



TAMPEREEN  
TEKNILLINEN  
YLIOPISTO



A<sup>”</sup>  
Aalto-yliopisto

TAMK  
TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# Sisäinen konvektio puhallusvillaeristeisissä yläpohjissa

25.1.2018

Projektitutkija Henna Kivioja  
TTY/Rakennusfysiikka

**TeKes**

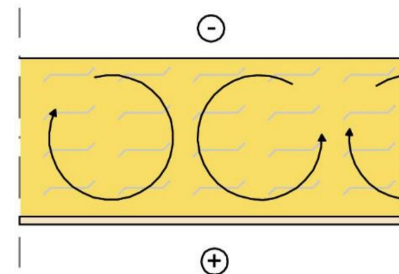
Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

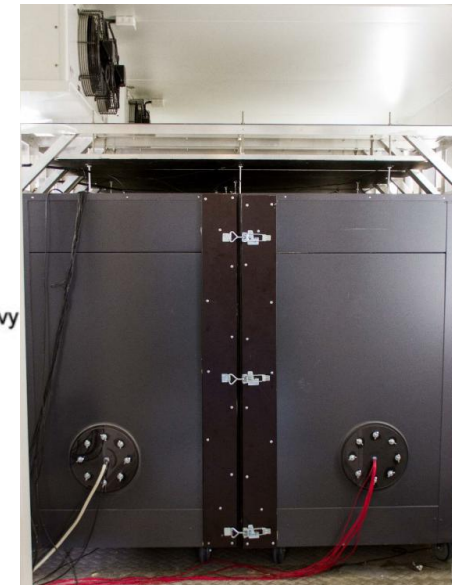
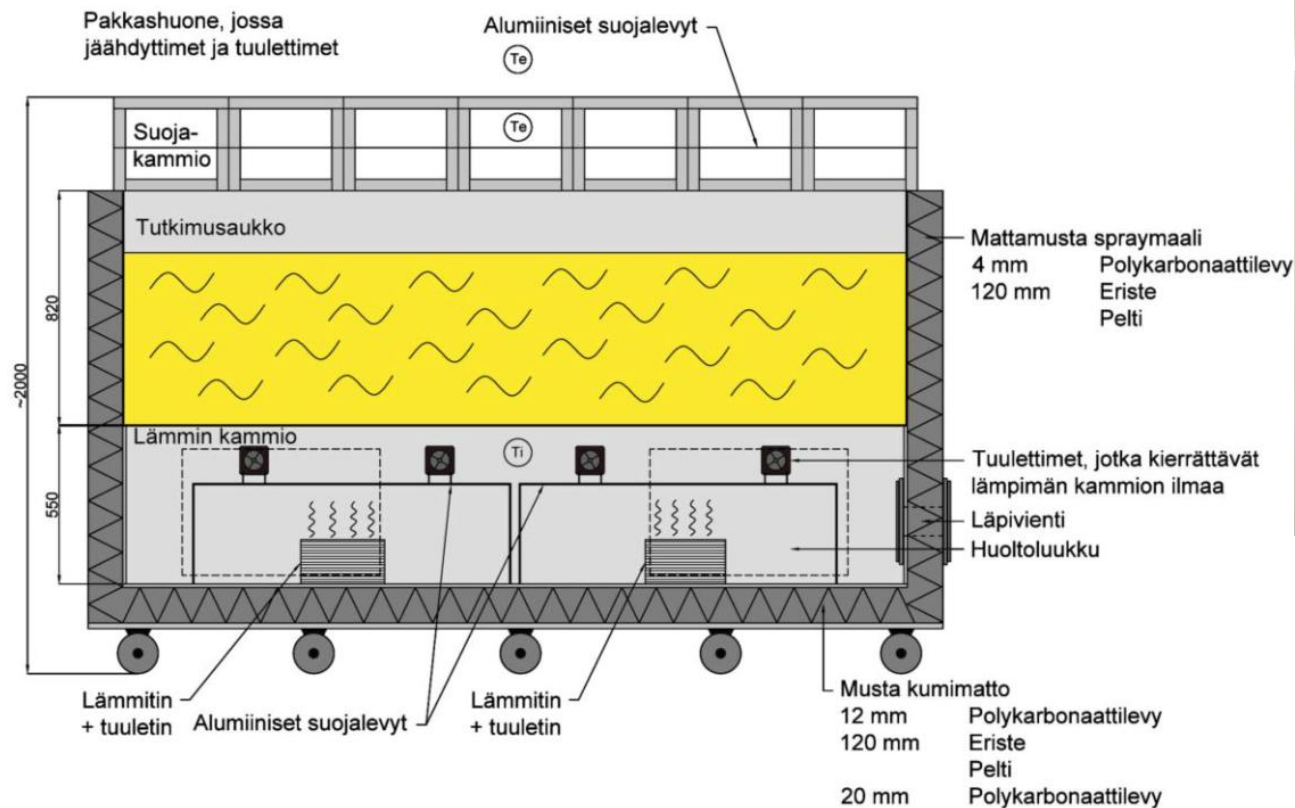
# Sisäinen konvektio

