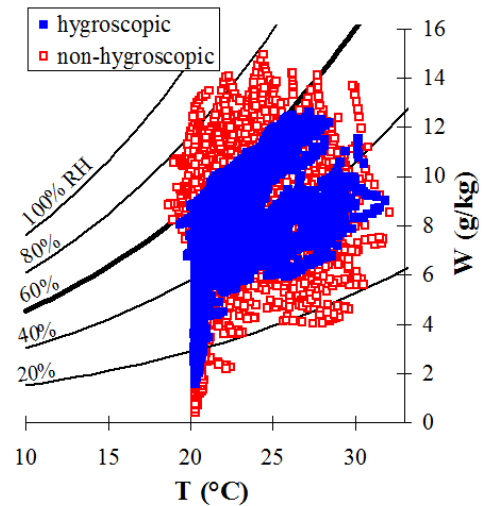
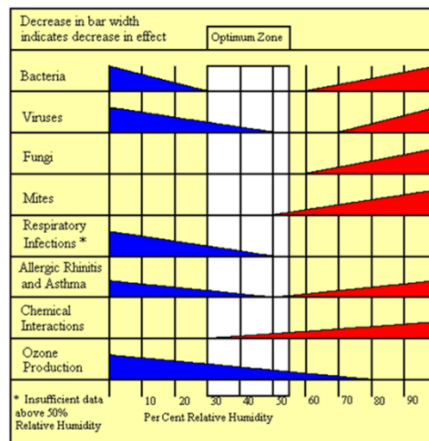


ASIAKASRAPORTTI

VTT-CR-04890-18



Kosteusvuorovaikutus rakenteiden ja sisäilman välillä - Kooste olemassa olevasta tutkimustiedosta

Kirjoittajat: Tuomo Ojanen

Luottamuksellisuus: Luottamuksellinen

Raportin nimi Kosteusvuorovaikutus rakenteiden ja sisäilman välillä - Kooste olemassa olevasta tutkimustiedosta	
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Tikkurila Oyj Ilkka Vehmaan-Kreula P.O.Box 53 (Kuninkaalantie 1) 01301 Vantaa, Finland	Asiakkaan viite
Projektin nimi Kosteusvuorovaikutus rakenteiden ja sisäilman välillä - Kooste olemassa olevasta tutkimustiedosta	Projektin numero/lyhytnimi 119290 Kosteusvuorovaikutus kooste
Tiivistelmä Selvitykseen on koottu tiivistettyyn muotoon tutkimustulokset, jotka liittyvät rakenteiden hygroskooppisen kosteuskapasiteetin hyödyntämiseen sisäilman suhteellisen kosteuden vaihteluiden tasoittamisessa. Huoneen ilmatilaan rajoittuvien rakenteiden kosteuskapasiteetti voi hidastaa sisäilman kosteuden muutosta erilaisissa kuormitustilanteissa. Selvityksessä käydään läpi näkemykset sisäilman suhteellisen kosteuden viihtyisyysalueista ja tehty kokeelliset ja laskennalliset selvitykset pääosin puupohjaisten materiaalien vaikutuksesta sisäilman kosteuden puskurointiin. Lämpöviihtyisyyden kannalta on pyrittävä välttämään ääriolosuhteiden esiintymistä, joten hitaat ja hallitut muutokset myös sisäilman oloissa ovat toivottavia. Rakenteiden lämpö- ja kosteuskapasiteetti taloteknisten järjestelmien tukena auttaa viihtyisien sisäilman olosuhteiden ylläpidossa. Rakenteiden kosteuskapasiteetin hyödyntämisen edellytyksenä on, että rakenteiden sisäpinnan lähellä on materiaalia, jolla on riittävä kosteuden sitomiskyky sisäilman suhteellisen kosteuden vaihtelualueella, ja että kyseisen materiaalin ja sisäilman välinen diffuusiovastus on mahdollisimman pieni, jotta kosteudensiirto on tehokasta myös hetkellisten kuormitusmuutosten aikana. Nykyisillä maaleilla voidaan päästä pinnan vesihöyryn diffuusiovastuksessa tasolle $S_d = 0,15 - 0,2 \text{ m}$, jolloin esimerkiksi puurakenteiden kosteuskapasiteetin tehokas hyödyntäminen sisäilman kosteuden tasoittamiseen on mahdollista.	
Espoo, 10.12.2018 Laatija Tuomo Ojanen Erikoistutkija	Hyväksyjä Johanna Kuusisto Tiimipäällikkö
VTT:n yhteystiedot	
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Tilaaja ja VTT	
VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.	

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	3
1. Tausta.....	4
2. Ilmiön kuvaus.....	4
3. Sisäilman viihtyisyysolot.....	5
4. Kenttäkokeiden tuloksia	7
5. Laskennallisen tarkastelun tuloksia.....	8
6. Pinnan diffuusiovastuksen vaikutus kosteudensiirtoon.....	10
7. Yhteenvedo	12
Lähdeviitteet.....	12

1. Tausta

Ulkoilman olosuhteiden tai sisäilman lämpö- ja kosteuskuormituksen muuttuessa rakennuksen sisäilman olosuhteet pyrkivät muuttumaan. Olosuhteiden muutosnopeus ja uuden tasapainotilan lämpötila ja suhteellinen kosteuden taso riippuvat ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien toiminnasta sekä rakenteiden ja sisäilman vuorovaikutuksesta. Huoneen ilmatilaan rajoittuvien rakenteiden lämpökapasiteetti hidastaa sisäilman lämpötilan muutosta. Samalla tavoin rakenteiden kosteuskapasiteetti voi hidastaa sisäilman kosteuden muutosta erilaisissa kuormitustilanteissa. Lämpöviihtyisyyden kannalta on pyrittävä välttämään ääriolosuhteiden esiintymistä, joten hitaat ja hallitut muutokset sisäilman oloissa ovat toivottavia.

