



Rakennustarvikkeiden "hengittävyys"

TERVEELLISEN JA MIELLYTTÄVÄN SISÄILMASTON EDELLYTYS

Sisällysluettelo

Yhteenveto	4
Johdanto	5
Sisäilman miellyttävyys ja kosteusolosuhteet	6
Kondensaatio rakennuselementtien pinnoilla	7
Rakennuksen rakenteiden kosteuspuskurointi	8
Kosteuden läpäisy diffuusion avulla verrattuna hallittuun ilmanvaihtoon	11
Viitteet	12

Vastuuvapauslauseke:

Tämän julkaisun sisältämä tieto on tietojemme mukaan totta ja paikkansapitävää, mutta emme takaa mitään mahdollisesti annettuja suosituksia tai ehdotuksia, koska käyttötilanteet ja lähdemateriaalien kokoonpano eivät ole meidän hallinnassamme. Myöskään mitään tämän julkaisun sisällöstä ei tule tulkita suositukseksi käyttää mitään tuotetta, joka on ristiriidassa mitä tahansa materiaalia tai sen käyttöä koskevien, olemassa olevien patenttien kanssa



Yhteenveto

Tietyt markkinatahot väittävät, että rakennusten ilmatiiviit rakenteet aiheuttavat epäterveellisen sisäilman. Ne vaativat ”hengittäviä” rakennuselementtejä ja ”hengittävien” lämmöneristystuotteitten käyttöä. Vain niiden avulla voidaan yhdistää lämmöneristys kosteudelta suojaamiseen ja siirtää pois kosteus ja vaaralliset aineet ilmanvaihdon kautta.

Tällaiset väitteet ovat harhaanjohtavia, ja käsitteeseen ”hengittävyys” sekoitetaan monia ilmiöitä. Rakennuksen fysiikka ja standardisointi eivät sovi tähän käsitteeseen, vaan ne erottelevat oleelliset seikat, kuten vesihöyryn kondensoitumisen sisäpinnoille, rakennuselementtien kosteuspuskuroinnin, vesihöyryn diffuusion ulkopuolisten rakennuselementtien kautta ja kosteuden läpäisyyn kokonaisilmanvaihdon ja ohjatun ilmanvaihdon avulla.

Tutkimus osoittaa, että miellyttävissä ja terveellisissä rakennuksissa tarvitaan riittävän tasokas lämmöneristys ja ohjattu hallittu kokonaisilmanvaihto. Ei kuitenkaan ole oleellista, käytetäänkö diffuusioavoimia vai diffusiotiiviitä lämmöneristystuotteita. PU-lämmöneristystuotteitten eristyskyky on erinomainen, ja ne vastaavat matalaenergiarakennusten vaatimuksiin.

Vesihöyryn tiivistyminen huoneen kylmille sisäpinnoille voi tarjota kasvualustan homekasvustolle. Se

voidaan parhaiten estää eristämällä rakennuselementit riittävästi. On huolehdittava siitä, ettei pääse syntymään kylmäsiltoja, sillä ne voivat aiheuttaa paikallista kondensaatiota muuten hyvin eristetyssä rakennuksessa. Umpisolueristeet, kuten PU, tarjoavat lisäedun, sillä ne vähentävät kondensoitumisriskiä eristyskerroksen sisässä. Diffuusionavoimet eristysaineet saattavat vaatia lisäkalvoja.

Tilojen kosteustasot vaihtelevat ulkopuolisesta ilmastosta ja sisäisistä olosuhteista riippuen. Rakennuselementtien pintakerrosten kosteuspuskuroinnin vaikutukset voivat auttaa pitämään kosteustasot suhteellisen vakaina. Tutkimus on osoittanut, että lämmöneristyksen osuus on vain marginaalinen, koska puskurointivaikutukset rajoittuvat pääasiassa pintakerrokseen, joka on suorassa kosketuksessa sisäilmaan. Siksi ei ole kannattavaa käyttää vesihöyryvapaata tai ”hengittävää” eristystä. Sisäilman liiallinen kosteus täytyy poistaa ohjatun ilmanvaihdon avulla. Jopa ääriolosuhteissa kosteuden siirto diffuusion avulla (”hengittävyys”) rakennuksen vaipan lävitse voi vastata vain mitättömästä osasta tarvittavaa kokonaisilmanvaihtoa.

Johdanto

Olipa kyse sitten asunnoista, kouluista, toimistoista, tehtaista tai ostoskeskuksista, ihmiset viettävät jopa 90 % ajastaan rakennusten sisällä. Siitä syystä terveellisen ja miellyttävän sisäilmaston varmistaminen rakennuksissa on elintärkeää.

