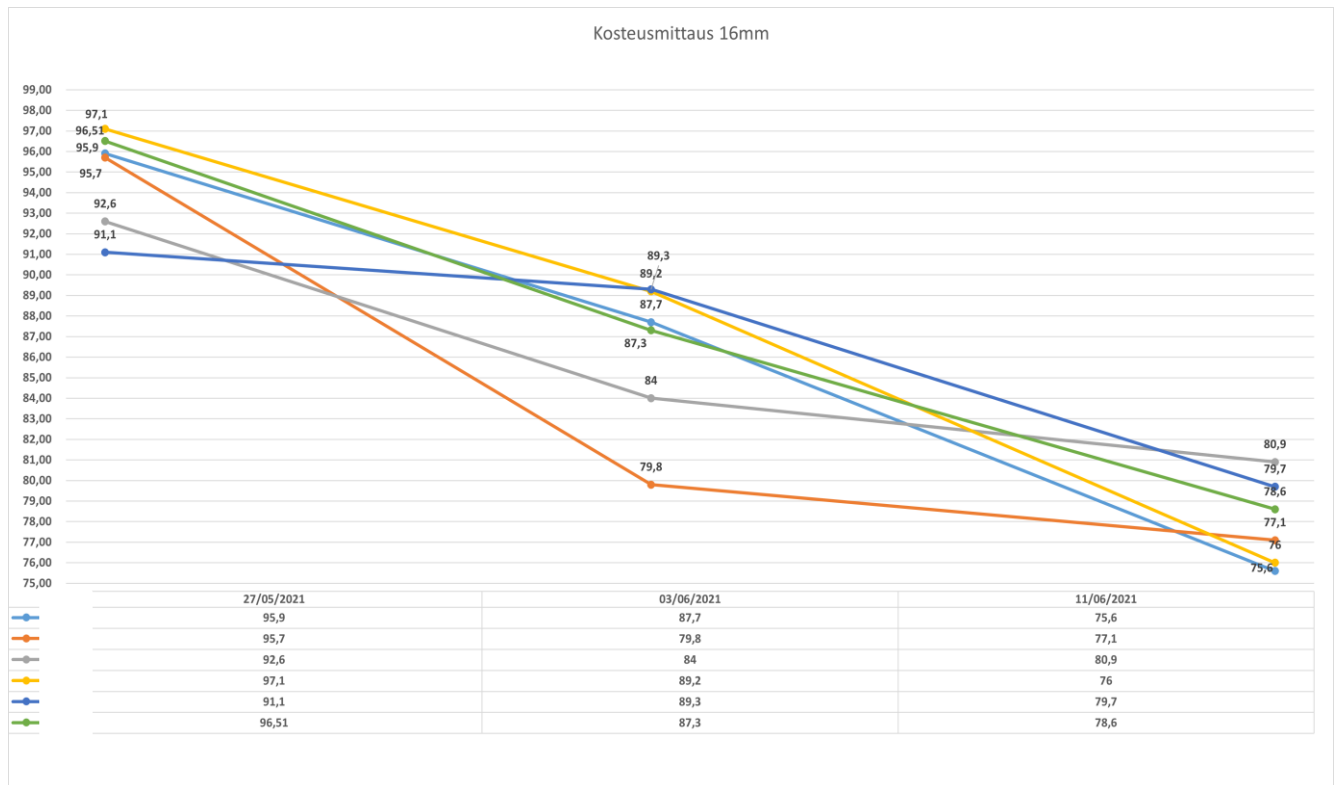
Kosteusmittaukset aloitettiin toukokuussa ja koko loppukesän ajan kosteusmittauksia suoritettiin kerran viikossa. Ensimmäiset mittaukset otettiin kahdeksasta eri huoneistoista, joka kerroksesta kaksi mittapistettä. Huoneistojen X ja Y betonilaatta päälystettiin kokonaan maakostealla betonilla. Muissa huoneistoissa kosteusmittaukset tehtiin kylpyhuoneiden kololaattojen kohdalla, jotka suunnitelmien mukaan täytettiin leca-soralla ja päälystettiin maakostealla betonilla. Mittaukset tehtiin näistä kohdista sillä maakostealla betonilla päälystäminen oli aikataulussa seuraavana. Tämä oli se työvaihe, jota täytyi korkean kosteuspitoisuuden vuoksi siirtää muutamalla viikolla.

