

Mittalaitteiden hyödyntäminen työ- maan olosuhteidenhallinnassa

Heikki Pohjonen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2020
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Tekijä(t) Pohjonen Heikki	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 53	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: 28.5.
Työn nimi Mittalaitteiden hyödyntäminen työmaan olosuhteidenhallinnassa		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Korpinen Jussi, Viinikainen Marko		
Toimeksiantaja(t) Jääskeläinen Raimo, Skanska Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka hyvin mittalaitteet soveltuvat olosuhteiden seurantaan ja mitkä ovat optimaaliset olosuhteet kylpyhuoneen betonilattian kuivumisen kannalta, sekä muodostaa toimeksiantajalle tiivis ohjeistus kylpyhuoneen lattiavaluihin vaikuttavista olosuhteista.</p> <p>Mittalaitteiden soveltuvuutta selvitettiin kokeilemalla mittalaitteita käytännössä sekä haastatteleamalla työmaan toimihenkilöitä mittalaitteiden käytöstä puolistrukturoidulla teemahaastattelulla. Optimaalisia olosuhteita kylpyhuoneen betonilattian kuivumisen kannalta selvitettiin perehtymällä aiheita koskevaan alan kirjallisuuteen ja haastatteleamalla työmaan toimihenkilöitä.</p> <p>Mittalaitteiden käytön ja haastattelun perusteella mittalaitteet olivat helppokäyttöisiä ja soveltuivat hyvin työmaan olosuhteiden seurantaan. Alan kirjallisuuden ja haastattelun perusteella pystyttiin luomaan tiivis ja selkeä ohjekortti kylpyhuoneen lattiavaluihin vaikuttavista olosuhteista.</p> <p>Opinnäytetyön alussa käsitellään betonin kuivumiseen liittyvien olosuhteiden teoriaa, jonka jälkeen käydään läpi toimeksiantajan nykyisiä käytäntöjä olosuhteiden hallinnassa. Teorian ja työmaan kokemuspohjan perusteella luotiin ohjekortti olosuhteiden hallinnasta aloitteleville työnjohtajille. Tämän jälkeen työssä käsitellään Kuivaketju 10-toimintamallia ja sen asettamia vaatimuksia olosuhteiden hallinnalle. Mittausta käsittelevässä osiossa kerrotaan mittalaitteiden mittausten toteutuksesta ja tuloksista. Ennen pohdintaa käydään vielä läpi haastattelun toteutus ja tulokset. Lopun pohdinnassa arvioidaan työn tavoitteiden toteutumista ja tarkastellaan tutkimuksen luotettavuutta.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Olosuhteiden hallinta, kosteus, lämpötila, betoni, mittalaitteet		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Pohjonen, Heikki	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 53	Permission for web publication: 28.5.
	Title of publication Utilization of measuring devices in site condition management	
Degree programme Bachelor of Engineering, Degree Programme in Construction and Civil Engineering		
Supervisor(s) Korpinen, Jussi and Viinikainen, Marko		
Assigned by Jääskeläinen Raimo, Skanska Oy		
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to investigate how well the measuring devices suit for monitoring site conditions and what the optimal conditions for drying the concrete floor in the bathroom are, and to provide the client with concise guidance on the conditions affecting bathroom floor castings.</p> <p>The suitability of the measuring devices was investigated by testing the measuring devices in practice and by interviewing site staff about the use of the measuring devices with a semi-structured theme interview. Optimal conditions for the drying of the concrete floor in the bathroom were examined by reading relevant literature in the field and interviewing the site staff.</p> <p>Based on the use of the measuring equipment and the interview, the measuring equipment was easy to use and well suited for monitoring site conditions. Based on the literature in the field and the interview, it was possible to create a concise and clear instruction card on the conditions affecting bathroom floor castings.</p> <p>At the beginning of the thesis, the theory of conditions related to concrete drying is discussed, after which the client's current practices in managing conditions are discussed. Based on the theory and site experience, an instruction card on condition management was created to foremen. Then the thesis deals with the Drychain 10 operating model and its requirements for managing conditions. The section on measurement describes the implementation and results of the measurements of the measuring devices. Before the reflection, the implementation and results of the interview will be reviewed. The concluding reflection evaluates the realization of the objectives of the thesis and examines the reliability of the study.</p>		
Keywords/tags (subjects) Condition management, moisture, temperature, concrete, measuring devices		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Opinnäytetyön lähtökohdat	6
1.1	Johdanto	6
1.2	Skanska Oy.....	7
1.3	Termejä	8
2	Olosuhteet	8
2.1	Ilmankosteus ja lämpötila	9
2.2	Ulkoilma.....	10
2.3	Sisäilma.....	11
3	Betonin kuivuminen	13
3.1	Yleistä	13
3.2	Betonin kuivumisen prosessi.....	13
3.3	Olosuhteiden vaikutus kuivumiseen.....	14
3.4	Betonirakenteen kuivumisen nopeuttaminen	17
4	Olosuhteiden hallinta työmaalla	17
4.1	Olosuhteiden hallinta.....	17
4.2	Nykyiset toimintatavat.....	18
4.3	Olosuhteiden hallinnan ohjeistus	18
5	Kuivaketju 10	21
5.1	Yleisesti.....	22
5.2	Toimintamallin asettamat vaatimukset olosuhteiden hallinnalle.....	23
6	Olosuhteiden seuranta	24
6.1	Olosuhteiden seurantamittaukset.....	24
6.2	Mittausmenetelmät	25
6.3	Mittalaitteet	27
6.4	Mittauksetulosten tulkinta	29
6.5	Mittausraportti	30
6.6	Mittalaitteiden vertailu	34
6.7	Arvioidut kulut	37

	5
7 Haastattelu olosuhteiden hallinnasta	39
7.1 Haastattelun kysymykset	39
7.2 Haastattelun tulokset.....	40
7.2.1 Mittalaitteet.....	40
7.2.2 Olosuhteiden hallinta työmaalla	40
8 Pohdinta ja yhteenveto	42
Lähteet	45
Liitteet	47
Liite 1. Betonin kosteusmittaus 1 krs. 17.1. – 29.1.....	47
Liite 2. Betonin kosteusmittaus 2 krs. 17.1. – 29.1.....	47
Liite 3. Betonin kosteusmittaus 3 krs. 31.1. -25.2.	48
Liite 4. Betonin kosteusmittaus 4 krs. 14.2. -11.3.	48
Liite 5. Betonin kosteusmittaus 5 krs. 14.2. -11.3.	48
Liite 6. Betonin kosteusmittaus 6 krs. 25.2. - 29.3.	49
Liite 7. Plaanon kosteusmittaus porareikämenetelmällä ja TwinGuard-mittarilla. 49	
Liite 8. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 4 krs. 10.1. – 8.2.2020.....	49
Liite 9. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 4 krs. 8.2. – 4.3.2020.....	50
Liite 10. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 4 krs. 4.3. – 25.3.2020.....	50
Liite 11. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 5 krs. 10.1. – 8.2.2020.....	51
Liite 12. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 5 krs. 8.2. – 4.3.2020.....	51
Liite 13. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 5 krs. 4.3. – 25.3.2020.....	52
Liite 14. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 4 krs. 11.2. – 25.3.2020 (Airwits) 53	
Liite 15. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 5 krs. 11.2. – 25.3.2020 (Airwits) 54	
Liite 16. Olosuhteiden hallinnan ohjekortti	55
Liite 17. Olosuhteiden hallinnan ohjekortti	56

1 Opinnäytetyön lähtökohdat

1.1 Johdanto

Rakennusala on jo pitkään ollut murroksessa uuden teknologian kehittymisen myötä. Työmaalle teknologia on tuonut paljon uusia toimintatapoja ja malleja helpottamaan työtä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kuinka hyvin mittalaitteet soveltuvat olosuhteiden seurantaan, ja mitkä ovat optimaaliset olosuhteet kylpyhuoneen betonilattian kuivumisen kannalta.

Opinnäytetyön aihe valikoitui tutkimukseen työnantajan ehdotuksesta. Toimeksiantajan ehdotuksesta tutkimus koski juuri käyttöön otettuja mittalaitteita ja niiden hyödyntämistä kerrostalotyömaalla. Mittalaitteet olivat kosteusmittareita, joten aiheeksi muodostuikin mittalaitteiden hyödyntäminen työmaan olosuhteiden hallinnassa.

Aihe on rajattu koskemaan kerrostalotyömaata ja siellä vallitsevien olosuhteiden vaikutuksia paikallavalettuihin kylpyhuoneiden lattiavaluihin. Lisäksi aihealueen luonnollisena rajaajana toimivat Skanska konevuokraukselta vuokratut mittalaitteet, joista toinen mittaa ilman kosteutta ja lämpötilaa, toinen betonin kosteutta ja lämpötilaa.

Opinnäytetyö on laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus. Laadullista tutkimusta puolisivat työssä tutkittavat näkökulmat ja aineiston pieni koko. Tutkimuksen empiirinen osuus toteutettiin avoimena ryhmähaastatteluna. Haastattelu toteutettiin puolistrukturoimattomana teemahaastatteluna, jossa kysymykset olivat lähetetty haastateltaville etukäteen.

Mittalaitteiden soveltuvuutta olosuhteiden seurantaan selvitettiin testaamalla mittalaitteita käytännössä, sekä haastatteleamalla työmaan toimihenkilöitä mittalaitteiden käytöstä. Haastattelu toteutettiin puolistrukturoitudulla teemahaastattelulla. Kylpyhuoneiden betonilattioiden kuivumisen kannalta optimaalisia kuivumisolosuhteita selvitettiin kirjallisuudesta erilaisia lähteitä hyödyntäen, sekä haastattelussa ilmenyttä kokemustietoa käyttäen. Opinnäytetyön pohjalta tehtiin kylpyhuoneen lattian kuivumiseen vaikuttavista olosuhteista tiivis ohjeistus, joka on tarkoitettu työkaluksi vastavalmistuneelle työnjohtajalle.

1.2 Skanska Oy

Skanska on kiinteistökehitys ja rakennuskonserni, joka toimii pääasiassa Euroopassa ja Yhdysvalloissa. Vuonna 1887 Skanskan perusti Etelä-Ruotsissa Rudolf Fredrik Berg. Siihen aikaan toiminta keskittyi enemmän betonituotteisiin, mutta pian toiminta siirtyikin rakennusurakointiin. Skanska listautui Tukholman pörssiin vuonna 1965. Nykyään Skanska kuuluu maailman kymmenen suurimman rakennusliikkeen joukkoon, sillä sen liikevaihto on yli 16 miljardia ja se työllistää noin 38 000 työntekijää.

(Skanskan historia 2019.)

Skanska Oy on konsernin Suomessa toimiva tytäryhtiö, joka vuonna 2018 työllisti 2152 ihmistä. Skanska Oy:n toiminta Suomessa alkoi vuonna 1994, jonka jälkeen se nopeasti vakiinnutti asemansa yhtenä Suomen suurimmista rakennus- ja projektikehityspalveluita tarjoavista yrityksistä. Skanska Oy on jaettu erilaisiin yhtiöihin, jotka yhdessä muodostavat Suomen suurimpiin rakennusliikkeisiin kuuluvan kokonaisuuden. Karkeasti toiminta on jaettu uudisrakentamiseen, konevuokraukseen, infra-rakentamiseen ja toimitilojen projektikehitykseen. Tämä opinnäytetyö on tehty Skanskan uudisrakentamisesta vastaavalle Skanska talonrakennus Oy:lle.

(Skanskan historia 2019.)

1.3 Termejä

Ilmankosteus: Kuivan ilman ja vesihöyryn seos. Ilmankosteus kertoo kuinka paljon vesihöyryä (kg) on sitoutunut kuutioon ilmaa (m^3).

Suhteellinen ilmankosteus (RH): Kertoo tietyn lämpöisen ilman sisältämän kosteuden määrän suhteessa ilman kosteuden maksimiarvoon. Vastaus ilmoitetaan prosentteina.

RH (Relative Humidity) = Suhteellinen kosteus.

Absoluuttinen ilmankosteus: Ilmaisee, kuinka paljon vesihöyryä tietyn lämpöisessä ilmassa on (g/m^3).

Kyllästyskosteus: Ilman suhteellisen kosteuden maksimiarvoa (100 %) kutsutaan kylästyskosteudeksi. Tällöin ilma ei pysty enää vastaanottamaan kosteutta.

Kastepiste: Lämpötila ($^{\circ}C$), jossa kylästyskosteus on saavutettu. Lämpötilan laskiessa ylimääräinen kosteus alkaa tiivistymään ympäröiviin pintoihin.

(Siikanen 2014.)

2 Olosuhteet

Suomessa sanan olosuhteet voi liittää moneen eri asiaan. Tässä työssä olosuhteilla tarkoitetaan työmaaoloissa tapahtuvan betonin kuivumiseen liittyviä tekijöitä. Kuivumisen kannalta tärkeimpiä olosuhteita ovat kosteus, lämpötila ja ilmanvaihto. Olosuhteisiin liittyy paljon terminologiaa, jota on avattu seuraavassa alaluvussa.

2.1 Ilmankosteus ja lämpötila

Ilma sisältää normaaleissa olosuhteissa tietyn määrän kosteutta. Ilman suhteelliseen kosteuteen vaikuttaa ilmassa olevan vesihöyryn määrä ja lämpötila. Taulukosta 1. nähdäänkin, että lämpötila ja ilmassa oleva vesihöyryn määrä kulkevat käsikädessä. Lämpötilan noustessa ilman absoluuttinen kosteus kasvaa eli ilmaan sitoutuvan vesihöyryn määrä kasvaa. (Siikanen 2014.)

Ilmankosteudella ja lämpötilalla onkin tärkeä rooli betonin kuivumisessa. Ne muodostavat yhden oleellisen osan betonin kuivumiseen liittyvistä tekijöistä. Taulukossa 1. on tummennettu optimaaliset olosuhteet betonin kuivumiselle. Liian kylmä ilma pystyy sitomaan vain vähän kosteutta, mikä hidastaa merkittävästi betonin kuivumista. Toisaalta taas liian kuumassa betoni kuivuu liian nopeasti ja epätasaisesti, jolloin betoni on sisältä märkää ja pinnassa kuivaa. Liialliset kosteuserot betonin eri syvyyksillä voivat aiheuttaa halkeamia. Rakennustyömaalla korkea lämpötila aiheuttaa myös epämukavat työskentelyolosuhteet. (Lumme & Pietikäinen 1997, 15.)

Lämpötila (°C)	Ilman suhteellinen kosteus RH (%)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Absoluuttinen kosteus (g/m ³)									
+50	8,30	16,6	24,89	33,19	41,49	49,79	58,08	66,38	74,68	82,98
+45	6,54	13,09	19,63	26,18	32,72	39,26	45,81	52,35	58,9	65,44
+40	5,11	10,23	15,34	20,46	25,57	30,68	35,80	40,91	46,03	51,14
+35	3,96	7,92	11,88	15,84	19,80	23,76	27,72	31,68	35,64	39,60
+30	3,04	6,07	9,11	12,14	15,18	18,22	21,25	24,29	27,32	30,36
+25	2,30	6,61	6,91	9,22	11,52	13,82	16,13	18,43	20,74	23,04
+20	1,73	3,46	5,19	6,92	8,65	10,37	12,10	13,83	15,56	17,29
+15	1,28	2,56	3,85	5,13	6,41	7,69	8,97	10,26	11,54	12,82
+10	0,91	1,88	2,82	3,76	4,70	5,64	6,58	7,52	8,46	9,40
+5	0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	4,08	4,76	5,44	6,12	6,80
0	0,48	0,97	1,45	1,94	2,42	2,90	3,39	3,87	4,36	4,84
-5	0,34	0,68	1,02	1,36	1,70	2,05	2,39	2,73	3,07	3,41
-10	0,23	0,47	0,7	0,94	1,17	1,40	1,64	1,87	2,11	2,34
-15	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,97	1,13	1,29	1,45	1,61
-20	0,09	0,18	0,26	0,35	0,44	0,53	0,62	0,70	0,79	0,88

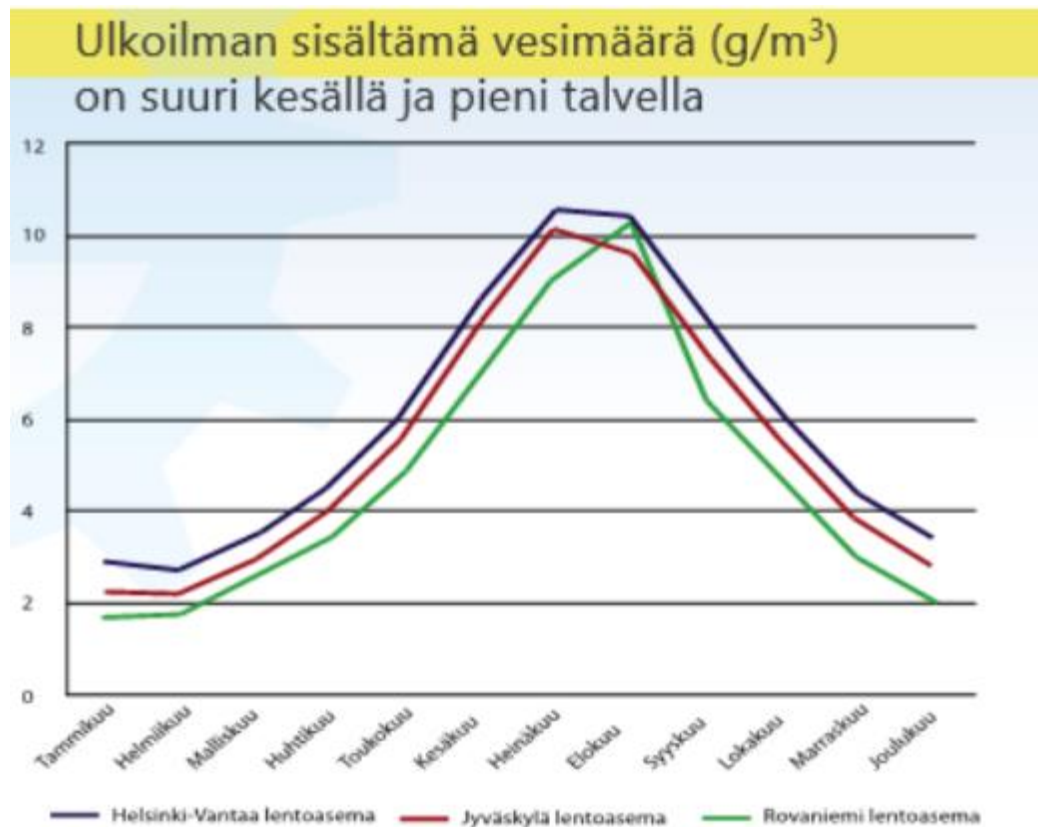
Taulukko 1. Ilmankosteuden taulukkoarvot eri lämpötiloissa. (Siikanen 2014.)