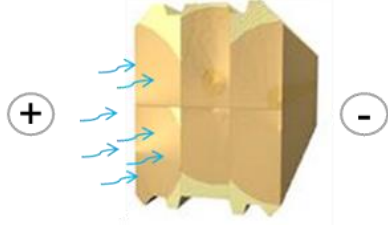
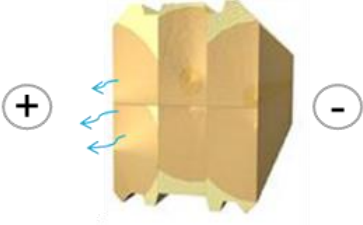
Rakenteiden lämpö- ja kosteuskapasiteetti taloteknisten järjestelmien tukena auttaa viihtyisien sisäilman olosuhteiden ylläpidossa. Hyvänä esimerkkinä on massiivisten rakenteiden lämpötilaa tasaava vaikutus esimerkiksi auringon aiheuttamissa kuormitustilanteissa. Sen sijaan rakenteiden kosteuskapasiteetin suunnitelmallinen hyödyntäminen on vielä harvinaista. Lisäksi ilmiöön on usein julkisessa kirjoittelussa sekoitettu epämääräisiä ja perustelemattomia käsityksiä hengittävistä rakenteista tai harhaanjohtavia väitteitä rakenteiden ilmatiiviyden merkityksestä.

Tässä selostuksessa on tutkimustuloksiin perustuen tarkoitus avata rakenteiden kosteuskapasiteetin mahdollisuuksia sisäilman hyvien olosuhteiden ylläpidossa.

2. Ilmiön kuvaus

Rakenteiden kosteutta sitovien (hygroskooppisten) materiaalien kosteudensitomiskyky (kosteuskapasiteetti) voi olla merkittävä ja sitä voidaan tietyin edellytyksin hyödyntää sisäilman kosteusvaihteluiden tasoittamiseen. Kosteutta sitovan materiaalikerroksen on oltava joko suoraan kosketuksessa sisäilman kanssa tai sen ja sisäilman välisen diffuusiiovastuksen tulee olla mahdollisimman pieni.

Kuva 1 esittää hirsiseinän ja sisäilman välisen kosteudensiirron huonetilan kuormitustilanteessa ja sen jälkeen.

Kosteuskuormitus sisäilmassa	Kuormituksen jälkeen
	
○ Sisäilman kosteus pyrkii kohoamaan ○ Kosteutta siirtyy ja sitoutuu rakenteeseen ○ Sisäilman suhteellisen kosteuden nousu hidastuu	○ Kosteutta siirtyy takaisin sisäilmaan ○ Sisäilman kosteus tasoittuu ○
Edellytykset: Kosteutta sitova materiaalikerroks on kosketuksessa sisäilman kanssa ja pinta on mahdollisimman hyvin vesihöyryn diffuusiota läpäisevä	

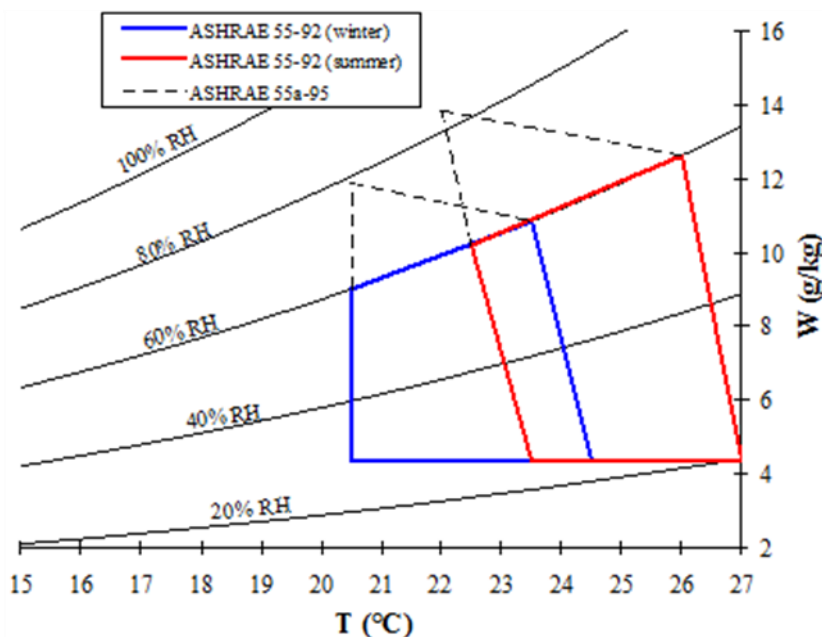
Kuva 1. Rakenteiden kosteuskapasiteetin vaikutus sisäilman kosteuteen sisäilman muuttuvissa kuormitustilanteissa.

Kun sisäilmaan tulee kosteuskuormitusta, pyrkii sisäilman kosteus nousemaan. Tällöin kosteus siirtyy sisäilmasta rakenteisiin päin. Kuormituksen aiheuttama lämpötilan nousu tehostaa kosteuden siirtymistä rakenteisiin päin. Koska osa kosteudesta sitoutuu rakenteisiin, pysyy sisäilman suhteellinen kosteus alempana kuin tapauksessa, jossa rakenteet ovat sisäpinnaltaan vesihöyryä läpäisemättömiä. Kuormitustilanteen jälkeen osa kosteudesta siirtyy takaisin sisäilmaan ja edelleen ilmanvaihdon kautta ulos. Rakenteiden materiaalikerrosten kosteudensitomiskykyä (=kosteuskapasiteetti) voidaan käyttää tasoittamaan muutoksia sisäilmassa, jolloin suhteellisen kosteuden ääriarvoja esiintyy vähemmän ja olosuhteet pysyvät lähempänä keskimääräistä viihtyisyysaluetta.