Huoneiston X (kuva 9) rakenteena on 400 mm paksu paikallavalettu betonilaatta ja mittausvyödytenä 30 mm ja 70 mm. Kuvassa 10 on kuvattu, miten huoneiston suhteellinen kosteusprosentti laski.



KUVA 9. Kuvaja kertoo, miten huoneiston suhteellinen kosteusprosentti alkoi laskea

Muiden huoneistojen rakenteena on 200 mm paksu kololaatta ja näiden mittaussyvyudet olivat 16 mm ja 40 mm. Kuvasta 10 voi havaita, miten kosteusprosentti laskee kaikissa huoneistoissa. Ensimmäisen viikon aikana suhteellinen kosteus laskee mittauspisteestä riippuen n. 2-9 % ja mittaussjakson lopussa kosteusprosentti oli 75-80 % mittauspisteestä riippuen.



KUVA 10. Kuvaaja kertoo, miten huoneistojen suhteellinen kosteusprosentti alkoi laskea. Mittaussyvyys 16 mm.

Kaikki nämä mittaukset suoritettiin näytepalamenetelmällä ja tasaantumisaika oli noin 16 h. Kosteusmittaajan arvio kokonaismittavirheestä tuloksissa oli  $\pm 3$  %. Mittaustulokset löytyvät liitteenä. (Liitteet 1-3.)

#### 4.4 Kosteusmittaukset päällystyksen jälkeen

Opinnäytetyössä esimerkkinä olevan työmaan aikataulu oli tiukka ja alkukesän kosteusongelmat ei sitä auttaneet. Oli tärkeä tietää kokoajan, missä vaiheessa plaanon tai maakostean betonin kuivuminen oli, jotta parkettien asennus tai kylpyhuoneiden vedeneristys pääsisi alkuun mahdollisimman nopeasti. Tämän vuoksi kosteusmittaaja jatkoi kerran viikossa kosteusmittauksien tekemistä. Ennen betonin päällystämistä merkittiin mittauspistekohtia jokaisen huoneiston kololaatan ja lattialämmitysputkien päältä. Tämä mahdollisti sen, että näytepalat voitiin ottaa osumatta alla oleviin lattialämmitysputkiin. Tämä on esitetty kuvassa 11.



*KUVA 11. Kosteusmittaus näytepalamenetelmällä maakostean betonin päältä (vasemmalla mittauspisteen merkintä ja oikealla näytepala on otettu kosteusmittausta varten)*

## 5 KEHITYSIDEOITA KOSTEUDENHALLINTAAN RAKENTAMISVAIHEESSA

Kosteushallinta työmaalla on aina ollut ajankohtaista talven ollessa kylmä, mutta nykyään kuumat ja kosteat kesät lisäävät kosteudenhallinnan tarvetta työmaalla. Luvuissa 5.1-5.3 käydään läpi vaihtoehtoisia kosteudenhallinnan tapoja. Jotkin niistä eivät välttämättä toimi kaikissa aikatauluissa tai budjeteissa, mutta ehkä tulevaisuudessa niitä voisi ottaa huomioon kustannuksia ja aikataulua suunniteltaessa.

### 5.1 Suojaaminen ja sääsuojat

Rakenteiden suojaaminen on tehokkaampaa ja helpompaa kuin kostean rakenneosan kuivaaminen. Taloudellisesti paras tapa suojata rakenteita on käyttää rakennuksen omia osia. Esimerkiksi silloin, kun vesikatto on paikalla tai julkisivu on asennettu, suojaavat nämä hyvin rakennusta sisältä. Tämän vuoksi valmiiden elementtien käyttö yleistyy, sillä ne tulevat tehtaalta valmiina ja ne tarvitsee vain asentaa työmaalla paikoilleen, mikä yleensä onnistuu aika nopeasti. Elementtien käyttö ei kuitenkaan ole aina mahdollista ja vaihtoehtoisia suojausmenetelmiä tulee käyttää.

Asuinkerrostalon rakentaminen sääsuojan alla ei ole Suomessa hyvin yleistä. Yleensä suojataan vain tietty osa, kuten esimerkiksi sandwich-elementit, jotta niiden eristeosa pysyy kuivana. Yleisesti vain korjausrakentamisessa suojataan koko rakennus.

Suurimmat ongelmat opinnäytetyön kerrostalotyömaalla syntyivät, kun yläpohjan läpi tuli sadevettä, ennen kuin vesikatto oli saatu valmiiksi. Jälkikäteen voidaan pohtia, olisiko tämä voitu ehkäistä mahdollisesti vuokraamalla sääsuoja katolle. Väliaikainen katto voidaan asentaa, jotta työskentely onnistuu säältä suojassa ja sateen pääsy sisä rakenteisiin estyy.

