



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SISÄVAIHEEN KOSTEUDENHALLINTA KER- ROSTALOTYÖMAALLA

Ville-Pekka Lehtonen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Rakennustekniikka
Kiinteistönpitotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Kiinteistönpitotekniikka

LEHTONEN, VILLE-PEKKA:

Sisävaiheen kosteudenhallinta kerrostalotyömaalla

Opinnäytetyö 59 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Huhtikuu 2016

Opinnäytetyössä kartoitettiin kerrostalotyömaan sisävaiheen kosteudenhallintaan vaikuttavia asioita. Työssä perehdyttiin siihen, mikä ylipäättään aiheuttaa tarpeen sisävaiheen kosteudenhallinnalle. Työssä keskityttiin sisävaiheen kosteudenhallinnan kannalta kriittisiin työvaiheisiin ja asioihin, joita ovat esimerkiksi rakennuksen teräsbetoninen runkorakenne, lattiatasoitustyöt, seinien tasoitustyöt sekä seinien maalaustyöt.

Opinnäytetyössä kartoitettiin myös erilaiset laiteratkaisut, joiden avulla kerrostalotyömaalle pystytään luomaan sellaiset olosuhteet, joiden avulla rakenteet alkavat kuivamaan ja sisäilmasta saadaan eroteltua ja johdettua pois ylimääräinen kosteus. Opinnäytetyössä perehdyttiin ja tutkittiin myös Suomessa vaikuttava ilmasto ja sen erityispiirteet, jotka vaikuttavat suurelta osin kerrostalotyömaalla järjestettäviin sisäilman ja rakenteiden kuivatustoimenpiteisiin.

Opinnäytetyöhön saatiin kuivaustoimenpiteiden tuloksia kolmelta seurantatyömaalta, joissa erityisesti panostettiin sisävaiheen kosteudenhallintaan kosteudenpoistolaitteiden avulla. Saatujen tulosten perusteella pystyttiin toteamaan, että esimerkiksi kohteissa tehdyt lattiatasoitustyöt toivat merkittävän kosteuslisän kohteiden sisäilmaan. Lisäksi yhdellä kolmesta seurantatyömaasta kokeiltiin kerrokseen sijoitettujen kosteudenpoistolaitteiden ja kohteen vesikatolle asennetun kanavapuhaltimen vaikutuksia lopputuloksiin.

Kohdetyömaiden sisävaiheen aikana kerätyn datan saamisen mahdollisti kohteisiin hankitut dataloggerit, joiden avulla pystyttiin helpolla tavalla seuraamaan kohteiden sisävalmistusvaiheessa sisäilman kosteustasojen ja lämpötilan vaihteluita eri työvaiheiden aikana.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Facility Engineering

LEHTONEN VILLE-PEKKA:
Humidity Control of Internal Construction Phase at Multistorey Building Site

Bachelor's thesis 59 pages, appendices 3 pages
April 2016

The objective of this study was to gather information about humidity controlling at multistorey building sites. Excess air humidity causes many potential problems on quality of the final product and on schedule.

The theoretical section explores main sources of moisture that vaporizes from different materials which are used to complete the structure and interior partitions of multistorey building. There are many solutions on the market that help to reduce the humidity of the air inside the construction site. Devices that reduce the humidity often utilizes condensation or adsorption techniques. This study also introduces the devices that are needed to generate heat inside the construction's structure. The key points of drying indoor air are heat and ventilation.

The results suggest that it is necessary to plan the drying arrangements in advance in order to avoid quality problems and schedule delays on site. Specific internal construction phases can increase the indoor humidity by 50 %. Such phases are for example wall painting and plastering. Monitoring the humidity levels is very important and the solution for monitoring is data loggers. Data loggers can record humidity levels and temperature. The collected data is crucial in estimating the drying of the building's structure and interior partitions.

The findings indicate that it is mandatory to use dehumidifiers on summer time and on autumn due to the high level of humidity in outdoor air. If the humid outdoor air goes inside the building it may actually significantly slow down drying process of the building's structure and interior partitions.

Key words: humidity control, construction site, new house building

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	KOSTEUTTA AIHEUTTAVAT TYÖVAIHEET	8
2.1	Kerrostalon elementtirungon pystytysvaihe	8
2.2	Seinien tasoitus ja maalaus	9
2.3	Lattioiden tasoitus.....	9
2.4	Runkorakenne suurimpana kosteudenaiheuttajana	10
2.4.1	Betonin kuivumiseen vaikuttavat tekijät.....	13
2.4.2	Betonirakenteen kuivumisen nopeuttaminen	15
3	ERI VUODENAIKOJEN VAIKUTUS KOSTEUTEEN JA KUIVATUKSEEN	17
4	LIHALLISEN KOSTEUDEN AIHEUTTAMAT HAITAT RAKENNUSHANKKEELLE.....	19
4.1	Aikataulu.....	19
4.2	Laatu	19
5	KOSTEUDENPOISTOLAITTEET	22
5.1	Kondenssikuivaimet.....	22
5.2	Adsorptiokuivaimet	24
5.3	Yhdistelmäkoneet	25
5.4	Turbiinikuivaimet	27
5.5	Kuivaustekniikoiden vertailua	28
5.6	Suuritehoiset peräkäräalustaiset- ja kuivauskonttiratkaisut	29
5.7	Käytävän poistopuhallin (kanavapuhallin)	31
5.8	Siirtopuhaltimet	34
5.9	Rakennuslämmittimet	35
5.10	Lopullisen lämmitysjärjestelmän hyödyntäminen rakennusaikana	37
6	IV-SUUNNITTELUN VAIKUTUS KOSTEUDENPOISTOON.....	39
7	KUIVATUKSEN TOTEUTUSTAVAT	40
7.1	Avoin järjestelmä.....	40
7.2	Suljettu järjestelmä	41
7.3	Pikakuivatus.....	41
7.4	Kuivattaminen loma-aikana (heinäkuussa).....	41
7.5	Kuivaustoimenpiteiden virheitä ja vääriä menetelmiä.....	42
7.6	Laitteiden valinta työmaalle.....	42
8	KUIVUMISEN ARVIOINTI JA TODENTAMISTAVAT	44
8.1	Kosteuden mittaaminen betonirakenteesta	44
8.1.1	Betonirakenteen suhteellisen kosteuden mittaaminen.....	44

8.1.2	Kosteusmittausten ajankohdat.....	46
8.2	Seuranta dataloggereiden keräämän tiedon pohjalta.....	47
8.3	Kuivumisen arviointi	47
9	KOHDETYÖMAIDEN HAVAINNOT JA TULOKSET	51
9.1	Niemenrannan Tähkäpää	51
9.2	Niemenrannan Onnenkulta	52
9.3	Niemenrannan Virvatuli	53
10	POHDINTA.....	54
	LÄHTEET	55
	LIITTEET	57
	Liite 1. Niemenrannan Tähkäpään mittaustulokset.....	57
	Liite 2. Niemenrannan Onnenkullan mittaustulokset.....	58
	Liite 3. Niemenrannan Virvatulen mittaustulokset.....	59

ERITYISSANASTO

Absoluuttinen kosteus	Absoluuttinen kosteus ilmoittaa veden tai vesihöyryn määrän tietyssä tilavuudessa tai massayksikössä toista ainetta.
Ilmanpaine	Ilmanpaineella tarkoitetaan vapaan ilmakehän omasta painosta aiheutuvaa painetta.
Ilman suhteellinen kosteus	Tarkoittaa ilman sisältämän vesihöyryn määrän suhdetta suurimpaan mahdolliseen määrään jonka ilma voi kyseissä lämpötilassa sisältää.
Kapillaari-ilmiö	Neste nousee tai laskee ohuissa putkissa tai huokosissa. Molekyylien väliset voimat ovat voimakkaampia nesteen ja kiinteän aineen välillä kuin pelkän nesteen sisällä.
Kyllästyskosteus	Määrittelee paljonko vesihöyryä ilmassa voi olla kussakin lämpötilassa.
Vesihöyryn diffuusio	Kaasuseoksessa vakioaineessa tapahtuva vesimolekyylien liike, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksen höyrypitoisuus- tai höyryn osapaine-eroja.
Vesihöyryn konvektio	Kaasuseoksen sisältämän vesihöyryn siirtyminen kaasuseoksen mukana sen liikkeessa kokonaispaine-eron vaikutuksesta.
Vesihöyryn osapaine	Kaasun osapaineella tarkoitetaan kaasun painetta kaasuseoksessa, jonka kokonaispaine muodostuu sen kaikkien kaasujen paineiden summasta.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaajayritys on YIT Rakennus Oy. YIT Rakennus Oy:n Talonrakennus Tampere ja Pohjanmaa -yksikkö tekee pääsääntöisesti asuinkerrostalotuotantoa Pirkanmaan ja Pohjanmaan alueille.

Opinnäytetyön tausta kumpuaa yrityksen tarpeesta saada lisätietoa liittyen rakennusrungon ja rakennuksen sisäilman kosteudenpoiston eri vaihtoehtoihin. Tässä opinnäytetyössä keskitytään erityisesti rakennustyömaan sisävaiheeseen, jolloin rakennusrunko on asennettu, vesikatto on valmis ja ikkunat sekä parvekeovet on asennettu.

Kerrostalo työmaan sisävaiheessa rakennusrungon sisällä on runsaasti kosteutta (esimerkiksi tasoitetöiden aikana). Suuri suhteellinen ilmankosteus hidastaa rungon betonirakenteiden kuivumista, mikä saattaa aiheuttaa suuria haasteita työmaan aikataulussa pysymiseen. Yksi ongelman esiintymismuoto on se, että ylimääräinen kosteus tiivistyy ikkuna- ja ovirakenteisiin ja aiheuttaa sitä kautta mahdollisia lisäkustannuksia. Rakennusrungon sisältä kosteus saadaan poistumaan tuulettamalla siten, että parvekeovia pidetään auki tietyn aikaa työpäivän aikana. Usein voidaan hyödyntää myös mahdollisia huoltoluukkuja, joita löytyy esimerkiksi rakennusten ylimmästä kerroksesta ilmastointikonehuoneesta. Kuitenkin tuuletusta käyttämällä hukataan samanaikaisesti lämpöenergiaa ja vuodenaikasta riippuen kosteuden poistumista ei välttämättä tapahdu, jos ulkoa tuodaan rakennuksen sisälle kosteata ulkoilmaa.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia eri vaihtoehtoja ongelman ratkaisemiseksi. Ongelman helpottamiseksi rakennustyömaalla voidaan käyttää koneellista kuivausta tai ottaa jo aikaisessa vaiheessa käyttöön rakennuksen katolla oleva huippu-imuri. Opinnäytetyössä tutkitaan eri laitteiden ominaisuuksia ja niistä saatavia hyötyjä sekä haittoja. Tavoitteena on myös saada iv-suunnittelijoiden näkemyksiä huippuimureiden hyödyntämisestä kosteudenpoistossa jo rakennusvaiheen aikana. Erityisen tärkeätä olisi saada tietää, että miten esimerkiksi poispuhallettavasta ilmamassasta saataisiin lämpöenergia talteen ja uudestaan ohjattua rakennuksen sisälle. Tarkoituksena on saada opinnäytetyöstä tietopaketti, jonka tietoa voidaan hyödyntää YIT Rakennus Oy:n työmailla ja saada kehitettyä tuotannon aikaista kosteudenpoistoa.

2 KOSTEUTTA AIHEUTTAVAT TYÖVAIHEET

2.1 Kerrostalon elementtirungon pystytysvaihe

Kerrostalarakentamisessa yksi suurimmista kosteusrasituksista muodostuu varmastikin rungon asennusvaiheessa. Rakentamisen ajankohdasta riippuen teräsbetonielementit saattavat kastua jo kuljetuksen aikana, työmaalla elementtifakissa tai kun ne on asennettu. Oman kosteuslisänsä tuovat paikallavalettavat holvit tai ontelolaatat. Ongelmallisin aika sateiden tuoman lisähaitan kannalta on kesäkuu – marraskuu. Talvella ja keväällä sadetta ei esiinny samassa mittakaavassa, jolloin ajankohta on parempi rakennusrungon pystyttämiseen. Rakennettaessa sääsuojan alla, hankkeen aloitusajankohdalla ei ole niin suurta merkitystä, kuin ilman sääsuojaa hanketta toteutettaessa.

Rakennuksen rungon kastumista voidaan ehkäistä ja vähentää muun muassa seuraavilla toimenpiteillä:

- nostamalla rakennuksen runko ylös mahdollisimman nopeasti, jolloin seuraava kerros toimii edellisen kerroksen katteena
 - estämällä veden valuminen ylemmiltä holveilta alemmille sulkemalla holvilla olevat aukot vesitiiviiksi sekä estämällä veden valuminen esimerkiksi ulkoseinän eritetilaan ja sisälevytyksiin
 - tekemällä elementtivalipohjien saumavalut tiiviiksi ja valamalla pintabetonilaatta mahdollisimman varhaisessa vaiheessa
 - suojaamalla rakennusrungon sivut varhaisessa vaiheessa asennettavilla ulkoseinillä. Mikäli tämä ei ole mahdollista, on käytettävä mahdollisuuksien mukaan suoja- tai eristepeitteitä. Ulkoseiniin on myös asennettava ikkunat ja ovet mahdollisimman pian tai aukot tulee sulkea suojapeitteillä
 - poistamalla holville päässyt lumi mekaanisesti, ei sulattamalla
 - poistamalla holville päässyt vesi mahdollisimman pian esimerkiksi vesi-imurin avulla.
- (Merikallio, Rakentajain kalenteri 2002, 550)

2.2 Seinien tasoitus ja maalaus

Seinien tasoitus ja maalaus tuo suuren kosteuslisän kerrostalotyömaan sisäilmaan. Kun seinätasoite on ruiskutettu seinille, seinätasoitteesta alkaa vapautua huoneilmaan kosteutta. Osa tasoitteesta olevasta kosteudesta kuluu massan kovettumiseen kemiallisen reaktion seurauksena, mutta suuri osa siitä vapautuu haihtumalla huoneilmaan, lisäten sisäilman absoluuttista ja suhteellista kosteutta. Seinätasoitustöistä aiheutuva kosteuden lisääntyminen huoneilmassa voi olla kohteesta riippuen aikaavievä työvaihe. Kaikki kohteet ovat erilaisia, mutta keskimäärin yhden kerroksen tasoitustyöt kestävät yhden työviikon per asuinkerros (kerrostalorakentamisessa, kerroksessa 6 – 8 huoneistoa). Työmaalla on varauduttava jo hyvissä ajoin tasoitetöiden tuomaan kosteusongelmaan ja käynnistettävä lämmitys- ja kuivatustoimenpiteet ennen tasoitetyön käynnistymistä kohteessa.

Maalaustyövaihe on myös runsaasti kosteutta huoneilmaan tuova työvaihe. Hieman maalivalmistajasta riippuen, vesiohenteisesta seinään ruiskutetusta maalilitrasta vapautuu huoneilmaan 6 desilitraa vettä haihtumalla. Se tuo merkittävän kosteuslisän huoneilmaan. Maalaustyövaiheen kestoksi voidaan keskimäärin arvioida yksi viikko per asuinkerros (kerrostalotuotannossa, kerroksessa 6 – 8 huoneistoa).

