

**HELI TEIVAINEN**

## *Asuinhuoneistojen märkätilojen alakattotilan kosteustekninen toiminta*

ADUCATE REPORTS AND BOOKS 16/2011



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

*Aducate – Centre for Training  
and Development*

**HELI TEIVAINEN**

*Asuinhuoneistojen  
märkätilojen  
alakattotilan kosteustekninen  
toiminta*

Aducate Reports and Books  
16/2011

Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate  
Itä-Suomen yliopisto  
Kuopio  
2011

Aihealue:  
Rakennusten terveellisyys

Kopijyvä Oy  
Kuopio, 2011

Sarjan vastaava toimittaja: Johtaja Esko Paakkola

Toimituskunta: Esko Paakkola (johtaja, KT), Jyri Manninen (prof., KT),  
Lea Tuomainen (suunnittelija, proviisori), Tiina Juurela (suunnittelija, TL)  
ja Helmi Kokotti (suunnittelija, RI/FT)

Myynnin yhteystiedot:

Itä-Suomen yliopisto, Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate  
aducate-julkaisut@uef.fi  
<http://www.aducate.fi>

ISSN 1798-9116

ISBN 978-952-61-0343-3 (painettu)

ISBN 978-952-61-0344-0 (.pdf)

## **TIIVISTELMÄ:**

Tutkimuksessa tarkasteltiin asuinhuoneistojen märkätilojen alakattojen taustatilan kosteusteknistä käyttäytymistä ja selvitettiin, muodostuuko alakaton taakse olosuhteet, jotka mahdollistavat mikrobikasvun. Mittaukset tehtiin kosteus- ja lämpötilaloggereilla 10 asunnossa. Mittausten perusteella suhteellinen kosteus ei pääsääntöisesti nouse yli mikrobikasvun mahdollistavan kosteuden. Tutkimuksessa saatiin kuitenkin viitteitä siitä, että painovoimaisen ilmanvaihdon yhteydessä suhteellinen kosteus voi nousta yli 65 % ulkoilman olosuhteista riippuen.

## **AVAINSANAT:**

Alakatto, ilmanvaihto, kosteus, mikrobi, märkätila.

## **ABSTRACT:**

The purpose of this study was to measure the humidity and temperature conditions behind the suspended ceiling in the apartment's bathrooms and to find out if the conditions can make the growth of microbes possible. The measurements were made with humidity and temperature dataloggers in 10 apartments. The relative humidity didn't mainly exceed the level that is assumed as the limit value for microbe growth. There were some signs that in a bathroom with natural ventilation the humidity can reach high level when the temperature and the relative humidity are high in the outdoor air.

## **KEYWORDS:**

Suspended ceiling, ventilation, humidity, microbes, bathroom.



## *Esipuhe*

Märkätilojen alakattorakenteiden kosteusteknisestä toiminnasta ei ole juurikaan tutkittua tietoa. Osin tästä johtuen hyvää rakentamistapaa koskevassa kirjallisuudessa on myös niukasti ohjeita koskien märkätilojen alakattoja. Oletuksena on se, että märkätilan ilmanvaihto hoitaa myös alakaton taustatilan ilmanvaihdon ja kosteuden poiston niin, ettei rakenteille ja materiaaleille haitallisia olosuhteita muodostu.

Tutkimukseni tavoitteena oli hankkia alustavasti tietoa seurantamittauksin pienellä otannalla huoneistomärkätilojen alakattojen taustatilojen kosteusolosuhteista ja siitä, onko tarvetta päivittää nykyistä käsitystä tilan kosteusteknisestä toimivuudesta. Pääasiallisena tarkoituksena oli tutkia, muodostuvatko alakaton taakse otolliset olosuhteet mikrobikasvulle, onko alakaton takana tarvetta käyttää höyrynsulkua ja tarvitseeko taustatila tuulettaa viereisiin kuiviin tiloihin, jotta tilan kosteus ei nousisi liian korkeaksi ja onko taustatilan pinnoissa tarvetta käyttää erityisiä pinnoitteita, kuten kosteussulkuja tai homeenestoaineita. Lisäksi kiinnostukseni kohteena oli selvittää, miten taustatilan olosuhteet seuraavat märkätilan puolella tapahtuvia kosteuden vaihteluita.

Haluan kiittää työnantajaani RTC Vahanen Turku Oy:tä ja esimiestäni Petri Kauhaniemeä mahdollisuudestani osallistua Rakennusterveysasiantuntijakoulutukseen, lopputyöni ohjaajaa Pekka Laamasta sekä työtoveriani Timo Hautalampea hyvistä neuvoista. Kiitän myös Tapio Karausta, joka auttoi valitsemaan sopivat mittauskohteet sekä mittauskohteitteni asukkaita, jotka mahdollistivat tutkimuksen tekemisen. Lisäksi haluan kiittää perhettäni ja lähisukua jaksamisesta ja kannustuksesta koulutukseni aikana ja pitkinä kuopioviikkoina.

Turussa 17.1.2011

Heli Teivainen



## Sisällysluettelo

<i>Esipuhe</i> .....	5
<i>Sisällysluettelo</i> .....	7
1. <i>Johdanto</i> .....	13
2. <i>Märkätilojen alakattorakenteita koskevat määräykset ja ohjeet</i> .....	13
<b>2.1. MÄÄRÄYKSET</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2. OHJEET</b> .....	<b>14</b>
3. <i>Ilmanvaihto</i> .....	16
<b>3.1. MÄÄRÄYKSET</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2. ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN EROJA</b> .....	<b>16</b>
4. <i>Kosteus ja mikrobit</i> .....	18
<b>4.1. KOSTEUSLÄHTEET</b> .....	<b>18</b>
<b>4.2. MIKROBEISTA YLEISESTI</b> .....	<b>20</b>
<b>4.3. MIKROBIKASVUN EDELLYTYKSET</b> .....	<b>21</b>
5. <i>Alakaton taustatilan kosteusseuranta</i> .....	22
<b>5.1. KOSTEUS- JA LÄMPÖTILASEURANTA</b> .....	<b>22</b>
<b>5.2. POISTOILMAMÄÄRÄN MITTAUS</b> .....	<b>23</b>
<b>5.3. KOHTEET</b> .....	<b>23</b>
<b>5.4. MITTAPISTEIDEN SIJOITTELU</b> .....	<b>25</b>
5.4.1 <i>Pesuhuone</i> .....	25
5.4.2 <i>Alakattotila</i> .....	26
5.4.3 <i>Ulkoilma</i> .....	27
6. <i>Tulokset</i> .....	28
<b>6.1. PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO JA PANEELIALAKATTO</b> .....	<b>28</b>
<b>6.2. PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO JA KIPSILEVYALAKATTO</b> .....	<b>34</b>



<b>6.3. KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTO JA KIPSILEVYALAKATTO.....</b>	<b>41</b>
<b>6.4. KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTO JA PANEELIALAKATTO .....</b>	<b>47</b>
<b>6.5. OMAKOTITALON KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTO JA PANEELIALAKATTO .....</b>	<b>53</b>
<b>6.6. OMAKOTITALON KONEELLINEN TULO- JA POISTOILMAN VAIHTO JA PANEELIALAKATTO.....</b>	<b>57</b>
<i>7. Johtopäätökset .....</i>	<i>60</i>
<b>7.1. PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO .....</b>	<b>61</b>
<b>7.2. KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTO .....</b>	<b>62</b>
<b>7.3. OMAKOTITALOT .....</b>	<b>63</b>
<b>7.4. YHTEENVETO.....</b>	<b>64</b>
<i>8. Lähdeluettelo.....</i>	<i>65</i>

## **Taulukkoluettelo**

- Taulukko 1 Peshuoneen eri kosteuslähteitä ja niiden kosteuden tuottoja.
- Taulukko 2 Asunnon eri kosteuslähteitä ja niiden kosteuden tuottoja.
- Taulukko 3 Ilman keskimääräiset vesihöyrypitoisuudet ( $\text{g/m}^3$ ) vuosina 1961-1990 eri paikkakunnilla.
- Taulukko 4 Ilman keskimääräiset suhteelliset kosteudet (%) vuosina 1961-1990 eri paikkakunnilla.
- Taulukko 5 Erilaisten mikrobiryhmien minimikosteusvaatimukset agaralustoilla lämpötila-alueella 10-40°C.
- Taulukko 6 Mittauskohteet taulukoituna ominaisuuksittain.
- Taulukko 7 Painovoimainen ilmanvaihto ja suhteellisen kosteuden arvot.
- Taulukko 8 Koneellinen poistoilmanvaihto ja suhteellisen kosteuden arvot.
- Taulukko 9 Omakotitalot, koneellinen poistoilmanvaihto/tulo- ja poistoilmanvaihto ja suhteellisen kosteuden arvot.

## **Kuvaluettelo**

- Kuva 1 Puurakenteiseen välipohjaan rajoittuva märkätilan kattorakenne.
- Kuva 2 Betonirakenteinen välipohja.
- Kuva 3 Loggeri peshuoneen puolella.
- Kuva 4 Alakaton taustatilassa loggeri on sijoitettu paneelialakaton päälle.
- Kuva 5 Loggeri sijoitettuna lämmöneristettyjen vesijohtojen päälle.
- Kuva 6 Ulkoilmamittauksessa loggerit on sijoitettu suojaisaan paikkaan puun alle.
- Kuva 7 Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: lämpötila ja kosteus.
- Kuva 8 Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: lämpötila kosteus.
- Kuva 9 Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyyskäyrä.
- Kuva 10 Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyyskäyrä.
- Kuva 11 Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu.
- Kuva 12 Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan.
- Kuva 13 Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu.
- Kuva 14 Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan.
- Kuva 15 Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: lämpötila ja kosteus.
- Kuva 16 Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: lämpötila ja kosteus.
- Kuva 17 Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyyskäyrä.
- Kuva 18 Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyyskäyrä.

- Kuva 19 Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu.
- Kuva 20 Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan.
- Kuva 21 Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu.
- Kuva 22 Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan.
- Kuva 23 Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: lämpötila ja kosteus.
- Kuva 24 Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: lämpötila ja kosteus.
- Kuva 25 Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyyssäyrä.
- Kuva 26 Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyyssäyrä.
- Kuva 27 Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu.
- Kuva 28 Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan.
- Kuva 29 Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu.
- Kuva 30 Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan.
- Kuva 31 Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: lämpötila ja kosteus.
- Kuva 32 Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: lämpötila ja kosteus.
- Kuva 33 Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyyssäyrä.
- Kuva 34 Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyyssäyrä.
- Kuva 35 Koneellinen poistoilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu.
- Kuva 36 Koneellinen poistoilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan.
- Kuva 37 Koneellinen poistoilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu.
- Kuva 38 Koneellinen poistoilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan.
- Kuva 39 Omakotitalo, koneellinen poistoilmanvaihto, paneelialakatto: lämpötila ja kosteus.

- Kuva 40 Omakotitalo, koneellinen poistoilmanvaihto, paneelialakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyyskäyrä.
- Kuva 41 Omakotitalo, koneellinen poistoilmanvaihto, paneelialakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu.
- Kuva 42 Omakotitalo, koneellinen poistoilmanvaihto, paneelialakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan.
- Kuva 43 Omakotitalo, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, paneelialakatto: lämpötila ja kosteus.
- Kuva 44 Omakotitalo, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, paneelialakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyyskäyrä.
- Kuva 45 Omakotitalo, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, paneelialakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu.
- Kuva 46 Omakotitalo, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, paneelialakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan.

### Keskeiset lyhenteet ja symbolit

**kosteussisältö ( $g/m^3$ )** on ilman sisältämä vesimäärä.

**(kosteusvaurio)indikaattorimikrobi** on mikrobi, jonka esiintyminen sisätiloissa viittaa kosteusvaurioon tarkasteltavassa tilassa tai siihen liittyvissä rakenteissa.

**kyllästyskosteus ( $v_k$ )** on tietyn lämpötilaisen ilman sisältämä enimmäiskosteusmäärä.

**suhteellinen kosteus (RH, %)** on ilmassa olevan kosteuden määrän suhde ilman kylästyskosteuteen eli enimmäiskosteuteen.

(Björkholtz, 1997).



## 1. Johdanto

Märkätilojen alakattorakenteiden kosteusteknisestä suunnittelusta on niukasti ohjeistusta hyvää rakentamistapaa käsittelevissä ohjeissa. Ohjeistuksen puute johtuu osin siitä, että alakattojen kosteusteknisestä toiminnasta ei juuri ole tutkittua tietoa.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on hankkia alustavasti tietoa huoneistomärkätilojen alakattojen taustatilojen kosteusolosuhteista ja mahdollisesta tarpeesta päivittää nykyistä käsitystä tilan kosteusteknisestä toimivuudesta.

## 2. Märkätilojen alakattorakenteita koskevat määräykset ja ohjeet

Suomen rakennusmääräyskokoelma sisältää rakenteita koskevia määräyksiä. Märkätilojen suunnittelua ja toteutusta koskevia määräyksiä on Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa C2 Kosteus.

Ohjetason tietoa rakenteiden toteutuksesta ja suunnittelusta löytyy mm. RIL 107-2000 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet –kirjasta, RT-korteista ja SisäRYL2000-kirjasta sekä materiaalinvalmistajien omista ohjeista.

### 2.1. MÄÄRÄYKSET

Yleisellä tasolla rakentamista koskevissa määräyksissä Suomen rakennusmääräyskokoelmassa sanotaan, että rakenteet ja LVI-järjestelmät on toteutettava niin, ettei sisäistä tai ulkoisista lähteistä peräisin oleva kosteus tunkeudu rakenteisiin tai rakennuksen sisätiloihin. Rakenteen on tarvittaessa kyettävä kuivumaan haittaa aiheuttamatta tai suunnitelmissa on esitettävä menetelmä rakenteen kuivaamisesta. (C2, 1998). Nykyisessä märkätilojen suunnittelussa oletuksena on, että alakattotilan kosteus poistuu huonetilan ilmanvaihdon avulla.

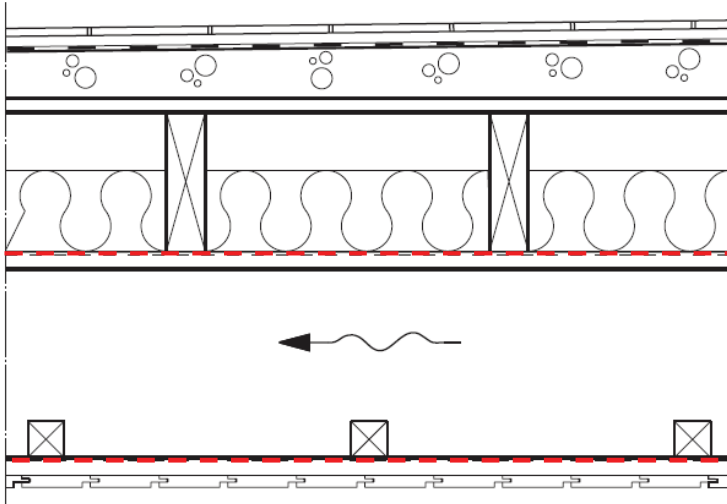
Märkätiloista määräystasolla on käsitelty ainoastaan lattia- ja seinäpinnat, jotka tulee vedeneristää. Kattorakenteiden toteutuksesta ei löydy määräystason tietoa.

## **2.2. OHJEET**

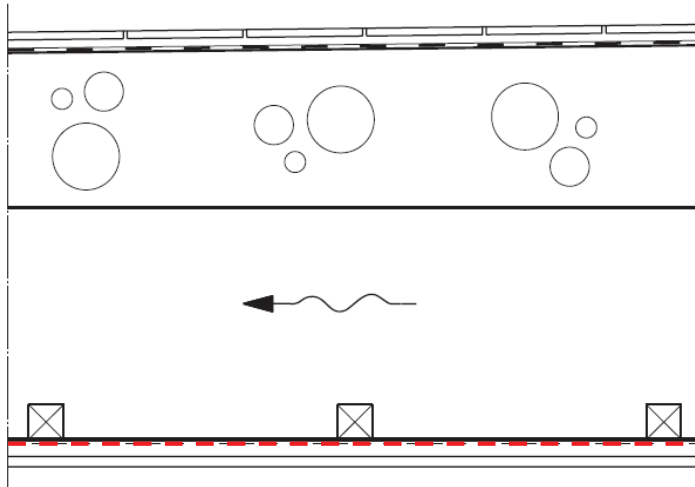
Vuonna 2007 päivättyssä RT-kortissa (RT 83-10902 Välipohjarakenteita) on käsitelty eri tyyppisiä märkätilojen kattorakenteita, jotka rajautuvat rakennuksen välipohjaan. Yhteisenä tekijänä kortin ohjeissa on höyrynsulun asentaminen kattoon. Puurakenteisissa välipohjissa höyrynsulku on ohjeistettu sijoitettavaksi joko kantavan rakenteen alapintaan, ennen alakaton tuulettuvaa taustatilaa tai alakaton koolausten ja kiinnitysautojen väliin. Mikäli höyrynsulku sijaitsee kantavan rakenteen alapinnassa, tulee alakaton taustatilan tuulettua alapuoliseen pesuhuonetilaan. Mikäli höyrynsulku taas sijaitsee alakaton koolausten alapinnassa, tulee taustatila tuulettaa viereiseen kuivaan tilaan ja alakaton tausta taas pesuhuonetilaan. Betonirakenteisten välipohjien kohdalla höyrynsulku on ohjeistettu asennettavaksi alakaton koolausten alapintaan. Höyrynsulku tulee liittää tiiviisti seinän vedeneristeeseen. (RT 83-10902, 2007). Höyrynsulun mahdolliset paikat on esitetty kuvissa 1 ja 2.

Vastaavat yläpohjan höyrynsulkua käsittelevät ohjeet on esitetty vuoden 2010 RT-kortissa 83-11010 Yläpohjarakenteita. Ratkaisut ovat periaatteeltaan samanlaiset kuin välipohjien kohdalla.

Puutalojen märkätiloja on käsitelty erikseen omassa RT-kortissaan (RT 84-10793 Puutalon märkätilat). Ohjeissa märkätilojen kattoon on asennettu myös höyrynsulkukalvo edellä olevien RT-korttien ohjeiden tavoin. Lisäksi on vaihtoehdoksi höyrynsulkukalvolle annettu kosteudensulkukäsitelty rakennuslevy. (RT 84-10793, 2003).



Kuva 1. Puurakenteiseen välipohjaan rajoittuva märkätilan kattorakenne. Höyrynsulku voi sijaita joko kantavaan palkiston alapinnassa tai alakaton koolausten ja kiinnityslautojen välissä. (RT 83-10902, 2007). Kuvassa höyrynsulun mahdolliset paikat on korostettu punaisella katkoviivalla.



Kuva 2. Betonirakenteinen välipohja. Alakaton koolausten ja kiinnityslautojen välissä on höyrynsulku. (RT 83-10902, 2007). Kuvassa höyrynsulku on korostettu punaisella katkoviivalla.

