

Massiivirakenteiden sisäpuolinen lämmöneristäminen

FRAME – YLEISÖSEMINAARI 8.11.2012

Sakari Nurmi
Tampereen teknillinen yliopisto
Rakennustekniikan laitos



Haasteita

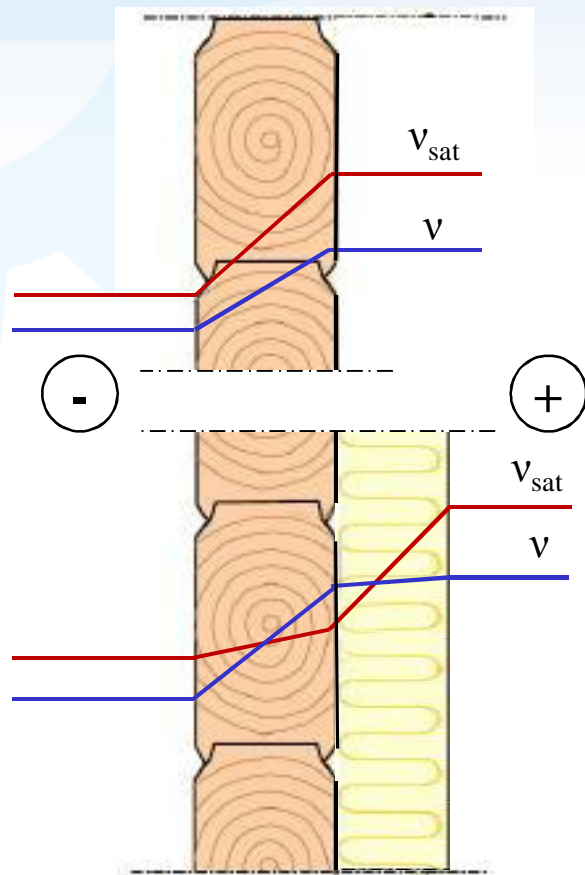
Massiivirakenteiset seinät (hirsi-, kevytbetoni- ja täystiilirakenteet) eivät täytä enää lämmöneristysvaatimuksia, mikä johtaa lisälämmöneristeen käyttöön. Tämä huonontaa rakenteen kosteusteknistä toimintaa, jos eriste laitetaan rakenteen sisäpuolelle.



- Eristeen ulkopinnassa riski kosteuden tiivistymiselle sekä homeen kasvulle.
- Rakenteen kuivuminen hidastuu.
- Kivirakenteisissa seinissä suurempi riski pakkasrapautumiselle.
- Sisäpuolinen lämmönvarauskyky menetetään.
- Ilmavuodot eristeen taakse estettävä.
- Rakenteessa oltava aina myös riittävä höyrynsulku eristeen lämpimällä puolella.

Massiivirakenne on suositeltavaa lisäeristää ulkopuolelta hyvin vesihöyryä läpäisevällä eristeellä.

Sisäpuolelta lisäeristetyyn massiivirakenteen kosteustekninen toiminta



- Ilman vesihöyrypitoisuus lähenee tai saavuttaa kyllästyskosteuspitoisuuden lämmöneristeen ulkopinnassa.
- Eristeen ja massiivirakenteen rajapintaan syntyy homeen kasvulle otolliset olosuhteet tai kondenssi.
- Eristepaksuuden kasvattaminen pahentaa tilannetta.
- Eristeen sisäpintaan on laitettava riittävä höyrynsulku tai lämmöneristeen ominaisuuksien on oltava sellaiset, että homeen kasvua ja kosteuden kondensoitumista ei esiinny.
- Tiivistä höyrynsulkua käytettäessä kuivuminen sisäänpäin estyy. Rakennekosteuden on päästävä kuivumaan riittävästi pois ennen höyrynsulun laittoa.

Tutkimuksen lähtökohdat, rakennetyypit ja toimintakriteerit

- Tutkimuksessa keskitytään tällä kertaa lähinnä kevytbetonirakenteeseen.
- Sisäpuolelta eristetty massiivirakenne on kosteusteknisesti toimiva, kun lämmöneristeen sisä- ja ulkopinnassa
 - ei esiinny kosteuden tiivistymistä
 - ei esiinny hometta (homeindeksi < 1)
- Laskennassa on käytetty pääsääntöisesti 1-ulotteista laskentaohjelmaa WUFI 5.
- Materiaalitiedot on otettu TTY:n tietokannasta.

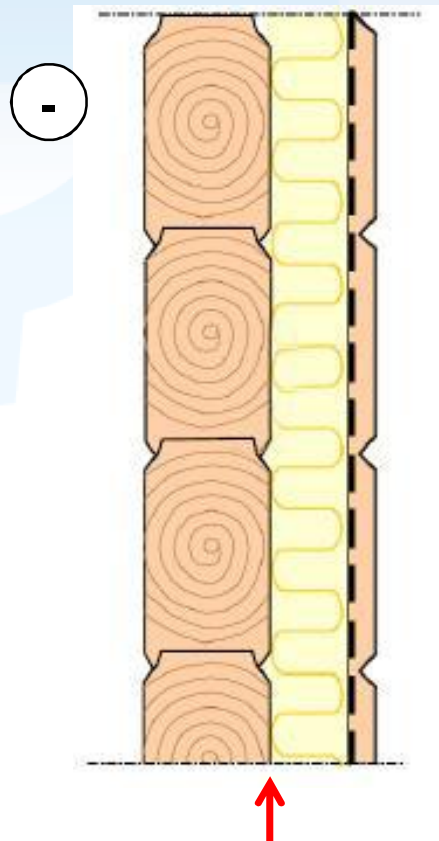


Tutkimuksen lähtökohdat, sisä- ja ulkoilmasto

- Rakenteita on tarkasteltu kolmessa eri ilmastossa: nykyilmastossa, v. 2050 ilmastossa ja v. 2100 ilmastossa.
- Laskelmissa käytetyt testiivuodet:
nykyilmasto: Jokioinen 2004
v. 2050 ilmasto: Jokioinen 2064
v. 2100 ilmasto. Jokioinen 2094
- Tulevaisuuden ilmastot ovat Jokioisten 2004 ilmastosta laskettuja tulevaisuuden skenaarioita.
- Tulevaisuutta ennustettaessa ilmastonmuutoksessa on käytetty pessimistisintä A2-skenaariota, jossa päästöjä ei saataisi vähennettyä.
- Sisäilman lämpötilana on käytetty vakioarvoa 21 °C, ja ilman suhteellisenä kosteutena ulkoilman RH:ta + kosteuslisää 2...5 g/m³ ulkoilman lämpötilan mukaisesti.