2.3 Lattioiden tasoitus

Lattiatasoitusten kanssa on sama ongelma kuin seinätasoitusten, massa sisältää paljon vettä. Valmistajasta riippuen pumpattava lattiatasoitusmassa sisältää noin 20 % vettä. Se tuo merkittävän kosteuslisän kerrostalotyömaan sisäilmaan. Asiaan vaikuttaa tietysti pumpattavan massan määrä. Jos kohde on esimerkiksi 20-kerroksinen kerrostalo, koko taloa tuskin pumpataan yhden työpäivän aikana, jolloin kosteusrasitus ei muodostu niin suureksi kuin esimerkiksi pienemmissä kohteissa, joiden lattiatasoiitteet pumpataan yhden päivän aikana (esimerkiksi 4-kerroksinen kohde). Työvaihetta ajatellen, työmaan tulisi luoda mahdollisimman hyvät olosuhteet työmaalle ennen lattiatasoitustyön alkamista. Työmaan tulisi pyrkiä mahdollisuuksien mukaan ”laboratorio-olosuhteisiin”, eli lämpötilan tulisi olla +20 °C ja sisäilman suhteellisen kosteuden 50 %. Nuo olosuhteet vaativat kuitenkin kuivatusjärjestelyihin panostamista ja saattavat olla hankala toteuttaa, mikäli seinien tasoitus- ja maalausvaiheen jälkeen huoneilmassa on runsaasti kosteutta.

2.4 Runkorakenne suurimpana kosteudenaiheuttajana

Suurin osa sisätiloihin rajoittuvista betonirakenteista, kuten seinät ja lattiat, pinnoitetaan tai päällystetään jollakin toiselle materiaalilla, kuten esimerkiksi maalilla, keraamisilla laatoilla, muovimatolla, parketilla tai laminaatilla. Ennen kuin näitä pinnoitus- tai päällystystöitä voidaan aloittaa, täytyy betonirakenteen kuivua päällystemateriaalikohtaisen kosteusraja-arvon alapuolelle. Jos rakenteet päällystetään liian kosteana, sen seurauksena voi olla päällystemateriaalissa, tasoitteessa tai liimassa havaittava kosteusvaurio, jollaisia ovat muun muassa päällysteen irtoaminen, värjäytyminen, hajuhaitta sekä terveydelle haitalliset mikrobit ja emissiot. (Merikallio 2002, 32)

Normaalin betonimassan kuivuminen on suhteellisen hidasta muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna ja se on riippuvainen monesta eri tekijästä. Sellaisia tekijöitä ovat esimerkiksi betonin ominaisuudet, rakenneratkaisut ja kohteen kuivumisolosuhteet. Useimmissa rakennuskohteissa, joissa runkorakenne on betonia, kuivuminen tahdistaa merkittävästi sisävalmistusvaihetta ja vaikuttaa siten merkittävästi koko rakentamisaikatauluun. Jos betonirakenteen kuivumisen asettamia vaatimuksia ei oteta ajoissa huomioon, seurauksena voi olla aikataulun viivästyminen tai pahimmassa tapauksessa liian määrän rakenteen päällystämisen aiheutuva kosteusvaurio. (Merikallio 2002, 32)

Betonin valmistamiseen käytettävästä seosvedestä osa muodostaa sementin kanssa sementiliiman, joka sitoo runkoainepartikkelit toisiinsa betonin kovettuessa. Tässä kovettumisreaktiossa betoniin sitoutuu kemiallisesti vettä, mikä ei normaaliolosuhteissa pysty poistumaan betonista. Betonin kovettumisreaktiota kutsutaan hydrataatioksi. Betonimassan kemiallinen sitoutuminen alkaa muutaman tunnin kuluessa betonimassan sekoittamisesta. Reaktiolle on tyypillistä, että se tapahtuu pitkien aikojen kuluessa siten, että se on alussa nopeinta ja hidastuu ajan kuluessa. Normaaleilla sementeillä sitoutumisreaktio on suurimmaksi osaksi tapahtunut noin 15 vuorokauden kuluessa, mutta sitoutumisreaktiolle on ominaista se, että sen ajan jälkeenkin reaktio jatkuu hyvin hitaasti. Täydellisessä hydrataatiossa kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on noin 25 painoprosenttia betoniin sekoitetun sementin määrästä. Käytännössä hydrataatio ei kuitenkaan ole koskaan täydellinen, jolloin kemiallisesti sitoutuneen veden määrä jää tätä alhaisemmaksi. Normaalin lattiabetonin vesisementtisuhte on 0,6 - 0,8. Tällainen beto-

nimassa sisältää valmistusvaiheessa noin 180 - 200 l/m³ vettä. Alkuperäisestä seosvesimäärästä sitoutuu kemiallisesti noin 50 - 70 l/m³. Tätä vesimäärän vähenemistä, mikä johtuu veden kemiallisesta sitoutumisesta sementtiin hydrataatioreaktiossa, kutsutaan sitoutumiskuivumiseksi. (Merikallio 2002, 33)

Hydrataatioreaktiolle on ominaista se, että vain osa seosvedestä kuluu betonin kovettumisreaktioon. Se tarkoittaa sitä, että betoniin jää paljon vapaata, haihtumiskykyistä vettä. Betonirakenteessa oleva vapaa vesi puolestaan sitoutuu betonin huokosrakenteeseen fysikaalisesti siten, että betonin pyrkiessä tasapainokosteuteen ympäristönsä kanssa osa vedestä poistuu ympäristöön. Betonista tapahtuvaa veden kuivumista tapahtuu niin kauan, kunnes betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on sama kuin betonin ympäröivän ilman suhteellinen kosteus, eli kunnes betoni on saavuttanut hygroskooppisen tasapainon ympäristönsä kanssa. (Merikallio 2002, 33)

Betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on valuvaiheessa 100 %. Suhteellinen kosteus voi betonilaadusta riippuen laskea 98 – 90 %:iin pelkästään sitoutumiskuivumisen vaikutuksesta. Osan fysikaalisesti sitoutuneesta vedestä on poistuttava betonin huokosrakenteesta, jotta betonirakenne kuivuisi edellä mainittuja suhteellisen kosteuden arvoja alhaisemmaksi. Betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on yleensä suurempi kuin ympäröivän ilman suhteellinen kosteus, mikä aiheuttaa sen, että betonin ja ilman rajapinnan kautta siirtyy ilmaan vettä haihtumalla. Pinnan kautta haihtuneen veden tilalle siirtyy kosteutta suuremman kosteuspitoisuuden omaavasta betonirakenteen sisäosasta. Edellä kuvattu kosteuden siirtyminen tapahtuu joko diffuusion tai kapillaarisen imun avulla. Diffuusion tai kapillaarisuuden aiheuttamaan kosteuden siirtymistä voi tapahtua yhtäaikaista. Tällä tavoin tapahtuvaa betonin kuivumista kutsutaan siirtymiskuivumiseksi. Siirtymiskuivumisen sijaan voidaan puhua myös haihtumiskuivumisesta, sillä kuivuminen tapahtuu yleensä veden haihtumisena ympäröivään ilmaan. (Merikallio 2002, 33)

Betonirakenteen haihtumismahdollisuudet vaikuttavat suuresti pinnaltaan kosteaan betonin kuivumiseen. Haihtumisen johdosta pintakerroksen kosteus pienenee ja sen seurauksena kosteutta siirtyy betonirakenteen sisältä pintaan päin, kunnes pintaan siirtyy vähemmän kosteutta kuin sitä siitä haihtuu ja pinta kuivuu. Kuivuminen siirtyy syvemmälle rakenteeseen ja on ensisijassa riippuvaista kapillaarijohtumisesta sekä diffuusiosta. Kapillaarisen siirtymisen edellytyksenä on yhtenäinen vedellä täyttyneet huokosverkos-

to. Hydrataation edetessä käy siten, että huokosverkosto katkeaa tai kapillaarihuokokset alkavat vähitellen tulla ilmatäytteisiksi, jolloin kosteuden siirtyminen betonissa tapahtuu pääasiassa diffuusion kautta. Kosteuden siirtyminen diffuusion avulla perustuu huokoisen materiaalin eri osissa vallitseviin eri suuriin vesihöyryn osapaineisiin, jotka pyrkivät tasoittumaan, jolloin kosteus siirtyy suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään päin. Kun betonirakenteen pinnan huokosissa vesihöyryn osapaine laskee kosteuden haihtuessa ilmaan, diffusoituu syvemmältä rakenteesta vesihöyryä pintaan, josta se edelleen haihtuu. Diffuusiolla on tyypillistä, että sen välityksellä siirtyy huomattavasti pienempiä kosteusmääriä kuin kapillaarisesti, mikä tarkoittaa sitä, että kapillaarisen siirtymisen loputtua kuivumisnopeus pienenee huomattavasti. (Merikallio 2002, 34)

Huokoisena materiaalina betoni pystyy luovuttamaan itsestään kosteutta ympäristöön, mikä tarkoittaa sitä, että se pystyy myös vastaanottamaan sitä. Pyrkiessään tasapainokosteuteen ympäristön kanssa, betoni pystyy vastaanottamaan ilman kosteutta. Merkittävin tekijä on kuitenkin betonin kyky imeä vettä. Rakentamisen eri vaiheiden aikana betonirakenteet joutuvat lähes poikkeuksetta tekemisiin veden kanssa muun muassa vesi- ja lumisateen, märkien työvaiheiden sekä vesivahinkojen vaikutuksesta. (Merikallio 2002, 34)

Betonin vesisideainesuhteella on merkittävä vaikutus betonirakenteen kuivumisaikaan. Betonirakenne kuivuu paremmin, jos sillä on suuri vesisideainesuhte. Betonin vesisideainesuhteen pienentyessä betonista tulee tiiviimpää, jolloin sen kyky imeä vettä heikkenee. Kastumisen ajankohdalla on myös merkitystä, sillä mitä myöhemmissä vaiheissa rakenne kastuu, niin sitä hitaampaa se kuivuu. (Merikallio 2002, 34)

Rakenneratkaisut vaikuttavat merkittävästi betonirakenteiden kuivumiseen. Hieman rakenneratkaisusta riippuen betonirakenteen kuivuminen tasapainokosteuteen ympäristön kanssa voi kestää pisimmillään jopa useita vuosia. Betonirakenteiden ei kuitenkaan tarvitse rakennusaikana saavuttaa tätä tasapainokosteutta. Kuivumisvaatimuksia kohdistuu sellaisille rakenteille, jotka tullaan päällystämään tai pinnoittamaan kosteusherkällä materiaalilla. Yleensä materiaalivaatimuksena on suhteellisen kosteuden arvo välillä 80 – 90 % (laminaatit, parketit, vedeneristeet). (Merikallio 2002, 34)

2.4.1 Betonin kuivumiseen vaikuttavat tekijät

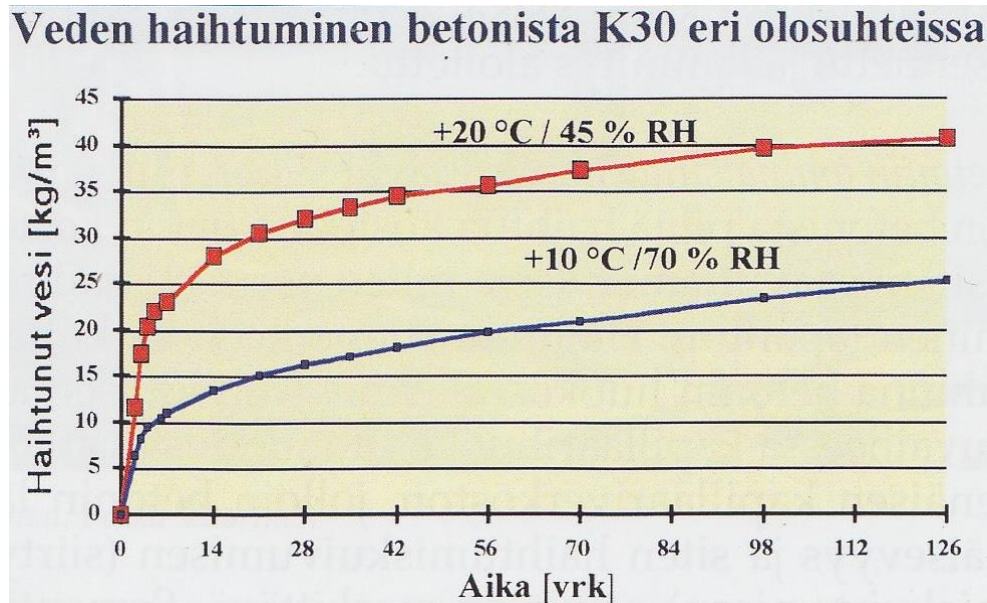
Betonirakenteen kuivumiseen kuluvaan aikaan vaikuttavat olennaisesti massan ominaisuudet, käytetyt rakenneratkaisut ja vallitsevat ympäristöolosuhteet. Hyvissä olosuhteissa nopeimmat betonit kuivuvat jopa viikossa, mutta epäedullisissa olosuhteissa kuivuminen saattaa kestää jopa vuoden. Rakenneratkaisulla on vaikutusta siihen, miten pitkän matkan kosteus joutuu siirtymään betonirakenteessa päästäkseen haihtumiskykyiseen pintaan. Luonnollisesti paksumpi rakenne tarkoittaa sitä, että rakenteesta haihtuvalla kosteudella on pidempi siirtymismatka, mikä taas hidastaa kuivumista merkittävästi. Kuivuminen hidastuu huomattavasti, jos haihtuminen on mahdollista vain yhteen suuntaan. (Merikallio 2002, 35)

Vallitsevilla olosuhteilla on suuri vaikutus betonin kuivumisnopeuteen. Betonirakenteen pinnalla olevaan kosteuden haihtumiseen vaikuttavat ympäristön lämpötila, suhteellinen kosteuspitoisuus sekä ilmavirrat. Edellä mainituilla tekijöillä on vaikutusta myös rakenteen sisällä olevan kosteuden siirtymiseen kohti betonirakenteen pintaa. Olosuhteet vaikuttavat myös sitoutumiskuivumiseen. Betonin korkea lämpötila ja kosteus edesauttavat sementin hydratoitumista nopeammin ja täydellisemmin, minkä seurauksena kuivuminen nopeutuu. (Merikallio 2002, 35)

Normaaleilla betoneilla haihtumiskuivumisen avulla tapahtuva betonirakenteen kuivuminen on merkittävästi suurempaa, kuin sitoutumiskuivumisen avulla tapahtuva kuivuminen. Ympäröivän ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa siirtymiskuivumiseen toisinpäin kuin sitoutumiskuivumiseen. Voidaan todeta, että mitä alhaisempi ympäröivän ilman suhteellinen kosteus (RH) on, sitä suurempi on rakenteen sisäosan ja pinnan kosteusero ja siten myös kosteutta siirtävä voima. Betonin vesihöyryn läpäisevyys kuitenkin laskee jyrkästi betonin suhteellisen kosteuden laskiessa, minkä takia kosteuden siirtyminen pintaosista hidastuu. Betonin kuivumisen kannalta optimaalisen ilman suhteellisenä kosteutena yleisesti pidetään noin 50 %. (Merikallio 2002, 35)

Lämmöllä on merkittävä vaikutus betonin kuivumiseen. Nostamalla betonin lämpötilaa, vesihöyryn osapaine betonin huokosrakenteessa kasvaa ja samalla kosteutta siirtävät voimat kasvavat. Kosteus poistuu betonirakenteesta sitä nopeammin, mitä lämpimämpää betoni on. Useimmissa tapauksissa betonirakenteen riittävän nopea kuivuminen

edellyttää vähintään +20 °C:n lämpötilaa. On havaittu, että lämpötilan noustessa +25 - +30 °C:een betonin kuivuminen nopeutuu merkittävästi. (Merikallio 2002, 35)