KH Keder -sääsuoja soveltuu väliaikaisiin sää suojaustarpeisiin (kuva 12). Suojakatto asennetaan telineiden päälle tai mahdollisesti siirtokiskon päälle, jolloin sitä voi liikuttaa. Suojakatolla on nostoaukkoja, jotta kattoristikot tai muut vesikaton tarvikkeet voidaan tarvittaessa nostaa katolle. On siis mahdollista vuokrata sääsuojia rakentamisen eri työvaiheita varten, ja esimerkiksi julkisivut voidaan suojata säältä tarvittaessa. (10.)



*KUVA 12. KH Keder-sääsuoja asennetaan työkohteen päälle (9)*

## **5.2 Kattoelementti**

Valmiita elementtejä käytetään rakentamisessa nykyään useissa rakennusvaiheissa. Usein julkisivut ovat tehtaalla valmiiksi tehtyjä sandwich-elementtejä, ja jopa valmiita kylpyhuone-elementtejä käytetään joissakin rakennuskohteissa. Valmiita kattoelementtejä käytetään useasti teollisuuden rakennuksissa, mutta kerrostalorakentamisessa se on vielä harvinaista. Työssä ei arvioida kustannustehokkuutta, mutta tärkein hyöty kattoelementeissä on nopea säältä suojaaminen. Ainakin se säästäisi monta työvaihetta työmaalla ja helpottaisi aikataulun suunnittelua. Kattoelementtien käyttö mahdollisesti lisääntyy tulevaisuudessa myös kerrostalorakentamisessa. (11.)

## **5.3 Aukkojen suojaus ja saumojen tiivistys**

Opinnäytetyön esimerkkikohteessa parempi tiivistys olisi varmaankin helpoin toteuttaa. Olisikin tärkeä pitää huoli siitä, että seinäelementtien ja ontelolaattojen saumakohtat ovat tiiviit. Työmaalla ontelolaatta peitettiin huovalla, mutta useat läpiviennit rakenteilla olevassa kohteessa olivat ongelmakohtia. Läpivientien peittäminen ja parempi tiivistäminen olisi estänyt veden kulun kerroksiin. Myös kerroskohtainen läpivientien tiivistys tai veden ohjaaminen suoraan astioihin olisi vienyt veden pois betonilattioilta, sillä vesi valui läpivientejä pitkin yläpohjan aukoista kerrokseen ja sieltä alempiin kerroksiin.



## 6 LOPPUSANAT

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tutustua työmaan kosteudenhallinnan eri tekijöihin sekä kertoa toimenpiteistä, joilla rakennuskohteessa hallittiin kosteutta. Tavoitteena oli myös tutustua kosteusmittausmenetelmiin ja kuvata, miten betonin kuivumista voidaan tehostaa ja kosteusmittauksilla seurata.

Toimiessani työnjohtajana kohteen työmaalla minulla oli mahdollisuus ensikädessä nähdä, millaista kosteudenhallinta työmaalla on ja millaisia resursseja se vaatii. Onnekseni työmaan muut työnjohtajat olivat ammattitaitoisia ja heidän esimerkeistään opin paljon. Kun rakennuksessa ilmeni kosteutta, he ryhtyivät heti toimeen ja tilasivat kosteusmittaukset sekä kuivauslaitteet. Sen jälkeen ryhdyimme kuivattamaan betonia toimenpiteillä, joista tässä työssäni olen käynyt läpi.

Työskentely tällä työmaalla oli opettavaista. Opin taitoja ja sain tietoa, jota voin hyödyntää tulevaisuudessa, kun työskentelen uusissa projekteissa. Työmaan kosteudenhallinta on asia, jota tullaan aina tarvitsemaan. Opin näkemään, kuinka tärkeää kosteudenhallinta on, jotta rakennuksen kosteudesta aiheutuvia ongelmia voidaan vähentää.

Kuivaketju 10 -riskilistassa sanotaan, että riittämätön kokonaisaikataulu vaikeuttaa Kuivaketju 10:n onnistumista. Täytyy varata tarpeeksi aikaa rakennusprosessin eri vaiheisiin, jotta mahdolliset riskit voidaan torjua. Rakentamisessa on aina kiire, mikä aiheuttaa väistämättä jossakin vaiheessa ongelmia. Epärealistinen aikataulu syö joko lopputuloksen laatua tai aiheuttaa luovutuksen myöhästymisiä jne.