2.2 Ulkoilma

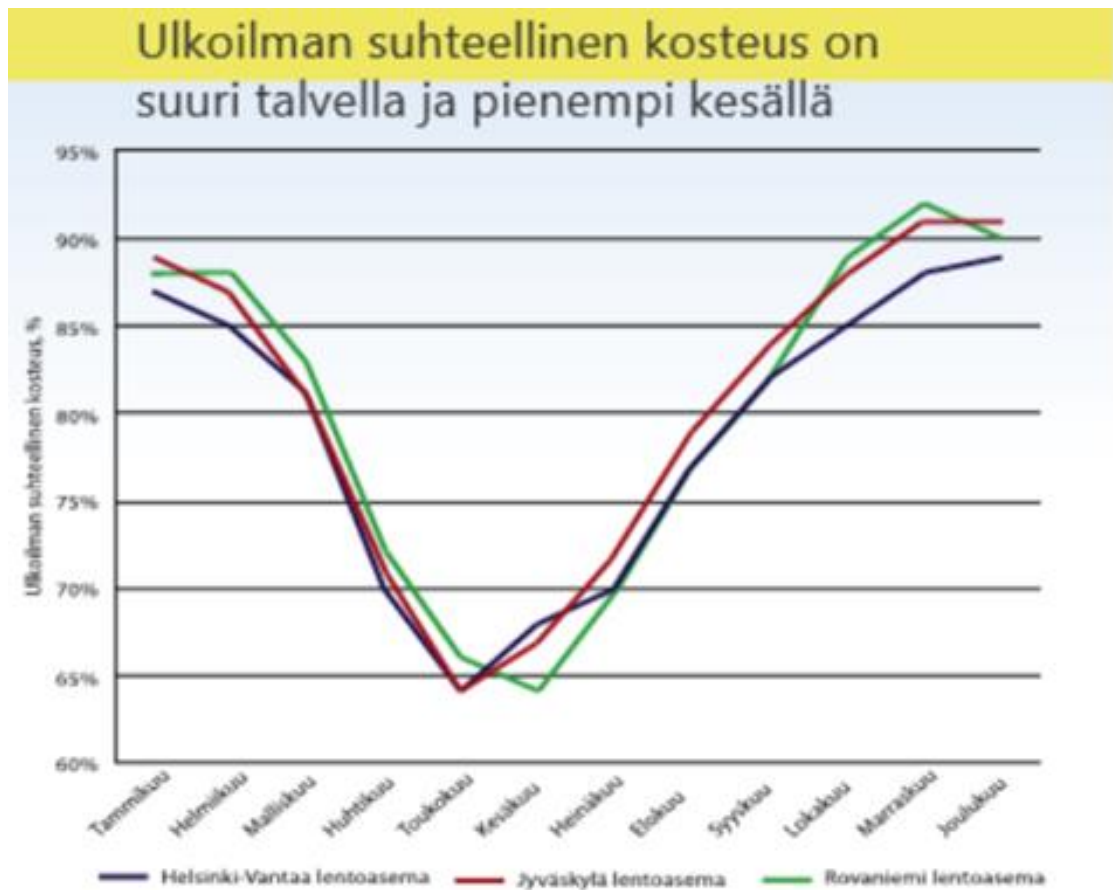
Ulkoilman suhteellisen- ja absoluuttisen kosteuden määrä vaihtelee päivittäin, mikä näkyy hyvin kuvioista 2, ilman suhteellisen kosteuden vaihtelut eri vuodenaikoina. Vuodenajat vaikuttavat eniten ilmassa olevan kosteuden määrään (kuvio 1), sillä talvella ilman sisältämä vesimäärä on pieni ja kesällä suuri. Lämmin ilma pystyy sitomaan enemmän kosteutta kuin kylmä ilma, mikä johtaa siihen, että kesällä ilmassa voi olla jopa viisi kertaa enemmän vesihöyryä kuin talvella. Ilman suhteellinen kosteus onkin suurempi talvella, koska kylmän ilman absoluuttinen kosteus on pieni. (Björkholtz 1997.)

Vuodenajat kannattaa ottaa suunnitelmissa hyvin huomioon, sillä betonin kuivumisen kannalta vuodenaika asettaa erilaisia lisätehtäviä. Talvirakentamisessa tuulettaminen ja sisäilman lämmittäminen ovat avainasemassa, kun taas kesällä tuulettaminen ja mekaaninen sisäilman kuivattaminen ovat olennaisia.

(Lumme & Pietikäinen 1997.)



Kuvio 1. Ilman sisältämän veden määrä eri vuodenaikoina. (Laiwonen 2018.)



Kuvio 2. Ilman suhteellisen kosteuden vaihtelut eri vuodenaikoina. (Laiwonen 2018.)

2.3 Sisäilma

Rakentamisvaiheessa sisäilman kosteus ja lämpötila seuraa ulkoilman lämpötilaa ja kosteutta. Rakennuksen vaipan sulkeminen ja lämmityksen aloittaminen hidastaa ulkoilman olosuhteiden vaikutusta sisäilmaan. Vuodenaikojen vaikutukset ulkoilmaan heijastuvat myös sisäilmaan, mutta pienemmässä määrin. Lisäksi sisäilman olosuhteisiin pystytään vaikuttamaan lämmittämällä, kuivattamisella, tuulettamisella, sekä estämällä ylimääräistä kosteutta pääsemästä rakenteisiin. (RIL 250-2011.)

Työmaan olosuhteiden hallintaa mietittäessä on tärkeää ottaa huomioon myös rakentamisesta aiheutuva kosteus. Tämä on kosteuslisä, joka muodostuu rakentamisen eri toiminnoista. Suurimpia kosteuslisiä lähteitä ovat vastavalettu betoni, lattian pumpputasoitteet, lattian ja kattojen tasoitteet ja maalit. Näiden työvaiheiden aikana kosteuslisä voi olla huomattavan suuri. Kosteuslisä lasketaan ulkoilman absoluuttisen kosteuden ja sisäilman absoluuttisen kosteuden erotuksella. (RIL 250-2011.)

Yllä mainittujen lisäksi sisäilman olosuhteiden hallintaan vaikuttavat myös sisäilman lämpötila ja ilmanvaihto. Rakenteiden kuivumisen kannalta lämpötilan olisi hyvä olla +20 °C ja ilman RH:n korkeintaan 50 %. Talvella näihin lukemiin päästään helposti lämmittämällä ulkoilmaa, jonka absoluuttinen kosteus on pieni. Näin saadaan rakennukseen kuivaa ilmaa, joka pystyy ottamaan vastaan rakenteista poistuvaa kosteutta. Kesällä ulkoilman sisältämä kosteuden määrä voi olla niin suuri, että sen poistamiseen tarvitaan kosteuskerääjiä. Kosteuskerääjien käyttö edellyttää kuitenkin kuivattavalta alueelta ilmatiiviyttä, jotta kosteuden kerääminen saadaan kohdistettua kuivattava rakenteen ympärillä olevaan ilmaan. (RIL 250-2011.)

Olosuhteiden hallinnalla pyritään luomaan hyvät olosuhteet kaikille rakennusmateriaaleille, joista suurin osa on huokoisia. Huokoset sisältävät ilmaa ja näin ollen myös tietyn määrän vesihöyryä. Myös betonissa on paljon huokosia, joten betonin kuivumisprosessissa onkin tärkeää tietää tavoitekosteus, mihin pyritään. Ohjeavot tulevat päällystettävän materiaalin toimittajilta. Jokaisella materiaalilla on määritetty omat ohjeavot, joita noudattamalla säästytään laaturiheiltä. Liian märän betonin päällystäminen voi aiheuttaa kosteuden jäämisen betonin ja päällysmateriaalin väliin, joka mahdollistaa olosuhteet homeen kasvulle. (RIL 250-2011.)

3 Betonin kuivuminen

3.1 Yleistä

Betoni koostuu suurimmaksi osaksi runkoaineesta, vedestä ja sementistä. Sementti ja vesi muodostavat yhdessä sementtipastan, joka liimaa runkoainepartikkelit toisiinsa. Betonin ominaisuuksiin vaikuttaa suuresti vesisementtisuhte (v/s), joka normaalissa lattiabetonissa on 0,7–0,9. Tällöin betonimassa valmistusvaiheessa sisältää noin 180–200 l/m³ vettä. Ennen betonin päällystämistä osan vedestä on poistettava, sillä vasta-valetun betonin suhteellinen kosteuspitoisuus on 100 %. Ennen betonin päällystämistä suhteellisen kosteuspitoisuuden on laskettava päällystettävän materiaalin ohjearvojen alapuolelle. Liian aikainen päällystäminen voi aiheuttaa kosteusvaurion, sillä betonissa olevan kosteuden poistumista tapahtuu niin kauan, kunnes betoni on saavuttanut hygroskooppisen tasapainon ympäristönsä kanssa. Betoni on hygroskooppisessa tasapainossa, kun betonin huokosten suhteellinen kosteus on sama kuin betonia ympäröivän ilman suhteellinen kosteus. (Lumme & Pietikäinen 1997.)

3.2 Betonin kuivumisen prosessi

Betonirakenteiden kuivuminen jaetaan sitoutumiskuivumiseen ja haihtumiskuivumiseen. Sitoutumiskuivumisessa vesi sitoutuu kemiallisesti betoniin, jolloin tapahtuu kovettumisreaktio eli hydrataatio. Betonin hydrataatiossa sitoutunut vesi ei enää pysty poistumaan betonista normaaliolosuhteissa. Sitoutuneen veden määrä on täydellisessä hydrataatiossa noin 25 % sementin painosta. Hydrataatio ei kuitenkaan koskaan ole täydellistä, joten sitoutuneen veden määrä jää alle 25 % sementin painosta. Suurempi määrä sementtiä tarkoittaa siis suurempaa sitoutumiskuivumista ja pienempää vesisementtisuhdetta. Erikoisbetonien nopea kuivuminen on suurimmaksi osaksi sitoutumiskuivumisen ansiota. (Merikallio 2002.)

Betonin kovettumisen alkuvaiheessa haihtumiskuivuminen on nopeaa, sillä kosteus siirtyy kapillaarisen imun ja diffuusion avulla. Lisäksi kosteudella on aluksi lyhempi matka kohti kuivaa pintaa. Pinnan kuivuessa kosteuden siirtymämatka kasvaa ja kapillaarinen kosteuden siirtyminen loppuu, betonin huokosrakenteen muuttuessa hydrataatiossa. Tällöin betonin huokosrakenteeseen jäänyt fysikaalisesti sitoutunut vesi haihtuu pelkästään diffuusion avulla. Diffuusiolla tarkoitetaan huokoisissa materiaaleissa olevien vesimolekyylien liikkeettä suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään. Diffuusiolla pystyy siirtymään huomattavasti vähemmän kosteutta kuin kapillaarisesti, mistä johtuu betonin hidastuva kuivuminen ajan kuluessa.

(Merikallio 2002.)

Betonin pyrkiessä tasapainotilaan ympäristönsä kanssa se luovuttaa kosteutta ympäröivään ilmaan. Huokoisen rakenteensa takia se pystyy myös vastaanottamaan kosteutta. Tämä aiheuttaa haasteita rakentamisvaiheessa, sillä betoni on altis vesi- ja lumisateille, vesivahingoille, sekä märistä työvaiheista johtuvalle kostealle ilmalle. Vesi-sementtisuhteen merkitys betonin kastumisessa korostuu, sillä se määrittää paljolti betonin lujuusluokan. Lujempi betonilaatu on tiiviimpää ja näin ollen sen kyky vastaanottaa vettä on heikompaa. Yleisesti ottaen betonin kastuminen on sitä haitallisempaa, mitä myöhemmässä vaiheessa kuivumisprosessia betoni kastuu. Rakentamisvaiheessa betonin ei vielä tarvitse saavuttaa tasapainokosteutta, vaan riittää, että päällystettävän materiaalin raja-arvot alittuvat. Raja-arvot ovat materiaalikohtaisia, joista valmistaja ilmoittaa tuotetiedoissa. (Merikallio 2002.)

3.3 Olosuhteiden vaikutus kuivumiseen

Betonin kuivumiseen eniten vaikuttavat tekijät ovat betonin laatu, rakenneratkaisu, kosteustekijät ja kuivumisolosuhteet. Betonirakenteen kuivumisen arviointia tehdessä nämä seikat on otettava huomioon. Kuivumisen aika-arvio on aina suuntaa antava, koska vaikuttavia tekijöitä on niin paljon. Kuivumisen aika-arvio vaikuttaa suuresti työmaan aikatauluun, joten kuivumiseen vaikuttavat tekijät on pyrittävä toteuttamaan käytännössä mahdollisimman hyvin suunnitelman mukaan.

(Merikallio 2002.)

Kuivumisolosuhteiden merkitys betonin kuivumisessa on suuri, sillä ilman suhteellinen kosteuspitoisuus, ilmavirrat ja ilman lämpötila vaikuttavat siihen, miten nopeasti rakenne kuivuu. On myös tärkeää saada betonirakenne mahdollisimman nopeasti säältä suojaan, sillä betonin kuivuminen katsotaan alkavaksi vasta, kun rakenne ei saa enää lisäkosteutta. (Merikallio 2002.)

Märkätiloissa käytettävän jälkivalun kuivumisaikaa pystytään arvioimaan alla olevaa laskentakaavaa käyttäen (Kuvio 3). Kolotun ontelolaatan ja jälkivalun peruskuivumisaika on 22 viikkoa, kun tavoitteena on RH 80 %. Peruskuivumisaika kerrotaan taulukosta (kuvio 4) saatavilla kertoimilla laskentakaavan mukaisesti, jolloin saadaan kyseisen rakenteen teoreettinen kuivumisaika. (Merikallio 2002.)



Kuvio 3. Kololaatan ja jälkivalun laskukaava (Merikallio 2002.)

Ontelolaatan kosteus (RH%) ennen pintavalua	Kerroin	Vesisideainesuhde (v/s)	Kerroin
Alle 90 %	0,9	0,7	1,0
90-95 %	1,0	0,6	0,7
yli 95 %	1,5	0,5	0,5

Jälkivalun paksuus (mm)	Vesisideainesuhde (v/s)		
	0,7	0,6	0,5
100	0,8	0,7	0,7
120	1,0	0,9	0,9
150	1,3	1,2	1,2

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

RH (%)	Olosuhteet			
	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

Kuvio 4. Laskukaavan kertoimet (Merikallio 2002.)

Alla olevalla taulukolla (Taulukko 2) havainnollistetaan olosuhteiden vaikutusta kuivumisaikaan. Valkoisella pohjalla olevat numerot kertovat, kuinka monta viikkoa kuivuminen kestää kyseisillä olosuhteilla. Taulukon arvot on laskettu muuten samoilla arvoilla (6,237 vk), mutta olosuhteiden kerrointa on muutettu olosuhteen mukaan (olosuhdekerroin esimerkkilaskussa vahvennettuna).

Esimerkkilasku kololaatan ja jälkivalun kuivumisajalle, kun RH = 50 % ja °C = 18 °C.

$$\text{Kuivumisaika} = 22 \text{ vk} \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot \mathbf{0,9} = \mathbf{5,6 \text{ vk}}$$

Olosuhteet				
RH (%)	Lämpötila (°C)			
	10	18	25	30
35	7,5	5	4,4	3,7
50	7,5	5,6	4,4	3,7
60	8,1	6,2	5	4,4
70	8,7	6,9	5	4,4
80	10,6	7,5	6,2	5,6

Taulukko 2. Olosuhteiden vaikutus kuivumisnopeuteen.

Yllä olevasta taulukosta (Taulukko 2) näkee selvästi, miten tietyn olosuhteen muutos vaikuttaa kuivumisaikaan. Lämpötilan ollessa 18 °C ja RH:n noustessa 35 prosentista 25 prosenttia, tuo se kuivumisaikaan jo yli viikon lisää. Olosuhteiden hallitseminen on siis erittäin tärkeää, sillä se on erittäin hyvä keino vaikuttaa betonin kuivumiseen valun jälkeen.

Betoninrakenteen kuivumiseen pystytään vaikuttamaan myös rakennetta lämmittämällä. Merikallio mainitseeikin kirjassaan sen olevan tehokkain tapa saada betoni kuivumaan. Tällöin betonin huokosten reunalla oleva fysikaalinen vesi haihtuu huokosiin ja aiheuttaa vesihöyrypaineen kasvun huokosessa. Vesihöyrypaineen kasvu kiihdyttää kuivumista, sillä mitä suurempi vesihöyryn paine-ero betonin huokosten ja ilman välillä on, sitä nopeammin betoni kuivuu. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007.)