Hirsiseinärakenteiden laskentatarkastelut

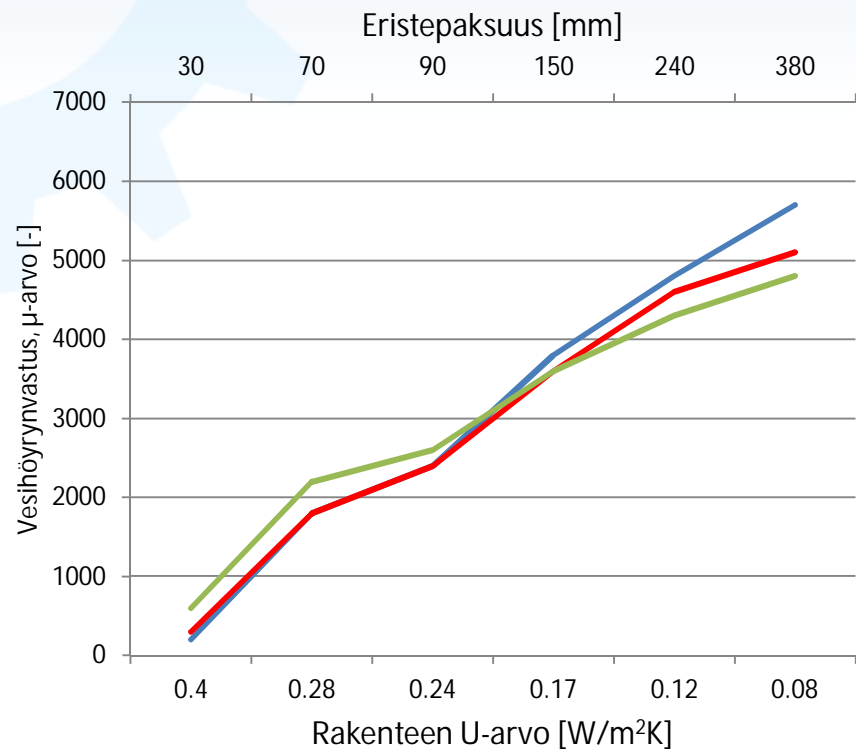


Tarkastelukohta

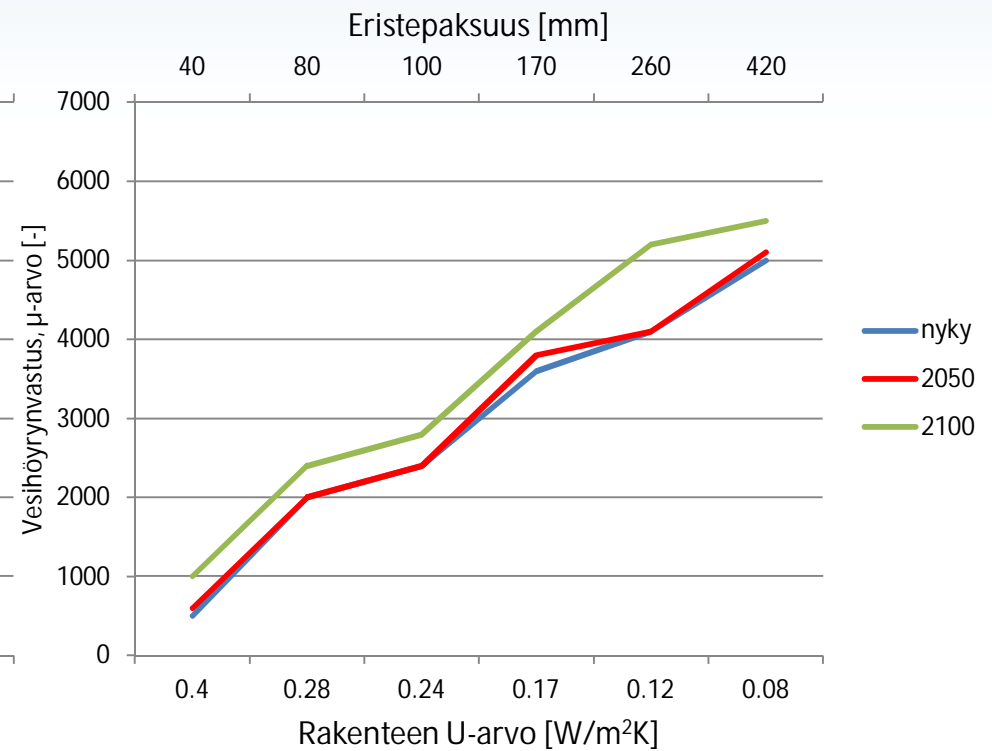
- Tarkasteltiin eri höyrynsulkukalvojen vaikutusta rakenteen kosteustekniseen toimintaan sekä kuivalla että kostealla rakenteella.
- Höyrynsululle on määritetty eri lämmöneristepaksuuksilla riittävä vesihöyrynvastuksen arvo.
- Hirren homehtumisherkkyysluokkana (HHL) on käytetty luokkaa 1.
- Puukuitueristeen homeensuoja-aine vähentää homeen kasvua niissä pinnoissa, jotka ovat tiiviissä kontaktissa eristettä vasten. Tarkasteluihin on valittu tässäkin tapauksessa kuitenkin HHL 1, koska hirressä on halkeamia ja muita koloja, joissa home voi kasvaa.