3. Sisäilman viihtyisyysolot

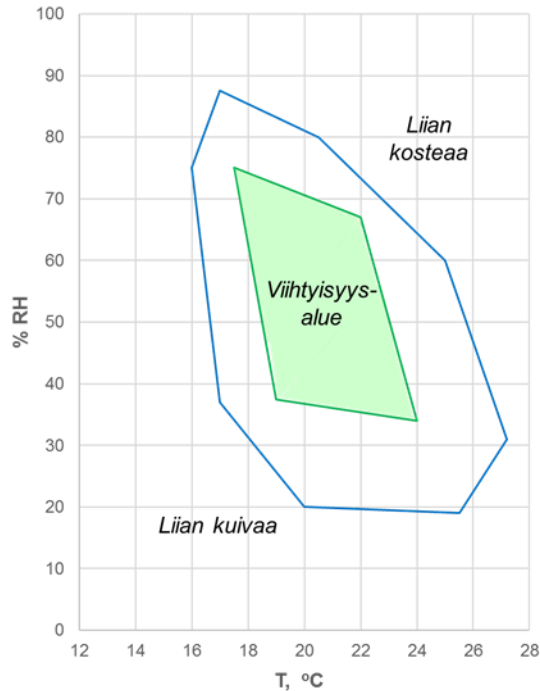
Sisäilman koettuun viihtyisyyteen vaikuttavat mm. ilman lämpötila, kosteus, puhtaus, ilman virtausnopeus oleskeluvyöhykkeellä ja pintojen lämpösäteily. Tässä käsitellään sisäilman suhteellisen kosteuden vaikutusta viihtyisyyteen. Viihtyisyysoloista on esitetty useita, eri tutkimuksiin perustuvia ja pääosin toisiaan tukevia suosituksia ja ohjeita.

ASHRAE esittää eri viihtyisyysalueet (lämpötila- ja kosteusolot) kesä- ja talvikaudelle (Kuva 2). Molemmissa suhteellisen kosteuden ylärajaksi on asetettu 60 % RH. Talvikauden viihtyisyysalueen alinta lämpötilaa vastaava suhteellisen kosteuden alaraja on 30 % RH.



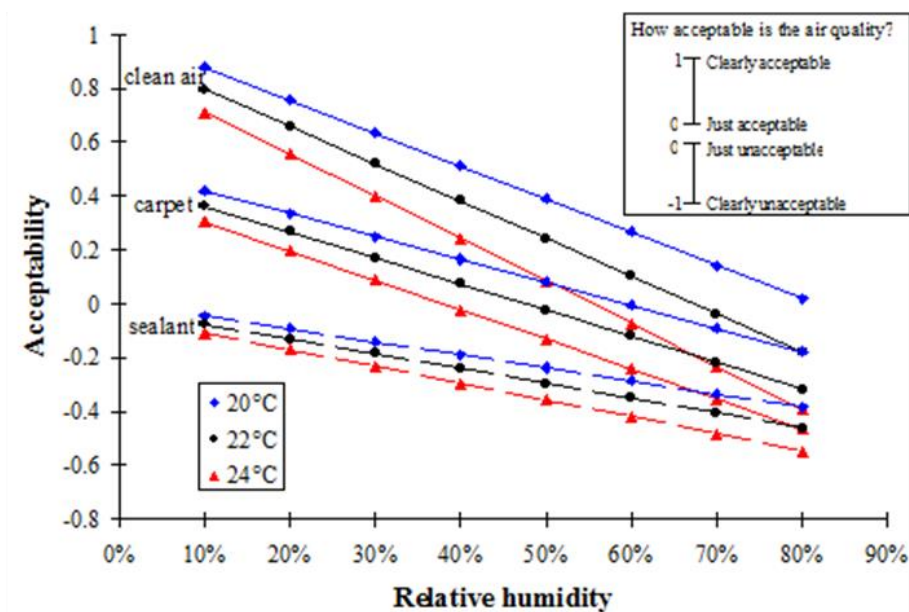
Kuva 2. Kesä- ja talvikauden viihtyisyysolot ASHRAEn mukaan /1,2/.

Saksalaisen julkaisun /3/ mukaan viihtyisyysalue (Kuva 3) on hieman erilainen kuin ASHRAEn esittämä. Tässä viihtyisyysalueella on alempia lämpötiloja ja korkeampia kosteuksia. Suhteellisen kosteuden alaraja on 35 % RH tasolla vielä +24 °C lämpötilassa. Pääosin viihtyisyysalue vastaa ASHRAEn talvikauden aluetta.



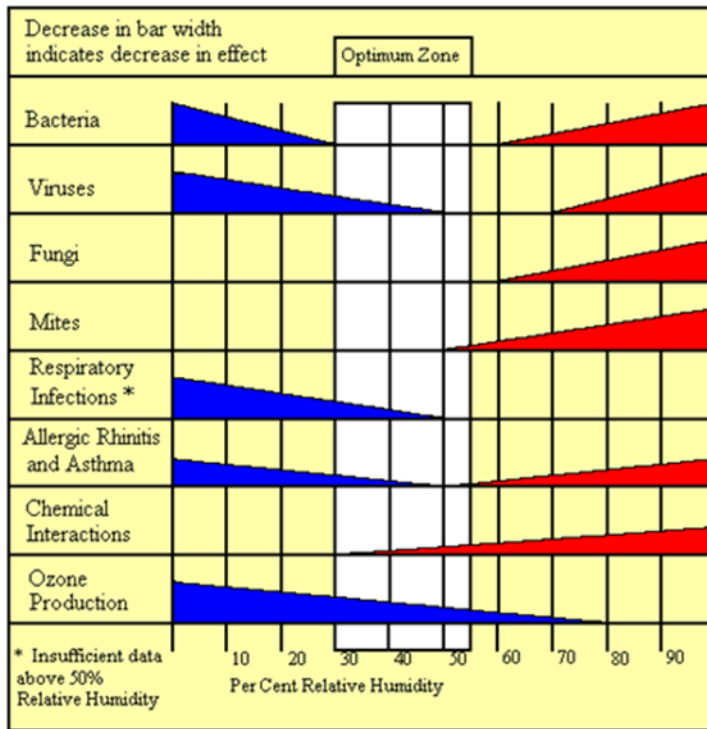
Kuva 3. Sisäilman viihtyisyysalue Buss (1994) /3/ mukaan (uudelleenpiirretty).