3.4 Betonirakenteen kuivumisen nopeuttaminen

Betonirakenteiden kuivumista pystytään nopeuttamaan seuraavilla toimenpiteillä:

- Käyttämällä mahdollisimman suuriraekokoista ja jäykkää massaa, jolloin vesimäärän tarve on pienempi. Mitä pienempi betonin raekoko on, sen enemmän tarvitaan vettä ja sitä hitaammin betoni kuivuu.
- Käyttämällä betonoinnissa nopeasti kuivuvia betonilaatuja. Näille ominaista on pieni vesisideainesuhde ja massan huokoistaminen, jotka molemmat nopeuttavat betonin kuivumista.
- Betonirakenteen kastumisen minimointi. Mitä myöhemmässä vaiheessa betoni kastuu, sitä enemmän siihen imeytyy vettä.
- Rakenteeseen päässeän ylimääräisen veden poistaminen välittömästi mekaanisesti.
- Luomalla rakenteelle hyvät kuivumisolosuhteet eli ilmankosteus alle 50 % ja lämpötila +20 °C.
- Betonirakenteen lämpötilan nostaminen.
- Siisteydestä huolehtiminen. Ylimääräiset tavarat, pöly ja lika kuivuvalla betonipinnalla hidastavat betonin kuivumista.
- Imubetonoimalla

(Merikallio 2002, 37.)

4 Olosuhteiden hallinta työmaalla

4.1 Olosuhteiden hallinta

Olosuhteiden hallinta on yksi kosteudenhallintasuunnitelman osista. Olosuhdehallinnassa käydään tarkemmin läpi, millä toimenpiteillä estetään rakenteiden ja rakennusmateriaalien työmaa-aikainen kastuminen, sekä luodaan optimaaliset kuivumisolosuhteet rakennuskohteeseen. Olosuhdehallintasuunnitelmasta on vastuussa vastaava mestari tai hänen tehtävänsä nimeämä henkilö. (RIL 250-2011, 101.)

4.2 Nykyiset toimintatavat

Työmaan nykyisiä toimintatapoja olosuhteiden hallinnassa selvitettiin haastattelun avulla. Haastattelu löytyy kokonaisuudessaan luvusta seitsemän. Nykyisiä hyviä toimintatapoja käsiteltiin kysymyksellä 8: "Mitä hyviä käytäntöjä työmaallanne on käytetty, jotka edesauttavat betonilattian kuivumista? ".

Hyväksi käytänteeksi koettiin aikataulun suunnittelu niin, että vesikatko on päällä ennen kylpyhuoneen lattiavaluja. Lisäksi nykyinen lattiarakenne koettiin hyväksi. Siinä välipohjarakenteena on käytetty kolottua ontelolaattaa. Kolottuun laattaan on valettu pintalaatta, joka on kevennetty lasimurskalla niin, että laatan paksuudeksi jää vain noin 80 millimetriä. Sähkökäyttöinen mukavuuslattialämmitys tuo valmiille kylpyhuoneelle käyttömukavuutta ja auttaa suuresti rakennusaikaisessa betonin kuivatuksessa. Myös aliurakoitsijoiden ohjeistaminen veden käytöstä työmaalla on auttanut betonirakenteiden kuivumisessa.

Työmaalla olosuhteet on pyritty pitämään lämpötilan osalta +20 °C astetta ja RH alle 50 %. Opinnäytetyössä tehtyjen mittausten perusteella lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus jäi kohteessa hieman edellä mainittujen arvojen alapuolelle. Betonin riittävän kovettumisen jälkeen betoniliima on hiottu pois ja asennettu mekaaniset tuuletinimet, jotta on saatu ilma kiertämään huoneistossa. Siisteydestä pyritään huolehtimaan, ettei pöly ja lika kerry kuivuville pinnoille. Tavaroiden säilytys kylpyhuoneissa on sallittu väliaikaisesti, sillä sen koetaan edesauttavan työmaan muita työvaiheita huomattavasti.

4.3 Olosuhteiden hallinnan ohjeistus

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli tehdä työn tilaajalle olosuhteiden hallinnasta ohjekortti, joka käsittelee kylpyhuoneiden lattiavalujen olosuhteiden hallintaa. Ohjeistuksesta toivottiin lyhyttä ja ytimekästä työvälinettä aloittelevalle työnjohtajalle. Tässä kappaleessa on ohjeistukseen tuleva aineisto, joka on koottu tämän opinnäytetyön pohjalta. Olosuhteiden hallinnan ohjekortti löytyy liitteistä.

Betonin kuivumiseen vaikuttavien olosuhteiden hallintaan liittyy paljon keinoja, joista tähän on pyritty keräämään tärkeimmät. Betonin kuivumiseen vaikuttavia tekijöitä käydään läpi kylpyhuonelattian näkökulmasta, mutta niitä voi soveltaa myös muihin betonirakenteisiin. Työmaalla kuivumisolosuhteiden seuranta on tärkeää, sillä olosuhteiden muutoksiin on pystyttävä reagoimaan ajoissa. Seurantaan voi käyttää erilaisia mittareita, esimerkiksi Skanska konevuokraukselta AirWits ja TwinGuard.

Rakenteen kastumisen estäminen

Betonirakenteen kuivumisen katsotaan alkavaksi vasta, kun rakenne ei saa enää lisäkosteutta. Betonin ollessa huokoinen materiaali, se pystyy imemään huokosiinsa vettä. Mitä myöhemmässä vaiheessa betoni imee itseensä lisäkosteutta, sitä hitaammin kosteus siitä aikanaan poistuu. Hidas kosteuden luovutus on ominaista kovemmille betonilaaduille (vesisideainesuhde pieni), mikä johtuu betonin tiiviimmästä rakenteesta. Tästä syystä erityisesti vesivahinkotilanteessa kovat betonit ovat ongelmallisia saada kuivamaan uudestaan. Betonin kuivuminen olisi tärkeää saada alkamaan heti valun jälkeen, sillä betonin kovettuessa sen rakenne alkaa tiivistymään ja tällöin kuivuminenkin hidastuu.

Hyväksi käytännöksi on työmaalla koettu vesikatteen asennus ennen kylpyhuoneen lattiavaluja aikataulun sen salliessa. Lisäksi työntekijöiden ja aliurakoitsijoiden ohjeistaminen veden käytöstä työmaalla on koettu tärkeäksi.

Ilman lämpötila

Rakennetta ympäröivän ilman lämpötilaksi suositellaan noin +20... +25 °C. Mitä suurempi lämpötila, sitä enemmän ilma pystyy sitomaan kosteutta. Tällöin lämpötilaa nostamalla ilman RH laskee, jolloin ilma pystyy vastaanottamaan enemmän kosteutta. Liian lämpimät olosuhteet saattavat kuitenkin kuivattaa rakennetta pinnasta liian nopeasti, jolloin riskinä voi olla lattian mikrohalkeamat. Lisäksi liian korkea lämpötila vaikuttaa negatiivisesti työmaan työskentelyolosuhteisiin.

Ilman suhteellinen kosteus (RH%)

Ilman suhteellinen kosteus optimaalisissa kuivumisoloissa oli hyvä olla alle 50 %. Talvirakentamisessa tämä saavuttaminen on helpompaa, sillä ulkona ilma on kuivaa. Rakennuksessa oleva ilma voidaan tuulettaa päästämällä sisäilma yläkerrasta ulos ja ottamalla alhaalta ulkoilmaa rakennukseen. Kylmän ilman lämmittäminen laskee sen RH:ta, jolloin ilma pystyy sitomaan enemmän kosteutta.

Kesällä ja alkusyksystä ilman kosteussisältö voi olla niin suurta, että kuivatettavassa tilassa on käytettävä kosteudenkerääjiä. Ilmankuivaajien käyttö edellyttää kuitenkin sitä, että kuivatettava tila on ilmatiivis. Tiivis kylpyhuone voidaan toteuttaa esimerkiksi vetoketjulla varustellulla suojamuovilla. Kosteuden kerääjiä käytettäessä on oltava erittäin huolellinen sen suhteen, että poistoletku on varmasti lattiakaivossa, ettei kerätty kosteus pääse imeytymään takaisin betoniin.

Siisteys

Kuivatettavan rakenteen pinnassa oleva pöly ja lika sitovat kosteutta ja hidastavat betonin kuivumista. On siis tärkeää siivota kuivatettavat lattiat säännöllisesti, sillä erilaisista työvaiheista syntyvä lika ja ilmassa leijaileva pöly kertyvät lattian pintaan. Lattioiden pinnat on myös pidettävä puhtaana ylimääräisestä tavarasta, sillä tavarat betonin päällä hidastavat betonin kuivumista huomattavasti. Kylpyhuoneisiin varustoidut tavarat ovat myös monen tulevan työvaiheen edessä.

Ilman kierto

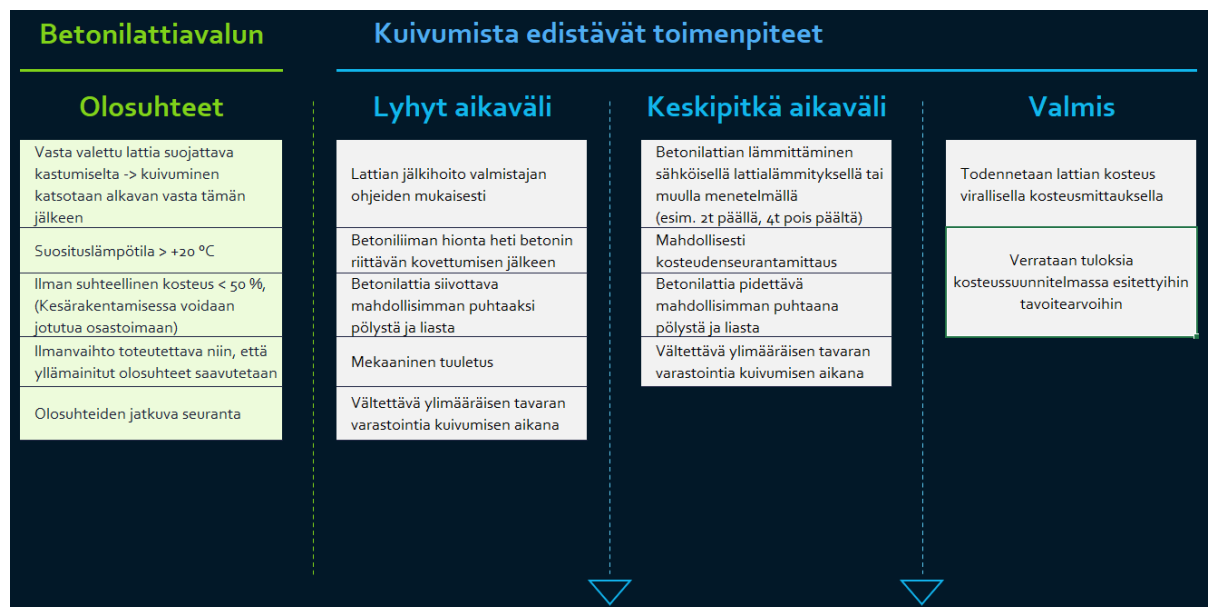
Eryteisesti kylpyhuonelattioita kuivatettaessa on varmistettava ilman riittävä kierto. Tällöin kylpyhuoneessa vallitseva RH tasoittuu muun ympärillä olevan ilman kanssa ja se voi sitoa lisää kosteutta. Ilman kierrättäminen kannattaa aloittaa heti betonin liimapinnan hionnan ja siivouksen jälkeen. Tällöin saadaan betonin kuivumiselle hyvät olosuhteet alusta lähtien. Pienissä kylpyhuoneissa pieni simpukkapuhallin riittää hyvin kierrättämään ilmaa huoneistossa.

Betonirakenteen lämmitys

Tehokkain tapa nopeuttaa betonin kuivumista on lämmittää betonia sisältäpäin. Betonin lämmitessä sen huokosten ilmatilan vesihöyrynpaine kasvaa, mikä edesauttaa

betonin kuivumista. Mitä suurempi vesihöyryn paine-ero betonin huokosten ja ilman välillä on, sitä tehokkaammin kosteus siirtyy betonista ympäröivään ilmaan. Betonin lämmittämisessä voidaan käyttää kylpyhuoneen omaa sähköistä mukavuuslattialämmitystä tai erillistä lämmityskaapelia, joka on suunniteltu kyseiseen tarkoitukseen (BET-kaapeli). Betonia voi lämmittää myös ulkopuolelta esim. levykuivaimilla, mutta se ei ole niin tehokasta kuin lämmittäminen sisältä käsin. Lämmittämisen suhteen on oltava tarkkana, sillä liian aikaisessa vaiheessa betonin lämmittäminen vaikuttaa negatiivisesti betonin lujuuden kehitykseen.

Hyväksi käytännöksi työmaalla on todettu lattialämmityksen päälle kytkeminen vasta parin viikon päästä valusta ja silloinkin osittain, eli esimerkiksi ensin kaksi tuntia päällä ja sitten neljä tuntia pois päältä.



Kuvio 5. Betonilattian kuivumista edistävät toimenpiteet.

5 Kuivaketju 10

Kosteudenhallinnassa on monenlaisia toimintamalleja, joita eri yritykset käyttävät. Yhdessä monen rakennusalalla toimivan tahon kanssa toteutettu Kuivaketju10-toimintamallin tarkoituksena on yhtenäistää erilaiset toimintatavat kosteudenhallinnan suhteen. Myös opinnäytetyöntyöntilaaaja on kiinnostunut Kuivaketju10-toimintamallista, jota pyydettiin käymään työssä läpi olosuhteidenhallinnan näkökulmasta.

5.1 Yleisesti

Kuivaketju10 on läpinäkyvä toimintamalli rakennushankkeen kosteudenhallinnalle. Sen tarkoituksena on vähentää kosteusvaurioiden riskiä rakentamisen eri vaiheissa. Toimintamallissa esitetään Kuivaketju10-riskilista (Kuvio 6), jossa on listattu 10 keskeisintä kosteusriskiä. Lisäksi toimintamalli sisältää kaikkien työvaiheiden todentamishjeet. Kuivaketju10 asettaa kosteudenhallinnan todentamiselle ja dokumentaatiolle selkeän vähimmäistason, joka täyttää asetusten ja rakennusvalvonnan vaatimukset.

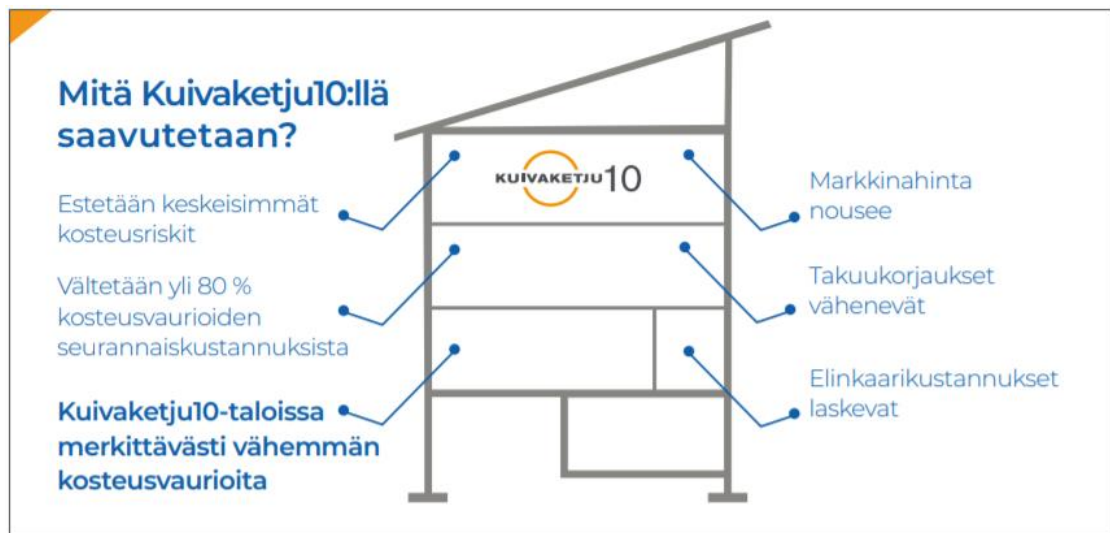
Toimintamallin käyttöönotosta päättää rakennushankkeeseen ryhtyvä henkilö tai yritys. Tällöin hankkeeseen liitetään kosteuskoordinaattori, joka valvoo ja ohjaa Kuivaketju10:n toteutumista koko hankkeen ajan.

(Kuivaketju10 vähentää merkittävästi kosteusvauriota. N.d. Kuivaketju10.)



Kuvio 6. Kuivaketju10-riskilista. (Kuivaketju10 2018.)

Rakentamisen Laatu Ry:n ylläpitämä toimintamalli löytyy netistä osoitteesta www.kk.rala.fi ja on täysin ilmainen. Rakennushankkeelle luodaan oma projekti, johon liitetään arkkitehtisuunnittelija, rakennesuunnittelija, LVI-suunnittelija, sähkösuunnittelija, urakoitsija, kosteuskoordinaattori ja mahdollisesti tilaaja, sekä mitauskonsultti. Näin kaikki osapuolet pysyvät ajan tasalla kosteusriskejä koskevasta tiedosta. Projektin alta löytyy myös kaikille osapuolille määritellyt tehtävät, jotka ovat sähköiseen järjestelmään helppo kuitata tehdyiksi ja dokumentoida. (Kuivaketju10 vähentää merkittävästi kosteusvauriota. N.d. RALA.)



Kuvio 7. Kuivaketju10:n hyödyt. (Kuivaketju10, 2018.)

5.2 Toimintamallin asettamat vaatimukset olosuhteiden hallinnalle

Riskilistassa kohdat 8 ja 9 käsittelevät erityisesti olosuhteiden hallintaa. Opinnäytetyön kannalta olennainen riski on 8, jossa kosteiden betonirakenteiden päällystämisen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen. Kuivaketju10:n ohjeistuksen mukaan betonin kuivumiselle tulee mahdollistaa suotuisat olosuhteet, jotka ovat lämpötilan osalta noin +20 °C ja suhteellinen kosteus alle 50 %. Jotta kuivatettavan tilan olosuhteet saadaan suotuisiksi, voidaan tarpeen mukaan lisätä lämmitystä, tuulettusta tai käyttää kosteuden poistajaa. Liian nopea betonin kuivuminen on estettävä betonin halkeilun vähentämiseksi. (Kuivaketju10, 2016.)