KUVA 1. Lämpö- ja kosteusolosuhteiden vaikutus veden haihtumiseen betonista. (Merikallio 2002, 35)

Betonia kuivatessa on tärkeää saada itse betoni lämpimäksi, mutta pelkän betonin lämmittämisen lisäksi myös ilman lämmittämisestä on hyötyä kuivattamisen kannalta. Kun rakennetta ympäröivää ilmaa lämmitetään, sen suhteellinen kosteus laskee ja samalla ilmassa kyky ottaa vastaan betonista haihtuvaa kosteutta kasvaa, mikä mahdollistaa rakenteen kuivumisen. (Merikallio 2002, 36)

Rakennustyömaalla olosuhteet vaihtelevat laajalti, mikä tekee betonirakenteiden kuivatamisesta haasteellista. Betonirakenne saattaa joutua valun jälkeen olemaan pahimmillaan useita viikkoja kylmässä ja kosteassa ympäristössä, pahimmassa tapauksessa vesisateessa. Silloin, kun betonirakenne on huonoissa olosuhteissa kuivumisen kannalta, haihtumiskuivumista ei tapahdu. Betonirakennetta kasteleva vesirasitus, kuten esimerkiksi sadevesi tai kastelu, hidastavat rakenteen kuivumista huomattavasti. Mitä myöhemmässä vaiheessa betoniin pääsee lisävettä, sitä hitaammin se poistuu. Betonirakenne tulee suojata ylimääräisiltä kosteusrasituksilta mahdollisimman pian valun jälkeen, tietysti jälkihoito huomioiden. (Merikallio 2002, 36)

Rakennustyömaalla vesikattotöiden ja ikkuna-asennusten valmistuttua rungon betonirakenteet saavat olosuhteet, jolloin vesi ei enää pääse helposti rungon sisään. Kun lämmi-

tystoimenpiteet aloitetaan kohteessa, niin silloin huoneilman suhteellinen kosteus alenee ja betonirakenteille muodostuu mahdollisuus kuivumiseen. Ennen näitä toimenpiteitä rakennuksen rungon kuivumisedellytykset ovat melko huonot. (Merikallio 2002, 36)

Betonin ominaisuudet vaikuttavat siihen, kuinka paljon betonista pitää haihtua kosteutta tietyn kosteustilan saavuttamiseksi (haihtumisnopeuteen vaikuttaa lähinnä betonin huokosrakenne) ja miten nopeasti haihtuminen rakenteesta tapahtuu. Betonin kuivumisen alkuvaiheessa kapillaarihuokokset muodostavat yhtenäisen kapillaariverkoston, jonka ansiosta betonin läpäisevyys ja siten haihtumiskuivumisen osuus on merkittävä. Sementin hydratoituessa betonin huokosrakenne muuttuu ja kapillaarihuokosten tilavuus pienenee hydrataation edetessä ja betonista tulee tiiviimpää, jolloin veden siirtyminen hidastuu oleellisesti. Mitä alhaisempi betonin vesisideainesuhde on, sitä nopeammin kapillaarinen verkosto katkeaa ja haihtumiskuivumisen osuus pienenee. Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että alhainen vesisideainesuhde aiheuttaa siis periaatteessa hitaamman haihtumisen. (Merikallio 2002, 36)

Sementin hydrataation aiheuttaman sitoutumiskuivumisen ansiosta alhaisen vesisideainesuhteen betonit kuivuvat nopeasti 90 %:n suhteelliseen kosteuspitoisuuteen, mutta alle 90 %:n kosteuspitoisuuksien nopea saavuttaminen edellyttää erilaisten lisäainesten käyttöä. Kuivumisen edistämiseksi käytettäviä lisäaineita ovat muun muassa notkistimet ja huokostimet. Käytettäessä alhaisen vesisideainesuhteen betoneja rakenteen paksuus ja kuivumisolosuhteet eivät vaikuta kuivumisnopeuteen niin paljon kuin tavanomaisessa betonissa. (Merikallio 2002, 36)

2.4.2 Betonirakenteen kuivumisen nopeuttaminen

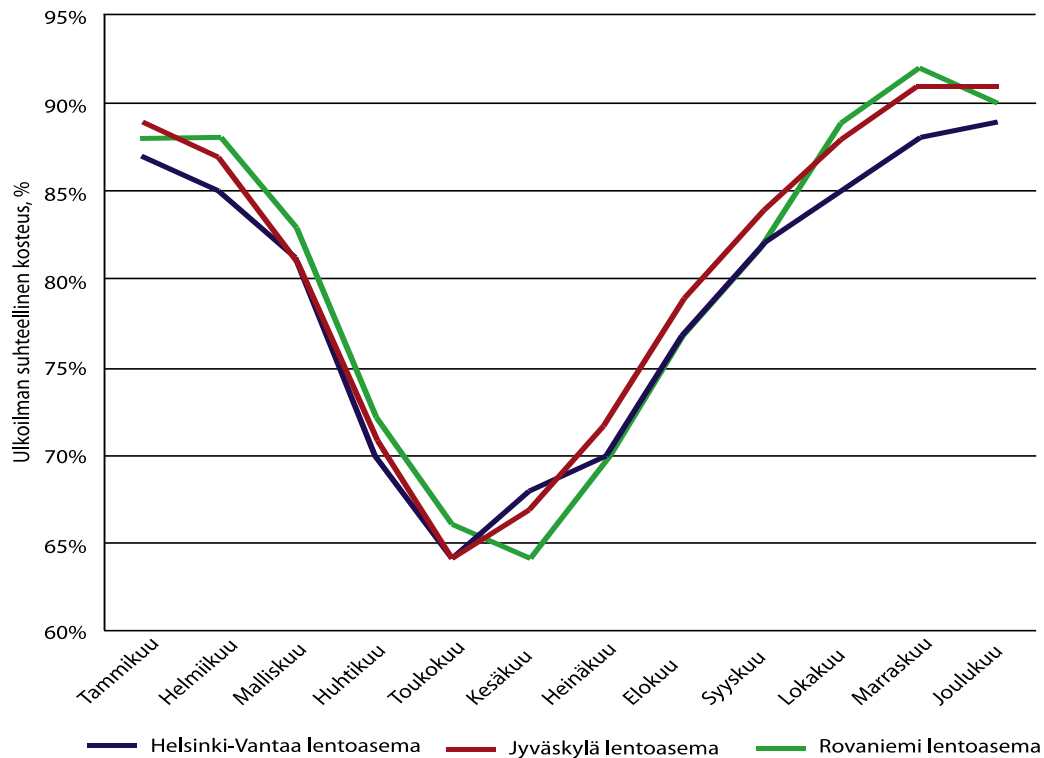
Betonirakenteiden kuivumista voidaan nopeuttaa seuraavilla toimenpiteillä:

- Käyttämällä betonointeihin mahdollisimman suuriraekokoista ja jäykkää massaa. Mitä pienempi runkoaineen maksimiraekoko on, sitä suurempi massan alkuperäinen vesimäärä on ja sitä hitaampaa on myös kuivuminen.
- Käyttämällä nopeasti kuivuvia betonilaatuja. Nopea kuivuminen perustuu yleensä normaalibetonia pienempään vesisideainesuhteeseen sekä massan huokostamiseen. (NP-betoni)

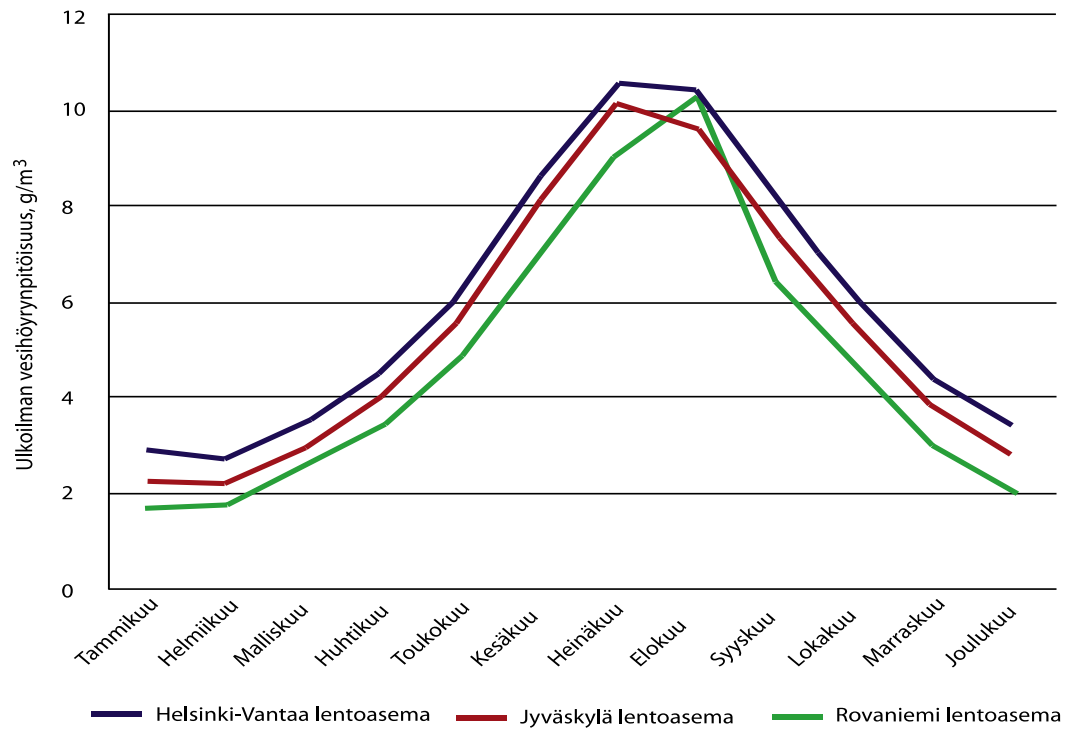
- Estämällä ja minimoimalla betonirakenteen kastuminen. Mitä myöhemmässä vaiheessa betonirakenne kastuu, sitä enemmän siihen imeytyy vettä.
- Poistamalla betonirakenteeseen päässyt vesi ja lumi mahdollisimman nopeasti mekaanisesti tai vesi-imurin avulla.
- Luomalla rakenteen ympärille hyvät kuivumisolosuhteet (vähintään +20 °C lämpötila ja alle 50 % RH) unohtamatta kuitenkaan huolellista jälkihoitoa. Itse betonirakenteen lämpötilan nostaminen on tehokkain tapa nopeuttaa kuivumista.
- Rakenteen pinta täytyy pitää puhtaana, jolloin haihtumiskuivuminen pääsee tapahtumaan paremmin. (Merikallio 2002, 37)

3 ERI VUODENAIKOJEN VAIKUTUS KOSTEUTEEN JA KUIVATUKSEEN

Työmaan sisäilman kuivatussuunnitteluja miettiessä tulee muistaa se fakta, että kaikista merkittävin tekijä ilmankuivauksen kannalta on Suomessa vallitseva ilmasto. Se aiheuttaa sen, että ilman kuivatustoimenpiteet ovat hyvin erilaiset eri vuodenaikoina.



KUVA 2. Ulkoilman suhteellinen kosteus eri kuukausina. (Motiva: BUILD UP Skills – koulutusmateriaalit)



KUVA 3. Ulkoilman absoluuttisen kosteuden vaihtelu kuukausittain. (Motiva: BUILD UP Skills –koulutusmateriaalit)

Kuvan 3 avulla voi nähdä, että Suomen ilmasto-oloissa loppukesä ja alkusyksy ovat selkeästi vuodenajoista kosteimmat. Tyypillistä ajanjaksoille on se, että ilman lämpötila sekä suhteellinen kosteus ovat vielä melko korkeita, minkä seurauksena ulkoilman vesihöyryn pitoisuus on korkea. Rakennustyömaan runkorakenteiden kuivattamisen kannalta korvausilman johtaminen ulkoa sisälle ei ole järkevää, sillä se saattaa hidastaa rakenteiden kuivumista. Sisäilman kuivausta täytyy silloin tehostaa kosteudenpoistajien avulla.

Tilastojen ja kuvaajien valossa ilmankuivaamisen parasta aikaa on tammikuu – toukokuu välinen ajanjakso. Tietyssä mielessä ihanteellisin sisäilman kuivatuskausi on huhtikuu - toukokuu, koska ulkolämpötila voi olla korkea, mutta ilmassa on vähän kosteutta. Silloin rakennuksen sisältä voidaan tuulettamalla saada ylimääräistä kosteutta pois, ilman, että kallista lämmitysenergiaa menee hukkaan.

4 LIALLISEN KOSTEUDEN AIHEUTTAMAT HAITAT RAKENNUS- HANKKEELLE

4.1 Aikataulu

Liiallinen sisäilman kosteus aiheuttaa kerrostalorakennushankkeissa muun muassa rakennusaikana aikatauluviiveitä hankkeisiin, koska sementtipohjaiset rakennustuotteet eivät kuivu riittävästi, jos huoneilman kosteus on liian korkea. Jos kerrostalon runkorakenteita ei kuivata riittävälle tasolle, se saattaa aiheuttaa viivästyksiä tasoitetöissä ja maalaustöissä. Eritoten rakenteiden kuivauksien laiminlyönti vaikuttaa laatoitustöiden aloitusajankohtaan ja laminaatin, parketin sekä muovimaton asennusajankohtaan. Laiminlyömällä kuivatusjärjestelyt, työmaa haittaa vain omaa toimintaansa ja siitä seuraa myöhemmässä vaiheessa kiireitä, jotka johtuvat tarpeesta kuroa menetetty aika kiinni, jotta pysyttäisiin myöhemmässä vaiheessa yleisaikataulussa.

4.2 Laatu

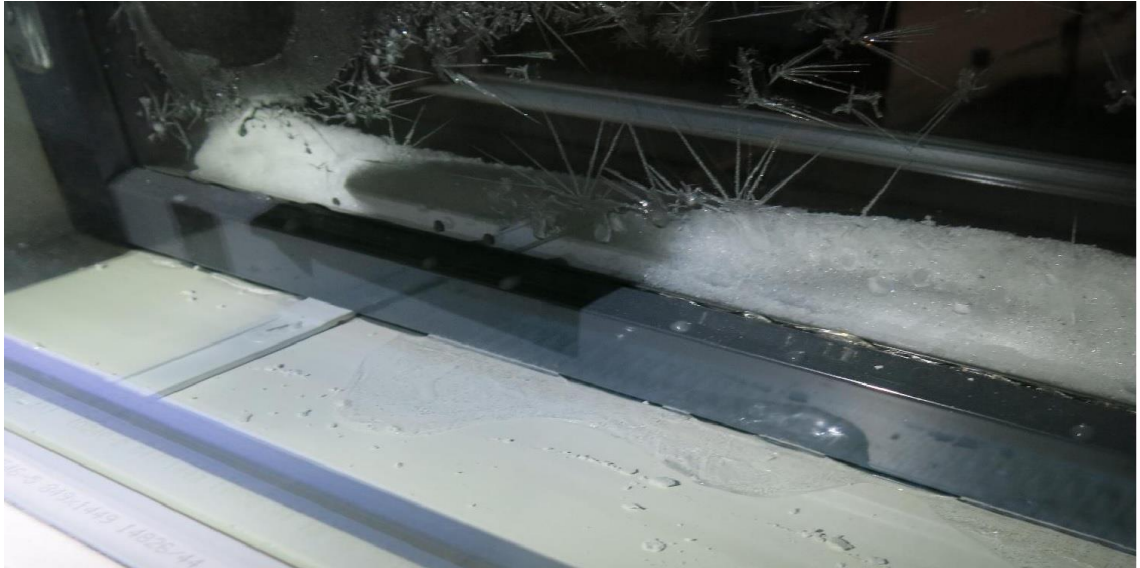
Liiallinen sisäilman kosteus vaikuttaa voimakkaasti kerrostalorakennushankkeissa muun muassa rakennusaikana kosteuden tiivistymiseen ulkoseinällä olevissa ovi- ja ikkunarakenteissa. Pahimmillaan rakennustuotteiden altistuminen suurelle määrälle ylimääräistä kosteutta aiheuttaa turhaa ja ylimääräistä vaihtotyötä, joka on suoraan pois työmaan tuloksesta.