Työ sujui hyvin ja mitään tekemättä aikataulumuutokset olisivat voineet olla paljon pahempia kuin ne nyt olivat. Kyseiset aikataulumuutokset eivät vaikuttaneet opinnäytetyön esimerkkikohteen luovutuksen aikatauluun ja tämä onnistui myös laadusta tinkimättä. Kesän aikana oli kiireinen aikataulu ja itse kukin joutui ponnistelemaan, jotta kaikesta selvittiin. Tämä lopputulos on mahdollista osaavien tekijöiden ja hyvän aikataulusuunnittelun ansiosta.

## LÄHTEET

1. Lehtinen, Teppo 1997. Betonisandwich-ulkoseinärakenteiden kosteustekninen käyttäytyminen. Espoo: Teknillinen korkeakoulu 1997.
2. SRV Rakennus Oy 2021. SRV yhtiönä. Hakupäivä 3.12.2021. <https://www.srv.fi/srv-yhtiona/>.
3. Elementtisuunnittelu 2020. Sandwich-julkisivut. Hakupäivä 3.12.2021. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/sandwich-julkisivut>.
4. Rakentamisen kosteudenhallinta 2021. Sandwich- ja kuorielementit. Hakupäivä 10.12.2021. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/ulkoseinaet/sandwich-ja-kuorielementit>.
5. SRV Rakennus Oy 2021. Rakennekuvat. Sisäinen lähde.
6. Merikallio, Tarja 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki: Suomen betonitieto: Lattian- ja seinänpäällysteliitto cop. 2007.
7. Kuivaketju10 2018. Kuivaketju10-riskilista. Hakupäivä 9.12.2021. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf).
8. Ramirent Oy 2022. Tuoteseloste. Hakupäivä 18.1.2022. <https://www.ramirent.fi/vuokraa/lammitys-kuivaus-ja-polyntorjunta/polttoljylammitys/151936/lampokontti-oljy-epasuora-poltto>.
9. Lumme, Pentti 1997. Betonin kosteuden hallinta. Helsinki: Suomen betonitieto 1997.
10. Ramirent Oy 2021. Sääsuojat ja telineet. Hakupäivä 15.12.2021. <https://www.ramirent.fi/tutustu-palveluihimme/saasuojat-ja-telineet>.
11. Kerabit Oy 2020. Elementtikatot osaksi myös kerrostalorakentamista. Hakupäivä 14.12.2021. <https://artikkelit.gsdnordic.com/2021/02/25/elementtikatot-osaksi-myo-kerrostalorakentamista/>.

**Betonin mittaus**  
**Työnumero: 28620**  
**Pvm: 3.6.2021**

---

**TYÖKOHDE:**

**TYÖNTILAAJA/ PUH:**

**Mittaustapa:**

- Mittaukset suoritettiin näytepalamenetelmällä.
- Näytteet otettiin 26.5.2021.
- Näytteet mitattiin 27.5.2021, tasaantumisaika n. 16h

**Mitattavat rakenteet ja mittaussyvydet:**

- 200mm kololaatta, Mittaussyvydet: 16mm ja 40mm
- 400mm paikallavalu, Mittaussyvydet: 30mm ja 70mm

**Mittaustarkkuustarkastelu**

HMP40S mittapään enimmäisvirhe 0...+40 °C:ssa

Kosteus: ± 1,7 % RH (0...90%RH)

Kosteus: ± 2,5% Rh (90...100%RH)

Lämpötila: ±0,2 °C

Mittauksen kokonaismittavirheen arvioinnissa on huomioitu näyteenottoaikan olosuhteet sekä muut mittaustarkkuuteen vaikuttavat tekijät.