Samanaikaisesti uusien ja olemassa olevien rakennusten täytyy täyttää jatkuvasti kasvavat energiatehokkuusvaatimukset, jotka vaativat paksumpia lämmöneristyskerroksia ja rakennuksen vaipan korkealuokkaista ilmatiiviyttä hallitsemattomien ilmapirtausten aiheuttamien lämpöhäviöiden välttämiseksi (kuva 2).

Tietyt markkinatekijät väittävät, että ilmatiiviit rakenteet aiheuttavat epäterveellisen sisäilmaston. Että tarvittaisiin "hengittävää" eristyskerrosta säilyttämään sisätilojen kosteustasot terveellisinä.

Kuitenkin käytännössä termiin "hengittävyys" sekoitetaan useita ilmiöitä. Rakennuksen fysiikassa ja standardisoinnissa ei sen tähden käytetä tätä termiä, vaan tarkastellaan ilmiöitä erillisinä:

- Vesihöyryn tiivistyminen sisäpinnoille
- Rakennuselementtien kosteuspuskurointi
- Vesihöyryn diffuusio ulkopuolisten rakennuselementtien läpi
- Kosteuden läpäisy kokonaisilmanvaihdon ja hallitun tuuletuksen avulla

Tässä esitteessä analysoidaan näitä ilmiöitä kahden tutkielman pohjalta:

- Suomen VTT:n tutkimus kosteuspuskuroinnista
Tutkimus rakennuksen hengittävän rakenteen periaatteesta, eristysmateriaalien vaikutukset
- Cambridge Architectural Research Ltd.:n (CAR) kosteuden läpäisy diffuusion avulla verrattuna kokonaisilmanvaihtoon: Kosteuden läpäisy ja rakennusten hengittävyyden merkitys



Kuva 1: PU-passiivitalo Brysselissä PU-eristein (www.polyurethanes.org/passivehouse/)



Kuva 2: Rakennusten ilmatiiviyys [1]

Ennen vuotta 2020: EU-maiden on yleisesti toteutettava lähes nollaenergiatalot uusissa rakennuksissa ja isoissa peruskorjauksissa.

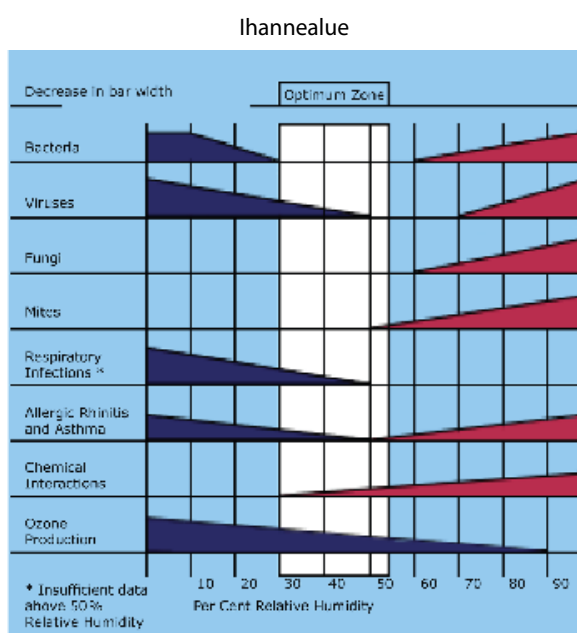
- RAKENNA tiiviisti, TUULETA oikein
- Rakennuksen ilmatiiviydestä tulee ehdottomasti pakollisesti huomioitava asia.
- Käytetään energiatehokkaita ilmanvaihtojärjestelmiä

Sisäilman miellyttävyys ja kosteusolosuhteet

Sisäilman kosteustaso riippuu eri tekijöistä, kuten ilmasto-olosuhteista, kosteuden lähteistä, ilmanvaihdon tasosta, tilan koosta ja rakennusmateriaalien mahdollisesta kosteudenabsorbointikyvystä ja niiden yhteydestä sisäilmaan.

Sisäilman kosteusolosuhteet saattavat vaihdella päivittäin suuresti riippuen tiloissa suoritettavan toiminnan ja niissä oleskelun aiheuttamista lämpö- ja kosteuskuormista. Sisäilman lämpötila ja kosteus ovat joitakin tärkeimpiä tekijöitä, joilla on vaikutusta sisämukavuuteen, sekä lämmön miellyttävyyteen että koettuun ilmanlaatuun. Etenkin liian korkea kosteus voi vaikuttaa kielteisesti sisäilman miellyttävyyteen.