KUVA 4. Ikkunarakenteeseen on tiivistynyt työmaalla vettä. Lopullinen ilmanvaihtojärjestelmä ei ollut käytössä kuvanottamishetkellä.



KUVA 5. Ikkunan ulkopuitteen lasin sisäpintaan on jäätynyt kondensoitunutta vettä. Laadun kannalta asia on riski, kun jää sulaa jossain vaiheessa vedeksi.



KUVA 6. Kondensoitunutta vettä on jäänyt ulkopuitteen lasin sisäpintaan. Ongelma korostuu etenkin kerrostalojen ylimmissä kerroksissa rakennusaikana.

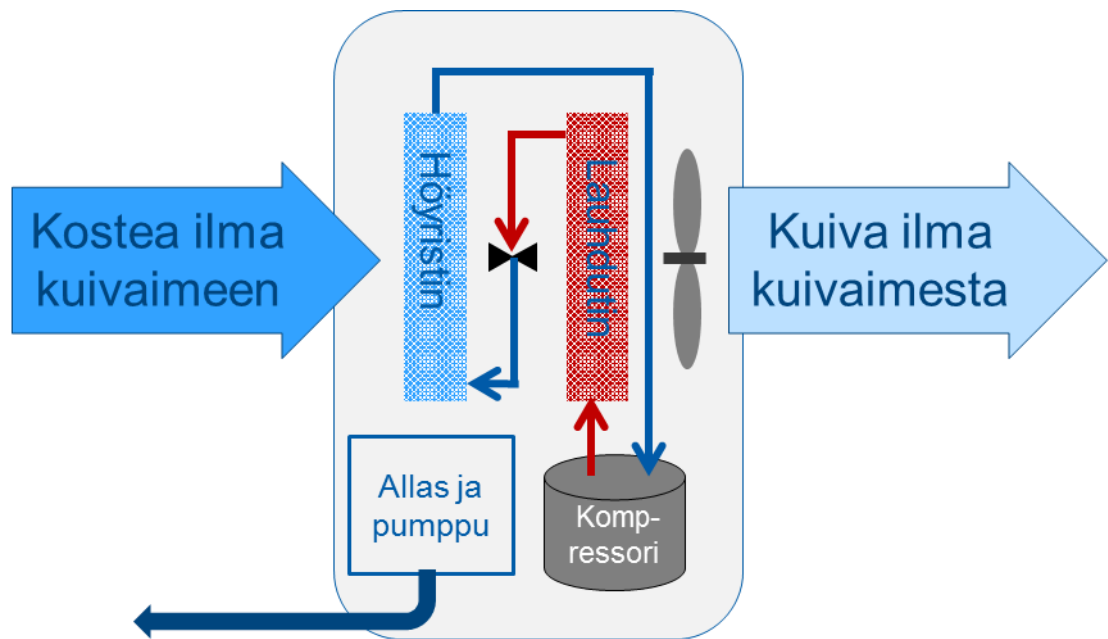


KUVA 7. Liiallinen ilmankosteus on tiivistynyt ikkunarakenteen sisälle ja sen seurauksena ylimääräinen ilmankosteus on aiheuttanut korroosiovaurioita ikkunahelojen kiinnikkeille.

5 KOSTEUDENPOISTOLAITTEET

5.1 Kondenssikuivaimet

Kondenssikuivain on kuivain, jonka toiminta perustuu kosteuden erotteluun ilmasta. Kuivainlaitteen toiminta lyhyesti perustuu laitepuhaltimeen, laitekompessoriin, kylmäaineputkiin sekä kylmäaineeseen ja sulatusjärjestelmään. Kondenssikuivain on erittäin tehokas huomattavan kosteissa tiloissa, joissa lämpötila on noin $+20\text{ °C} \dots +30\text{ °C}$ välissä. Lähes trooppiset olosuhteet ovat kuivaimelle otollisimmat, ja erittäin kosteissa lämpimissä olosuhteissa kondenssikuivain on erottelukyvyltään tehokkaampi kuin adsorptiokuivain. Kuivain tiivistää kosteuden aina irtovedeksi, joka voidaan poistaa laitteesta painovoimaisesti letkulla, tai monissa laitteissa myös pumpata laitepumpun avulla kauemmas viemäriin tai muuhun sopivaan vedenpoistopaikkaan. Kondenssikuivain soveltuu erityisen hyvin tasoitetyötilojen kuivaukseen etenkin kesän lämpiminä kosteina ajanjaksoina, uudisbetonivalujen kuivaukseen sekä muihin runsaasti kosteutta ja lämpöä sisältäviin kuivaustöihin. Kondenssikuivain on lämpötilaeroista johtuvan kondensoitumisen johdosta kuitenkin hyvin altis etenkin lämpötilan muutoksille, ja olosuhteiden viiletessä laitetekniikan kosteudenerottelu heikkenee radikaalisti, ja loppuu jossain vaiheessa kokonaan. Kun kuivain ei enää erottele vettä, sitä ei saa pitää merkinä, että rakenteet ovat kuivat, sillä usein kysymyksessä on olosuhdemuutokset, joiden johdosta kondenssikuivaimen laitetekniikka ei enää kykene erottelemaan kyseisestä tilasta kosteutta. (Arpoma 2016)



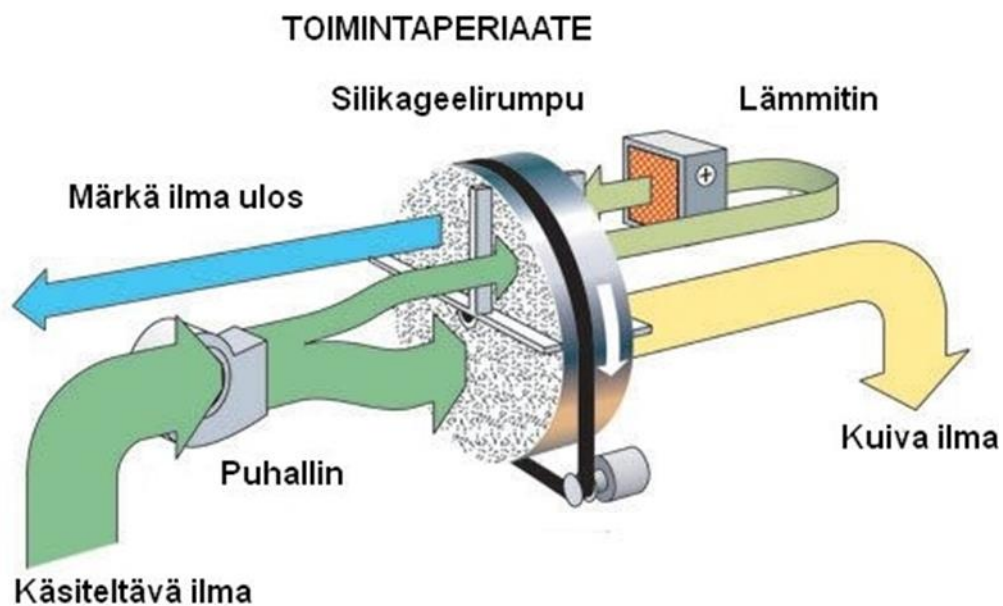
KUVA 8. Kondenssikuivaimen toimintaperiaate (Motiva: BUILD UP Skills – koulutusmateriaalit)



KUVA 9. Remko -kondenssikuivain. (Ramirent Finland Oy 2016)

5.2 Adsorptiokuivaimet

Adsorptiokuivain on niin sanottu ilmankuivain, jonka toiminta perustuu lyhyesti laitepuhaltimen, keraamisen silikageeli-roottorin ja lämmitysvastusten yhteistoimintaan. Kuivain erottelee kosteuden vesihöyryksi, joka ohjataan erillisellä poistoletkulla ulos kuivattavasta tilasta ja kuivailma palautetaan tilaan takaisin. Tällöin tilan suhteellinen kosteus laskee, ja rakenteet luovuttavat kosteutta tilaan. Kuivuminen perustuu siis fyysikaaliseen ilmiöön, jossa kosteus pyrkii tasaantumaan ympäröivään kuivempaan ilmassaan. Adsorptiotekniikka on kokonaisvaltainen erittäin tehokas kuivaustapa myös viileissä tiloissa, eli lämpötila ei vaikuta radikaalisti kuivainlaitteen erottelukykyyneen. Adsorptiokuivain on siis kokonaisvaltainen laitetyyppi, jolla rakenteet voidaan kuivata loppuun asti haluttuun tasapainokosteuteen. Adsorptiokuivaimia on markkinoilla monia eri kokoluokkia. Kuivain valitaan kohteisiin tilan koon mukaan. (Arpoma 2016)



KUVA 10. Adsorptiokuivaimen toimintaperiaate. (ASTQ 2016)



KUVA 11. YIT Kalusto Oy:n vuokravalikoimassa oleva Corroventa CTR 300 XT adsorptiokuivain. (YIT Kalusto Oy 2015)

5.3 Yhdistelmäkoneet

Yhdistelmäkuivain on ilmankuivauslaite, joka yhdistää adsorptio- ja kondenssikuivaimen tekniikan, mutta se luokitellaan ensisijaisesti adsorptiokuivaimien laitekategoriaan. Tämä kuivaintyyppi erottelee ilmasta kosteutta sekä adsorptiotekniikan että kondenssitekniikan avulla. Kuitenkin laitteen adsorptioyksikkökin ohjaa kostean vesihöyryn kondenssiyksikölle, joka muuttaa vesihöyryn vedeksi. Tällä tavalla tämä kuivain poistaa vain irtovettä yhdestä poistoletkusta huolimatta kahdesta erilaisesta kuivaintekniikan tasosta. Tämä kuivaintyyppi on paras laitevalinta suureen osaan kuivaustöistä, sillä kohteen olosuhteiden muutokset eivät vaikuta laitteen erottelukykyyneen, ja vastaavasti työmaalla henkilöstön ei tarvitse ymmärtää niinkään kosteustieteellisiä ja olosuhteita, joihin erilaiset koneet normaalisti soveltuvat. Käytännössä usein tehokkain kuivaus saataisiin aikaan käyttämällä hyvin kosteissa tiloissa ensin joitakin päiviä kondenssikuivaimia, jonka jälkeen laitteet tulisi vaihtaa adsorptiokuivaimiin kuivausprosessin loppuun saattamiseksi. Tässä kuivaimessa kuivaustehokkuus säilyy tasaisena ja tehokkaana laajalla olosuhdesektorilla lämpötilan ollessa 0 °C...+28 °C välissä. (Arpomaa 2016)



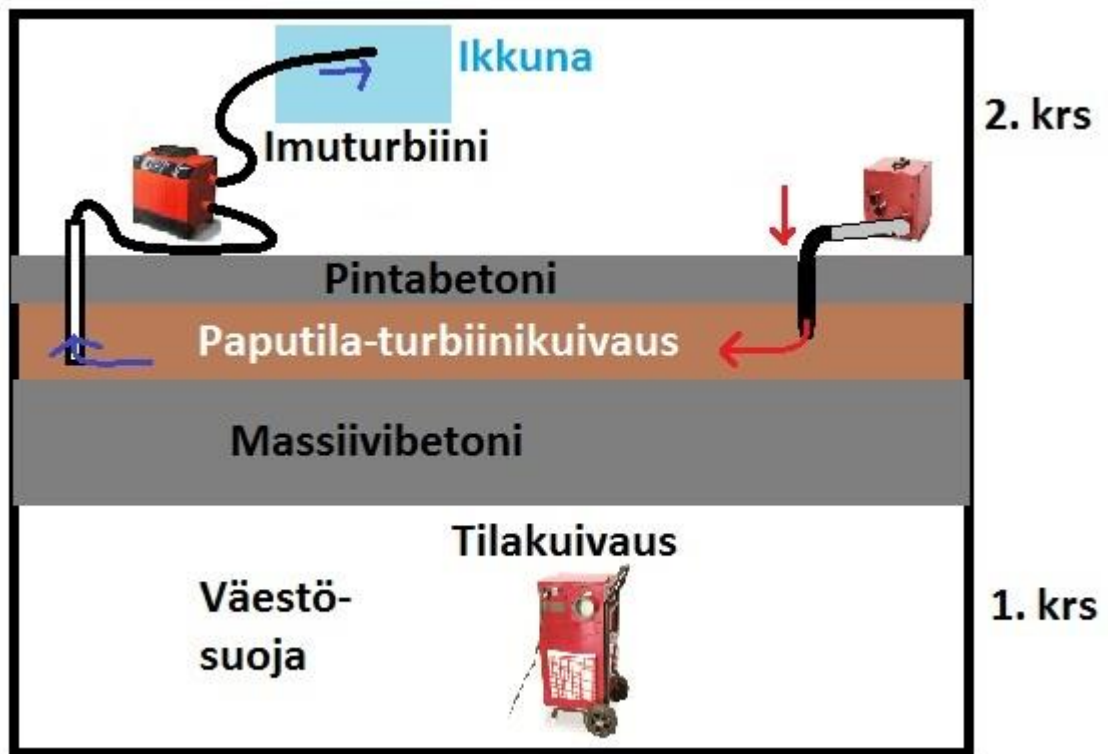
KUVA 12. YIT Kalusto Oy:n vuokralikoimassa oleva Corroventa CTR LKV 1000XT yhdistelmäkone. (YIT Kalusto Oy 2015)



KUVA 13. Tietyissä kuivainmalleissa on olemassa käyttötuntimittari sekä sähkönkulutusmittari, joiden avulla työmaalla on mahdollista kerätä mittausdataa, jonka avulla saadaan muun muassa kartoitettua kuivaamisen kustannuksia. Kuvassa yhdistelmäkone Corroventa CTR LKV 1000XT:n mittaristo.

