

Future Spaces

**Lämmöneristysten lisäyksen vaikutukset
puurunkorakenteiden kosteustekniseen
toimintaan – koerakennustutkimukset**

Loppuseminaari 2022

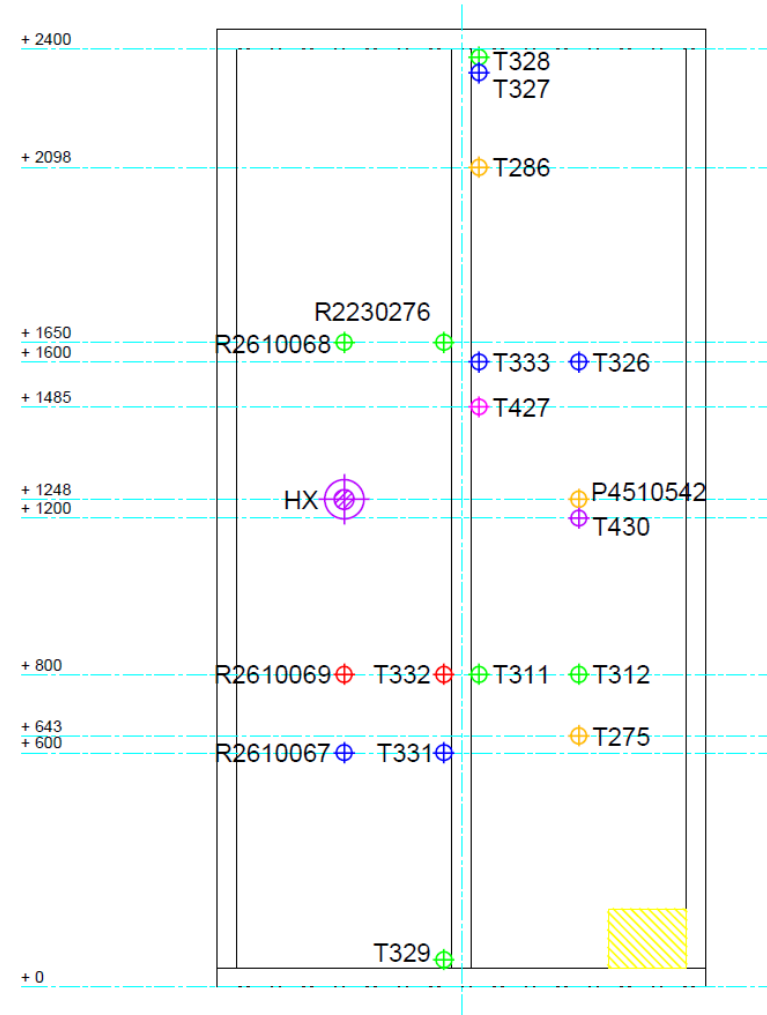
Seinäarakennemittaukset koerakennuksilla

- Käytössä on kaksi koerakennusta. Kummassakin koerakennuksessa pohjois- ja eteläseinillä on 6 tutkimusaukkoa molemmin puolin koe-elementtejä varten.
- Future Spaces –projektissa on 5 erilaista seinärakennetta. Jokaisesta rakenteesta on tutkimuselementti sekä pohjois- että eteläseinällä
- Rakenteet on asennettu vuoden 2020 aikana.



Seinärakenteiden anturointi

- Tutkittavista seinärakenteista mitataan lämpötilaa sekä suhteellista kosteutta. Lisäksi jokaisen rakenteen sisäpintaan on asennettu lämpövirtalevy.
- Anturit on sijoitettu rakenteen eri rakennekerrosten rajapintoihin.
- Anturointi on toteutettu siten, että mittaustuloksia rakenteiden välillä voidaan vertailla keskenään.



Merkinnät

Anturit on sijoitettu seuraaville tasoille:

	Tuuletusvälissä
	Tuulensuojalevyn sisäpinnassa
	Eristekerroksen puolivälissä
	Eristekerroksen sisäpinnassa
	Rakenteen sisäpinnassa
	Huxeflux-lämpövirtalevy

Määrät:

RH	6 kpl
T	14 kpl
HX	1 kpl

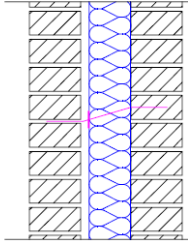
Antureiden johdot vaakasuurassa ulomman runkotolpan kylkeen ja siitä alas läpiviennille. Johdot eivät kulje missään muussa vaiheessa lämpövirran suunnassa kuin keltaisella merkityllä alueella.

Eristeen puolivälin anturit on kiinnitetty ruuvien ja siiman avulla.

Future Spaces -koerakenteet

- Rakenteissa on varioitu julkisivumateriaalia ja eristepaksuutta.
- Ohuemmissa rakenteissa on 150 mm puurunko. Paksummissa rakenteissa on 200 mm puurunko, jonka molemmin puolin 50 mm koolaus. Julkisivumateriaalina on joko 22 mm puupanelointi tai 85 mm julkisivumuuraus
- Rakenteista W1, tiili-villa-tiili-rakenne liittyy aiempiin tutkimuksiin eikä sen olosuhteita juurikaan pystytä vertaamaan muihin rakenteisiin.

W1 Tiili-villa-tiili

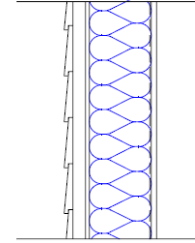


Rakenne ulkoa sisäänpäin:

- | | | |
|----|--------------|--------|
| 1. | Tiilimuuraus | 123 mm |
| 2. | Tuuletusväli | 20 mm |
| 3. | Lämmöneriste | 100 mm |
| 4. | Tiilimuuraus | 123 mm |

Rakenteen laskennallinen referenssi U-arvo
 $U_{ref} = 0,288 \text{ W/m}^2\text{K}$

W2 Puujulkisivu, ohut eristys

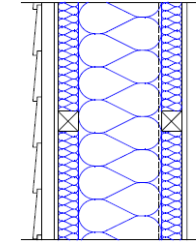


Rakenne ulkoa sisäänpäin:

- | | | |
|----|------------------------------|--------|
| 1. | Puuverhous | 123 mm |
| 2. | Tuuletusväli ja pystykoolaus | 20 mm |
| 3. | Tuulensuojakipsilevy | 100 mm |
| 4. | Lämmöneriste ja runkotolpat | 123 mm |
| 5. | Höyrynsulku | |
| 6. | Kipsilevy | |

Rakenteen laskennallinen referenssi U-arvo
 $U_{ref} = 0,268 \text{ W/m}^2\text{K}$

W3 Puujulkisivu, paksu eristys

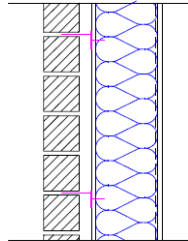


Rakenne ulkoa sisäänpäin:

- | | | |
|----|------------------------------|--------|
| 1. | Puuverhous | 22 mm |
| 2. | Tuuletusväli ja pystykoolaus | 30 mm |
| 3. | Tuulensuojakipsilevy | 9 mm |
| 4. | Lämmöneriste ja vaakakoolaus | 50 mm |
| 5. | Lämmöneriste ja runkotolpat | 200 mm |
| 6. | Höyrynsulku | |
| 7. | Lämmöneriste ja vaakakoolaus | 50 mm |
| 8. | Kipsilevy | 13 mm |

Rakenteen laskennallinen referenssi U-arvo
 $U_{ref} = 0,139 \text{ W/m}^2\text{K}$

W4 Tiilijulkisivu, ohut eristys

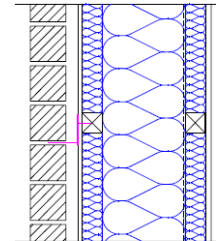


Rakenne ulkoa sisäänpäin:

- | | | |
|----|------------------------------|--------|
| 1. | Tiilimuuraus | 85 mm |
| 2. | Tuuletusväli ja pystykoolaus | 30 mm |
| 3. | Tuulensuojakipsilevy | 9 mm |
| 4. | Lämmöneriste ja runkotolpat | 150 mm |
| 5. | Höyrynsulku | |
| 6. | Kipsilevy | 13 mm |

Rakenteen laskennallinen referenssi U-arvo
 $U_{ref} = 0,247 \text{ W/m}^2\text{K}$

W5 Tiilijulkisivu, paksu eristys



Rakenne ulkoa sisäänpäin:

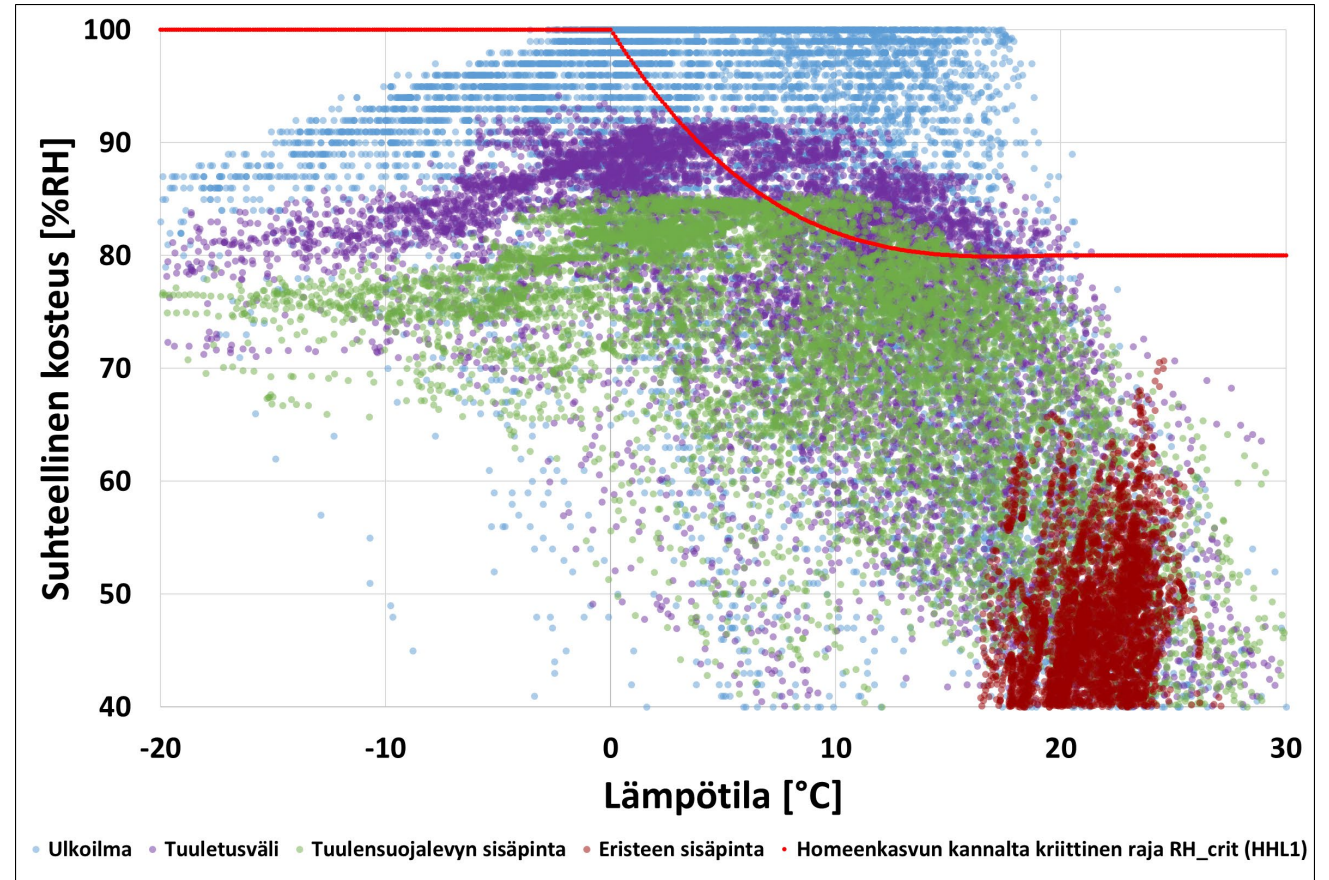
- | | | |
|----|------------------------------|--------|
| 1. | Tiilimuuraus | 85 mm |
| 2. | Tuuletusväli ja pystykoolaus | 30 mm |
| 3. | Tuulensuojakipsilevy | 9 mm |
| 4. | Lämmöneriste ja vaakakoolaus | 50 mm |
| 5. | Lämmöneriste ja runkotolpat | 200 mm |
| 6. | Höyrynsulku | |
| 7. | Lämmöneriste ja vaakakoolaus | 50 mm |
| 8. | Kipsilevy | 13 mm |

Rakenteen laskennallinen referenssi U-arvo
 $U_{ref} = 0,133 \text{ W/m}^2\text{K}$

Rajapintojen kosteusolosuhteet

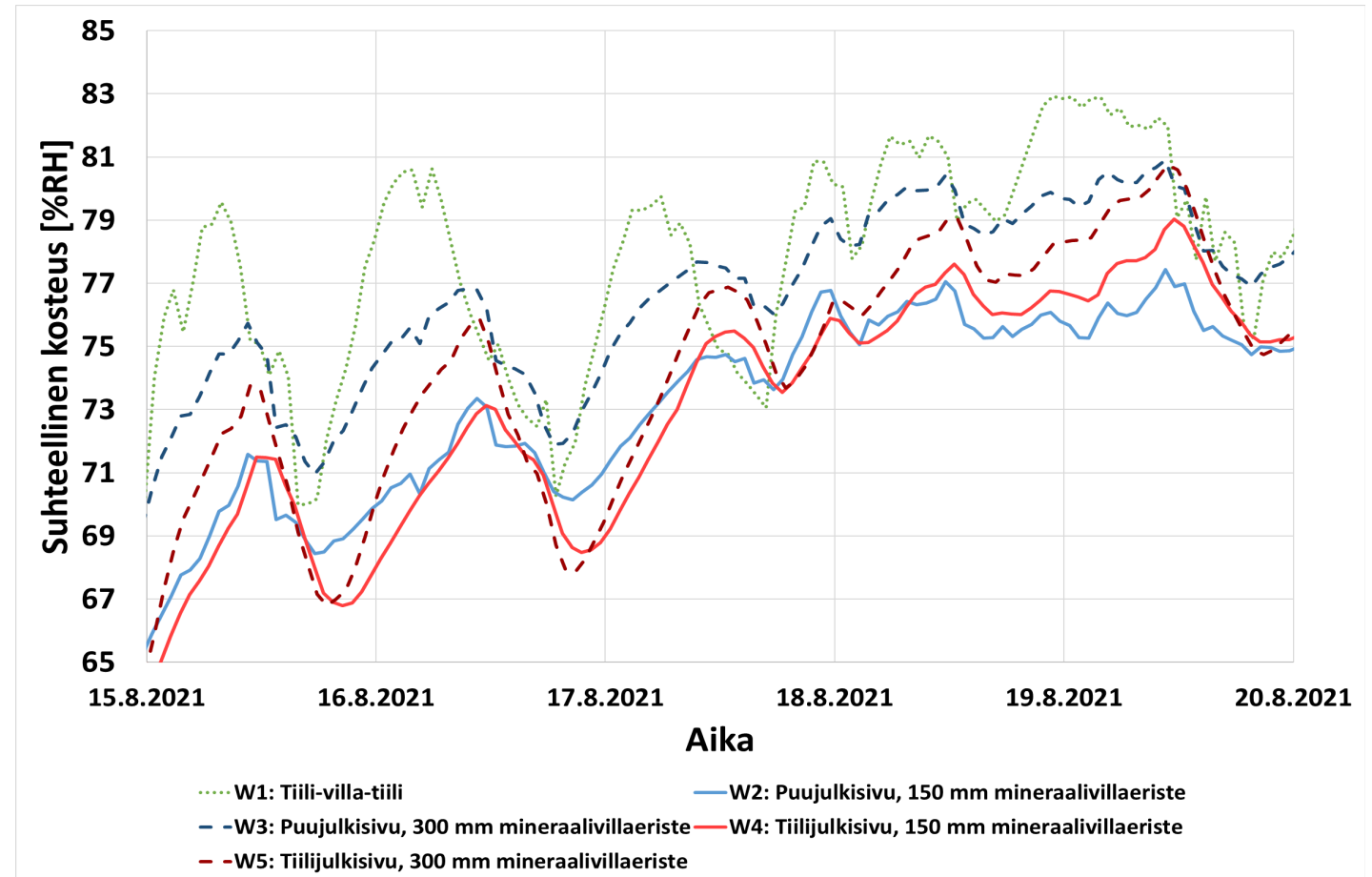
Esimerkkirakenne

- Tarkastelupisteen valinta: Homeenkasvun kannalta kriittisin rajapinta on tuulensuojalevyn sisäpinta, joka on eristekerrosta vasten.
- Tarkastelut on tehty sekä runkotolppavälin keskeltä eristeen kohdalta sekä runkotolpan vierestä.