Kuva 4 esittää kokeellisiin tutkimuksiin perustuvan riippuvuuden sisäilman koetun laadun ja sen lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja epäpuhtauslähteiden välillä /4 - 6/. Kuvassa taso 0 kuvaa hyväksyttävää ilman laatua ja sitä alemmalla tasolla ilman laatu ei ole enää hyväksyttävä. Tutkimuksen mukaan koettu ilmanlaatu heikkenee lämpötilan ja suhteellisen kosteuden kasvaessa myös ilman ollessa puhdasta. Jos suhteellisen kosteuden korkeiden arvojen esiintymistä voidaan rajoittaa, paranee koettu sisäilman laatu.



Kuva 4. Koettu sisäilman laatu riippuu suhteellisesta kosteudesta. Hyväksyttävyyden (acceptability) taso 0 kuvaa hyväksyttävää ilman laatua, sitä alemmalla tasolla ilman laatu ei ole hyväksyttävä. Sisäilmalle on kolme erilaista tilaa: puhdas (clean air), jonkin verran epäpuhtauksia sisältävä (carpet) ja heikko (sealant). Korkea lämpötila ja suhteellinen kosteus saa ilman tuntumaan tunkkaiselta ja heikentää sen koettua laatua /4 - 6/.

Kuva 5 esittää kootusti sisäilman suhteellisen kosteuden vaikutukset terveyden ja sisäilman laadun eri parametreihin /7/. Tämän perusteella suotuisa sisäilman suhteellinen kosteusalue sijoittuu 30 % RH ja 55 % RH välille. Liian kuiva ilma aiheuttaa mm. hengitystieongelmia ja liian kosteat olot edistävät biologisen kasvun ja kemiallisten reaktioiden mahdollisuutta. Nämä heikentävät sisäilman laatua.



Kuva 5. Sisäilman suhteellisen kosteuden vaikutus terveyden ja sisäilman laadun eri parametreihin /7/. Valkoisena kuvattu suotuisa alue sijoittuu 30 % RH ja 55 % RH välille. Liian kuivat tai kosteat olosuhteet lisäävät sisäilman terveyshaittoja.

4. Kenttäkokeiden tuloksia

Ensimmäisiä käytännön osoituksia puukuitulämmöneristeiden sisäilmavaikutuksista on saatu Tapanilan Ekotalon kenttäkokeista vuodelta 2000 /8/. Kokeet tehtiin rakennuksen yhdessä makuuhuoneessa, jonka ulko- ja väliseinien sekä katon rakenteissa oli sisäpuolelta lukien 13 mm kipsilevy, rakennuspaperi ja puurunko sekä puukuitueriste. Sisäpinnan kipsilevyt oli maalattu kevyesti siten, että pinnat olivat vesihöyryä läpäiseviä.

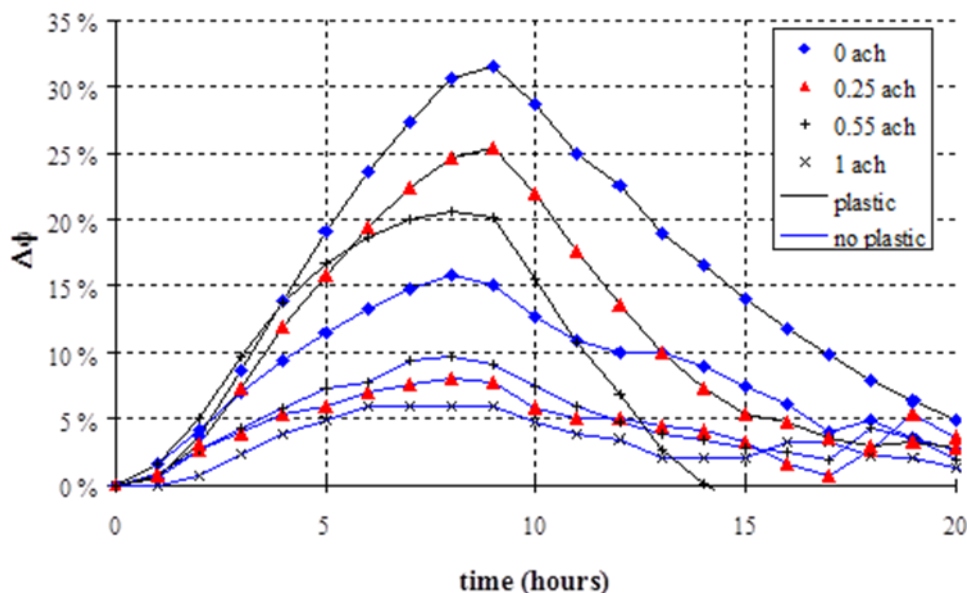
Kokeessa huoneeseen tuotettiin kahden henkilön kuormitusta vastaava kosteuskuorma (87 g/h) 8 tunnin ajaksi joka yö. Muuna aikana huonetilassa oli sama ilmanvaihto kuin kuormitustilanteessakin. Kokeissa mitattiin huonetilan lämpötila ja suhteellinen kosteus eri ilmanvaihtomäärillä kahdessa eri rakennetapauksessa: Rakenteet olivat sisäpinnastaan kosketuksessa sisäilmaan (*no plastic* –merkintä) tai rakenteiden sisäpinta oli peitetty höyrynsulkumuovilla (*plastic* –merkintä) niin, että kosteudensiirto rakenteiden ja sisäilman välillä oli estetty.

