



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

RAKENNUSAIKAINEN OLOSUHDEHALLINTA

Sisätyövaiheen kosteus

Osku Laine

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016
Rakennustekniikka
Rakennustuotanto



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Rakennustuotanto

LAINE OSKU:
Rakennusaikainen olosuhdehallinta
Sisätyövaiheen kosteus

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 19 sivua
Toukokuu 2016

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuoda esille rakennustyömaan sisätyövaiheen vaikutus sisätilojen olosuhteisiin ja keskittyä ilmankosteuden tuomiin haasteisiin sekä niiden ratkaisuihin. Usein havaittu sisätyövaiheen ongelma on betonin hidas kuivuminen, joka osittain johtuu huonoista kuivumisolosuhteista. Tässä opinnäytetyössä esiteltiin lisäksi Terve talo –rakentamista ja sen vaikutuksia olosuhdehallinnassa, sillä siitä aiheutuu osastointeinen lisähaasteita rakennustyömaalle. Työn toimeksiantajana oli NCC Suomi Oy.

Opinnäytetyössä esitettiin sisätyövaiheen olosuhteiden huomiointin tärkeyttä taulukomalla valmistajien eri materiaaleille asettamia käyttöraja-arvoja sekä laskemalla betonin kuivumisnopeuden arviot eri olosuhteissa. Laskennasta voitiin todeta, että teoreettinen kuivumisaika muuttuu useilla viikoilla eri olosuhteiden vaikutuksesta. Tällä on suora vaikutus työmaan aikatauluun. Useat pintamateriaalit ovat myös käytettävyydeltään riippuvaisia betonin kuivumisasteesta.

Oleellisena osana opinnäytetyötä tehtiin kerrostalokohteen olosuhteiden seuranta sisätyövaiheen ajalta tavallisen rakennustavan mukaisesta huoneistosta ja osastoidusta huoneistosta. Tarkoituksena oli selvittää, kuinka suuri vaikutus osastoinnilla on ilmankosteuden kehitykseen. Mittaustulosten ja analyysin perusteella voitiin nähdä, että kesäaikana kosteusrasitus on suurimmillaan ja todeta homekasvun alkamisen olevan silloin mahdollista erityisesti osastoidussa huoneistossa.

Olosuhteiden parantamisen osiossa esiteltiin rakentamisaikaista kuivattamista ja ilmanvaihdon toteuttamista sekä annettiin havainnollistava ja laskennallinen esimerkki koneellisen ilmanvaihdon mahdollisesta toteuttamisesta rakennusaikana. Esimerkkiä voidaan hyödyntää suuntaa antavasti suunniteltaessa työmaalle rakennusaikaista ilmanvaihtoa.

ABSTRACT

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

LAINÉ OSKU:
Condition Control during Construction
Humidity of the Interior Phase

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 19 pages
May 2016

The purpose of this thesis was to introduce the effects of different work phases during interior phase at the construction site, focus on the challenges that humidity brings and to show possible solutions for them. One of the consequences of the bad conditions is too wet reinforced concrete which slows down the building schedule. So called Healthy House Building method with its effects for conditions was included because it causes unusual challenges when sectioning. The task was signed up by NCC Finland Ltd.

The importance of observing the humidity was brought up by showing the temperature and humidity limits when using different construction materials. By calculating few estimations of drying time of the reinforced concrete it was possible to show that the drying time varies by weeks in different drying conditions. That makes a straight effect to the building schedule.

As a relevant part in this thesis were to monitor the humidity and temperature levels of a block of flats during interior phase. The monitoring was done in a normal and in a sectioned apartment. The point was to solve how great the effect on the humidity level is when an apartment is sectioned. The results showed that during summer the moisture load is at its greatest and it's possible that moulds can be formed especially in sectioned apartments.

The production of the ventilation during construction and the drying systems were dealt in the last part of the thesis. This included demonstration and calculation examples of the possibilities. The examples can be used directionally when planning the ventilation of the construction time.

Key words: interior phase, condition control, humidity, sectioning

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	OLOSUHTEET	7
2.1	Ilmankosteus	7
2.2	Ulkoilma	8
2.3	Sisäilman kosteus ja lämpötila.....	9
3	ILMANKOSTEUS RAKENNUSAIKANA	10
3.1	Vaikutukset rakennusmateriaaleihin	10
3.2	Ilmankosteutta lisäävät työvaiheet.....	11
3.3	Aikataulu.....	11
4	OLOSUHTEIDEN VAIKUTUS BETONIN KUIVUMISEEN.....	12
4.1	Betonin kuivumismekanismi ja -olosuhteet.....	12
4.2	Vaikutus aikatauluun	12
5	TERVE TALO -RAKENTAMISEN VAIKUTUKSET	15
5.1	Terve talo -rakentaminen	15
5.2	S1 ja S2 -luokitukset	15
5.3	P1 - luokitus	15
5.4	Materiaalien suojaus	16
6	ILMANKOSTEUDEN SEURANTA TYÖMAALLA	17
6.1	Seuranta	17
6.2	Mittalaitteet	17
6.3	Seurattava rakennuskohde	17
6.4	Mittaustulosten käsittely	19
6.5	Analyysi	20
7	RAKENNUSAIKAINEN HOME.....	23
7.1	Homeen muodostumisen edellytykset	23
7.2	Homeherkkyys eri materiaaleissa	23
7.3	Homekasvun riskit työmaalla	24
7.4	Homeen muodostumisen ehkäisy rakennusaikana.....	25
8	OLOSUHTEIDEN PARANTAMINEN	26
8.1	Olosuhteiden hallinta	26
8.2	Kuivattamisen tarve	26
8.3	Rakennusaikainen ilmanvaihto	27
8.3.1	Painovoimainen toteutus	27
8.3.2	Koneellinen järjestelmä.....	28
8.4	Kuivattamisolosuhteiden järjestäminen	29
9	YHTEENVETO JA POHDINTA	31

LÄHTEET	33
LIITTEET	35
Liite 1. Esimerkki P1 -asuinrakennuksen sisävaiheen aikataulusta.	35
Liite 2. Etäluettava mittalaitteisto rakennustyömaalla	36
Liite 3. Mittauspöytäkirja	37
Liite 4. Olosuhdehallinnan ja mittaus suunnitelman lomakkeet.	46
Liite 5. Koneellisen ilmanvaihdon havainnollistaminen.	48

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuoda tiiviisti ja käytännönläheisesti esiin ilmankosteuden vaikutukset sisätyövaiheen aikana rakennustyömaalla. Opinnäytetyössä tehdään kerrostalokohteen sisätyövaiheen olosuhteiden seuranta, jonka tulokset esitetään erillisessä mittauspöytäkirjassa. Seurannan tarkoituksena on selvittää eri sisätyövaiheista tuleva kosteusrasitteen määrä eli kosteuslisä, joka lasketaan mittaustuloksista. Opinnäytetyössä tuodaan esille ilmankosteudesta johtuvat riskit sekä tavanomaisella rakentamistavalla että Terve talo –rakentamisella ja havainnollistetaan rakennusaikaista ilmanvaihtoa ja sen tärkeyttä.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ilmankosteuden perusteita ja sisäilman kosteuteen vaikuttavia tekijöitä sekä tuodaan esille homeen muodostumisen edellytykset. Opinnäytetyöhön sisältyy havainnollistaminen rakennusmateriaalien asentamisen olosuhteista ja niiden raja-arvoista sekä laskentaosuus olosuhteiden vaikutuksesta betonin kuivumisaikatauluun. Varsinaista betonin rakennetta ja sen kosteutta tässä opinnäytetyössä ei käsitellä.

Rakennuksen sisätyövaiheen aikana betonin ja pinnoitteiden kuivuessa sisäilman kosteuspuiteisuus nousee. Joissakin rakennuskohteissa on havaittu liiallisesta kosteudesta ja huonosta tuulettuvuudesta aiheutuneita ongelmia. Esimerkiksi Terve talo –kohteissa olosuhteiden kanssa on ollut haasteita osastointien vuoksi ja tavallisissa kohteissa betonin kuivuminen on viivästyttänyt pinnoittamisen aikataulua.

Terve talo -rakentaminen on tulevaisuudessa hiljalleen yleistymässä, joten tässä työssä sitä käsitellään omana aiheenaan. Terve talo –osiossa käydään läpi kyseisen rakentamistavan perusasiat ja sen myötä tulevat olosuhdehallinnassa huomioitavat asiat. Opinnäytetyön tekijä on työskennellyt Terve talo –kohteessa ja sieltä sovellettuja vaihtoehtoja tullaan esittämään olosuhteiden parantamisen osiossa.

Kiitokset opinnäytetyön mahdollistamisesta NCC Suomi Oy:n edustajille ja ohjaavalle opettajalle Pekka Väisälälle. Opinnäytetyö toteutettiin NCC Suomi Oy:n toimeksiannosta.

2 OLOSUHTEET

2.1 Ilmankosteus

Normaaleissa olosuhteissa ilma sisältää aina tietyn määrän vesihöyryä. Ilmankosteudesta puhuttaessa käytetään usein seuraavia termejä:

- **Absoluuttinen ilmankosteus:** Ilman sisältämä vesihöyryn määrä (g/m^3). Mitä korkeampi lämpötila sitä suurempi määrä vesihöyryä voi sitoutua ilmaan.
- **Suhteellinen ilmankosteus:** Ilman sisältämä vesihöyryn määrä tietyssä lämpötilassa verraten ilman enimmäiskapasiteettiin. Ilmaistaan prosentteina.
- **Kyllästyskosteus:** Suhteellisen ilmankosteuden ollessa 100 % ilma on saavuttanut kyllästyskosteuden kyseisessä lämpötilassa.
- **Kosteuslähde:** Sisäilmassa oleva kosteus, joka syntyy ympäröivistä kosteuslähteistä kuten ihmisistä ja käyttövedestä. (Siikanen, U. 2014.)

Taulukossa 1 esitetään taulukkoarvoina absoluuttisen ja suhteellisen ilmankosteuden arvot eri lämpötiloissa. Taulukosta näkee, kuinka paljon ilma pystyy sitomaan itseensä vesihöyryä kussakin lämpötilassa.

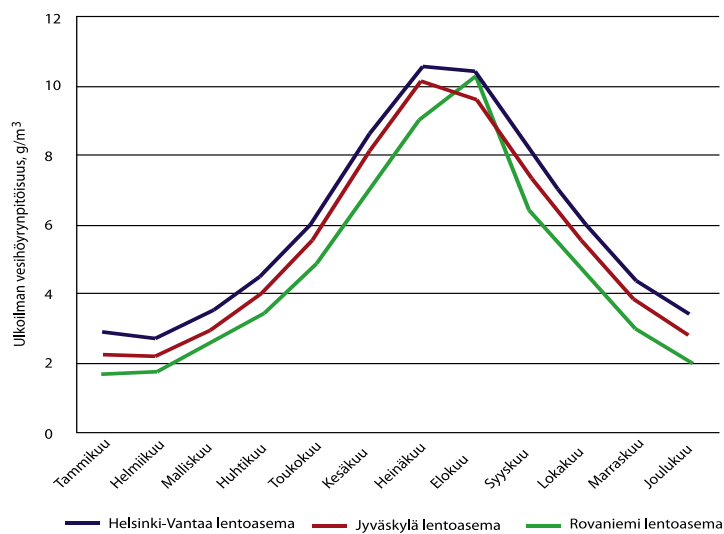
TAULUKKO 1. Ilmankosteuden taulukkoarvot eri lämpötiloissa. (Siikanen. 2014)

Lämpötila (C°)	Ilman suhteellinen kosteus RH (%)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Absoluuttinen kosteus (g/m^3)									
+ 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	0,70	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

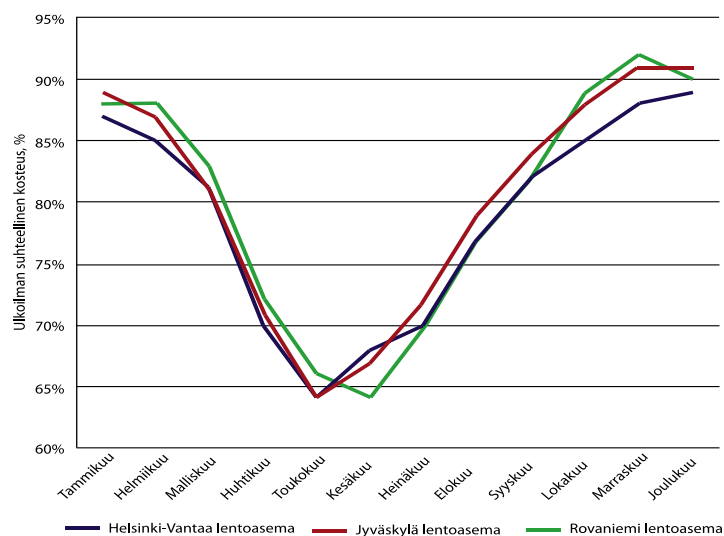
2.2 Ulkoilma

Ulkoilman olosuhteet vaihtelevat vuodenaikojen mukaan. Lämpötilamuutoksen lisäksi myös ilman absoluuttisen ja suhteellisen kosteuden määrät vaihtelevat (kuvaaja 1 ja kuvaaja 2). Kesän aikana ilman lämpötila ja absoluuttinen ilmankosteus on korkeimmillaan. Sen sijaan ilman suhteellinen ilmankosteus on kesäaikaan alhaisin.

KUVAAJA 1. Ulkoilman absoluuttisen kosteuden ka. (Tampereen teknillinen yliopisto)



KUVAAJA 2. Ulkoilman suhteellisen kosteuden ka. (Tampereen teknillinen yliopisto)



2.3 Sisäilman kosteus ja lämpötila

Sisäilmankosteus muodostuu ulkoilman kosteudesta ja sisäilman kosteuslisästä. Kosteuden määrä sisätiloissa vaihtelee ulkoilman kosteuden, sisätilojen kosteuslähteiden ja ilmanvaihdon suuruuden mukaan. Normaalin lämmitetyn asuinhuoneiston sisäilman suhteellinen kosteusprosentti (RH) on talvella 20 – 40 % ja kesällä 50 – 60 % huoneiston lämpötilan ollessa noin 20 °C. Terveystieteiden kannalta ihanteellisimmat arvot ovat RH:n ollessa 30 – 40 % ja lämpötilan 21 – 22 °C. (Siikanen, U. 2014.)

Sisäilman kosteus ja lämpötila vaikuttavat rakennusaikaisiin ratkaisuihin. Betonin kuivumisnopeus ja sen pinnoitettavuus sekä muiden materiaalien asentamiseen ja varastointiin liittyvät seikat ovat riippuvaisia ympäröivän alueen olosuhteista. Liian kosteat olosuhteet hidastavat betonin kuivumista ja vaikuttavat materiaalien laatuun. Rakennusaikana suurimpia kosteuslähteitä ovat vastavalettu betoni, lattian pumpputasoite sekä seinien ja kattojen tasoitteet ja maalit.