Tuulensuojalevyn sisäpinnan suhteellinen kosteus

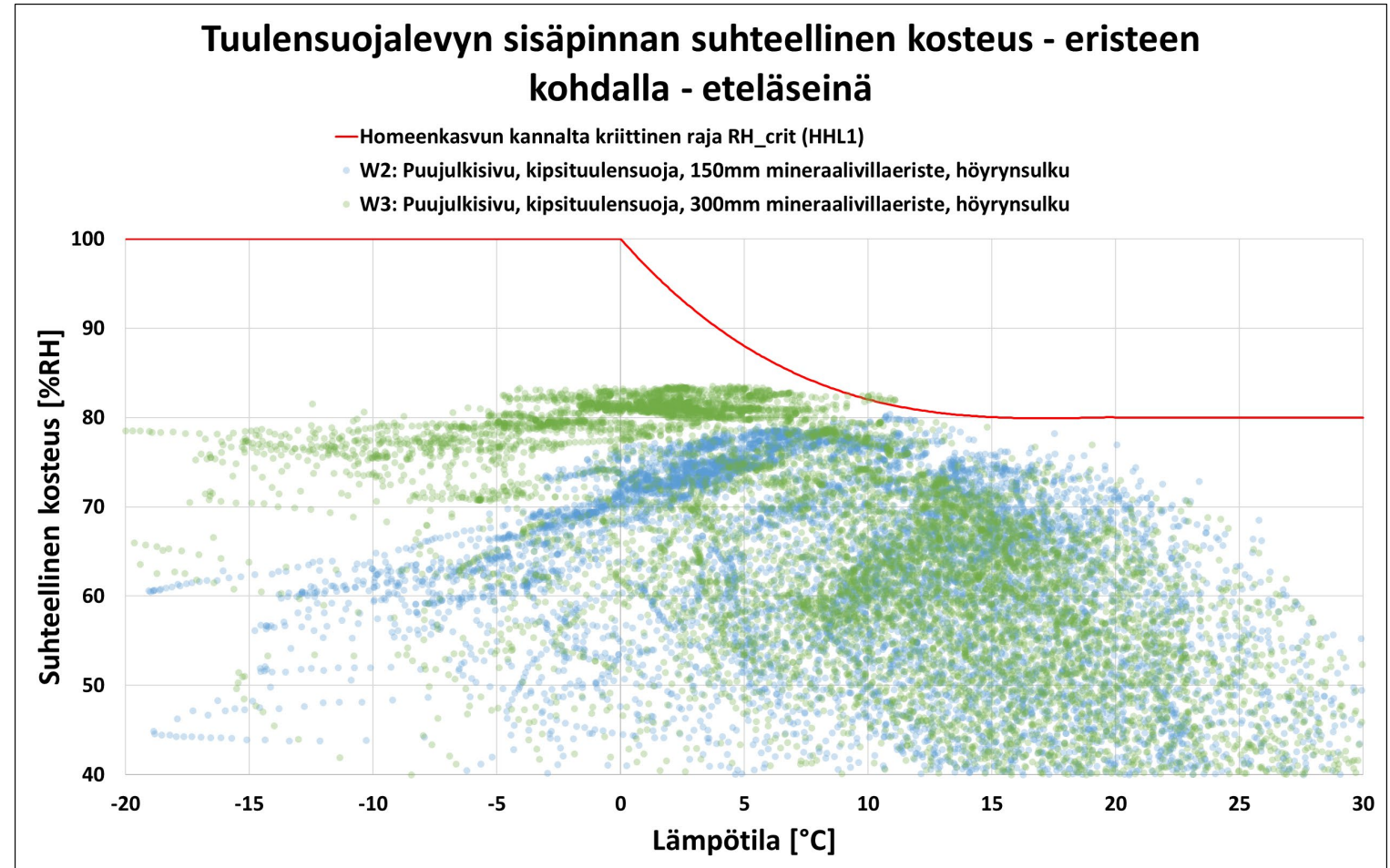
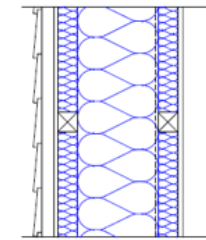
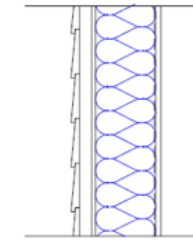
- Paksummalla eristyksellä lämpötila tuulensuojalevyn sisäpinnassa laskee ohuempia rakenteita matalammaksi, jolloin myös suhteellinen kosteus kasvaa.



Eristepaksuuden vaikutus

Puujulkisivu, eteläseinä – mittaukset runkotolppavälin keskellä, eristeen kohdalla

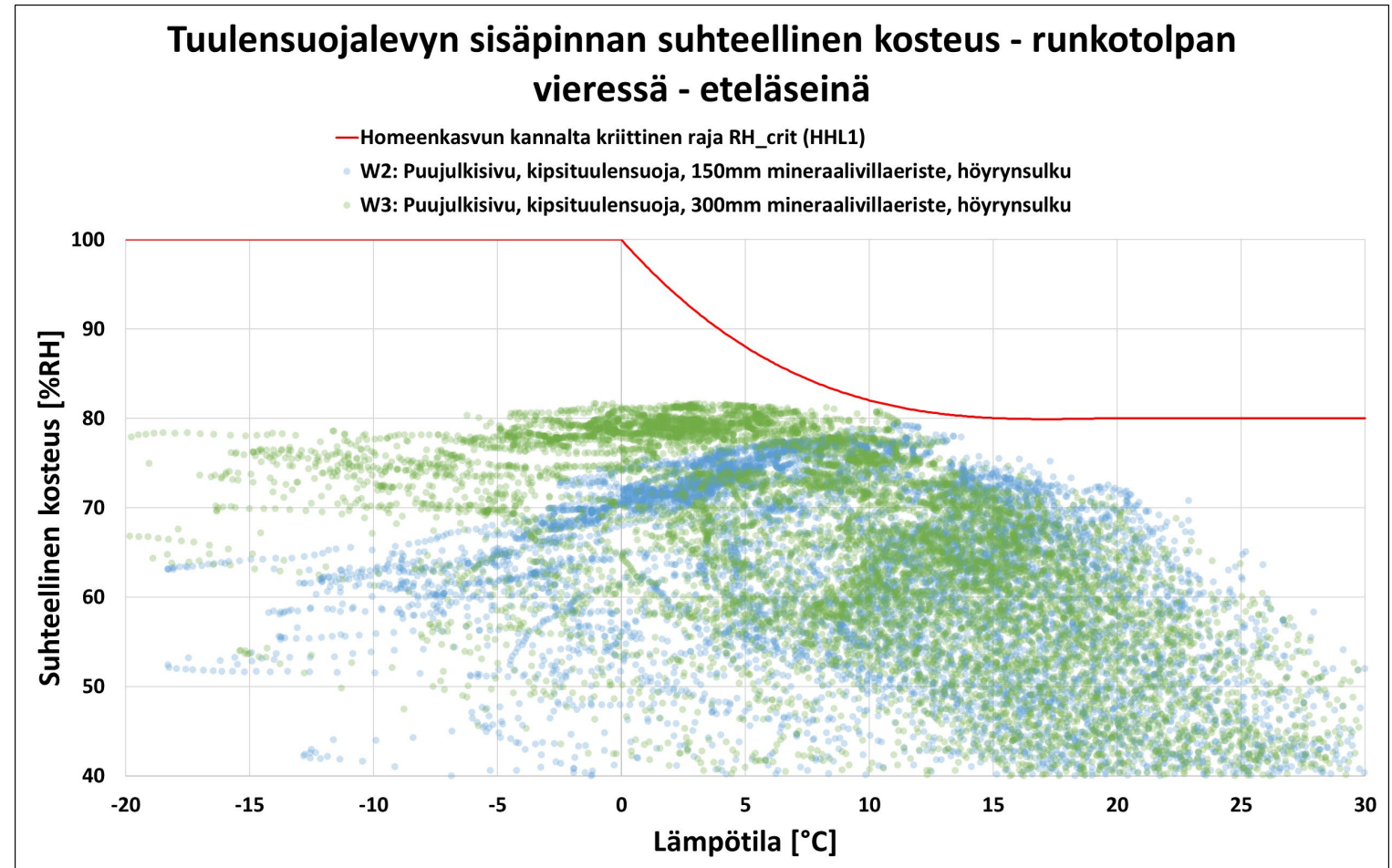
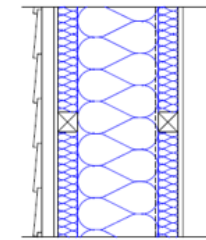
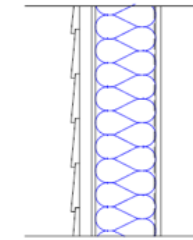
- Suomalaisen homemallin mukaiset homeindeksit jäivät tutkimuksen mittausjaksolla merkityksettömiksi. Kriittinen RH-raja ylittyi kuitenkin useilla tutkimuksen rakenteilla ainakin hetkellisesti.
- Homeenkasvun kannalta otolliset olosuhteet syntyvät, kun suhteellinen kosteus korkeana tarpeeksi pitkään.