Rakenteen sisäpinnalta vaadittava vesihöyrynvastus, 180 mm hirsi

Mineraalivilla

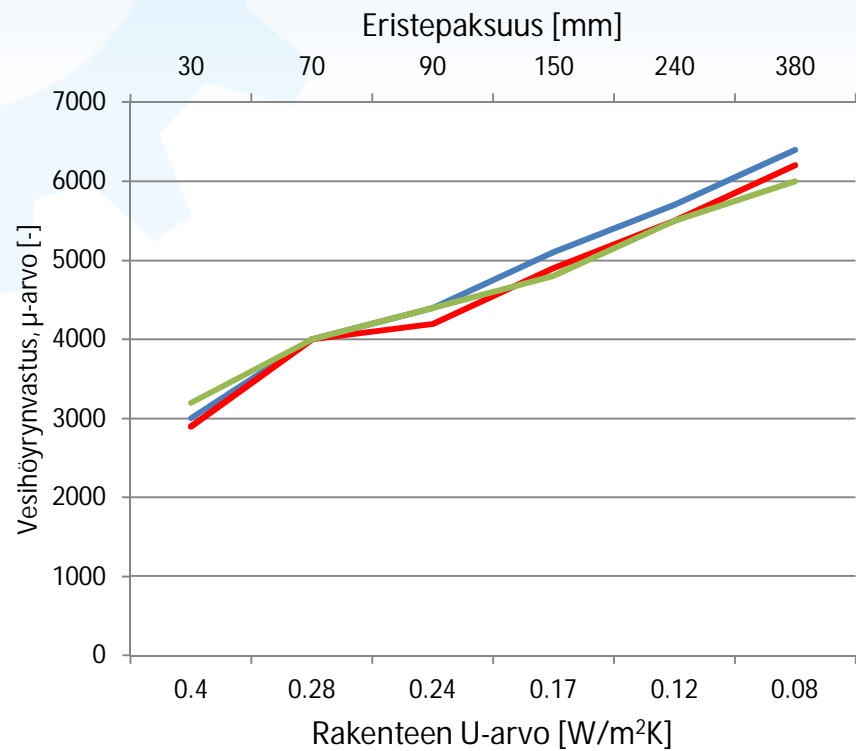


Puukuitueriste

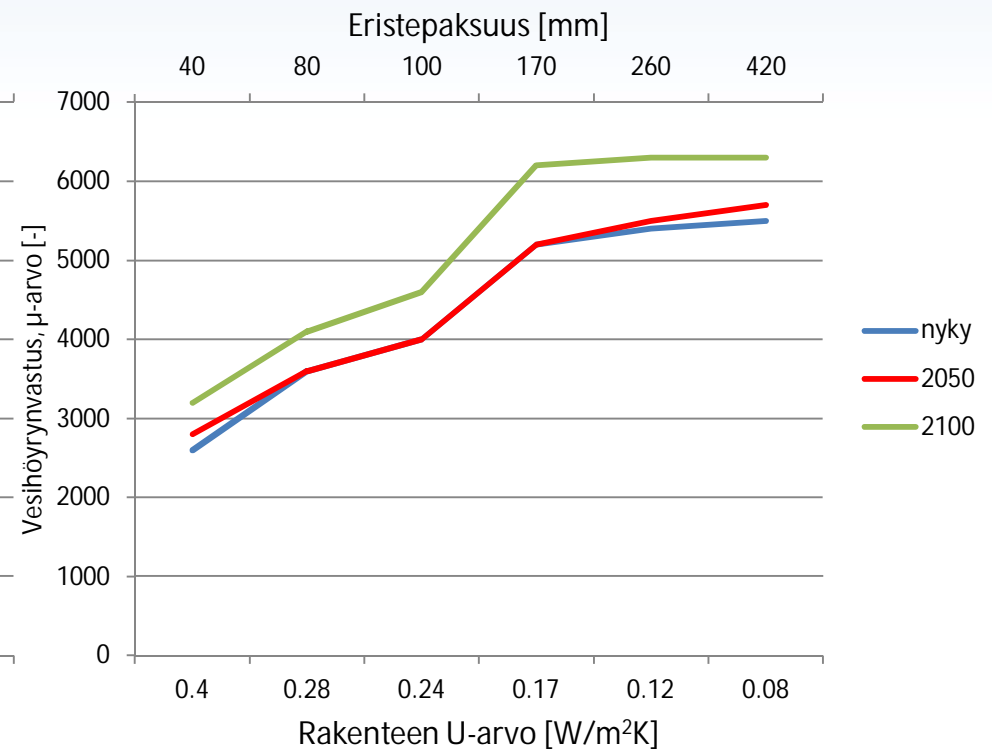


Rakenteen sisäpinnalta vaadittava vesihöyrynvastus, 92 mm hirsi

Mineraalivilla



Puukuitueriste



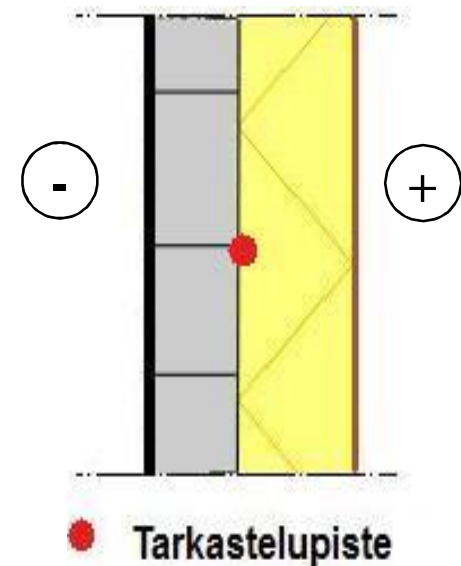
Hirsirakenteet, tulokset

- Vesihöyryä jonkin verran läpäisevien höyrynsulkujen (muovitiivistyspaperit ja hygrokalvot) käyttö ei edesauta hirsirakenteen rakennusaikaista kuivumista lukuun ottamatta aivan ohuita eristepaksuuksia.
- Hirsirakennetta lisälämmöneristettäessä mineraalivillalla tai puukuitueristeellä on lämmöneristeen sisäpintaan aina laitettava jonkinlainen höyrynsulku.
- Hirsiseinän on päästävä kuivumaan 80 % RH:ta vastaavaan kosteuteen ennen höyrynsulun laittamista.
- Hirren ohentaminen heikentää rakenteen kosteusteknistä toimintaa.



Kevytbetonirakenteiden laskentatarkastelut

- Käyttötilassa rakenteen alkukosteus vastasi 65% RH:ta, rakennusaikaisen kosteuden kuivumista tutkittiin 85 ja 97 % RH:ta vastaavalla kosteudella.
- Tutkittiin kolmea kevytbetoniharkon paksuutta (100, 200 ja 300 mm), viittä lämmöneristepaksuutta (50, 100, 200, 300 ja 400 mm).
- Lämmöneristeinä käytettiin EPS-, XPS- ja kalsiumsilikaattilevyä.
- Rakenne ulkoa sisäänpäin oli:
 - Sementtirappaus (10 mm)
 - Kevytbetoni
 - Lämmöneriste
 - Kipsilevy (13 mm)

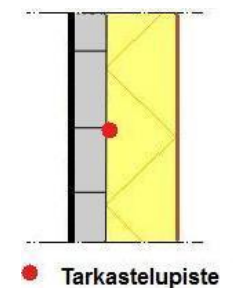
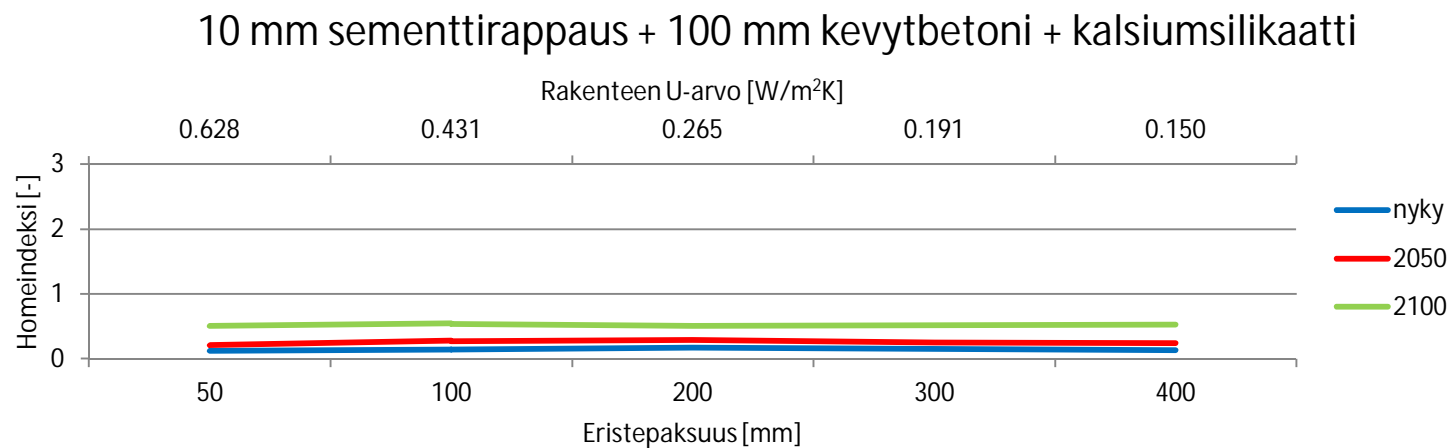
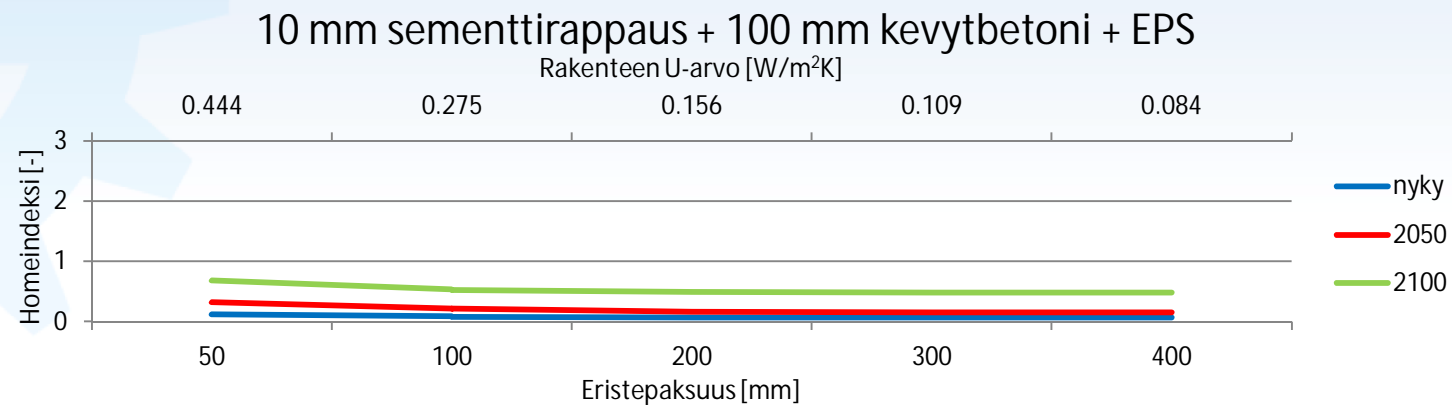