On monta keinoa madaltaa kosteushuippuja rakennuksessa oleskelun aikana ja siten parantaa lämpöviihtyisyyttä ja sisäilmaolosuhteiden hyväksyttävyyttä. VTT tutki, miten tämä on mahdollista, käyttäen rakennuksen rakenteiden kosteudenabsorbointikykyä. CAR osoitti, miten tärkeää hallittu kokonaisilmanvaihto on verrattuna kosteuden läpäisyyn diffuusion avulla diffuusioavaimien rakennuselementtien kautta.



Kuva 3: Kosteuden vaikutus moniin terveyden ja IAQ-parametreihin osoittaa, että sisäilman kosteuden suotuisa vaihteluväli on 30 %...55 % suhteellista kosteutta

Kondensaatio rakennuselementtien pinnoilla

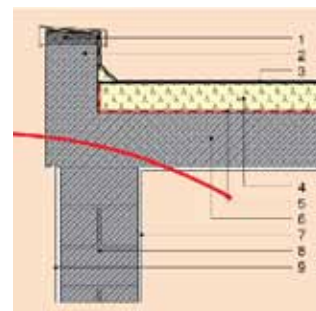
Jotta sisäilmasto olisi terveellinen, täytyy tiloissa olla tietty kosteustaso. Se kosteuden määrä, minkä ilma voi sisältää, riippuu lämpötilasta. Jos rakennuselementtien sisäpinnan lämpötila laskee kriittisen arvon alle (esim. talvella), kosteus tiivistyy niiden kylmille pinnoille, ja homeen kasvamisen riski lisääntyy huomattavasti. Saksassa DIN 4108 määrittää kriittisen sisäpinnan lämpötilan 12,6°C:ssa 70 %:n suhteellisille kosteustasoille asti.

On kaksi mahdollisuutta välttää pinnan kondensatiota:

- Vähentää ilman kosteuspitoisuutta tuuletuksella (ikkunoiden avaaminen jne.); mutta se aiheuttaa energiahukkaa ja voi vähentää kosteuden epäterveelliselle tasolle asti.
- Lisätä pinnan lämpötilaa parantamalla rakennuksen kate-elementtien eristystasoa.

Myös kylmäsiljat saattavat aiheuttaa paikallisesti kriittisiä alueita, joissa alhaiset pintalämpötilat voivat johtaa kosteuden tiivistymiseen pinnoille. Esimerkki kuvassa 4 näyttää eristämättömän seinä- kattoelementtiyhityksen, jonka tuloksena on lämpöhukka ja sisäpintalämpötilojen putoaminen kastepisteen alapuolelle. Saumattoman eristyskerroksen ansiosta, kuten näkyy kuvassa 5, voidaan välttää kylmäsiljat ja siten myös kondensoituminen.

1. Peltikatteinen puulevy
2. Betonilaatta
3. Vesitiivis kerros
4. Eristyskerros
5. Vesihöyrykalvo
6. Teräsbetonikatto
7. Sisärappauskerros
8. Tiiliseinä
9. Ulkorappauskerros



Kuva 4: Kylmäsilta ullakon kautta (Lähde: IVPU:n ohjeet Flachdach dämmen mit Polyurethan-Hartschaum, 2011, sivu 8)

1. Peltikatteinen puulevy
2. PU-eristys betonilaatan päällä
3. Betonilaatta
4. Vesitiivis kerros
5. PU-eristyskerros
6. Vesihöyrykalvo
7. Teräsbetonikatto
8. Sisärappauskerros
9. Tiiliseinä
10. PU-eristyskerros ulkoseinällä
11. Ulkorappauskerrosjärjestelmä



Kuva 5: PU-eristyksellä vältetään kylmäsilta ullakon alueella (Lähde: IVPU:n ohjeet Flachdach dämmen mit Polyurethan-Hartschaum, 2011, sivu 8)