Eristepaksuuden vaikutus

Puujulkisivu, eteläseinä – mittaukset runkotolpan vierestä

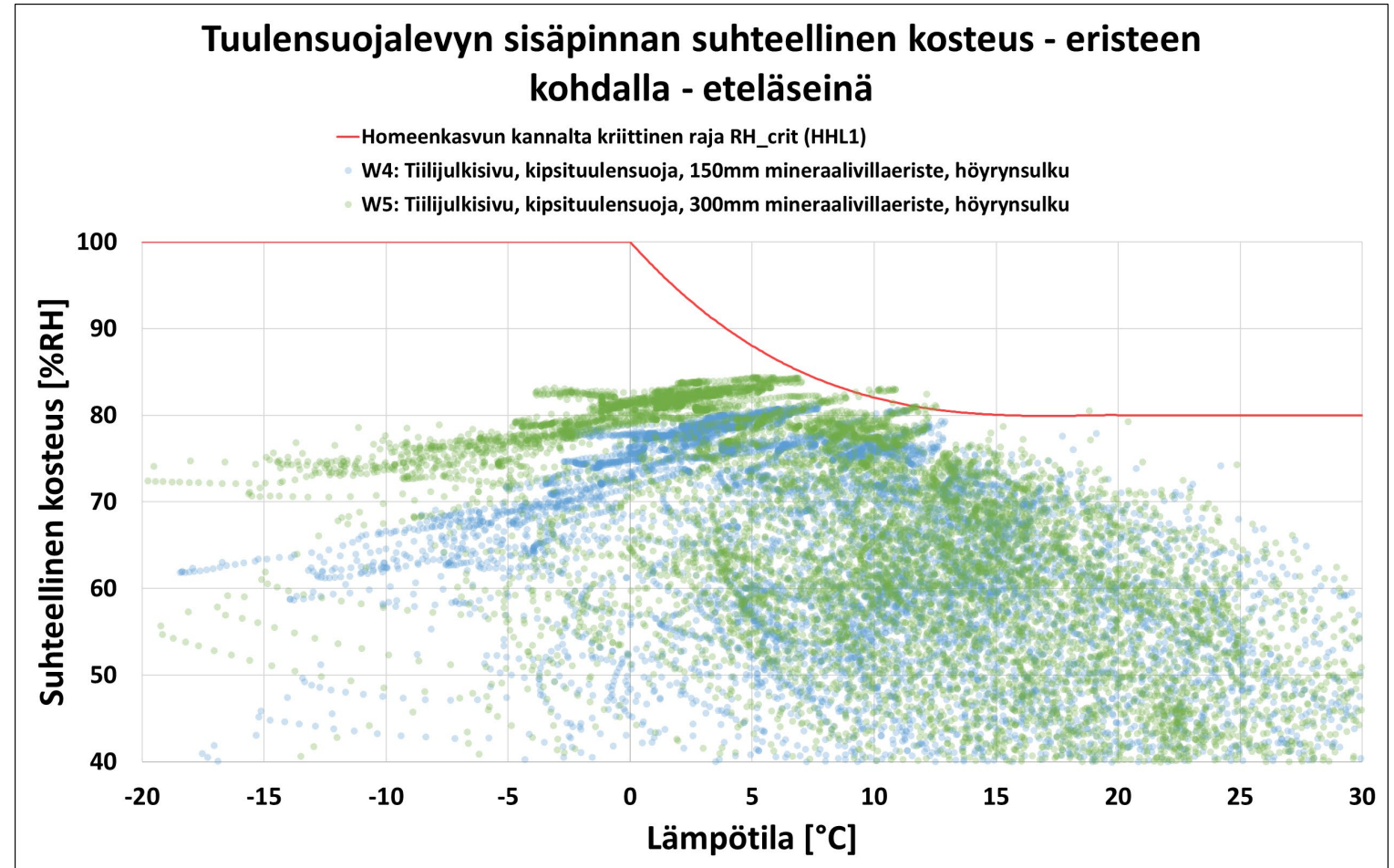
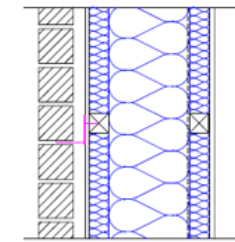
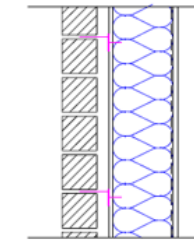
- Ohuemmin eristetyillä rakenteilla lämpötila pysyy tuulensuojalevyn sisäpinnassa korkeamana ja suhteellinen kosteus matalampana.
- Esimerkiksi vesihöyrypitoisuuden pysyessä vakiona lämpötilan lasku $10\text{ °C} \rightarrow 9\text{ °C}$ tarkoittaa 5 %RH nousua suhteellisessa kosteudessa. Tuulensuojalevyn sisäpinnan lämpötilalla on siis merkittävä vaikutus sen suhteelliseen kosteuteen.



Eristepaksuuden vaikutus

Tiilijulkisivu, eteläseinä – mittaukset runkotolppavälin keskellä, eristeen kohdalla

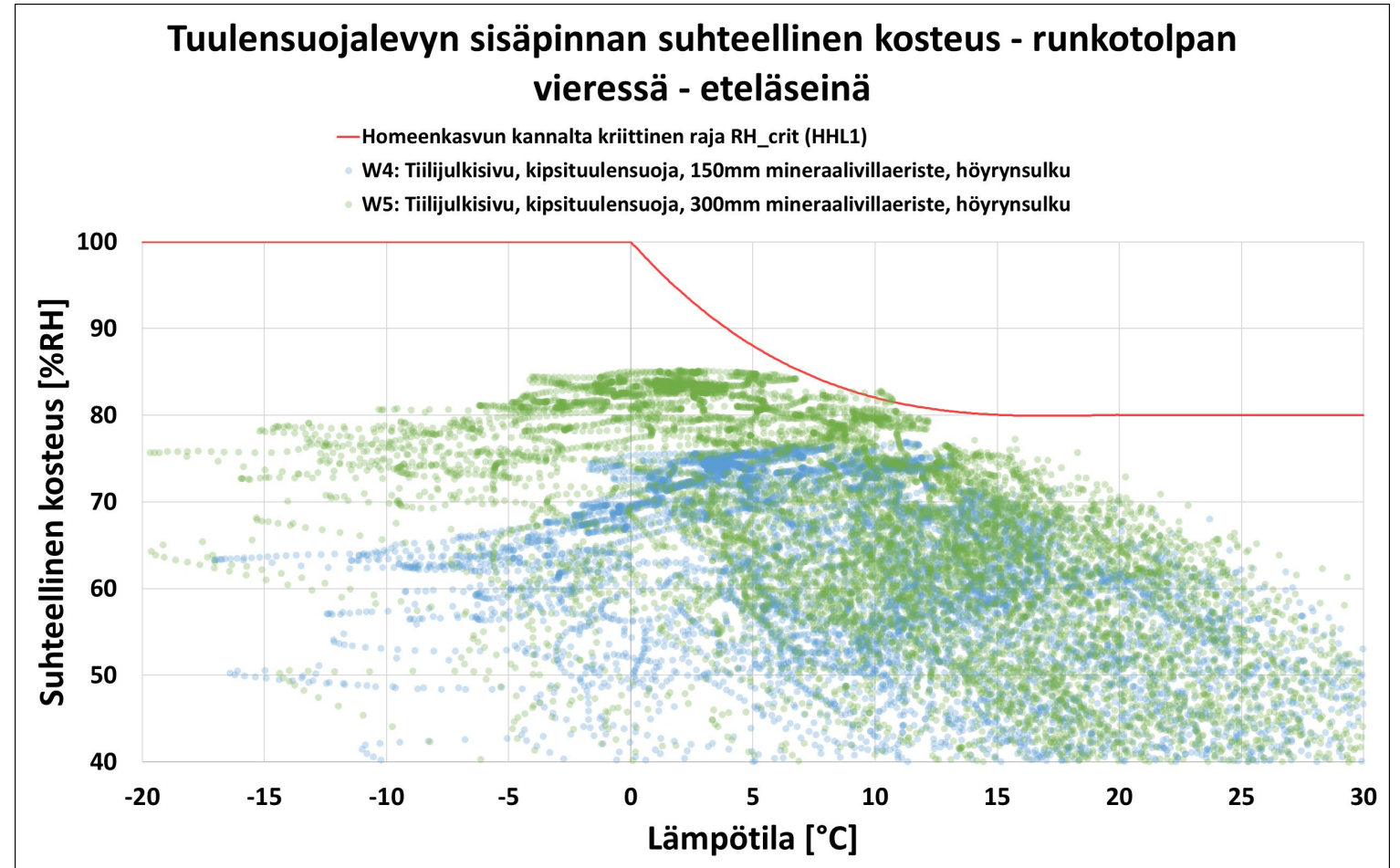
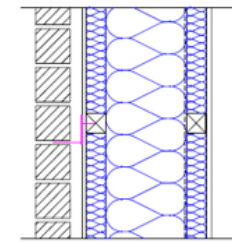
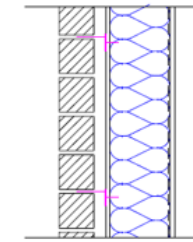
- Julkisivumateriaalit (tiili ja puu) käyttäytyivät eri tavalla, mutta niiden välille ei kriittisten olosuhteiden määrässä syntynyt merkittäviä eroja.