- Konvektiossa lämpö siirtyy virtaavan aineen tai ilman mukana
  - Luonnollinen konvektio: lämpötilaerojen aiheuttamien ilman tiheyserojen seurauksena
  - Pakotettu konvektio: tuulen tai puhaltimen ansiosta
- Yläpohjien sisäinen konvektio
  - Voi esiintyä yhdistettyä luonnollista ja pakotettua konvektiota
  - Heikentää avohuokosilla materiaaleilla eristettyjen yläpohjien lämmöneristävyttä ja kosteusteknistä toimintaa
  - Suuruuteen vaikuttaa
    - ilmanläpäisevyys
    - rakenteen paksuus
    - lämpötilaero rakenteen yli
    - rakenteen geometria



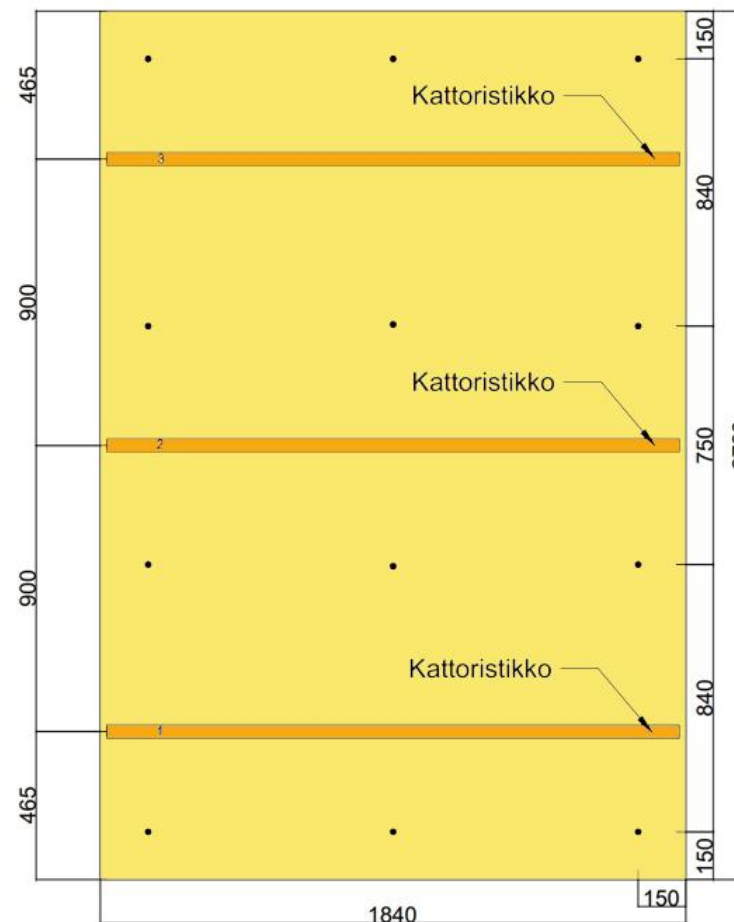
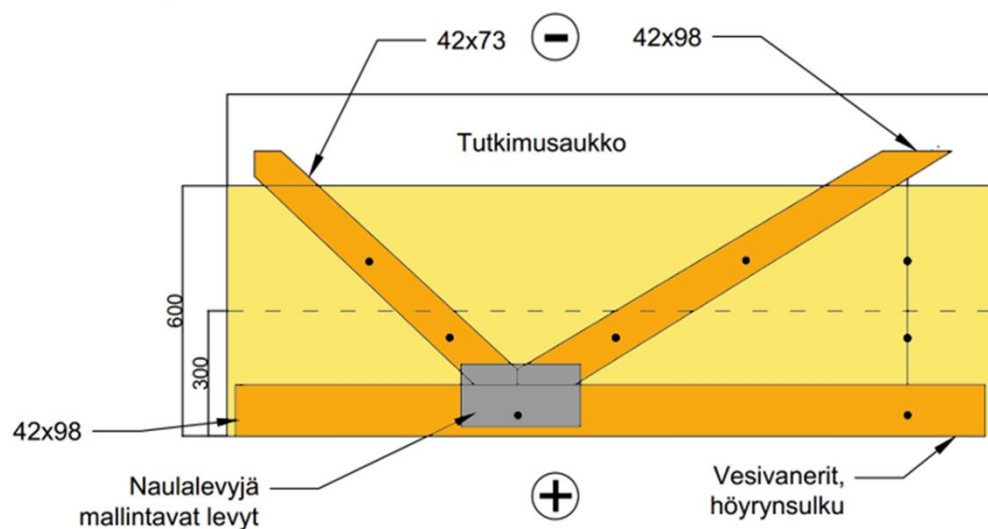
# Yläpohjarakenteiden rakennusfysikaalinen tutkimuslaitteisto