Rakennuksen rakenteiden kosteuspuskurointi

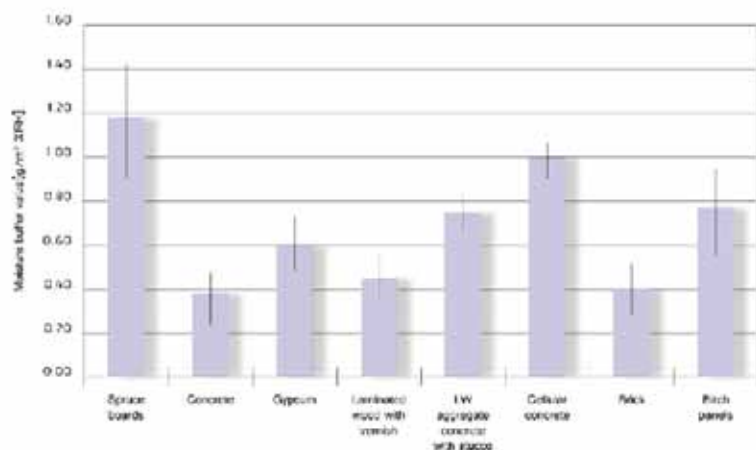
Yleistä

Rakennuksen rakenteiden kosteuspuskuriperiaatteen voi määrittellä hygrotermiseksi vuorovaikutukseksi rakenteiden ja sisäilman välillä. Tämä vuorovaikutus voi vaikuttaa sisäilman miellyttävyyteen pienentämällä hetkellisiä kosteushuippuja, jotka voivat vaikuttaa termiseen mukavuuteen ja koettuun sisäilman laatuun. Tällaisia kosteuspiikkejä voi esiintyä esimerkiksi makuuhuoneissa öiseen aikaan.

Kosteuspuskurituotteet ja rakennuksen rakenteet

Tarkoituksena parantaa sisäilman lämpömukavuutta ja koettua ilman laatua passiivirakentamis menetelmien avulla kehiteltiin Nordtest-menetelmä. Se mahdollistaa rakennusmateriaalikerrosten kosteuspuskuriarvon määrittämisen. Kuva 6 näyttää materiaalien arvoja kosteuspuskurikapasiteetteineen.

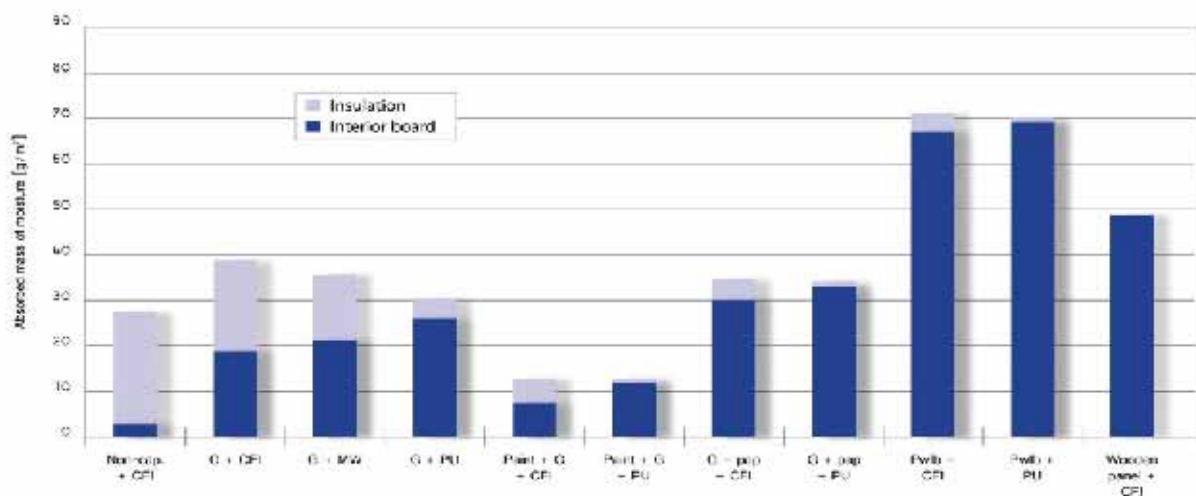
VTT tutki numeerisessa tutkimuksessa, miten lämmöneristyskerrokset voivat myötävaikuttaa tähän kosteuspuskurivaikutukseen. Tarkoituksena oli osoittaa, miten paljon kosteutta voi olla varastoituneena lämmöneristyskerroksessa sisäpuolisen seinälaatan takana. Taulukko 1 esittää eri tapauksia, joita tämä tutkimus kattaa.