Eristepaksuuden vaikutus

Tiilijulkisivu, eteläseinä – mittaukset runkotolpan vierestä

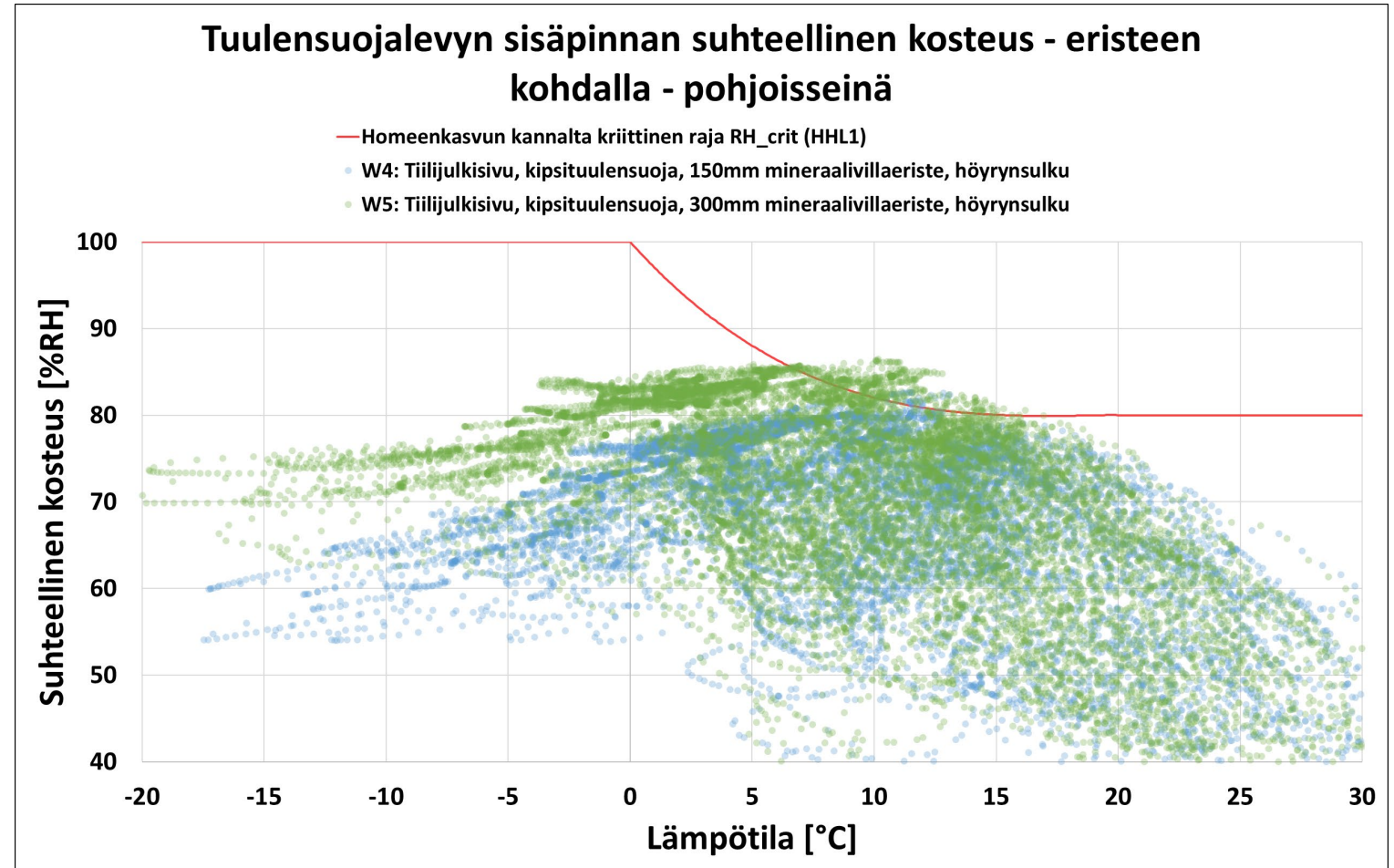
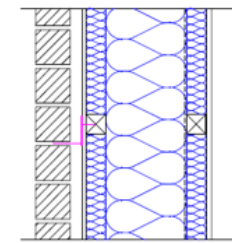
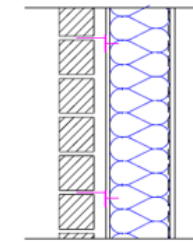
- Runkotolpat johtavat lämpöä, joten lämpötila pysyy tolpan läheisyydessä hieman korkeampana kuin tolppavälin keskellä.
- Homehtumiseen vaikuttaa myös vahvasti tarkasteltava materiaali.



Eristepaksuuden vaikutus

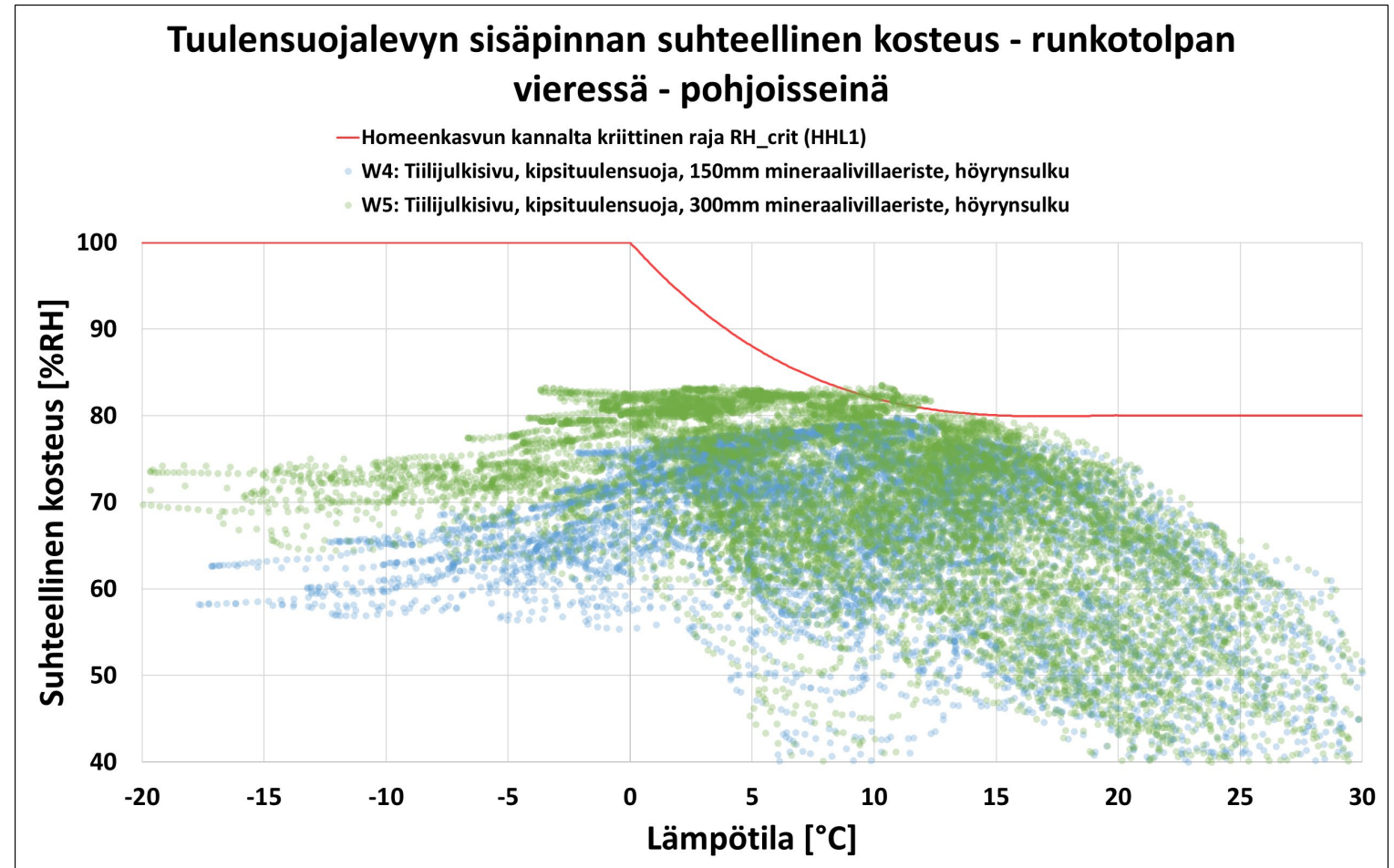
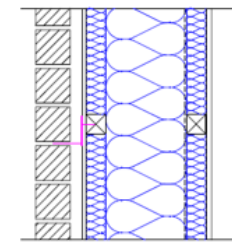
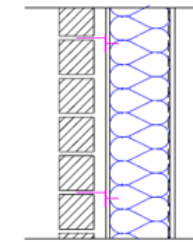
Tiilijulkisivu, pohjoisseinä – mittaukset runkotolppavälin keskellä, eristeen kohdalla

- Pohjoisseinän olosuhteet olivat tarkastelujaksolla kriittisemmät. Viileämmät olosuhteet ovat tässä tapauksessa osoittautuneet haastavammiksi kuin eteläseinälle tulevat viistosateet.