- Laitteisto valmistui testaukseen marraskuussa 2016
- Testit osoittivat laitteiston toimivan suunnitellusti
- Tutkimusaukon pinta-ala n. 5 m<sup>2</sup>



# COMBIn Yläpohjakoheet

- Tutkitaan puhallusvillaeristeisiä yläpohjia, joissa kattoristikot
  - Ristikot k900
  - Tutkittavina puhallusvilloina puhalluslasivillaa sekä puukuitueristettä
  - Puhallusvillat puhalletaan laitteistoon samoin kuin oikeaan yläpohjaan puhallettaessa



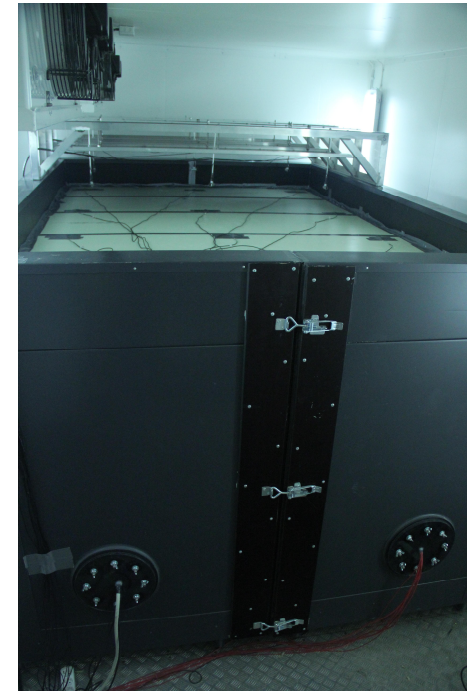
# COMBIn yläpohjakokeet

- Tutkittavat eristepaksuudet 300 mm ja 600 mm
  - Rakenteiden sisäisen konvektion vaikutus lämpötilakenttiin ja U-arvoon, kun lämmöneristepaksuutta ja lämpötilaeroa kasvatetaan
- Rakenteiden U-arvot 20 °C lämpötilaerolla (0 °C ja +20 °C)
- Sisäisen konvektion vaikutus myös 35 °C lämpötilaerolla (-15 °C ja +20 °C)
- Lähes tuulettumaton (~0 m/s) ja runsaasti tuulettuva tilanne (~0,6 m/s)