Vuonna 2003 päivättyssä RT-kortissa (RT 84-10806 Asuinhuoneistojen märkätilojen korjaus) betonirakenteisten märkätilojen kattojen höyrynsulukuksi riittää betonin päällä oleva pintakäsittely. Mikäli betoniseen välipohjaan tehdään alakatto, on ohjeistettu



joko asentamaan höyrynsulkukalvo alakaton paneeliverhouksen taakse tai vaihtoehtoisesti esitetty, että höyrynsulukuksi riittää alakaton maalipinta. (RT 84-10806, 2003).

### 3. *Ilmanvaihto*

Nykyisessä märkätilojen suunnittelussa oletuksena on, että märkätilan poistoilmanvaihto poistaa huonetilasta ja samalla myös alakaton taustatilasta tilan käytöstä aiheutuvan kosteuslisän. Ilmanvaihdolla on siis oleellinen merkitys märkätilan kosteusteknisen toimivuuden kannalta.

#### **3.1. MÄÄRÄYKSET**

Määräystasolla, Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, rakennuksen ilmanvaihdosta kerrotaan kosteuteen liittyvistä asioista seuraavaa. Rakennus on suunniteltava siten, että sisäilman kosteus pysyy käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa ja sisäilman kosteus ei saa olla jatkuvasti haitallisen korkea. Kosteus ei saa tiivistyä rakenteisiin, pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään siten, että siitä aiheutuisi kosteusvaurioita, mikrobien tai pieneliöiden kasvua tai muuta haittaa terveydelle. (D2, 2010).

#### **3.2. ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN EROJA**

Ilmanvaihtojärjestelmiä on pääperiaatteeltaan kolme lajia: painovoimainen ilmanvaihto, koneellinen poistoilmanvaihto ja koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.

Painovoimainen ilmanvaihto perustuu sisätilojen ja ulkoilman väliseen lämpötila- ja paine-eroon, lämmin kevyt ilma nousee ylös ja poistuu huonetilan yläreunassa sijaitsevan venttiilin kautta hormiin ja ulos. Tämä järjestelmä on riippuvainen ulkoilman olosuhteista. Kylmällä ilmalla, kun lämpötilaero sisätilojen ja ulkoilman välillä on suuri, poisto toimii tehokkaasti. Mitä pienempi lämpötilaero on, sitä huonommin

ilmanvaihto toimii tai pahimmassa tapauksessa ilmaa voi jopa virrata väärään suuntaan eli hormin kautta ulkoa sisälle. Erityisesti kesällä on riskinä ilmanvaihdon jääminen pieneksi, minkä seurauksena sisäilman kosteus voi nousta liian suureksi. Ulkopuolen tuulesta johtuvat paine-erot vaikuttavat myös poiston toimivuuteen ja ilmamäärät voivat vaihdella suuresti tuulisella säällä. Korvausilma tulisi ottaa korvausilmaventtiilien avulla, mutta käytännössä ilmaa tulee sisälle myös rakennuksen epätiivelyskohtien kautta rakenteiden läpi. (Seppänen O. ym. 1997).

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa ilmaa poistetaan koneellisesti esim. huippuimurilla. Korvausilma otetaan erillisten korvausilmaventtiilien avulla, mutta käytännössä, kuten painovoimaisessa ilmanvaihdossakin, ilmaa tulee sisälle myös rakennuksen epätiivelyskohdista rakenteiden läpi. Painovoimaiseen ilmanvaihtoon verrattuna koneellinen poistoilmanvaihto toimii tasaisemmin, koska se ei ole riippuvainen ulkoilman olosuhteista. (Seppänen O. ym. 1997). Koneellisen poistoilmanvaihdon riskinä on rakennuksen liiallinen alipaineisuus, jolloin rakenteiden kautta sisäilmaan voi tulla epäpuhtauksia.

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa ilmaa tuodaan ja poistetaan koneellisesti. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa on mahdollista lämmittää tuloilma, mikä vähentää vedontunnetta. Oikealla säädöllä rakennuksen alipaineisuus ei myöskään kasva liian suureksi, mikä on riskinä koneellisessa poistoilmanvaihdossa ja ajoittain myös painovoimaisessa ilmanvaihdossa.

Märkätiloja ajatellen koneellinen poistoilmanvaihto ja koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto ovat lähtökohtaisesti varmemmat ilmanvaihtojärjestelmät, koska niiden toiminta ei ole riippuvainen ulkoilman olosuhteista. Näillä ilmanvaihto on mahdollista säätää niin, että märkätilan ilma pysyy tilan käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa ja sisäilman kosteus ei muodostu jatkuvasti haitallisen korkeaksi. Nämäkin järjestelmät tosin vaativat ilmavirtojen säätämisen ja säännöllisen huoltamisen toimikseen suunnitellusti.

## 4. Kosteus ja mikrobit

Tärkein syy kosteuden riittävälle ja riittävän nopealle poistamiselle ilmanvaihdon avulla on ehkäistä mikrobikasvun muodostuminen. Karkeasti ottaen, mitä korkeampi kosteus ja mitä pidempään se jatkuu, sen todennäköisempää on mikrobikasvun alkaminen materiaaleissa ja niiden pinnoilla.

Toinen haittatekijä, minkä liiallinen kosteus voi aiheuttaa, on rakennusmateriaalien kemiallinen vaurioituminen ja sen seurauksena ilmaan vapautuvat yhdisteet.

### 4.1. KOSTEUSLÄHTEET

Märkätilassa on lähtökohtaisesti ajoittain hyvinkin korkea kosteus tilan käyttötarkoituksesta johtuen. Pesuhuoneen kosteuslähteitä on esitetty taulukossa 1 ja muita asunnon kosteuslähteitä taulukossa 2.

*Taulukko 1. Pesuhuoneen eri kosteuslähteitä ja niiden kosteuden tuottoja (Ympäristöopas 28, 1998).*

Kosteuslähde	Kosteustuotto (kg/h)
Kylpeminen	0,7
Suihku	2,6
Käsien pesu	0,007 kg/kerta
Pyökin pesu ja kuivaus	0,05 - 0,5

Taulukko 2. Asunnon eri kosteuslähteitä ja niiden kosteuden tuottoja (Ympäristöopas 28, 1998).

Kosteuslähde	Kosteustuotto (kg/h)
Ihminen	0,03 – 0,3
Astioiden pesu	0,2 kg/kerta
Huonekasvit	0,005 – 0,02
Akvaario	0,01

Pientalon kosteuslisäksi mitoituksessa on vuonna 2005 tehdyssä tutkimuksessa suositeltu talvikaudella käytettäväksi arvoa  $4 \text{ g/m}^3$  ja kesällä arvoa  $1,5 \text{ g/m}^3$ . Jos kohteen asumistiheys on suuri (asumispinta-ala  $< 30 \text{ m}^2/\text{asukas}$ ) tai kohteessa käytetään ilman kostutinta, tulisi käyttää vastaavasti arvoja  $5 \text{ g/m}^3$  ja  $2 \text{ g/m}^3$ . Mikäli ilmanvaihtokerroin on pieni eli  $< 0,3 \text{ 1/h}$ , tulee kosteuslisän suuruus arvioida erikseen. (Vinha ym. 2005). Nykyisten määräysten mukaan asunnon ilmanvaihtokertoimen tulee olla  $0,5 \text{ 1/h}$  (D2, 2010).

Sisäpuolisten kosteuslähteiden lisäksi sisäilman kosteuteen vaikuttavat myös ulkoilman olosuhteet. Talvella kylmä ulkoilma sisältää vähän kosteutta ( $\text{g/m}^3$ ), vaikka ulkoilman suhteellinen kosteus tällöin on korkea. Mikäli kylmää ulkoilmaa tuodaan sisälle, missä se lämpenee, on ulkoilman vaikutus sisäilmaan kosteutta alentava. Kesällä ulkoilman suhteellinen kosteus taas on talvea matalampi, mutta kosteussisältö huomattavasti suurempi. Mikäli sisälle, esimerkiksi jäähdytettyihin tiloihin, tuodaan ulkoa tätä lämmintä ilmaa, joka viilenee sisällä, on sen vaikutus sisäilmaan kosteutta lisäävä. Tämä johtuu siitä, että lämpimään ilmaan mahtuu kosteutta kylmää ilmaa enemmän ja näin lämpötilan muutokset vaikuttavat ilman suhteelliseen kosteuteen em. tavalla. Ilmaa lämmittämällä saadaan ilman suhteellinen kosteus laskemaan, vaikka kosteussisältö ( $\text{g/m}^3$ ) pysyisi samana.

Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty ulkoilman kosteussisältö ( $\text{g/m}^3$ ) ja suhteellinen kosteus eri kuukausien keskimääräisinä arvoina vuosilta 1961-1990 eri paikkakunnilla. Tau-

lukoista on nähtävissä, miten talvella ilman kosteussisältö on pieni, mutta suhteellinen kosteus korkea ja kesällä päinvastoin.

Taulukko 3. Ilman keskimääräiset vesihöyrypitoisuudet (g/m<sup>3</sup>) vuosina 1961-1990 eri paikkakunnilla. (RIL 107-2000, 2000).

Paikkakunta	Kuukausi											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Hki-Vantaa	2,45	2,41	3,16	4,37	6,08	8,42	10,17	10,01	7,90	6,01	4,34	3,11
Turku	2,66	2,55	3,24	4,46	6,13	8,16	9,98	9,87	7,96	6,12	4,49	3,28
Tampere	2,18	2,14	2,84	4,05	5,65	7,76	9,58	9,46	7,47	5,57	4,11	2,76
Lranta	1,98	2,06	3,18	4,15	5,94	8,24	9,95	9,89	7,85	5,61	4,01	2,65
Joensuu	1,63	1,72	2,57	3,72	5,40	7,94	9,77	9,41	7,22	5,19	3,52	2,22
Jyväskylä	1,88	1,94	2,70	3,87	5,63	7,90	9,64	9,42	7,17	5,32	3,71	2,41
Vaasa	2,27	2,24	2,98	4,20	5,82	7,94	9,77	9,48	7,51	5,76	4,07	2,78
Oulu	1,68	1,76	2,49	3,71	5,37	7,61	9,54	9,12	6,96	5,06	3,33	2,19
Sodankylä	1,17	1,32	1,94	2,96	4,49	6,76	8,38	7,82	6,28	4,02	2,37	1,41

Taulukko 4. Ilman keskimääräiset suhteelliset kosteudet (%) vuosina 1961-1990 eri paikkakunnilla. (RIL 107-2000, 2000).

Paikkakunta	Kuukausi											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Hki-Vantaa	88	86	82	74	65	66	72	78	84	86	89	89
Turku	89	87	82	75	66	64	71	76	83	86	89	90
Tampere	86	84	78	71	62	62	69	76	82	83	88	87
Lranta	88	87	82	73	64	65	70	78	84	87	91	90
Joensuu	87	85	82	73	64	65	70	78	84	86	90	89
Jyväskylä	88	87	81	73	65	65	72	80	85	87	91	89
Vaasa	88	87	84	77	69	67	73	79	84	87	90	89
Oulu	86	85	82	74	67	65	70	77	82	85	88	88
Sodankylä	85	84	80	72	66	65	69	77	84	87	89	86

## 4.2. MIKROBEISTA YLEISESTI

Mikrobit ovat silminnäkymättömiä eliöitä, kuten sieniä, bakteereja ja viruksia. Kosteusvauriomikrobit ovat sieniä ja bakteereja, joiden esiintyminen indikoi kosteusvauriota eli niiden esiintyminen sisätiloissa viittaa kosteusvaurioon. (Seuri ym. 1996).

Mikrobeista vapautuu ympäristöön useita aineita, joilla voi haitallisia vaikutuksia ihmisen terveyteen. Näitä ovat mm. elävät itiöt, itiöiden sisältä vapautuva hienopöly,

rihmaston kappaleet, mikrobien pintarakenteet ja aineenvaihduntatuotteet. (Putus, 2010. Seuri ym. 1996).

Mikrobien aiheuttamat oireet etenevät ja vaihtuvat homevaurion iän ja sen myötä vaihtuvan mikrobikannan myötä. Alkuvaiheessa ilmenee viihtyvyys- ja hajuhaittoja. Tämän jälkeen ilmenee epäspesifejä ärsytysoireita ja yleisoireita. Ärsytysoireiden jälkeen ilmaantuu toistuvia hengitystieinfektioita ja tulehduskierteitä ja mahdollisesti myös astma- ja allergiaoireita, kuten allergista nuhaa sekä silmä- ja iho-oireita. Pitkäaikaisen altistumisen jälkeen voi ilmaantua vakavia yleisoireita, neurologiasia oireita, kudosis- ja elinvaurioita sekä autoimmuunitauteja. (Putus, 2010).

Mikrobien ja niiden aiheuttamien terveysvaikutusten välistä yhteyttä ei kuitenkaan vielä täysin tunneta eikä pystytä osoittamaan, mitkä tekijät mikroobeissa aiheuttavat koetut oireet tai varsinaisen sairastumisen (Nevalainen ym. 2004).

### **4.3. MIKROBIKASVUN EDELLYTYKSET**

Mikrobit vaativat yksinkertaistettuna kolmea asiaa kasvaakseen: lämpöä, ravintoa ja kosteutta. Asuntojen sisälämpötilat ovat suotuisat useille mikrobilajeille ja ravinnoksi niille riittää esim. orgaaninen rakennusmateriaali tai huonepöly, joten ainoaksi kasvua rajoittavaksi tekijäksi muodostuu kosteus. Useat kosteusvauriomikrobit tarvitsevat melko korkean suhteellisen kosteuden pitoisuuden kasvaakseen. (Seuri ym. 1996.).

Pesutiloissa kosteusolosuhteet voivat nousta mikrobikasvulle suotuisaksi esim. suihkun aikana. Oletuksena kuitenkin on, että tilan ilmanvaihto poistaa kosteuden eikä suotuisia olosuhteita muodostu niin pitkiksi ajoiksi, että mikrobikasvu käynnistyisi. Hannu Viitasen ym. tutkimusten mukaan kosteus voi toistuvasti nousta yli 95 %, mikäli rakenne pääsee välillä kuivumaan. Esimerkiksi kostea jakso voi toistua tunnin verran joka vuorokausi ilman ongelmia. Kriittiseksi suhteellisen kosteuden arvoksi mikroilmastossa on tutkimuksilla havaittu 80 %. Tapauskohtaisesti tähän

arvoon vaikuttavat kuitenkin mm. lämpötila, vaikutusaika ja materiaalin pinnan muoto. (Viitanen ym. 2008).

Asumisterveysoppaan kriittiseksi suhteellisen kosteuden arvoksi on arvioitu homesienten, hiivojen ja aktinomykeettien osalta 65-85 %. Muut bakteerit ja lahottaj sienet vaativat korkeampia kosteuksia. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2008). Asumisterveysoppaan esitetyt raja-arvot ovat taulukossa 5.

*Taulukko 5. Erilaisten mikrobiryhmien minimikosteusvaatimukset agaralustoilla lämpötilaluueella 10-40°C (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2008).*

<b>Mikrobiryhmä</b>	<b>Kasvualustan tasapainokosteus</b>
Homesienet, hiivat, aktinomykeetit	65 – 85 %
Muut bakteerit	95 %
Sinistäjä- ja lahottaj sienet	95 % (vastaa puun kosteuspuitoisuutta 20 – 30 % kuivapainosta)

## 5. Alakaton taustatilan kosteusseuranta

Kosteuden ja lämpötilan seurantamittauksia tehtiin 5 eri rakennuksessa ja 10 eri kylpyhuoneessa. Mittaukset tehtiin tallentavilla dataloggereilla ja mittausjakson pituus oli jokaisessa kohteessa n. 11 vuorokautta.

### 5.1. KOSTEUS- JA LÄMPÖTILASEURANTA

Kosteuden ja lämpötilan seurantamittaukset tehtiin Testo 174 H -dataloggereilla, jotka mittaavat sekä suhteellista kosteutta (%) että lämpötilaa (°C). Mittareiden muistikapasiteetti on 8 000 tallennusta kummallekin mitattavalle suurelle. Mittausalue mittareilla on 0-100 RH% ja -20 – 70 °C. Virhemarginaali kosteusmittauksille on ± 3 % ja lämpötilamittauksille 0,5 °C.

Mittarit ohjelmoitiin tallentamaan tietoa 2 minuutin välein, jolloin saatiin yhteensä 8 000 tallennusta joka kohteelta noin 11 vuorokauden ajalta.

## **5.2. POISTOILMAMÄÄRÄN MITTAUS**

Kohteissa mitattiin poistoilmamäärät loggereiden asennus- ja poistohetkellä. Ilmanvaihdon toimintaa ei mitattu seurantamittauksena. Poistoilmamäärä mitattiin Swema 3000 -mittarilla sekä SWA 31 -termoanemometrianturilla ja anemometritorvella. Mittausten tarkkuus on noin  $\pm 5\%$ .

Tulosten tarkastelussa ilmamääriä on verrattu nykyisin voimassa oleviin määräyksiin (D2, 2010), ei rakennusten rakentamisaikana voimassa olleisiin määräyksiin.

## **5.3. KOHTEET**

Tutkimukseen valittiin kerrostalokohteet rakennuksista, joissa oli juuri valmistunut linjasaneeraus. Omakotitalokohteista toinen oli uudehko rakennus ja toinen rintamamiestalon uudisosa. Valintaperusteina kohteille olivat ilmanvaihtojärjestelmä, alakattomateriaali ja huoneiston sijainti rakennuksen korkeussuunnassa. Taulukkoon 6 on koottu kohteet ominaisuuksittain.

Ilmanvaihtojärjestelmistä verrattiin kerrostalokohteissa painovoimaista ilmanvaihtoa ja koneellista poistoilmanvaihtoa. Koska tutkimusmateriaali oli koottu vanhoista, saneeratuista kohteista, ei kerrostaloaineistoon löydetty sopivaa koneellisen tulo- ja poiston kohteita. Omakotitaloista uudessa oli koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto ja vanhan rakennuksen uudisosassa koneellinen poistoilmanvaihto.

Kylpyhuoneet pyrittiin kerrostaloissa valitsemaan rakennuksen eri kerroksista niin, että varsinkin painovoimaisen ilmanvaihdon kohteissa samassa rakennuksessa sijaitsevista kylpyhuoneista toinen sijaitsisi alimmissa ja toinen ylimmissä kerroksissa.