Eristepaksuuden vaikutus

Tiilijulkisivu, pohjoisseinä –
mittaukset runkotolpan vierestä



Tuulensuojalevyn sisäpinta, pohjoisseinä

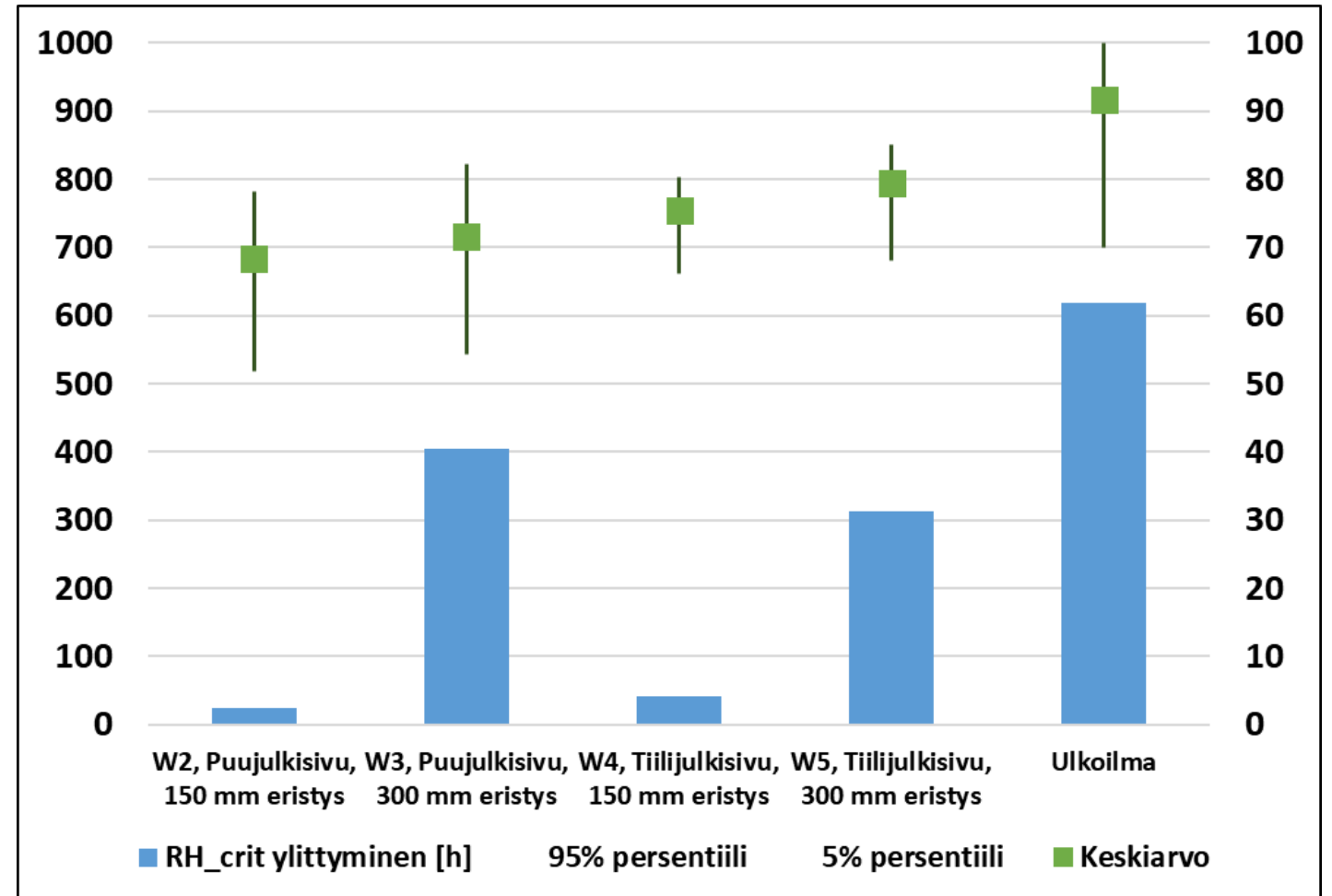
Suhteellinen kosteus

Syksy 2020

- Viereisessä taulukossa on esitetty rakenteiden mittaustulokset jaksolta **12.9.2020–1.12.2020**.

Keskiarvot:

Ulkoilma	91,6
W2, Puujulkisivu, 150 mm eristys	68,4
W3, Puujulkisivu, 300 mm eristys	71,7
W4, Tiilijulkisivu, 150 mm eristys	75,5
W5, Tiilijulkisivu, 300 mm eristys	79,4



Tuulensuojalevyn sisäpinta, pohjoisseinä

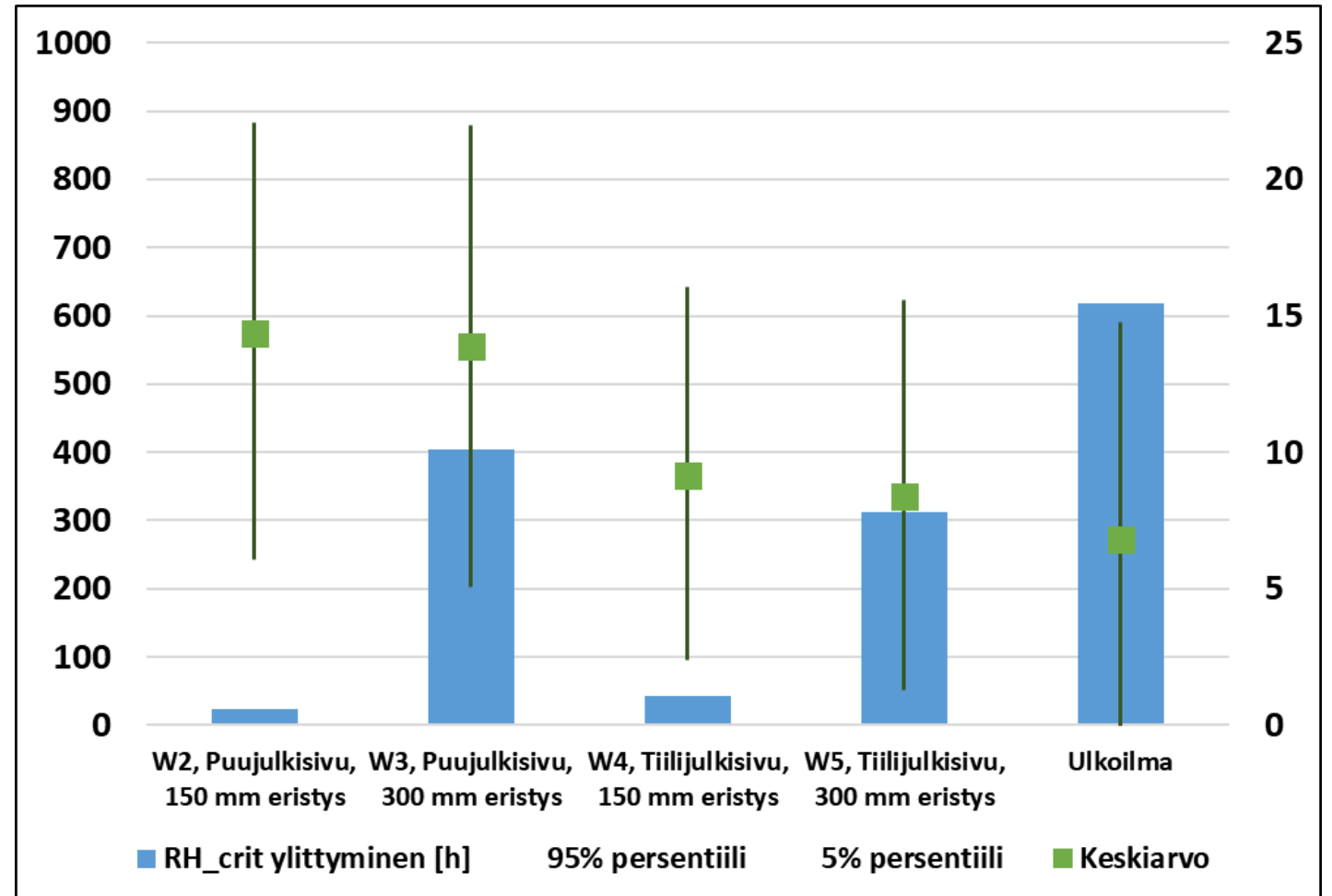
Lämpötila

Syksy 2020

- Viereisessä taulukossa on esitetty rakenteiden mittaustulokset jaksolta **12.9.2020–1.12.2020**.

