



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

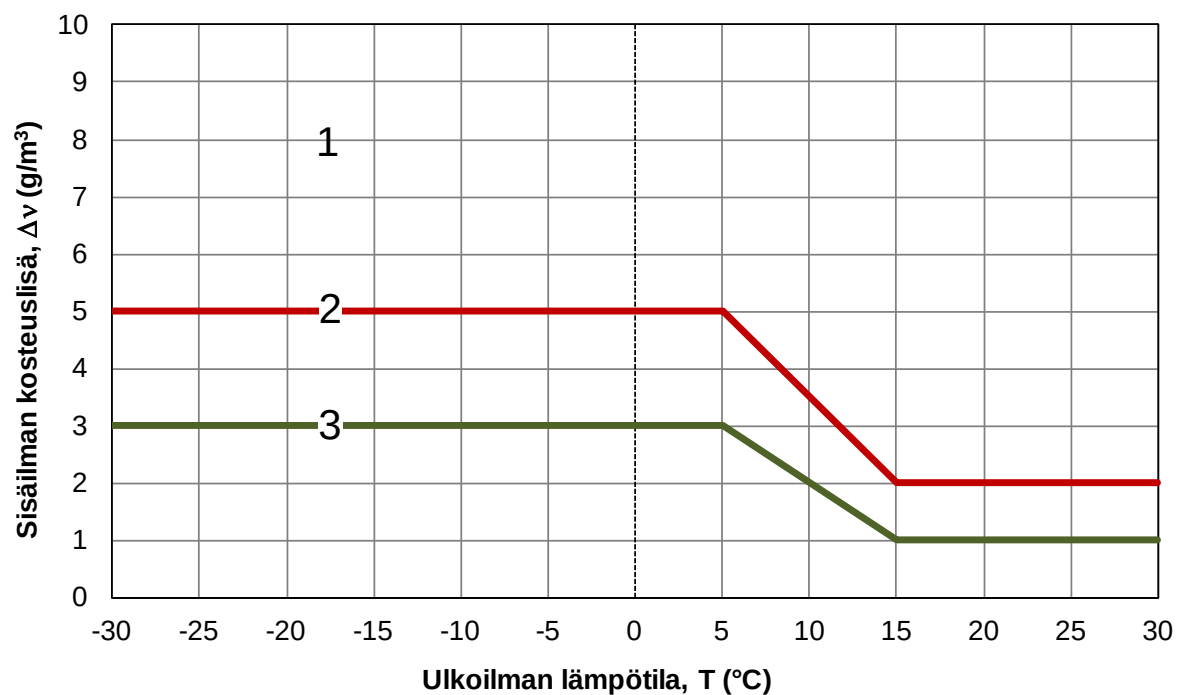
RIL 107: LUVUT 2 JA 4

13.11.2012

Tutk.joht. Juha Vinha

TTY, Rakennustekniikan laitos

SISÄILMAN KOSTEUSLISÄN MITOITUSARVOT



SISÄILMAN KOSTEUSLISÄN MITOITUSARVOT

Kosteusluokka	Kosteuslisän mitoitusarvo talvella ($T \leq 5\text{ °C}$)	Rakennustyyppi ^(3, 4)
1	$> 5\text{ g/m}^3$ ⁽¹⁾	Kylpylät, uimahallit, laitoskeittiöt, pesulat, panimot, kirjapainot, kasvihuoneet, kostutetut tilat, ratsastusmaneesit, maatalouden tuotantorakennukset, eläinsuojat, teollisuuden kosteusrasitetut tilat
2	5 g/m^3	Asuinrakennukset, toimisto- ja liikerakennukset, hotellit ja majoitusrakennukset, ravintolat, kokoontumis- ja juhlatilat, opetusrakennukset ja päiväkodit, sairaalat ja hoitolaitokset, museot, liikuntahallit ja -tilat, jäähallit ja jäähdytetyt liikuntatilat ^(5, 6) , kylmä- ja pakkashuoneet ^(5, 6) , talviasuttavat vapaa-ajan asunnot
3	3 g/m^3 ⁽²⁾	Vapaa-ajan asunnot, puolilämpimät tai kylmillään olevat rakennukset, varastot ja säilytystilat, ajoneuvosuojat, tekniset tilat, väliaikaiset ja siirrettävät rakennukset