Alakattotyypeiksi valittiin kerrostalokohteissa tyypillisimmät ratkaisut: paneeli- ja kipsilevykatto. Oleellisimpana erona näiden välillä on paneelikaton epätiivius ja kipsilevykaton tiiveys. Paneelikatto on rakenteena epätiivis paneelien keskinäisten liittymien vuoksi, kattoa ei myöskään liitetä tiiviisti seinäpintoihin. Kipsilevykatto taas on lähtökohtaisesti melko tiivis, koska levyt asennetaan tiiviisti seinäpintoja vasten, levyjen liittymät saumataan ja levyjen pinta maalataan. Kohteissa ei ollut höyrynsulkuja alakaton takana, kun välipohjan materiaali oli betoni (kaikki kerrostalokohteet) ja yhdenkään märkätilan alakaton taustatila ei ollut tuuletettu viereiseen kuivaan tilaan. Omakotitalojen märkätilat sijaitsivat kumpikin niin, että alakaton takana oli puurunkoinen yläpohja höyrynsulkuineen.

*Taulukko 6. Mittauskohteet taulukoituna ominaisuuksittain.*

Kohde	Kerros	Rakennustyyppi	Rakentamisvuosi	Ilmanvaihto	Alakattomateriaali	Asukasmäärä	Muuta
1.1	1/7	Kerrostalo	1954	Painovoimainen	Paneeli	2	Suihkukaappi
1.2	7/7	Kerrostalo	1954	Painovoimainen	Paneeli	2	S.seinä ja verho
2.1	1/7	Kerrostalo	1924	Painovoimainen	Kipsilevy	2	Suihkuverho
2.2	5/7	Kerrostalo	1924	Painovoimainen	Kipsilevy	2	S.seinä
3.1	5/7	Kerrostalo	1960	Kon. poisto	Kipsilevy	5	Suihkukaappi
3.2	7/7	Kerrostalo	1960	Kon. poisto	Kipsilevy	3	-
4.1	4/7	Kerrostalo	1960	Kon. poisto	Paneeli	1	S.seinä ja verho
4.2	6/7	Kerrostalo	1960	Kon. poisto	Paneeli	1	S.seinä ja verho
5.1	-	Omakotitalo	1950/2002	Kon. poisto	Paneeli	3	-
6.1	-	Omakotitalo	2009	Kon. tulo ja poisto	Paneeli	4	-

## 5.4. MITTAPISTEIDEN SIIJOITTELU

Jokaisessa tarkastellussa pesuhuoneessa sijoitettiin kaksi loggeria pesuhuonetilan puolelle ja kaksi loggeria alakaton päällä olevaan tilaan. Lisäksi jokaisen tarkastelujakson aikana seurattiin ulkoilman olosuhteita kahdella loggerilla Turun alueella.

### 5.4.1 Pesuhuone

Pesuhuoneessa loggerien sijoittelussa tärkeimpänä kriteerinä oli se, etteivät ne sijaitse roiskevesien alueella. Toinen oleellinen kriteeri sijoittelulle oli lämpötila, jonka tulisi mittauspisteessä olla mahdollisimman lähellä huoneessa yleisesti vallitsevaa lämpötilaa, minkä vuoksi loggereita ei voitu sijoittaa esimerkiksi lämmityspattereiden viereen eikä peilikaapin päälle, jos kaapin yläreunassa oli valaisin. Loggereiden sijoittelussa tuli myös huomioida se, etteivät ne saaneet jättää pysyviä jälkiä pesuhuoneisiin. Kuvassa 3 loggeri on kiinnitetty pesuhuoneen seinässä olevaan pinta-asennettuun sähköjohtoon.



Kuva 3. Loggeri pesuhuoneen puolella. Pesuhuoneen puolella sijaitsevassa mittauspisteessä loggeri on kiinnitetty pintaan asennetun sähköjohtoon ympärille pistorasian alapuolella.

Nämä edellä mainitut kriteerit huomioiden loggerit pyrittiin sijoittamaan mahdollisuuksien mukaan korkeussuunnassa huoneen keskivaiheille. Käytännössä kuitenkin sijoittelun määräsi tilan tarjoamat mahdollisuudet, jotka usein olivat hyvin rajalliset.

#### **5.4.2 Alakattotila**

Tavoitteena oli saada loggerit sijoitettua mahdollisimman lähelle suihkupistettä alakaton takana. Lisäksi tavoitteena oli saada toinen loggeri sijoitettua alakaton taustan päälle ja toinen mahdollisimman lähelle yläpuolista väli- tai yläpohjan pintaa. Kuvassa 4 loggeri on sijoitettu paneelialakaton päälle.



*Kuva 4. Alakaton taustatilassa loggeri on sijoitettu paneelialakaton päälle. Kuvan alakattotilassa oli runsaasti tilaa loggerin sijoittelulle.*

Loggerien sijoittaminen alakaton taakse tapahtui katon tarkastusluukkujen kautta. Osassa kohteista luukut olivat melko pieniä (200 mm x 200 mm) ja alakaton taustatila täynnä vesijohtoja ja ilmanvaihtokanavia, mikä aiheutti käytännössä melkoisia rajoitteita loggerien sijoittelulle. Luukun sijainti suhteessa suihkupisteeseen asetti myös rajoitteita sille, kuinka lähelle suihkupistettä loggerit päästiin asentamaan.

Yläpinnan (välipohja tai yläpohja) läheisyyteen loggerit saatiin osassa kohteista asennettua onnistuneesti sijoittamalla vanerilevy lämpöeristettyjen vesijohtojen päälle, jolloin vaneri toimi lisäeristeenä, ja loggeri levyn päälle, kuten kuvassa 5, tai rautalankakiinnityksellä kiinnitettyä loggeri seinän yläreunaan. Yhdessä kohteessa havaittiin käytännössä, ettei mittaus onnistu sijoittamalla loggeri suoraan vesijohdon lämmöneristeen päälle, sillä lämpimän vesijohdon lämpötila häiritsi mittaustuloksia. Koska taustatilaan oli kuitenkin kaksi loggeria, saatiin toisen tulos käyttöön.



*Kuva 5. Loggeri sijoitettuna lämmöneristettyjen vesijohtojen päälle. Loggerin alla on vanerilevy korokkeena ja lisälämmöneristeenä.*

### **5.4.3 Ulkoilma**

Ulkoilman vertailumittaus tehtiin kaikissa jaksoissa samassa pihapiirissä Turun seudulla. Jotta ulkoilman mittaus olisi mahdollisimman luotettava, loggerit suojattiin sekä sateelta että auringonpaisteelta. Loggerit kiinnitettiin rautalangalla kertakäyttöisen ylösalaisin olevan pakasterasian sisälle, ilman rasian kantta. Rasian ulkopuoli päällystettiin alumiiniteipillä, jotta auringon lämpösäteily ei vaikuttaisi mittaustulokseen. Pakasterasian kiinnitystä varten rasian pohjaan kiinnitettiin rautalanka, jonka läpivienti tiivistettiin elastisella massalla. Pakasterasiat loggereineen sijoitettiin

vielä suojaisaan paikkaan puun alle, jotta sadevedet ja aurinko häiritsisivät mittausta mahdollisimman vähän. Ulkoilmamittauksen toteutus on kuvassa 6.



*Kuva 6. Ulkoilmamittauksessa loggerit on sijoitettu suojaisaan paikkaan puun alle. Loggerit on kiinnitetty alumiiniteipillä päällystettyjen pakasterasioiden sisälle ja näin ne on suojattu sekä sateelta että auringonpaisteelta.*

## 6. Tulokset

### 6.1. PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO JA PANEELIALAKATTO

Ensimmäiset mittaukset, kohteet 1.1 ja 1.2, suoritettiin 10. - 21.9.2010. Kohteet sijaitsivat kerrostalossa, jossa oli painovoimainen ilmanvaihto ja märkätilan alakattona paneeliverhoukset. Kohde 1.1 sijaitsi rakennuksen alimmassa kerroksessa ja kohde 1.2 saman rakennuksen ylimmässä kerroksessa.

Kohteessa 1.1 pesuhuoneessa oli suihkukaappi ja huoneen poistoilmaventtiili sijaitsi vastapäisessä nurkassa suihkupisteeseen nähden. Kohteessa 1.2 oli suihkuseinä ja suihkuverho ja poistoilmaventtiilin sijainti oli sama kuin kohteessa 1.1. Kummassakin asunnossa asui vakituisesti kaksi henkilöä.

## **Ilmanvaihto**

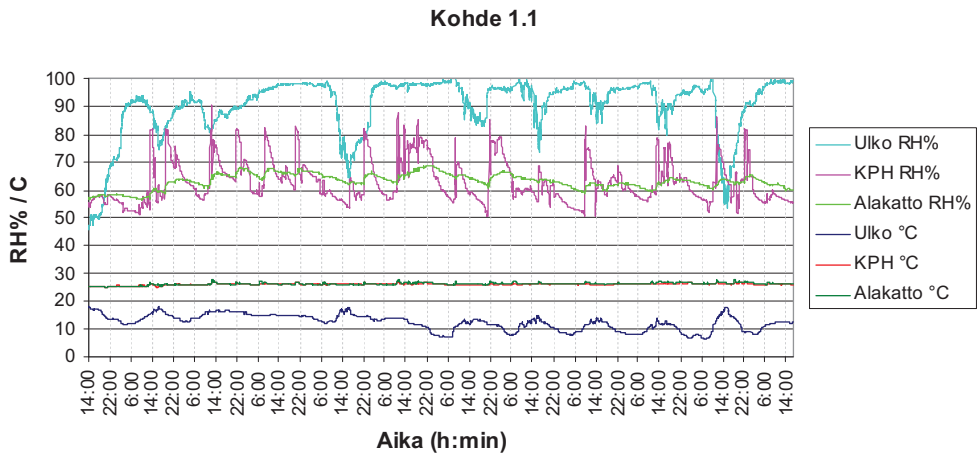
Poistoilmamäärät kohteessa 1.1 olivat mittausjakson alussa 3,5 l/s ja lopussa 0,5 l/s, kohteessa 1.2 mittausjakson alussa 2 l/s ja lopussa 2,5 l/s. Mittausjakson lopussa oli tuulinen sää, jolloin ilmamäärät vaihtelivat runsaasti varsinkin kohteessa 1.2. Mitatut ilmamäärät olivat pieniä. Nykyisten määräysten mukaan pesuhuoneen poistoilmamäärän tulisi olla 15 l/s tai 10 l/s, mikäli ilmanvaihtoa voidaan tehostaa tilan käytön mukaan (D2, 2010).

## **Suhteellinen kosteus**

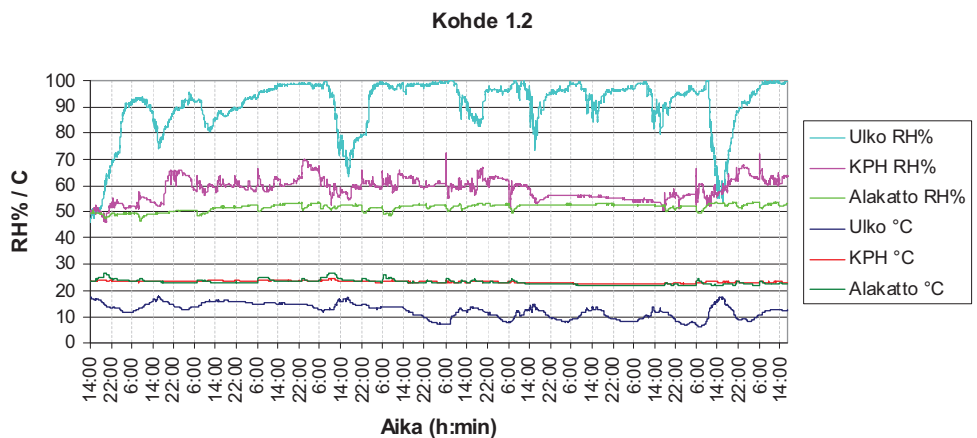
Kohteen 1.1 mittauksissa suihkussa käynnit erottuivat selkeinä kosteuspiikkeinä. Suhteellisen kosteuden arvot vaihtelivat pesuhuoneen puolella välillä 50 - 91 %. Alakaton taustatilassa suihkun käyttö erottui loivempina ja pitkäkestoisempina kosteuden nousuina. Suhteellisen kosteuden vaihtelu tapahtui välillä 56 - 69 %. Pesuhuoneen ja alakattotilan lämpötilat olivat tarkastelujaksolla melko korkeita. Lämpötilan vaihtelu tapahtui välillä 24,8 - 27,9 °C eikä pesuhuoneen ja alakaton taustatilan välillä ollut suuria eroja. Korkeita lämpötiloja voi selittää pesuhuoneen lattialämmitys, joka on voinut olla säädettyinä hyvin lämpimäksi ja heikosti toimiva ilmanvaihto, minkä seurauksena pesuhuoneen ilma ei vaihdu ja näin lämpötila muodostuu korkeaksi. Kohteen 1.1 koko mittausjakson suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelut on esitetty kuvassa 7.

Kohteen 1.2 mittauksissa ei erotu kohteen 1.1 tapaan selkeitä korkeita kosteuspiikkejä pesuhuoneen puolella. Kosteudet nousut ovat huomattavasti matalampia ja toistuvat useammin. Pesuhuoneen puolella suhteellinen kosteus vaihteli välillä 46 - 72 %. Alakaton taustatilan kosteudessa erottui pieniä kosteuden nousuja, jotka vaihtelivat välillä 47 - 54 %. Lämpötilat vaihtelivat välillä 21,8 - 26,6 °C. Korkeimmat lämpötilat ajoittuvat aamuihin ja iltoihin, jolloin ne selittyvät mahdollisesti pesuhuoneen käytöllä. Kohteen 1.2 koko mittausjakson suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelut on esitetty kuvassa 8.

Kummassakin kohteessa alakaton taustatilan kosteusolot seurasivat viiveellä pesuhuoneen kosteutta niin, että taustatilan alin kosteustaso sijoittui monesti pesuhuoneen korkeimman kosteustason kohdalle. Alakaton kosteus myös väheni huomattavasti hitaammin kuin pesuhuoneen puoleinen kosteus, minkä vuoksi alakaton taakse ei muodostunut varsinaisia kosteuspiikkejä, vaan pidempijaksoisia loivia kosteuden nousuja.



Kuva 7. Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto. Märkätilan kosteus seuranta 11 vuorokauden ajan 2 minuutin välein. Mittausajankohta 10. - 21.9.2010.

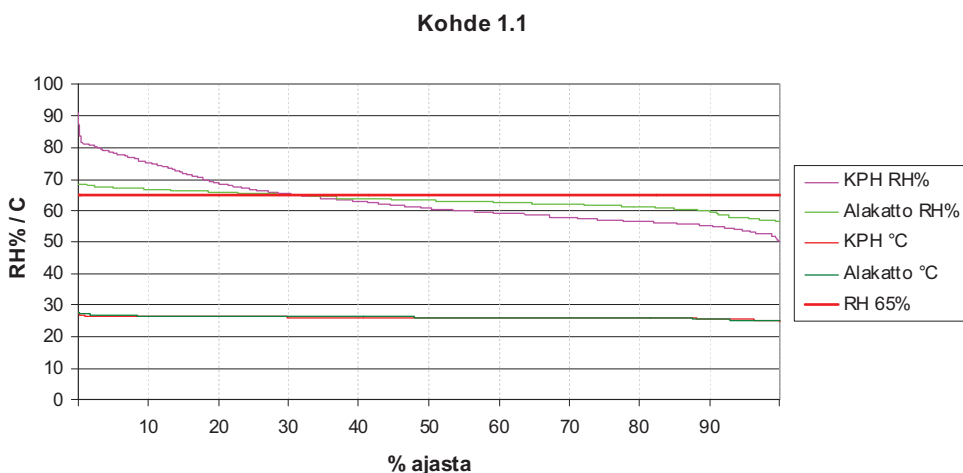


Kuva 8. Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto- Märkätilan kosteus seuranta 11 vuorokauden ajan 2 minuutin välein. Mittausajankohta 10. - 21.9.2010.

## Suhteellinen kosteus suhteessa aikaan

Kohteessa 1.1 pesuhuoneen puolella kosteus oli 33 % mittausajasta yli 65 %. Kosteus oli 50 % ajasta yli 60 %. Alakaton taustatilassa kosteus oli 34 % ajasta yli 65 %, maksimissaan kosteus nousi kuitenkin vain 69 %:in. Alakaton taustatilan kosteus oli 50 % ajasta yli 63 %. Alakaton taustatilassa kosteus säilyi pesuhuonetta pidempään. Tulokset on esitetty kuvassa 9.

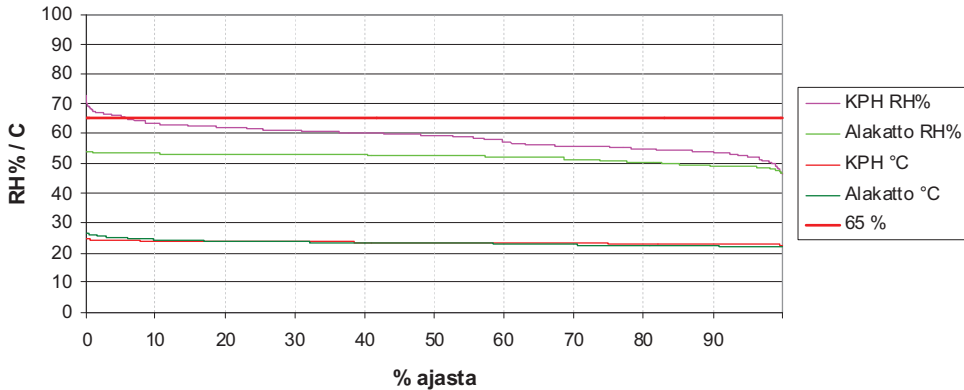
Kohteessa 1.2 suhteellisen kosteuden arvot olivat pesuhuoneen puolella 7 % ajasta yli 65 % ja alakaton taustatilan puolella 65 % suhteellinen kosteus ei ylittynyt. Kosteus oli pesuhuoneen puolella 50 % ajasta yli 58 % ja alakaton taustatilassa yli 52 %. Tulokset on esitetty kuvassa 10.



Kuva 9. Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyysskäyrä. Mittausajankohta 10. - 21.9.2010.



## Kohde 1.2



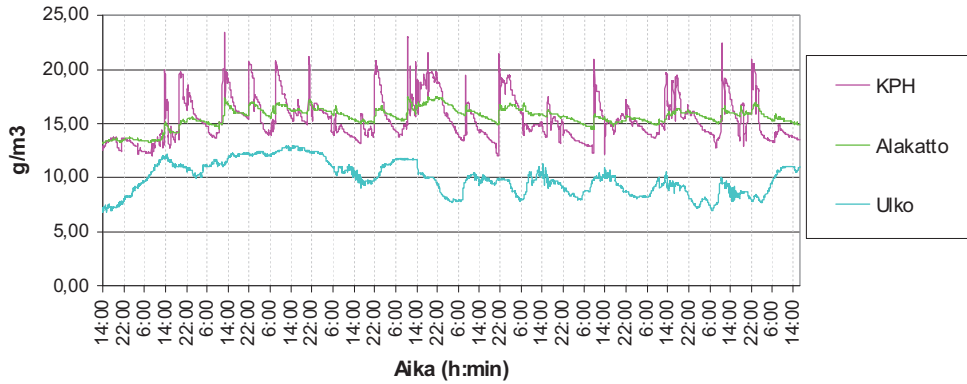
Kuva 10. Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyysskäyrä. Mittausajankohta 10. - 21.9.2010.