Keskiarvot:

Ulkoilma	6,8
W2, Puujulkisivu, 150 mm eristys	14,4
W3, Puujulkisivu, 300 mm eristys	13,9
W4, Tiilijulkisivu, 150 mm eristys	9,15
W5, Tiilijulkisivu, 300 mm eristys	8,4



Tuulensuojalevyn sisäpinta, eteläseinä

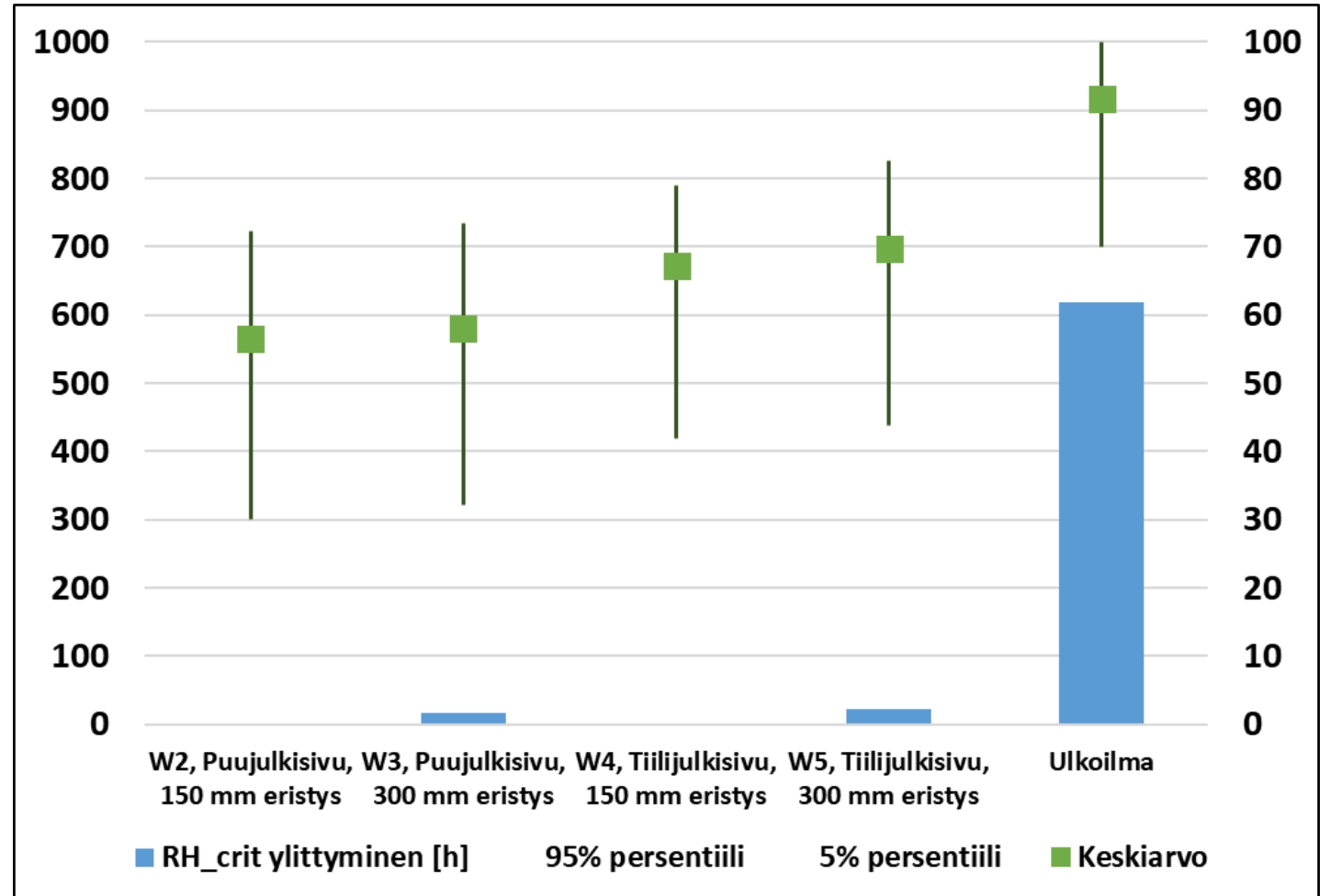
Suhteellinen kosteus

Syksy 2020

- Viereisessä taulukossa on esitetty rakenteiden mittaustulokset jaksolta **12.9.2020–1.12.2020**.

Keskiarvot:

Ulkoilma	91,6
W2, Puujulkisivu, 150 mm eristys	56,6
W3, Puujulkisivu, 300 mm eristys	58,0
W4, Tiilijulkisivu, 150 mm eristys	67,2
W5, Tiilijulkisivu, 300 mm eristys	69,8



Tuulensuojalevyn sisäpinta, eteläseinä

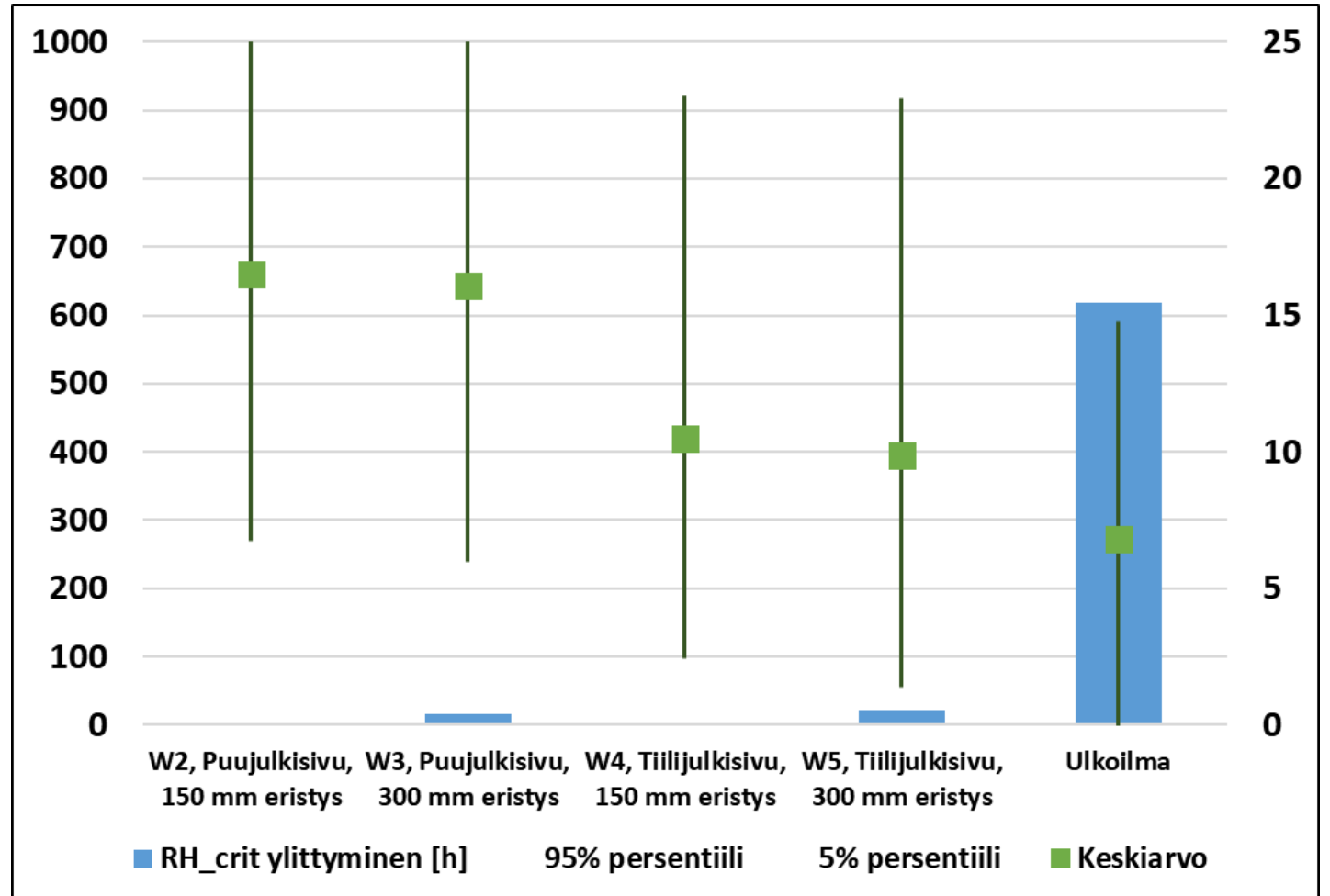
Lämpötila

Syksy 2020

- Viereisessä taulukossa on esitetty rakenteiden mittaustulokset jaksolta **12.9.2020–1.12.2020**.