Rakennuksen kuivattamisen kannalta *absoluuttisen kosteuden* määrä on olennainen. Talvella sisäilman kuivattaminen on helpompaa kuin kesällä, sillä ulkoilman absoluuttisen kosteuden määrä on vähäisempi. (Hämäläinen, J. Teriö, O. 2015.)

3 ILMANKOSTEUS RAKENNUSAIKAN

3.1 Vaikutukset rakennusmateriaaleihin

Rakennusmateriaalit ovat eri tavoin riippuvaisia olosuhteiden muutoksista jo rakennusaikana. Tuotevalmistajat ovat merkinneet tuoteselosteisiin tai asennusohjeisiin ohje-arvot, jotta välttyttäisiin laadullisilta virheiltiltä. Taulukkoon 2 on kerätty eri materiaali-valmistajien ohje-arvoja sisäilman olosuhteista ja pinnoitettavan betonilattian rakenne-kosteudesta. Betonirakenteen suhteellisen kosteuden (RH %) arviointisyvyys on raken-netyypistä riippuen 0,2 – 0,4 kertaa koko rakenteen paksuus (RT 14-10984). Betonin kuivumisen olosuhteita käsitellään erikseen seuraavassa luvussa.

TAULUKKO 2. Esimerkkejä materiaalien tuoteohjeistuksista

MATERIAALI	SISÄILMAN OLOSUHTEET (Ilmankosteus RH % ja lämpötila C°)	BETONILATTIA (RH % rakenteen arviointisyvyydellä)
Kipsilevy*	Käyttöolosuhteet: RH alle 80 %	-
Laminaatti*	Asennuksen aikana ja jälkeen RH 40 – 60 % ja +18 – 24 °C	Asennuksen aikana alle 85
Lautaparketti*	Varastoinnin ja asennuksen aikana RH 35 – 60 % ja +18 – 24 °C	Asennuksen aikana alle 80
Mosaiikkiparkettiliima*, vesiohenteinen	Suosittelvat käyttöolosuhteet: Liima, huone ja asennuspinta +18 – 20 °C.	Suosittelvat käyttöolo- suhteet: 80
Lattiamatto*	Asentaessa alusta, materiaali ja huoneen lämpötila vähintään +18 °C	Asennuksen aikana alle 85
Lattiamaton liima*	Suosittelvat käyttöolosuhteet: Liima, huone ja asennuspinta +18 – 20 °C.	Suosittelvat käyttöolo- suhteet 85
Vedeneriste* märkätila	Käyttöolosuhteet: +18 – 25 °C.	Käyttöolosuhteet: < 90

*Lähde löytyy lähdeluettelosta materiaalin nimellä.

Kipsilevyille, laminaatille ja parketille on annettu tarkat raja-arvot, joita ei tulisi ylittää. Kipsilevyssä tämä lukema pohjautuu laadullisuuteen ja homeherkkyyteen. Parkettilattia on herkkä halkeilulle ja turpoamiselle. Laatu kärsii RH:n ollessa yli raja-arvojen.

Huomionarvoista taulukossa on se, että lautaparketille ja mosaiikkiparkettiliimalle on annettu betonilattian kuivuuden vaatimukseksi RH maks. 80 %, mikä poikkeaa muiden materiaalien usein käytetystä RH 85 % arvosta. Liian kostea alusta voi estää liimaa kovettumasta ja heikentää liiman kestävyyttä. Lattiamattojen osalta märäksi jääneen alustan kosteus voi aiheuttaa pinnan kupruilua sekä homeriskin, jos kosteus ei pääse haihtumaan.

Ohjeavot tulee myös huomioida työmaa-aikaisen varastoinnin aikana. Homeelle herkit materiaalit tulisi varastoida ulkoalueilta kuivempiin sisätiloihin mahdollisimman nopeasti. Tähän voidaan vaikuttaa ajoittamalla materiaalitoimitukset täsmätoimituksina, jotta pystyttäisiin minimoimaan ulko-varastointi. (RIL 250-2011.)

3.2 Ilmankosteutta lisäävät työvaiheet

Betonoinnin aikana ja kuivuessaan betoni luovuttaa ilmaan kosteutta. Erityisesti paikallavaletut suuret rakenteet kuten maanvaraiset laatat, paksut välipohjat sekä väestönsuojat ovat rakenteita, joiden kuivumisajat ovat useita kuukausia.

Betonilattian päälle voidaan tehdä lattiantasauskerros, jolloin pumpattava massa on erittäin vetistä. Kerrospaksuus vaihtelee tarpeen mukaan, mikä vaikuttaa kuivuessaan ympäristön ilmankosteuden määrään. Pumpputasoitetta käytettäessä alla olevan betonilattian kuivuminen hidastuu, sillä tasoitteesta imeytyy kosteutta betoniin. Tavanomaisesti huoneistojen seinät ja katto pinnoitetaan tasoitteilla ja maaleilla, joiden sisältämät vesimäärät tuovat myös omat kosteusrasitteensa sisätiloihin.

3.3 Aikataulu

Edellä mainittujen materiaalien (taulukko 2) asentamiset ovat aikataulullisesti pitkälti riippuvaisia betonin kuivumisesta. Mitä huonommat edellytykset betonilla on kuivua, sitä pidemmälle tulisi aikataulussa venyttää sisätyövaihetta. Liian optimistisesti laskelmoitu betonin kuivuminen voi koitua ongelmaksi sisätyövaiheessa, jos aikataulu on asetettu tiukaksi ja olosuhteita ei ole pystytty pitämään halutulla tasolla.

4 OLOSUHTEIDEN VAIKUTUS BETONIN KUIVUMISEEN

4.1 Betonin kuivumismekanismi ja -olosuhteet

Yleisesti ottaen betoni kuivuu sitä nopeammin mitä lämpöisemmät ja kuivemmat olosuhteet ovat. Betonille hyvät kuivumisolosuhteet ovat ilman lämpötilan ollessa yli + 20 °C ja suhteellisen ilmankosteuden ollessa noin 50 %. (BY 201.)

Betonimassa kuivuu kahdella tavalla: kemiallisesti *sitoutumiskuivumalla* ja ilmaan *haihtumalla*. Sitoutumiskuivumisessa kovettuvaan betoniin sitoutuu kemiallisesti vettä, joka normaaliolosuhteissa ei pääse poistumaan betonista. Normaalin lattiabetonin massaan käytettävästä vesimäärästä noin 20 – 40 % sitoutuu kemiallisesti. Loppuosa vedestä on haihtumiskykyistä. Haihtumiskuivumista tapahtuu niin kauan, kunnes betoni on saavuttanut ympäristön suhteellisen kosteuden kanssa tasapainon. (Merikallio, T. 2002.)

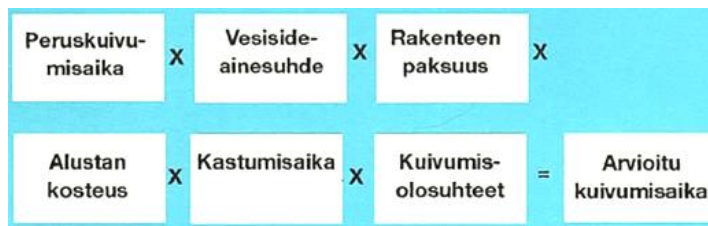
Betonimassasta riippuen haihtuvan kosteuden määrä vaihtelee. Valmistetun betonin vesipitoisuus on noin 180 l/m³. Kuivuessaan RH 50 % olosuhteissa ilmaan haihtuva vesihöyryn määrä on K40 lujuusluokitetulla betonilla noin 70 litraa. Esimerkiksi sellaisella massalla valettu 200 mm paksuinen betonilaatta luovuttaa ilmaan 14 l/m² vesihöyryä. Vastaavassa K25 betonilla tehdyssä laatassa ilmaan haihtuvan kosteuden kokonaismäärä on puolestaan 18 l/m² (RT 05-10710.)

4.2 Vaikutus aikatauluun

Työmaan aikataulua suunnitellessa on huomioitava betonin kuivumiseen kuluva aika. Ajan määrittämiseen vaikuttavat betonimassan laatu, rakennepaksuus, kosteustekijät ja kuivumisolosuhteet. Työmaalla on otettava myös huomioon betonin mahdollinen kuivumisen aikana tapahtuva kastuminen, mikä pidentää kuivumisaikaa. (Merikallio, T. 2002.)

Betonirakenteen kuivumisaikaa voidaan arvioida laskennallisesti ennalta määritettyjä kaavoja ja taulukkoarvoja käyttäen. Laskentakaavat ovat teoreettisesti tarkkoja mutta käytännössä suuntaa antavia. Todellinen betonirakenteen kosteus saadaan vain kosteusmittauksilla. (Merikallio, T. 2002.)

Maanvaraisen betonilaattarakenteen kuivumisaika pinnoitettavaksi voidaan arvioida käyttämällä alla olevaa laskentakaavaa (kuva 1). Kaavan kertoimet saadaan valmiiksi määritetyistä taulukkoarvoista (taulukko 3). Peruskuivumisaika on RH 85 %:a tavoiteltaessa 17 viikkoa. (Merikallio, T. 2002.)



KUVA 1. Maanvaraisen betonilaatan laskukaava (Merikallio, T. 2002)

TAULUKKO 3. Laskukaavan kertoimet (Merikallio, T. 2002)

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

Rakenteen paksuus (mm)	Vesisideainesuhte (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
70	1,0	0,8	0,8	0,7
90	1,4	1,3	1,3	1,2
100	1,7	1,6	1,6	1,5
120	2,1	2,0	2,0	1,9
150	2,5	2,4	2,4	2,3

Alusta	Kerroin
kuiva	1,0
muovi	1,1
märkä	1,5

Kastuminen	Vesisideainesuhte			
	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

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

Seuraavassa keskitytään edeltävän laskukaavan (kuva 1) kohdan *kuivumisolosuhteet* tuomiin vaikutuksiin ja tehdään kolme esimerkkilaskua, jotta saadaan eri olosuhteille vertailuarvot konkreettisesti. Käytännössä siis vaihdetaan vain olosuhdekerrointa eri olosuhdetta vastaavaksi.

Verrataan laskemalla esimerkiksi 100 mm paksun maanvastaisen teräsbetonilaatan kuivumisaikoja eri kuivumisolosuhteissa A, B ja C (olosuhde-kerroin vahvennettu):

$$A = + 18 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{ RH } 60 \%$$

$$B = + 18 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{ RH } 50 \%$$

$$C = + 21 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{ RH } 50 \%$$

$$A = 17 \text{ vk} \cdot 1,0 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot \mathbf{1,0} = 28,9 \text{ vk} \approx \mathbf{29 \text{ vk}}$$

$$B = 17 \text{ vk} \cdot 1,0 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot \mathbf{0,9} = 26,0 \text{ vk} = \mathbf{26 \text{ vk}}$$

$$C = 17 \text{ vk} \cdot 1,0 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot \mathbf{0,8} = 23,1 \text{ vk} \approx \mathbf{23 \text{ vk}}$$

A:n ja B:n olosuhteiden ainoa muutos on 10 % ero suhteellisessa ilmankosteudessa. Tämä jo itsessään tuo laskennallisesti 3 viikon aikataulumuutoksen laatan pinnoitettavuuteen. Prosentuaalisesti A kuivuu 11 % hitaammin kuin B, oli massan laatu mikä hyvänsä.

Ero kasvaa mitä paremmat kuivumisolosuhteet betonilla on. Muutaman lämpöasteen muutos ja RH:n ollessa 50 % kohdassa C niin kuivumisnopeus on 6 viikkoa nopeampi kuin kohdassa A. Prosentuaalisesti A kuivuu 25 % hitaammin kuin C. Olosuhteiden muutoksella on huomattava vaikutus aikatauluun.

Nopeasti kuivuva betoni

Nopeasti kuivuvalla betonilla voidaan tarvittaessa nopeuttaa aikataulua. Se on vesi-sementtisuhteeltaan alhainen, minkä vuoksi se kuivuu normaalia betonia huomattavasti nopeammin. Alhaisempi vesi-sementtisuhte myös vähentää betonista haihtuvan vesihöyryn määrää sisäilmassa. (Lujabetoni. 2016.)

5 TERVE TALO -RAKENTAMISEN VAIKUTUKSET

5.1 Terve talo -rakentaminen

Terve talo -rakentamisessa tähdätään terveelliseen sisäilmastoon ja rakennuksen viihtyisyyteen ja toimivuuteen. Tähän rakentamistapaan on olemassa omat RT -kortit, joissa määritellään toteutuksen ohjeet ja kriteerit. Terve talo -rakentamiseen sisältyy sisäilma-, puhtaus- ja materiaaliluokitukset. Luokitusten taso määräytyy asetettavan sisäilmaluokan S1 tai S2 mukaan. Puhtausluokitus on aina korkeinta eli P1 -tasoista ja materiaalien päästöluokitus usein M1 -tasoista. (RT 07-10805.)

5.2 S1 ja S2 -luokitukset

Sisäilmastoluokitusten S1 ja S2 tavoitteena on, että sisäilman laatu on tasoltaan vähintään hyvä. Tiloissa ei saa olla eikä niihin päästä havaittavia tai häiritseviä hajuja tai epäpuhtauksia, jotka heikentäisivät sisäilman laatua. S1 -luokitus on kriteereiltään kovempi kuin S2 -luokitus. (RT 07-10946.)

Sisätiloissa sisäilman epäpuhtauksiin voidaan vaikuttaa materiaalivalinnoilla (päästöluokitukset) ja niiden käsittelyllä. Sisäilmaan kulkeutuvia epäpuhtauksia tulee estää rakennuksen ulkopuolisiltakin lähteiltä, joita ovat esimerkiksi liikenteen päästöt ja tupakan savu. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen vaipan täytyy olla tiivis eikä rakenteita saa kuivattaa tavanomaisesti ovet ja ikkunat auki tuulettamalla. Ilman kierrättämiseen käytettävä ulkoilma tulee suodattaa epäpuhtauksien välttämiseksi.

5.3 P1 - luokitus

Puhtausluokitusten tavoitteena on, että rakennuksen luovutuksen jälkeen sisäilmaan ei kulkeudu rakennusaikaisia epäpuhtauksia. P1-tason rakentamisessa luovutusvaiheessa materiaalien pinnoilla ei saa olla näkyvää likaa, pölyä tai muuta vastaavaa. Tuotantovaiheessa rakennettavia alueita voidaan joutua osastoimaan pölyn leviämisen estämiseksi. (RT 07-10946.)

P1 -luokitus asuinrakennuksessa tuo osastointeinen haastetta aikatauluttamiseen. Liitteessä 1 esitetään esimerkki P1 -kohteen sisävaiheen aikataulutuksesta. Osastointi vaikeuttaa ilman kiertämistä alueella. Osastoidulta alueelta kostea ilma ei pääse poistumaan, jolloin syntyy riski liialliselle ilmankosteudelle. Ilman liikkeellä on myös suuri merkitys niin huonetilojen kuin rakenteidenkin mikrobikasvun kannalta, sillä ilmavirtaukset rajoittavat mikrobikasvua (Sisäilmayhdistys).