VESIHÖYRYNVASTUSSUHTEET

Tuulensuoja	Höyrynsulun ja tuulensuojan vesihöyrynvastussuhteen minimiarvo Z_i/Z_e
Diffuusioavoin muovikuitukalvo 0,2 mm	— ⁽¹⁾
Muovipohjainen tuulensuojakalvo tai - laminaatti 0,2 mm	— ⁽¹⁾
Diffuusioavoin muovikuitukalvo 0,2 mm + mineraalivillalevy 30 mm	15
Mineraalivillalevy 30 mm	15
Huokoinen kuitulevy 12 mm	10
Huokoinen kuitulevy 25 mm	5
Kipsilevy 9 mm	30
Magnesiittilevy 8 mm	15
Kuitusementtilevy 4,5 mm	5
Homesuojattu havuvaneri 9 mm	5

TUULENSUOJAN VESIHÖYRYNVASTUKSIA

Tuulensuoja	Vesihöyrynvastus			
	Z_p $\times 10^9$ $m^2 sPa/kg$	Z_v $\times 10^3$ s/m	μ -	s_d m
Diffuusioavoin muovikuitukalvo 0,2 mm ⁽¹⁾	0,01	0,077	10	0,002
Muovipohjainen tuulensuojakalvo tai - laminaatti 0,2 mm ⁽¹⁾	0,40 – 0,75	3,1 – 5,7	400 – 740	0,08 – 0,15
Diffuusioavoin muovikuitukalvo 0,2 mm + mineraalivillalevy 30 mm	0,22 – 0,28	1,7 – 2,2	1,5 – 1,8	0,045 – 0,054
Mineraalivillalevy 30 mm	0,21 – 0,27	1,6 – 2,1	1,4 – 1,8	0,042 – 0,054
Huokoinen kuitulevy 12 mm ⁽²⁾	0,33	2,6	5,5	0,066
Huokoinen kuitulevy 25 mm	0,58	4,5	4,6	0,12
Kipsilevy 9 mm ⁽³⁾	0,36 – 0,60	2,7 – 4,6	7,9 – 13	0,071 – 0,12
Magnesiittilevy 8 mm ⁽⁴⁾	0,21 – 0,40	1,6 – 3,1	5,2 – 10	0,042 – 0,080
Kuitusementtilevy 4,5 mm ⁽⁴⁾	2,4	18	105	0,47
Homesuojattu havuvaneri 9 mm ⁽⁵⁾	2,7	20	60	0,54

HÖYRYNSULKUJEN KÄYTTÖLUOKITUS

Rakenne	Sisäilman kosteuslisä		
	suuri (> 5 g/m ³) kosteusluokka 1	normaali (5 g/m ³) kosteusluokka 2	pieni (3 g/m ³) kosteusluokka 3
<i>Hyvin tuulettuvat vaipparakenteet</i> Rankarakenteet ristikko- ja muut yläpohjat, ulkoseinät ja ryömintätilaiset alapohjat Betoniyläpohjat puurakenteinen katto yläpuolella	MHA2, MH3 BH1, BHA2, BH3, MHA2, MH3	MHA2, MH3, MH4 BH1, BHA2, BH3, MHA2, MH3	MHA2, MH3, MH4 BH1, BHA2, BH3, MHA2, MH3
<i>Vähän tuulettuvat vaipparakenteet</i> Betoniyläpohjat massiivilaatta ontelolaatta TT-laatta Profiilipeltiyläpohjat villa-alusta levyalusta	BH1, BHA2 BH1, BHA2 BH1, BHA2 BH1, BHA2 BH1, BHA2 MHA2, MH3	BH1, BHA2, BH3 BH1, BHA2 BH1, BHA2 BH1, BHA2 BH1, BHA2, BH3, MHA2, MH3, MH4	BH1, BHA2, BH3 BH1, BHA2, BH3 BH1, BHA2, (BH3) BH1, BHA2, BH3 BH1, BHA2, BH3, MHA2, MH3, MH4

VAIPAN ILMANPITÄVYYS

Vaipan ilmanpitävyyden parantamisella on lähes pelkästään positiivisia vaikutuksia ja se on keskeinen edellytys matalaenergiarakentamiselle