Kuva 6: Joidenkin yleisten rakennusmateriaalien kosteuspuskuriarvoja, kukin mitattuna kolmessa eri laboratorioissa kolmea näytettä käyttäen

Tapauskoodi	Sisäkerros	Suoritus- ominaisuudet	Lämmön eristys	Suoritus- ominaisuudet	Muut kerrokset
Non-cap. + CFI	Kapitanssiton kerros	Hyvin matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Selluloosakuitu- eristys	Korkea kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	
G + CFI	Kipsilevy	Matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Selluloosakuitu- eristys	Korkea kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	
Pwfb + CFI	Huokoinen puuku- itulevy	Korkea kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Selluloosakuitu- eristys	Korkea kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	
Pwfb + PU	Huokoinen puuku- itulevy	Korkea kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Polyuretaani	Matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	
Puupaneeli + CFI	Puupaneeli	Korkea kapasiteetti, korkea diffuusio- vastus	Selluloosakuitu- eristys	Korkea kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	
G + MW	Kipsilevy	Matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Mineraalivilla Selluloosakuitu- eristys	Matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	
G + PU	Kipsilevy	Matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Polyuretaani	Matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	
Maali + G + CFI	Kipsilevy	Matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Selluloosakuitu- eristys	Korkea kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Sisämaali, Sd = 0,2 m
Maali + G + PU	Kipsilevy	Matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Polyuretaani	Matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Sisämaali, Sd = 0,2 m
G + pap + CFI	Kipsilevy	Matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Selluloosakuitu- eristys	Korkea kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Rakennuspahvi 1 mm, Sd = 0,8 m
G + pap + PU	Kipsilevy	Matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Polyuretaani	Matala kapasiteetti, alhainen diffuusio- vastus	Rakennuspahvi 1 mm, Sd = 0,8 m

Taulukko 1: Numeerisesti ratkaistut tapaukset



Kuva 7: Kosteuden kerääntyminen ensimmäisten 8 tunnin aikana rajaehtojen muuttamisen jälkeen (50 % RH...75 % RH)

Nämä simulaatiot osoittavat lämmöneristyskerroksen kosteuskapasiteetin marginaalisen vaikutuksen sisäilman kosteusolosuhteisiin, jos puskurivaikutus saavutetaan sisäpintakerrosateriaalin suuren kosteudensäilytyskyvyn avulla. Tutkimus osoittaa, että suurin osa kosteudesta varastoituu huokoiseen puukuitulevyyn (Pwfb), ja ettei ole todellista eroa siinä, käytetäänkö puukuitulevyn takana tyhjiösoluista eristysmateriaalia, kuten selluloosakuitua, vai umpisoluista PU-levyä (Kuva 7).

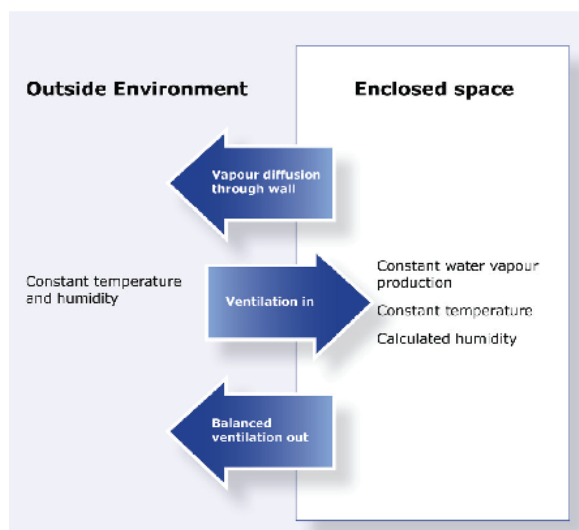
Kun käytetään sellaisia pintakerroksia, joiden puskurikyky on matala (esim. kipsilevyjä), havaitaan tyhjiösoluisen eristyskerroksen vaikuttavan hieman enemmän. Vaikka PU-levyn puskurivaikutus on alhaisempi, seinäelementin kokonaispuskurikyky oli suunnilleen sama.

Rakenteiden kosteuspuskurikapasiteetin pääasiallinen hyöty on sisäilman kosteushuippujen alentaminen silloin, kun tilat ovat käytössä. Kun kosteuspuskurivaikutusta on käytettävä tehokkaasti, sisäpintamateriaalin puskuroidintikyvyyn tulisi olla suuri. Näissä olosuhteissa lämmöneristyskerroksen kosteuspuskuriominaisuudet eivät ole oleellisia.

VTT havaitsi, että puskurivaikutus on oleellinen päivittäisten kosteusvaihteluiden tasoittamiseksi. Kun kuitenkin verrattiin hygroskooppisia, höyrylle avoimia rakenteita rakenteisiin, joissa on höyrytiivis pinta, kosteuden pitkäaikaiset (useita viikkoja) keskiarvot olivat lähes samat. Tällöin hallittu kokonaisilmanvaihto tulee erittäin tärkeäksi sisätilojen kosteudensäädölle. CAR on tutkinut tätä.