Ilmankosteuden tasaamiseksi voidaan tehdä suodatinkankailla peitetyjä aukkoja, jotka mahdollistavat ilman vaihtuvuuden. Nämä voivat sijaita esimerkiksi osastoivissa ovissa. Suodatinkangas päästää lävitseen ilman ja sen mukana kosteuden, mutta estää pölyn pääsemisen osastoidulle alueelle.

Osastoituihin tiloihin on hyvä valita mahdollisimman pienellä vesi-sidosaineen suhteella oleva betoni. Alhaisella vesi-sidosainesuhteella betonin haihtumiskuivumisen osuus on pienempi kuin normaalisuhteutetulla betonilla, jolloin sisäilmaan sitoutuvan kosteuden määrä on myös vähäisempi (Merikallio, T. 2002).

5.4 Materiaalien suojaus

Terve talo –ohjeistuksen mukaan rakennusmateriaalit tulee suojata suunnitelmallisesti kosteudelta ja likaantumiselta. Tämä koskee sekä asennettuja että varastoinnissa olevia materiaaleja. Materiaalien tulee olla irti maasta ja lattiasta, jotta ulkona sade- ja pinta-vedet eivät pääse kastelemaan niitä, ja sisätiloissa puolestaan betonilattia pääsee kuivumaan materiaalinipun alta tasaisesti. (RT 07-10946.)

Materiaaleja toimitetaan työmaalle usein paketteina, jotka ovat käärittynä muovikelmuun. Materiaalit tulee suojata sateelta erillisin suojapeittein, sillä tehdasmuovi voi olla huonosti asetettu tai osittain rikkoontunut käsittelyn aikana eikä se enää suojaa kunnolla sateelta.

6 ILMANKOSTEUDEN SEURANTA TYÖMAALLA

6.1 Seuranta

Työmaa-aikaisia olosuhteita on hyvä seurata, jotta voidaan tarpeen vaatiessa reagoida hyvien kuivumisolosuhteiden saavuttamiseksi nopeasti. Seuranta tapahtuu ilmankosteutta ja lämpötilaa mittaavilla laitteilla. Sisätiloissa laitteet on hyvä asettaa alueille, jotka eivät ole oviaukkojen välittömässä läheisyydessä sekä mahdollisuuksien mukaan niihin seinien kohtiin, joita ei tasoiteta eikä maalata. Näin asetettuna mittareita tai niiden antureita ei tarvitse siirtää kosteutta lisäävien työvaiheiden tieltä, eivätkä ne ole liian riskialttiina kolhinnalle.

6.2 Mittalaitteet

Käytettäviä mittalaitteita on muutamia erilaisia: vain reaaliaikaista lukemaa näyttävät, tallentavat ja etäluettavat tallentavat laitteet. Näistä parhaiten työmaille soveltuvat dataa tallentavat dataloggerimallit, joiden dataa voidaan tutkia ja hyödyntää heti tai myöhemmin.

Työmaan arjen kannalta etäluettava laitteisto olisi hyvin käytännöllinen, jolloin mittareita ei tarvitse aina hakea työmaalta datan purkamiseksi, vaan data kulkisi langattomasti tietokoneelle. Etäluettava laitteisto on kuitenkin kalliimpi investointi kuin tavallinen dataloggeri. Etäluettavan laitteiston toiminnan periaatekuva esitetään liitteessä 2.

6.3 Seurattava rakennuskohde

Tähän opinnäytetyöhön sisältyy ilmankosteuden seuranta kerrostalorakennuksessa. Rakennus on tavanomainen kerrostalorakennus, jonka runko on tehty betoni-sandwich-elementeistä ja ontelolaatoista. Ontelolaattojen päälle tehdään pumpputasoitus, seinät ja katto tasoitetaan ja seinät lisäksi maalataan. Rakennuksessa on 4 kerrosta ja 36 huoneistoa. Kohteessa rakennusaikainen ilmanvaihto on toteutettu painovoimaisesti.

Tarkoituksena on todentaa, miten eri rakennustyövaiheet vaikuttavat sisätilojen suhteellisen ilmankosteuden kehitykseen ja selvittää, onko pölyosastoidulla huoneistoilla ilmankosteuteen liittyviä ongelmia. Lisäksi mitataan ulkoilman olosuhteet. Seuranta toteutettiin sisätyövaiheiden ajalta alkaen ennen pumpputasoitustyötä ja päättyen maalaustöiden jälkeen.

Mittaustuloksia otettiin ulkoilmasta sekä rakennuksen sisällä kahdesta eri huoneistosta, joista toinen on normaalin rakennustavan mukainen ja toinen pölyosastoitu huoneisto. Huoneistot ovat 31,5 m² kokoisia ja pohjaratkaisuiltaan toistensa peilikuvat. Pölyosastoidun huoneiston oviaukkoon on asennettu väliovi, jonka ovilehteen on tehty suodatinkankaalla verhoiltu aukko (kuva 2).

Seurantaan käytettiin kolmea Gemini Tinytag View 2 TV-4500 dataloggeria (kuva 3). Mittalaite kerää dataa lämpötilasta (C°), suhteellisesta ilmankosteudesta (RH %). Laite tallentaa datan, jota voi käsitellä laitevalmistajan omalla ohjelmistolla tai siirtää Microsoft Excel -ohjelmistoon.



KUVA 2. Osastoiva ovi.
(Kuva: Osku Laine 2016.)



KUVA 3. Dataloggeri
(Gemini dataloggers 2016.)

6.4 Mittaustulosten käsittely

Kosteuslisän laskeminen

Mittaustuloksista ratkaistaan eri työvaiheiden rakennukseen tuoma kosteuslisä. Tarvit-
tavat välitiedot ovat lämpötilan kyllästyskosteus, josta saadaan ratkaistua absoluuttisen
kosteuden määrä (g/m^3). Tämän jälkeen kosteuslisä (g/m^3) saadaan vähentämällä
sisäilmasta ulkoilman absoluuttinen kosteus.

Mittaustulokset käsitellään Microsoft Excel -ohjelmistolla. Kaikki saadut lämpötilojen
ja suhteellisten kosteuksien arvot sijoitetaan pystysarakkeisiin, jonka jälkeen
kirjoitetaan tarvittavat laskukaavat kosteuslisän saamiseksi. Huoneisto A:n mittaustu-
loksista muutamia esitetään kaavojen yhteydessä havainnollistamiseksi (taulukko 4 ja
taulukko 5).

Vesihöyryn kyllästyskosteus (v_k) saadaan sijoittamalla lämpötilan arvo (t) kaavaan 1
(Björkholtz, D.):

$$v_k = 4,85 + 3,47 \cdot \left(\frac{t}{10}\right) + 0,945 \cdot \left(\frac{t}{10}\right)^2 + 0,158 \cdot \left(\frac{t}{10}\right)^3 + 0,0281 \cdot \left(\frac{t}{10}\right)^4 \quad (1)$$

Tilan absoluuttinen kosteus (v) lasketaan kaavalla 2:

$$v = v_k \cdot \frac{RH \%}{100} \quad (2)$$

v_k = kyllästyskosteus

$RH \%$ = suhteellinen kosteus

TAULUKKO 4. Huoneisto A:n kyllästyskosteus ja absoluuttinen kosteus.

AIKA	LÄMPÖ- TILA	KYLLÄSTYS- KOSTEUS (kaava 1)	SUHTEELLINEN KOSTEUS (RH %)	ABSOLUUTTINEN KOSTEUS (kaava 2)
02.12.2015 12:00	16,06	13,70	40,48	5,55
02.12.2015 12:15	16,11	13,74	40,48	5,56
02.12.2015 12:30	16,09	13,77	40,48	5,56
02.12.2015 12:45	16,04	13,68	40,23	5,50

Sisäilman kosteuslisä (Δv) saadaan kaavalla 3 eli vähentämällä sisäilmasta ulkoilman absoluuttisen kosteuden määrä.

(3)

$$\Delta v = v_{\text{sisä}} - v_{\text{ulko}}$$

TAULUKKO 5. Huoneisto A:n kosteuslisä

AIKA	ABSOLUUTTINEN KOSTEUS		KOSTEUSLISÄ (kaava 3)
	Huoneisto A	Ulkoilma	Huoneisto A
02.12.2015 12:00:00	5,55	3,72	1,83
02.12.2015 12:15:00	5,56	3,78	1,79
02.12.2015 12:30:00	5,56	3,73	1,83
02.12.2015 12:45:00	5,50	3,71	1,80

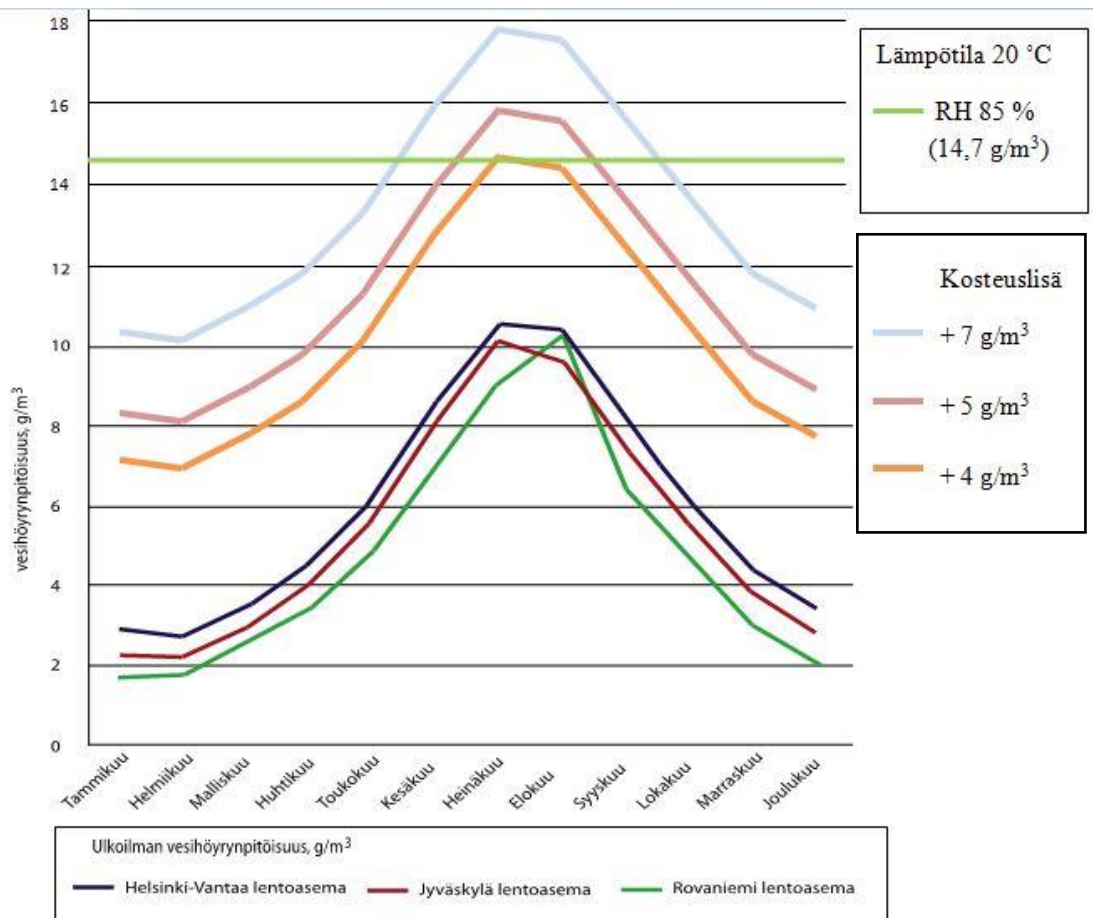
Huom. Käsitellyt mittaustulokset esitetään erillisessä mittauspöytäkirjassa liitteessä 3.

6.5 Analyysi

Saaduista mittaustuloksista ja niiden käsittelyn jälkeisistä arvoista nähdään, että sisäilman kosteus nousee huomattavasti eri työvaiheiden aikana. Keskimäärin koko sisätyövaiheen aikainen kosteuslisä on tavanomaisella rakennustavalla noin 4 g/m^3 ja osastoidulla huoneistolla noin 5 g/m^3 . Hetkellisesti työvaiheiden tuoma kosteuslisä voi nousta yli 7 g/m^3 ja pysyä sillä tasolla jonkin aikaa.

Sisäilman kosteus koostuu ulkoilman kosteudesta ja sisäilman kosteuslisästä. Näin ollen ulkoilman absoluuttisen kosteuden kuvaajan käyriin voidaan lisätä kosteuslisä, jolloin saadaan sisäilman absoluuttista kosteutta kuvaavat arvot (kuvaaja 3). Tähän kuvaajaan on myös laitettu vaakaviiva kuvaamaan rajaa, jolloin ylitetään sisäilman 85 % suhteellinen kosteus 20 °C lämpötilassa. Tämä viiva havainnollistaa homekasvun muodostumisen mahdollisuuksia, joita käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

KUVAAJA 3. Ulkoilman kosteus ja sisäilman kosteuslisä (muokattu kuvaajasta 1)



Kuvaajan *oranssia* viivaa voidaan pitää suuntaa antavana sisätyövaiheen aikaisena ilmakesteytenä kyseisellä rakennekokonaisuudella tavanomaisella rakennustavalla. Osastoitua tilaa kuvaa sitä ylempi punertava käyrä. Ylin käyrä kuvaa hetkellisesti pysyvää työvaiheista johtuvaa sisäilman kosteutta.

Kesällä ulkoilman absoluuttinen ilmakesteyden on korkeimmillaan ja siihen lisätty kosteuslisä nostaa sisäilman kosteuden korkeaksi. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että

sisäilman kosteutta lisäävät työvaiheet olisi suotavaa pyrkiä ajoittamaan kesäajan ulkopuolelle. Vaihtoehtoisesti voidaan lisätä ilmanvaihdon tehokkuutta sisätyövaiheen ajaksi.

Asutussa asuinrakennuksessa kosteuslisä on noin 3 g/m^3 (Korkeamäki, T.). Tähän pohjaten rakennusaikainen ilmanvaihto tulisi olla kosteutta lisäävien työvaiheiden aikana tehokkaampaa kuin asumisaikainen ilmanvaihto.

Terve talo

Osastoiduissa tiloissa ilman vaihtuminen on paljon heikompa. Sisätyövaiheen aikana homekasvun riski on todellinen kesällä, sillä huoneiston yhtäjaksoinen kosteusrasite voi olla silloin koko työvaiheen aikana pitkäänkin yli RH 85 % ilman kunnollista ilmanvaihtoa.

P1 -tason asuinrakentamisessa osastointi tapahtuu tasoitetyön jälkeen (liite 1), joten todellinen sitä noudattaessa todellinen kosteuslisä osastoidulle huoneistolle mitatulta sisätyövaiheelta on lähempänä 4 g/m^3 kuin 5 g/m^3 .

Virhetekijät

Seurannan aikana dataloggerit on otettu noin viikottain pois paikoiltaan datan lukemisen ajaksi. Laskuissa tämä on huomioitu poistamalla sen hetkiset dataloggerin lukemat huomioiden mittalaitteen tasaantuminen vallitsevaan ympäristöön.