- 1) Erilaisten haitallisten aineiden ja mikrobien virtaus sisäilmaan vähenee.
- 2) Kosteuden virtaus vaipparakenteisiin vähenee.
- 3) Vaipparakenteiden sisäpinnat eivät jäähdy ulkoa tulevien ilmavirtausten seurauksena.
- 4) Rakennuksen energiankulutus vähenee ilmanvaihdon tapahtuessa LTO:n kautta.
- 5) Rakennuksen käyttäjien kokema vedon tunne vähenee.
- 6) Ilmanvaihdon säätäminen ja tavoiteltujen painesuhteiden säätäminen helpottuu, mutta toisaalta säätöjen tekeminen on vielä aiempaakin tärkeämpää.

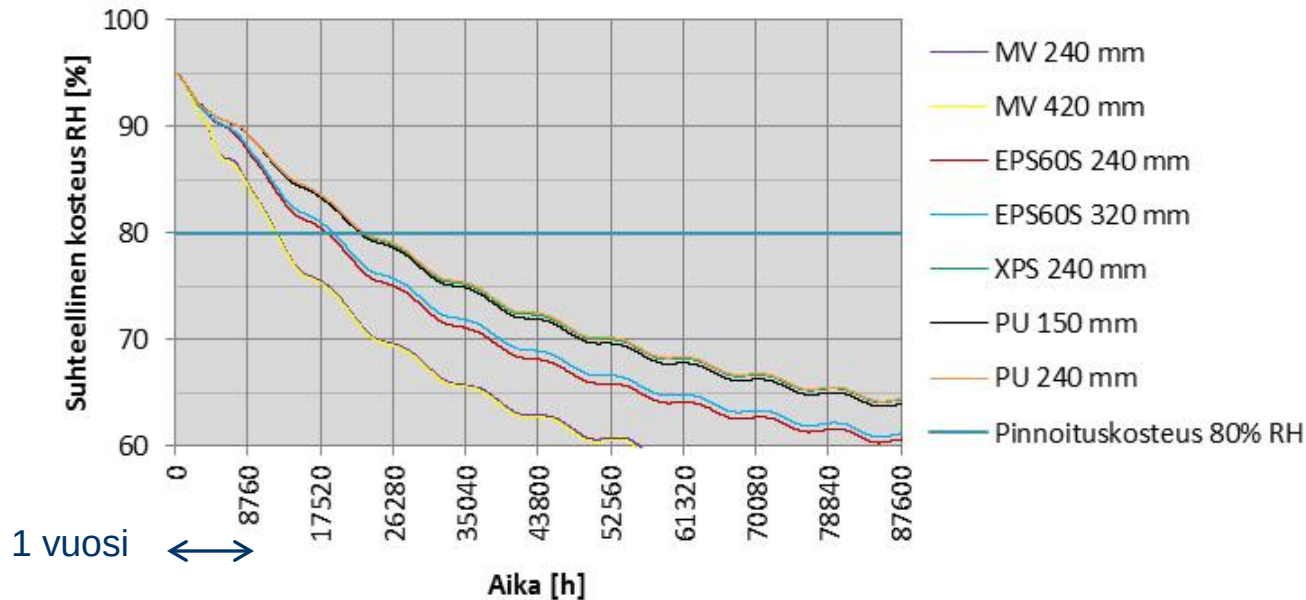
- **Riittävän ilmanvaihdon takaaminen ensiarvoisen tärkeää!**
- Ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmavirtojen säätäminen on erittäin tärkeää. Erityisesti, jos rakennuksen ilmanvuotoluku q_{50} on alle $0,4 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$.

BETONIJULKISIVUJEN TOIMINTA

- Pakkasrapautumisvaurioita saattaa alkaa esiintyä vanhassa rakennuskannassa myös sisämaassa ilmastonmuutoksen myötä.
- Pakkasenkestävyyden suhteen nykyinen vaatimustaso on riittävä myös tulevaisuudessa. **Betonin lisähuokoistuksen on onnistuttava aina!**
- Raudoitteiden sijainti normien ja toleranssien mukaisiksi, eli riittävästi välikkeitä! Ruostumattomien terästen käyttö julkisivuissa on suositeltavaa (erityisesti pieliteräkset). Peitepaksuusvaatimustaso on riittävä.
- **Liitosten ja detaljien toimivuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota.** Näiden toiminnalla ratkaistaan koko rakenteen toimivuus!