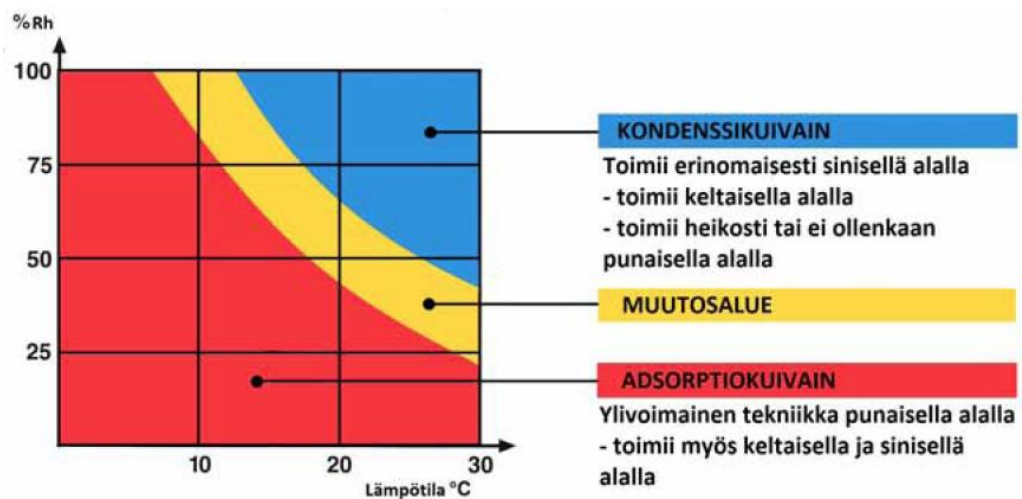
5.4 Turbiinikuivaimet

Turbiinikuivaimet jaetaan yleisesti äänieristettyihin ja äänieristämättömiin kuivainlaitteisiin. Turbiini toimii ilmanpaineen tuottajana joko imu- tai puhallustarkoituksessa yhdessä erillisen adsorptiokuivaimen kanssa. Tämä kuivain on niin kutsuttu eristetila-kuivain, jota tyypillisesti käytetään purkamattomien eristetilallisten rakenteiden kuivaukseen äkillisten vesivahinkojen yhteydessä, kuten myös tänä päivänä erittäin runsaasti uudisrakentamisessa rakennusaikaisessa betonielementtien onteloiden kuivauksessa. Tässä laitteessa ei ole itsessään kuivailmaa tuottavaa kuivainyksikköä, kuten adsorptioyksikköä, vaan sitä käytetään yhdessä erillisten irrallisten adsorptioyksiköiden kanssa. Turbiini ja erillinen adsorptiokuivain asennetaan tilaan, ja rakenteeseen porataan haluttuun kokoisia reikiä, jonka jälkeen turbiinista asennetaan osaan rei'istä imu- tai puhallusputket, ja osa rei'istä toimii kosteuden ulostulo- tai korvausilmareikinä. Kuivain liitetään yleensä rakenteeseen jakotukin avulla, jolla ilma saadaan ohjattua useampaan kohtaan rakennetta yhdellä turbiinilla. Turbiini soveltuu käytettäväksi joko imu- tai puhalluskäyttöön kerrallaan, ei molempiin yhtäaikaisesti. Erillisestä adsorptiokuivaimesta kosteus poistetaan vesihöyryletkulla ja imukuivauksessa myös turbiinisyksikön puhalluspuolella asennetaan kostean ilman poistoletku, ja poistoletkut sijoitetaan ohjaamaan kostea ilma ulos kuivattavasta tilasta. Turbiinikuivausta voidaan hyödyntää esimerkiksi korjausrakennuskohteissa sekä uudintuotannon puolella kohteissa, joissa on väestönsuojan päällä oleva eristetila. (Arpomaa 2016)



KUVA 14. Kuvassa on esitetty turbiinikuivaimen toimintaperiaate, kun kuivatuskohteena on väestönsuojan eristetilan kuivaus. (Arpomaa 2013)

5.5 Kuivaustekniikoiden vertailua



KUVA 15. Kuvaaja osoittaa eri kuivaustekniikoiden olosuhteet, jossa niiden hyötysuhde on paras. (Gles Oy 2012)

5.6 Suuritehoiset peräkärälyalustaiset- ja kuivauskonttiratkaisut

Useat rakennuskonevuokraamot tarjoavat myös kuivauslaittevaihtoehdoksi joko kuivauskontteja tai peräkärälyalustaisia kuivausratkaisuita. YIT Rakennus Oy:n kerrostalotyömaalla Vaasassa oli käytössä sisävaihetöiden aikana Cramo Oy:ltä vuokrattu vaunukuivain CTR 5000. Vaunukuivain vaatii työmaan sähköverkolta vapaata kapasiteettia melko paljon, sillä vaunukuivain vaatii 63:n ampeerin virran toimiakseen. Laitteen toimintaperiaate perustuu siihen, että vaunukuivan puhaltaa kerrostalotyömaan alimpaan kerrokseen lämmintä ja kuivaa ilmaa. Kohteen yläkertaan asennettiin poistokanavisto, jota pitkin vaunukuivain imee yläkerrasta kosteata ilmaa ja kierrättää sen taas takaisin rakennuksen sisätilaan kuivana ja lämpimänä. Työmaalla tulee huomioida myös vuodenaikojen vaikutus konetta käyttäessä, sillä kuivattavan ilman siirtokanavat täytyy eristää talviaikaan, jotta laitteesta saisi hyödyn paremmin irti. Eristämättömänä varsinkin rakennuksen alakertaan menevä kanava jäähtyy ja silloin sisälle puhalletaan kylmempää ilmaa, kuin on tarkoituksen mukaista. (Aho 2016)



KUVA 16. Vaunukuivaimen sijoitus rakennuksen runkoon nähden.



KUVA 17. Vaunukuivain lähikuvassa.

5.7 Käytävän poistopuhallin (kanavapuhallin)

Käytävän kosteudenpoistoa voidaan parantaa työmaa-aikaisesti asennettavalla kanavapuhaltimella, joka sijoitetaan rakennuksen ylimpään kerrokseen heti vesikattotöiden ja vesikaton kanava-asennusten valmistuttua. Kosteaa ilmaa johdetaan poistokanavaa pitkin ulos. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi käytävän lopullista poistokanavaa. Sähkösuunnittelijan ja työmaan tarvitsee huolehtia sähkösyöttö kanavapuhaltimelle. Jo hankkeen suunnittelunohjausvaiheessa olisi hyvä muistuttaa iv- ja sähkösuunnittelijoita huomioimaan porrashuoneen työmaa-aikaisen kosteudenpoiston (virransyöttö ja puhallintyyppin valinta). Kanavapuhaltimen avulla on helppo poistaa kosteutta, mutta samalla poistuu rakennuksesta lämmitysenergiaa. Kanavapuhaltimen optimaalinen käyttöaika on tammi-kuusta toukokuuhun. Ennen käytäväalakattojen asennusta kanavapuhallin voidaan ottaa talteen ja ottaa käyttöön uudestaan seuraavalla työmaalla.



KUVA 18. YIT Rakennus Oy:n työmaalla Rovaniemellä ylimmän kerroksen käytävään on asennettu kanavapuhallin, jonka avulla huolehditaan porrashuoneen kosteudenpoistosta.



KUVA 19. Kanavapuhallin voidaan sijoittaa myös ullakolle.



KUVA 20. Kuvassa on työmaa-aikaiset, kosteudenpoistoon tarkoitetut puhaltimet.

Kanavapuhaltimen voi myös sijoittaa käytävän lisäksi esimerkiksi huoneistoon. YIT:n työmaalla Sipoossa (Asunto Oy Sipoon Tuhkimo) oli tehty ratkaisu, jonka seurauksena kanavapuhaltimet oli asennettu huoneistosaunojen ikkunoihin. Huoneistosaunoja oli kohteessa kuusi kappaletta per kerros. Kanavapuhaltimien asennusvaiheessa huoneistosaunojen ikkunapuitteet oli poistettu ja tilalle oli laitettu ikkuna-aukkoon sopiva polyuretaani-eristelevyn pala, johon oli tehty ilmanpoistoa sekä puhallinta varten sopiva aukko. Työmaan tilaamat kanavapuhaltimet oli varustettu pistotulppaliitännällä, jolloin ne sopivat hyvin työmaakäyttöön.



KUVA 21. Kuvassa on Asunto Oy Sipoon Tuhkimon työmaalla käytetty pistotulppaliitännällä varustettu kanavapuhallin.



KUVA 22. Kuvassa on Asunto Oy Sipoon Tuhkimon työmaalla käytetty pistotulppaliitännällä varustettu kanavapuhallin. Kuvassa näkyy puhaltimen sijoitus huoneistosaunan ikkunaan.

5.8 Siirtopuhaltimet

Siirtopuhaltimet eivät sinänsä ole kosteudenpoistolaitteita, mutta ne ovat apuvälineitä kosteudenpoistossa. Itse kosteudenpoistajien sijoitteluun kerroksessa ja asunnoissa tulee kiinnittää huomiota, mutta samoin myös siirtopuhallinten sijoitteluun. Niiden ensisijaisena tarkoituksena on siirtää ja tasata lämpimän ilmamassan leviämistä ja toisaalta ohjata kosteata ilmamassaa kohti sen poistoreittiä.



KUVA 23. Kuvassa ns. simpukka-puhallin. (Cramo Oy 2016)



KUVA 24. Kuvassa aksiaalipuhallin ilmamassan siirtämiseen. (Strong Finland Oy 2016)

5.9 Rakennuslämmittimet

Rakennuslämmittimet ovat avainasemassa kuivatustoimenpiteiden onnistumisen kannalta. Ne lämmittävät sisäilman haluttuun lämpötilaan ja samalla suhteellinen kosteus laskee ja ilman kyky sitoa uutta lisäkosteutta paranee. Rakennuslämmittimiä löytyy markkinoilta sähkö-, kaasu- ja polttoöljykäyttöisinä. Kokoluokat vaihtelevat pienistä sähkölämmittimistä suuriin konttimalleihin.



KUVA 25. Kuvassa on Remkon 3,2 kW:n rakennuslämmitin (Polartherm Oy 2016)



KUVA 26. Kuvassa on polttoöljykäyttöinen Polar Heatmobil lämpökontti. (Ramirent Finland Oy)

5.10 Lopullisen lämmitysjärjestelmän hyödyntäminen rakennusaikana

Rakennuksen lopullista lämmitysjärjestelmää pystytään joissakin tapauksissa työmaa-aikaisesti hyödyntämään apuna kuivatustoimenpiteissä, koska sen avulla saadaan nostettua rakennusrungon sisäilman lämpötilaa. Niissä tapauksissa, joissa jo työmaa-aikana pystytään hyödyntämään lämmitystarkoituksessa kohteen lopullista lämmitysjärjestelmää, voidaan saada kustannussäästöä rakennuskoneiden hankinta- tai vuokratukustannuksista työmaa-aikana. Silloin pienempitehoisten rakennuslämmittimien (3 kW) tarve vähenee ja samanaikaisesti työmaan sähkönkulutusta saadaan laskettua.

Lopullisen lämmitysjärjestelmän hyödyntäminen rakennusaikana onnistuu esimerkiksi kohteissa, joiden lämmitysmuotona on kaukolämpö. Työmaalla kaukolämpöä päästään hyödyntämään siinä vaiheessa, kun kaukolämpölaitteisto on kytketty ja rakennuksen lämminvesiverkosto välittää radiaattoreille lämmintä vettä. Pelkässä radiaattoreita hyödyntävässä lämmityksessä on se ongelma, että patterit ovat työmaa-aikana pääosin peitettynä tehtaan suojamuoveissa, mikä estää lämmön tehokkaan leviämisen huoneistoihin. Tehtailla asennetut suojamuovit suojaavat radiaattoreita likaantumiselta ja pölyntymiseltä, mitä tapahtuu erityisesti tasoitus- ja maalaustyövaiheiden aikana.



KUVA 27. Kuvassa on radiaattori, josta on jo poistettu tehtaan muovisuojat. Huoneistossa on tasoitus- ja maalaustyöt tehty ja silloin lopullista lämmitysjärjestelmää voidaan hyödyntää huoneiston lämmityksen apuna.

Vaikka radiaattoreista ei saataisikaan työmaa-aikana täyttä hyötyä huoneistojen lämmitystä ajatellen, voidaan työmaalla kytkeä lämminvesiverkoston runkolinjoihin vesikiertoisia lämminvesipuhaltimia, joihin lämmin vesi saadaan runkolinjaan asennettavien haarakappaleiden avulla.



KUVA 28. Kuvassa on El-Björn TF 30HV-F lämminvesipuhallin. (El-Björn Oy 2015)

6 IV-SUUNNITTELUN VAIKUTUS KOSTEUDENPOISTOON

Nykyään työmaa-aikainen kosteudenpoisto huomioidaan varsin eri tavoin eri suunnittelutoimistoissa. Osa rakennusliikkeistä ja rakennuttajista huomioi asian ja velvoittaa ilmanvaihtosuunnittelijan huomioimaan myös työmaa-aikaisen kosteudenpoiston suunnittelutyötä tehdessään. Suomen rakennusmääräyskokoelma ei nykyisessä muodossaan vaadi suunnittelijaa ottamaan huomioon työmaa-aikaista kosteudenpoistoa suunnitelmissaan.

Jos kohteeseen on suunniteltu porrashuoneeseen ns. tekniikkakuilu, joka ulottuu 1. kerroksesta ylimmäiseen kerrokseen saakka, niin sitä voidaan hyödyntää työmaa-aikaisen kosteudenpoiston suunnittelussa ja toteutuksessa. Erääseen YIT:n kohteeseen Tampereen Niemenrannassa toteutettiin työmaan pyynnöstä työmaa-aikainen kosteudenpoisto kanavapuhaltimen avulla. Kohteen käytävän päästä (käytävän päässä tekniikkakuilu) kosteata sisäilmaa imettiin kerroksittain. (Ruukki 2016)



KUVA 29. Poistokanava käytävän päässä tekniikkakuilussa.

7 KUIVATUKSEN TOTEUTUSTAVAT

Kuivatuksen toteuttamiseen rakennustyömaan olosuhteissa on olemassa muutama eri vaihtoehto. Kuivatusvaihtoehdon valintaan vaikuttavia asioita ovat muun muassa vuodenaika ja kuivatukselle varattu kesto. Kuivatuksessa voidaan hyödyntää joko rakennuksen oman tai suunnitellun lisälämmityksen avulla tai ilmankuivaimien avulla pudottamalla ilman suhteellista kosteutta. Kuivuminen tehostuu, koska rakenteissa oleva kosteus pyrkii tasapainoon ympäröivän ilmamassan kanssa, ja se mahdollistaa tehokkaamman kosteuden luovutuksen ympäröivään ilmaan. Jos kuivumisella on kiire, voidaan sitä tehostaa lämmittämällä suoraan kuivattavaa rakennetta. Tällä saadaan nopeutettua kuivumista huomattavasti. Nopein kuivatustapa on lämmittää rakennetta sisältäpäin esimerkiksi betonin sisään valuvaiheessa jätettävillä lankalämmittimillä. Rakennuksen kuivattamistapoja on pääsääntöisesti kolme:

- Avoin järjestelmä
- Suljettu järjestelmä
- Pikakuivatus, jota käytetään eniten vesivahinkojen kuivatuksessa (Gles Oy 2012)

7.1 Avoin järjestelmä

Avoimessa järjestelmässä rakennuksen sisäilma lämmitetään, joko rakennuksen omalla lämmitysjärjestelmällä ja/tai lisälämmitys- ja kuivatusjärjestelmällä. Lämmin ilmamassa pystyy imemään itseensä enemmän kosteutta, joka mahdollistaa sen, että rakenteet kuivuvat. Samalla on myös huolehdittava rakennuksen tuuleuksesta, jotta saadaan vaihdettua lämmin kostea sisäilma kuivempaan ulkoilmaan, jotta kuivuminen ei pysähdy. Järjestelmä soveltuu käytettäväksi talvisin, koska kylmempi ulkoilma on kuivempaa verrattuna lämpimämpään sisäilmaan. Kylmä kuiva ilma tulee rakennuksen sisälle aukoista ja vuotokohdista, ja kun se lämpenee, pystyy se taas imemään itseensä enemmän kosteutta, jonka betonirakenteet luovuttavat. Kostea ilma voidaan johtaa ulos alipaineistamalla tai ylipaineistamalla. (Kone-Ratu 07-3032 1996, 4)

7.2 Suljettu järjestelmä

Suljetussa järjestelmässä rakennus pyritään tiivistämään siten, että rakennuksen sisällä pääsee ilma vaihtumaan vain hallitusti. Rakennuksen ilmaa lämmitetään, ja rakennuksen huoneistoihin sijoitetut kosteudenpoistajat keräävät ylimääräisen haihtuvan kosteuden pois. Kosteudenpoistajien keräämä ylimääräinen kosteus poistetaan joko astioilla tai erillisellä viemärintijärjestelmällä. Suljettu järjestelmä sopii hyvin käytettäväksi kesällä ja erityisesti syksyllä, koska silloin ympäröivän ulkoilman kosteus on myös suuri, jolloin avoin järjestelmä ei ole tehokas. Rakennuksen tiivistämisellä huolehditaan, että ulkopuolista kosteutta ei pääse rakennukseen, koska muuten lämpöenergiaa kuluu turhaan myös kostean ulkoilman kuivaamiseen. (Kone-Ratu 07-3032 1996, 4)

Useimmilla rakennustyömailla suljettu järjestelmä on yleensä mahdotonta toteuttaa, koska rakennusvaiheessa rakennuksen vaippaa on erittäin vaikea saada tarpeeksi tiiviiksi. Suljetun järjestelmän avulla kuivaaminen vaatii muutoksia totuttuihin työtapoihin.