## Kosteuslisä

Kohteen 1.1 alakaton taustatilan kosteuslisä ulkoilman kosteuteen verrattuna vaihteli välillä 1,9 - 8,9 g/m<sup>3</sup> ja keskiarvo kosteuslisälle oli 5,6 g/m<sup>3</sup>. Pesuhuoneen puolella kosteuslisä vaihteli välillä 0,7 - 13,0 g/m<sup>3</sup>, keskiarvon ollessa 5,4 g/m<sup>3</sup>. Kohteen 1.1 mittausjakson kosteussisällön vaihtelut ovat kuvassa 11 ja kosteuslisät ulkoilmaan nähden kuvassa 12. Kosteuslisä oli huomattavasti suurempi kuin tutkimuksilla saatu mitoitusarvo pientalon kesäajan kosteuslisälle, joka on 1,5 g/m<sup>3</sup> (Vinha ym. 2005). Mitoitusarvo tosin perustuu siihen, että ilmanvaihto toimii normaalisti eli nykyisten suunnitteluarvojen mukaan ja kohteessa 1.1 mitatut poistoilmamäärät jäivät näitä huomattavasti alhaisemmiksi.

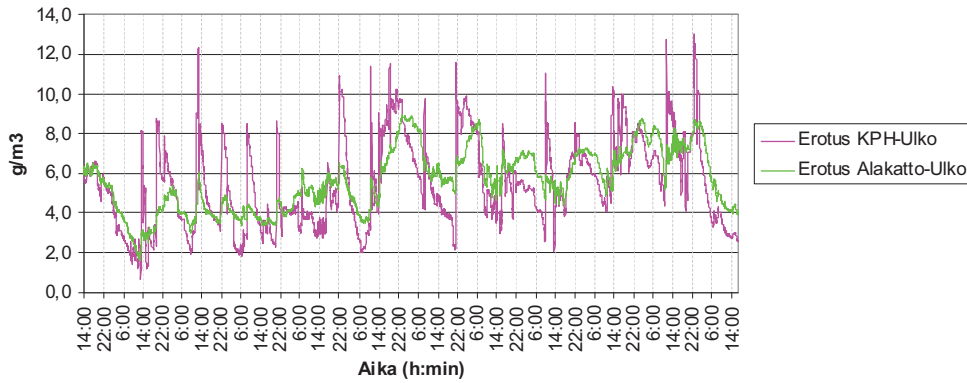
Kohteen 1.2 alakaton taustatilan kosteuslisä ulkoilman kosteuteen vaihteli välillä -1,5 - 4,3 g/m<sup>3</sup>, keskiarvo kosteuslisälle oli 0,8 g/m<sup>3</sup>. Pesuhuoneen puolella kosteuslisä vaihteli välillä -0,5 - 7,9 g/m<sup>3</sup> ja keskiarvo oli 2,4 g/m<sup>3</sup>. Kosteuslisä oli erittäin pieni sekä alakaton taustatilassa että pesuhuoneen puolella ottaen huomioon mitatut poistoilmamäärät, jotka olivat nykyisiin suunnitteluarvoihin nähden hyvin pieniä. Kohteen 1.2 mittausjakson kosteussisällön vaihtelut ovat kuvassa 13 ja kosteuslisät ulkoilmaan nähden kuvassa 14.

### Kohde 1.1 Kosteussisältö



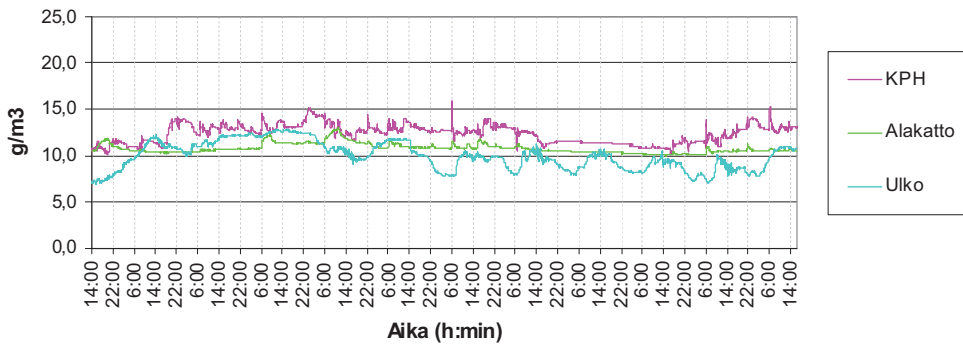
Kuva 11. Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu. Mittausajankohta 10. - 21.9.2010.

### Kohde 1.1 Kosteuslisä



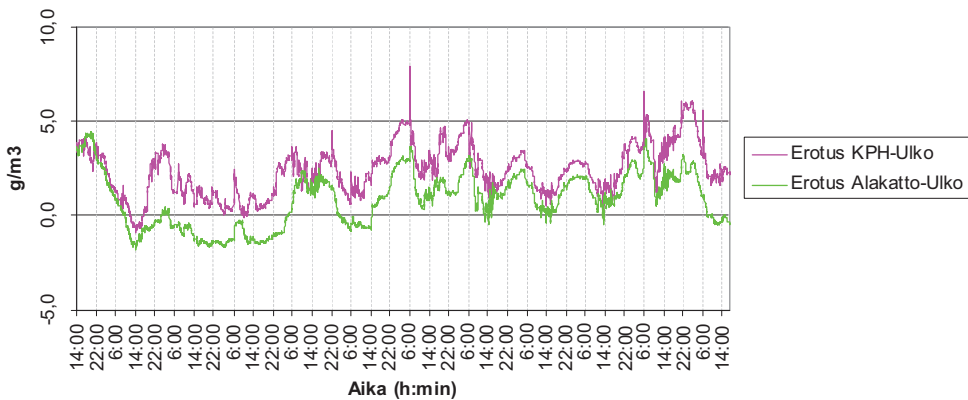
Kuva 12. Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan. Mittausajankohta 10. - 21.9.2010.

### Kohde 1.2 Kosteussisältö



Kuva 13. Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu. Mittausajankohta 10. - 21.9.2010.

### Kohde 1.2 Kosteuslisä



Kuva 14. Painovoimainen ilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan. Mittausajankohta 10. - 21.9.2010.

## 6.2. PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO JA KIPSILEVYALAKATTO

Toinen mittausjakso, kohteet 2.1 ja 2.2, suoritettiin 24.9. - 5.10.2010. Kohteet sijaitsivat kerrostalossa, jossa oli painovoimainen ilmanvaihto ja märkätilan alakattona kipsilevy-

vyverhous. Kohde 2.1 sijaitsi rakennuksen alimmassa kerroksessa ja kohde 2.2 saman rakennuksen viidennessä kerroksessa.

Kohteessa 2.1 oli suihkuverho. Poistoilmaventtiili sijaitsi seinän yläreunassa suihkupisteen viereisessä nurkassa. Kohteessa 2.2 ei ollut suihkun ympärillä mitään suojasta roiskevesiä varten. Poistoilmaventtiili sijaitsi seinän yläosassa suihkupistettä vastapäisellä seinällä. Asunnossa 2.1 asui kaksi henkilöä ja asunnossa 2.2 yhdestä kahteen henkilöä.

### **Ilmanvaihto**

Poistoilmamäärät kohteessa 2.1 olivat mittausjakson alussa ja lopussa 3,5 l/s, kohteessa 2.2 mittausjakson alussa 1,7 l/s ja lopussa 2,5 l/s. Ilmamäärät olivat pieniä. Nykyisten määräysten mukaan pesuhuoneen poistoilmamäärän tulisi olla 15 l/s tai 10 l/s, mikäli ilmanvaihtoa voidaan tehostaa tilan käytön mukaan (D2, 2010).

### **Suhteellinen kosteus**

Kohteen 2.1 mittauksissa suihkussa käynnit erottuivat selkeinä kosteuspiikkeinä. Suhteellisen kosteuden arvot vaihtelivat pesuhuoneen puolella välillä 29 - 85 %. Alakaton taustatilassa pesuhuoneen kosteuspiikit erottuivat kosteuden hetkellisenä pienenä nousuna. Alakaton taustatilan nousut olivat havaittavissa mittausjakson alkupuolella, mutta loppupuolella vastaavaa pientä selkeää nousua ei ollut havaittavissa. Alakaton taustatilan suhteellisen kosteuden vaihtelu tapahtui välillä 36 - 52 %. Pesuhuoneen ja alakattotilan lämpötilat olivat tarkastelujaksolla melko korkeita. Lämpötilan vaihtelu tapahtui välillä 24,3 - 30,8 °C. Kohteen 2.1 koko mittausjakson suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelut on esitetty kuvassa 15.

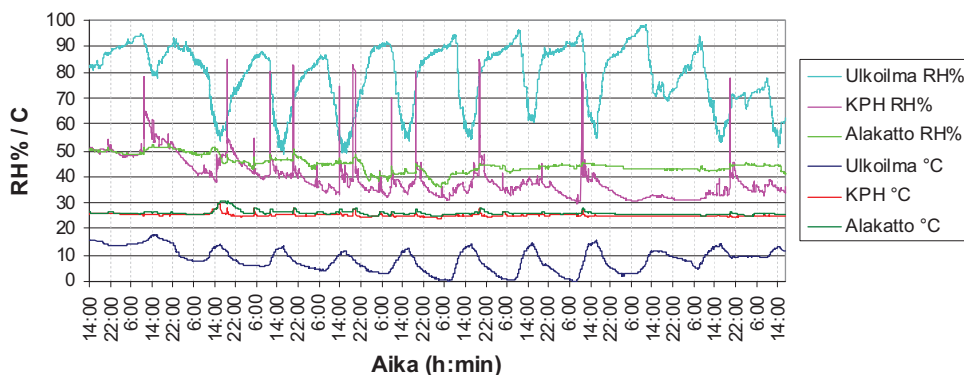
Kohteen 2.2 pesuhuoneen käyttö oli hyvin vähäistä mittausjakson aikana. Mittaustuloksissa erottuu ainoastaan kaksi kosteuspiikkiä pesuhuoneen puolella. Pesuhuoneen puolella suhteellinen kosteus vaihteli välillä 28 - 80 %. Alakaton taustatilan kosteus seurasi melko samanaikaisesti pesuhuoneen kosteusolojen muutoksia. Pienemmät kosteuden muutokset olivat melko samansuuruisia pesuhuoneessa ja taustatilassa,

suuremmat pesuhuoneen piikit nousivat taustatilan kosteuksia huomattavasti korkeammiksi. Alakaton taustatilan kosteudet vaihtelivat välillä 29 - 52 %. Lämpötilat pesuhuoneessa ja alakaton taustatilassa vaihtelivat välillä 22,1 - 24,6 °C. Kohteen 2.2 koko mittausjakson suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelut on esitetty kuvassa 16.

Kummassakin kohteessa suihkussa käynnit erottuivat pieninä, lyhytkestoisina kosteuden nousuina alakaton taustatilassa. Kosteuskäyrä on samanmallinen sekä huoneen että alakaton puolella, toisin kuin kohteessa 1.1, jossa alakaton taustan kosteus seurasi pesuhuoneen kosteuden nousua ja laskua viiveellä ja muodosti laajemman kuvion. Lähtökohtaisesti olisi voinut olettaa kuvioiden olevan juuri päinvastaiset alakattorakenteiden tiiviyksiä ajatellen. Kipsilevykatto on paneelikattoa tiiviimpi, minkä vuoksi olisi luullut kosteuden tasaantuvan tämän takana pidemmällä viiveellä kuin harvarakenteisemmän paneelikaton. Paneelikaton takana olosuhteiden olisi voinut olettaa seuraavan samanaikaisemmin pesuhuoneen olosuhteita. Kummallakin alakattomateriaalilla painovoimaisen ilmanvaihdon kohteissa, joissa suihkussa käynnit erottuvat pesuhuoneen puolella selkeästi, jää alakaton taustatilan kosteus korkeammaksi kuin pesuhuoneen kosteus, suihkun aiheuttaman piikin laskettua.

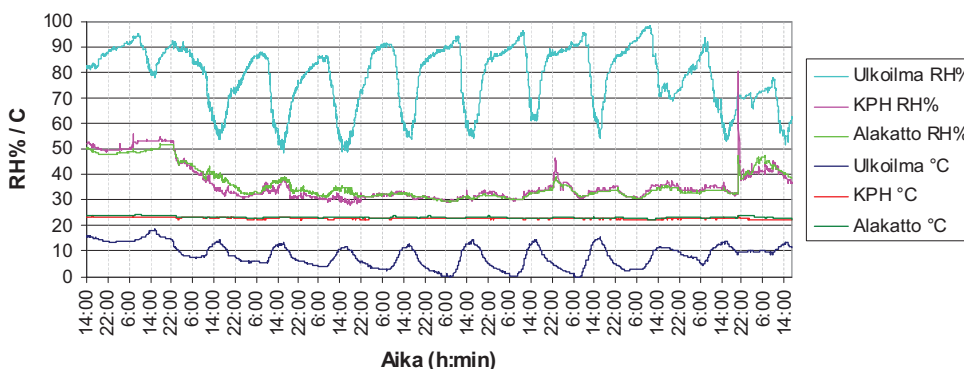
Mittausjakson alussa näkyy hyvin ulkoilman kosteuden vaikutus pesuhuoneen ilman kosteuteen, vaikutus on selkeämmin havaittavissa kohteessa 2.2, jossa pesuhuoneen käyttö ja näin myös kosteustuotto on ollut vähäistä. Mittausjakson toisen vuorokauden jälkeen ulkoilman kosteus laski yöllä 50 % tuntumaan, kun aikaisemmin kosteus on yölläkin pysynyt pääsääntöisesti lähes 80 %:ssa, mikä on havaittavissa ensimmäisen jakson ulkoilmamittauksista (kohteet 1.1 ja 1.2). Vaikka päivällä kosteus nousi edelleen yli 90 %, aiheutti tämä yön pudotus sen, että pesuhuoneen taustakosteus putosi 50 %:sta 30 - 40 %:in.

### Kohde 2.1



Kuva 15. Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: lämpötila ja kosteus. Märkätilan kosteus seuranta 11 vuorokauden ajan 2 minuutin välein. Mittausajankohta 24.9. - 5.10.2010.

### Kohde 2.2



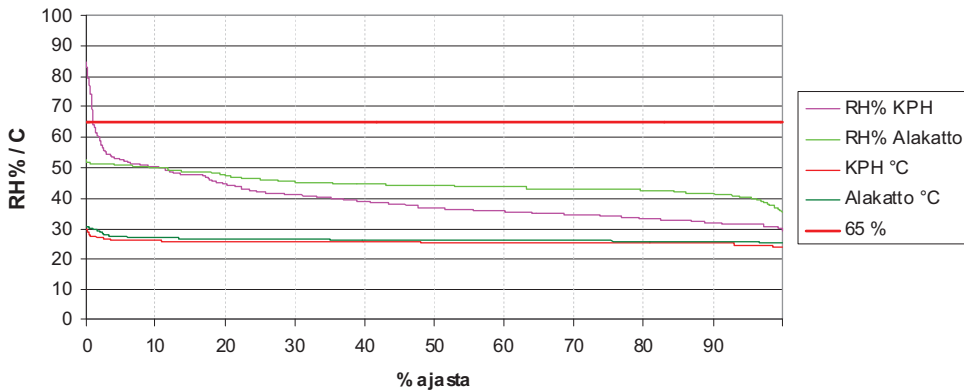
Kuva 16. Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: lämpötila ja kosteus. Märkätilan kosteus seuranta 11 vuorokauden ajan 2 minuutin välein. Mittausajankohta 24.9. - 5.10.2010.

### Suhteellinen kosteus suhteessa aikaan

Kohteessa 2.1 pesuhuoneen puolella kosteus pysyi yli 65 % ainoastaan 1 % mittausajasta. Kosteus oli pesuhuoneen puolella 50 % ajasta yli 37 %. Alakaton taustatilassa kosteus ei noussut lainkaan yli 65 %:n. Alakaton taustatilassa kosteus oli 50 % ajasta yli 44 %. Alakaton taustatilassa kosteus pysyi pesuhuoneen kosteutta korkeammalla. Tulokset on esitetty kuvassa 17.

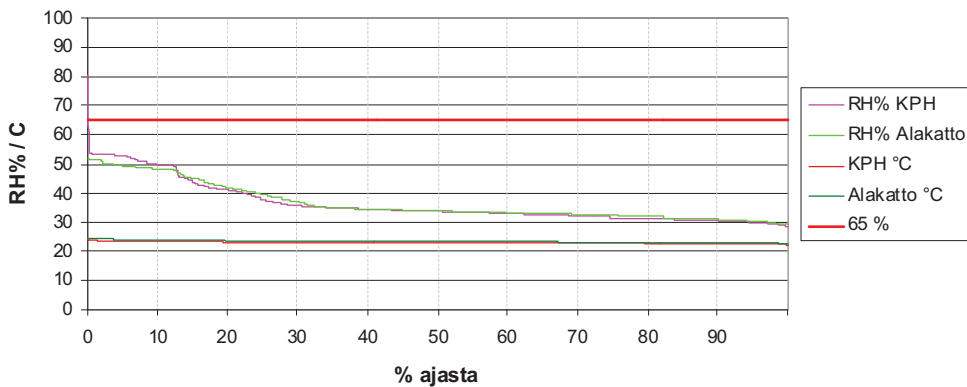
Kohteessa 2.2 pesuhuoneen suhteellisen kosteuden arvot ylittivät hyvin pienen hetken 65 % (14 minuuttia 11 vuorokauden aikana) ja alakaton taustatilan puolella 65 % ei ylity. Kosteus oli 50 % ajasta yli 34 % pesuhuoneessa ja alakaton taustatilassa. Kohteen pesuhuonetta ei tosin juurikaan käytetty mittausjaksolla, joten tulokset eivät ole vertailukelpoisia muiden kohteiden kanssa. Tulokset on esitetty kuvassa 18.

### Kohde 2.1



Kuva 17. Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyysskäyrä. Mittausajankohta 24.9. - 5.10.2010.