Rakenteen kuivumisesta on tehtävä kuivumisaika-arvio ja kuivumista on seurattava kosteusmittauksilla koko kuivumisjakson ajan. Betonirakenteiden riittävä kuivuminen on todennettava luotettavin, asiantuntijan tekemin kosteusmittauksin ennen päällystettävän materiaalin asentamista. Näin varmistetaan, ettei päällysmateriaali turmellu alusrakenteen kosteudesta. Riittävän kuivumisen raja-arvot asettaa suunnittelija yhdessä mittauskonsultin kanssa. (Kuivaketju10, 2016.)

6 Olosuhteiden seuranta

6.1 Olosuhteiden seurantamittaukset

Betonin kosteusmittaukset ovat tärkeä osa betonin kuivumisen kehittymisen seuranta. Koska betonin kuivumiseen vaikuttaa niin moni tekijä, on mittaus ainoa vaihtoehto selvittää rakenteen todellinen kosteuden määrä. Mittauksia otetaan rakenteista kosteushallintasuunnitelman mukaan, erityisesti sellaisista rakenteista, jotka päällystetään tai pinnoitetaan. Näissä rakenteissa kosteuspitoisuuden määrittää pinnoitettavan materiaalin kosteusraja-arvo, jonka alle kosteusprosentin on rakenteessa jäättävä. Mittaukset vaativatkin erityistä huolellisuutta, sillä virheellinen mittaus voi johtaa työvaiheen odotteluun tai pahimmassa tapauksessa kosteusvaurioon. Välimitauksilla voidaan todeta, kuivuuko rakenne suunnitellusti vai tarvitaanko lisätoimenpiteitä. (Merikallio 2002.)

Mittauksista tehdään kosteusmittaussuunnitelma. Siinä määritetään, mitä mittauksia tehdään, millaisia mittausmenetelmiä ja laitteita käytetään, miten mittauslaitteiden kalibrointi varmistetaan ja onko tekijä henkilösertifioitu kosteusmittaaja, jolla on riittävä mittauskokemus. Lisäksi määritellään mittausten aikataulu, laajuus ja tarvittavien mittauspisteiden sijainnit. Suunnitelman laadinnan tekee vastaava mestari yhdessä henkilösertifioitun kosteusmittaajan kanssa. Rakenteen kuivumista olisi hyvä seurata mittauksin, jotta saadaan varmuus rakenteen kuivumisen tilasta. Ensimmäinen mittaus olisi hyvä tehdä heti, kun olosuhteet on saatu tasaantumaan ja lisäkos-

teutta ei rakenteeseen enää pääse. Kuivumisen loppupuolella mitattavalla välimitauksella voidaan todeta, onko aikataulussa pysytty, vai tarvitaanko lisätoimenpiteitä. Viimeinen ja kattavampi mittaus tehdään ennen päällystöiden aloittamista. (RIL 250-2011, 106-107.)

6.2 Mittausmenetelmät

Mittausmenetelmiä on monenlaisia, mutta toistaiseksi tarkkoja mittaustapoja on porareikämittaus ja näytepalamittaus. Nämä tavat ovat molemmat rakennetta rikkovia ja siksi työläisiä. Näitä mittausmenetelmiä käytettäessä on todennettava, ettei poratavan reiän kohdalla ole lattialämmitysjärjestelmän osia tai vesiputkia. Helpoin tapa on dokumentoida näytteenottokohdat ennen valua. Jälkikäteenkin todentaminen onnistuu lämpökameralla. Mittaussuunnitelmaa tehdessä onkin tärkeä määrittää mitattavien rakenteiden määrä, jotta saadaan luotettava, tarkka ja taloudellinen lopputulos. (RT 14-10984 2010.)

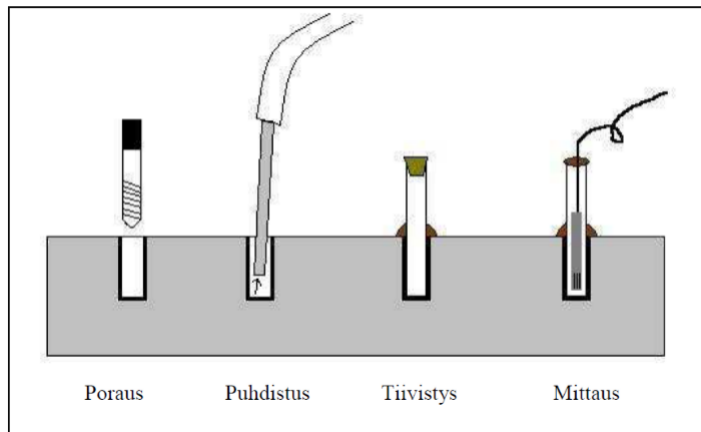
Aina ei kuitenkaan ole tarpeellista tai edes mahdollista päästä hyvään mittaustarkkuuteen. Tällöin mittaukset ovat niin sanotusti suuntaa antavia ja niitä analysoidessa on tiedostettava mittaustuloksen epätarkkuus ja ymmärrettävä, mistä epätarkkuudet johtuvat. Suuntaa antavia mittausmenetelmiä ovat:

- tarkastelu pintakosteusilmaisimella
- mittaus putkittamattomasta reiästä
- porareikämittaus toistuvasti samasta mittausräystä
- mittaus valuuun asennetusta mittausputkesta
- mittaaminen pian porauksen jälkeen
- mittaaminen jatkuvasti betonin sisällä olevalla anturilla
- porareikämittaus suosituslämpötila-alueen ulkopuolella
- näytepalamittaus asentamatta mittapäästä välittömästi mittausputkeen
- näytepalamittaus normaalia pienemmällä näytemäärällä tai epätarkalla syvyydellä. (RT 14-10984 2010.)

Porareikämittauksessa rakenteeseen porataan reikä, jonka halkaisijan määrittää mitattavien pään koko (Kuvio 8). Reikään on mahduttava mittausputki, jonka sisään on mahduttava mittapää. Mitattavan syvyyden määrittää rakenneratkaisu eli rakenteen

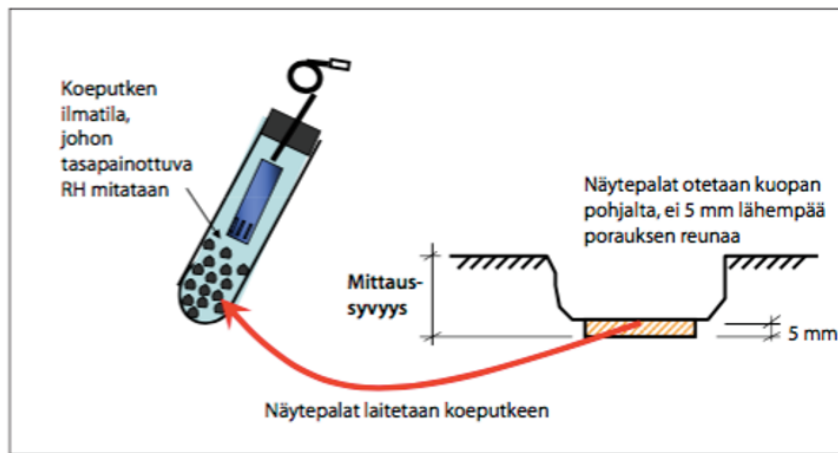
paksuus ja kerroksellisuus. Porattuun reikään asennetaan putki, jonka reunat ja yläpää tiivistetään kitillä. Putkessa olevien olosuhteiden annetaan tasaantua noin kolme vuorokautta, jonka jälkeen mittapää asennetaan putkeen. Mittapään asennuksen jälkeen putken pää tiivistetään uudelleen huolellisesti. Luotettavan mittaustuloksen saamiseksi olosuhteiden annetaan tasaantua vielä vähintään yhden tunnin. Mittapää voidaan asentaa myös heti porauksen yhteydessä, mutta silloin olosuhteiden on annettava tasaantua noin 72 tuntia luotettavan mittaustuloksen saavuttamiseksi.

(RT 14-10984 2010; Merikallio 2002.)



Kuvio 8. Porareikämittaus. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 83.)

Näytepalamittauksessa reikä voidaan tehdä kuppiterällä tai piikkaamalla, jolloin reiän halkaisija on noin 100–150 millimetriä. Näytepalamittauksessa tarkoitus on saada porattavan reiän keskiöstä, läheltä mittaussyvyyttä, mahdollisimman isoja murusia koeputkeen (Kuvio 9). Koeputken halkaisija on oltava vähintään 20 millimetriä ja se on täytettävä vähintään kolmasosalla betonin murusia, jotta mittaustulokset ovat mahdollisimman tarkkoja. Tämän jälkeen mittapää laitetaan koeputkeen, joka tiivistetään huolellisesti. Mittausarvot luetaan, kun koeputken olosuhteet ovat saaneet tasaantua tarpeeksi. Mittaustarkkuutta parantaa olosuhteiden pidempi tasaantumisaika, joka on olisi hyvä olla vähintään kahdeksan tuntia +20 °C asteessa. Luotettavan mittaustuloksen saamiseksi samasta reiästä kannattaa ottaa näytteet kahteen eri koeputkeen. (RT 14-10984 2010; Merikallio 2002.)



Kuvio 9. Näytepalamittaus. (RT 14-10984 2010, 7.)

6.3 Mittalaitteet

Ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittauksissa käytettiin työmaalle jo aiemmin hankittuja mittalaitetta, sekä vertailun vuoksi AirWits-nimistä mittaria. Tarkoituksena oli selvittää, voiko Airwits korvata jo käytössä olevat mittarit. Merkittävimpänä erona mittalaitteilla on, että AirWits lähettää tiedot reaaliajassa pilvipalveluun, kun taas työmaalle hankitut laitteet joudutaan liittämään manuaalisesti tietokoneeseen tiedon lukemiseksi.

Betonin suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaamiseen käytettiin TwinGuard-nimistä mittalaitetta. Mittauksissa käytettiin porareikämenetelmään. Mittauksilla pyrittiin hahmottamaan, voiko mittalaite korvata ammattilaisen tekemät seuranta-mittaukset. Skanska konevuokraus on ottanut molemmat mittalaitteet valikoimiinsa ja tarjoaa näin paremmat mahdollisuudet seurata työmaan olosuhteita.

AirWits

Connected AirWits on Sigfox-verkkoyhteyttä käyttävä lämpötila- ja ilmankosteusanturi, joka on tarkoitettu sisäkäyttöön. Laite lähettää Sigfox-verkon avulla mittausdataa ympäri vuorokauden 30 minuutin välein ja tallentaa datan pilvipalveluun. AirWits on huoltovapaa, sillä sen sisäänrakennettu paristopakkaus kestää noin viisi vuotta. Suositellut mittausolosuhteen rajat ovat lämpötilalle $-40 \dots +60 \text{ °C}$ ja ilmankosteudelle $0\text{--}95 \%$. Mittaustarkkuus lämpötilan osalta on $\pm 0,3 \text{ °C}$ ja ilmankosteuden osalta $\pm 3 \%$. (Connected AirWits.)



Kuvio 10. AirWits-mittari. (Connected AirWits.)

Tinytag Ultra 2

Tinytag Ultra 2 on dataloggeri, joka mittaa ilman lämpötilaa ja kosteutta. Laitteen optimaaliset lämpötilan mittausolosuhteet ovat -25 ... +85 °C ja kosteuspitoisuuden mittausolosuhteet välillä 0–95 %. Dataloggeri kerää muistiinsa mittausdataa, joka luetaan liittämällä dataloggeri johdolla tietokoneeseen. Mittaustiheyttä voi säätää haluamalleen välille puolesta tunnista ylöspäin. Tämä tietenkin vaikuttaa mittauskapasiteetin täyttymiseen, joka on 32000 mittausta. Muistin täytyessä laite lopettaa mittaamisen. Lämpötilan mittaustarkkuudesta ei tuotekortissa ollut mainintaa, mutta ilmankosteuden osalta tarkkuus on $\pm 3\%$. Laite toimii paristolla ja on roisketiivis.

(Tinytag Ultra 2.)



Kuvio 11. Tinytag Ultra 2 -dataloggeri. (Tinytag Ultra 2.)

TwinGuard

Connected TwinGuard on Sigfox-verkkoyhteyttä käyttävä lämpötila- ja ilmankosteusmittari, joka on tarkoitettu vaativiin ympäristöihin. Laitteessa on kaksi ulkopuolista

lämpötila- ja ilmankosteusanturia. Mittalaite koostuu keskusyksiköstä, kahdesta kaapelista ja niiden päässä olevista ulkopuolisista lämpötila- ja ilmankosteus antureista. Anturit voidaan sijoittaa vapaasti esimerkiksi rakennusmateriaalien sisään tai ilmatiloihin. Laite lähettää mittausdataa 30 minuutin välein Sigfox-verkon avulla pilvipalveluun, jonne data tallentuu. TwinGuard on huoltovapaa, sillä sen paristot kestävät noin viisi vuotta. Suositellut mittausolosuhteen rajat ovat lämpötilalle $-40 \dots +85 \text{ }^\circ\text{C}$. Mittaustarkkuus lämpötilan osalta on $\pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ja ilmankosteuden osalta $\pm 2\%$. (Connected TwinGuard.)



Kuvio 12. TwinGuard-mittari. (Connected TwinGuard.)

6.4 Mittaustulosten tulkinta

Mittaustuloksia analysoidessa on mittajaan tunnettava hyvin mittalaite, mittausmenetelmä, sekä betonin materiaaliominaisuudet ja rakenteen rakennusfysikaalinen toiminta. Näin varmistutaan siitä, että tuloksiin vaikuttavat seikat osataan ottaa huomioon tuloksia analysoidessa. (Merikallio 2002.)

Betonin suhteellista kosteutta mitattaessa rakenteen lämpötila voi aiheuttaa merkittävän mittavirheen. Porareikämittauksessa mitattavan rakenteen lämpötila olisi hyvä olla lähellä rakenteen tulevaa käyttölämpötilaa eli noin $+20 \text{ }^\circ\text{C}$. Lämpötilan suositellaan eroavan tästä korkeintaan $\pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, joka vaikuttaa suhteellisen kosteuden arvoon yleensä $\pm 0\text{-}5 \%$. Rakenteen lämpötilan ollessa alle $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ kosteusarvot ovat yleensä

alhaisempia ja vastaavasti lämpötilan ollessa yli +20 °C kosteusarvot ovat yleensä todellista korkeampia. Tämä tarkoittaa sitä, että betonin suhteellisen kosteuspitoisuuden muutokset toimivat juuri päinvastoin kuin pelkällä ilmalla. (Merikallio 2002.)

Betonin suhteellisen kosteuspitoisuuden muutokset toimivat siis juuri päinvastoin kuin pelkällä ilmalla. Tietyn rajan yli mentäessä lämpötilan noustessa suhteellinen kosteus laskee, joka johtuu rakenteen kuivumisesta. Ei ole pystytty laatimaan tarkkoja korjauskertoimia, joilla tietyn lämpötilan vaikutukset betonin suhteelliseen kosteuteen pystyttäisiin määrittämään. Tämä johtuu monesta tekijästä, jotka ovat betonin huokosrakenne, hydrataatioaste, vesisementtisuhte, betonin ikä ja kosteus. (Merikallio 2002.)

Lämmitetyn rakenteen vaikutukset on myös huomioitava tuloksia analysoitaessa. Hyvän mittaustavan mukaan porareian olosuhteiden on annettava tasaantua noin kolme päivää. Jos lämmitettyyn betoniin porataan mittausreikä, betonin jäähtyessä reikään saattaa kondensoitua kosteutta. Betonin kuivumisen seurantamittauksessa on huomioitava myös betonin käyttäytyminen, jos betonia lämmitetään mittauksen aikana. Tällöin betonin RH on normaalia korkeampi, sillä lämpötilan äkillisesti noustessa betonin RH kasvaa, muttei palaudu alkuperäiseen arvoonsa yhtä nopeasti kuin lämpötila. Poratun reiän sijainnilla on myös väliä, sillä lähempänä lämmityskaapelia on pienempi RH. (Merikallio 2002.)

6.5 Mittausraportti

Mittaukset tehtiin Skanskan kerrostalotyömaalla Jyväskylän Kankaalla. Kohteen jokaisesta kuudesta kerroksesta mitattiin yhdestä kylpyhuonelattiasta betonin suhteellinen kosteus ja lämpötila. Mittauksen tarkoituksena oli antaa suuntaa betonin kuivumisen edistymisestä. Rakenteen arvioitu kuivumisaika oli seitsemän viikkoa, joten mittaukset tehtiin neljän ja puolen viikon kohdalla. Lisäksi mitattiin jokaisen kerroksen ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila.

Kylpyhuoneiden lattiat tehtiin jälkivaluina kololaattaan. Kololaatalla tarkoitetaan ontelolaattatyyppiä, joihin voidaan tehdä syvennyksiä kallistusvaluja tai talotekniikan

asennusta varten. Betonina lattiassa käytettiin NP-betonia, jonka vesisideainesuhde oli noin 0,5 (4. krs $V/S=0,6$). Lattiarakennetta kevennettiin laittamalla ensin lasimurskaa ja suodatinkangas, jonka päälle valettiin 80 millimetrin kallistusvalu. Lattiaan tuli sähköinen mukavuuslattialämmitys, jota hyödynnettiin betonilattian kuivatuksessa. Rakennuksessa oli vesikatto valmiina ja lämmöt päällä ennen kylpyhuoneen lattiavaluja.