Kevytbetonirakenteiden laskentatarkastelut

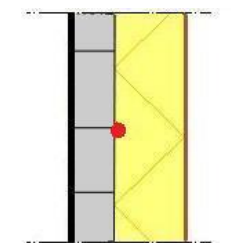
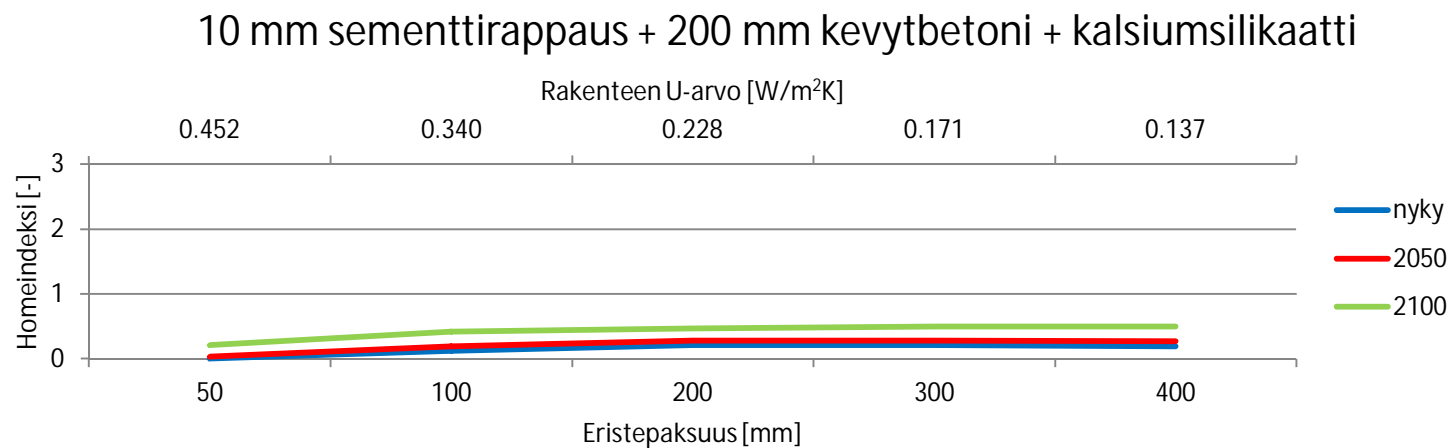
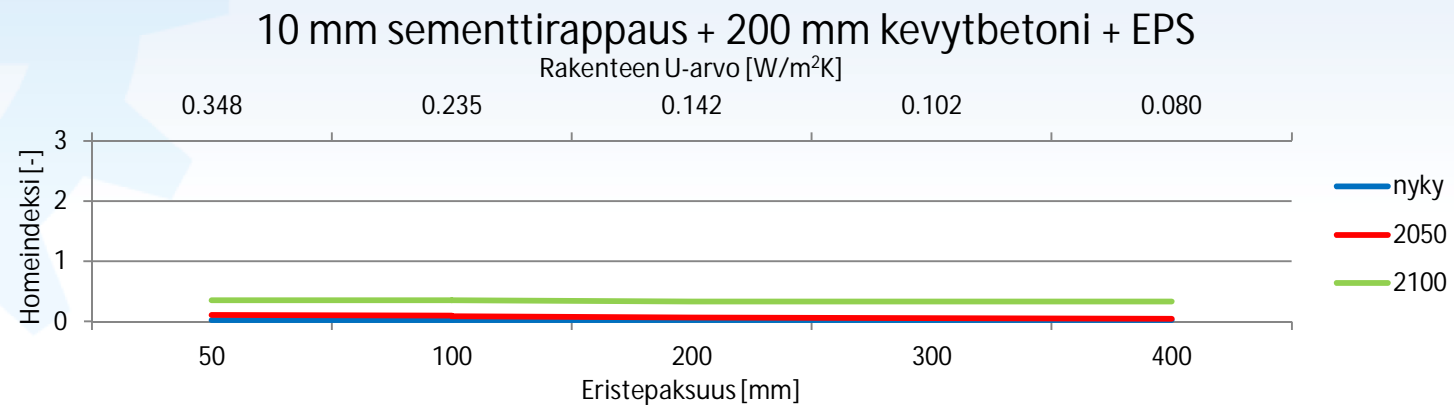
- Lisäksi tarkasteltiin ulkopinnassa olevan halkeaman vaikutusta rakenteen kosteustekniseen toimintaan niin, että viistosateesta päästettiin 2% rappauksen läpi.
- Homehtumisherkkytenä käytettiin luokkien 2 ja 3 yhdistelmää niin, että homeen kasvu alkaa HHL 2 mukaisesti, mutta sen maksimimäärä jää HHL 3 tasolle.
- EPS ja XPS antavat melkein samanlaisia tuloksia, minkä takia XPS:n tuloksia ei ole erikseen esitetty.