### Kohde 2.2

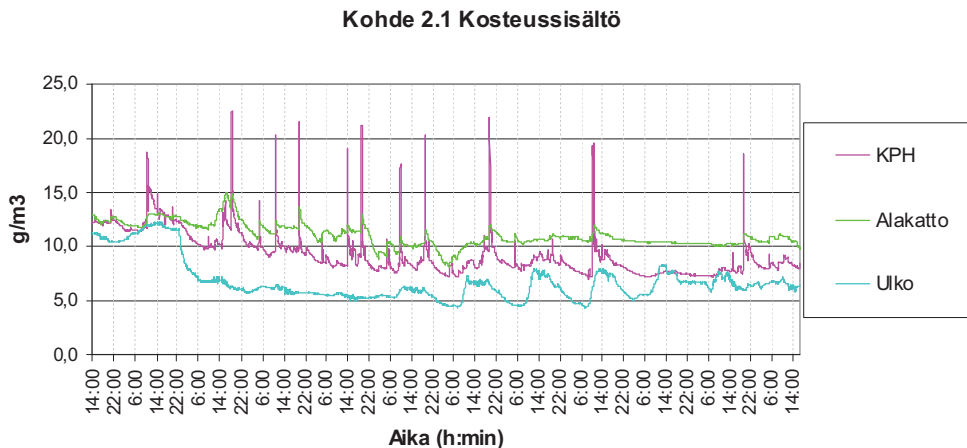


Kuva 18. Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyysskäyrä. Mittausajankohta 24.9. - 5.10.2010.

## Kosteuslisä

Kohteen 2.1 alakaton taustatilan kosteuslisä ulkoilman kosteuteen verrattuna vaihteli välillä 0,2 - 8,1 g/m<sup>3</sup> ja keskiarvo kosteuslisälle oli 4,3 g/m<sup>3</sup>. Pesuhuoneen puolella kosteuslisä vaihteli välillä -0,6 – 16,1 g/m<sup>3</sup>, keskiarvon ollessa 2,5 g/m<sup>3</sup>. Kohteen 2.1 mittausjakson kosteussisällön vaihtelut on esitetty kuvassa 19 ja kosteuslisät ulkoilmaan nähden kuvassa 20. Kosteuslisä pesuhuoneen puolella oli korkeampi kuin tutkimuksilla (Vinha ym. 2005) saatu mitoitusarvo pientalon kesäajan kosteuslisälle, joka on 1,5 g/m<sup>3</sup>. Pesuhuoneen keskiarvo oli tätä suurempi.

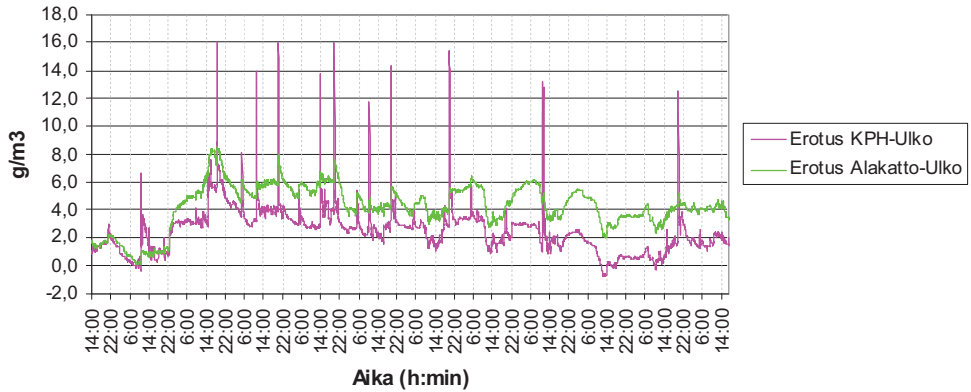
Kohteen 2.2 alakaton taustatilan kosteuslisä ulkoilman kosteuteen vaihteli välillä -1,4 – 3,3 g/m<sup>3</sup>, keskiarvo kosteuslisälle oli 0,9 g/m<sup>3</sup>. Pesuhuoneen puolella kosteuslisä vaihteli välillä -1,3 – 11,2 g/m<sup>3</sup> ja sen keskiarvo oli 0,6 g/m<sup>3</sup>. Kosteuslisä oli erittäin pieni sekä alakaton taustatilassa että pesuhuoneen puolella. Kosteuslisän pienuutta selittää se, ettei kohteen pesuhuonetta juuri käytetty mittausjaksolla. Kohteen 2.2 mittausjakson kosteussisällön vaihtelut on esitetty kuvassa 21 ja kosteuslisät ulkoilmaan nähden kuvassa 22.



Kuva 19. Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu. Mittausajankohta 24.9. - 5.10.2010.

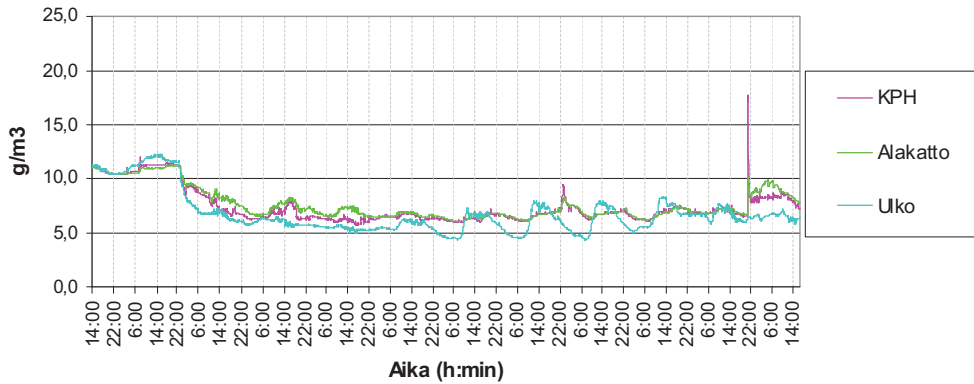


### Kohde 2.1 Kosteuslisä



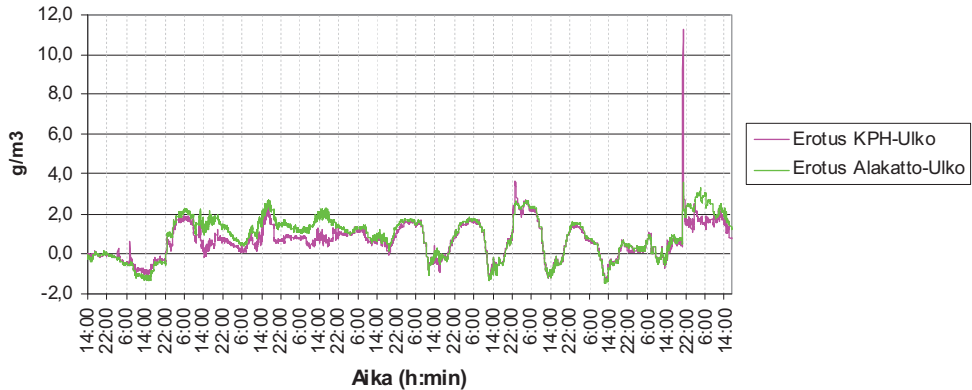
Kuva 20. Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan. Mittausajankohta 24.9. - 5.10.2010.

### Kohde 2.2 Kosteussisältö



Kuva 21. Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu. Mittausajankohta 24.9. - 5.10.2010.

## Kohde 2.2 Kosteuslisä



Kuva 22. Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan. Mittausajankohta 24.9. - 5.10.2010.

### 6.3. KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTO JA KIPSILEVYALAKATTO

Kolmannet mittaukset, kohteet 3.1 ja 3.2, suoritettiin 8. - 19.10.2010. Kohteet sijaitsivat kerrostalossa, jossa oli koneellinen poistoilmanvaihto ja märkätilan alakattona kipsilevyverhous. Kohde 3.1 sijaitsi rakennuksen viidennessä kerroksessa ja kohde 3.2 saman rakennuksen ylimmässä eli seitsemännessä kerroksessa.

Kohteessa 3.1 pesuhuoneessa oli suihkukaappi ja huoneen poistoilmaventtiili sijaitsi katossa suihkunurkan lähellä. Kohteessa 3.2 ei ollut suihkukaappia tai muuta vastaava estämässä roiskevesien leviämistä huoneessa. Poistoilmaventtiilin sijainti oli sama kuin kohteessa 3.1. Asukkaita kohteessa 3.1 oli viisi ja kohteessa 3.2 kolme.

#### Ilmanvaihto

Poistoilmamäärät kohteessa 3.1 olivat mittausjakson alussa 7,5 l/s ja lopussa 13 l/s, kohteessa 3.2 mittausjakson alussa 11 l/s ja lopussa 6,5 l/s. Ilmanvaihto toimi mittausajankohtina täydellä teholla. Nykyisten määräysten mukaan pesuhuoneen poistoil-

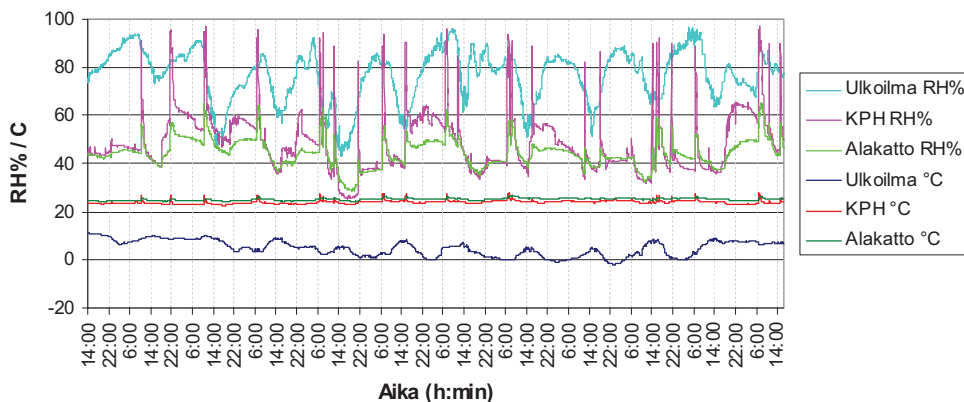
määrän tulisi olla 15 l/s tai 10 l/s, mikäli ilmanvaihtoa voidaan tehostaa tilan käytön mukaan (D2, 2010).

### **Suhteellinen kosteus**

Kohteen 3.1 mittauksissa suihkussa käynnit erottuivat selkeinä kosteuspiikkeinä. Suhteellisen kosteuden arvot vaihtelivat pesuhuoneen puolella välillä 25 - 97 %. Alakaton taustatilassa suihkun käyttö erottui samanaikaisina, mutta matalampina kosteuden nousuina. Suhteellisen kosteuden vaihtelu tapahtui välillä 29 - 66 %. Pesuhuoneen ja alakattotilan lämpötilat olivat tarkastelujaksolla melko korkeita. Lämpötilan vaihtelu tapahtui pesuhuoneessa välillä 22,3 - 28,4 °C ja alakaton taustatilassa välillä 24,1 - 26,8 °C. Lämpötilan nousut erottuivat selkeinä piikkeinä suihkujen aikana pesuhuoneen puolella, alakaton takana nousut olivat vähäisempiä ja loivempia ja lämpötila pysyi myös korkeampana kuin huonetilan puolella. Kohteen 3.1 koko mittausjakson suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelut on esitetty kuvassa 23.

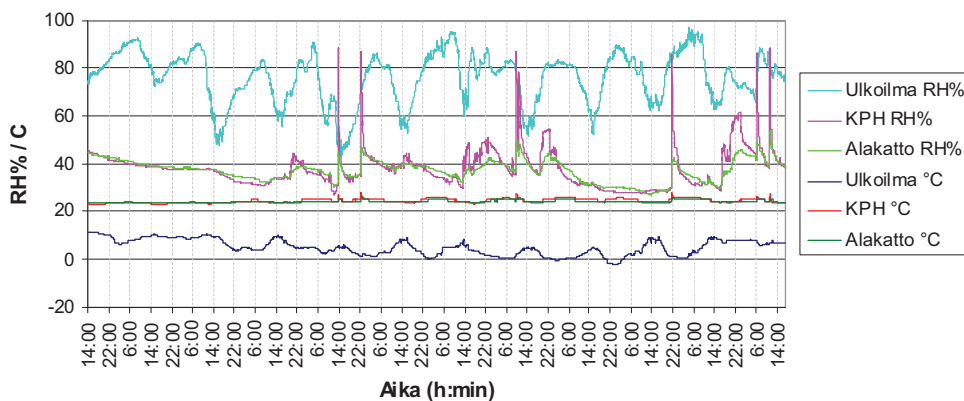
Kohteen 3.2 mittauksissa suihkussa käynnit erottuivat selkeinä kosteuspiikkeinä kohteen 3.1 tavoin. Suhteellisen kosteuden arvot vaihtelivat pesuhuoneen puolella välillä 27 - 89 %. Alakaton taustatilassa suihkun käyttö erottui samanaikaisina, mutta matalampina kosteuden nousuina. Suhteellisen kosteuden vaihtelu tapahtui välillä 27 - 54 %. Lämpötilat vaihtelivat pesuhuoneessa välillä 23,3 - 28,3 °C ja alakaton taustatilassa välillä 23,6 - 25,6 °C. Lämpötilan nousut erottuivat selkeinä piikkeinä suihkujen aikana pesuhuoneen puolella, alakaton takana nousut olivat vähäisempiä ja loivempia. Kohteen 3.1 koko mittausjakson suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelut on esitetty kuvassa 24.

### Kohde 3.1



Kuva 23. Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: lämpötila ja kosteus. Märkätilan kosteusseuranta 11 vuorokauden ajan 2 minuutin välein. Mittausajankohta 8. - 19.10.2010.

### Kohde 3.2



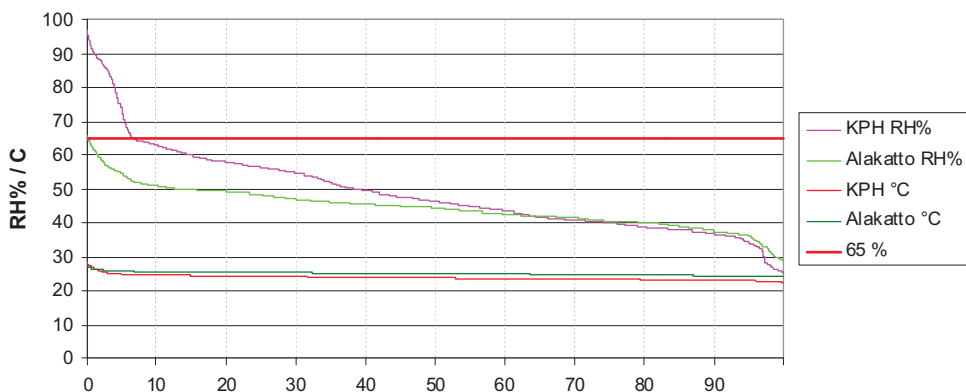
Kuva 24. Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: lämpötila ja kosteus. Märkätilan kosteusseuranta 11 vuorokauden ajan 2 minuutin välein. Mittausajankohta 8. - 19.10.2010.

### Suhteellinen kosteus suhteessa aikaan

Kohteessa 3.1 pesuhuoneen puolella kosteus pysyi yli 65 % noin 7 % mittausajasta. Kosteus oli 50 % ajasta yli 46 %. Alakaton taustatilassa kosteus oli yli 65 % noin 40 minuuttia koko mittausajasta, joka kesti 11 vuorokautta. Alakaton taustatilan kosteus oli 50 % ajasta yli 44 %. Tulokset on esitetty kuvassa 25.

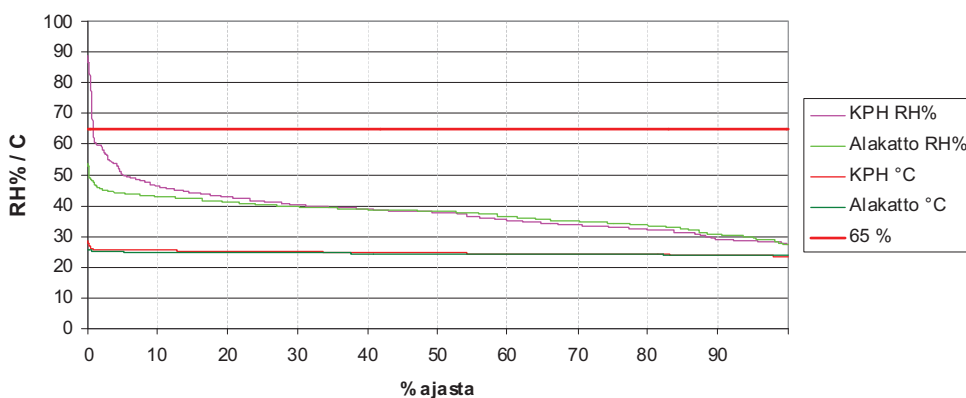
Kohteessa 3.2 pesuhuoneen puolella kosteus pysyi yli 65 % alle 1 % mittausajasta. Kosteus oli 50 % ajasta yli 38 %. Alakaton taustatilassa kosteus ei noussut lainkaan yli 65 %. Alakaton taustatilan kosteus oli 50 % ajasta yli 38 %. Tulokset on esitetty kuvassa 26.

### Kohde 3.1



Kuva 25. Koneellinen poistoilmavaihto ja kipsilevyalakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyyskäyrä. Mittausajankohta 8. - 19.10.2010.

### Kohde 3.2



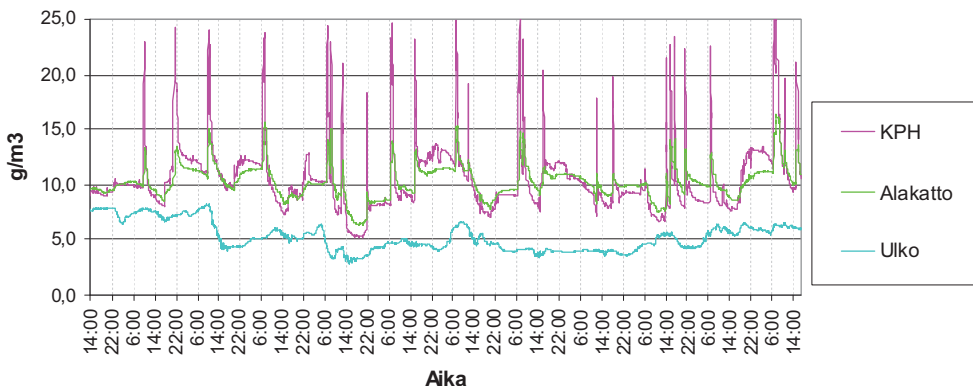
Kuva 26. Koneellinen poistoilmavaihto ja kipsilevyalakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyyskäyrä. Mittausajankohta 8. - 19.10.2010.