7.3 Pikakuivatus

Pikakuivatusta käytetään pääasiassa saneeraus- ja vahinkokohteissa, joissa betonirakenteen kuivumisaikaa halutaan olennaisesti lyhentää laitekuivauksen avulla. Pikakuivatuksessa kuivatetaan yleensä melko pientä aluetta kerrallaan tehokkaasti ja tämä järjestelmä ei ole laajamittaisessa käytössä esimerkiksi kerrostalotyömailla, joissa kuivattavaa pinta-alaa on runsaasti.

7.4 Kuivattaminen loma-aikana (heinäkuussa)

Yhtenä innovaationa liittyen sisävaiheen kosteudenhallintaan kerrostalotyömaalla on rakennusalan perinteisen kesälomakuukauden, heinäkuun, hyödyntäminen ns. kuivatuksen tehokuukautena. Idea pohjautuu siihen, että heinäkuussa työmaat pääosin hiljenevät ja jotkut työmaat saatetaan kokonaan sulkea heinäkuun ajaksi. Heinäkuun aikana olisi mahdollista järjestää rakennustyömaan kuivatus käyttäen suljettua järjestelmää, jolloin

kosteudenpoistajien avulla runkorakenteita pystytettäisiin kuivaamaan ilman häiriötekijöitä (ikkunoiden avaamiset ja parvekeovien liiallinen aukipito). Tähän ajatusmalliin sisältyy tietysti muutamia ehtoja, joita ovat muun muassa se, että kohteen runko tulee olla kasattuna ennen heinäkuun alkua, runkorakenne tulee tiivistää ja ulkoa otettavasta ilmamassasta tulee erotella kosteus pois koneellisesti sekä kosteutta sisältävä sisäilma on johdatettava rungon ulkopuolelle, jotta kuivaustoimenpiteillä saavutettaisiin aikataullisia ja laadullisia hyötyjä.

7.5 Kuivaustoimenpiteiden virheitä ja vääriä menetelmiä

- Lämpötila- ja kosteusolosuhde eivät kohtaa valitun kuivainlaitetyypin kanssa, Kondenssi vs. adsorptio.
- Kuivainlaitekapasiteetti on laskettu väärin.
- Laitesuodattimet tai adsorptiokuivaimessa roottori on likainen / pölyinen.
- Sisäilman tasaantuminen on estynyt tai siirtopuhaltimia ei ole asennettu.
- Kuivattava huone- tai käytävätila ei ole tiivis ja kosteaa korvausilmaa pääsee kuivattavaan tilaan joko ulkoa tai muusta kosteuslähteestä.
- Kuivattavaksi haluttujen rakenteiden pintoja ei ole saatettu riittävän hengittäviksi. (Gles Oy 2012)

7.6 Laitteiden valinta työmaalle

Laitetyyppien valintaan vaikuttaa ratkaisevasti rakentamisen aloittamisen ajankohta. Kun kuukauden keskilämpötilat alkavat pudota alle kymmenen celsius-asteen, on työmaalla mietittävä lämmityskaluston tarve. Sisätyövaiheen kosteudenhallinnan tärkeä lähtökohta on rakennuksen sisäilman ja rakenteiden lämmittäminen. Kylmään vuodenaikaan sijoittuva rakennuksen rungon pystytysvaihe vaatii lämmitystoimenpiteitä ja osittain samaa lämmityskalustoa voidaan hyödyntää heti rungon pystytyksen jälkeen, kun sisätyövaiheet alkavat työmaalla.

Yksi ratkaiseva tekijä valittaessa kuivauskalustoa työmaalle, on työmaan pääsulakekoon riittävyys sekä alajakokeskusten 1-vaihe- ja 3-vaihevirrann liitäntöjen lukumäärät. Alajakokeskuksissa on rajattu määrä pistokepaikkoja, jolloin täytyy varmistua siitä, että kui-

vainlaitteiden kytkemisen jälkeen pistokepaikkoja jää myös muiden rakennuskoneiden käyttöön.

Laitevalmistajat ilmoittavat laitteelle tietyn nimellistehon kokonaisilmamäärälle (m³/h) sekä kosteudenerottelukyvylle (litraa/päivä). Valmistajien ilmoittamat lukemat pätevät usein olosuhteissa, joissa sisäilman lämpötila on +20 °C ja sisäilman RH on 50 %. Luotamalla suoraan valmistajan ilmoittamiin lukemiin, työmaalle saadaan hankittua kuivainlaitteiden lukumäärä sen mukaisesti, mutta vaihtelevissa työmaaolosuhteissa laitteiden täyttä kapasiteettia ei tulla saavuttamaan silloin. Laitteiden todellisen tehon saa jakamalla ilmoitetun lukeman luvulla 1,5. Luvussa on huomioitu se, että työmaalla ei välttämättä päästä laitetekniikan kannalta ihanteellisiin olosuhteisiin vaihtelevan kosteustason ja lämpötilan seurauksena.

8 KUIVUMISEN ARVIOINTI JA TODENTAMISTAVAT

Rakennushankkeen kosteudenpoiston yksi tärkeä osa-alue on kuivumisen arviointi ja sen seuranta. Seuranta voi tarkoittaa aistinvaraista seuraamista ja mittausvälineiden avulla tehtävää seurantaa. Seuranta on tärkeätä, koska sen avulla voidaan todeta, että alkavatko rakenteet todella kuivua ja sen avulla voidaan myös arvioida, että ovatko kuivatustoimenpiteet oikeanlaiset. Seurannan apuvälineitä ovat dataloggerit ja erilaiset kosteudenmittausvälineet.

8.1 Kosteuden mittaaminen betonirakenteesta

Betonirakenteen kosteudenmittaamiseen on olemassa monenlaisia vaihtoehtoja. Betonirakenteesta kosteutta voidaan mitata muun muassa seuraavilla menetelmillä:

- Pintakosteudenosoittimilla
- Kalsiumkarbidimittarilla
- Vastusmittauksella
- Kuivatus-punnitus-menetelmällä
- Suhteellisen kosteuden mittausmenetelmällä

8.1.1 Betonirakenteen suhteellisen kosteuden mittaus

Rakennustyömailla käytetyin ja samalla kenttäoloissa kätevin ja tietyllä tavalla luetettavin menetelmä betonirakenteen kosteuden mittaamiseen on suhteellisen kosteuden mittaus sähköisten mittalaitteiden avulla.

Betonin suhteellista kosteutta mitataan pääsääntöisesti sähköisillä mittalaitteilla, jotka koostuvat mittapästä ja näyttölaitteesta. Mittapää ja näyttölaite voivat olla kiinteästi kiinni toisissaan tai näyttölaite yhdistetään mittapäähän mittauksen ajaksi esimerkiksi kaapelin avulla. Mittapääät voivat olla kytkettynä myös tiedonkeruulaitteeseen (loggeeriin), joka mahdollistaa sen, että mittausjaksot voivat olla hyvinkin pitkiä. (Merikallio 2002, 8)

Mittapään sisällä on kosteusanturi ja lämpötila-anturi. Kosteusanturityyppejä ovat muun muassa kapasitiiviset mittausturit, elektrolyytin sähkönjohtavuuteen perustuvat anturit sekä kastepisteanturit. Kapasitiiviset kosteusanturit ovat yleisimpiä betonin kosteusmittauksissa käytettävissä mittalaitteissa. (Merikallio 2002, 9)

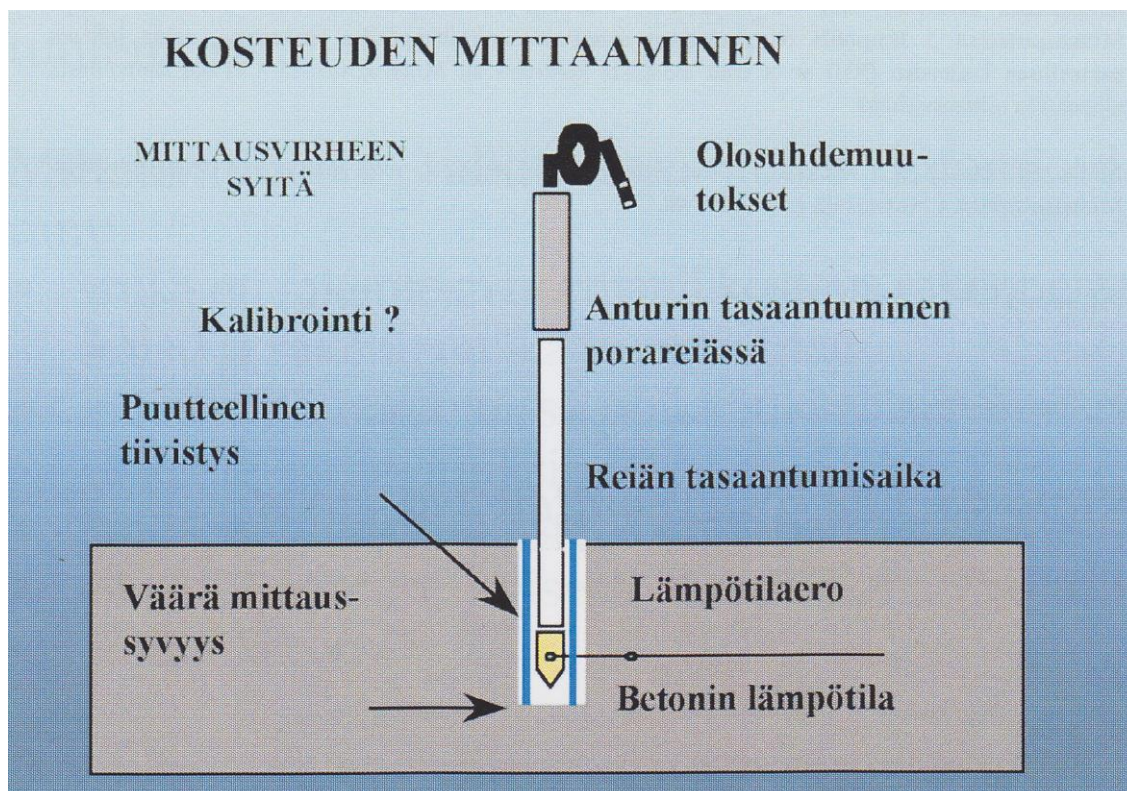
Päällystettävyyssmittauksissa mittauskohdan valintaan vaikuttavat muun muassa valua-ajankohdat, kastuminen, betonilaatu, tuleva päällysmateriaali, rakenneratkaisu ja mittauspisteen olosuhteet. (Merikallio 2002, 11)

Mittaustuloksen perusteella tehdään usein hyvinkin suuria taloudellisia päätöksiä, minkä seurauksena mittaustyö täytyy suorittaa riittävällä tarkkuudella ja tuloksia tulee tulkita oikein. Kosteusmittaajan tulee olla perehtynyt mittalaitteeseensa, mittaustyön suorittamiseen sekä mittaustuloksen tulkintaan vaikuttaviin tekijöihin. (Merikallio 2002, 12)

Betonin suhteellisen kosteuden mittaukseen vaikuttavia tekijöitä ovat muuan muassa:

- Mittapäiden kalibrointi
- Mittausreiän puhdistus, tiivistystapa ja tasaantumisaika
- Mittapäiden tasaantumisaika rakenteessa, vasteaika ja lämpötilakapasiteetti
- Ympäristön ja betonin lämpötila
- Betonin ominaisuudet (Merikallio 2002, 12)

Betonin suhteellisen kosteuden mittaamiseen pätee sama periaate kuin moneen muuhunkin rakennusalan tulevan työvaiheen suunnitteluun. Mittauspaikat tulee suunnitella etukäteen (kriittiset paikat), mittauskalusto täytyy hankkia työmaalle, mittalaitteiden ohjeisiin tulee perehtyä oikean mittaustuloksen saavuttamiseksi ja kohteen työntekijöille on hyvä informoida mittaustyöstä, jotta betonirakenteeseen asetettuja mittauspäitä ei poisteta tietämättömyydestä johtuen.



KUVA 30. Kuvassa on esitetty mittaustulokseen vaikuttavia tekijöitä. (Merikallio 2002, 30)

8.1.2 Kosteusmittausten ajankohdat

Kerrostalotyömaalla on hyvä aloittaa teräsbetonivälipohjien kosteusmittaukset jo ennen kuin kohteessa aloitetaan lattiatasoitus töitä. Lattiatasoitteiden seurauksena teräsbetonivälipohjan suhteellinen kosteus voi nousta pahimmillaan jopa 10 %. Muutaman päivän päästä lattiatasoitusten valmistumisesta on hyvä tehdä uudet kosteusmittaukset, jotta pystytään varmistamaan lattiatasoitteen tuomasta lisäkosteusrasituksesta. Muita kriittisiä työvaiheita, joihin kosteus vaikuttaa, ovat muun muassa pesuhuoneiden laatoitus työt ja huoneistojen parketti- tai laminaattiasennustyöt sekä käytävien muovimattojen asennustyöt.

Kosteusmittauksia tulee tehdä työmaalla säännöllisesti ennen edellä mainittujen työvaiheiden alkua, jotta työmaalla pystytään varmistamaan laadun kannalta oikeanlaisista lopputuloksista.