Mittaajan arvio kokonaismittavirheestä on ± 3 Rh%

---

luotettava  
kumppani

Betonin mittaus  
Työnumero: 28620  
Pvm: 3.6.2021

Mittauspiste / -tila	Anturin tunniste	RH% / °C / g/m <sup>3</sup>	Mittaussyvyys (mm)
MP 1.3	6	98,3 / 21,5 / 18,6	30mm
	63	98,0 / 21,4 / 18,4	70mm
	36	96,8 / 21,3 / 16,8	70mm
MP 1.4	25	90,5 / 21,3 / 16,9	30mm
	37	93,3 / 21,3 / 17,5	70mm
	51	92,7 / 21,4 / 17,3	70mm
MP 2.3	35	97,1 / 21,1 / 18,0	16mm
	55	90,2 / 21,4 / 17,0	40mm
	22	90,1 / 21,1 / 16,7	40mm
MP 2.4	19	91,1 / 21,1 / 16,9	16mm
	54	88,6 / 21,7 / 16,8	40mm
	20	88,2 / 21,7 / 16,7	40mm
MP 3.3	62	92,6 / 21,4 / 17,5	16mm
	31	88,2 / 21,6 / 16,8	40mm
	11	90,1 / 21,2 / 16,8	40mm
MP 3.4	57	95,7 / 21,4 / 18,0	16mm
	52	91,9 / 21,4 / 17,3	40mm
	9	90,1 / 21,5 / 17,0	40mm
MP 4.3	46	96,5 / 21,4 / 18,1	16mm
	53	93,2 / 21,3 / 17,5	40mm
	5	93,6 / 21,3 / 17,6	40mm
MP 4.4	48	95,9 / 21,4 / 18,0	16mm
	59	88,2 / 21,4 / 16,6	40mm
	13	89,5 / 21,5 / 16,9	40mm

luotettava  
kumppani

Betonin mittaus  
Työnumero: 28640  
Pvm: 4.6.2021

**TYÖKOHDDE**

**TYÖNTILAAJA/ PUH:**

**Mittaustapa:**

- Mittaukset suoritettiin näytepalamenetelmällä.
- Näytteet otettiin 3.6.2021.
- Näytteet mitattiin 4.6.2021, tasaantumisaika n. 16h

**Mittattavat rakenteet ja mittaussyvydet:**

- 200mm kololaatta, Mittaussyvydet: 16mm ja 40mm
- Ontelolaatta, Mittaussyvydet: 20mm
- 320mm paikallavalu, Mittaussyvydet: 26mm ja 64mm
- 400mm paikallavalu, Mittaussyvydet: 30mm ja 70mm

**Mittaustarkkuustarkastelu**

HMP40S mittapään enimmäisvirhe 0...+40 °C:ssa

Kosteus: ± 1,7 % RH (0...90%RH)

Kosteus: ± 2,5% Rh (90...100%RH)

Lämpötila: ±0,2 °C

Mittauksen kokonaismittavirheen arvioinnissa on huomioitu näytteenottoaikan olosuhteet sekä muut mittaustarkkuuteen vaikuttavat tekijät.

Mittaajan arvio kokonaismittavirheestä on ± 3 Rh%

luotettava  
kumppani

Betonin mittaus  
 Työnumero: 28640  
 Pvm: 4.6.2021

Mittauspiste / -tila	Anturin tunnistus	RH% / °C / g/m <sup>3</sup>	Mittaussyvyys (mm)
MP 1.5	48	96,2 / 21,1 / 17,8	26mm
	52	96,4 / 21,2 / 17,9	26mm
	60	95,8 / 21,3 / 17,9	60mm
	53	97,6 / 21,3 / 18,3	60mm
MP 1.3	59	91,0 / 21,0 / 17,0	30mm
	19	89,0 / 21,1 / 16,4	30mm
	54	91,0 / 21,0 / 6,7	70mm
	43	89,6 / 20,8 / 16,2	70mm
MP 1.6	9	79,0 / 21,0 / 15,5	20mm
	31	78,0 / 22,0 / 15,0	20mm
MP 1.4	37	90,3 / 21,2 / 16,8	30mm
	45	89,1 / 21,4 / 16,7	30mm
	22	91,4 / 21,2 / 17,0	70mm
	57	91,7 / 21,4 / 17,3	70mm
MP 2.3	13	87,8 / 21,2 / 16,3	16mm
	25	89,2 / 21,2 / 16,6	16mm
	47	93,8 / 21,2 / 17,5	40mm
	54	93,9 / 21,0 / 17,4	40mm
2.4	11	89,3 / 21,6 / 17,0	16mm
	54	88,3 / 21,0 / 16,7	16mm
	74	92,3 / 21,7 / 17,6	40mm
	62	91,2 / 22,3 / 18,1	40mm