## Kosteuslisä

Kohteen 3.1 alakaton taustatilan kosteuslisä ulkoilman kosteuteen verrattuna vaihteli välillä 1,5 – 11,5 g/m<sup>3</sup> ja keskiarvo kosteuslisälle oli 5,0 g/m<sup>3</sup>. Pesuhuoneen puolella kosteuslisä vaihteli välillä 1,2 – 20,9 g/m<sup>3</sup>, keskiarvon ollessa 5,3 g/m<sup>3</sup>. Kohteen 1.1 mittausjakson kosteussisällön vaihtelut on esitetty kuvassa 27 ja kosteuslisät ulkoilmaan nähden kuvassa 28. Kosteuslisä oli hieman suurempi kuin tutkimuksilla (Vinha ym. 2005) saatu mitoitusarvo pientalon talviajan kosteuslisälle, joka on 4 g/m<sup>3</sup>. Mikäli asunnon asumistiheys on suuri, on mitoitusarvoksi suositeltu kuitenkin käytettäväksi 5 g/m<sup>3</sup>. Tarkasteltavan asunnon asumistiheys on suurempi kuin samassa rakennuksessa sijaitsevan kohteen 3.2, jonka pesuhuoneesta mitatut kosteuslisät olivat huomattavasti pienempiä.

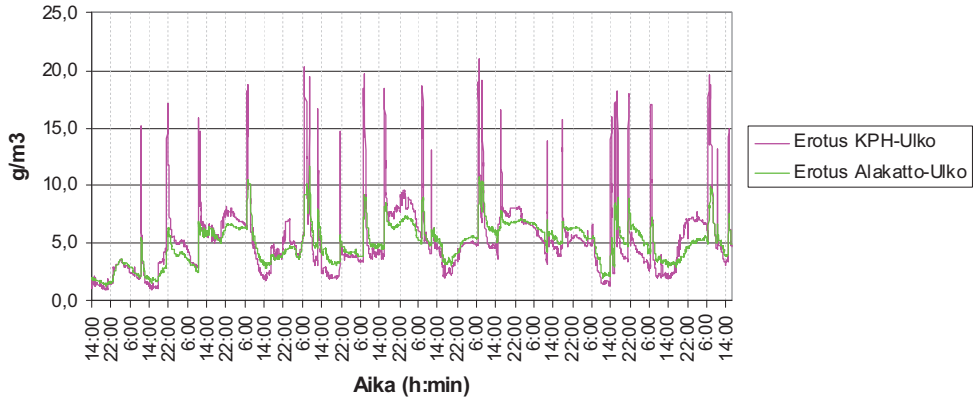
Kohteen 3.2 alakaton taustatilan kosteuslisä ulkoilman kosteuteen vaihteli välillä -0,1 – 7,0 g/m<sup>3</sup>, keskiarvo kosteuslisälle oli 3,0 g/m<sup>3</sup>. Pesuhuoneen puolella kosteuslisä vaihteli välillä 0,0 – 20,1 g/m<sup>3</sup> ja keskiarvo oli 3,3 g/m<sup>3</sup>. Kosteuslisä oli hieman pienempi kuin tutkimuksilla saatu mitoitusarvo pientalon kosteuslisälle. Kohteen 3.2 mittausjakson kosteussisällön vaihtelut on esitetty kuvassa 29 ja kosteuslisät ulkoilmaan nähden kuvassa 30.

### Kohde 3.1 Kosteussisältö



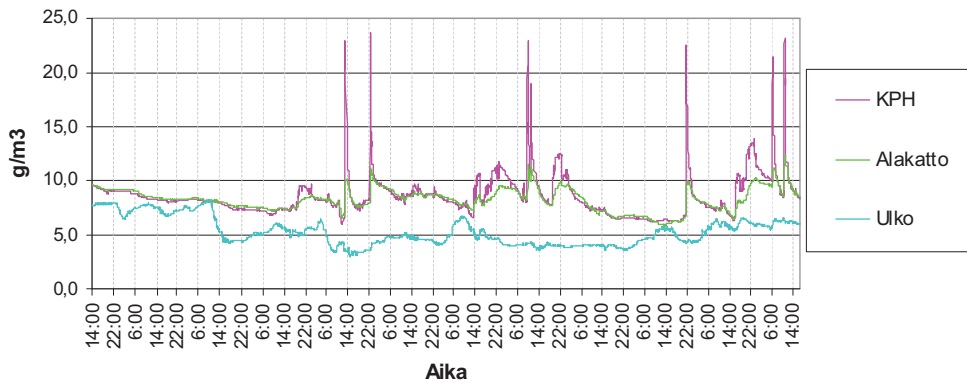
Kuva 27. Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu. Mittausajankohta 8. - 19.10.2010.

### Kohde 3.1 Kosteuslisä



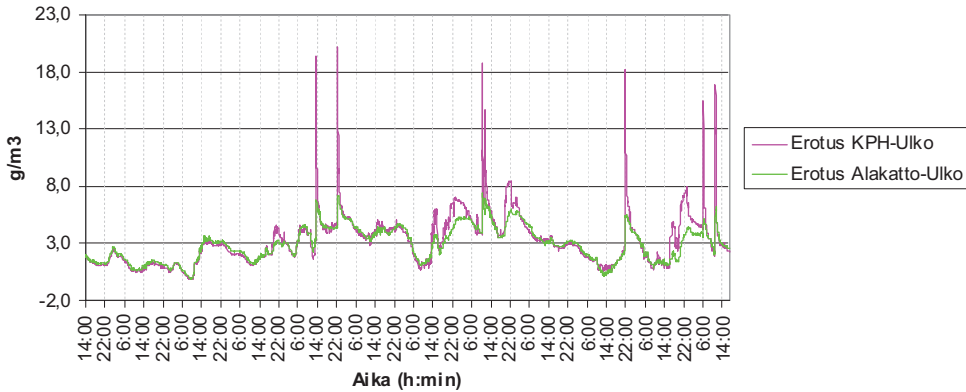
Kuva 28. Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan. Mittausajankohta 8. - 19.10.2010.

### Kohde 3.2 Kosteussisältö



Kuva 29. Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu. Mittausajankohta 8. - 19.10.2010.

### Kohde 3.2 Kosteuslisä



Kuva 30. Painovoimainen ilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan. Mittausajankohta 8. - 19.10.2010.

## 6.4. KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTO JA PANEELIALAKATTO

Neljännet mittaukset, kohteet 4.1 ja 4.2, suoritettiin 1. - 12.11.2010. Kohteet sijaitsivat kerrostalossa, jossa oli koneellinen poistoilmanvaihto ja märkätilan alakattona paneeliverhous. Kohde 4.1 sijaitsi rakennuksen neljännessä ja kohde 4.2 saman rakennuksen toiseksi ylimmässä eli kuudennessa kerroksessa.

Kummassakin kohteessa oli suihkuseinä ja -verho. Kohteen 4.1 poistoilmaventtiili sijaitsi katossa pesuhuoneen keskellä, suihkuseinän toisella puolella. Kohteen 4.2 poistoilmaventtiili sijaitsi katossa suihkun läheisyydessä. Asukkaita kummassakin kohteessa oli yksi.

### Ilmanvaihto

Poistoilmamäärät kohteessa 4.1 olivat mittausjakson alussa 7 l/s ja lopussa 5,5 l/s, kohteessa 4.2 mittausjakson alussa 6 l/s ja lopussa 6,5 l/s. Mittaushetkinä ilmanvaihto toimi ½-teholla. Nykyisten määräysten mukaan pesuhuoneen poistoilmamäärän tulisi olla 15 l/s tai 10 l/s, mikäli ilmanvaihtoa voidaan tehostaa tilan käytön mukaan (D2, 2010).

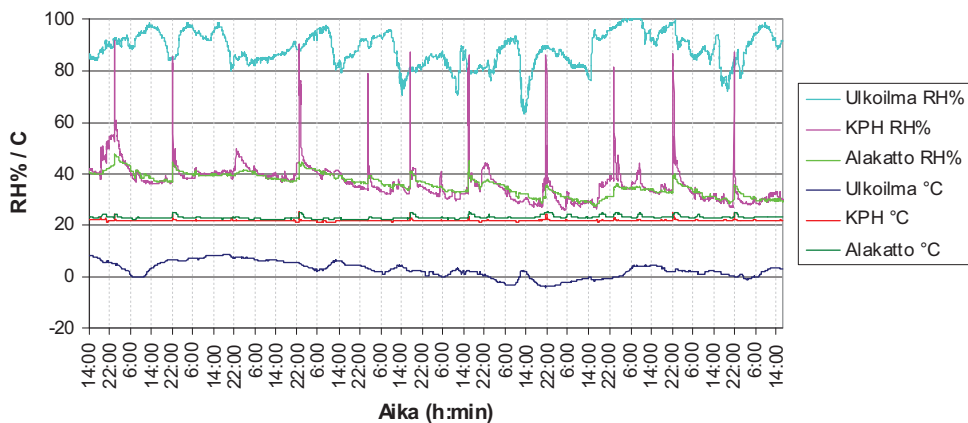


## Suhteellinen kosteus

Kohteen 4.1 mittauksissa suihkussa käynnit erottuivat selkeinä kosteuspiikkeinä. Suhteellisen kosteuden arvot vaihtelivat pesuhuoneen puolella välillä 26 - 92 %. Alakaton taustatilassa suihkun käyttö erottui samanaikaisina, mutta matalampina kosteuden nousuina. Suhteellisen kosteuden vaihtelu taustatilassa tapahtui välillä 28 - 48 %. Lämpötilan vaihtelut pesuhuoneen ja alakaton taustatilassa tapahtuivat välillä 21,1 - 25,3 °C, suuria eroja tilojen välillä ei ollut. Lämpötilan nousut erottuivat pieninä piikkeinä suihkujen aikana pesuhuoneen ja alakaton taustatilan puolella. Kohteen 4.1 koko mittausjakson suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelut on esitetty kuvassa 31.

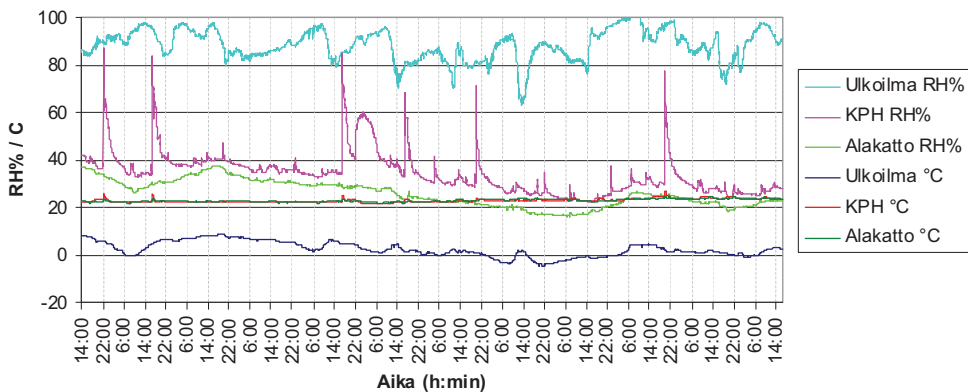
Kohteen 4.2 mittauksissa suihkussa käynnit erottuivat selkeinä kosteuspiikkeinä kohteen 4.1 tavoin. Suhteellisen kosteuden arvot vaihtelivat pesuhuoneen puolella välillä 23 - 87 %. Alakaton taustatilassa suihkun käyttö ei juuri erottunut, suurempi vaikutus taustatilan kosteuteen oli ulkoilman olosuhteilla. Kuvassa 32 alakaton taustan suhteellisen kosteuden käyrä seuraa lähes identtisesti ulkoilman lämpötiläkäyrää ja kuvassa 37 huomataan, miten taustatilan kosteussisältö on lähes sama kuin ulkoilman. Suhteellisen kosteuden vaihtelu tapahtui välillä 17 - 38 %. Lämpötilat vaihtelivat pesuhuoneessa välillä 21,7 - 27,3 °C ja alakaton taustatilassa välillä 21,8 - 24,9 °C. Lämpötilan nousut erottuivat selkeinä piikkeinä suihkujen aikana pesuhuoneen puolella, alakaton takana nousut olivat pienempiä. Kohteen 4.2 koko mittausjakson suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelut on esitetty kuvassa 32.

#### Kohde 4.1



Kuva 31. Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: lämpötila ja kosteus. Märkätilan kosteusseuranta 11 vuorokauden ajan 2 minuutin välein. Mittausajankohta 1. - 12.11.2010.

#### Kohde 4.2



Kuva 32. Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: lämpötila ja kosteus. Märkätilan kosteusseuranta 11 vuorokauden ajan 2 minuutin välein. Mittausajankohta 1. - 12.11.2010.

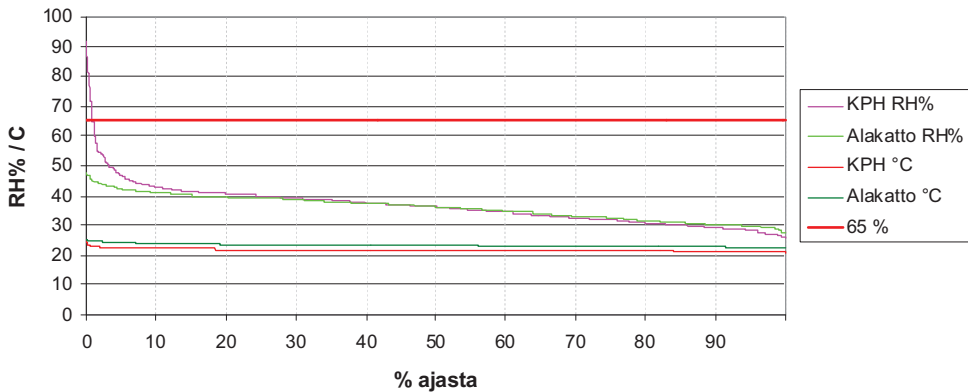
#### Suhteellinen kosteus suhteessa aikaan

Kohteessa 4.1 pesuhuoneen puolella kosteus pysyi yli 65 %:n noin 1 % mittausajasta. Kosteus oli 50 % ajasta yli 36 %. Alakaton taustatilassa kosteus ei noussut

lainkaan yli 65 %. Alakaton taustatilan kosteus oli 50 % ajasta yli 36 %. Tulokset on esitetty kuvassa 33.

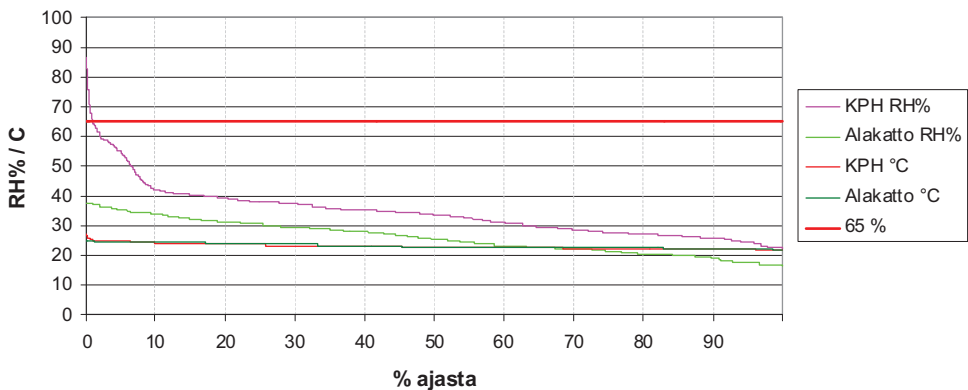
Kohteessa 4.2 pesuhuoneen puolella kosteus pysyi yli 65 % noin 1 % mittausajasta. Kosteus oli 50 % ajasta yli 34 %. Alakaton taustatilassa kosteus ei noussut lainkaan yli 65 %. Alakaton taustatilan kosteus oli 50 % ajasta yli 25 %. Tulokset on esitetty kuvassa 34.

#### Kohde 4.1



Kuva 33. Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyysskäyrä. Mittausajankohta 1. - 12.11.2010.

#### Kohde 4.2



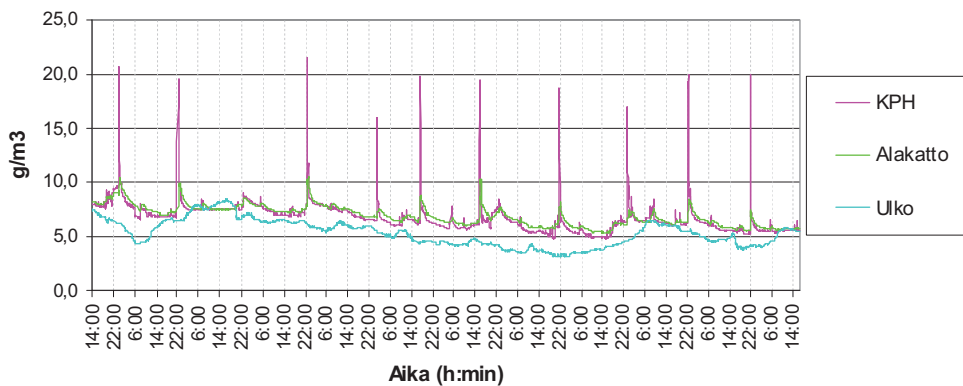
Kuva 34. Koneellinen poistoilmanvaihto ja kipsilevyalakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyysskäyrä. Mittausajankohta 1. - 12.11.2010.

## Kosteuslisä

Kohteen 4.1 alakaton taustatilan kosteuslisä ulkoilman kosteuteen verrattuna vaihteli välillä  $-0,9 - 5,5 \text{ g/m}^3$  ja keskiarvo kosteuslisälle oli  $1,6 \text{ g/m}^3$ . Pesuhuoneen puolella kosteuslisä vaihteli välillä  $0,2 - 15,7 \text{ g/m}^3$ , keskiarvon ollessa  $1,4 \text{ g/m}^3$ . Kohteen 4.1 mittausjakson kosteussisällön vaihtelut on esitetty kuvassa 35 ja kosteuslisät ulkoilmaan nähden kuvassa 36. Kosteuslisä oli huomattavasti pienempi kuin tutkimuksilla (Vinha ym. 2005) saatu mitoitussarvo pientalon talviaikaiselle kosteuslisälle, joka on  $4 \text{ g/m}^3$ .

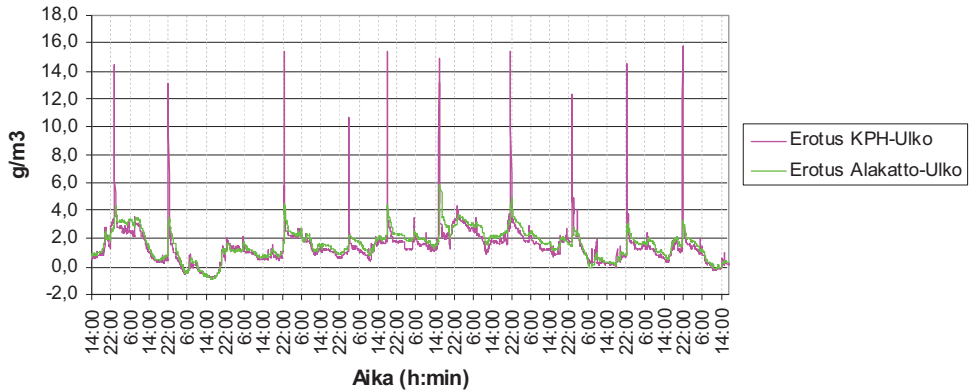
Kohteen 4.2 alakaton taustatilan kosteuslisä ulkoilman kosteuteen vaihteli välillä  $-0,9 - 1,2 \text{ g/m}^3$ , keskiarvo kosteuslisälle oli  $0,1 \text{ g/m}^3$ . Pesuhuoneen puolella kosteuslisä vaihteli välillä  $-0,4 - 14,5 \text{ g/m}^3$  ja keskiarvo oli  $1,8 \text{ g/m}^3$ . Pesuhuoneen kosteuslisä oli huomattavasti pienempi kuin tutkimuksilla saatu mitoitussarvo pientalon talviajan kosteuslisälle ja alakaton takana kosteuslisää ei juuri ollut, vaan kosteusolosuhteet noudattivat ulkoilman olosuhteita. Kohteen 3.2 mittausjakson kosteussisällön vaihtelut on esitetty kuvassa 37 ja kosteuslisät ulkoilmaan nähden kuvassa 38.