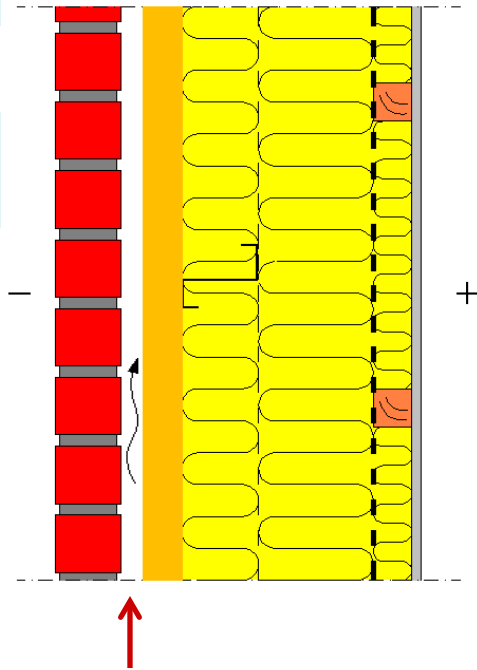
RAKENNUSAIKAISEN KOSTEUDEN KUIVUMINEN BETONIELEMENTIN SISÄKUORESTA



- Solumuovieristeitä käytettäessä sisäkuoren kuivumisaika pinnoituskosteuteen (tiivitä pinnoitteita käytettäessä) voi pidentyä seuraavasti verrattuna mineraalivillaeristeeseen:
 - 2 – 4 kk kuivumistaso 90 % RH
 - 6 – 12 kk kuivumistaso 80 % RH
- Solumuovieristeen paksuuden kasvattaminen lisää myös kuivumisaikaa.
- Polyuretaanieristettä käytettäessä kuivumisaika on pisin. Alumiinipinnoite lisää kuivumisaikaa, koska pinnoite estää kosteuden kuivumisen ulospäin kokonaan.

TIILIVERHOTTU PUURANKASEINÄ

Yhteenveto tuloksista

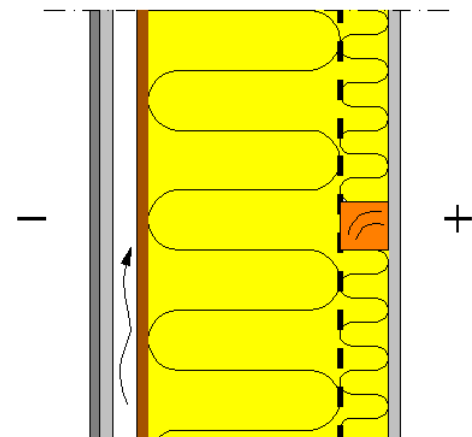
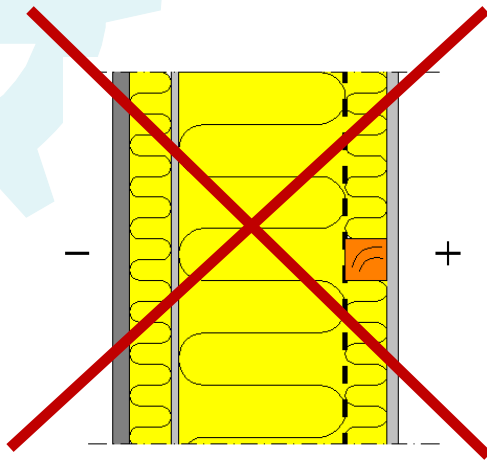


Korkeissa rakennuksissa (yli 10 m) tiiliverhouksen taakse tulee laittaa **kummaltakin puolelta tuuletettu höyrynsulkukerros** (esim. teräsohutlevy).