Kevytbetonirakenteen homeen kasvu käyttötilassa, 100 mm kevytbetoniharkko



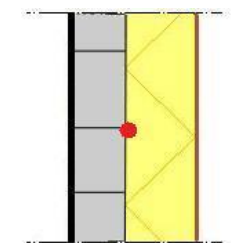
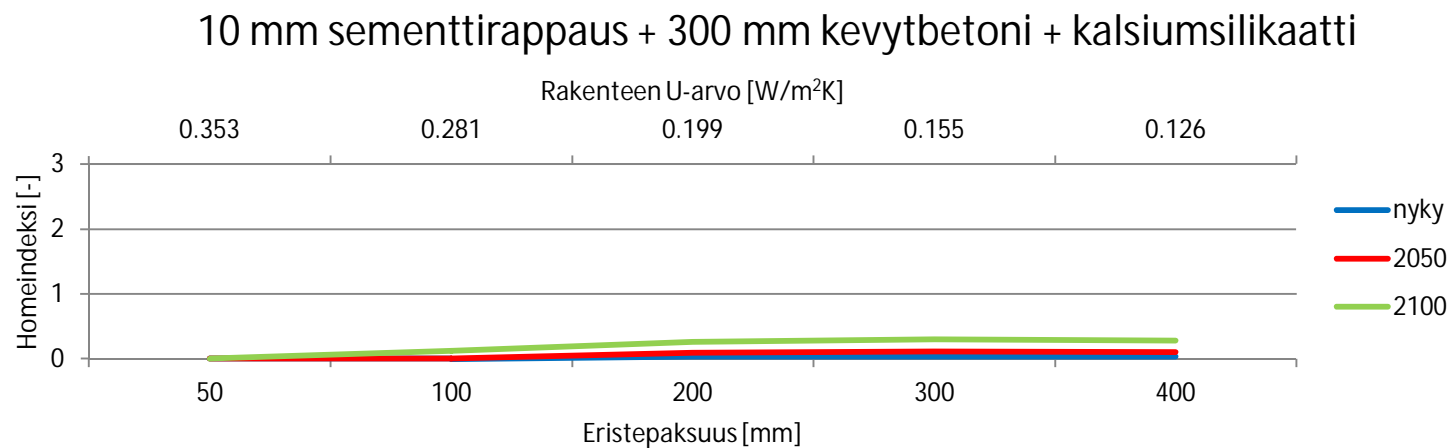
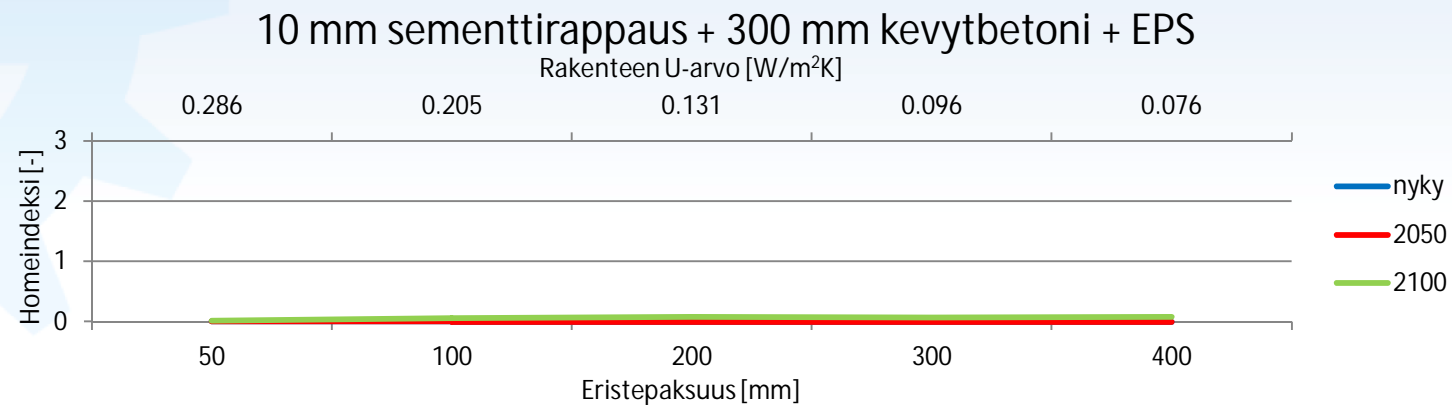
Kevytbetonirakenteen homeen kasvu käyttötilassa, 200 mm kevytbetoniharkko



Tarkastelupiste



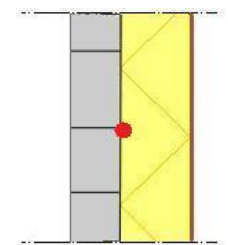
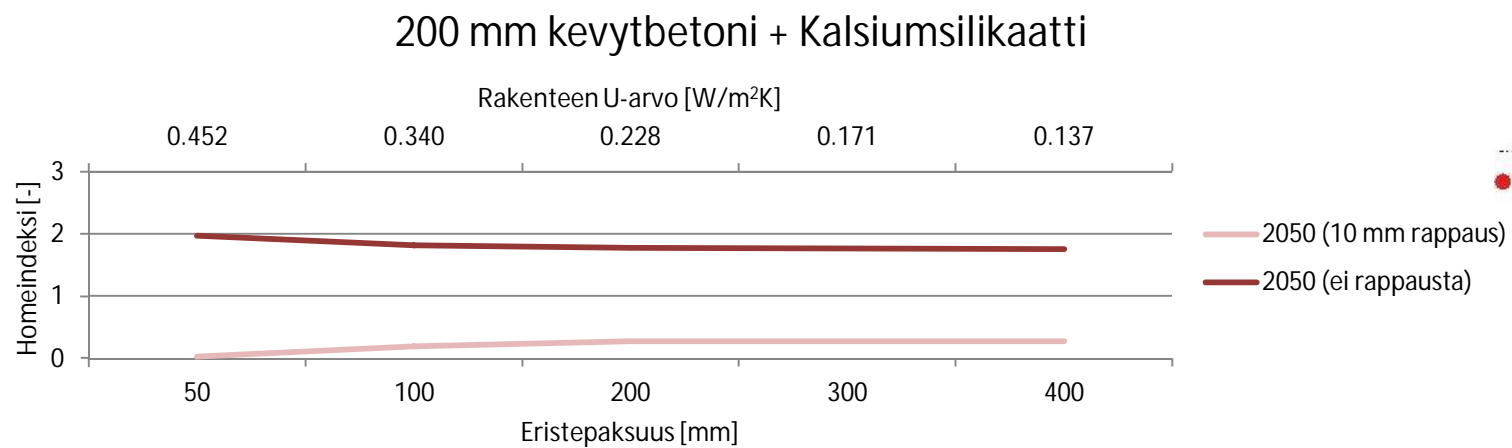
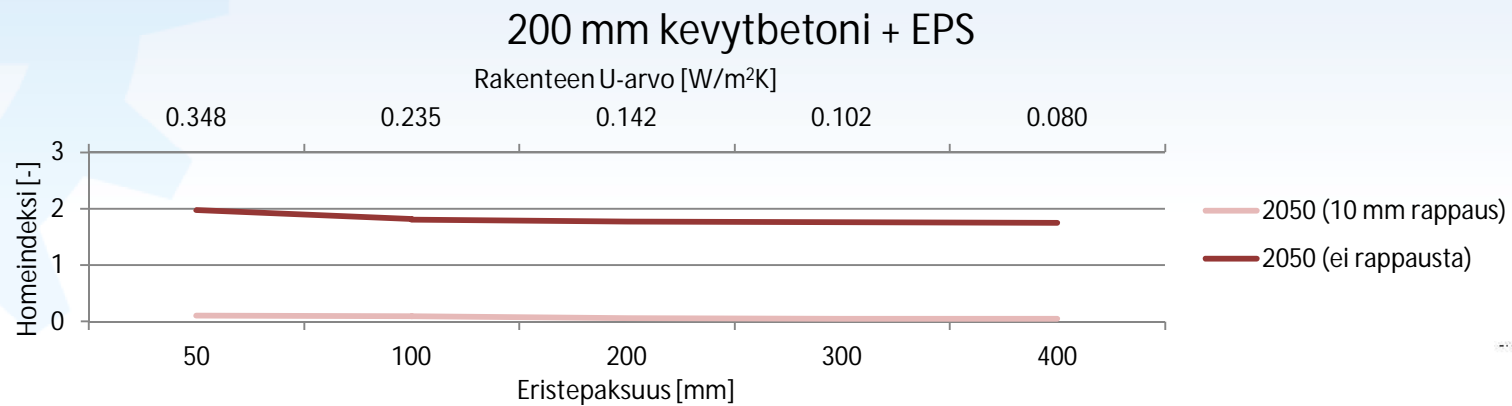
Kevytbetonirakenteen homeen kasvu käyttötilassa, 300 mm kevytbetoniharkko