luotettava  
kumppani

Betonin mittaus  
Työnumero: 28640  
Pvm: 4.6.2021

<b>MP 3.3</b>	45	83,0 / 21,1 / 16,4	16mm
	37	84,0 / 21,3 / 15,7	16mm
	57	89,0 / 21,3 / 16,7	40mm
	22	89,0 / 21,7 / 17,1	40mm
<b>MP 3.4</b>	59	79,8 / 21,5 / 15,1	16mm
	54	77,0 / 21,5 / 14,6	16mm
	19	85,7 / 21,6 / 16,3	40mm
	43	86,7 / 21,7 / 16,6	40mm
<b>MP 4.3</b>	51	87,3 / 21,3 / 16,3	16mm
	55	86,6 / 21,3 / 16,2	16mm
	8	89,7 / 21,4 / 16,8	40mm
	20	90,6 / 21,4 / 17,0	40mm
<b>MP 4.4</b>	35	87,7 / 21,3 / 16,4	16mm
	67	86,3 / 21,3 / 16,1	16mm
	46	93,4 / 21,0 / 17,2	40mm
	27	92,4 / 21,2 / 17,1	40mm
<b>MP 4.5</b>	6	82,0 / 21,6 / 15,6	20mm
	63	81,0 / 21,8 / 15,5	20mm

Betonin mittaus  
Työnumero: 28726  
Pvm: 11.6.2021

---

**TYÖKOHDE:**

**TYÖNTILAAJA/ PUH:**

**Mittaustapa:**

- Mittaukset suoritettiin näytepalamenetelmällä.
- Näytteet otettiin 10.6.2021.
- Näytteet mitattiin 11.6.2021, tasaantumisaika n. 16h

**Mittattavat rakenteet ja mittaussyvydet:**

- 200mm kololaatta, Mittaussyvydet: 16mm ja 40mm
- 320mm paikallavalu, Mittaussyvydet: 26mm ja 64mm
- 400mm paikallavalu, Mittaussyvydet: 30mm ja 70mm

**Mittaustarkkuustarkastelu**

HMP40S mittapään enimmäisvirhe 0...+40 °C:ssa

Kosteus: ± 1,7 % RH (0...90%RH)

Kosteus: ± 2,5% Rh (90...100%RH)

Lämpötila: ±0,2 °C

Mittauksen kokonaismittavirheen arvioinnissa on huomioitu näytteenottoaikan olosuhteet sekä muut mittaustarkkuuteen vaikuttavat tekijät.

Mittaajan arvio kokonaismittavirheestä on ± 3 Rh%

---

luotettava  
kumppani



Betonin mittaus  
Työnumero: 28726  
Pvm: 11.6.2021

Mittauspiste / -tila	Anturin tunniste	RH% / °C / g/m <sup>3</sup>	Mittausvyvyys (mm)
MP 1.5	63	92,8 / 22,0 / 18,0	26mm
	61	91,6 / 21,9 / 17,7	64mm
	39	92,1 / 21,9 / 17,8	64mm
MP 1.3	60	89,0 / 21,7 / 17,1	30mm
	6	93,2 / 21,8 / 17,9	70mm
	62	93,0 / 21,7 / 17,8	70mm
MP 1.4	11	90,8 / 21,6 / 17,3	30mm
	20	91,4 / 21,8 / 17,6	70mm
	41	92,3 / 21,7 / 17,7	70mm
MP 2.3	67	76,0 / 21,5 / 14,4	16mm
	27	80,9 / 21,4 / 15,3	40mm
	37	82,9 / 21,5 / 15,7	40mm
2.4	22	79,7 / 21,6 / 15,1	16mm
	24	88,7 / 21,6 / 16,9	40mm
	19	88,4 / 21,6 / 16,8	40mm
MP 3.3	57	80,9 / 21,7 / 15,5	16mm
	72	86,1 / 22,1 / 16,8	40mm
	47	85,8 / 21,3 / 16,0	40mm
MP 3.4	74	77,1 / 21,4 / 14,5	16mm
	9	87,3 / 21,5 / 16,5	40mm
	55	88,4 / 21,6 / 16,8	40mm
	31	78,6 / 21,6 / 14,9	16mm

luotettava  
kumppani

**Betonin mittaus**  
**Työnumero: 28726**  
**Pvm: 11.6.2021**

MP 4.3	54	91,1 / 21,4 / 17,2	40mm
	36	91,2 / 21,5 / 17,2	40mm
MP 4.4	46	75,6 / 21,6 / 14,4	16mm
	80	87,2 / 21,6 / 16,6	40mm
	52	87,8 / 21,6 / 16,7	40mm

Rakenteiden kosteuden mittaaja - Sertifikaattinumero H/ko 126/04  
 AHA-asiantuntija - Sertifikaattinumero C-23888-33-18



C-23590-31-17 Rakennusten tiivyyden mittaaja  
 C-23780-25-18 Rakennusten lämpökuvaaja



luotettava  
kumppani