Mittaustulokset on otettu talvella. Kesällä kosteuden haihtuminen sisätiloista on hitaampaa kuin talvella, sillä ulkoa otettu korvausilma on kesällä kosteampaa. Aurinko paistaa enemmän kesällä ja ikkunoiden läpi tuleva lämpö nostaa sisätilan lämpötilaa päiväsaikaan. Tämä vaikuttaa hieman kuivumisnopeuteen kompensoiden ulkoilman kosteuden suuruutta. Tarkemmat kesäajan sisätilojen ilmankosteuden lukemat saadaan tekemällä erilliset mittaukset kyseisenä ajankohtana.

7 RAKENNUSAIKAINEN HOME

7.1 Homeen muodostumisen edellytykset

Homesienet voivat kasvaa erilaisilla materiaalipinnoilla, jotka ovat alttiina pitkäaikaiselle ja suurelle kosteuskuormitukselle. Erityisesti pinnat, joihin on kertynyt orgaanista pölyä, ovat arempia homekasvulle. Orgaaninen pöly on peräisin esimerkiksi puusta tai muusta eloperäisestä materiaalista Yleisesti ottaen suhteellisen kosteuden ollessa useita viikkoja tai kuukausia yli 75 – 80 % ja lämpötilan ollessa 5 – 50 °C, on homeen kasvu mahdollista. (RIL 250-2011.)

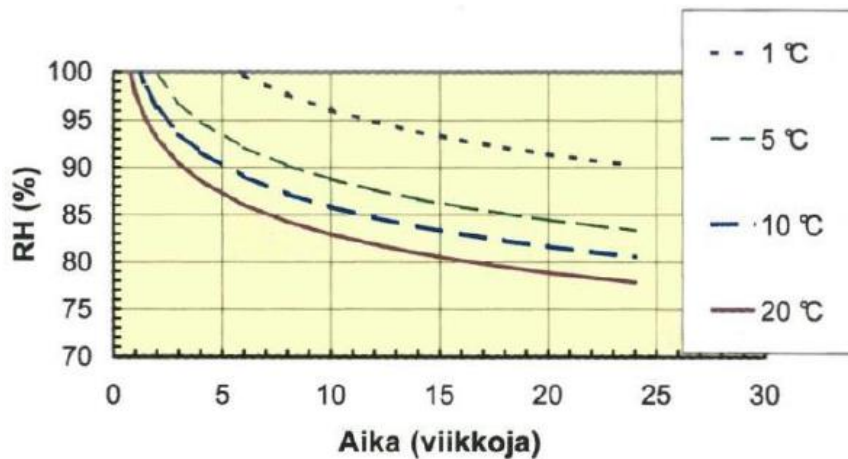
Jos materiaalin pinnalle on kerääntynyt orgaanista pölyä, kuten sahanpurua, home voi alkaa muodostumaan jo RH 70 – 75 % lämpötilan ollessa suotuisa ja kosteusrasitus pitkäkestoista. Homesienten kasvu on selvästi nopeampaa lämpötilan ollessa 20 – 25 °C verrattuna alempiin lämpötiloihin. (RIL 250-2011.)

7.2 Homeherkkyys eri materiaaleissa

Homeen vastuskyky vaihtelee materiaaleittain. Materiaalit voidaan luokitella eri homeherkkyysluokkiin (taulukko 6). Hyvin herkässä materiaalissa, kuten männyn pintapuussa, olosuhteiden ollessa 20 °C ja RH 85 % homeen kasvaminen alkaa jo 7 viikossa (kuva 4).

TAULUKKO 6. Rakennusmateriaalien homeherkkyysluokituksia (RIL 250-2011)

Homehtumisherkkyyssluokka	Rakennusmateriaalit
Hyvin herkkä	käsittelemätön, runsaasti ravinteita sisältävä puu
Herkkä	höylätty puu, paperipintaiset tuotteet ja kalvot, puupohjaiset levyt, kipsilevy
Kohtalaisen kestävä	sementtipohjaiset tuotteet, muovipohjaiset materiaalit, mineraalivillat
Kestävä	lasi- ja metallimateriaalit, tehokkaita suoja-aineita sisältävät tuotteet



KUVA 4. Homeen kasvun alkaminen männyn pintapuussa (RIL 250-2011)

7.3 Homekasvun riskit työmaalla

Ulkoilman homesienten itiöpitoisuudet ovat korkeimmillaan syksyisin. Tästä johtuen ulkoilma on erityisesti kesäaikaan suurin homepartikkelien lähde. Rakennusaikana tuulettamalla ikkunoiden ja parvekeovien kautta sisäilman homeitiöpitoisuus nousee. (RIL 250-2011.)

Rakennuksen sisätyövaiheen aikana huoneistojen sisäpinnoille levitetään useita litroja vesipitoisia tasoitteita ja maaleja. Sisäilmaan kertynyt vesihöyry nostaa huoneiston ilman suhteellista kosteutta. Huoneistossa liian korkeaksi noussut vesihöyrypitoisuus aiheuttaa homeriskin, jollei kosteus pääse pidemmällä aikavälillä tasaantumaan. Vesi-höyry voi myös kondensoitua vesipisaroiksi kylmemmille pinnoille, kuten ikkunalasiin, josta pisarat valuvat alaspäin ja imeytyvät karmeihin. Lämmin sisäilma ja poistumaton kosteus aiheuttavat homeriskin. Pinnoilla oleva pölyn määrä lisää homekasvun riskiä. (RIL 250-2011.)

Materiaalien ulkovarastoinnin aikana sadevesi voi kulkeutua materiaalipaketin rikkoutuneen muovisuojan läpi ja jäädä sen sisäpuolelle vaikuttamaan. Kosteus ei välttämättä pääse sieltä tuulettumaan, jolloin syntyy riski homekasvun muodostumiselle.

7.4 Homeen muodostumisen ehkäisy rakennusaikana

Homeen muodostumista voidaan ehkäistä poistamalla sen kasvua edistäviä tekijöitä. Rakennuksen sisätiloissa huoneistojen lämpötilan tulee olla noin 20 °C, eikä sitä ole syytä laskea. Se mitä voidaan tehdä, on vähentää kosteuden ja orgaanisen pölyn muodostumista ja kertymistä. Kosteuden poistamista käsitellään luvussa 8.

Rakennustyömaalla orgaanisen pölyn kertymistä voidaan ehkäistä tehokkaalla siivoamisella, työkoneissa olevilla kohdepoistoilla sekä erillisillä ilmanpuhdistimilla. Rakennuksen ulkoa tulevien homeitiöiden estämiseksi voidaan asentaa tuloilma-aukkoihin suodattimia. (RIL 250-2011.)

Ulkovarastoinnissa on oltava huolellinen, jotta materiaalit eivät pääse kastumaan. Rikkoutuneet suojamuovit eivät suojaa sadevedeltä, joten ne on syytä korvata erillisillä suojapeitteillä. Peitteet suojaavat materiaaleja myös pölyyntymiseltä. Ne on kuitenkin asetettava siten, että ilma pääsee kiertämään, ettei alapuolelta tuleva kosteus jää peitteiden alle vaikuttamaan. Homehtuneita materiaaleja ei voida enää käyttää ja niitä tulee käsitellä rakennusjätteenä. (RIL 250-2011.)

8 OLOSUHTEIDEN PARANTAMINEN

8.1 Olosuhteiden hallinta

Työmaalla on oltava kosteudenhallintasuunnitelma, jonka yhtenä osana on olosuhteiden hallinta. Olosuhdehallinnan osa-alueina ovat hyvien kuivamisolosuhteiden järjestäminen ja asennettujen sekä varastoitujen materiaalien suojaaminen kosteudelta. Hyvien kuivumisolosuhteiden järjestämisessä on otettava huomioon sisätilojen lämpötila, ilmankosteus ja ilmanvaihto. (RIL 250-2011.)

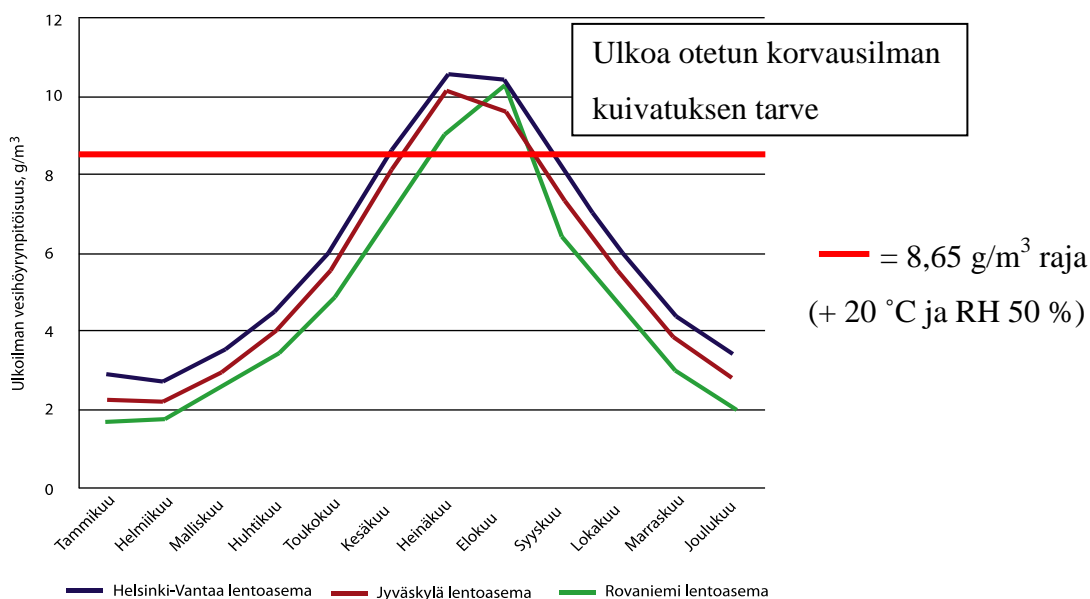
Vuodenaika ja sääolosuhteet vaikuttavat ulkoilman olosuhteisiin, ja niihin on mahdoton vaikuttaa, mutta sisäilman olosuhteisiin pystytään rakennustyömaalla vaikuttamaan. Jotta tiedettäisiin milloin työmaalla pitää toteuttaa toimenpiteitä optimaalisten olosuhteiden luomiseksi, on suoritettava seuranta ilmankosteuden ja lämpötilan kehittymisestä. Mittaamisen toteuttamisesta on tehtävä erillinen mittaussuunnitelma (RIL 250-2011). Sen voi tehdä osaksi kosteudenhallintasuunnitelmaa, ja mittaustuloksia voi esimerkiksi kirjata päivittäin tai viikottain työmaapäiväkirjaan ajan tasalla pysymiseksi. Esimerkit olosuhteidenhallinnan ja mittauksen suunnitelman lomakkeista ovat liitteessä 4.

8.2 Kuivattamisen tarve

Tavoitteellisena sisäilman kuivumisolosuhteena voidaan käyttää ilmankosteuden arvoa RH 50 % ja lämpötilan arvoa + 20 °C, jotka ovat betonirakenteen kuivumiselle suotuisat olosuhteet työmaalla. Ilman absoluuttinen kosteus on tällöin 8,65 g/m³. Kuivattamisen tarve syntyy liiallisen kosteuden vallitessa sisätiloissa tai vesivahingon sattuessa. (RIL 250-2011.)

Ulkoilman absoluuttinen kosteus on heinä- ja elokuussa keskimäärin noin 10 g/m³. Ulkona lämpötilan ollessa kesällä + 20 °C on RH silloin 60 %. Työmaalla on tapauskohtaisesti harkittava, onko tarpeellista kuivattaa korvausilmaksi otettavaa ulkoilmaa (kuvaaja 4). Kosteahko korvausilma voi viivästyttää hieman betonin kuivumista, mutta ongelma pienenee ottamalla olosuhteet huomioon aikataulussa ja tekemällä rakennukseen hyvän ilmanvaihdon.

KUVAAJA 4. Korvausilman kuivattamisen tarve (muokattu kuvaajasta 1)



8.3 Rakennusaikainen ilmanvaihto

Asutussa asunnossa ilman hiilidioksidipitoisuuden tasaamiseksi ilman tulisi vaihtua kokonaisuudessaan kerran kahdessa tunnissa. Tehokkaampi ilmanvaihto vähentää ilmasta enemmän epäpuhtauksia. (Siikanen, U. 2014.)

Rakennusaikana ilmaa tulee vaihtaa kosteuden ja pölyn sekä muiden rakennusaikaisten epäpuhtauksien vuoksi (RIL 250-2011). Työskennellessä puhtaampi sisäilma vähentää myös hengitystieoireiden syntyä työntekijöillä. Ilmaa voidaan vaihtaa rakennusaikana *painovoimaisesti* tai *koneellisesti*.

8.3.1 Painovoimainen toteutus

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa hyödynnetään ulkoilman ja sisäilman lämpötilaerosta johtuvaa paine-eroa, eli savupiippuvaikutusta. Termisten paine-erojen vuoksi rakennuksen ylemmät kerrokset ovat ylipaineisia ja alimmat kerrokset alipaineisia ulkoilmaan nähden. (RIL 250-2011.)

Perinteisesti painovoimainen ilmanvaihto toteutetaan työmaalla avaamalla lämmitetylle poistoilmalle luukut yläkerroksien tiloista ja viileälle korvausilmalle luukut alempien

kerrosten tiloista. Kesällä painovoimainen ilmanvaihto on tehottomampaa, koska sisä- ja ulkoilman lämpötilojen ero on pienempi kuin talvella (RIL 250-2011).

8.3.2 Koneellinen järjestelmä

Koneellisella ilmanvaihdolla voidaan tehostaa painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuutta. Sen voi toteuttaa esimerkiksi asentamalla rakennuksen katolle puhaltimen, joka alipaineistaa rakennusta. Havainnekuvat teoreettisista mahdollisuuksista ovat esitettynä liitteessä 5.

Viitaten seurantamittauksen analyysiin, rakennuksen ilmanvaihto sisätyövaiheen kosteutta aiheuttavien vaiheiden aikana tulisi olla mitoitukseltaan tehokkaampi kuin asutussa rakennuksessa. Tämä tarkoittaa, että koko rakennuksessa ilman tulisi vaihtua kokonaisuudessaan tiheämmin kuin kaksi kertaa tunnissa.

Tämän pohjalta voidaan laskea karkeasti esimerkki. Jos rakennus on tilavuudeltaan $8\,000\text{ m}^3$, sen ilmanvaihtoon soveltuu silloin suunnilleen samansuuruisen ilmamäärän vaihtava puhallin. Tähän esimerkkiin voitaisiin valita potkuripuhallin OV 4E 500 (kuva 7), joka vaihtaa ilmaa maksimissaan $7060\text{ m}^3/\text{h}$ (taulukko 7). Kyseisen potkuripuhaltimen kapasiteetti riittäisi tarvittaessa vaihtamaan ilman rakennuksessa lähes tunnin välein. Ilmanvaihdon nopeutta voi tarpeen vaatiessa vaihdella asennettavalla ohjainyksiköllä (kuva 8).