Tarkastelupiste



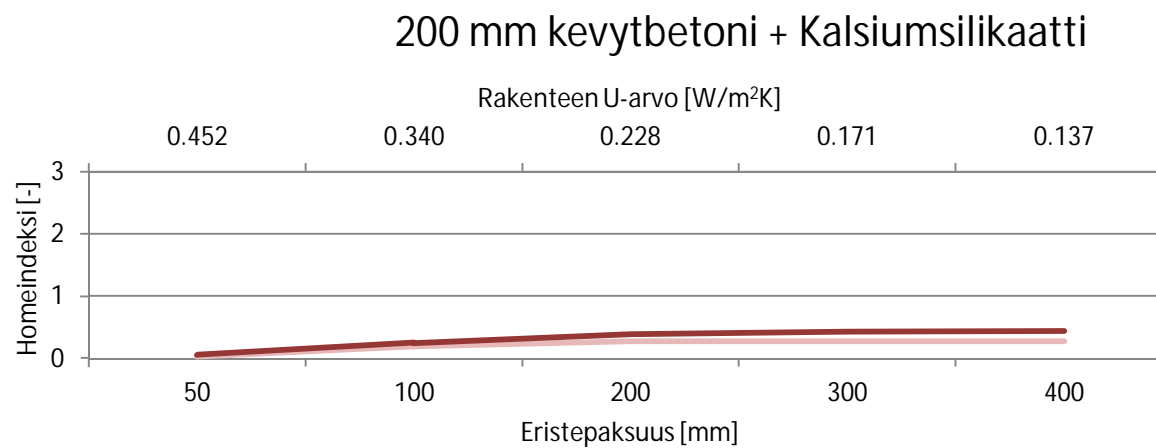
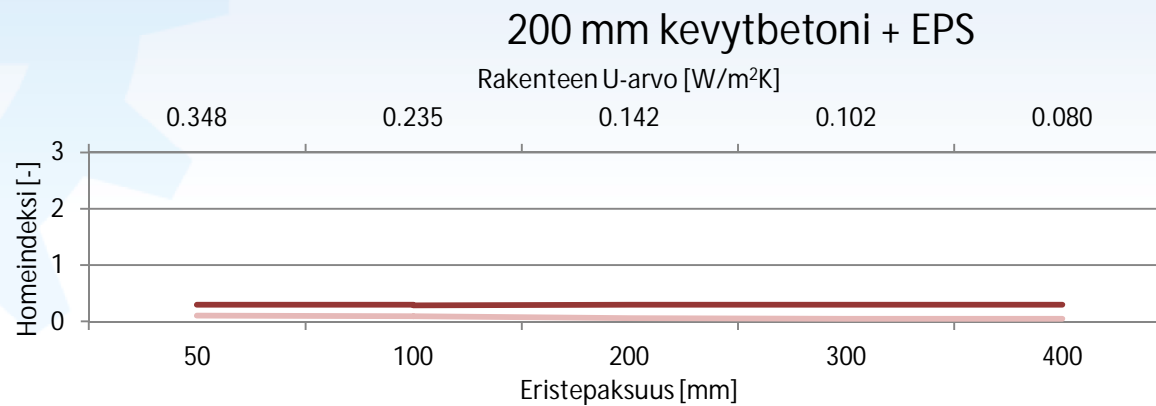
Kevytbetonirakenteen homeen kasvu, rappauksen vaikutus



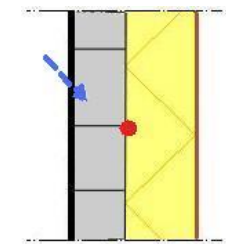
● Tarkastelupiste



Kevytbetonirakenteen homeen kasvu, rappauksessa olevan halkeaman vaikutus



- 2050 (ehjä rappaus)
- 2050 (2% vuoto)

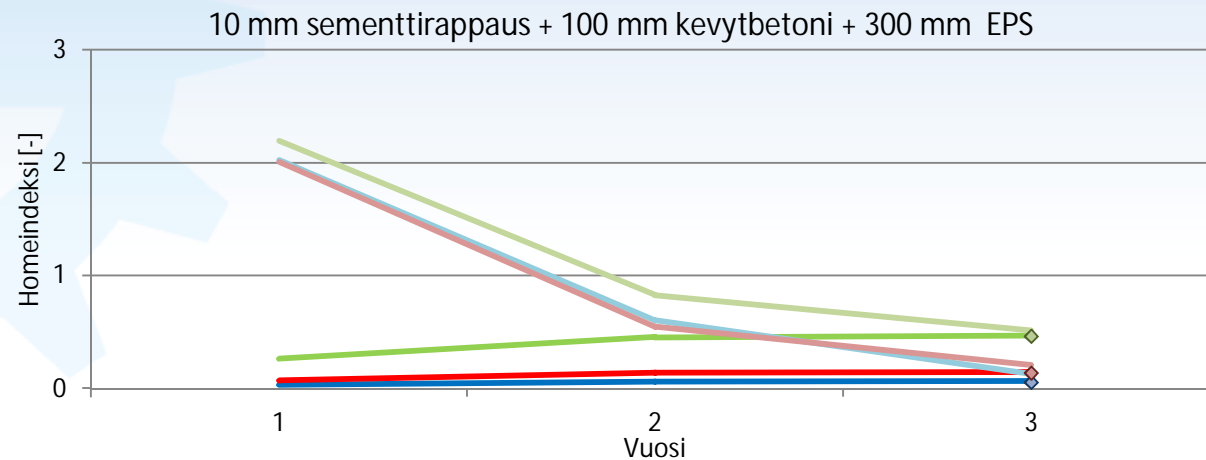


● Tarkastelupiste

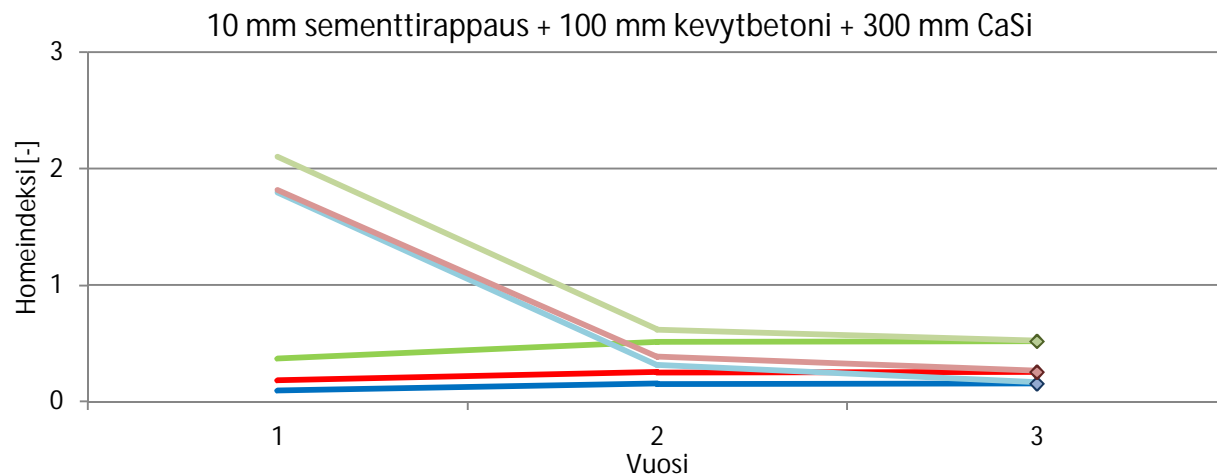
- 2050 (ehjä rappaus)
- 2050 (2% vuoto)