- Tiiliverhotussa puurankaseinässä homehtumisriski rakenteen ulko-osissa on erityisen suuri, koska tiiliverhoukseen kerääntynyt kosteus siirtyy sisäänpäin diffuusiolla.
→ **tuulensuojan tulee olla hyvin lämpöä eristävä** ja homehtumista kestävä
→ Vaihtoehtoisesti puurungon ulkopinnassa voidaan käyttää esim. teräsprofiilista tehtyä ristikoolausta
- Vuoden 2050 ilmastossa (rakenteen U-arvo $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) tuulensuojan lämmönvastuksen tulee olla vähintään **$1,6 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$** (esim. 50 mm mineraalivillalevy) ja vuoden 2100 ilmastossa **$2,7 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$** (esim. 100 mm mineraalivillalevy).
- Voimakasta homehtumisriskiä esiintyy myös höyrynsulun sisä- ja ulkopuolella pystyrungon kohdalla, jos sisäpuolella käytetään ristikoolausta ja tuulensuojan lämmönvastus ei ole riittävä.
- Tiiliverhotun rakenteen päällystäminen vesitiiviillä pinnoitteella ei ole suositeltavaa. Kaikkia rakoja ei kyetä tukkimaan, jolloin vesi valuu tiiliverhouksen vuotokohtiin ja seurauksena voi olla puurungon lahovauriot rakenteen alaosassa tai tiilen pakkasrapautuminen vuotokohdissa.

ERISTERAPATTU RANKASEINÄ

Yhteenveto tuloksista



- Eristerapattujen puu- ja teräsrankaseinien kastuminen saumakohtien kosteusvuotojen seurauksena sekä kosteuden hidas kuivuminen aiheuttavat homeen kasvua rakenteen ulko-osissa.
- EPS-eristeen käyttö rapatussa rankaseinässä pahentaa tilannetta entisestään, koska ulkopinnan vesihöyrynvastus kasvaa ja näin ollen rakenteen kuivuminen heikkenee.
- Paksurapattu rakenne ei toimi hyvin edes ideaalitulanteessa, koska se kerää sadevettä samalla tavoin kuin tiiliverhottu seinä.

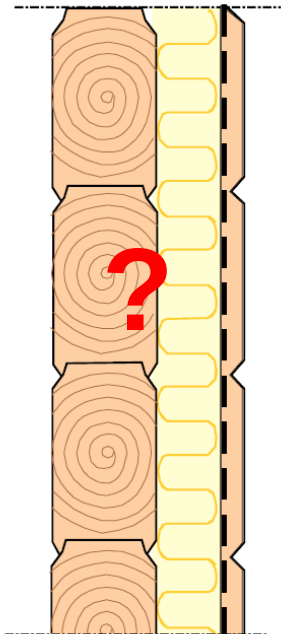
→ **Rapattu pintarakenne tulee erottaa sisemmästä seinäosasta kuivumisen mahdollistavalla tuuletusraolla esim. levyrappauksella.**

Puurakenteen päälle tehdyissä eristerappausrakenteissa on todettu erittäin paljon kosteusvaurioita Ruotsissa ja Pohjois-Amerikassa.

SISÄPUOLELTA ERISTETTY MASSIIVIRAKENNE

Sisäpuolelta lisäeristetyin massiivirakenteen toiminnan edellytyksiä:

- **Ilmavuodot sisältä eristeen taakse on estettävä!**
- Rakenteessa on oltava aina myös riittävä höyrnsulku eristeen lämpimällä puolella.
- Avohuokoisia lämmöneristeitä käytettäessä muovikalvon tai muovitiivistyspaperin käyttö on paras ratkaisu.
- Solumuovieristeitä käytettäessä eristeen oma vesihöyrynvastus muodostaa riittävän höyrnsulun lämmöneristettä lisättäessä.
- **Kevytbetonirakenne on rapattava** ulkopuolelta, jotta viistosade ei pääse kastelemaan seinää.
- **Hirsiseinäessä on estettävä viistosateen tunkeutuminen saumojen kautta eristetilaan** (esim. paisuvat saumatiivisteet)
- Rakenteen on päästävä kuivumaan riittävästi ennen sisäpuolisen lämmöneristeyksen ja höyrnsulun laittoa.
- Kosteutta läpäisevän ilmansulun käyttö ei paranna avohuukoilla lämmöneristeellä eristetyin rakenteen kuivumista sisäänpäin.



SISÄPUOLELTA ERISTETTY MASSIIVIRAKENNE