KUVA 7. Potkuripuhallin (Onninen Oy)



KUVA 8. Ohjainyksikkö (Onninen Oy)

TAULUKKO 7. Erikokoisten potkuripuhaltimien taulukkoarvoja (Onninen Oy)

Tekniset tiedot/ malli	OV 4E 400	OV 4E 500	OV 4E 630
Teho (W)	180	420	750
Max ilmamäärä m ³ /h	3580	7060	11900
Virta (A)	0,82	1,95	3,5
Lämpötilan kesto (°C)	- 30 – + 60	- 30 – + 60	- 30 – + 60
Paino (kg)	8,8	14,2	22,6

Puhaltimen asentaminen rakennuksen katolle on hyvä toteuttaa siten, että sille rakennetaan oma vanerilaatikko, joka on päältä viisto sadeveden ja lumen poisohjaamiseksi. Sähköliitännät tekee valtuutettu sähköasentaja.

Puhallinta käytettäessä tehokkuuden säätäminen voidaan hyvin tehdä rakennuksen sisäilman olosuhdeseurannan perusteella. Talvella on huomioitava, että liian tehokas ilmanvaihto lisää sisäilman lämmitystarvetta.

8.4 Kuivattamisolosuhteiden järjestäminen

Sisäilman lämpötilaa saa nostettua lämmittillä, kuten puhaltimilla tai vesikiertoisilla termoooneilla. Kosteutta saa vähennettyä sisäilmasta kierrättämällä ulkoa kuivempaa korvausilmaa sisälle tai sisäilmaa kuivattamalla erillisillä ilmankuivaimilla. Rakennukseen olisi hyvä toteuttaa ilmanvaihdolle hallittu järjestelmä kostean ilman poistamiseksi.

Rakennustyömaalla käytettäviä ilmankuivaimia ovat adsorptio- ja kondenssikuivaimet. Ilmankuivaimia tarvitaan useimmiten silloin, kun tarvitaan hetkellisesti tehokas kosteudenpoisto, ulkoilma on liian kostea sellaisenaan korvausilmaksi tai vesivahinkojen sattuessa. Kuivaimia käytettäessä kuivattavan tilan tulee olla mahdollisimman tiivis. Ilmaa voidaan kuivattaa myös lämpöpuhaltimilla. Ne nostavat ilman kykyä sitoa kosteutta, jolloin sisäilman suhteellinen kosteus laskee.

Adsorptio- ja kondenssikuivaimien ero

Ilman kulkiessa *adsorptiokuivaimen* (kuva 5) läpi laite puhaltaa kuivaa ilmaa kuivatettavaan tilaan. Laitteen läpi kulkevan ilman poistettu kosteus kulkeutuu vesihöyryinä ulos kuivaimen toisesta päästä. Ilman sisäänoton ja vesihöyryn poiston ulostulon sijainnit voidaan päättää asennettavilla imu- ja poistoletkuilla. Käytännön tasolla adsorptiokuivain on silloin hyvä valinta, kun ulkoilman absoluuttisen ilmankosteuden määrä on suuri ja sisälle otettava korvausilma on sisäilmaa kosteampaa. Korvausilman voi tällöin imeä adsorptiokuivaimen läpi. (Ramirent, a. 2016.)

Kondenssikuivain (kuva 6) puolestaan jäädyttää ilmaa tiivistäen kosteuden vedeksi. Vesi jää joko laitteen säiliöön tai mahdollisuuksien mukaan veden voi ohjata suoraan lattiakaivoon. Käyttöä hankaloittaa säiliön tyhjentämisen tarve. Kondenssikuivain soveltuu käytettäväksi silloin, kun adsorptionkuivaimen kosteaa poistoilmaa ei ole mahdollista johtaa ulos kuivatettavasta tilasta. (Ramirent, b. 2016.)



KUVA 5. Adsorptiokuivain (Ramirent, a) KUVA 6. Kondenssikuivain (Ramirent, b)

9 YHTEENVETO JA POHDINTA

Työmaan olosuhdehallinnassa on oleellista huomioida sisäilman lämpötila ja ilman-
kosteus, sillä niillä on huomattava vaikutus betonin kuivumisen nopeuteen ja siten myös
suoranainen vaikutus aikatauluun. Työmaalla on varmistettava, että sisätilojen olosuh-
teet ovat suotuisat, jotta välttyttäisiin myös muiden asennettavien materiaalien laadulli-
silta ongelmilta. Käytettävistä materiaaleista on tarkistettava valmistajan merkitsemät
käyttöolosuhteet.

Työnjohdon on oltava tietoinen työmaalla vallitsevista olosuhteista ja siksi onkin
suotavaa tehdä jatkuvaa lämpötilan ja ilmankosteuden seuranta sisätiloista. Seuranta
tulee toteuttaa siihen tarkoitetuilla mittalaitteilla ja mittaamisesta on tehtävä mittaus-
suunnitelma.

Opinnäytetyössä toteutettiin rakennuksen sisävaiheen olosuhdeseuranta suunnitelmien
mukaisesti. Mittaustuloksista ja niiden käsittelyn jälkeisistä arvoista voidaan päätellä,
että sisätyövaihe olisi suotavaa ajoittaa kesäajan ulkopuolelle. Homeen muodostuminen
herkille materiaalinpinnoille on kesäaikaan mahdollista, jos huoneistoissa ilma ei pääse
riittävästi vaihtumaan ja kosteus poistumaan. Erityisesti pölyosastoinnin kanssa on
oltava tarkkana ilman vaihtuvuuden suhteen. Home on yksi haitallisimmista sisäilman
ongelmista ja sen muodostuminen vaatii pitkäkestoista kosteutta sekä lämpöä. Home-
kasvua nopeuttaa pinnoilla oleva orgaaninen pöly.

Ilman vaihtamiseksi rakennuksen sisätiloihin olisi hyvä suunnitella rakennusaikainen
ilmanvaihto sekä kosteusteknisistä syistä että työntekijöiden terveyden kannalta.
Koneellisella ilmanvaihdolla voidaan poistaa tehokkaasti ilmankosteutta ja samalla
pölyä sekä työnteon aikana syntyneitä ilman epäpuhtauksia. Korvausilmana käytettyä
ulkoilmaa voidaan suodattaa puhtaamman sisäilman saamiseksi.

Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää työnjohtajan tiedon lisäämiseksi rakennusaikaisen
sisätilojen olosuhdehallinnasta ja sen tärkeydestä sekä laadullisesti ja aikataulullisesti.
Työmailla panostetaan enenevässä määrin pölynhallintaan ja opinnäytetyössä käsitelty
osastoinnin vaikutus sisäilman kosteuteen on perustellusti erityistä huomiota vaativa
asia P1-rakentamisessa osana kosteudenhallintasuunnitelmaa.

Jatkoa ajatellen voitaisiin selvittää kuinka suuri kosteuslisä tulisi olemaan kerrostaloissa, joissa betonilaatat on tehty paikalla valaen. Tällöin ilmaan haihtuva vesihöyryn määrä olisi suurempi kuin ontelolaattoja käytettäessä, mikä tuo taas haastetta lisää olosuhdehallintaan.

Rakennuksen ja rakenteiden kuivattamisen suunnittelu on useimmiten pääurakoitsijan vastuulla. Joskus rakennuksen ilmanvaihdon toteuttaminen voi olla erittäin haasteellista rakennuksen mallin tai muotojen vuoksi ja voi käydä niin, että työmaalla nopeasti kehitetyt ilmanvaihdon ratkaisut eivät ole aina riittäviä. Siksi voisikin olla hyvä jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa huomioida, kuinka rakennusaikainen kuivatus voidaan toteuttaa. Joissain kohteissa saatetaan huomata, että kuivatuksen mahdollistavat rakenteet tarvitseekin suunnitella erikseen. Tällaisia voisivat esimerkiksi olla reikä hissi-kuilun katon elementissä alipaineistajaa varten tai tuuletuksen mahdollistava erillinen hormirakenne.

Rakenteiden kuivattamiseksi tyyli ja tapa ovat jokaisen vapaasti valittavissa. Järjestelmällisellä ja tehokkaalla koneellisella ilmanvaihdolla voidaan kuitenkin saavuttaa rakennusaikana sisätiloihin hyvät ja hallittavat olosuhteet sekä työntekijöille paremmat työskentelyolosuhteet. Hallituilla sisäilman olosuhteilla on positiivinen vaikutus kohteen aikatauluun ja syntyvään laatuun sekä vähentyvien pölyn ja epäpuhtauksien myötä työntekijöiden terveyteen.

LÄHTEET

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

Gemini dataloggers. 2016. Luettu 11.4.2016

<http://www.gemindataloggers.com/data-loggers/tinytag-view-2/tv-4500>

Hämäläinen, J. Teriö, O. 2015. Rakentamisen energiatehokkuus ja olosuhdehallinta. Rakennusfysiikkaa rakennustyömaille. Pdf-tiedosto. Luettu 15.3.2016.

http://motiva.fi/files/10158/Rakentamisen_energiatehokkuus_ja_olosuhdehallinta_-_rakennusfysiikkaa_rakennustyomaille.pdf

Kipsilevy. Luettu 11.4.2016

<http://www.gyproc.fi/toteutus/ennen-asennusta/kipsilevyjen-kasittely-ja-varastointi>

Korkeamäki, T. Rakennusfysiikkaa lämpökuvaajille. Pdf-tiedosto. Luettu 20.4.2016.

<http://www.kuntoarviot.net/files/8047.pdf>

Laminaatti. Luettu 11.4.2016

<http://www.upofloor.fi/Resilient/Asennus---Hoito/Asennus/Laminaatit/>

Lattiamatto. Luettu 11.4.2016

<http://www.upofloor.fi/Resilient/Asennus---Hoito/Asennus/Asuntomatot/>

Lattiamaton liima. Luettu 11.4.2016

http://www.kiilto.com/fi/rakentaminen/tuotteet/tuotteet?product_group=10&prod=38

Lautaparketti. Luettu 11.4.2016

<http://www.parla.fi/hyva-tietaa/parketin-asentaminen.html>

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

Lujabetoni. NK-betoni. Nopeasti kuivuva betoni. Pdf-tiedosto. Luettu 24.4.2016.

http://www.lujabetoni.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/luja/embeds/lujabetoniwwstructure/20461_meiliin_NK_betoni.pdf

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

Mosaiikkiparkettiliima. Luettu 11.4.2016

http://www.kiilto.com/fi/rakentaminen/tuotteet/tuotteet?product_group=11&prod=104

Onninen Oy. Potkuripuhallinesite. Pdf-tiedosto. Luettu 20.4.2016.

<http://www.onninen.com/finland/Tuotteet/Ilmastointituotteet/Ilma5/Pages/Default.aspx>

Ramirent, a. Luettu 14.3.2016.

http://tuotteet.ramirent.fi/sites/tuotteet.ramirent/files/product_attachments/K%C3%A4yt%20C3%B6hje%20Adsorptiokuivaaja%20CTR%20300XT.pdf

Ramirent, b. Luettu 7.3.2016.

http://tuotteet.ramirent.fi/sites/tuotteet.ramirent/files/product_attachments/K%C3%A4ytt%C3%B6ohje%20Kosteudenerotin%20K2.pdf

RIL 107-2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. 2012. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

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

RT 07-10805. 2003. Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö.

RT 07-10832. 2004. Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet asuinrakentamiselle. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö.

RT 07-10946. 2009. Sisäilmastoluokitus 2008. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö.

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

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

Sisäilmayhdistys. Luettu 15.3.2016.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>

Suomen Betoniyhdistys ry. 2011. Betonitekniikan oppikirja 2004 BY 201. 6. painos. Helsinki. BY-Koulutus Oy.

Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustyömaan olosuhdehallinta ja rakenteiden kuivattaminen. Kalvosarja: Energiatehokas rakentaminen. 3 Rakenteiden kuivattaminen. Powerpoint-tiedosto. Luettu 15.3.2016.

http://motiva.fi/toimialueet/kansainvalinen_toiminta/build_up_skills_finland/build_up_skills_-_koulutusmateriaalit

Vedeneriste. Luettu 11.4.2016

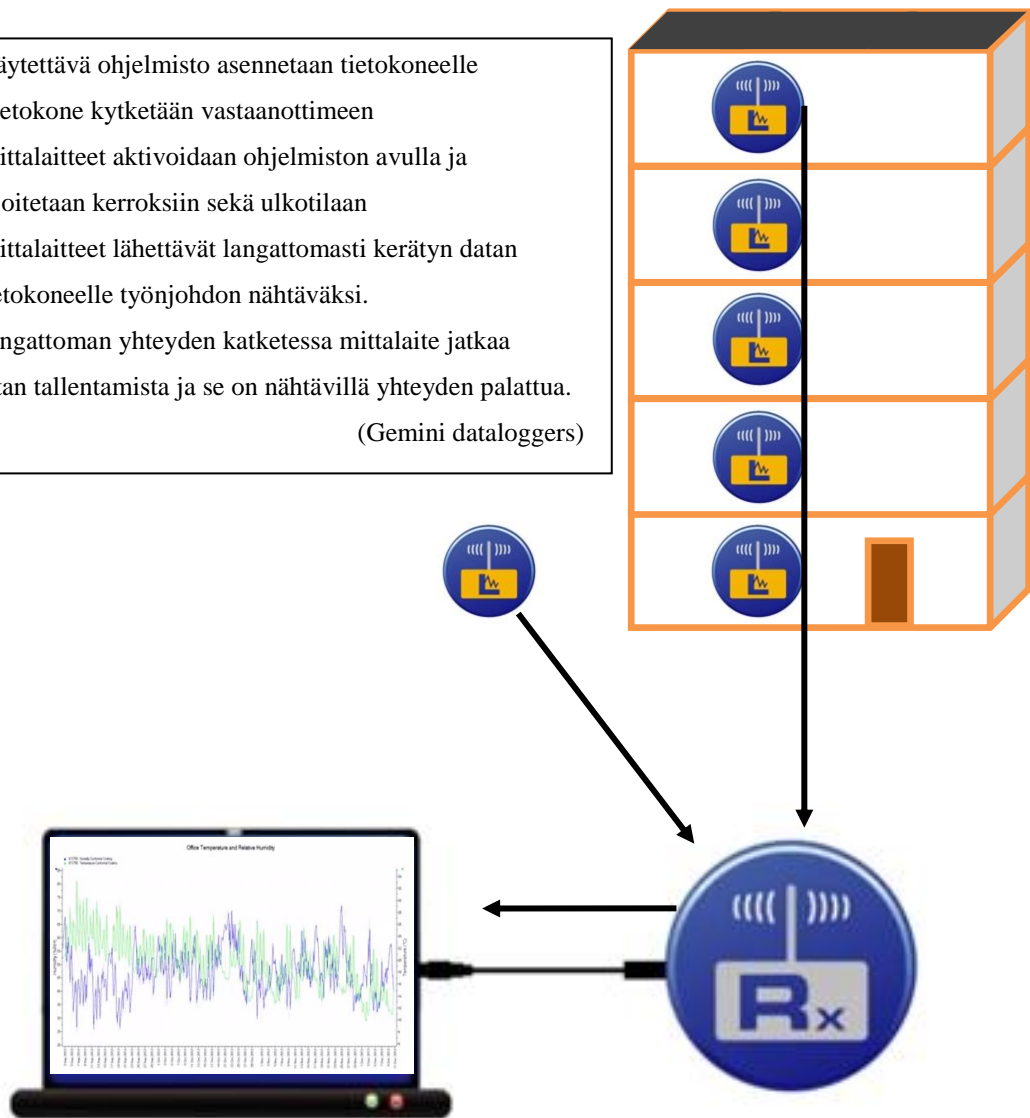
http://www.kiilto.com/fi/rakentaminen/tuotteet/tuotteet?product_group=24&prod=69