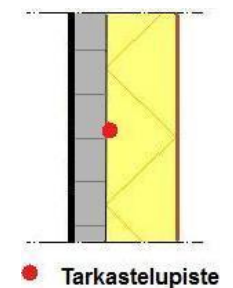
Kevytbetonirakenteen homeen kasvu, rakennusaikaisen kosteuden kuivuminen



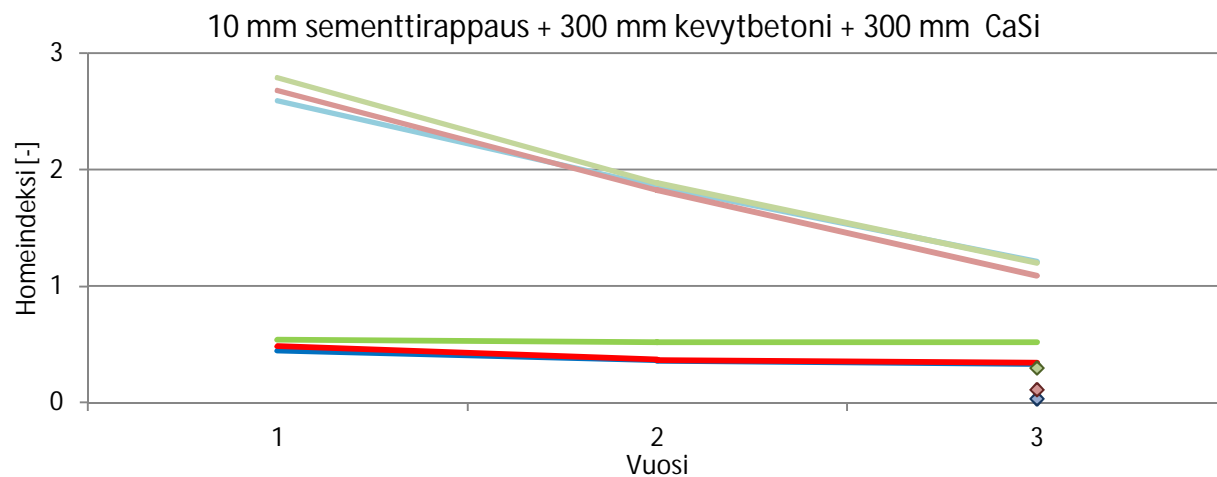
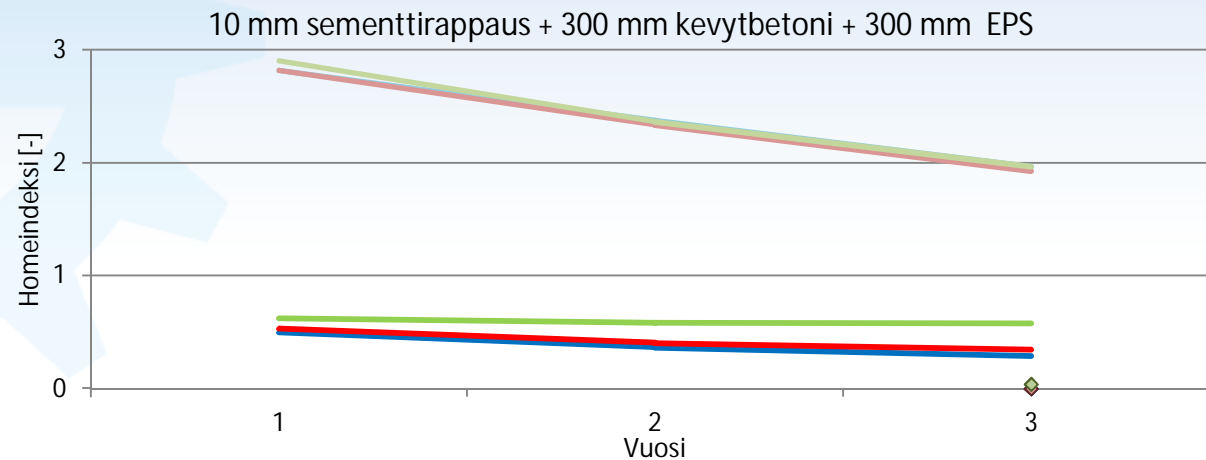
- nyky (85%)
- 2050 (85%)
- 2100 (85%)
- nyky (97%)
- 2050 (97%)
- 2100 (97%)
- nyky (käyttötila)
- 2050 (käyttötila)
- 2100 (käyttötila)



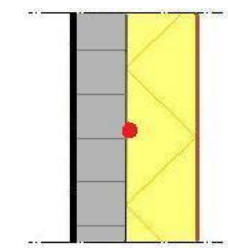
- nyky (85%)
- 2050 (85%)
- 2100 (85%)
- nyky (97%)
- 2050 (97%)
- 2100 (97%)
- nyky (käyttötila)
- 2050 (käyttötila)
- 2100 (käyttötila)



Kevytbetonirakenteen homeen kasvu, rakennusaikaisen kosteuden kuivuminen



- nyky (85%)
- 2050 (85%)
- 2100 (85%)
- nyky (97%)
- 2050 (97%)
- 2100 (97%)
- nyky (käyttötila)
- 2050 (käyttötila)
- 2100 (käyttötila)

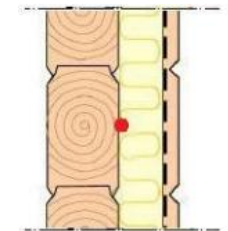
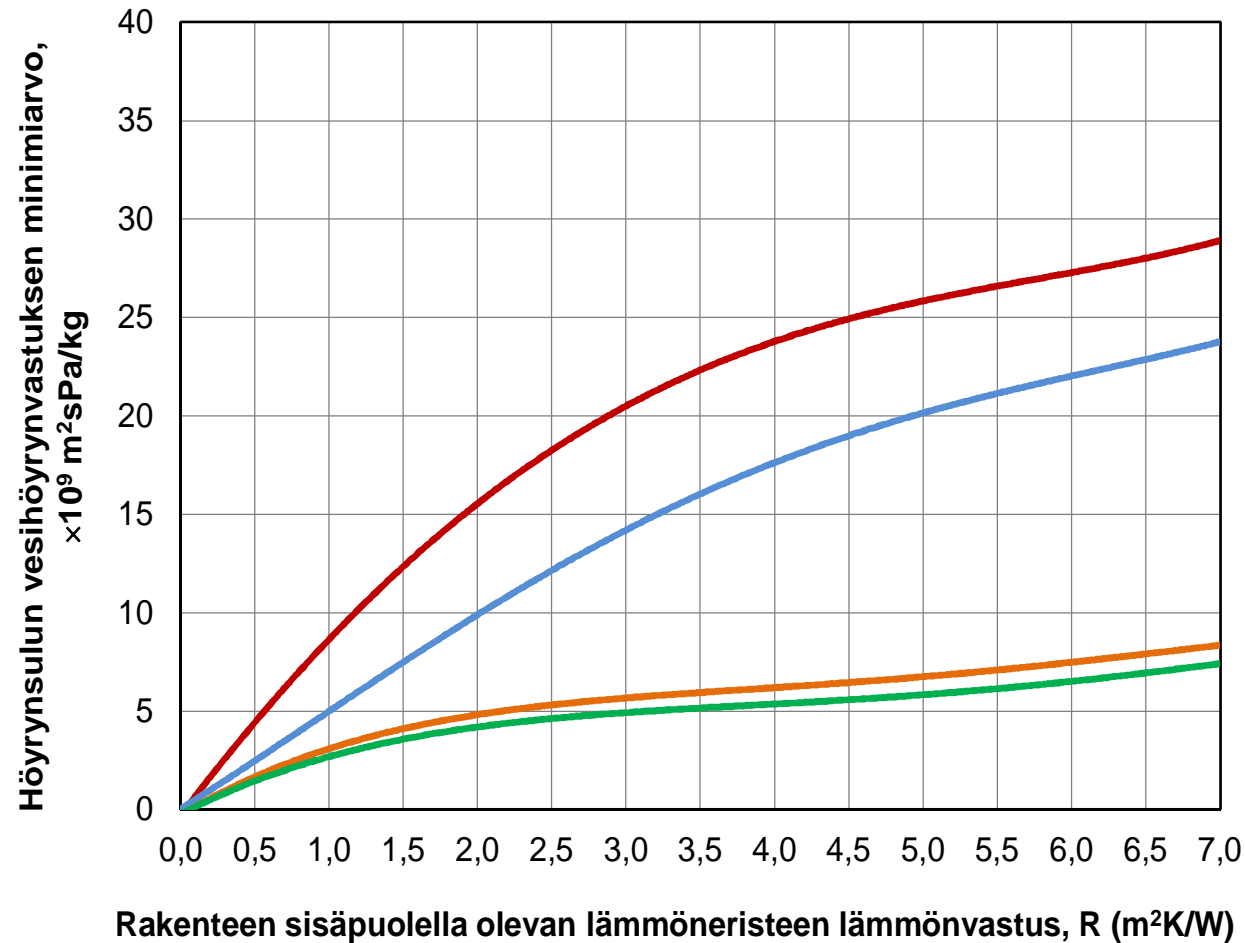