### Kohde 4.1 Kosteussisältö



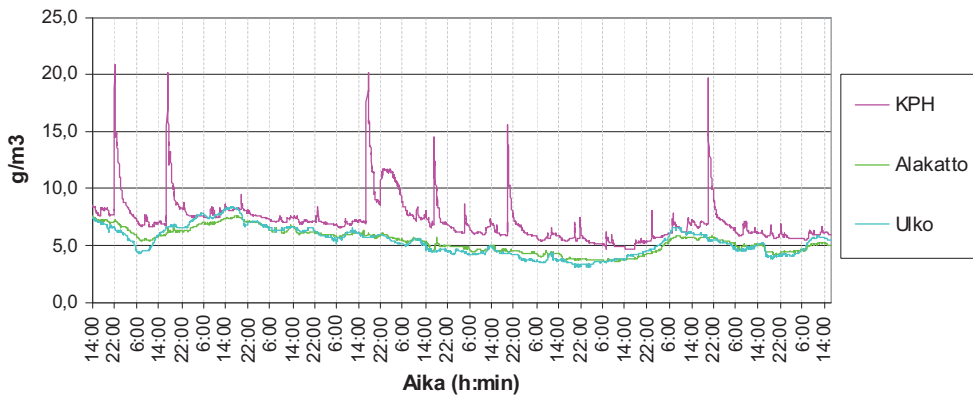
Kuva 35. Koneellinen poistoilmavaihto ja paneelialakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu. Mittausajankohta 1. - 12.11.2010.

#### Kohde 4.1 Kosteuslisä



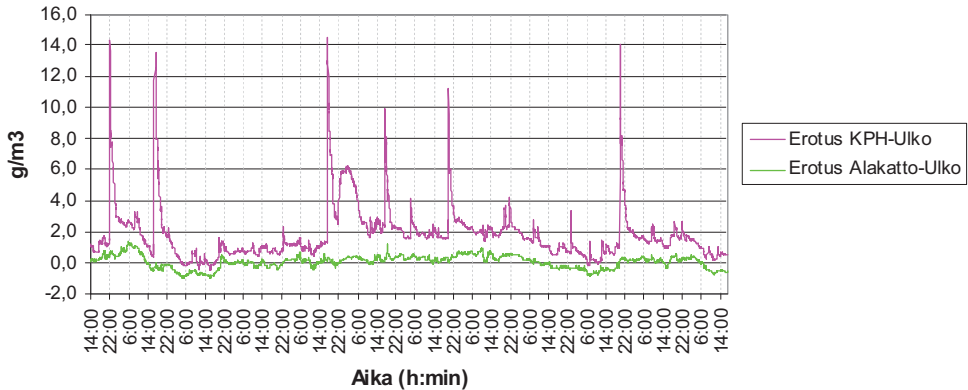
Kuva 36. Koneellinen poistoilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan. Mittausajankohta 1. - 12.11.2010.

#### Kohde 4.2 Kosteussisältö



Kuva 37. Koneellinen poistoilmanvaihto ja paneelialakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu. Mittausajankohta 1. - 12.11.2010.

#### Kohde 4.2 Kosteuslisä



Kuva 38. Koneellinen poistoilmavaihto ja paneelialakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan. Mittausajankohta 1. - 12.11.2010.

### 6.5. OMAKOTITALON KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTO JA PANEELIALAKATTO

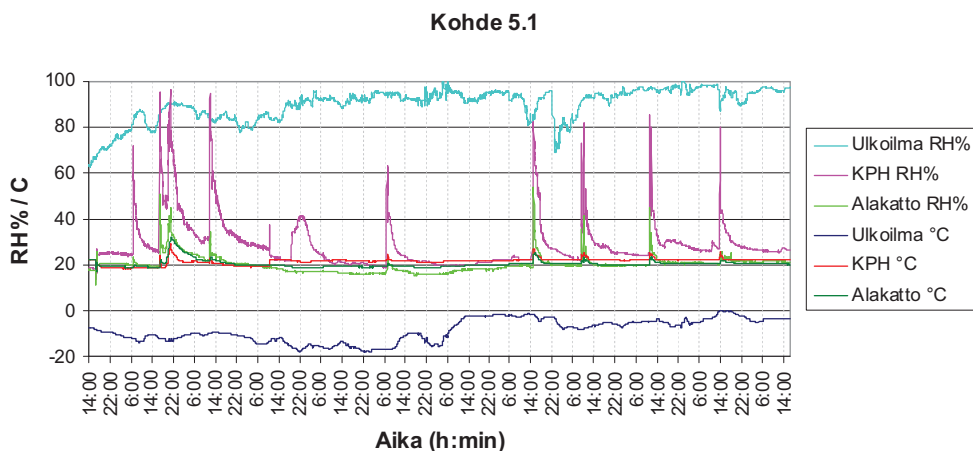
Viides mittausjakso, kohteet 5.1 ja 6.1, suoritettiin 25.11. - 6.12.2010. Kohde 5.1 sijaitsi rintamamiestalon 2-kerroksisen uudisosan ylemmässä kerroksessa. Kohteessa ei ollut suihkun ympärillä suojausta roiskevesiä varten. Pesuhuoneessa oli kaksi suihkupistettä ja pesuhuoneesta oli kulku saunaan. Poistoilmaventtiili sijaitsi katossa melko etäällä suihkupisteistä. Asunnossa asui kolme henkilöä.

#### Ilmanvaihto

Poistoilmamäärät kohteessa 5.1 olivat mittausjakson alussa ja lopussa 5 l/s. Nykyisten määräysten mukaan pesuhuoneen poistoilmamäärän tulisi olla 15 l/s tai 10 l/s, mikäli ilmanvaihtoa voidaan tehostaa tilan käytön mukaan (D2, 2010).

## Suhteellinen kosteus

Kohteen 5.1 mittauksissa suihkussa käynnit erottuivat selkeinä kosteuspiikkeinä. Suhteellisen kosteuden arvot vaihtelivat pesuhuoneen puolella välillä 14 - 97 %. Alakaton taustatilassa pesuhuoneen kosteuspiikit erottuivat samanaikaisina, mutta pienempinä kosteuden nousuina. Alakaton taustatilan suhteellisen kosteuden vaihtelu tapahtui välillä 12 - 54 %. Pesuhuoneen ja alakattotilan lämpötilat käyvät välillä melko korkealla, mikä johtuu todennäköisesti saunan vaikutuksesta. Lämpötilan vaihtelu tapahtui pesuhuoneessa välillä 17,6 - 29,1 °C ja alakaton taustatilassa välillä 17,1 - 32,1 °C. Kohteen 5.1 koko mittausjakson suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelut on esitetty kuvassa 39.

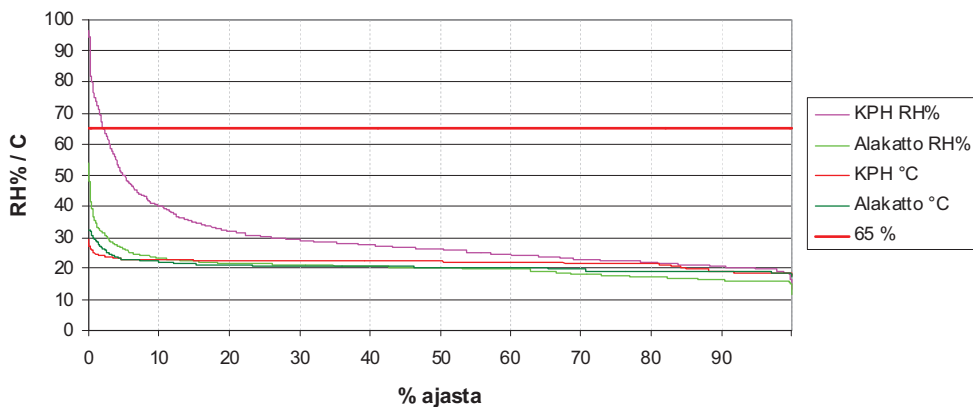


Kuva 39. Omakotitalo, koneellinen poistoilmanvaihto, paneelialakatto: lämpötila ja kosteus. Märkätilan kosteusseuranta 11 vuorokauden ajan 2 minuutin välein. Mittausajankohta 25.11. – 6.12.2010.

## Suhteellinen kosteus suhteessa aikaan

Kohteessa 5.1 pesuhuoneen puolella kosteus pysyi yli 65 %:n noin 2 % mittausajasta. Kosteus oli 50 % ajasta yli 26 %. Alakaton taustatilassa kosteus ei noussut lainkaan yli 65 %. Alakaton taustatilan kosteus oli 50 % ajasta yli 20 %. Tulokset on esitetty kuvassa 40.

## Kohde 5.1



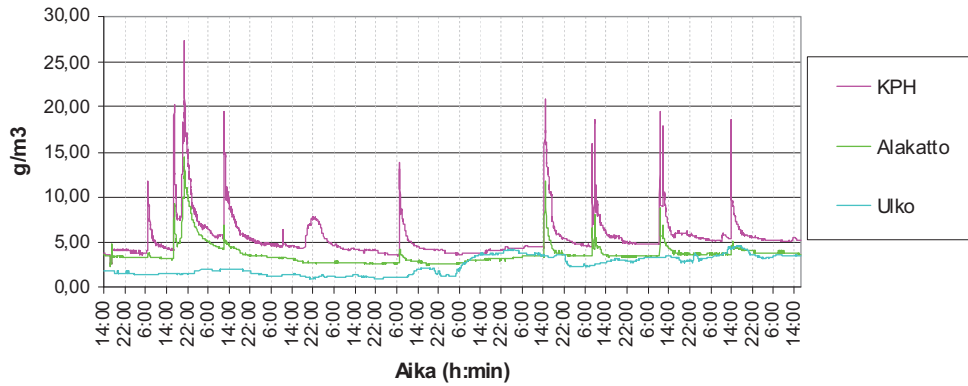
Kuva 40. Omakotitalo, koneellinen poistoilmanvaihto, paneelialakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyysskäyrä. Mittausajankohta 25.11. – 6.12.2010.

### Kosteuslisä

Kohteen 5.1 alakaton taustatilan kosteuslisä ulkoilman kosteuteen verrattuna vaihteli välillä  $-0,7 - 13,0 \text{ g/m}^3$  ja keskiarvo kosteuslisälle oli  $1,2 \text{ g/m}^3$ . Pesuhuoneen puolella kosteuslisä vaihteli välillä  $0,2 - 25,7 \text{ g/m}^3$ , keskiarvon ollessa  $3,1 \text{ g/m}^3$ . Kohteen 5.1 mittausjakson kosteussisällön vaihtelut on esitetty kuvassa 41 ja kosteuslisät ulkoilmaan nähden kuvassa 42. Kosteuslisä oli pesuhuoneen puolella pienempi ja alakaton taustatilassa huomattavasti pienempi kuin tutkimuksilla (Vinha ym. 2005) saatu mitoitussarvo pientalon talviaikaiselle kosteuslisälle, joka on  $4 \text{ g/m}^3$ .

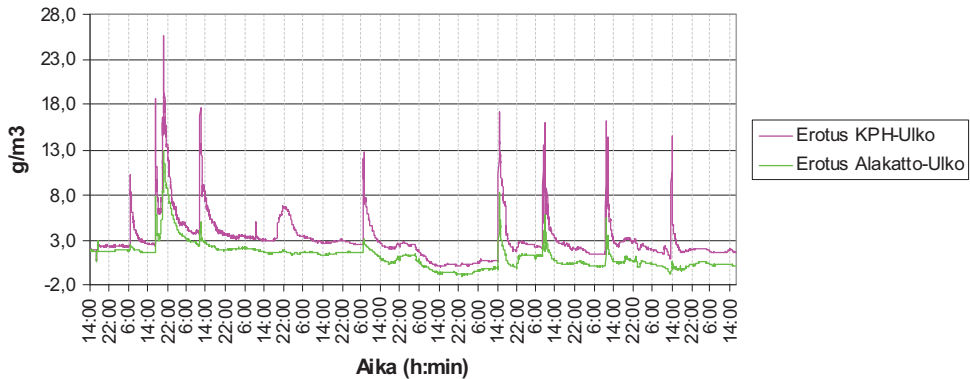


### Kohde 5.1 Kosteussisältö



Kuva 41. Omakotitalo, koneellinen poistoilmanvaihto, paneelialakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu. Mittausajankohta 25.11. – 6.12.2010.

### Kohde 5.1 Kosteuslisä



Kuva 42. Omakotitalo, koneellinen poistoilmanvaihto, paneelialakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan. Mittausajankohta 25.11. – 6.12.2010.

## **6.6. OMAKOTITALON KONEELLINEN TULO- JA POISTOILMAN- VAIHTO JA PANEELIALAKATTO**

Viides mittausjakso, kohteet 5.1 ja 6.1, suoritettiin 25.11. - 6.12.2010. Kohde 6.1 sijaitsi 2-kerroksisen omakotitalossa. Kohteessa ei ollut suihkun ympärillä suojausta roiskevesiä varten. Pesuhuoneessa oli kaksi suihkupistettä ja pesuhuoneesta oli kulku saunaan. Pesuhuoneen poistoilmaventtiileistä toinen sijaitsi katossa suihkujen läheisyydessä ja toinen hieman etäämmällä. Asunnossa asui neljä henkilöä.

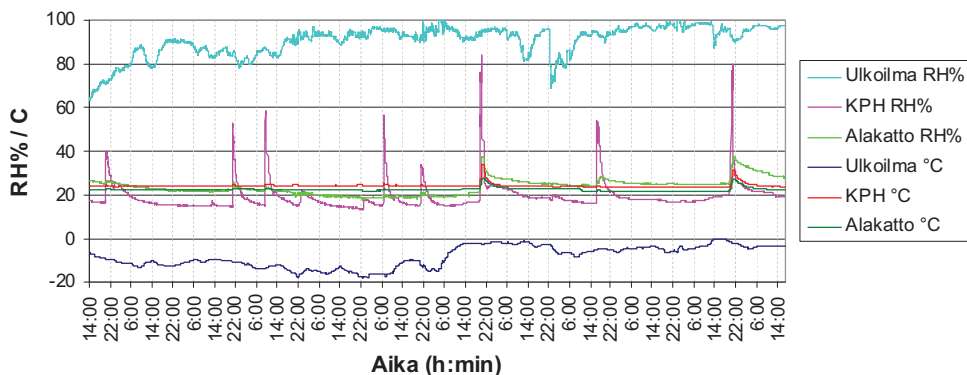
### **Ilmanvaihto**

Poistoilmamäärät kohteessa 6.1 olivat mittausjakson alussa ja lopussa 8 l/s. Nykyisten määräysten mukaan pesuhuoneen poistoilmamäärän tulisi olla 15 l/s tai 10 l/s, mikäli ilmanvaihtoa voidaan tehostaa tilan käytön mukaan (D2, 20).

### **Suhteellinen kosteus**

Kohteen 6.1 mittauksissa suihkussa käynnit erottuivat selkeinä kosteuspiikkeinä. Suhteellisen kosteuden arvot vaihtelivat pesuhuoneen puolella välillä 14 - 83 %. Alakaton taustatilassa pesuhuoneen kosteuspiikit erottuivat samanaikaisina, mutta pienempinä kosteuden nousuina, jotka laskivat pesuhuoneen kosteutta hitaammin. Alakaton taustatilan suhteellisen kosteuden vaihtelu tapahtui välillä 18 - 41 %. Pesuhuoneen ja alakattotilan lämpötilat olivat tarkastelujaksolla ajoittain melko korkeita, mikä voi selittyä saunan käytöllä. Lämpötilan vaihtelu tapahtui pesuhuoneessa välillä 23,8 - 33,5 °C ja alakaton taustatilassa välillä 20,7 - 26,3 °C. Kohteen 6.1 koko mittausjakson suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelut on esitetty kuvassa 43.

### Kohde 6.1

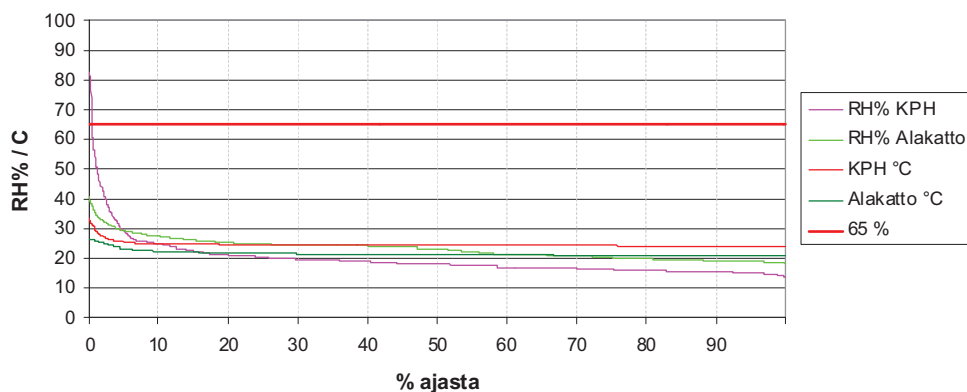


Kuva 43. Omakotitalo, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, paneelialakatto: lämpötila ja kosteus. Märkätilan kosteusseuranta 11 vuorokauden ajan 2 minuutin välein. Mittausajan-kohta 25.11. – 6.12.2010.

### Suhteellinen kosteus suhteessa aikaan

Kohteessa 6.1 pesuhuoneen puolella kosteus pysyi yli 65 % noin tunnin koko mittausajasta, joka oli 11 vuorokautta. Kosteus oli 50 % ajasta yli 26 %. Alakaton taustatilassa kosteus ei noussut lainkaan yli 65 %. Alakaton taustatilan kosteus oli 50 % ajasta yli 20 %. Tulokset on esitetty kuvassa 44.