Kuva 6 esittää rakennuksen huonetilan koejaksot ja niissä käytetyt ilmanvaihtokertoimet. Tulokset osoittavat, että suhteellisen kosteuden nousu kuormitustilanteessa oli huomattavasti

suurempi muovipinnoitettujen rakenteiden tapauksessa kuin ilman muovikalvoa. Muovipinnoitetussa tapauksessa 0,55 1/h ilmanvaihtokertoimella huonetilan suhteellinen kosteus kasvoi kuormitustilanteen aikana lähtötilanteesta noin 20 % RH:lla, kun samalla ilmanvaihdolla ja rakenteiden ollessa ilman muovipinnoitusta suhteellinen kosteus kasvoi noin 10 % RH:lla.

Kun koneellinen ilmanvaihto oli suljettu (0 ach) pysyi ilman muovipinnoitusta olevien rakenteiden suhteellisen kosteuden nousu kuormitustilanteessa tasolla 15 % RH kun se muovipinnoitettujen rakenteiden tapauksessa nousi yli 30 % RH:lla.

Kenttäkohteessa tehtyjen mittausten perusteella on ilmeistä, että rakenteiden hygroskooppisella massalla on huomattava merkitys sisäilman kosteusoloihin. Kosteuskuormitustilanteessa rakenteisiin voi sitoutua kosteutta, jolloin sisäilman suhteellinen kosteus pysyy tasaisempana ja epäviihtyisyyttä aiheuttavien ääritilanteiden esiintyminen vähenee.



Kuva 6. Huoneilman suhteellisen kosteuden nousu yöajan kuormitustilanteessa eri ilmanvaihtomäärillä (0, 0.25, 0.5 ja 1.0 1/h ach) kun sisäverhouksena oli kipsilevy (no plastic) tai kun saman rakenteen sisäpintaan oli asennettu muoviverhous (plastic) /8/. no plastic -tapauksissa sisäilman suhteellisen kosteuden nousu kuormitustilanteessa oli selvästi pienempi kuin höyrytiivien rakenteiden (plastic) tapauksissa. Pienempi muutos sisäilman kosteusoloissa edistää hyvien sisäilman olosuhteiden pysymistä.

5. Laskennallisen tarkastelun tuloksia

Kuva 7 esittää laskennallisen tarkastelun tuloksia hirsiseinien vaikutuksesta makuuhuoneen suhteellisen kosteuden tasoon kolmen vuorokauden tarkastelujakson aikana /9/. Tarkastelussa oli Helsingin sääoloissa olevan pientalon kulmahuone (13,4 m²), jonka korvausilma otettiin sisään ulkoilman lämpötilassa. Työssä tarkasteltiin laskennallisesti makuuhuoneen sisäilman olosuhteita, kun huoneessa nukkuu joka yö kaksi aikuista ja ilmanvaihto on vakio, 6 dm³/s. Huoneen lämmitys oletettiin ideaaliseksi ja sen asetusarvo oli +21 °C.

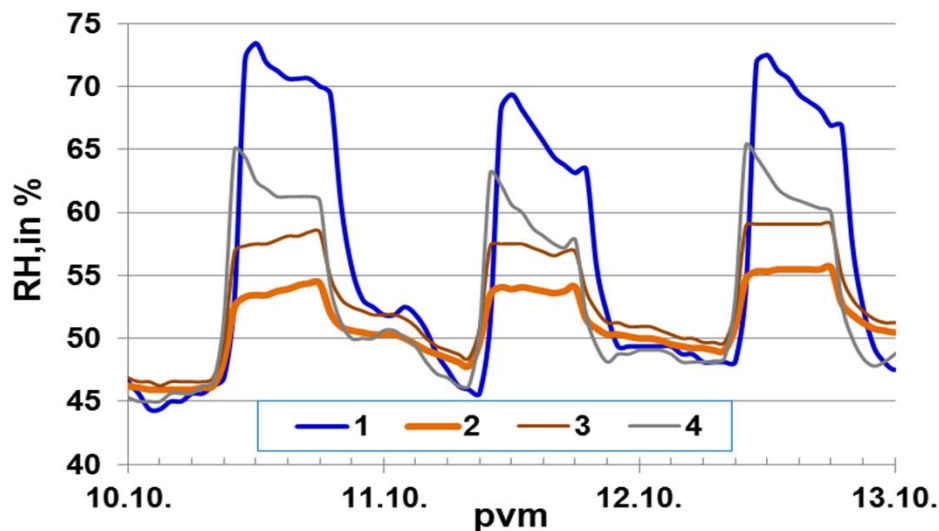
Huoneen kaikki neljä seinää olivat massiivista lamellihirttä. Kahden ulkoseinän paksuus oli 204 mm ja väliseinien 134 mm. Väliseinät ja yläpohja rajoittuivat olosuhteiltaan

samanlaiseen huonetilaan. Tarkastellut neljä tapausta poikkesivat toisistaan vain seinien sisäpinnan vesihöyrynvastuksen osalta:

- 1: Höyrytiiviit sisäpinnat kaikissa rakenteissa,
- 2: Neljä diffuusiolle avointa hirsiseinää (ei pintakäsittelyä)
- 3: Ulkoseinät olivat diffuusiolle avoimet (ei pintakäsittelyä)
- 4: Neljä hirsiseinää, joiden pintakäsittelyn aiheuttama diffuusion lisävastus $S_d = 0,2$ m.

Sisäilman suhteelliset kosteudet vaihtelivat samalla kuormituksella huomattavasti riippuen rakennetapauksesta. Tapauksessa 1) vaihteluväli yhden vuorokauden aikana saattoi olla yli 25 % RH, kun se tapauksessa 2) jäi tasolle 7 % RH.