Kosteuden läpäisy diffuusion avulla verrattuna hallittuun ilmanvaihtoon

Ilman mukana liikkuva kosteus siirtyy sisään ja ulos rakennuksista kahdella mekanismilla, vesihöyrydiffuusiona rakennuksen katon, seinien ja lattia läpi sekä kokonaisilmanvaihtona (harkittu tai valvottu ilmanvaihto) sisään ja ulos rakennuksesta (kuva 8).



Kuva 8: Ilman mukana kulkeutuvan kosteuden siirtyminen sisään ja ulos rakennuksista

Markkinoilla on väitteitä koskien yleisesti diffuusioavoimien ("hengittävien") rakenteiden ja erityisesti diffuusioavoimen eristyksen etuja, kun ilmanvaihto ei toimi riittävästi etenkin vanhemmissa, peruskorjatuissa rakennuksissa. Tällaisten väitteiden kannattajat

varoittavat, että kosteutta muodostuisi "hengittämättömissä" rakenteissa tai rakennuksissa, mikä johtaisi pintakondensaatioon. Tämä vuorostaan johtaisi mikrobikasvustoihin (home, pölypunkit) kaikkine kielteisine seurauksineen.

Näiden väitteiden varmistamiseksi Cambridge Architectural Research Ltd. (CAR) suoritti tutkimuksen kosteuden läpäisystä rakennuksissa ja siitä, onko kosteuden läpäisy rakennuselementtien läpi diffuusion kautta merkityksellinen hallittuun kokonaisilmanvaihtoon verrattuna.

CAR tutki seinä, joilla oli erilainen vesihöyryn vastustuskyky, oletuksena kokonaisilman vaihtuvuus 0,5 kertaa tunnissa. Tutkijat eivät suosittele matalampia tasoja terveysongelmien välttämiseksi. Jopa tällä raja-arvolla valvottu ilmanvaihto vastaa 95 %:sta höyryn läpäisystä talosta, missä on diffuusioavoimet seinät. Laskelmat osoittavat, että vesihöyryn diffuusio rakennuksen ns. "hengittävien" rakenteiden läpi ei vaikuta merkittävästi höyryn läpäisyasteeseen. Hallittu kokonaisilmanvaihto on välttämätön terveellisen ilmanvaihtoasteen ylläpitämiseksi.

Johtopäätöksenä voidaan todeta seuraavaa: Tärkeintä miellyttävän ja terveellisen sisäilmaston luomisessa ja ylläpitämisessä on hyvä lämpösuunnittelu ja riittävä eristys yhdistettynä riittävästi järjestettyyn kokonaisilmanvaihtoon. Ei ole suurta merkitystä, onko rakennuksen rakenne höyryavoin vai -tiivis.

	Seinien kokonaishöyrynkestävyys (MN-s/g)	Laskettu sisäpuolen suhteellinen kosteus	Höyryn läpäisy diffuusiolla
Seinä 1	8	74 %	5,0 %
Seinä 2	111	75 %	0,4 %
Seinä 3	611	75 %	0,1 %

Taulukko 2: CAR:n laskelmat höyryn läpäisystä seinien kautta, joilla on eri höyryn kestävyys



Viitteet

- PU and Health: Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation (PU Europe Factsheet 18, 2013)
- A Survey of the Breathable Building Structure Concept: Effects of Insulation Materials, VTT Expert Services Ltd., 2011
- Rode, C. a.o, NORDTEST project on moisture buffer value of materials, Proceedings of the AIVC Conference Energy Performance Regulations, Brussels, September 2005
- Moisture transfer and the significance of breathability in buildings, Cambridge Architectural Research Ltd. (CAR) – 2008
- Breathability White Paper, Issue 2, November 2009 – Kingspan Insulation Ltd

Vastaava toimittaja
PU Europe

Osoite
Avenue E. Van Nieuwenhuysse 6
B-1160 Brussels

© 2014, PU Europe.



Saadaksesi lisätietoa polyuretaanieristyksestä ja jätehallinnasta, katso www.excellence-in-insulation.eu

Av. E. Van Nieuwenhuysse 6
B - 1160 Brussels - Belgium

Phone: + 32 - 2 - 676 72 71
Fax: + 32 - 2 - 676 74 79

secretariat@pu-europe.eu
www.pu-europe.eu