Tarkastelupiste

- nyky (85%)
- 2050 (85%)
- 2100 (85%)
- nyky (97%)
- 2050 (97%)
- 2100 (97%)
- nyky (käyttötila)
- 2050 (käyttötila)
- 2100 (käyttötila)

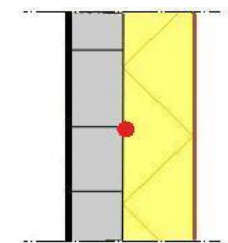


Vaadittava sisäpinnan vesihöyrynvastus massiivirakenteissa, yhteenveto

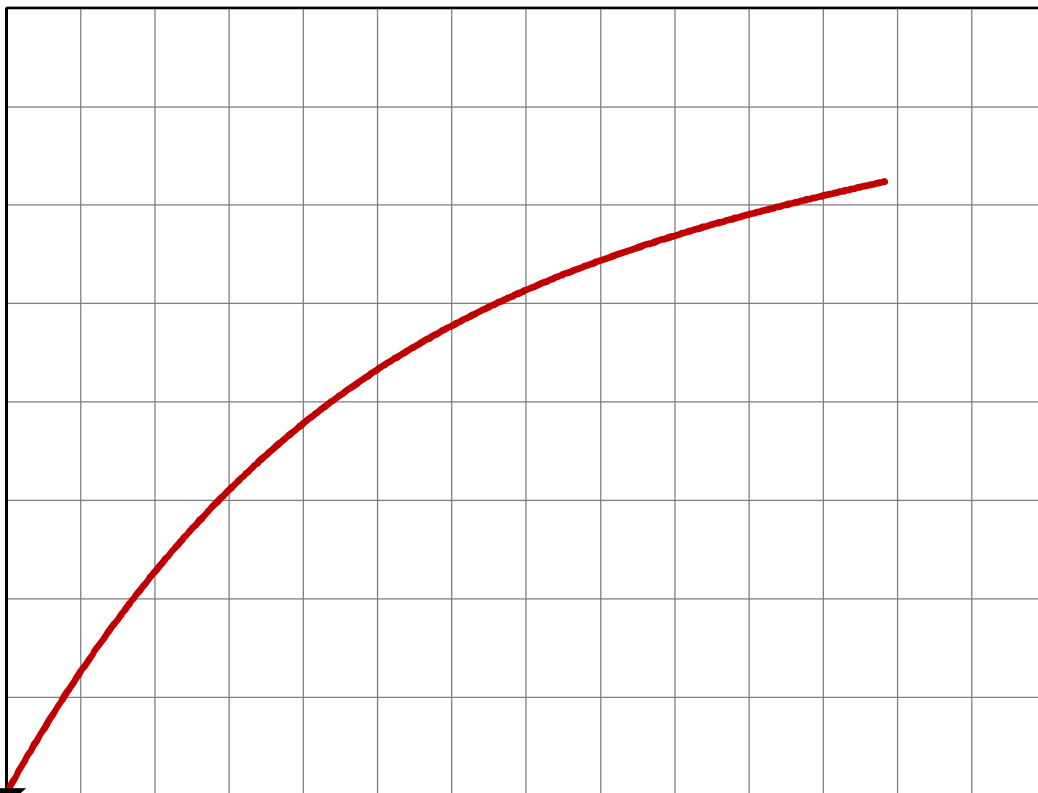


● Tarkastelupiste

- Hirsi 92 mm
- Hirsi 180 mm
- Kevytbetoniharkko 100 mm
- Kevytbetoniharkko 200 mm



● Tarkastelupiste



Kevytbetonirakenteet käyttötilassa, yhteenveto

- Tärkeintä on pinnoittaa kevytbetoni kerroksella, joka estää sadeveden tunkeutumisen rakenteeseen. Rakenteen saa toimivaksi esimerkiksi sementtirappauksella.
- Pienet halkeamat rappauksessa eivät aiheuta homeen kasvua.
- EPS ja XPS käyttäytyvät keskenään hyvin samalla tavalla ja estävät tiiviytensä takia haitallisen diffuusiolla siirtyvän kosteuden. Eristepaksuuden kasvattaminen ei tässä huononna rakenteen kosteusteknistä toimintaa.
- Kalsiumsilikaattilla eristepaksuuden kasvattaminen korottaa hieman homeindeksin maksimiarvoa. Se pystyy kuitenkin kapillaarisuutensa ansiosta siirtämään kosteutta pois tarkastelupisteestä, jolloin rakenteesta saadaan toimiva myös suurilla lämmöneristepaksuuksilla.
- Minkään tässä tutkitun lämmöneristeen (EPS, XPS ja kalsiumsilikaatti) kanssa ei tarvita sisäpuolelle erillistä höyrynsulkua.



Kevytbetonirakenteet rakennusaikaisen kosteuden kuivuessa, yhteenveto

- 85 % RH:ta vastaavalla alkukosteudella rakenteet ovat toimivia.
- 97 % RH:ta vastaavalla alkukosteudella rakenteissa esiintyy homeen kasvua.
 - Harkkopaksuuden kasvaessa kuivuminen hidastuu selvästi.
 - Kalsiumsilikaatti toimii kapillaarisuutensa ansiosta solumuovieristeitä paremmin kuivuvassa rakenteessa, ero on selvempi suuremmilla kevytbetoniharkon paksuuksilla.
- Kevytbetonirakenteen pitäisi antaa kuivua 85 % RH:ta vastaavaan kosteuteen ennen lisälämmöneristämistä (hirsirakenteella vastaava arvo on 80 % RH).



Lisätietoa aiheesta

- Nurmi, S. 2012. Massiivirakenteen sisäpuolisen lisälämmöneristämisen vaikutus rakenteen kosteustekniseen toimintaan. Diplomityö. Saatavissa:

<http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21129/Nurmi.pdf?sequence=1>