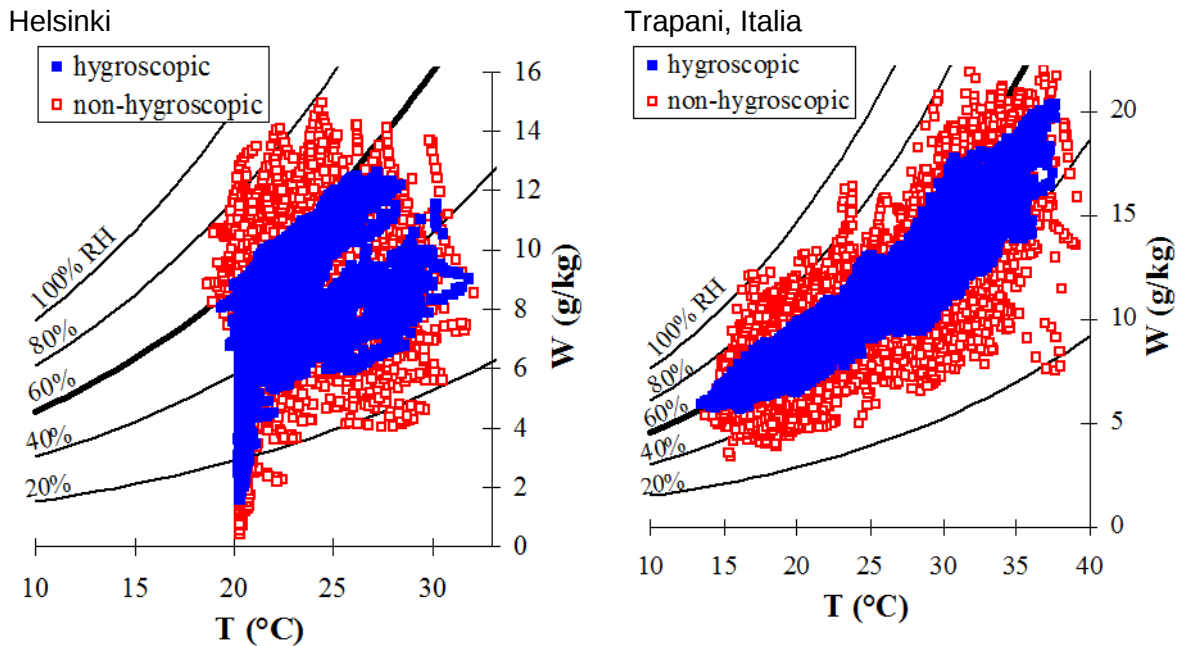
Tapauksessa 4, jossa hirret oli pintakäsittely diffuusiota läpäisevästi, kasvoi sisäilman kosteus kuormituksen alkuvaiheessa nopeasti, mutta muutos tasoittui kuormitusjakson aikana siten, että se kuormitustilanteen lopussa vastasi jokseenkin kahden pinnoittamattoman hirsiseinän tilannetta (tapaus 3).



Kuva 7. Hirsiseinien vaikutus makuuhuoneen sisäilman suhteelliseen kosteuteen /9/. 1: kaikki sisäpinnat höyrytiiviisti pinnoitetut, 2: neljä pinnoittamatonta hirsiseinää, 3: kaksi pinnoittamatonta hirsiseinää ja 4: neljä hirsiseinää, joiden pintakäsittelyn aiheuttama diffuusion lisävastus $S_d = 0,2$ m.

Toisessa esimerkissä esitetään sisäilman tunnitusten lämpötila- ja kosteustasojen jakauma vuoden simulointijakson aikana. Laajassa numeeriseen simulointiin perustuvassa tutkimuksessa /10/ selvitettiin tilannetta, jossa makuuhuoneessa yöpyy kaksi henkeä ja ilmanvaihto oli huoneessa vakio 0,5 1/h. Laskennallisesti selvitettiin vuoden tarkastelujakson aikana erilaisten rakenteiden vaikutusta sisäilman kosteustasojen kehitykseen eri ilmastoissa. Hygroskooppisessa rakenteessa sisäpinnan maalin diffuusiovastus oli $S_d = 0,2$ m, ei-hygroskooppisessa tapauksessa pintavastus oli suuri. Rakenteet olivat muuten samanlaiset, sisimpänä kerroksena niissä oli huokoinen kuitulevy, sitten ilmansulkupaperi ja puukuitueriste puunkoisessa rakenteessa.

Kuva 8 esittää koko vuoden jaksolle tunneittain ratkaistut lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvot Suomen ja Italian ilmastoissa. Molemmassa tapauksissa ei-hygroskooppisten rakenteiden tapauksessa esiintyi enemmän suhteellisen kosteuden ääriarvoja (hyvin kuivia tai kosteita tilanteita) kuin hygroskooppisten rakenteiden tapauksessa. Ääriolosuhteet ovat tyypillisesti viihtyisyysalueen ulkopuolella tai rajoilla, joten niiden vähentyminen johtaa sisäilman koetun ilmanlaadun ja viihtyisyyden parantumiseen.



Kuva 8. Vuoden jokaiselle tunnille ratkaistut lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvot tarkasteluhuoneessa Suomen ja Italian valittujen alueiden sääoloissa. Makuuhuoneiden lämpötilatason asetusarvojen ja lämmityslaitteistojen eroista johtuen lämpötilan minimiarvot vaihtelivat ilmastoittain /9/.

6. Pinnan diffuusiovastuksen vaikutus kosteudensiirtoon

Rakenteiden kosteuskapasiteetin hyödyntäminen sisäilman olosuhteiden tasoittamiseen edellyttää mahdollisimman hyvää kosteudensiirtoa materiaalin ja sisäilman välillä. Sisäpinnan maalikerroksen diffuusiovastus rajoittaa kosteuden siirtymistä rakenteen ja sisäilman välillä. Tämän merkitystä selvitettiin laskennallisesti /10/. Tarkastelussa selvitettiin puupinnalla olevan maalikerroksen vaikutusta sisäilmasta pintaan suuntautuvaan kosteusvirtaan, kun alkutilanteessa puun kosteus on tasoittunut 30 % RH tilaan ja laskennan alkuhetkellä sisäilman kosteus nousee tasolle 75 % RH lämpötilan pysyessä vakiona +20 °C. Tapaus ei suoraan vastaa käytännön tilannetta, mutta antaa kuvan pintavastuksen vaikutuksesta kosteusvuorovaikutukseen sisäilman ja rakenteen välillä.