Mittaus toteutettiin porareikämenetelmällä. Mittapisteen sijoittuivat lattialämmityksen takia wc-viemärin läheisyyteen, jotta välttyttäisiin turhilta vahingoilta. Mittaus-
syvyyksinä käytettiin 13 ja 34 millimetriä. Mittasyvyyksien oli tarkoitus olla samat kuin kosteusmittaus suunnitelmassa, eli 13 ja 32 millimetriä, mutta epäonnistuneiden porausten takia kaikki syvemmät reiät tulivat 34 millimetrin syvyydelle. Betonin mittauksessa käytettiin TwinGuard-mittaria ja ilman mittaamisessa Tinytag Ultra 2 -data-loggeria, sekä testi mielessä AirWits-mittaria (suluissa olevat tulokset).

Hyvää mittaustapaa noudattaen itse mittaus jakautui kolmeen eri osaan, jotka olivat porareikien poraus (Taulukko 3), mittapäiden asennus (Taulukko 4) ja kosteusarvojen lukeminen (Taulukko 5). Taulukoissa on käyty läpi mittausprosessin eri työvaiheiden aikatauluja työmaalla. Taulukossa 6 on tarkempi mittausraportti saaduista tuloksista, jossa tärkeimmät tulokset on tummennettu. Taulukossa 6 on myös ilmoitettu sisä- ja ulkoilman lämpötila ja RH mittaushetkellä. AirWits-mittarilla mitatut arvot sisäilman lämpötilasta ja ilman suhteellisesta kosteudesta on ilmoitettu taulukossa suluissa (kerrokset 4 ja 5). Kuviossa 7 on ilmoitettu myös valupäivät, sekä lämpötilan ja RH:n keskiarvot valupäivästä mittauspäivään.

Porareikien poraus, puhdistus ja tiivistys			
Kerros	Asunto	Päivämäärä	Kellonaika
1 krs.	as 2	14.1.2020	12:00
2 krs.	as 14	14.1.2020	12:00
3 krs.	as 18	29.1.2020	12:00
4 krs.	as 23	11.2.2020	14:00
5 krs.	as 38	11.2.2020	14:00
6 krs.	as 46	19.2.2020	14:00

Taulukko 3. Porareikämittauksen aikataulu.

Mittapäiden asennus			
Kerros	Asunto	Päivämäärä	Kellonaika
1 krs.	as 2	17.1.2020	13:00
2 krs.	as 14	17.1.2020	13:00
3 krs.	as 18	31.1.2020	14:00
4 krs.	as 23	14.2.2020	14:00
5 krs.	as 38	14.2.2020	14:00
6 krs.	as 46	25.2.2020	8:00

Taulukko 4. Mittalaitteen asennus aikataulu.

Kosteusarvojen lukeminen			
Kerros	Asunto	Päivämäärä	Kellonaika
1 krs.	as 2	19.1.2020	3:00
2 krs.	as 14	19.1.2020	3:00
3 krs.	as 18	11.2.2020	3:00
4 krs.	as 23	18.2.2020	3:00
5 krs.	as 38	25.2.2020	3:00
6 krs.	as 46	3.3.2020	3:00

Taulukko 5. Mittaustulosten lukemisen aikataulu.

Kosteusmittaustulokset 19.1.–3.3.2020				Betoni	Betoni	Sisäilma	Sisäilma	Ulkoilma	Ulkoilma
Ajankohta	Mittalaite	Paikka	Syvyys	(°C)	RH (%)	(°C)	RH (%)	(°C)	RH (%)
19.1.2020	003A52C5	1 krs.	13 mm	16,2	72	17,1	44,2	2,9	95
			34 mm	16	87				
19.1.2020	003A6E9C	2 krs.	13 mm	15,3	80	17,1	43,7	2,9	95
			34 mm	15,2	90				
11.2.2020	003A52C5	3 krs.	13 mm	20,3	76	20,7	39,3	0,6	90
			34 mm	19,8	86				
18.2.2020	003A6E9C	4 krs.	13 mm	20,4	88	21,0	44,5	3,3	92
			34 mm	20,5	97	(22,2)	(38,0)		
25.2.2020	002F8B7E	5 krs.	13 mm	17	80	17,2	45,0	-3,4	72
			34 mm	17,3	95	(18,4)	(39,0)		
3.3.2020	003A52C5	6 krs.	13 mm	14,8	84	17,4	42,8	-4,5	95
			34 mm	14,3	93				

Taulukko 6. Mittausraportti. Ulkoilman säähavainnot Tikkakosken lentoasemalta 19.1.-3.3.2020 (Ilmatieteenlaitos.)

	1 krs.	2 krs.	3 krs.	4 krs.	5 krs.	6 krs.
Teoreettinen kuivumisaika (pv)	49	49	49	49	49	49
Valupäivä	18.12.	18.12.	10.1.	17.1.	24.1.	31.1.
Kerroksen keskilämpötila (°C)	16,5	14,5	18,2	19,4	19,4	18,2
Kerroksen keskimääräinen RH (%)	41,1	43,8	36,7	37,5	42,4	47,8

Päivää kuivunut (pv)	32	32	32	32	32	32
Mittauspäivä	19.1.	19.1.	11.2.	18.2.	25.2.	3.3.
Lämpötila (°C) 13 mm	16,2	15,3	20,3	20,4	17	14,8
Lämpötila (°C) 34 mm	16	15,2	19,8	20,5	17,3	14,3
RH (%) 13 mm	72	80	76	88	80	84
RH (%) 34 mm	87	90	86	97	95	93

Taulukko 7. Mittausraportti.

Mittaustuloksista huomataan, että mitaushetkellä betonin lämpötila on ollut lähellä 21 astetta vain kerroksissa kolme ja neljä. Tämä aiheuttaa omat haasteensa tulosten analysointiin, sillä porareikämittauksella mittausolosuhteiden pitäisi olla stabiilit ja mielellään lähellä 21 astetta. Tällöin mitaustulos on mahdollisimman tarkka. Betonin lämpötilan laskiessa myös sen huokostilan ilman suhteellinen kosteus laskee.

Kerroksessa vallinnut keskimääräinen RH% korreloi hyvin betonin kuivumisen edistymisen kanssa. On selvästi havaittavissa, miten keskimääräisen RH:n ollessa suuri betoni on kuivunut hitaammin. 1. ja 2. kerroksen tulokset ovat siitä poikkeuksellisia, että niissä lattialämmitys ja mekaaninen tuuletus ovat olleet päällä pidempään kuin muissa kerroksissa. 1. ja 2. kerroksen valupäivien jälkeen on ollut taukoa, jonka jälkeen kerrokset on valettu viikon välein. Tämä on aiheuttanut sen, ettei lattialämmityksiä ja mekaanisia tuulettimia ole keritty asentamaan sitä mukaa kerroksesta toiseen vaan on jääty hieman jälkeen siirryttäessä seuraavaan kerrokseen.

Kerroksen 4 tuloksista voidaan huomata, millainen vaikutus betonin vesisideainesuhteella on. Muissa kerroksissa V/S on ollut 0,5, kun kerroksessa neljä se on 0,6. Tämä tarkoittaa vähäisempää veden kemiallista sitoutumista, jolloin suuremman määrän vettä täytyy poistua rakenteesta haihtumalla. Muuten kerroksessa on ollut hyvät kuivumisolosuhteet, sillä lämpötila on ollut noin +20 ja RH alle 38 %.

Lattialämmityksen ja mekaanisen tuuletuksen päällä olo mittauksen aikana on saattanut aiheuttaa mittavirhettä. Olosuhteiden stabiloiminen työmaalla oli hieman haasteellista, sillä tieto mittauksista ei aina välittynyt kaikille. On siis mahdotonta sanoa missä kerroksessa lattialämmitys ja tuuletin ovat olleet päällä. Jos kuitenkin aikoo tehdä mittauksia lattialämmityksen ollessa päällä, on huomioitava, että lämmittäminen nostaa betonista mitattavaa RH-prosenttia. Kerrosten siisteydestä ja tavaroiden varastoinnista ei ole erityisesti pidetty kirjaa, joten nekin voivat aiheuttaa mittavirheitä. Oletuksena on, että kerrostalossa on vallinnut tämän suhteen melko samanlaiset olosuhteet.

6.6 Mittalaitteiden vertailu

TwinGuard – ammattilainen

Suurimpana erona näiden kahden välillä on mittaustapa. TwinGuardilla mitattaessa käytetään porareikämenetelmää, kun taas ammattilainen käyttää näytepalamenetelmää. TwinGuard-mittalaitteen ehdoton vahvuus on se, että mittausdataa on tarjolla kaksi viikkoa mittalaitteen asennuksesta. Näytepalamittaus kertoo vain sen hetken tuloksen. Porareikämenetelmässä tuloksia pitää analysoida ja ottaa huomioon erilaisia muuttujia, sillä työmaalla optimaalisten olosuhteiden saavuttaminen ei ole itsensä selvyyttä. Näytepalamittauksessa olosuhteet saadaan vakioitua, joten voidaan olettaa mittaustulosten olevan tarkkoja. Olosuhteiden vakiointi näytepalamittauksessa ei kerro betonilattian lämpötilaa, mikä on olennainen tieto, kun miettii lattialämmityksen käyttöä kuivatuskeinona. Huomioitavaa on myös se, että näytepalamittaus rikkoo enemmän betonin pintaa verrattuna porareikämittaukseen.

Ammattilaisen tekemä mittaus on työmaalle helppo, sillä mittaja käy pyynnöstä mittaamassa halutusta paikasta halutun määrän mittauksia ja koostaa niistä raportin työmaalle. Tämä vähentää työmaalla hoidettavia tehtäviä ja vapauttaa aikaa muihin työtehtäviin. Toisaalta mittauksiin ja TwinGuard-mittalaitteeseen perehtymällä voidaan sanoa mittauksien olevan jopa helppo toteuttaa. Mittausdatan saaminen pidemmältä ajalta auttaa työmaata arvioimaan paremmin työmaan olosuhteita. Esimerkiksi betonilattian lämpötilan mittaaminen on olennainen tieto kuivumisolosuhteiden kannalta, jota ei näytepalamittauksella voida saada.

Työmaan yleisiin käytäntöihin ei kuulu betonin suhteellisen kosteuden mittaus kesken betonilattian kuivumisprosessia, vaan mittaus otetaan silloin kun arvioidaan lattian olevan tarpeeksi kuiva. Tämä tarkoittaa mittaamisen ajoittuvan kuivumisprosessin loppupuolelle, mikä tarkoittaa todella vähäistä reagointiaikaa työmaalle, jos lattiat eivät olekaan kuivuneet suunnitellussa ajassa. TwinGuard-mittalaitteen maksimissaan kahden viikon mittausjakso antaa tarvittavat tiedot, jotta voidaan arvioida kuivumisen etenemistä ja mahdollisia lisätoimenpiteiden tarvetta. Tällöin voidaan TwinGuard-mittalaitteella otetun datan perusteella tilata kattavampi päällystettävyyssmittaus, jossa ammattilainen todentaa betonille asetetun raja-arvon alituksen.

Mittalaitteen luotettavuuteen ei opinnäytetyössä ollut resursseja ottaa kantaa. Mittalaitteet on Skanska konevuokrauksen laitteiksi valikoituneet monen muun mittalaitteen joukosta, joten luotettavuutta on varmasti arvioitu Skanska konevuokrauksen toimesta. Testinä teimme yhden mittauksen plaanon suhteellisesta kosteuspitoisuudesta (Taulukko 8), jossa voidaan todeta olleen suhteellisen samat olosuhteet mittaushetkellä, kuin WSP:n mittauksessa (Kuvio 13). Tuloksista voidaan todeta, että TwinGuard-mittari antoi molemmilla syvyyksillä hieman suurempia arvoja kuin näytepalamittaus (Kuvio 13). 20 millimetrin syvyydellä lämpötilaero on ollut 1,5 astetta ja RH:n ero 6 %. 40 millimetrin syvyydellä lämpötilaero on vain 0,5 astetta ja RH:n ero 3%.

Twinguard-mittarin toisen anturin tulokset ovat 42 millimetrin syvyydestä, joten siitä voi mittauksen tuloksiin hieman epävarmuutta tulla. Lisäksi näytepalamenetelmällä otettu tulos on asunnosta 10, kun taas porareikämittauksen tulos on lähes viereisestä asunnosta 12, joka voi myös vaikuttaa tuloksen luotettavuuteen. Mittaustulosten hieman korkeammat arvot TwinGuard-mittarilla huomasivat myös työmaan toimihenkilöt. Tämä koettiin kuitenkin hyvänä asiana, sillä sen koettiin olevan "varmalla puolella".



Mittauspiste	Tila	Rakenne/rakennevahvuus [mm]	Mittaus-syvyys [mm]	RH [%]	T [°C]	Mittauspäivä	Mittaaja	Mittapään nro.
2.7	As. 7 MH	VP01/370+15	15 (tasoite)	48	21	17.03.2020	JK	40029
			15+20	71	21			40013
2.8	As. 10 OH	VP01/370+20	20 (tasoite)	46	21	17.03.2020	JK	40008
			20+20	71	21			40018

Kuvio 13. Plaanon kosteusmittaus ammattilaisen tekemällä koepalamenetelmällä.

Mittauspiste	Tila	Rakenne/rakennevahvuus [mm]	Mittaus-syvyys [mm]	RH [%]	T [°C]	Mittauspäivä	Mittaaja	Mittalaitteen nro.
-	As. 12 OH	VP01/370+20	20 (tasoite)	52	19.5	17.03.2020	HP	002F8B7E
			20+20	74	20.5			002F8B7E

Taulukko 8. Plaanon kosteusmittaus porareikämenetelmällä ja TwinGuard-mittarilla, (Liite 7).

AirWits - Tinytag Ultra 2

AirWits-mittalaite edustaa uudempaa teknologiaa, kun taas Tinytag Ultra 2 on hieman vanhempi mittalaite. Olennainen eroavaisuus mittalaitteiden välillä on AirWits-mittalaitteen etäluettavuus ja reaaliaikaisuus. Nämä ovat todella tärkeitä ominaisuuksia, kun seurataan työmaan olosuhteita. Mittalaitteisiin voidaan laittaa tietyt hälytysrajat, joiden sisällä ilman lämpötilan ja kosteuden pitäisi olla. Tämä helpottaa olosuhteiden seurantaa huomattavasti ja mahdollistaa reagoinnin muuttuviin olosuhteisiin.

Vastaavasti Tinytag Ultra 2 -dataloggeri on luettava manuaalisesti liittämällä laite tietokoneeseen. Tällöin olosuhteiden seuranta ei ole reaaliaikaista ja muutoksiin reagoidaan aina myöhemmin. Mitä useammin mittalaitteet luetaan, sitä tuoreempaa tietoa olosuhteista saadaan, mutta toisaalta tämä taas ei ole tehokasta ajan ja resurssien käyttöä. Laitteen tiedot ladataan koneelle, mikä tarkoittaa laitteen oman muistin nollaantumista. Tämä aiheuttaa sen, että datan lukeminen joltain muulta aikaväliltä kuin mittausajalta on hieman haasteellista. Varsinkin graafien yhdisteleminen voi olla jopa

mahdotonta, sillä skaalaus voi olla erilainen. AirWits-mittarilta voidaan tulostaa mitausraportti halutulta ajalta. Raportissa on graafit, keskiarvo, mediaani, minimi, maksimi ja mittaustulokset puolen tunnin välein.

Mittaustulosten luotettavuus ei opinnäytetyössä ollut pääasiassa, mutta vertailun vuoksi taulukkoon 8 on koottu molempien mittalaitteen tulokset samasta paikasta samalla aikavälillä. Tuloksista voidaan huomata, että Tinytag Ultra 2 -mittalaite antaa noin yhden asteen alempia lämpötila-arvoja. Ilman suhteellinen kosteus eroaa noin viidellä prosentilla, mikä osaltaan selittyy lämpötilaerolla. Tuloksesta on vaikea päätellä, kuinka suuri osuus johtuu varsinaisesta mittaerosta. Mittalaitteiden iän perusteella voisi olettaa, että AirWits-mittalaite on kalibroitu viimeiseksi, joten sen tulokset voisivat olla luotettavampia.

11.2. - 4.3.	Tinytag Ultra 2		AirWits	
4 krs.	Lämpötila (°C)	RH (%)	Lämpötila (°C)	RH (%)
keskiarvo	19,0	42,7	20,0	36,2
Mediaani	19,2	42,6	20,1	36,0
Minimi	14,9	27,0	15,5	22,0
Maksimi	22,2	67,1	22,7	60,0

11.2. - 4.3.	Tinytag Ultra 2		AirWits	
5 krs.	Lämpötila (°C)	RH (%)	Lämpötila (°C)	RH (%)
keskiarvo	19,7	43,3	20,9	37,4
Mediaani	19,9	42,6	21,0	36,0
Minimi	16,2	29,4	16,9	25,0
Maksimi	21,9	66,3	23,1	58,0

Taulukko 9. Mittalaitteiden tulosten vertailu, 4. ja 5. kerros.

6.7 Arvioidut kulut

Taulukossa 9 on arvioitu mittalaitteiden tarvetta 6-kerroksisella työmaalla. Mittalaitteiden tarpeen on oletettu kestävän kylpyhuoneen lattiavalujen aloituksesta viimeisen kerroksen näyttöönottoaikaan, jolloin kaikista kerroksista on seurantamittaus tehty. Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittareita on laskettu jokaiseen

kerrokseen yksi kappale. Betonin suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaukseen on arvioitu kaksi mittalaitetta. Porareikämittauksiin on arvioitu kuluvan yksi tunti per mittauspiste, mikä on hieman yläkanttiin arvioitu. Kokonaiskustannukseksi kyseisiä mittalaitteita käyttämällä saadaan 898 €, joista porareikämittauksen osuus olisi noin 350 €.

Vastaavasti ammattilaisella teetetyt kuusi seurantamittausta maksaisivat noin 300 €. Hintoja vertaillaessa on huomioitava, että mittausmenetelmät ovat erilaisia ja niin on myös saatu tulokin. Mittalaitteilla betonin kuivumista voidaan seurata pidemmältä ajalta, kun taas ammattilaisen tekemä näytepalamittaus kertoo vain sen hetken tarkan arvon.

Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden osuus on noin 550 € kyseiseltä ajalta. Vertailuna olivat työmaan omat mittalaitteet (Tinytag Ultra 2), joita työmaa on tähän asti käyttänyt. Laitteiden hankkimisajankohta ja hinta eivät ole tiedossa, joten on vaikeaa arvioida, mikä tämän aikajakson todellinen kulu olisi oikeasti ollut. Suurimpana erona mittalaitteissa oli etäluettavuus, joka on ominaisuutena uudessa AirWits-mittarissa. Tinytag Ultra 2 -mittarissa toimintoa ei ollut, joten kokonaishintaan pitää laskea työmaan toimihenkilön palkka siltä ajalta, jolloin hän joutuu keräämään mittalaitteita ja siirtämään dataa omalle tietokoneelleen ja mahdollisesti jakamaan tiedon muille toimihenkilöille. Mittalaitteiden lukeminen suoritettiin kolme kertaa vertailuajankohdaksi. Jos toimihenkilön kustannukset yritykselle olisivat 35 €/h, tulisi tästä noin 105 € kuluja, jos mittalaitteiden lukuun kuluisi tunti.

Mittalaitteiden tarve 18.12. – 3.3.2020				
	Kpl	Kesto	à-hinta	Hinta
Twinguard	2	76 pv	1,4	212,8
Poraus	6	1 t	23	138
AirWits	6	76 pv	1,2	547,2
			Yhteensä	898

Taulukko 10. Mittalaitteiden kustannukset sisätyövaiheen aikana.

7 Haastattelu olosuhteiden hallinnasta

Opinnäytetyön yhtenä osa-alueena toimii haastattelu, johon osallistuivat kyseisen työmaan kolme toimihenkilöä. Haastattelu toteutettiin videoyhteyden avulla keväällä 2020. Tarkoituksena oli selvittää, miten uusien laitteiden käyttö koettiin työmaalla. Kysely toteutettiin ryhmähaastatteluna ja vapaamuotoisena keskusteluna, josta tärkeimmät asiat poimittiin alalukuun 7.2.

7.1 Haastattelun kysymykset

1. Mitä haasteita laitteiden käytössä oli?
(Tilaus, asennus, pilvipalvelun käyttö, palautus, yms.)
2. Oliko tulosten analysoinnissa haasteita?
3. Mitä haasteita laitteiden käyttö asettaa työnjohdolle?
4. Kuinka hyvin laitteet mielestänne soveltuu kuivumisen seurantamittauksiin?
5. Koitteko laitteet hyödyllisiksi?
6. Mitä ominaisuuksia jäitte kaipaamaan?
7. Mitkä tekijät työmaalla vaikeuttavat optimaalisten kuivumisolosuhteiden syntyä?
8. Mitä hyviä käytäntöjä työmaallanne on käytetty, jotka edesauttavat betonilattian kuivumista? (Betoni laatu, Rakenne, olosuhteet...)

7.2 Haastattelun tulokset

7.2.1 Mittalaitteet

Työmaan toimihenkilöt kokivat laitteiden tilaamisen ja asentamisen helpoksi, mutta pilvipalvelun käytössä oli aluksi haasteita. Lisäksi mittalaitteiden asennuksen koettiin olevan ajankäytöllisesti haasteellista, ja jatkossa siihen kaivattaisiin vastuuhenkilön nimeämistä sekä enemmän aikaa ja resursseja. Vaihtoehtoisesti pohdittiin palveluntarjoajan mahdollisuuksia kehittää palveluaan tarjoamalla asennusta, mutta tämä tietysti nostaisi kustannuksia. Tulosten analysointi koettiin siinä mielessä helpoksi, että kuvaaja oli selkeä ja helppolukuinen, mutta varsinaista mittausdatan tarkkuutta ei sen kummemmin analysoitu, sillä mittauksen tulokset nähtiin suuntaa antavina.

Haastateltavat kokivat, että laitteet sopivat hyvin kuivumisen seurantamittauksiin ja ne koettiin hyödyllisiksi. Laitteiden käytön arvioitiin tuovan säästöjä sitä kautta, että kuivumisen etenemistä ei tarvitse arvailla ja ammattilaista ei tarvitse tilata tekemään välimittausta. Mittalaitteisiin oltiin siis pääosin tyytyväisiä, mutta laitteen nimeäminen eli numerosarja oli epäselvä. Lisäksi laitteeseen kaivattiin merkintää siitä, kumpi anturi laitetaan pintaan ja kumpi syvemmälle, jotta ne menisivät pilvipalvelussa suoraan oikeinpäin.

7.2.2 Olosuhteiden hallinta työmaalla

Haastattelussa keskusteltiin myös siitä, mitkä asiat työmaalla vaikeuttavat optimaalisten kuivumisolosuhteiden syntyä. Aikataulu koettiin suurimpana vaikeuttavana tekijänä, koska erilaiset työvaiheet rytmittävät työmaata. Jos esimerkiksi lattiavalut joudutaan aloittamaan ennen kuin tiivis vesikatto on päällä, saattaa rakenteisiin siirtyä ylimääräistä kosteutta, joka hidastaa osaltaan betonista kuivumista. Lisäksi tilaajan määrittelemällä rakenteen tyypillä koettiin olevan suuri vaikutus optimaalisten kuivumisolosuhteiden saavuttamiseksi. Myös erilaisten työvaiheiden koettiin vaikeuttavan kuivumista, esimerkiksi lattialämmitystä ei voi pitää koko ajan päällä, sillä rasiat täytyy välillä kytkeä pois käytöstä muiden työvaiheiden edestä. Toiveena olisi turvallinen työaikainen kytkentä lattialämmityksille, ettei niitä tarvitsisi olla kytkemässä

päälle ja pois muiden työvaiheiden tieltä. Siivouksen ylläpito koettiin välillä haasteelliseksi, sillä erilaiset työvaiheet tuovat kylpyhuoneisiin likaa ja pölyä, joka hidastaa betonin kuivumista.

Haastattelun loppuun keskusteltiin työmaalla hyväksi koetuista käytännöistä betonilattian kuivumisen edesauttamiseksi. Tärkeäksi seikaksi nousi aikataulun suunnittelu niin, että esimerkiksi vesikatteen asennus tehdään ennen lattiavaluja. Hyväksi rakenteeksi koettiin nykyinen rakenne, jossa kololaattaan valettava kallistusvalu kevennetään lasimurskalla. Betonina käytettiin NP-betonia, jonka vesisideainesusuhde oli noin 0,5. Sähkökäyttöinen mukavuuslattialämmitys tehostaa lattian kuivumista. Lattialämmitys kytketään päälle aikaisintaan kaksi viikkoa valupäivästä ja silloinkin lattialämmitys on päällä vain osittain eli kaksi tuntia päällä ja neljä tuntia pois päältä. Huomioitavaa on, ettei lattian rakenteeseen aina pystytä niin paljon vaikuttamaan, sillä viime kädessä tilaaja päättää lattian rakenteen. Työntekijöiden ja aliurakoitsijoiden ohjeistus veden käytöstä työmaalla koettiin tärkeäksi, sillä esimerkiksi veden kaatamisessa lattiakaivoon on käytettävä erityistä huolellisuutta, ettei ylimääräinen kosteus imeydy kuivuvaan betonirakenteeseen.

Työmaan lämpötila pyritään pitämään +20 asteen lämpötilassa ja ilman suhteellinen kosteus alle 50 prosentissa. Näitä olosuhteita seurataan mittalaitteiden avulla. Lisäksi betonilattian kuivumisen edistämiseksi mekaaninen tuuletus järjestetään betonilattialle heti, kun betoniliima on hiottu pois. Myös siisteydestä pyritään huolehtimaan, mutta erilaiset työvaiheet vaikeuttavat sitä. Tavaroiden pitkäaikaista varastointia kuivuvan lattian päällä pyritään välttämään, mutta väliaikainen säilytys tehostaa käynnissä olevia työvaiheita.

8 Pohdinta ja yhteenveto

Tämä opinnäytetyö koostuu kolmesta osasta, jotka ovat teoreettinen viitekehys, olosuhdemittaukset ja työmaan haastattelu. Yhdessä näiden osioiden oli tarkoitus käsitellä kylpyhuoneen betonilattian kuivumisen olosuhteita ja vastata kysymykseen mittalaitteiden soveltuvuudesta työmaan olosuhteiden hallintaan. Kuivumisolosuhteiden vaikutuksista betonilattian kuivumiseen tehtiin työntilaaajalle tiivis ohjekortti, joka on koottu tämän opinnäytetyön materiaalien pohjalta.

Mittalaitteiden soveltuvuutta työmaan olosuhteiden hallintaan testattiin kokeellisilla mittauksilla. TwinGuard- ja AirWits-mittalaitteet sopivat hyvin olosuhteiden seurantaan, sillä ne olivat helppokäyttöisiä ja selkeitä. Pilvipalvelun kanssa haastateltavilla oli aluksi hieman haasteita, mutta pienellä perehtymisellä ohjelma koettiin todella helppokäyttöiseksi. AirWits-mittalaite oli todella vaivaton käyttää, sillä sen asettaminen mittaustapaan oli ainut työllistävä vaihe. TwinGuard-mittalaitteen asennus oli myös melko yksinkertaista, mutta se vaati aluksi hyvään mittaustapaan perehtymistä, sekä huolellisuutta.

Uudet mittalaitteet lisäävät työmaan kuluja ja varsinkin TwinGuard-mittarin kohdalla myös työntekijöiden aikaa, joka kuluu asennuksiin. Toki rahalle saadaan vastinetta, sillä parempi olosuhdeseuranta edesauttaa betonilattioiden kuivumista, joka taas jouduttaa työmaan muita työvaiheita. Lisäksi betonin kuivumisen seurannalla välteetään ylimääräiset päällystettävyyssmittauskulut, joita syntyy, kun ammattilaista pyydetään mittamaan betonilattian suhteellinen kosteus liian aikaisin. On vaikea arvioida säästöjen syntyä suhteessa kulujen kasvuun, sillä vaikutukset ovat niin monisyisiä.

Mittalaitteiden tarkoitus on olla apuna olosuhteiden seurannassa, jotta voidaan nähdä ja arvioida betonin kuivumisen taso jo aikaisessa vaiheessa. Näin pystytään reagoimaan hyvissä ajoin, jos kuivuminen ei ole edennyt suunnitellun mukaisesti. Oletuksena oli, että mittalaitteiden tulokset ovat luotettavia, joten tutkimuksessa ei ollut tarkoitus ottaa kantaa siihen. Jotta voidaan luotettavasti arvioida TwinGuard-

mittauksen tuloksia, on oltava tietämystä porareikämittauksesta. Työmaan mittausolosuhteet ovat yleensä haastavat, joten olosuhteiden vaikutusta saatuihin tuloksiin pitää osata tulkita. On kuitenkin hyvä muistaa, ettei seurantamittausten tulosten tarvitse olla tarkkoja, sillä tuloksien on tarkoitus olla suuntaa antavia.

Mittalaitteet osoittautuivat hyödyllisiksi kuivumisolosuhteiden seurannassa. Olosuhteiden seuranta ja hallinta vaativat kuitenkin resursseja. Olosuhteiden hallinta on vaikea mieltää tärkeäksi työvaiheeksi, sillä sen tulosten realisoitumisessa kestää kauan. Haastattelussa nousikin esiin työmaan hektisyys, joka vaikeuttaa optimaalisten olosuhteiden luomista ja seuranta. Monesti olosuhteiden hallinta jää melko vähäiselle huomiolle muiden kiireellisempien työvaiheiden takia.

Työn tilaajan toimesta tutkimukset pohjalta koottiin tiivis ohjeistus aloittelevalle työnjohtajalle olosuhteiden hallinnasta. On tärkeää tietää, mitkä seikat vaikuttavat betonin kuivumiseen, jotta osaa luoda kuivumiselle oikeanlaiset puitteet. Ohjeistuksessa on koottu tärkeimmät asiat ja hieman hyviä käytänteitä liittyen kylpyhuoneiden betonilattioiden kuivumiseen.

Olosuhteiden hallinta on osa kosteudenhallintaa. Monessa kirjallisuudessa olosuhteiden hallinta jää melko vähälle huomiolle. Osittain tästä syystä myös opinnäytetyön teoreettinen viitekehys on melko suppea. Aihe on myös aika tiivis, joten monet lähteet toistavat samoja asioita. Erityyppisten lähteiden käyttö olisi saattanut tuoda opinnäytetyöhön enemmän väriä ja näkökulmaa.

Mittausten osalta tarkasteltavien tulosten määrä jäi myös melko suppeaksi, sillä kuusi porareikämittausta ei ole paljon. Suuria olettamuksia ei asian pohjalta voi tehdä, mutta mittausten hyödyllisyyttä voi toki pohtia. Lisäksi mittausten luotettavuuden arvioinnin olisi voinut liittää opinnäytetyöhön, vaikka se olisi hieman työn laajuutta kasvattanutkin. Ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaukset onnistuivat hyvin, sillä uuden ja vanhan laitteen eroja päästiin kunnolla tarkastelemaan.

Työmaalle tekemäni haastattelu ei mennyt suunnitellulla tavalla. Haastattelu oli tarkoitus pitää kasvokkain, mutta vallitsevien olosuhteiden takia haastattelu jouduttiin

pitämään etäyhteyden avulla. Tässä valmistautuminenkaan ei auttanut, sillä tekniset ongelmat rasittivat haastattelutilannetta. Haastattelusta ei saatu kaikkea irti, sillä en pystynyt esittämään väliin tarkentavia kysymyksiä, joilla keskustelusta olisi saatu joutavaa. Tärkeimmät asiat mielestäni haastattelussa kuitenkin käytiin ja ainakin itse opin tilanteesta paljon uutta.

Olosuhteiden hallinta on pieni, mutta erittäin tärkeä osa rakentamista. Nykyään siihen on alettu kiinnittämään enemmän huomiota ja uskon, että tilanne tulee paranemaan entisestään. Esimerkiksi Kuivaketju10-toimintamallissa on jo maininta, että betonilattian kuivumista on seurattava mittauksin. Tämä vaatimus tulee varmasti yleistymään myös tulevaisuudessa. Nykyinen suunta on mielestäni oikea, sillä olosuhteiden seurannalla voidaan siirtyä betonin kuivumisnopeuden arvailusta kohti tarkkailua.

Lähteet

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

Connected AirWits. N.d. Connectedfinland nettisivut. Viitattu 27.3.2020
<https://www.connectedfinland.fi/products/connected-airwits/>

Connected TwinGuard. N.d. Connectedfinland nettisivut. Viitattu 27.3.2020
<https://www.connectedfinland.fi/products/connected-twinguard/>

Kuivaketju10-riskilista. 2016. Kuivaketju10 nettisivut. Viitattu 19.3.2020
http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2015/11/Kuivaketju10-Riskilista_20161130.pdf?x70712

Kuivaketju10-työmaatoteutus. 2018. Kuivaketju10 nettisivut. Viitattu 19.3.2020
http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/04/Kuivaketju10-Tyo%CC%88maatoteutus_150313.pdf

Kuivaketju10 vähentää merkittävästi kosteusvauriota. N.d. Kuivaketju10 nettisivut. Viitattu 19.3.2020. <http://kuivaketju10.fi/>.

Kuivaketju10 vähentää merkittävästi kosteusvauriota. N.d. RALA:n nettisivut. Viitattu 19.3.2020. <https://www.rala.fi/tuotteet/kuivaketju10/>

Laivonen, M. 2018. Uudisrakennuksen työmaan aikainen kosteuden ja pölynhallinta tuotannon näkökulmasta. Viitattu 2.4.2020. <https://docplayer.fi/137085607-Miika-laivonen-uudisrakennuksen-tyomaa-aikainen-kosteuden-ja-polyhallinta-tuotannon-nakokulmasta.html>

Lumme, P. & Merikallio, T. 1997. Betonin kosteuden hallinta, Kestävä kivitalo. Suomen Betonitieto Oy.

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

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

RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. 2011. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 14-10984. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. 2010. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö.

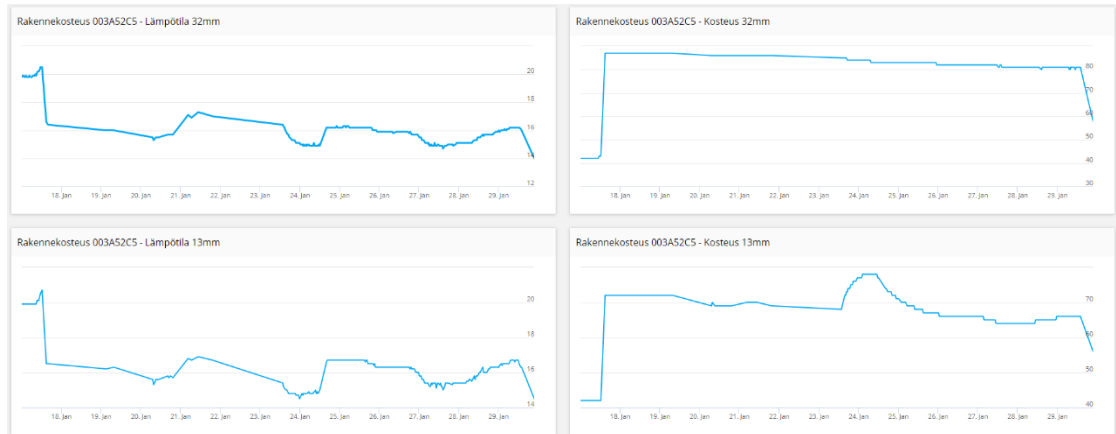
Skanskan Historia. N.d. Skanska Oy:n nettisivut. Viitattu 7.4.2020.
<https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/historia/>

Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovelluksia. Helsinki: Rakennustieto Oy.