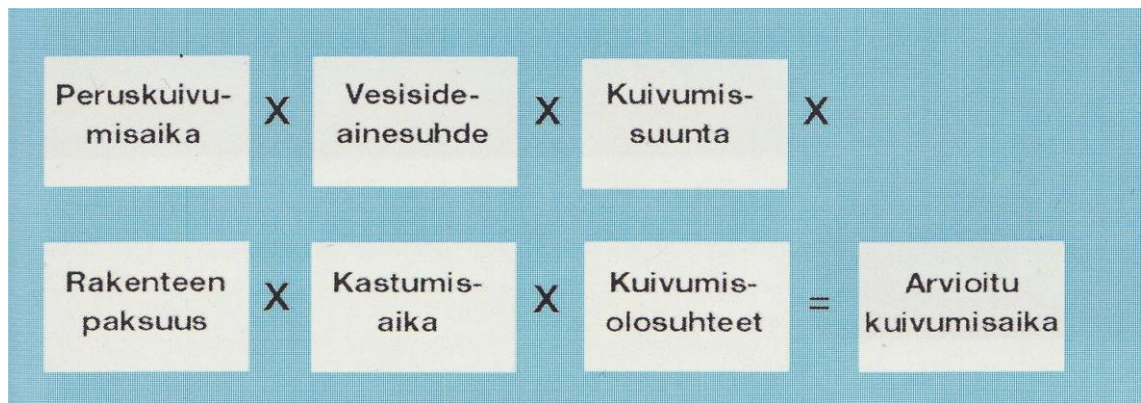
8.2 Seuranta dataloggereiden keräämän tiedon pohjalta

Dataloggerien sijoitukset tulee miettiä tarkkaan etukäteen. Rakennustyömaalla työnjohdosta voi arvioida jo etukäteen ilmankosteutta ja lämpötilaa mittaavien dataloggereiden tulevia sijoituspaikkoja esimerkiksi tutkimalla kohteen kerrosten pohjakuvia. Osa dataloggereista tulisi sijoittaa kerroksessa paikkoihin, joista voidaan olettaa, että ilmassa olevan kosteuden on vaikea poistua. Sellaisia paikkoja ovat esimerkiksi tilat, joissa ei ole ulko-ovea tai ilman vaihtuvuus on huono. Dataloggereita tulisi sijoittaa kohteeseen tasaisesti, jotta mittaustulokset kuvaisivat mahdollisimman vallitsevaa kokonaistilannetta työmaalle.

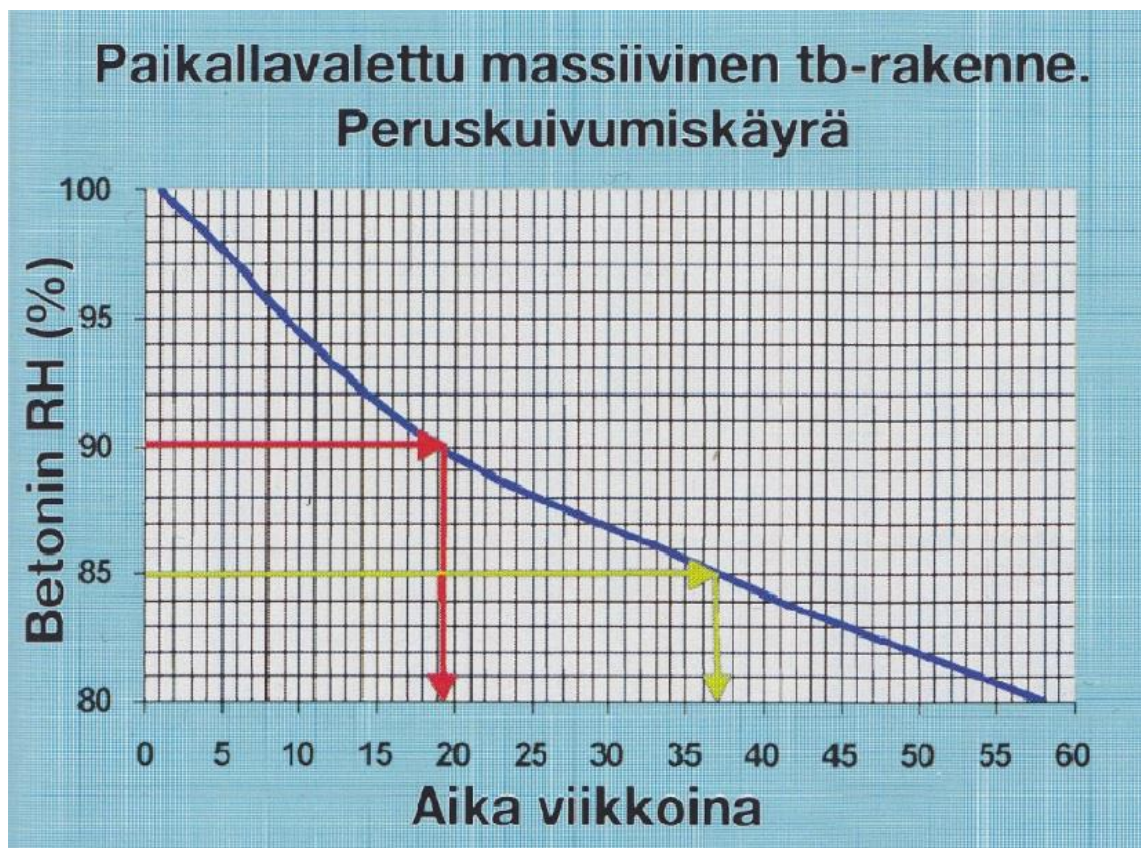
Hyvä periaate on, että pienemmässä kohteessa riittää, että dataloggereista yksi sijoitetaan ulko-olosuhteisiin, yksi rakennuksen alimpaan kerrokseen sekä yksi rakennuksen ylimpään kerrokseen. Kerrosten lukumäärän ollessa esimerkiksi yli viisi, olisi hyvä lisätä välikerrokseen mittauspisteitä.

8.3 Kuivumisen arviointi

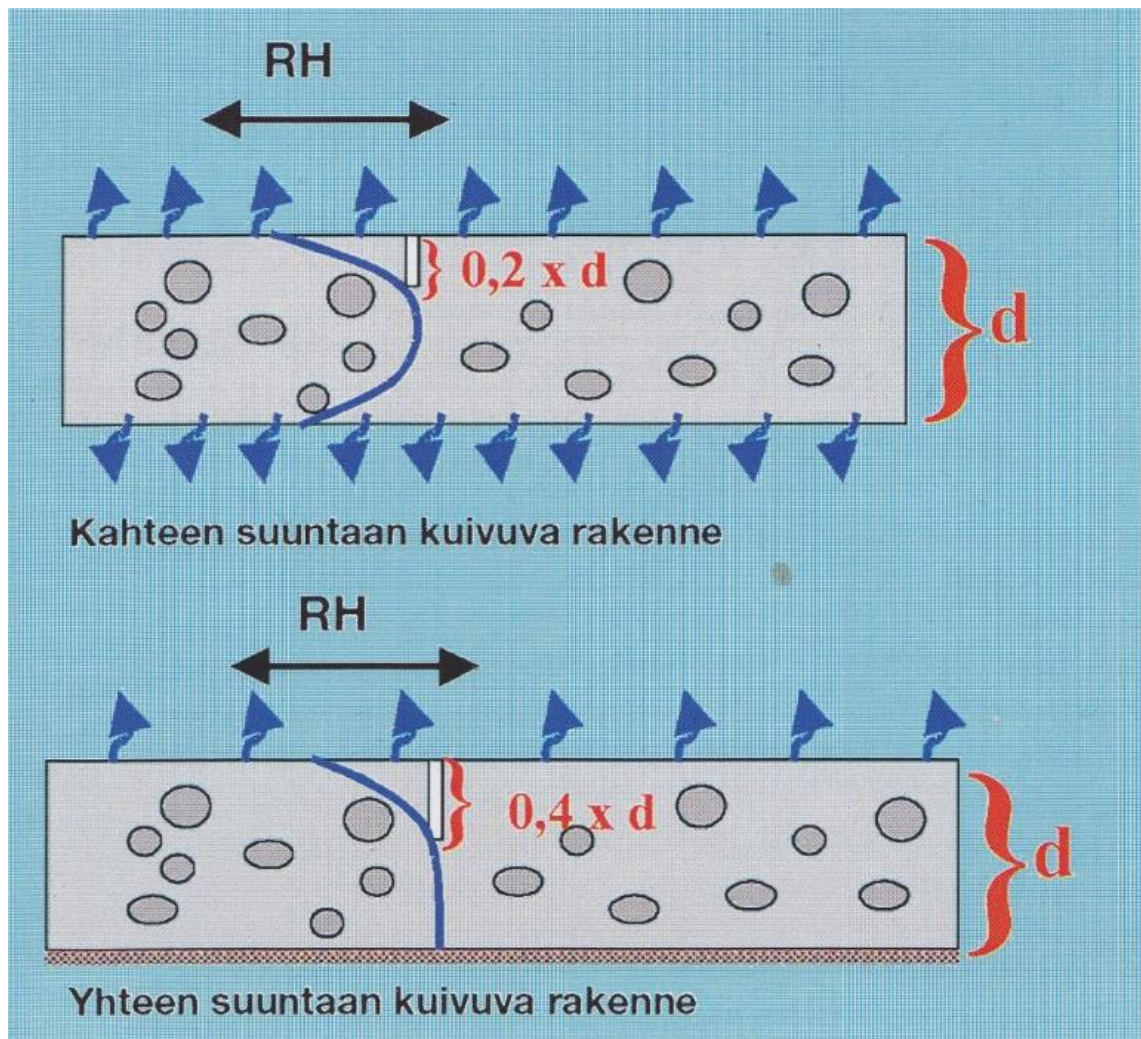
Betonirakenteiden kuivumisen arviointia varten on kehitetty muutamia erilaisia kaavoja, joita soveltamalla kerrostalotyömaan työnjohdolla on mahdollisuus etukäteen arvioida betonirakenteiden kuivumisaikoja. Vuonna 2002 Betonikeskus ry julkaisi teoksen betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi, jossa esitetään suuntaa-antavat laskentakaavat kuivumisen arvioinnin laskentaa helpottamaan. Kirjan on kustantanut Rakennustieto Oy ja kirjan on kirjoittanut Tarja Merikallio. Teoksessa on esitetty laskentakaava (Kuva 31) ja muutama aputaulukko, joiden avulla päästään lopputulokseen. Laskentakaavan muuttujina ovat muun muassa peruskuivumisaika, vesisidesuhde, kuivumissuunta, rakenteen paksuus, kastumisaika sekä kuivumisolosuhteet. Kirjassa on määritelty kaavat ja kertoimet erilaisille betonirakenteille. (Merikallio 2002, 41)



KUVA 31. Betonirakenteen (massiivinen teräsbetonilaatta) kuivumiskaava. (Merikallio 2002, 41)



KUVA 32. Paikallavaletun betonirakenteen peruskuivumiskäyrä. (Merikallio 2002, 41)



KUVA 33. Betonirakenteen (massiivinen teräsbetoni-laatta) kuivumissuuntaa havainnollistava kuva. (Merikallio 2002, 41)

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

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

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

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

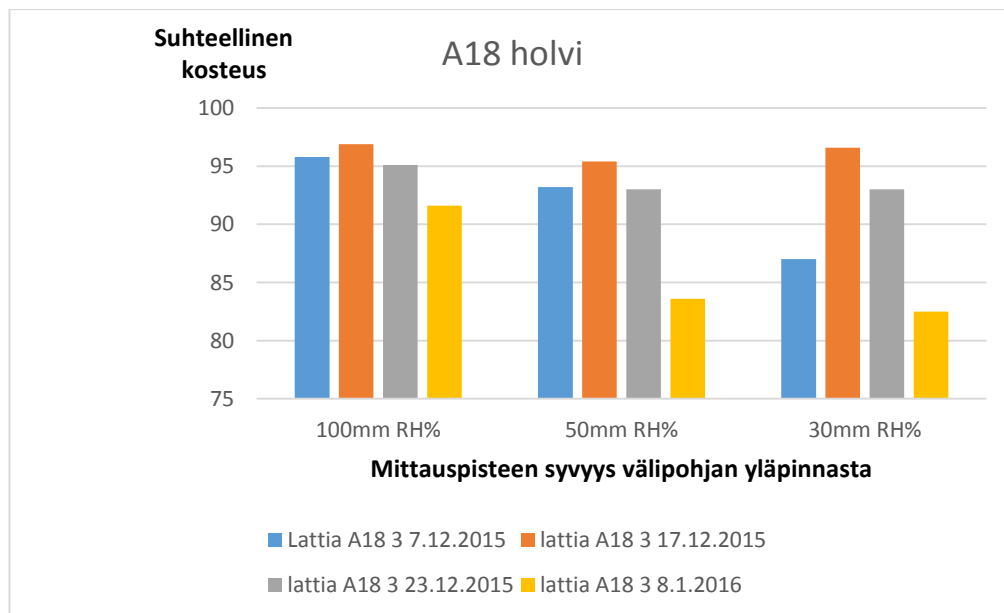
Kastuminen	Vesisideainesuhde			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Kuivassa	1,0	0,9	0,9	0,8
kosteassa yli 2 viikkoa	1,0	1,0	1,0	1,0
kastunut yli 2 viikkoa	1,1	1,2	1,3	1,5

KUVA 34. Betonirakenteen (massiivinen teräsbetonilaatta) kuivumisaika-arvioiden määrittämiseen tarvittavat kertoimet. (Merikallio 2002, 41)

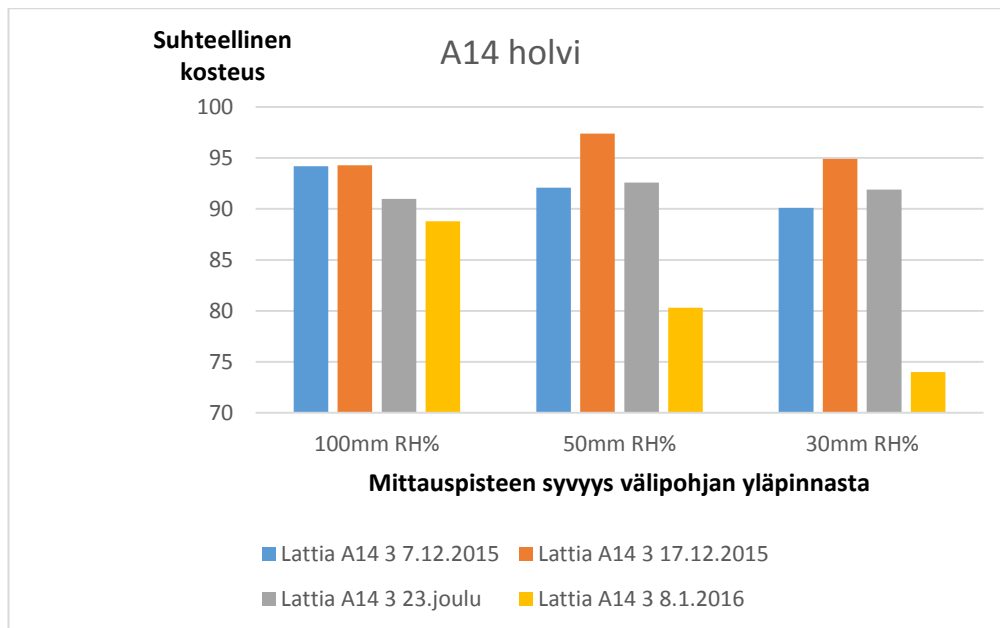
9 KOHDETYÖMAIDEN HAVAINNOT JA TULOKSET

9.1 Niemenrannan Tähkäpää

Asunto Oy Tampereen Niemenrannan Tähkäpää on 4-kerroksinen kerrostalo. Työmaalla sisätyövaiheet alkoivat marraskuussa 2015. Vuodenaika oli erittäin haasteellinen sisävyöhykkeen kosteudenhallinnan kannalta, sillä ulkoilma sisälsi runsaasti ylimääräistä kosteutta, jonka menemistä rakennuksen sisätiloihin pyrittiin välttämään. Kohteessa aloitettiin lämmitys sähkökäyttöisten lämmittimien avulla ja kosteudenpoistolaitteet kytkettiin päälle kaksi päivää ennen lattiatasoitteiden alkua joulukuun alussa. Työmaalla seurattiin sisäilman kosteutta ja lämpötilaa Humitecin dataloggereiden avulla, joita oli kolme kappaletta kohteessa. Yksi pihalla, yksi alimmassa kerroksessa sekä yksi ylimmässä kerroksessa. Kohteessa oli käytössä kosteudenpoistajia kaksi kappaletta. Liitteessä 1 on havainnollistettuna sisäilman kosteuden raju lisääntyminen lattiatasoitteiden alettua. Kohteessa tehtiin lisäksi kosteusmittauksia kerrosten teräsbetonivälipohjista sekä seinäelementeistä.