Peittävän kalvon muodostavan maalipinnan diffuusiovastus voi nykymaaleilla olla alimmillaan suuruusluokkaa $S_d = 0,15 - 0,2$ m. Diffuusiovastuksen suuruus riippuu maalityypistä, ja jos esimerkiksi uusintamaalaus kasvattaa kerrosten lukumäärää, kasvaa vastus alkuperäisestä.

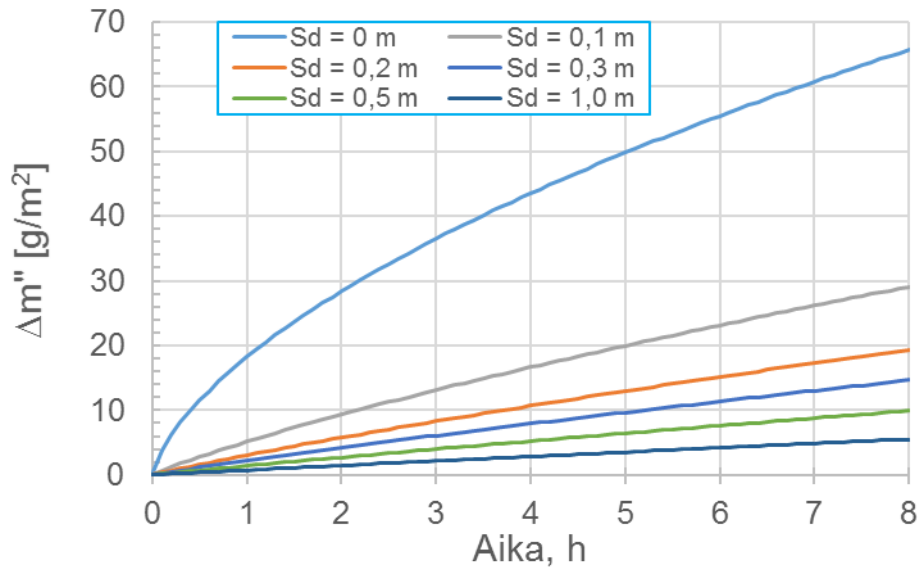
Kuva 9 esittää kosteusmäärää, joka siirtyy sisäilmasta puukerrokseen muutostilanteen alusta alkaen pinnan erilaisilla diffuusiovastuksilla kahdeksan tunnin aikana.

Kuva 10 Sisäilmasta puuhun siirtyvän kosteuden osuus verrattuna käsittelemättömän pinnan vastaavaan eri diffuusiovastuksilla ajan funktiona. Pinnoituksen suhteellinen vaikutus kosteudensiirtoon on suurimmillaan muutostilanteen alussa, mutta ero pienenee ajan kuluessa.

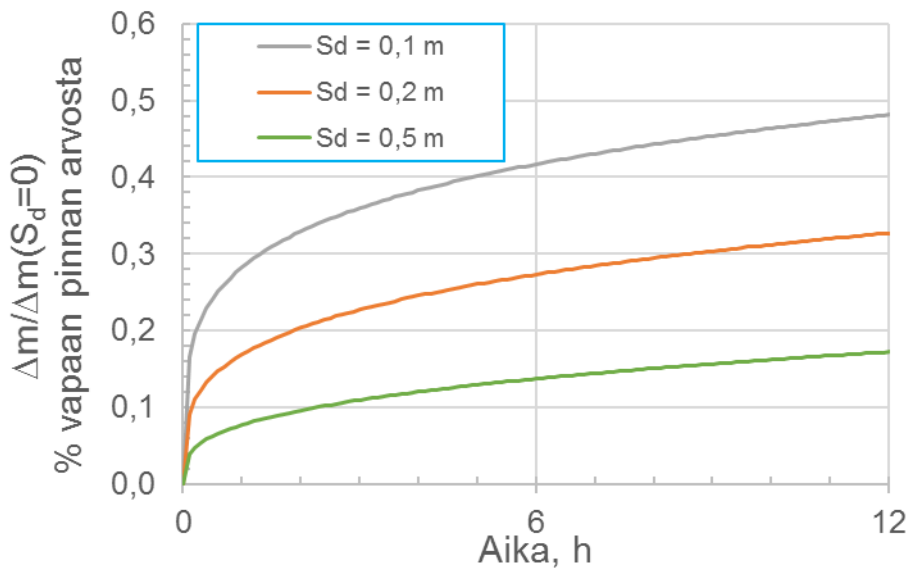
Tuloksesta nähdään, että tarkastelutilanteessa käsittelemätön puupinta sitoi sisäilmasta kosteutta kahdeksan tunnin aikana noin 66 g/m^2 (sisäilman kanssa kosketuksessa olevaa

pinta-alayksikkö kohden), kun vastaava luku pintakäsittelyn diffuusiovastuksella $S_d = 0,1 \text{ m}$ oli noin 29 g/m^2 ja diffuusiovastuksella $S_d = 0,2 \text{ m}$ oli noin 19 g/m^2 .

Pinnoituksen suhteellinen vaikutus kosteudensiirtoon on suurimmillaan heti muutostilanteen jälkeen (Kuva 10). Tunnin kuluttua muutoksen alusta oli kosteusvuorovaikutus diffuusiovastuksella $S_d = 0,2 \text{ m}$ noin 16 % verrattuna käsittelemättömän puupinnan tapaukseen kun se kuuden tunnin kohdalla oli noin 27 % ja 12 h tunnin kohdalla noin 33 %.