Liite 2. Etäluettava mittalaitteisto rakennustyömaalla

ETÄLUETTAVA MITTALAITTEISTO RAKENNUSTYÖMAALLA

Toimintaperiaate

1. Käytettävä ohjelmisto asennetaan tietokoneelle
 2. Tietokone kytketään vastaanottiin
 3. Mittalaitteet aktivoidaan ohjelmiston avulla ja sijoitetaan kerroksiin sekä ulkotilaan
 4. Mittalaitteet lähettävät langattomasti kerätyn datan tietokoneelle työnjohdon nähtäväksi.
- Langattoman yhteyden katketessa mittalaite jatkaa datan tallentamista ja se on nähtävillä yhteyden palattua.
(Gemini dataloggers)



Liite 3. Mittauspöytäkirja

1(9)

Mittauspöytäkirja

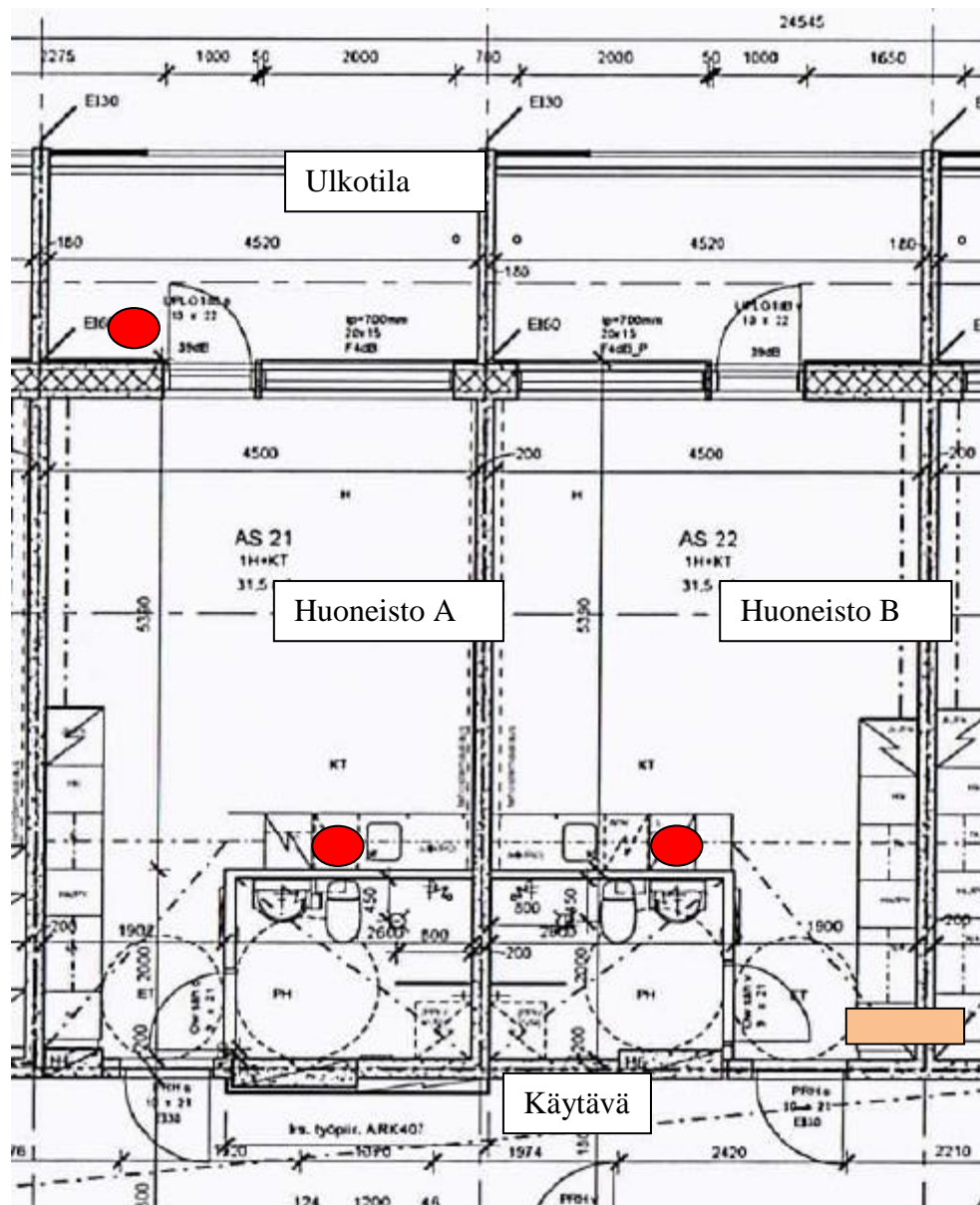
Sisältö


1. MITTAUSPISTEIDEN SIJAINNIT	2
2. DATANKERÄYKSEN LOKI	3
3. MITTAUSTULOKSET	4
3.1 Plaanon tuoma kosteus	5
3.2 Tasoitetyön tuoma kosteus	6
3.3 Maalaustyön tuoma kosteus	7
3.4 Koko sisätyövaiheen tuoma kosteuslisä	8


1. MITTAUSPISTEIDEN SIJAINNIT

Kohde: Kerrostalo, 4 kerrosta, 36 huoneistoa

3. kerros, huoneistot AS 21 (Huoneisto A) ja AS 22 (Huoneisto B, osastoitu)



 = Mittauspiste, n. 1,2m korkeudella.

 = Osastoiva ovi

Parvekkeen lasitusta ei ole tehty. Parvekeovet ovat paikallaan.

Korvausilmaa tulee huoneistoihin ikkunoiden yläreunoista.

2. DATANKERÄYKSEN LOKI

Mittaus aloitettu	Mittaus lopetettu	HUOM!
2.12.2015 klo 12:00	14.12.2015 klo 13:00	
14.12.2015 klo 14:00	21.12.2015 klo 12:00	16.12.2015 Plaano
21.12.2015 klo 13:00	28.12.2015 klo 12:00	
28.12.2015 klo 13:00	4.1.2016 klo 9:45	
4.1.2016 klo 11:30	11.1.2016 klo 10:00	
11.1.2016 klo 10:00	19.1.2016 klo 10:00	Tasoitetyö vk 3 -->
19.1.2016 klo 11:00	25.1.2016 klo 12:00	Maalaus vk 4 -->
25.1.2016 klo 13:30	1.2.2016 klo 13:00	
1.2.2016 klo 14:00	8.2.2016 klo 10:00	

- Mittarit on otettu datan lukemisen ajaksi pois paikaltaan.
- Kokonaiskuvassa näkyy piikit mittarien siirron kohdalla.
- Ulkomittarissa on virhelukuja 6. - 7. 12.2015 välisenä aikana.

3. MITTAUSTULOKSET

Mittaustulokset on kerätty Gemini Tinytag View 2 tv-4500 dataloggereilla, jotka keräävät dataa lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta.

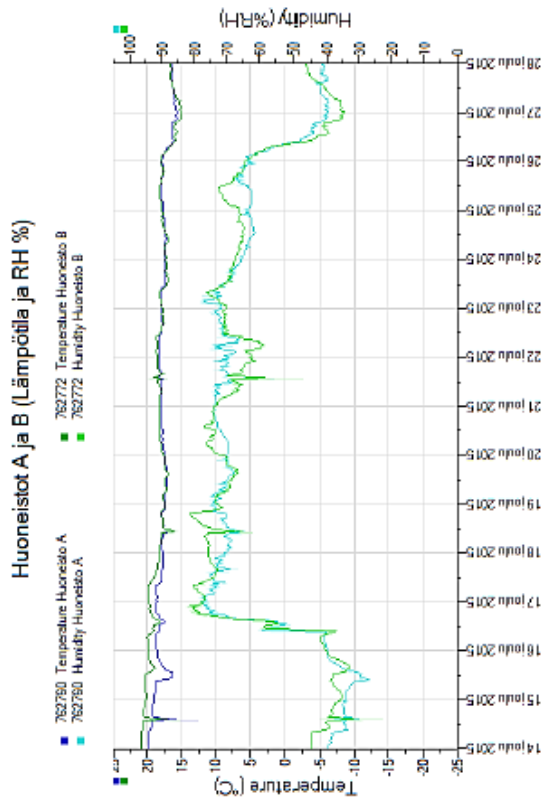
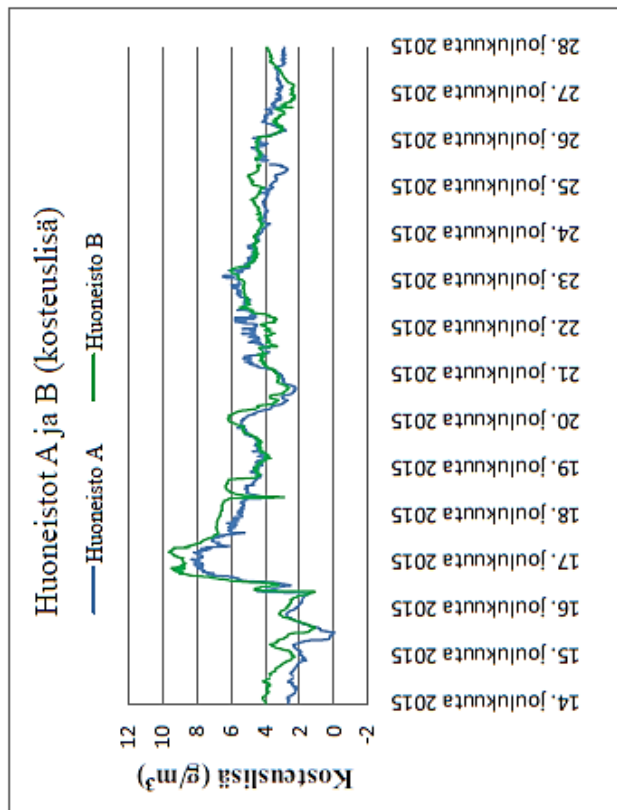
Dataa on käsitelty siten, että siitä on laskettu työvaiheiden tuomat kosteuslisät ja laskettu niiden keskiarvo työvaiheen alusta kosteuden tasaantumiseen asti.

Mittaustulosten erittely:

- Pumpputasoitus eli plaano
- Tasoitetyö
- Maalaustyö
- Koko mittausväli eli sisätyövaiheen kosteutta aiheuttavien töiden ajalta.

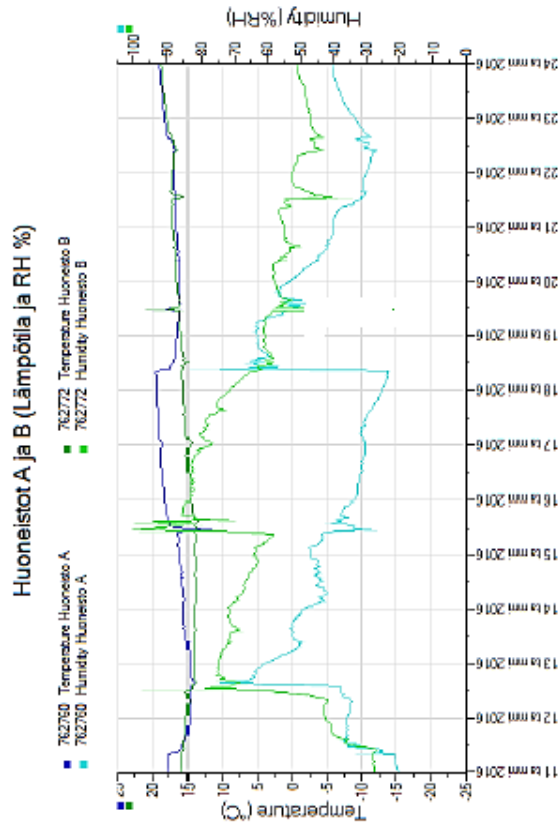
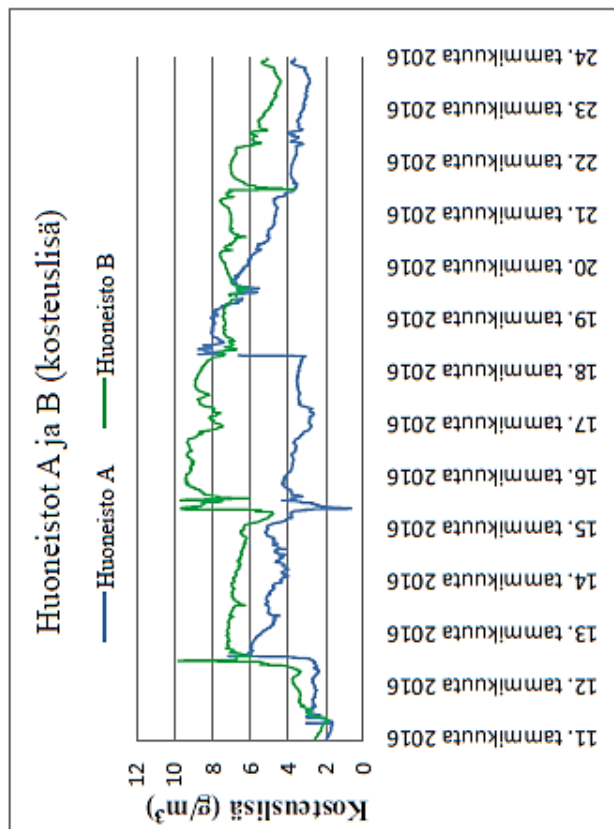
Mittaustuloksiin on merkitty molempien huoneistojen tulokset sekä ulkoilman olosuhteet. Tavallisen rakennustavan huoneistoa kuvaa *sininen* väri ja osastoitua huoneistoa *vihreä* väri.