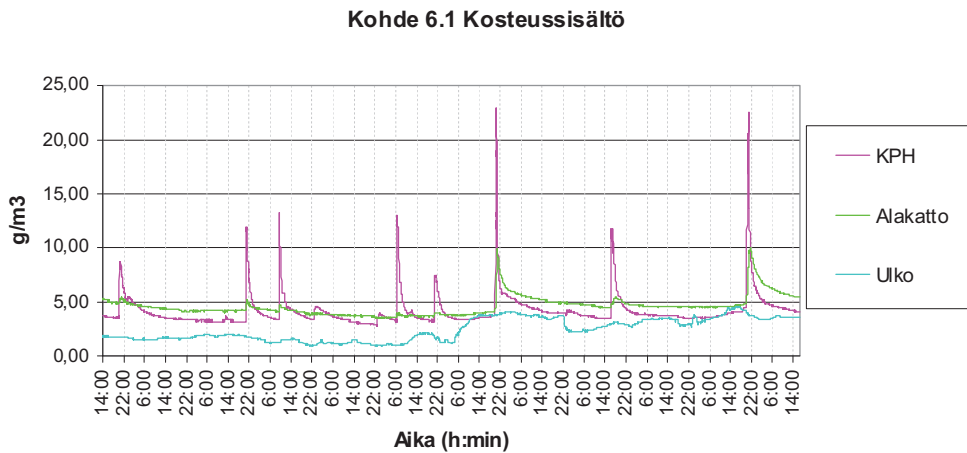
### Kohde 6.1



Kuva 44. Omakotitalo, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, paneelialakatto: suhteellisen kosteuden pysyvyysskäyrä. Mittausajan-kohta 25.11. – 6.12.2010.

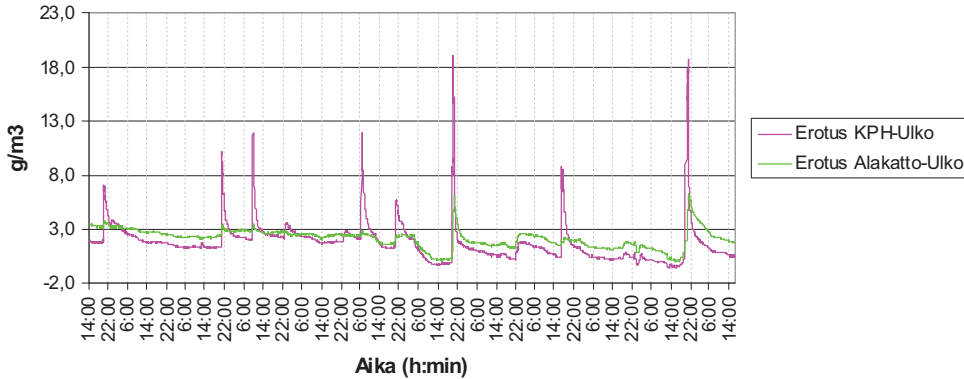
## Kosteuslisä

Kohteen 6.1 alakaton taustatilan kosteuslisä ulkoilman kosteuteen verrattuna vaihteli välillä  $0,1 - 6,2 \text{ g/m}^3$  ja keskiarvo kosteuslisälle oli  $2,2 \text{ g/m}^3$ . Pesuhuoneen puolella kosteuslisä vaihteli välillä  $-0,5 - 19,1 \text{ g/m}^3$ , keskiarvon ollessa  $1,8 \text{ g/m}^3$ . Kohteen 6.1 mittausjakson kosteussisällön vaihtelut on esitetty kuvassa 45 ja kosteuslisät ulkoilmaan nähden kuvassa 46. Kosteuslisä oli pesuhuoneessa ja alakaton taustatilassa huomattavasti pienempi kuin tutkimuksilla (Vinha ym. 2005) saatu mitoitusarvo pientalon talviaikaiselle kosteuslisälle, joka on  $4 \text{ g/m}^3$ .



Kuva 45. Omakotitalo, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, paneelialakatto: ilman kosteussisällön vaihtelu. Mittausajankohta 25.11. – 6.12.2010.

### Kohde 6.1 Kosteuslisä



Kuva 46. Omakotitalo, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, paneelialakatto: ilman kosteuslisä verrattuna ulkoilmaan. Mittausajankohta 25.11. – 6.12.2010.

## 7. Johtopäätökset

Tutkimuksessa tehtyjen mittausten perusteella vaikuttaa siltä, että alakaton taustatilan pinnoille ei ole tarvetta käyttää homeenestoaineita tai vedeneristeitä. Alakaton verhouksen taakse ei myöskään näytä olevan tarvetta laittaa höyrynsulkua tai järjestää taustatilan tuuletusta viereiseen kuivaan tilaan. Taustatiloista mitatut suhteellisen kosteuden arvot olivat pääsääntöisesti niin matalia, ettei riskiä mikrobikasvun muodostumiselle synny. Ainoastaan kahdessa kohteessa kymmenestä taustatilan suhteellinen kosteus ylitti mittausjakson aikana 65 %.

Eri alakattomateriaaleilla ei havaittu merkittäviä eroja mittaustuloksissa. Suuremman eron muodosti ilmanvaihto. Koneellisen poistoilmanvaihdon kohteissa alakaton taustatilan kosteuspiikit laskivat nopeammin kuin painovoimaisen ilmanvaihdon kohteissa, joissa piikit olivat loivempia ja kosteus pysyi korkeampana pidempään. Tämä kertoo siitä, että taustatilan ilmanvaihto on pienempi painovoimaisen ilmanvaihdon kohteissa kuin koneellisen poistoilmanvaihdon kohteissa.

## 7.1. PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO

Painovoimaisen ilmanvaihdon kohteissa alakaton taustatilan kosteus laskee pesuhuoneen kosteutta loivemmin, mikä viittaa siihen, että ilmanvaihto toimii heikommin alakaton takana kuin pesuhuoneen puolella. Vaikka kosteus ei alakaton taustatilassa noussut yhtä korkeaksi kuin pesuhuoneen puolella suihkun käytön aikana, jäi se kuitenkin pesuhuoneen kosteutta korkeammalle tasolle ajoiksi, jolloin suihkua ei käytetty. Tämä viittaa myös siihen, ettei pesuhuoneen heikosti toimiva ilmanvaihto riitä mahdollisesti tuulettamaan alakaton taustatilaa riittävästi.

Kosteuslisä alakaton taustatilassa kohteissa, joissa pesuhuoneen puolella havaittiin kosteuspiikkejä suihkun käytön aikana ja joissa suihkua käytettiin mittausjakson aikana, oli n. 4-5 g/m<sup>3</sup>. Tämä on huomattavasti enemmän kuin tutkimuksilla saatu kosteuslisän mitoitussarvo puurakenteisissa pientaloissa kesäaikaan, mikä on 1,5 g/m<sup>3</sup>. (Vinha ym. 2005). Mitoitusarvon oletuksena on tosin se, että ilmanvaihto toimii nykyisten määräysten mukaan ja voidaan todeta, että tutkimuksen kohteena olleissa painovoimaisen ilmanvaihdon kohteissa arvot eivät toteutuneet tehdyissä poistoilmamäärän mittauksissa. Mitatut arvot jäivät huomattavasti alle nykyisten määräysten.

Ongelmaksi saattaa kosteuden kannalta muodostua syksy, jolloin ulkoilman kosteus ja lämpötila ovat korkeita ja lämmityskausi ei ole vielä alkanut. Mikäli pesuhuonetta käytetään paljon, ei taustatilan kosteus ehdi laskea ennen seuraavaa kosteuden nousua. Tällöin kosteus voi pysyä melko korkeana pitkiäkin aikoja. Kesäaika voi myös muodostaa ongelman, kun ulkoilman lämpötila on korkea ja lämpötilaeroon perustuva painovoimainen ilmanvaihto toimii heikosti. Alakaton taustatilan kosteus voi täten pysyä korkeana. Kesällä voi olla vaikeuksia saada myös pesuhuoneen puoli kuivumaan. Kesällä tosin on mahdollisuus tehostaa ilmanvaihtoa ikkunatuuletuksella. Taulukkoon 7 on koottu mitatut suhteellisen kosteuden minimi- ja maksimiarvot sekä keskiarvot kohteissa. Kohteen 2.2 tulokset eivät ole vertailukelpoisia, sillä kohteen pesuhuonetta ei juurikaan käytetty mittausjaksolla.

Taulukko 7. Painovoimainen ilmanvaihto ja suhteellisen kosteuden arvot. Mittausjaksot 10.-21.9. ja 24.9-5.10.2010.

SUHTEELLISEN KOSTEUDEN ARVOT								
	1.1		1.2		2.1		2.2	
	KPH	AK	KPH	AK	KPH	AK	KPH	AK
<b>max</b>	91	69	72	54	85	52	80	52
<b>min</b>	50	56	46	47	29	36	28	29
<b>ka</b>	63	63	59	52	39	45	36	36
	Ulkoilma				Ulkoilma			
<b>max</b>	100				98			
<b>min</b>	46				49			
<b>ka</b>	91				79			

KPH = kylpyhuone, AK = alakaton taustatila

## 7.2. KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTO

Koneellisen poistoilmanvaihdon kohteissa kolmessa neljästä alakaton taustatilan kosteus seurasi melko samanaikaisesti pesuhuoneen kosteuskäyttäytymistä. Eroa ei havaittu paneeli- ja kipsilevyrakenteisten alakattojen välillä. Yhdessä kohteessa pesuhuoneen kosteuspiikit eivät erottuneet taustatilan puolella, vaan tilan kosteus seurasi ainoastaan ulkoilman kosteusolosuhteiden muutosta. Tämä voi viitata siihen, että alakaton taustatilaan tulee korvausilmaa viereisistä kuivista tiloista tai mahdollisesti siihen, että alakaton taustatila on lähes täysin eri ilmatilaa pesuhuoneen kanssa.

Yhdessä kohteessa neljästä alakaton taustatilan kosteus kävi hyvin lyhyen ajan yli 65 %. Kohteen pesuhuoneen käyttö oli muihin kohteisiin verrattuna huomattavasti runsaampaa, mikä selittyi suurella asukasmäärällä ja lasten osuudella. Muissa kolmessa kosteus taustatilassa ei ylittänyt tätä arvoa, jota voidaan Asumisterveysohjeen (2008) mukaan pitää mikrobikasvun mahdollistavana kosteuden arvona. Tutkimuksissa (Viitanen ym. 2008) on kuitenkin todettu, että kosteus voi käydä hyvinkin korkealla hetkellisesti ilman, että riskiä mikrobikasvulle muodostuu, kunhan kosteus välillä laskee. Tällä perusteella tässäkin kohteessa tuskin muodostuu varsinaista riskiä mikrobikasvulle.

Kosteuslisän keskiarvo kohteiden alakattojen taustatilassa oli noin 1,5 - 5 g/m<sup>3</sup>. Lukuun ottamatta kohdetta, jonka alakaton taustatilan olosuhteet seurasivat lähes yhtenevästi ulkoilman olosuhteita ja jossa ei näin kosteuslisää juuri ollut. Osassa kohteista kosteuslisä oli siis lähes sama kuin tutkimuksilla puurakenteisen pientalon talviajan mitoitusarvoksi saatu kosteuslisä 1,5 g/m<sup>3</sup> ja osassa taas huomattavasti suurempi.

Tehdyt mittaukset eivät anna syytä epäillä alakaton taustatilan toimivuutta. Kosteuspiikit jäivät huomattavasti matalammiksi pesuhuoneeseen verrattuna ja kuivuivat melko samanaikaisesti pesuhuoneen kanssa, joten ilmanvaihdon voidaan katsoa kykenevän hoitamaan myös taustatilan ilman vaihtuvuuden. Taulukkoon 8 on koottu mitatut suhteellisen kosteuden minimi- ja maksimiarvot sekä keskiarvot kohteissa.

*Taulukko 8. Koneellinen poistoilmanvaihto ja suhteellisen kosteuden arvot. Mittausjaksot 8.-19.10. ja 1.-12-11.2010.*

SUHTEELLISEN KOSTEUDEN ARVOT								
	3.1		3.2		4.1		4.2	
	KPH	AK	KPH	AK	KPH	AK	KPH	AK
<b>max</b>	97	66	89	54	92	48	87	38
<b>min</b>	25	29	27	27	26	28	23	17
<b>ka</b>	49	44	38	37	37	36	35	26
	<b>Ulkoilma</b>				<b>Ulkoilma</b>			
<b>max</b>	96				100			
<b>min</b>	43				63			
<b>ka</b>	77				86			

KPH = kylpyhuone, AK = alakaton taustatila

### 7.3. OMAKOTITALOT

Kahdessa mitatussa omakotitalokohteessa pesuhuoneen yhteydessä oli myös saunatilat. Kummassakin kohteessa sekä koneellisella poistoilmanvaihdolla että koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla pesuhuoneen kosteuspiikit erottuivat alakaton taustatilassa, mutta alenivat melko samanaikaisesti pesuhuoneen kosteuden kanssa. Alakaton taustatilan kosteudet eivät ylittäneet lainkaan arvoa 65 %.



Kosteuslisä kohteissa oli 1,2 ja 2,2 g/m<sup>3</sup>, jotka ovat lähellä tutkimuksilla saatua puurakenteisten pientalojen talviajan mitoitustarvoa 1,5 g/m<sup>3</sup>. Taulukkoon 9 on koottu mitatut suhteellisen kosteuden minimi- ja maksimi- ja keskiarvot sekä keskiarvot kohteissa.

Taulukko 9. Omakotitalot, koneellinen poistoilmanvaihto/tulo- ja poistoilmanvaihto ja suhteellisen kosteuden arvot. Mittausjakso 25.11. – 6.12.2010.

SUHTEELLISEN KOSTEUDEN ARVOT				
	5.1		6.1	
	KPH	AK	KPH	AK
<b>max</b>	97	54	83	41
<b>min</b>	14	12	14	18
<b>ka</b>	29	20	19	24
Ulkoilma				
<b>max</b>	98			
<b>min</b>	49			
<b>ka</b>	91			

KPH = kylpyhuone, AK = alakaton taustatila

#### 7.4. YHTEENVETO

Kohteissa ei missään ollut käytetty höyrynsulkua suoraan alakattoverhouksen takana eikä alakattojen taustatiloja ollut tuuletettu viereisiin tiloihin. Tästä huolimatta taustatilojen kosteus laski melko samanaikaisesti pesuhuoneen kosteuden kanssa, mistä voidaan päätellä pesuhuoneen poistoilmanvaihdon toimivan myös alakaton taustatilan ilmanvaihtona. Osassa kohteista taustatilan kosteus ei edes noussut pesuhuoneen käytön seurauksena, vaan seurasi ainoastaan ulkoilman kosteusolosuhteiden muutoksi. Tehdyn tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, ettei tarvetta alakattojen höyrynsuluille ja taustatilan tuuletukselle ole. Poikkeuksena ovat mahdollisesti märkätilat, joissa on painovoimainen ilmanvaihto. Osassa tällaisista kohteista kosteus loppusyksyllä nousi yli 65 % ja pysyi yli 60 % kosteuksissa pitkiä aikoja.

Koska kosteus alakattojen taustatilassa ei pääsääntöisesti noussut yli mikrobikasvun kannalta kriittiseksi katsotun rajan (65 %), lukuun ottamatta painovoimaista ilmanvaihtoa, ei tämän tutkimuksen perusteella näytä olevan tarvetta myöskään käsitellä taustatilan pintoja esimerkiksi homeenesto- tai kosteussulkuaineilla.

Painovoimaisen ilmanvaihdon ja alakattojen taustatilojen toimivuutta olisi tarvetta selvittää vielä kesäkaudella ja loppusyksystä. Tuolloin ulkoilman kosteusolosuhteet voivat yhdessä puutteellisesti toimivan ilmanvaihdon kanssa aiheuttaa kosteuden kohoamisen alakaton taustatilassa niin korkeaksi, että mikrobikasvun muodostuminen tulee mahdolliseksi. Vertailun vuoksi samaan aikaan voisi olla hyvä seurata myös koneellisen poistoilmanvaihdon kohteen toimivuutta.

## *8. Lähdeluettelo*

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

Nevalainen A, Husman T, Hirvonen M-R. Hankala haitallinen home. 2004. Duodecim 2004;120:1681-7.

Putus T. Home ja terveys. Kosteusvauriohomeiden ja hiivojen terveyshaitat. Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy. Vammala 2010.

RT-kortisto. RT 84-10759, Märkätilojen rakenteet. Ohjetiedosto. 2001.

RT-kortisto. RT 84-10793, Puutalon märkätilat. Ohjetiedosto. 2003.

RT-kortisto. RT 84-10806, Asuinhuoneistojen märkätilojen korjaus. Ohjetiedosto. 2003.

RT-kortisto. RT 83-10902, Välipohjarakenteita. Ohjetiedosto. 2007.

RT-kortissa. 83-11010, Yläpohjarakenteita. Ohjetiedosto. 2010.

Seppänen O, Seppänen M. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Sisäilmayhdistys. Jyväskylä 1997.

Seuri M, Reiman M. Rakennusten kosteusvauriot, home ja terveys. Rakennustieto Oy. Tampere 1996.

Sosiaali- ja terveysministeriö. Asumisterveysopas. Ympäristö ja Terveys -lehti. Vammala 2008.

Suomen rakentamismääräyskokoelma C2. Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010.

Viitanen H, Peuhkuri R, Lähdesmäki K, Vinha J, Ojanen T, Paajanen L ja Salminen K. Homeen kasvun mallintaminen – työväline ongelmien ratkaisuun. Sisäilmastoseminaari 2008. SIY Raportti 26.

Vinha J, Korpi M, Kalamees T, Eskola L, Palonen J, Kurnitski J, Valovirta I, Mikkilä I ja Jokisalo J. Puurunkoisten pientalojen lämpö- ja kosteusolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviys. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan osasto. Talonrakennustekniikan laboratorio. Tutkimusraportti 131. Tampere 2005.

Ympäristöopas 28. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö. Tampere 1998.

**HELI TEIVAINEN**  
*Asuinhuoneistojen  
märkätilojen alakattotilan  
kosteustekninen toiminta*

Tutkimuksessa tarkasteltiin asuinhuoneistojen märkätilojen alakattojen taustatilan kosteusteknistä käyttäytymistä ja selvitettiin, muodostuuko alakaton taakse olosuhteet, jotka mahdollistavat mikrobikasvun. Mittaukset tehtiin kosteus- ja lämpötilaloggereilla 10 asunnossa. Mittausten perusteella suhteellinen kosteus ei pääsääntöisesti nouse yli mikrobikasvun mahdollistavan kosteuden. Tutkimuksessa saatiin kuitenkin viitteitä siitä, että painovoimaisen ilmanvaihdon yhteydessä suhteellinen kosteus voi nousta yli 65 % ulkoilman olosuhteista riippuen.



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND  
*Aducate – Centre for Training  
and Development*

ADUCATE REPORTS AND BOOKS

ISBN 978-952-61-0343-3