Kuva 9. Kosteuskertymä sisäilmasta siihen rajoittuvaan puukerrokseen pintakäsittelyn eri diffuusiovastuksilla, kun sisäilman suhteellinen kosteus muuttuu alun vakiotilasta 30 % RH tasolle 75 % RH. Puun kosteus alussa oli 30 % RH.



Kuva 10 Sisäilmasta puuhun siirtyvän kosteuden osuus verrattuna käsittelemättömän pinnan vastaavaan eri diffuusiovastuksilla ajan funktiona. Pinnoituksen suhteellinen vaikutus kosteudensiirtoon on suurimmillaan muutostilanteen alussa, mutta ero pienenee ajan kuluessa.

7. Yhteenveto

Rakenteiden kosteudensitomiskyky voi merkittävästi tukea ilmanvaihdon toimintaa tasoittamalla kuormitustilanteen aiheuttamia sisäilman suhteellisen kosteuden muutoksia ja pienentämällä kosteuden huipputasoja. Tämän avulla ei voida alentaa normaalia ilmanvaihdon tarvetta, mutta toisaalta ilmanvaihtoa ei ole tarvetta kasvattaa vain kosteuskuormien takia. Ylläpitämällä mahdollisimman tasaisia sisäilman kosteusoloja voidaan olennaisesti parantaa sisäilman viihtyisyyttä verrattuna tilanteeseen, jossa olosuhteet vaihtelevat voimakkaasti. Hyvät sisäilman olosuhteet parantavat energiatehokkuutta ainakin välillisesti, kun lisätuuletuksen tarve vähenee.

Kosteuskuormituksen aikana rakenteisiin sitoutunutta kosteutta siirtyy kuormitustilanteen jälkeen takaisin sisäilmaan, jolloin olosuhteet säilyvät tällöinkin lähempänä viihtyisyysooloja. Näin ilmanvaihto voi poistaa tilaan tullutta kosteutta myös kuormituksen jälkeen, ei vain kuormitustilanteessa.

Rakenteiden kosteuskapasiteetin hyödyntämisen edellytyksiä:

- Rakenteiden sisäpinnan lähellä on materiaalia, jolla on riittävä kosteuden sitomiskyky sisäilman suhteellisen kosteuden vaihtelualueella
- Materiaalin ja sisäilman välisen diffuusiovastuksen tulee olla mahdollisimman pieni, jotta kosteudensiirto on tehokasta myös hetkellisten muutosten aikana
- Kosteutta sitovan materiaalin pinta-ala huonetilaan päin on riittävä.

Muuta huomioitavaa rakenteiden kosteuskapasiteetin hyödyntämisessä:

- Peittävän kalvon muodostavan maalipinnan diffuusiovastus voi nykymaaleilla olla alimmillaan suuruusluokkaa $S_d = 0,15 - 0,2$ m. Näillä maalikerroksen vastusarvoilla on mahdollista hyödyntää tehokkaasti rakenteen kosteuskapasiteettia sisäilman kosteusvaihteluiden tasoittamiseen .
- Ei edellytä höyrynsulutonta rakennetta. Kosteutta sitovan materiaalin ja sisäilman välisen vesihöyryn diffuusiovastuksen on oltava mahdollisimman pieni, mutta kerroksen ulkopuolella voi hyvin olla tiivis höyrynsulkukerros ilman, että se vaikuttaisi tässä kuvattuun ilmiöön.
- Rakenteiden toteutuksessa tulee aina pyrkiä hyvään ilmatiivyyteen. Hallitsemattomat ilmavuodot eivät liity kosteuskapasiteetin hyödyntämiseen tai hyvien sisäilman olosuhteiden ylläpitoon.

Lähdeviitteet

1. ANSI/ASHRAE 55a-1995, Addendum to Thermal environmental conditions for human occupancy, ASHRAE, Atlanta.
2. ANSI/ASHRAE Standard 55-1992, Thermal environmental conditions for human occupancy, ASHRAE, Atlanta.
3. Buss, H., 1994, Aktuelles Tabellenhandbuch, Feuchte, Wärme, Schall mit Formeln u. Erläuterungen - 2. Auflage 1994, Augsburg; WEKA Fachverlage GmbH.
4. Toftum J. and Fanger, P.O., 1999, Air humidity requirements for human comfort, ASHRAE Trans., 105(2), 641-647.

5. Toftum J., Jorgensen, A.S. and Fanger, P.O., 1998a, Upper limits for indoor air humidity to avoid uncomfortably humid skin, *Energy and Buildings*, 28, 1-13.
6. Fang, L., Wargocki, P., Witterseh, T., Clausen, G., Fanger, P.O., 1999a, Field study on the impact of temperature, humidity and ventilation on perceived air quality, *Proceedings of Indoor Air '99, Edinburgh*, Vol. 2, 107-112
7. ITS, 1999, Information Technology Specialists Inc., The Residential Energy Efficiency Database (designed and created by B. J. Mitchell, M. Ryder and M. Mitchell): Indoor Air Quality - moisture and humidity, <http://www.its-canada.com/reed/iaq/chart1.htm>.
8. Simonson, C.J. Moisture, thermal and ventilation performance of Tapanila ecological house. *Research Notes 2069*, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo. 2000.
9. Ojanen, T. Moisture capacity of log houses can improve the indoor climate conditions. *International Journal for Housing Science and Its Applications*. International Association for Housing Science . Vol. 40 (2016) No: 3, pp.159-169
10. Simonson, C.; Salonvaara, M. & Ojanen, T. 2001. Improving indoor climate and comfort with wooden structures. Espoo, VTT Building Technology. 200 s. + liitt. 91 s. VTT Publications; 431. ISBN 951-38-5846-4; 951-38-5847-2
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2001/P431.pdf>
11. WUFI (Wärme und Feuchte instationär - Transient Heat and Moisture) 6.1 Pro software, The Fraunhofer Institute for Building Physics IBP. 2016.
http://www.wufi.de/index_e.html