3.4 Plaanon tuoma kosteus



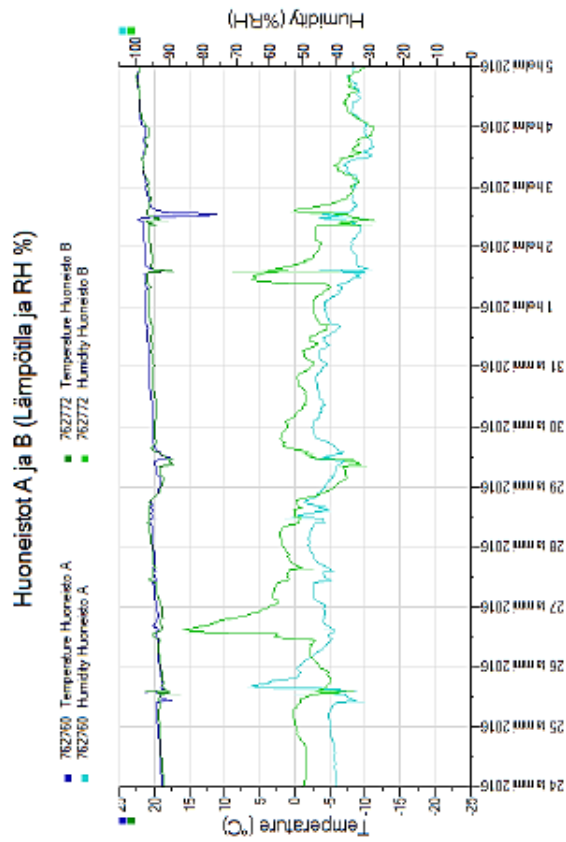
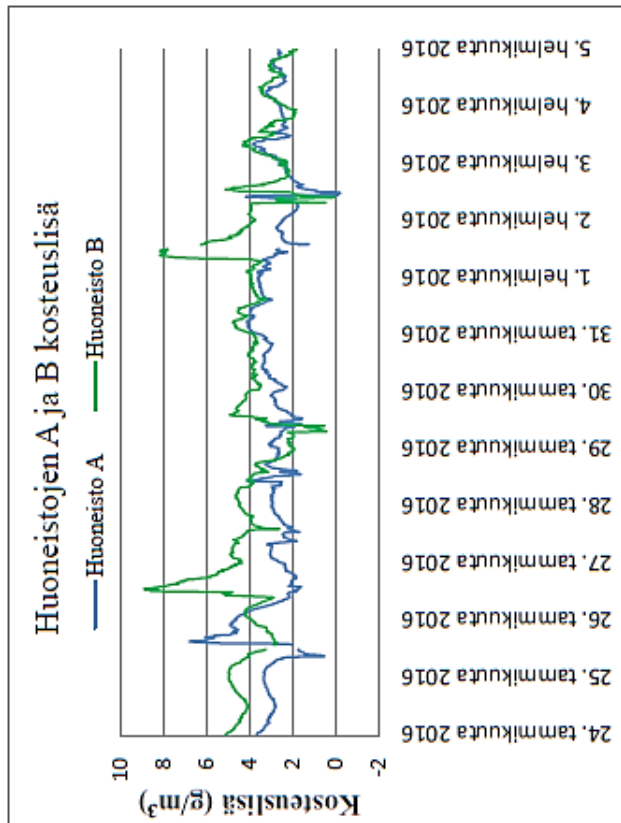
Aikaväliltä 16.12.2015 klo 9:00 - 26.12.2015 klo 14:30 (11 pv)	
Mittausalueet	Ulkoilma
Lämpötilan keskiarvo	3,5 °C
Suhteellisen kosteuden keskiarvo	90,3 %
Kosteuslisän keskiarvo	
	4,97 g/m³
Kosteuslisän maksimiarvo	
	9,66 g/m³

3.2 Tasoitetyön tuoma kosteus



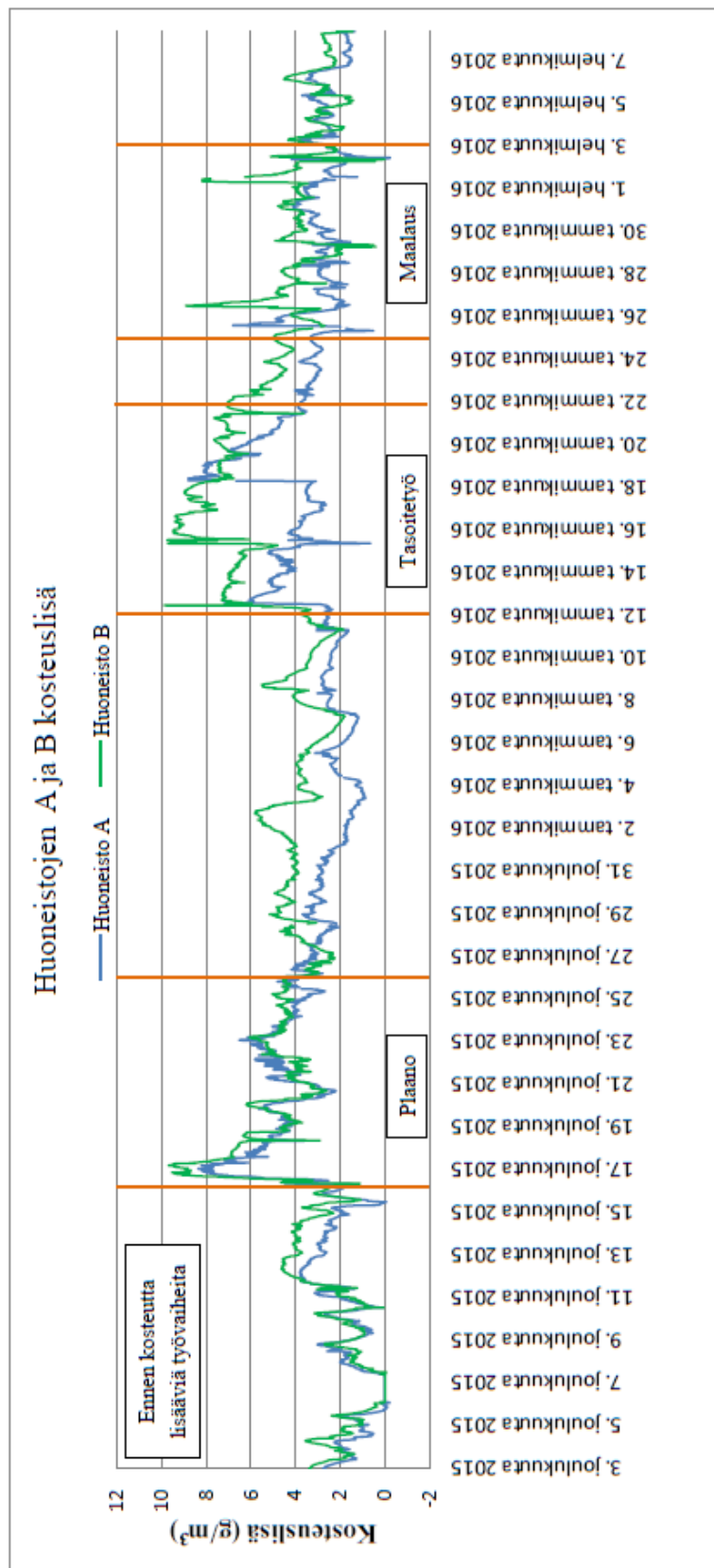
Aikaväliltä 12.1.2016 klo 9:30 - 22.1.2016 klo 16:00 (11 pv)		Ulkoilma
Mittausalueet	Huoneisto A	Huoneisto B (osastoitu)
Lämpötilan keskiarvo	16,7 °C	15,3 °C
Suhteellisen kosteuden keskiarvo	41,6 %	69,6 %
Kosteuslisän keskiarvo	4,70 g/m ³	7,35 g/m ³
Kosteuslisän maksimi-arvo	8,79 g/m ³	9,81 g/m ³
		-15,2 °C
		85,3 %

3.3 Maalaustyön tuoma kosteus

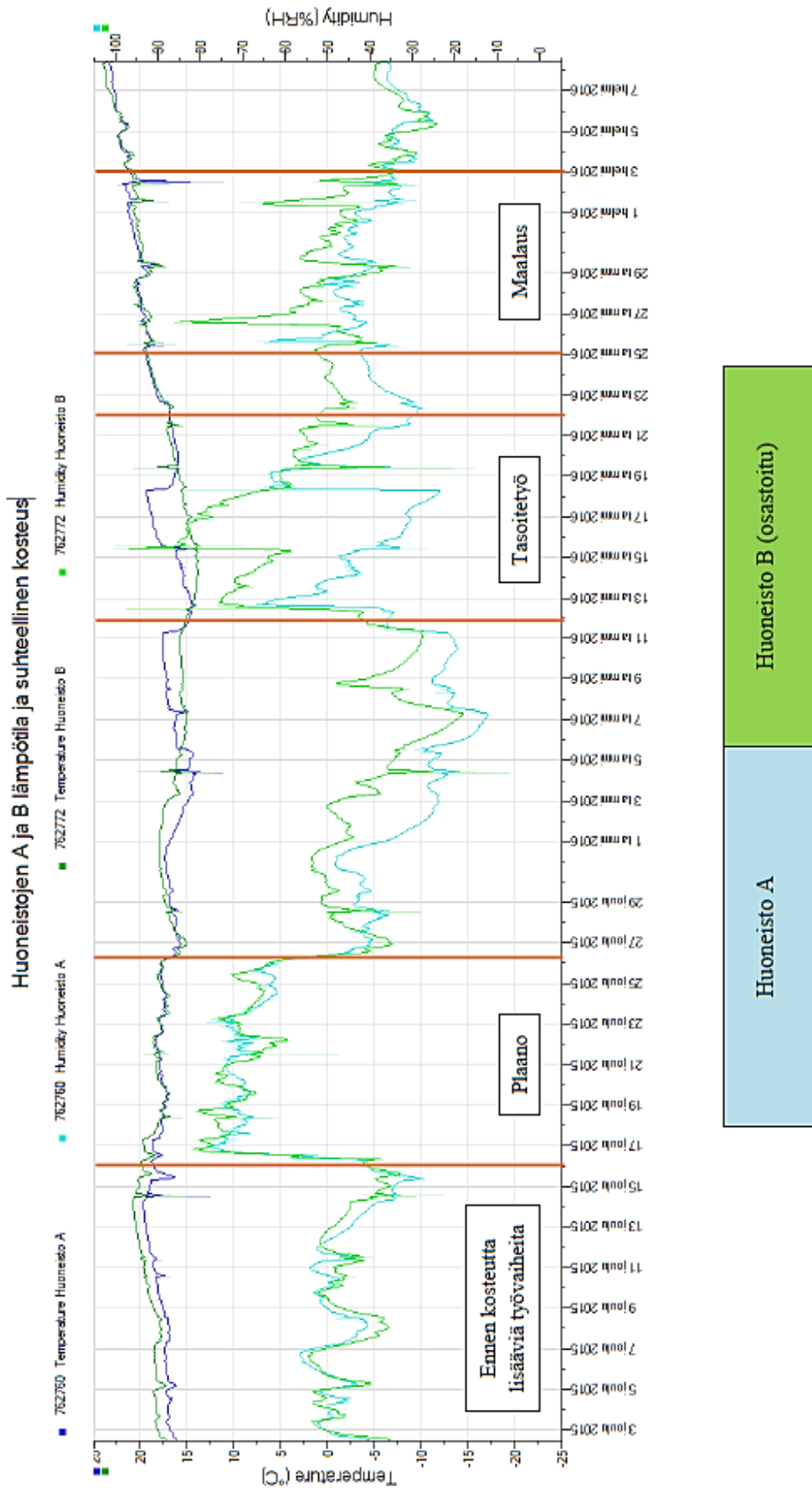


Aikaväliltä 25.1.2016 klo 14:00 - 3.2.2016 klo 12:00 (8 pv)		Ulkoilma	
Mittausalueet	Huoneisto A	Huoneisto B (osastoitu)	
Lämpötilan keskiarvo	20,2 °C	19,9 °C	0,5 °C
Suhteellisen kosteuden keskiarvo	40,4 %	50,5 %	92,2 %
Kosteuslisän keskiarvo	2,89 g/m³	3,94 g/m³	
Kosteuslisän maksimiarvo	6,79 g/m ³	8,89 g/m ³	

3.4 Koko sisätyövaiheen tuoma kosteuslisä



Mittausalueet	Huoneisto A	Huoneisto B (osastoitu)
Vallitseva kosteuslisä: (Ennen kosteutta lisääviä työvaiheita, 2.12.2015 - 16.12.2015, 2 vk)	2,0 g/m ³	2,4 g/m ³
Kosteutta lisäävien työvaiheiden aikainen kosteuslisä (Pumpputasoituksesta alkaen, 16.12.2015 - 3.2.2016, 7 vk)	3,5 g/m ³	4,8 g/m ³



Liite 4. Olosuhdehallinnan ja mittaus suunnitelman lomakkeet.

1(2)

OLOSUHDEHALLINTA

TEHTÄVÄ	TÄYDENNETTÄVÄ OSIO
Mittaus suunnitelma (Lämpötilan ja ilman- kosteuden seuranta)	(vastuuhenkilö)
Materiaalien käyttö- olosuhteiden tarkastus (tuoteseloste ja asen- nusolosuhteet)	(vastuuhenkilö)
Riskien kartoittaminen (kohdekohtainen)	
Toimenpiteet (kohdekohtainen)	

MITTAUSSUUNNITELMA

Mittausajanjakso (päivämäärät)	
Käytettävät mittalaitteet (laitteet ja lukumäärä) <i>Huom. kalibrointi</i>	
Mittalaitteen otannan tiheys (min / h - väliajoin)	
Mittauspisteiden sijainnit (huonetilat tai pohjakuvamerkintä liitteenä)	
Vastuhenkilö (toteuttaja / raportointi)	

Sisäilman tavoiteolosuhteet:

Lämpötila + 20 C° ja suhteellinen kosteus alle 50 %.

→ absoluuttinen kosteus alle 8,65 g/m³

Lämpötila (C°)	Ilman suhteellinen kosteus RH (%)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Absoluuttinen kosteus (g/m ³)									
+ 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

Liite 5. Koneellisen ilmanvaihdon havainnollistaminen.

1(6)

Koneellisen ilmanvaihdon havainnollistaminen

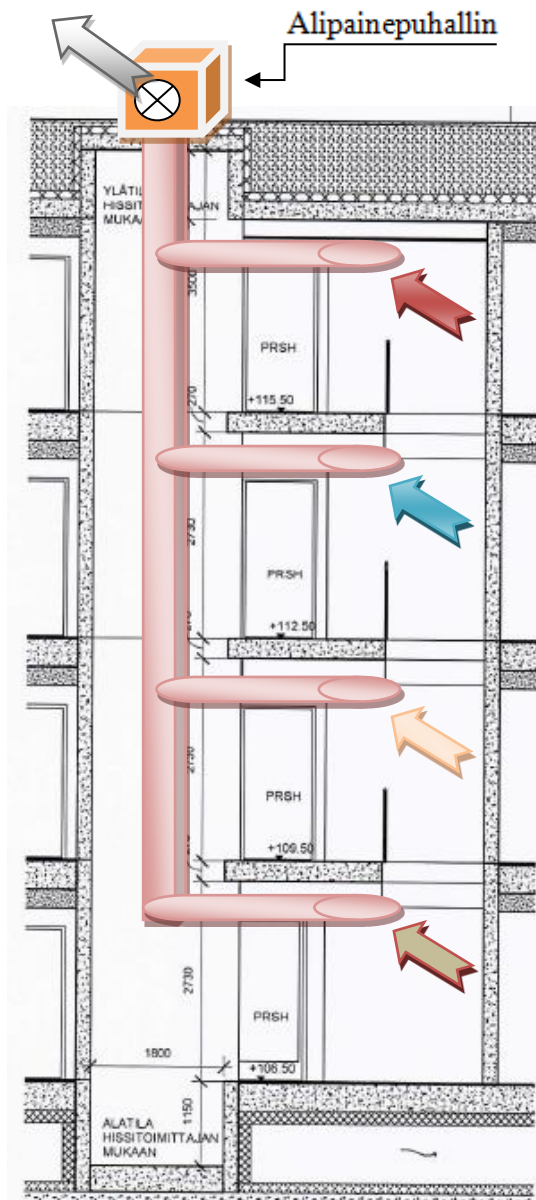
Sisältö

Rakennusaikainen koneellinen ilmanvaihto.....	2
Ilman vaihtuminen kerroksissa.....	3
Ilman vaihtuminen alakerrassa.....	4
Terve talo -rakentamisen huomioiminen ilmanvaihdossa.....	5

Rakennusaikainen koneellinen ilmanvaihto

Ilmanvaihto kannattaa toteuttaa koneellisesti hyödyntäen koko rakennuksen läpi kulkevia kuilumaisia rakenteita. Näitä ovat esimerkiksi hissikuilu, porraskuilu ja ilmanvaihtohorni. Tarkoituksena on, että ilma vaihtuu koko rakennuksessa jokaisesta kerroksesta.