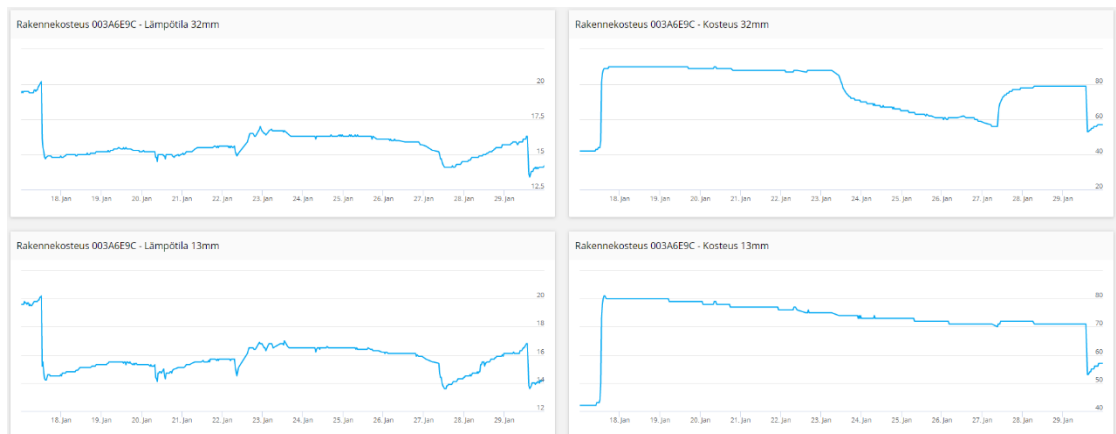
Säähavainnot Tikkakosken lentoasemalta. N.d. Ilmatieteen laitos. Viitattu 4.3.2020.
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Tinytag Ultra 2. N.d. Geminidataloggers nettisivut. Viitattu 27.3.2020
<https://www.geminidataloggers.com/data-loggers/tinytag-ultra-2/tgu-4500>

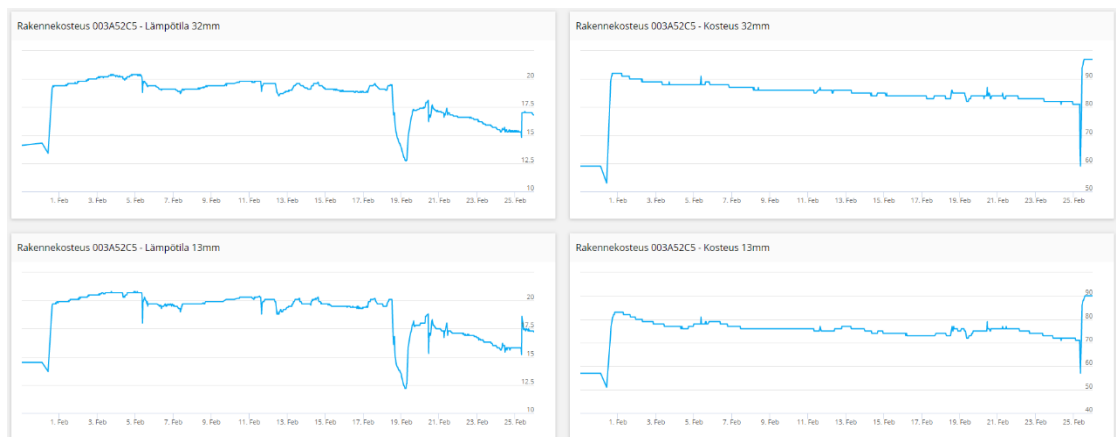
Liitteet



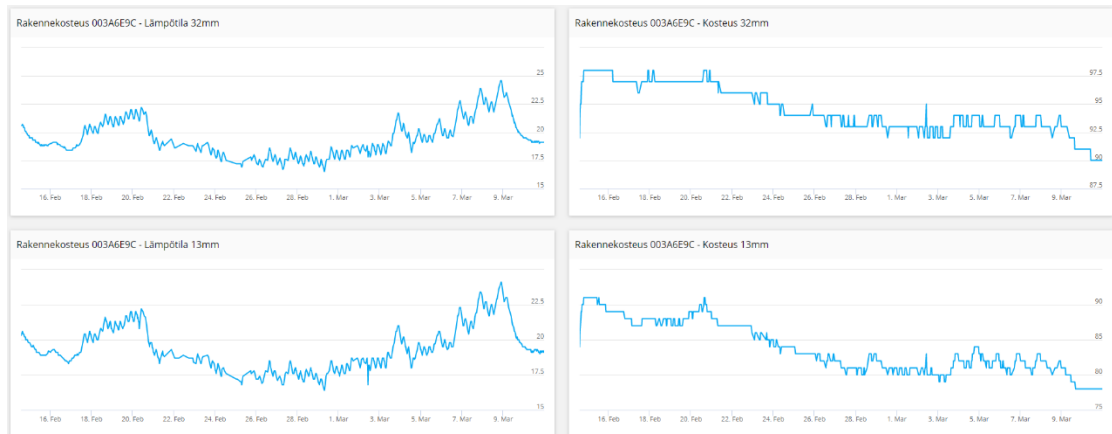
Liite 1. Betonin kosteusmittaus 1 krs. 17.1. – 29.1.



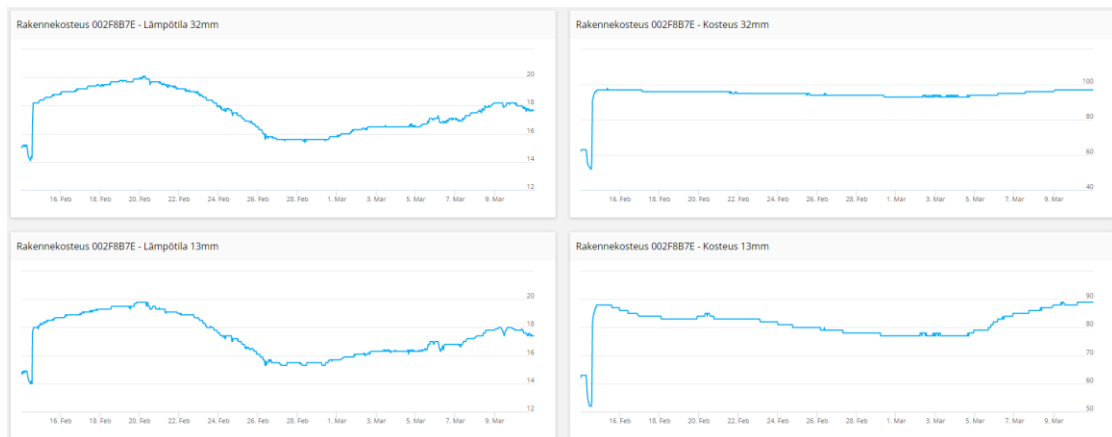
Liite 2. Betonin kosteusmittaus 2 krs. 17.1. – 29.1.



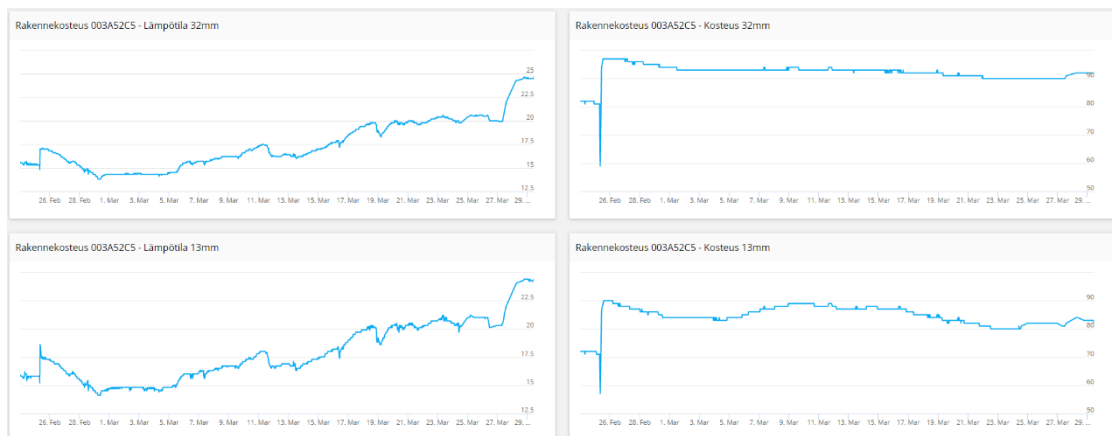
Liite 3. Betonin kosteusmittaus 3 krs. 31.1. -25.2.



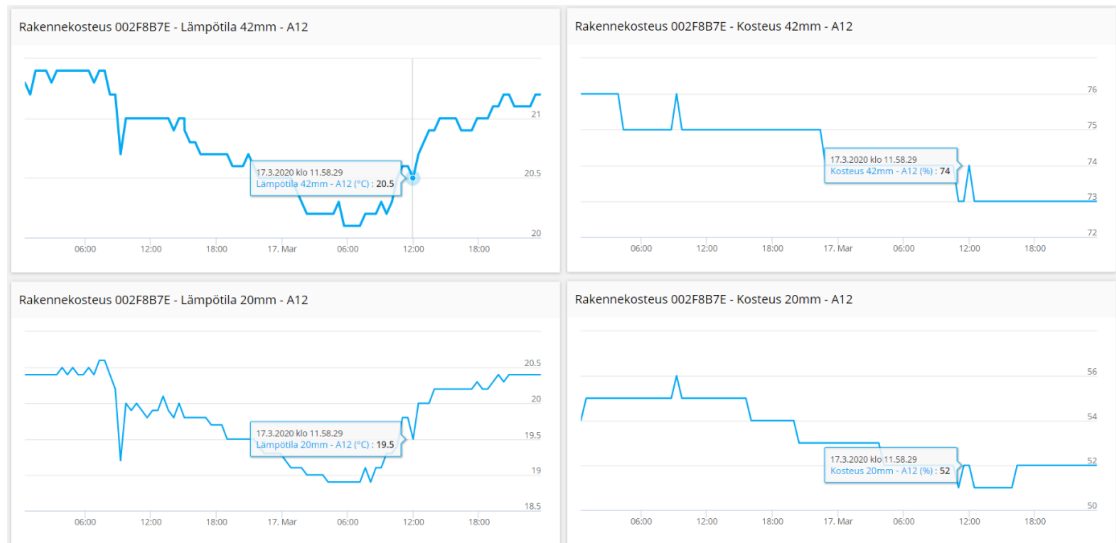
Liite 4. Betonin kosteusmittaus 4 krs. 14.2. -11.3.



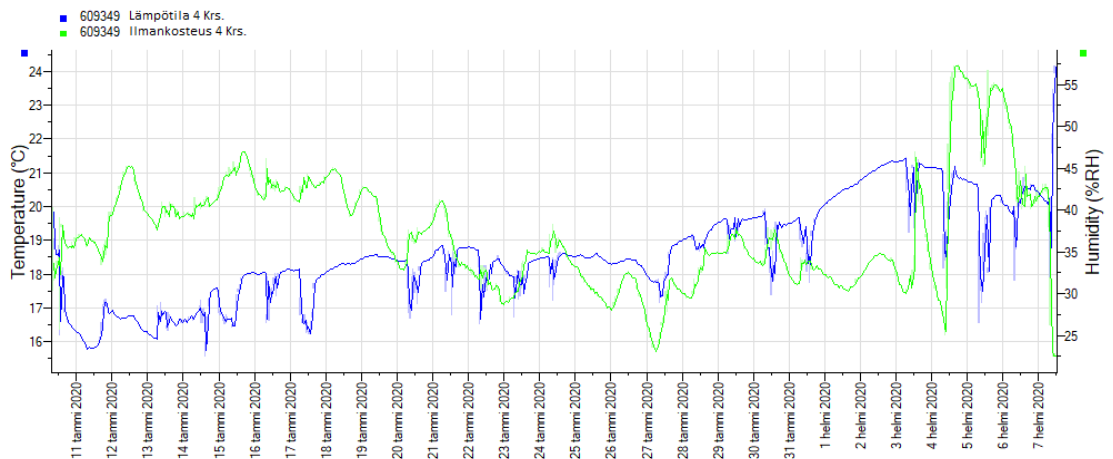
Liite 5. Betonin kosteusmittaus 5 krs. 14.2. -11.3.



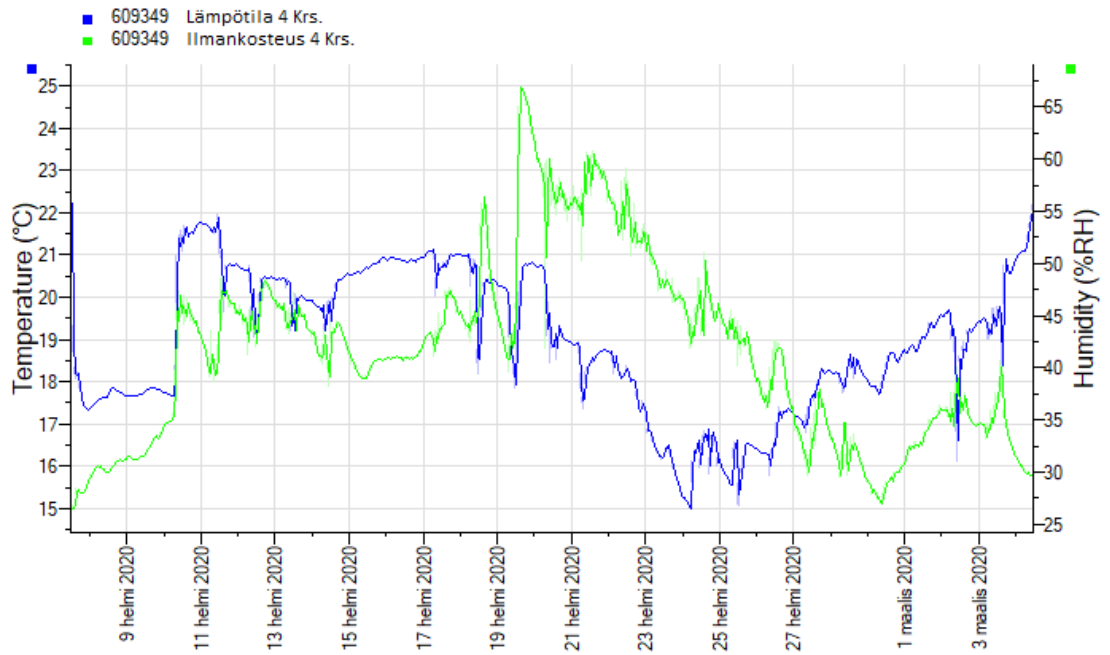
Liite 6. Betonin kosteusmittaus 6 krs. 25.2. - 29.3.



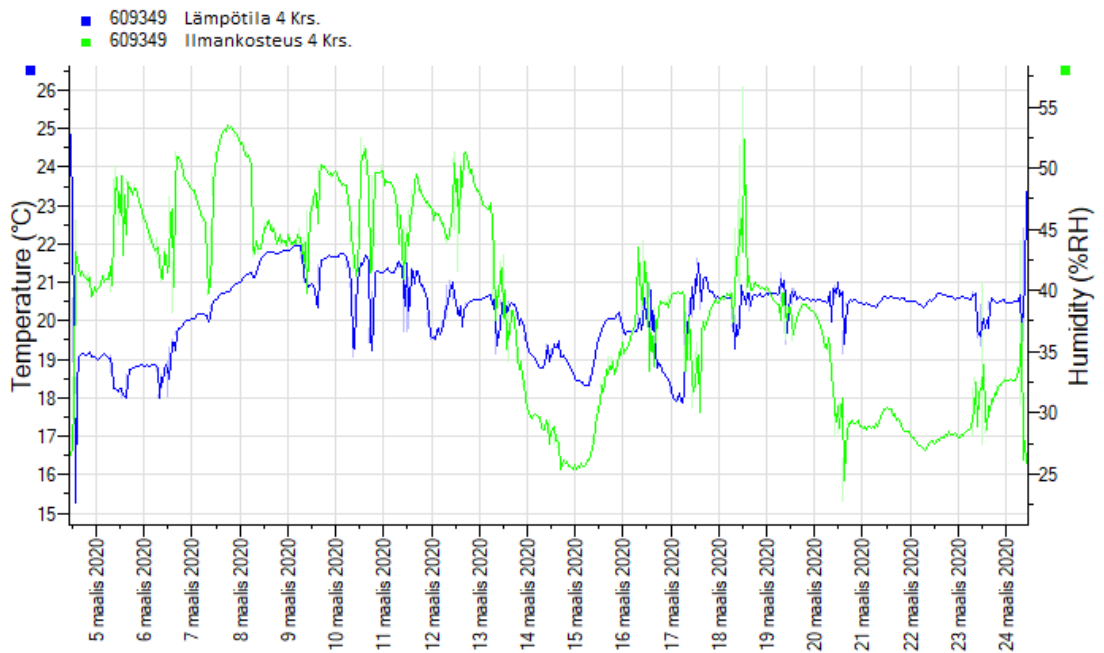
Liite 7. Plaanon kosteusmittaus porareikämenetelmällä ja TwinGuard-mittarilla.