Keskiarvot:

Ulkoilma	6,8
W2, Puujulkisivu, 150 mm eristys	16,5
W3, Puujulkisivu, 300 mm eristys	16,1
W4, Tiilijulkisivu, 150 mm eristys	10,5
W5, Tiilijulkisivu, 300 mm eristys	9,9



Tuulensuojalevyn sisäpinta, pohjoisseinä

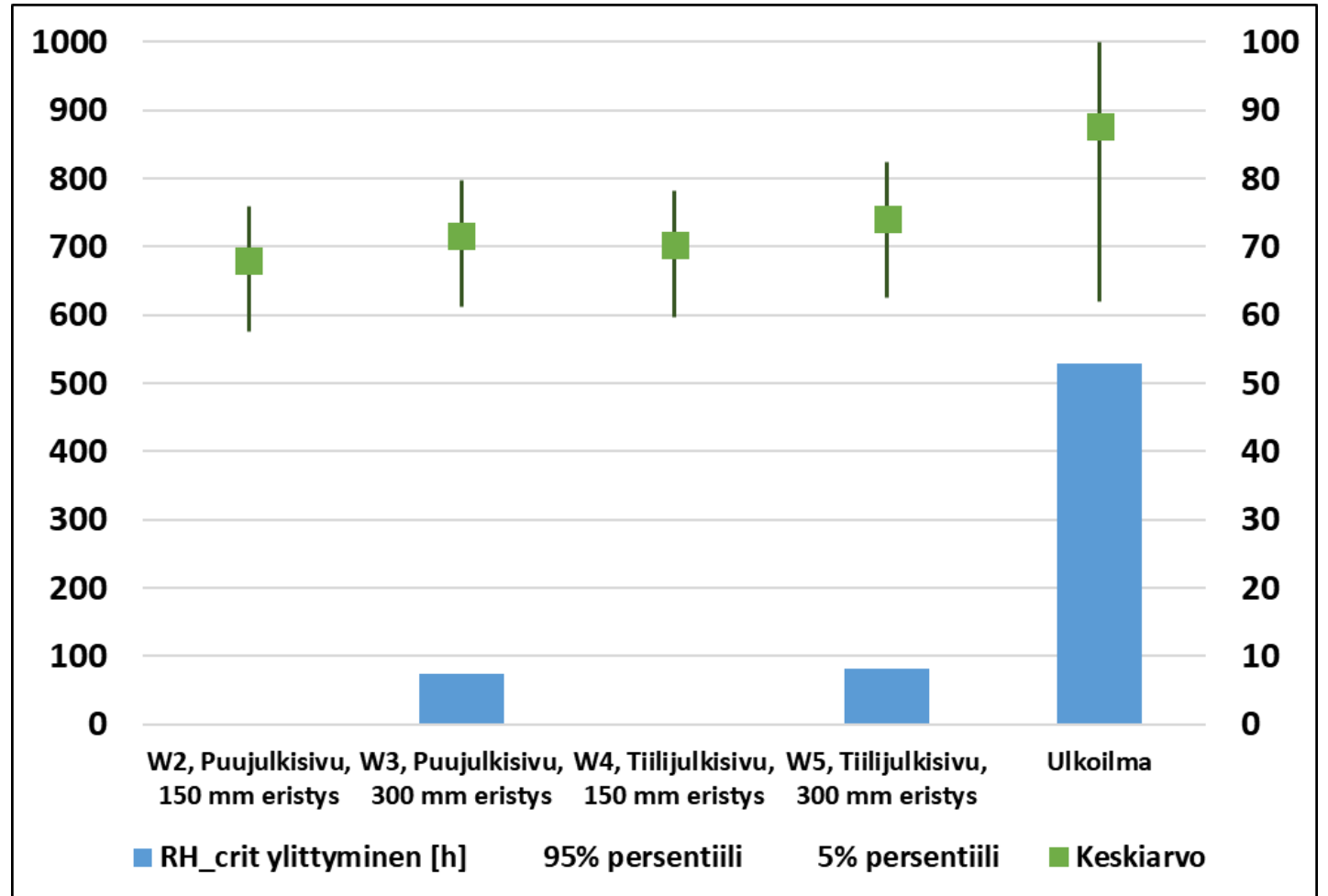
Suhteellinen kosteus

Syksy 2021

- Viereisessä taulukossa on esitetty rakenteiden mittaustulokset jaksolta **1.9.2021–1.12.2021**.

Keskiarvot:

Ulkoilma	87,6
W2, Puujulkisivu, 150 mm eristys	69,0
W3, Puujulkisivu, 300 mm eristys	71,7
W4, Tiilijulkisivu, 150 mm eristys	70,4
W5, Tiilijulkisivu, 300 mm eristys	74,2



Tuulensuojalevyn sisäpinta, pohjoisseinä

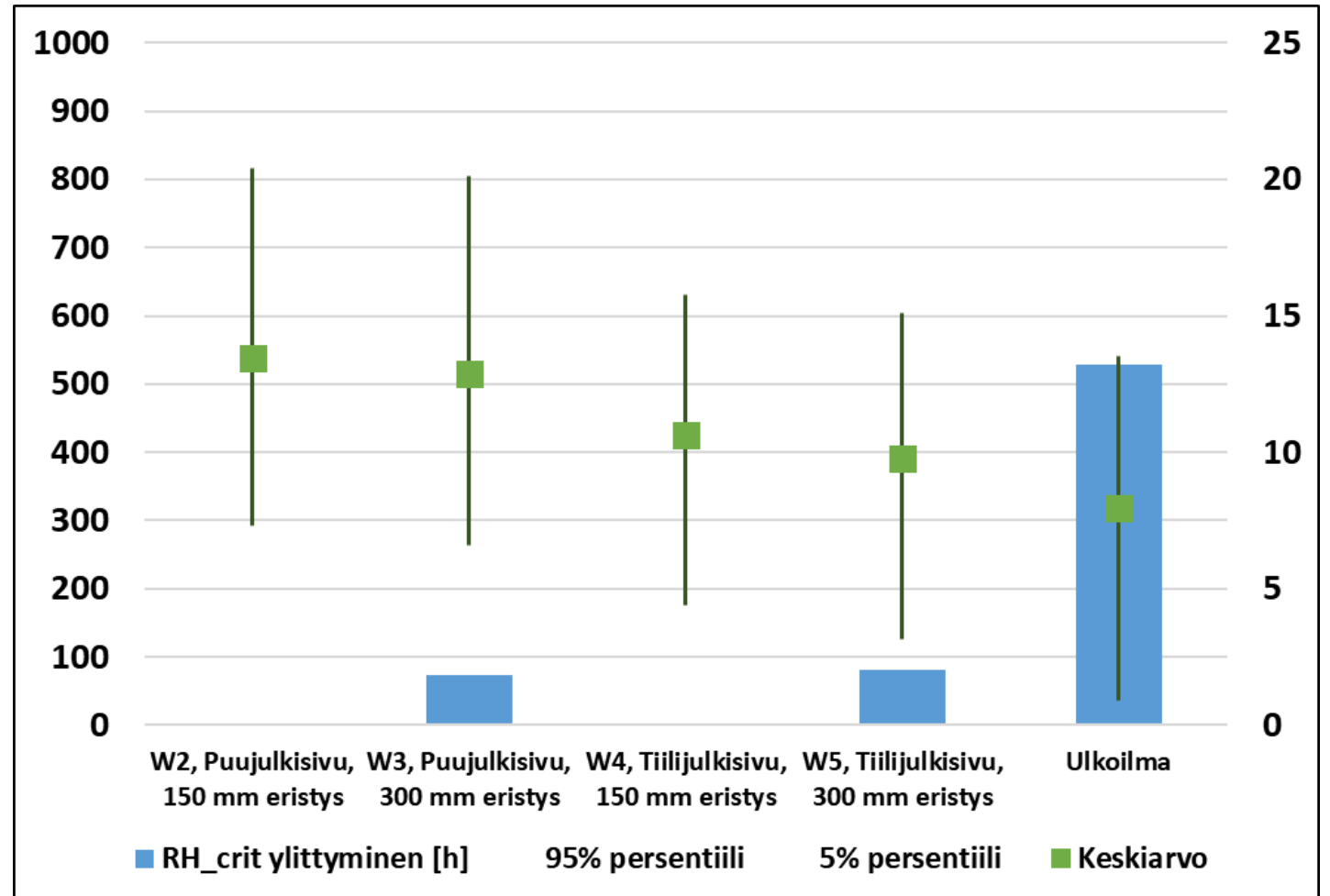
Lämpötila

Syksy 2021

- Viereisessä taulukossa on esitetty rakenteiden mittaustulokset jaksolta **1.9.2021–1.12.2021**.

Keskiarvot:

Ulkoilma	8,0
W2, Puujulkisivu, 150 mm eristys	13,5
W3, Puujulkisivu, 300 mm eristys	12,9
W4, Tiilijulkisivu, 150 mm eristys	10,6
W5, Tiilijulkisivu, 300 mm eristys	9,8



Yhteenveto

Lisälämmöneristämisen vaikutukset

- Ohuemmillä rakenteilla (150 mm eristevahvuus) kipsituulensuojalevyn sisäpinta pysyy selvästi lämpimämpänä kuin paksummilla rakenteilla (300 mm).
- Lisälämmöneristämisessä olisi hyvin tärkeää toteuttaa eristys siten, että tuulensuojalevyn sisäpinnan ulkopuolella on riittävästi lämmöneristyskykyä. Homehtumisen kannalta pinnan lämpötilan nostaminen on helpoin tapa parantaa rakenteen kosteusteknisitä kestävyyttä.
- Julkisivumateriaalien välillä on eroja, mutta eristevahvuudella on selvästi suurempi merkitys tuulensuojalevyn sisäpinnan olosuhteisiin.
- Kosteuskuormalla on suora vaikutus rakenteeseen, mutta lämpötilan kontrolloinnilla saavutetaan tehokkaasti kosteusteknisesti turvalliset olosuhteet tuulensuojalevyn sisäpintaan.

Kiitos

Jaakko Hietikko
jaakko.hietikko@tuni.fi