# Suoritettavat kokeet

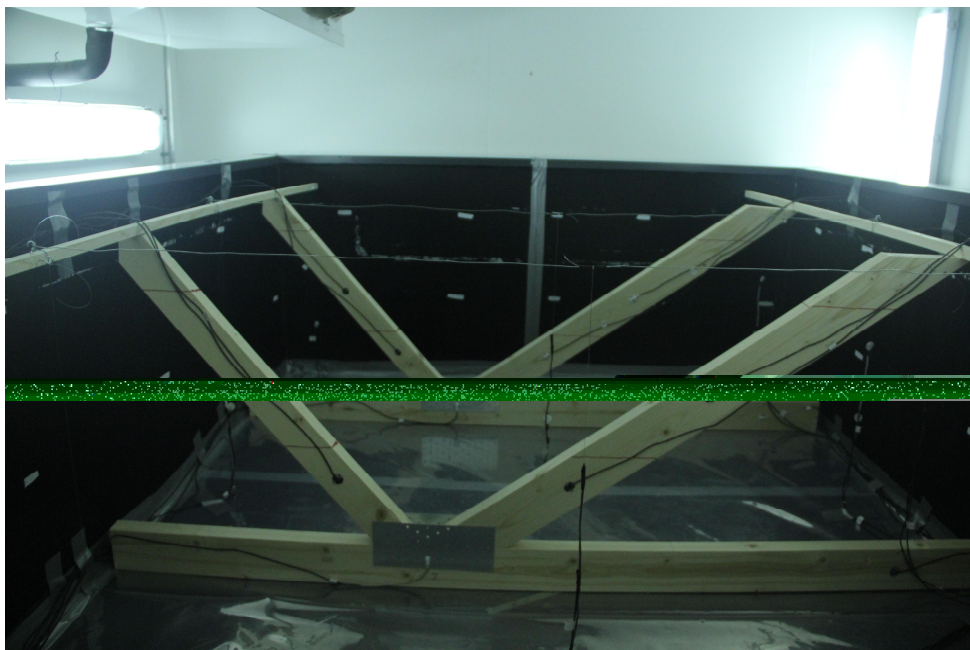
1. Kalibrointi 300 mm (olosuhteet 0 °C ja +20 °C, IV ~0 m/s)
2. Kalibrointi 300 mm (olosuhteet -15 °C ja +20 °C, IV ~0 m/s)
3. Kalibrointi 600 mm (olosuhteet 0 °C ja +20 °C, IV ~0 m/s)
4. Kalibrointi 600 mm (olosuhteet 0 °C ja +20 °C, IV 0,6 m/s)
5. Kalibrointi 600 mm (olosuhteet -15 °C ja +20 °C, IV ~0 m/s)
6. Kalibrointi 600 mm (olosuhteet -15 °C ja +20 °C, IV 0,6 m/s)
7. Puukuitueriste 300 mm (olosuhteet 0 °C ja +20 °C, IV ~0 m/s)
8. Puukuitueriste 300 mm (olosuhteet -15 °C ja +20 °C, IV ~0 m/s)
9. Puukuitueriste 600 mm (olosuhteet 0 °C ja +20 °C, IV ~0 m/s)
10. Puukuitueriste 600 mm (olosuhteet 0 °C ja +20 °C, IV 0,6 m/s)
11. Puukuitueriste 600 mm (olosuhteet -15 °C ja +20 °C, IV ~0 m/s)
12. Puukuitueriste 600 mm (olosuhteet -15 °C ja +20 °C, IV 0,6 m/s)
13. Puhalluslasivilla 300 mm (olosuhteet 0 °C ja +20 °C, IV ~0 m/s)
14. Puhalluslasivilla 300 mm (olosuhteet -15 °C ja +20 °C, IV ~0 m/s)
15. Puhalluslasivilla 600 mm (olosuhteet 0 °C ja +20 °C, IV ~0 m/s)
16. Puhalluslasivilla 600 mm (olosuhteet 0 °C ja +20 °C, IV 0,6 m/s)
17. Puhalluslasivilla 600 mm (olosuhteet -15 °C ja +20 °C, IV ~0 m/s)
18. Puhalluslasivilla 600 mm (olosuhteet -15 °C ja +20 °C, IV 0,6 m/s)