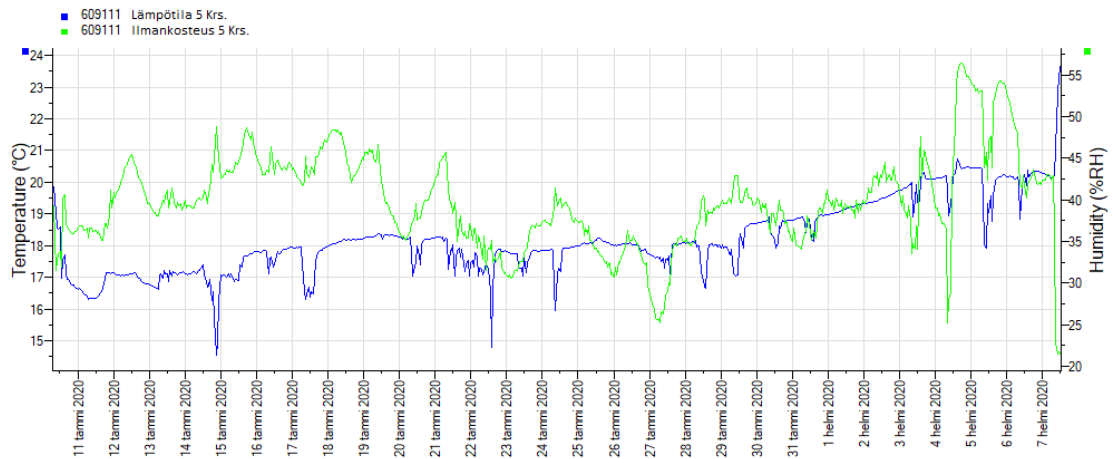
Liite 8. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 4 krs. 10.1. – 8.2.2020



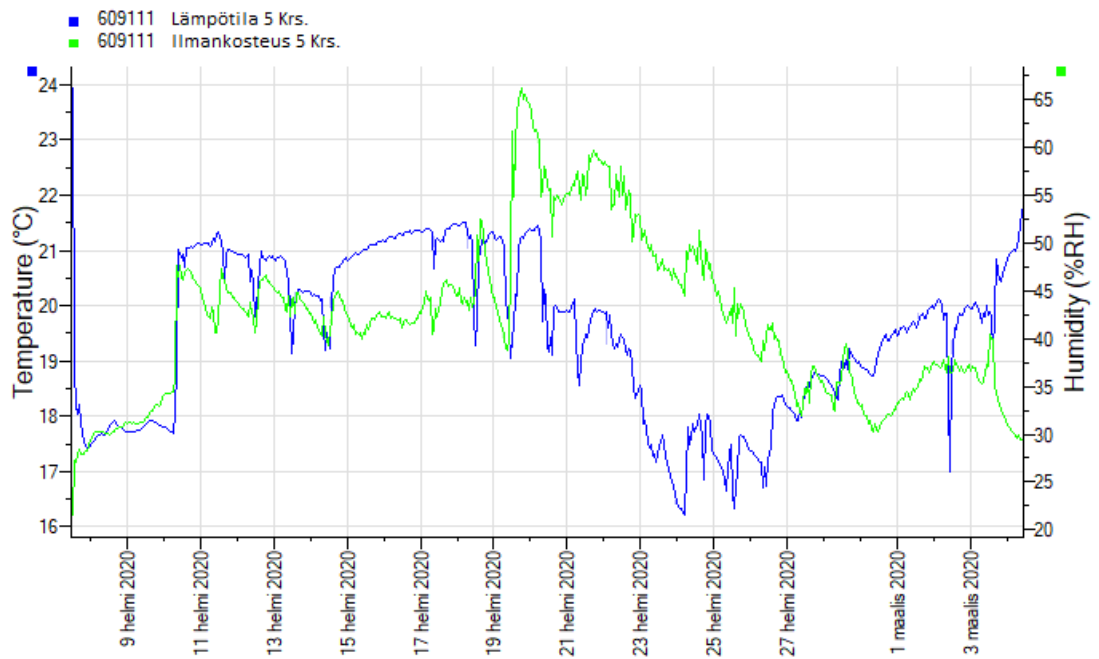
Liite 9. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 4 krs. 8.2. – 4.3.2020



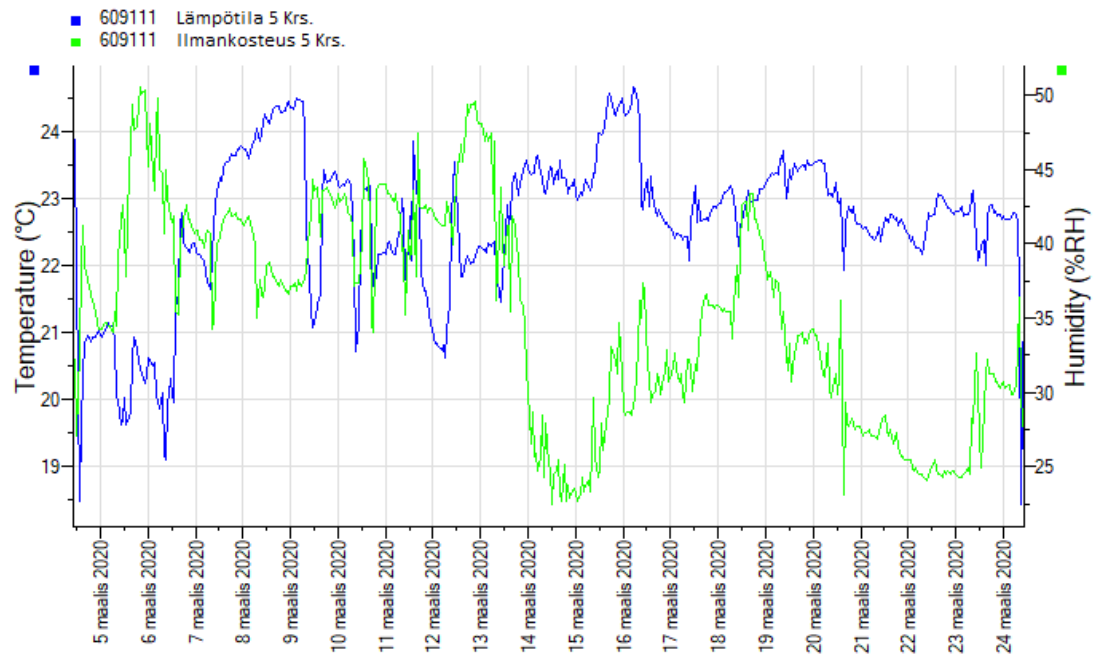
Liite 10. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 4 krs. 4.3. – 25.3.2020



Liite 11. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 5 krs. 10.1. – 8.2.2020



Liite 12. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 5 krs. 8.2. – 4.3.2020



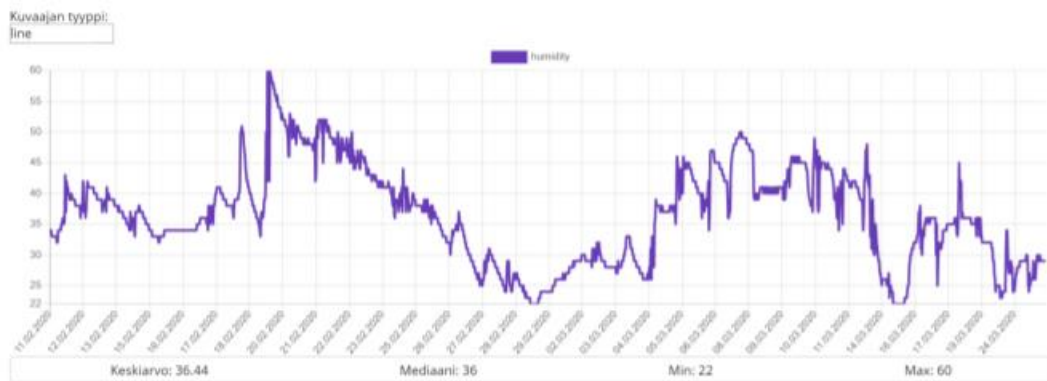
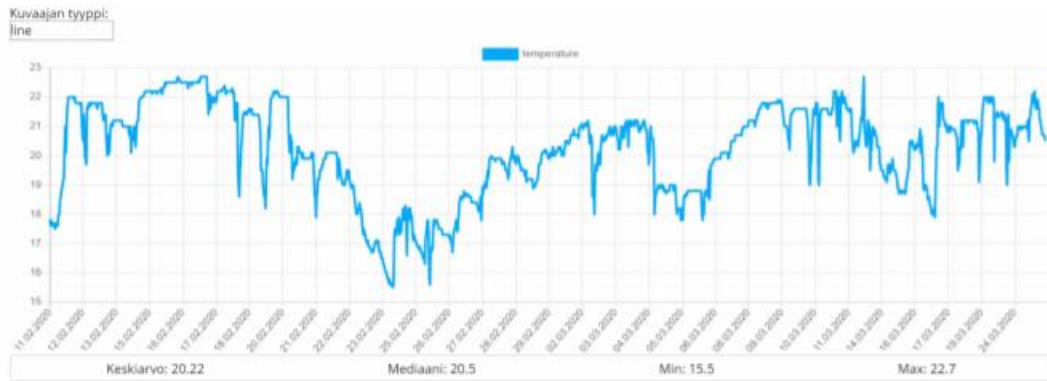
Liite 13. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 5 krs. 4.3. – 25.3.2020

Raportin tiedot | 00387D8C Huoneanturi

Aikaväli: 11.02.2020 - 25.03.2020

Luotu: 09.04.2020

Kuvaajat



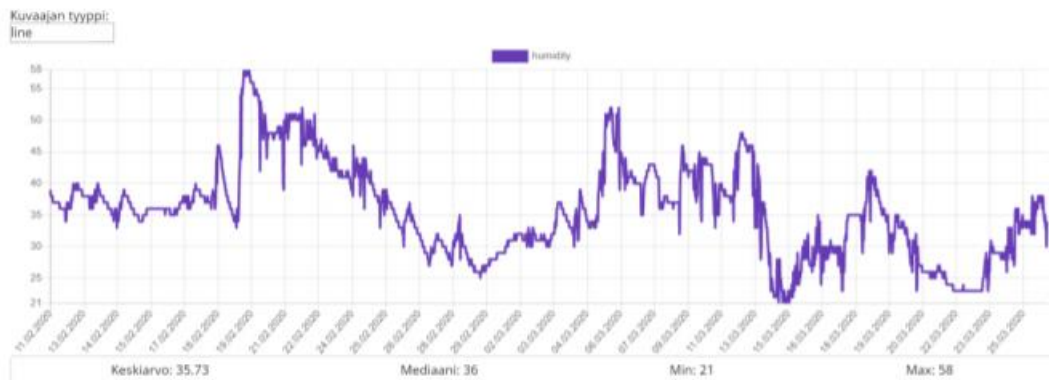
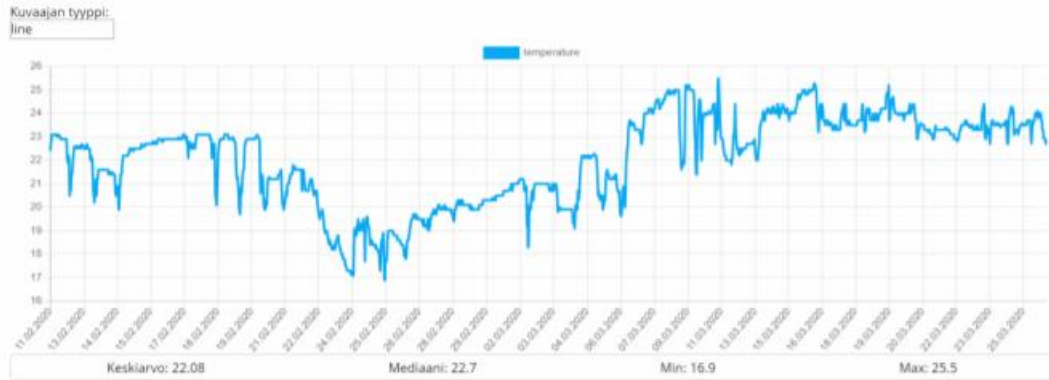
Liite 14. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 4 krs. 11.2. – 25.3.2020
(Airwits)

Raportin tiedot | 003796C8 Huoneanturi

Aikaväli: 11.02.2020 - 25.03.2020

Luotu: 09.04.2020

Kuvaajat



Liite 15. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 5 krs. 11.2. – 25.3.2020
(Airwits)

Betonin kuivumiseen vaikuttavien olosuhteiden hallintaan liittyy paljon keinoja, joista tähän on pyritty keräämään tärkeimmät. Betonin kuivumiseen vaikuttavia tekijöitä käydään läpi kylpyhuonelattian näkökulmasta, mutta niitä voi soveltaa myös muihin betonirakenteisiin. Työmaalla kuivumisolosuhteiden seuranta on tärkeää, sillä olosuhteiden muutoksiin on pystyttävä reagoimaan ajoissa. Seurantaan voi käyttää erilaisia mittareita. (Esim. Skanska konevuokraukselta AirWits ja TwinGuard)

Rakenteen kastumisen estäminen

Betonirakenteen kuivumisen katsotaan alkavaksi vasta, kun rakenne ei saa enää lisäkosteutta. Betonin ollessa huokoinen materiaali, se pystyy imemään huokosiinsa vettä. Mitä myöhemmässä vaiheessa betoni imee itseensä lisäkosteutta, sitä hitaammin kosteus siitä aikanaan poistuu. Hidas kosteuden luovutus on ominaista kovemmille betonilaaduille (vesisideainesuhte pienä), mikä johtuu betonin tiiviimmästä rakenteesta. Tästä syystä erityisesti vesivahinkotilanteissa kovat betonit ovat ongelmallisia saada kuivumaan uudestaan. Betonin kuivuminen olisi tärkeää saada alkamaan heti valun jälkeen, sillä betonin kovettuessa sen rakenne alkaa tiivistymään ja tällöin kuivuminenkin hidastuu.

Hyväksi käytännöksi on työmaalla koettu vesikatteen asennus ennen kylpyhuoneen lattiavaluja aikataulun sen salliessa. Lisäksi työntekijöiden ja aliurakoitsijoiden ohjeistaminen veden käytöstä työmaalla on koettu tärkeäksi.

Ilman lämpötila

Rakennetta ympäröivän ilman lämpötilaksi suositellaan noin +20... +25 °C. Mitä suurempi lämpötila, sitä enemmän ilma pystyy sitomaan kosteutta. Tällöin lämpötilaa nostamalla ilman RH laskee, jolloin ilma pystyy vastaanottamaan enemmän kosteutta. Liian lämpimät olosuhteet saattavat kuitenkin kuivattaa rakennetta pinnasta liian nopeasti, jolloin riskinä voi olla lattian mikrohalkeamat. Lisäksi liian korkea lämpötila vaikuttaa negatiivisesti työmaan työskentelyolosuhteisiin.

Ilman suhteellinen kosteus (RH%)

Ilman suhteellinen kosteus optimaalisissa kuivumisololoissa oli hyvä olla alle 50 %. Talvirakentamisessa tämä saavuttaminen on helpompaa, sillä ulkona ilma on kuivaa. Rakennuksessa oleva ilma voidaan tuulettaa päästämällä sisäilma yläkerrasta ulos ja ottamalla alhaalta ulkoilmaa rakennukseen. Kylmän ilman lämmittäminen laskee sen RH:ta, jolloin ilma pystyy sitomaan enemmän kosteutta.

Kesällä ja alkusyksystä ilman kosteussisältö voi olla niin suurta, että kuivatettavassa tilassa on käytettävä kosteudenkerääjiä. Ilmankuivaajien käyttö edellyttää kuitenkin sitä, että kuivatettava tila on ilmatiivis. Tiivis kylpyhuone voidaan toteuttaa esimerkiksi vetoketjulla varustellulla suojamuovilla. Kosteuden kerääjiä käytettäessä on oltava erittäin huolellinen sen suhteen, että poistoletku on varmasti lattiakaivossa, ettei kerätty kosteus pääse imeytymään takaisin betoniin.

Siisteys

Kuivatettavan rakenteen pinnassa oleva pöly ja lika sitovat kosteutta ja hidastavat betonin kuivumista. On siis tärkeää siivota kuivatettavat lattiat säännöllisesti, sillä erilaisista työvaiheista syntyvä lika ja ilmassa leijaille pöly kertyvät lattian pintaan. Lattioiden pinnat on myös pidettävä puhtaina ylimääräisestä tavarasta, sillä tavarat betonin päällä hidastavat betonin kuivumista huomattavasti. Kylpyhuoneisiin varastoidut tavarat ovat myös monen tulevan työvaiheen edessä.

Ilman kierto

Erityisesti kylpyhuonelattioita kuivatettaessa on varmistettava ilman riittävä kierto. Tällöin kylpyhuoneessa vallitseva RH tasoittuu muun ympärillä olevan ilman kanssa ja se voi sitoa lisää kosteutta. Ilman kierrättäminen kannattaa aloittaa heti betonin liimapinnan hionnan ja siivouksen jälkeen. Tällöin saadaan betonin kuivumiselle hyvät olosuhteet alusta lähtien. Pienissä kylpyhuoneissa pieni simpukkapuhallin riittää hyvin kierrättämään ilmaa huoneistossa.

Betonirakenteen lämmitys

Tehokkain tapa nopeuttaa betonin kuivumista on lämmittää betonia sisältäpäin. Betonin lämmitessä sen huokosten ilmatilan vesihöyrynpaine kasvaa, mikä edesauttaa betonin kuivumista. Mitä suurempi vesihöyryn paine-ero betonin huokosten ja ilman välillä on, sitä tehokkaammin kosteus siirtyy betonista ympäröivään ilmaan. Betonin lämmittämisessä voidaan käyttää kylpyhuoneen omaa sähköistä mukavuuslattialämmitystä tai erillistä lämmityskaapelia, joka on suunniteltu kyseiseen tarkoitukseen (BET-kaapeli). Betonia voi lämmittää myös ulkopuolelta esim. levykuivaimilla, mutta se ei ole niin tehokasta kuin lämmittäminen sisältä käsin. Lämmittämisen suhteen on oltava tarkkana, sillä liian aikaisessa vaiheessa betonin lämmittäminen vaikuttaa negatiivisesti betonin lujuuden kehitykseen.

Hyväksi käytännöksi työmaalla on todettu lattialämmityksen päälle kytkeminen vasta parin viikon päästä valusta ja silloinkin osittain, eli esimerkiksi ensin kaksi tuntia päällä ja sitten neljä tuntia pois päältä.



Liite 17. Olosuhteiden hallinnan ohjekortti