KUVIO 1. Kuvioista voi nähdä lattiatasoitteen tuoman lisäkosteuden vaikutukset välipohjan rakenteeseen.



KUVIO 2. Kuviosta voi nähdä lattiatasoitteen tuoman lisäkosteuden vaikutukset välipohjan rakenteeseen. Lähempänä pintaa olevien mittauspisteiden arvot ovat nousseet 5% lattiatasoitustyön seurauksena.

9.2 Niemenrannan Onnenkulta

Asunto Oy Tampereen Niemenrannan Onnenkulta on 4-kerroksinen kerrostalo. Työmaalla sisätyövaiheet alkoivat tammikuussa 2016. Tammikuussa oli erittäin kylmiä ajanjaksoja, mutta absoluuttinen kosteus oli vähäistä, mikä oli sisävaiheen kosteudenhallinnan kannalta hyvä asia. Kohteessa aloitettiin lämmitys sähkökäyttöisten lämmittimien avulla ja kosteudenpoistolaitteet kytkettiin päälle muutama päivä ennen lattiatasoitusten alkua helmikuussa. Työmaalla seurattiin sisäilman kosteutta ja lämpötilaa Humitecin dataloggerien avulla, joita oli kolme kappaletta kohteessa. Yksi pihalla, yksi alimmassa kerroksessa sekä yksi ylimmässä kerroksessa. Työmaalla oli käytössä kosteudenpoistajia neljä kappaletta. Liitteessä 2 on havainnollistettuna sisäilman kosteuden raju lisääntyminen lattiatasoitusten alettua.

9.3 Niemenrannan Virvatuli

Asunto Oy Tampereen Niemenrannan Virvatuli on 4-kerroksinen kerrostalo. Työmaalla sisätyövaiheet alkoivat maaliskuussa 2016. Kohteessa aloitettiin lämmitys sähkökäyttöisten lämmittimien avulla ja kosteudenpoistolaitteet kytkettiin päälle kaksi viikkoa ennen lattiatasoitusten alkua maaliskuussa. Työmaalla seurattiin sisäilman kosteutta ja lämpötilaa Humitecin dataloggereiden avulla, joita oli kolme kappaletta kohteessa. Yksi pihalla, yksi alimmassa kerroksessa sekä yksi ylimmässä kerroksessa. Työmaalla oli käytössä samanaikaisesti neljä kosteudenpoistajaa sekä kaksi kappaletta kanavapuhaltimia. Liitteessä 3 on havainnollistettuna sisäilman kosteuden raju lisääntyminen lattiatasoitusten alettua.

10 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä kerrostalotyömaalla käytettäviin lämmitys- ja kuivauskalustoon, joiden avulla sisävaiheen kosteudenhallinta olisi tehokasta. Yleisesti voidaan sanoa, että työmailla on hyvin tiedossa rakennuksen betonirakenteiden ja sisäilman lämmittämiseen tarvittavat lämmityskeinot ja -laitteet, mutta suurempi tietämättömyys on sisäilman kuivaukseen tarkoitetuista laitteista. Laitetekniikoita on monenlaisia ja niistä saattaa olla kentällä paljon virheellisiä käsityksiä. Laitteet ovat parantuneet viimeisen kymmenen vuoden aikana parempaan suuntaan. Nykyään jo enenevässä määrin kosteudenpoistolaitteissa on kiinteästi asennettuina käyttötuntimittarit sekä kilowattituntimittarit, joiden avulla kuivaustoimenpiteisiin käytettyä aikaa ja kustannusta pystytään helposti seuraamaan työmaaolosuhteissa.

Kosteudenpoistolaitteita työmaalle hankittaessa on hyvä ymmärtää eri laitetekniikoiden eroavaisuuksista. Työmaille sisävaihetöiden kosteudenhallinnan avuksi olisi hyvä hankkia yhdistelmäkoneita, jotka hyödyntävät sekä kondenssi- että adsorptiotekniikoita. Yhdistelmäkone on käyttäjälle kaikista vaivattomin, koska se yhdistää kahden eri tekniikan tehokkuudet samaan laitetyyppiin. Pienempikokoisten kuivauslaitteiden ohella olisi hyvä käyttää kanavapuhaltimia apuna kosteudenpoistossa. Tulevaisuudessa markkinoille tulee varmasti kanavapuhaltimia, joiden yhteyteen saadaan kytkettyä lämmöntalteenottolaitteisto, jonka avulla poispuhallettavan sisäilman mukana menetettävän lämmitysenergian määrää saadaan tiputettua oleellisesti.

Kerrostalotyömaan sisäilman kosteustasojen seurantaan on kehitetty älykkäät dataloggerit, jotka mittaavat valmistajasta riippuen samanaikaisesti rakennustyömaan sisäilman suhteellista kosteutta, absoluuttista kosteutta ja lämpötilaa. Sisävaiheen kosteudenhallinnassa olennaisin asia valitun kuivaustekniikan jälkeen on kosteustasojen seuraaminen ja mittaaminen, koska vain siten työmaalla huomataan, että toimivatko valitut kosteudenpoistotekniikat ja millä tehokkuudella.

LÄHTEET

Aho, T. Työnjohtaja. 2016. Haastattelu 4.2.2016. Haastattelija Lehtonen V-P. Puhelinhaastattelu.

Arpomaa, T. Myyntipäällikkö. 2016. Haastattelu 18.1.2016. Haastattelija Lehtonen, V-P. Tuusula.

Arpomaa, T. Myyntipäällikkö. 2013. Kuivaus. Sähköpostiviesti. tomi.arpomaa@strong.fi. Luettu 3.12.2016.

ASTQ. Adsorptiokuivain. Laite-esittely. Luettu 5.2.2016.
http://www.astq.fi/tuotteet/adsorptiokuivaimet/at_30_adsorptiokuivain/

Cramo Oy. Simpukkapuhallin. Laite-esittely. Luettu 14.2.2016.
<http://www.cramo.fi/Web/Core/Pages/WebDepotProduct.aspx?id=45369&epslanguage=FI>

El-Björn Oy. Vesikiertolämmitin. Laite-esittely. Luettu 12.12.2015.
http://www.elbjorn.com/fi/tuotteet/olosuhdehallinta/tvs_kuivaus_ ja_ lammitysjarjestelmä/vesikiertolammitimet/

Gles Oy. 2012. Kuivausohje. Laitetekniikkavertailu. Luettu 28.1.2016.
www.gles.fi/pdf/GLES_kuivausohje

Kone-Ratu 07-3032. 1996. Rakenteiden lämmitys ja kuivatus. PDF -dokumentti. Luettu 1.2.2016.

Merikallio, T. Rakentajain kalenteri. 2002. Helsinki: Rakennustieto Oy.

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

Motiva & Tampereen Teknillinen Yliopisto. 2016. BUILD UP Skills – koulutusmateriaalit. Luettu 11.1.2016 .
http://motiva.fi/toimialueet/kansainvalinen_toiminta/build_up_skills_finland/build_up_skills_-_koulutusmateriaalit

Polartherm Oy. Rakennuslämmitin. Laite-esittely. Luettu 1.3.2016.
<http://www.polartherm.fi/fi/civ-/tuotteet/rakentaminen---saneeraus/sahkolammitimet/tuotokuva-.html>

Ramirent Finland Oy. Kosteudenerotin. Laite-esittely. Luettu 2.2.2016.
<http://tuotteet.ramirent.fi/node/2520>

Ramirent Finland Oy. Lämpökontti. Laite-esittely. Luettu 20.1.2016.
<http://tuotteet.ramirent.fi/node/2067>

Ruukki, J. LVIA-suunnittelija. 2016. Haastattelu 20.1.2016. Haastattelija Lehtonen, V-P. Tampere.

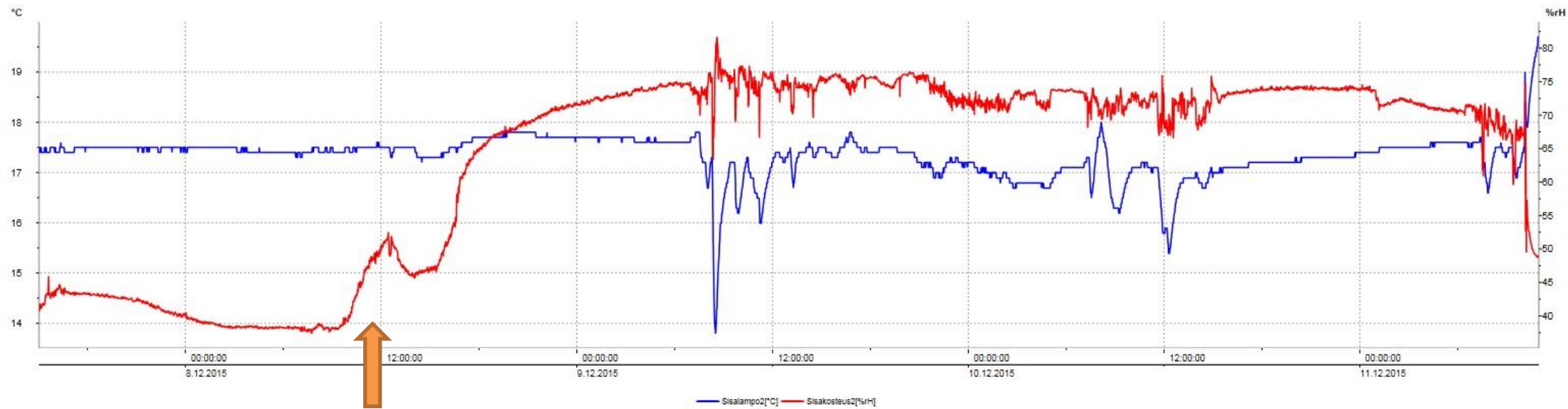
Strong Finland Oy. Aksiaalipuhallin. Laite-esittely. Luettu 14.2.2016.

<http://www.strong.fi/fi/tuotteet-ja-tarvikkeet/kuivaimet-ja-puhaltimet/puhaltimet-ja-sivukanavaturbiinit/tuote/al-aksiaalipuhaltimet>

YIT Kalusto Oy. 2015. Valikoimassa oleva ilmankuivauskalusto –esite. Luettu 7.12.2015. YIT:n sisäinen julkaisu.

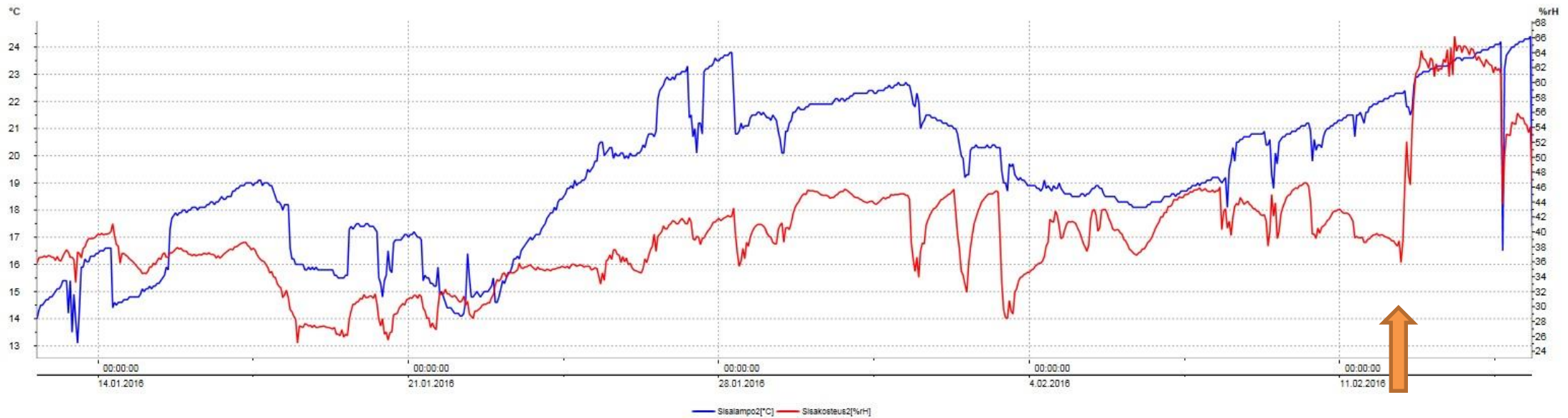
LIITTEET

Liite 1. Niemenrannan Tähtkämpään mittaustulokset.



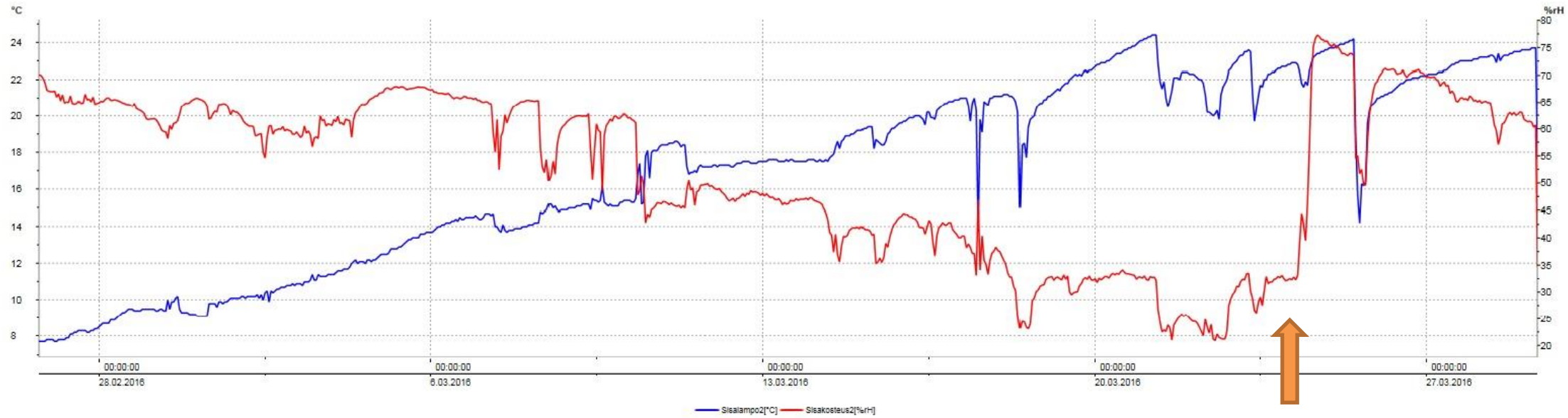
Punainen käyrä kuvastaa sisäilman kosteutta ja sininen käyrä sisäilman lämpötilan kehittymistä. Lattiatasointutyö aloitettiin kohteessa 8.2.2016 klo 12 alkaen.

Liite 2. Niemenrannan Onnenkullan mittaustulokset.



Punainen käyrä kuvastaa sisäilman kosteutta ja sininen käyrä sisäilman lämpötilan kehittymistä. Lattiatasoitustyö aloitettiin kohteessa 12.2.2016 klo 11 alkaen.

Liite 3. Niemenrannan Virvatulen mittaustulokset.



Punainen käyrä kuvastaa sisäilman kosteutta ja sininen käyrä sisäilman lämpötilan kehittymistä. Lattiatasoitustyö aloitettiin kohteessa 24.3.2016 klo 11 alkaen.