Alla olevassa kuvassa on esimerkkiratkaisu, jossa ilmanvaihdossa hyödynnetään hissikuilua. Ratkaisussa on asennettu hissikuilun yläpuolelle alipaineistava puhallin, josta lähtevän putkiston kautta se imee ilmaa jokaisesta kerroksesta. Putkiston asentaminen ei ole välttämätöntä, koska lämmin ilma nousee ylöspäin joka tapauksessa, mutta sillä pystytään tehostamaan pölyn ja epäpuhtauksien poistumista alemmista kerroksista.

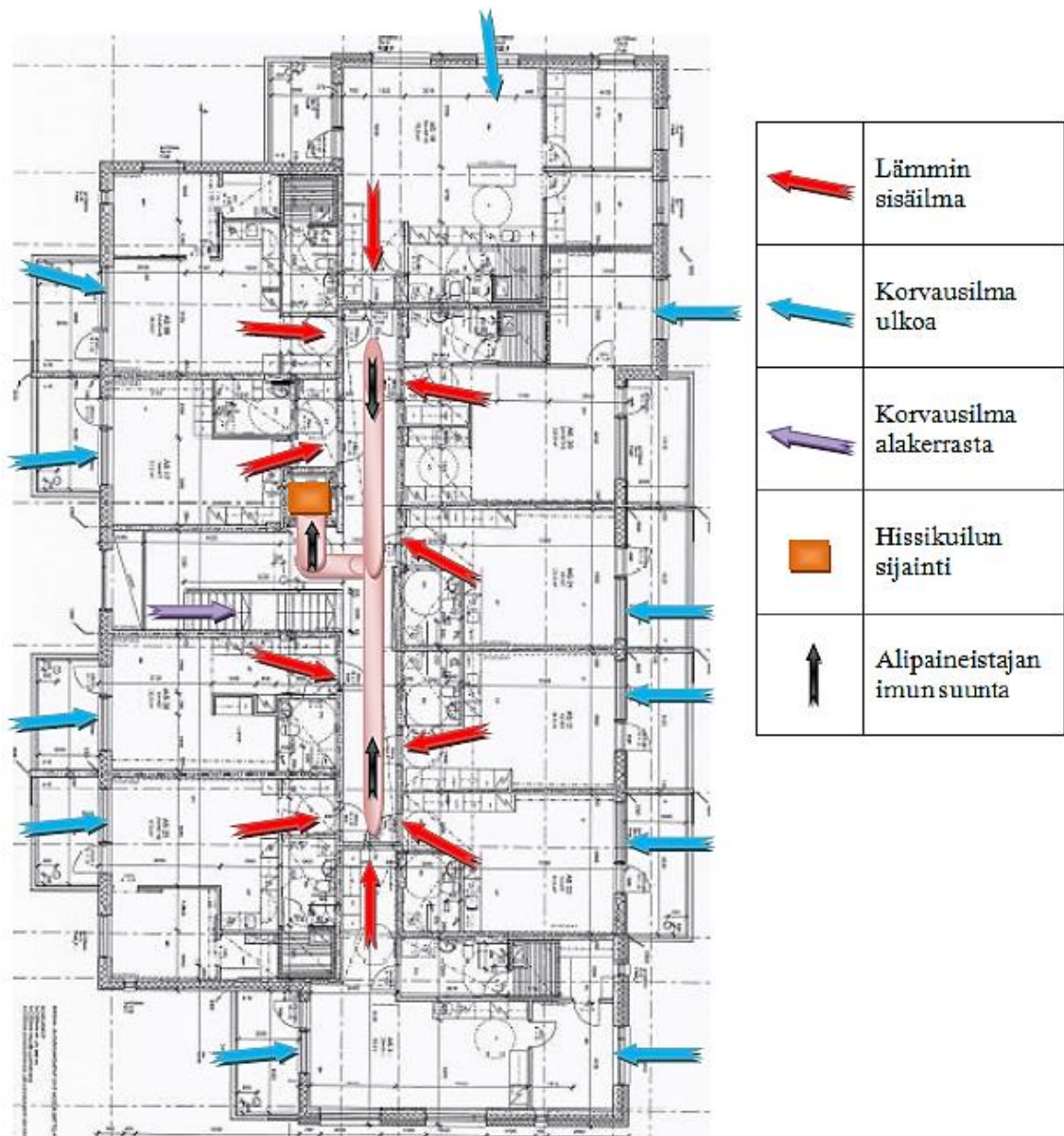


Kuumuus:	
Lämmin ilma siirtyy painovoimaisesti ylöspäin ja pakkautuu ylimpiin kerroksiin aiheuttaen kuumat työskentelyolosuhteet.	
Kosteus:	
Rakenteet on saatava kuivaksi. Ylimääräinen ilmankosteus on poistettava rakennuksesta.	
Pöly ja ilman epäpuhtaudet:	
Rakennusaikana pöly ja epäpuhtaudet aiheuttavat työntekijöille terveyshaittoja.	
Hiilidioksidi:	
Työntekijöiden hengitys nostaa ilman hiilidioksidipitoisuutta.	

Ilman vaihtuminen kerroksissa

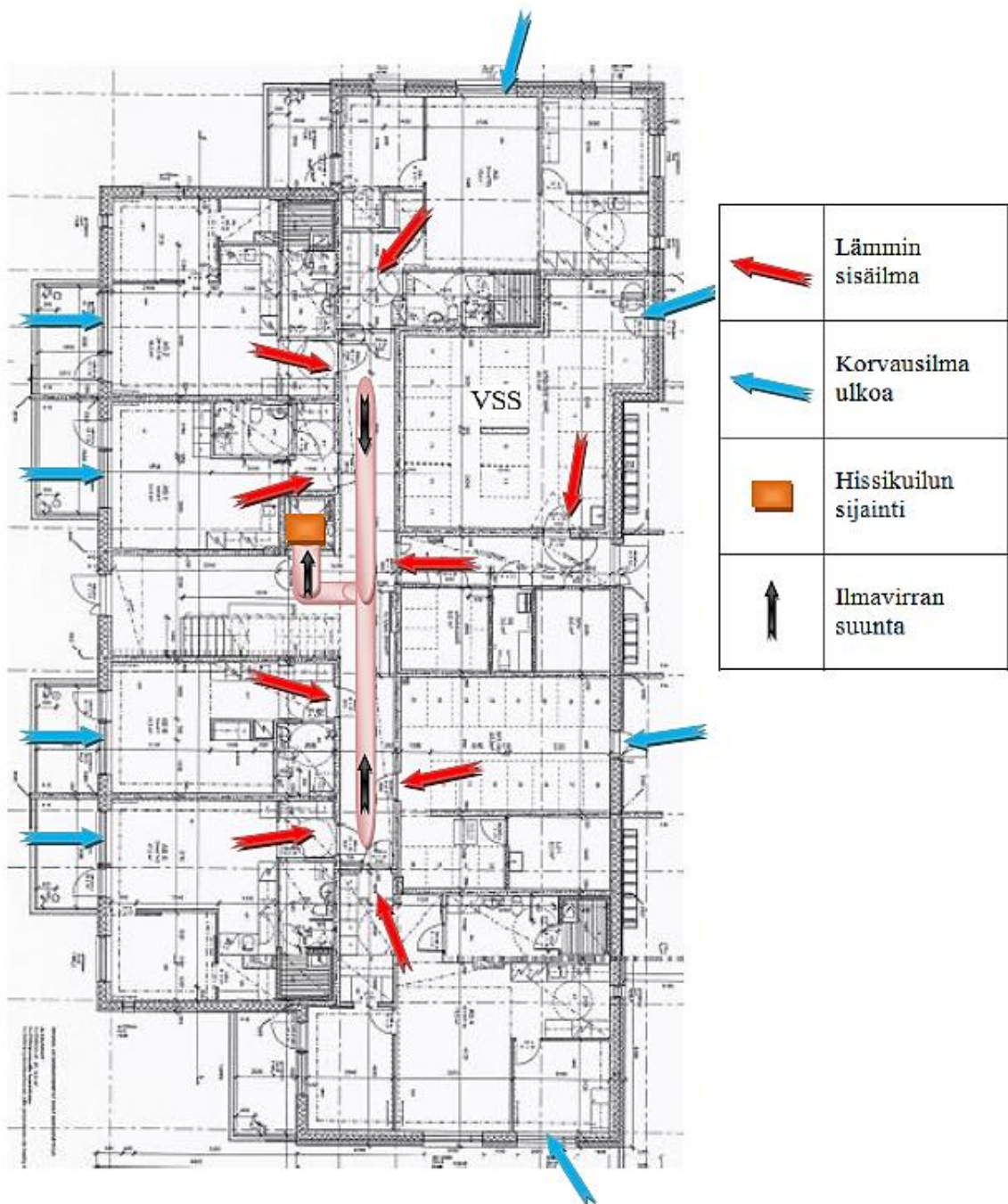
Esimerkkikohteen hissikuilu sijaitsee rakennuksen keskellä. Jotta ilma vaihtuisi tasaisesti, olisi hyvä haaroittaa imevä putki kulkemaan molempiin päihin käytävää.

Korvausilma tulee kerrokseen alemmista kerroksista porraskuilun kautta tai sen voi ottaa huoneistojen ikkunoista tai parvekeovia raottamalla.



Ilman vaihtuminen alakerrassa

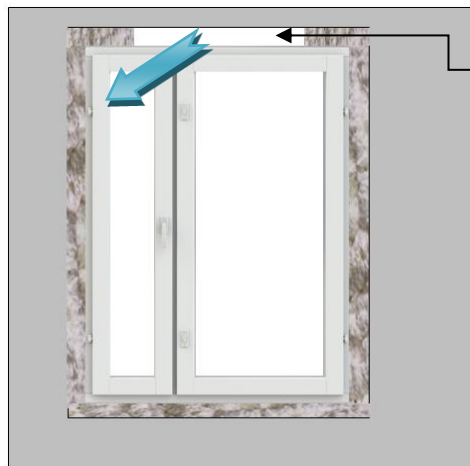
Alakerrassa alipaineistus toimii samoin kuin ylemmissä kerroksissa. Korvausilmaa voi ottaa peitetyn oviaukon kohdalta tekemällä siihen reiän tai ikkunoista jättämällä asennuksen aikana yläreunoista tiivistyksen toistaiseksi tekemättä. Jatkuvaa korvausilmaa kannattaa myös ottaa väestönsuojan kautta, jolloin vss:n ilmavirtaus ja kosteuden poisto on tehokkaampaa. Erityisesti paikallavaletut väestönsuojat luovuttavat ilmaan paljon kosteutta.



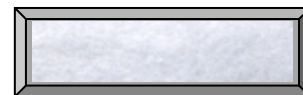
Terve talo -rakentamisen huomioiminen ilmanvaihdossa

Rakennusaikaisessa ilmanvaihdossa on huomioitava, että korvausilma on puhdasta. Tämä tehdään suodattamalla ulkoa otettu korvausilma. Ovia ja ikkunoita ei saa pitää avoinna ilman suodatinta.

Korvausilman ottaminen jokaiseen huoneistoon toimii hyvin ikkunoiden yläreunojen kautta, kun jättää niiden tiivistämisen myöhemmäksi. Korvausilman suodattamista voidaan koittaa esimerkiksi laittamalla ikkuna-asennuksen yhteydessä ikkunan yläreunaan pellistä tehty kehikko, johon on kiinnitetty suodatin. Kun ikkunan tiivistystä tehdään valmiiksi, on välistä otettava pois likainen suodatin. Pelti voitaisiin jättää rakenteeseen, koska siitä ei synny oleellista kylmäsiltaa.



Ikkuna yläreunan tuuletusaukolla



Asennettava peltikehikko
sekä suodatin

Alimmassa kerroksessa voidaan hyödyntää uloskäyntejä, joihin on asennettu vanerit/vaneriovet. Vaneriin voidaan tehdä reikä, johon kiinnitetään suodatin. Näissä on huomioitava mahdolliset varkaat ja on hyvä tehdä esimerkiksi kotelointi aukon ympärille tai jokin muu este.

Suodattava korvausilma-aukko vaneriseinässä:
Se on kooltaan isompi kuin ikkunan yläreunan aukko
ja estää maanrakennuksesta tulleen hiekkapölyn ja
pakokaasujen tulon sisätiloihin.

Suodatinkangas on tummentunut sahatun aukon
kohdalta täysin.



Sisätiloissa on suoritettava osastointia, joka estää pölyn leviämisen alueelta toiselle. Osastointia edellytetään toteutettavaksi huoneistoittain tasoitetyön jälkeen (RT 07-10832). Huoneistojen osastointi tapahtuu asentamalla ovi huoneiston ja käytävän välille. Oven voi tehdä esimerkiksi hyödyntämällä kevyttä välioiva tai tekemällä oven vanerista. Oveen on tehtävä aukko, jonka päälle kiinnitetään suodatin, jotta kostea ilma pääsee vaihtumaan huoneistosta eikä sisään pääse kulkeutumaan käytäväalueelta pölyä.



Osastoivat ovet:

Osastoivaa ovea tehdessä on huomioitava sähköjohtojen kulkemisen mahdollisuus ylä- ja alakautta siten, että oven saa kiinni.

Esimerkiksi jätetään ovi vajaakorkuiseksi ja kiinnitetään solumuovikaistat ylä- ja alareunoihin.

Oveen on hyvä kiinnittää ohjeistava lappu, jotta kuljettaessa ovi muistetaan sulkea.

Materiaalivarastointi on toteutettava siten, että materiaalit ovat irti betonilattiasta esimerkiksi trukkilavojen päällä, jotta ilma pääsee kiertämään paremmin eikä lattiaan jäisi kosteita alueita.

Huom!

Koneellinen ilmanvaihto on syytä olla normaalia tehokkaampi kosteuden ja epäpuhtauksien poistamiseksi rakennuksesta, sillä osastointi heikentää oleellisesti ilman vapaata liikkumista.

Erityisen tärkeää on työntekijöiden perehdyttäminen Terve talo -rakentamiseen, jotta osastointi ja korvausilman suodattaminen pysyy asianmukaisella tasolla.