Kalibrointi 600 mm



# COMBI yläpohjakokeet



Koerakenteen valmistelu ja antureiden asentaminen paikoilleen

Puukuitueriste

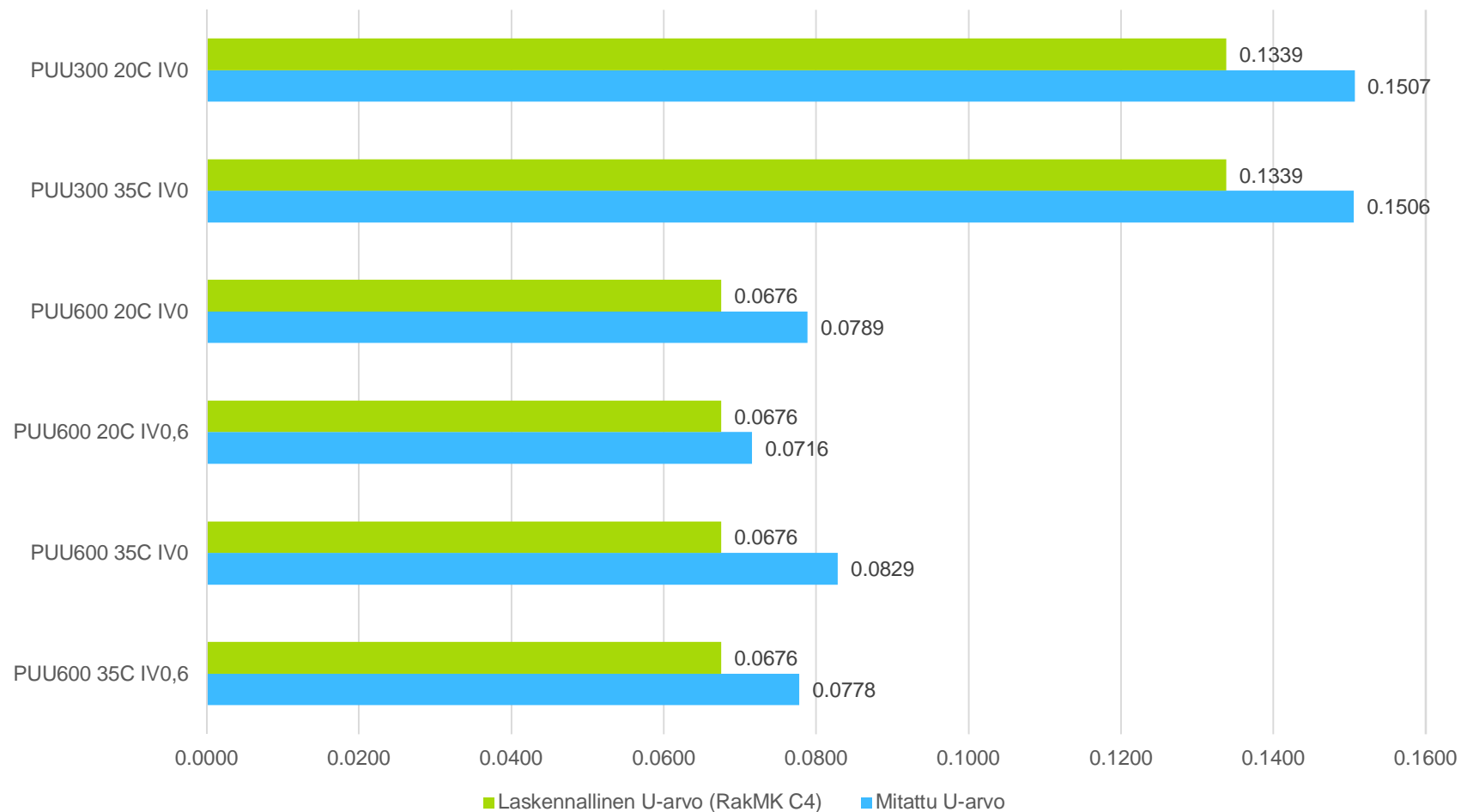
- Tiheys (600 mm) n. 40 kg/m<sup>3</sup>
- Lämmönjohtavuus n. 0,042 W/mK



Puukuitueriste 600 mm  
asennettuna laitteistoon



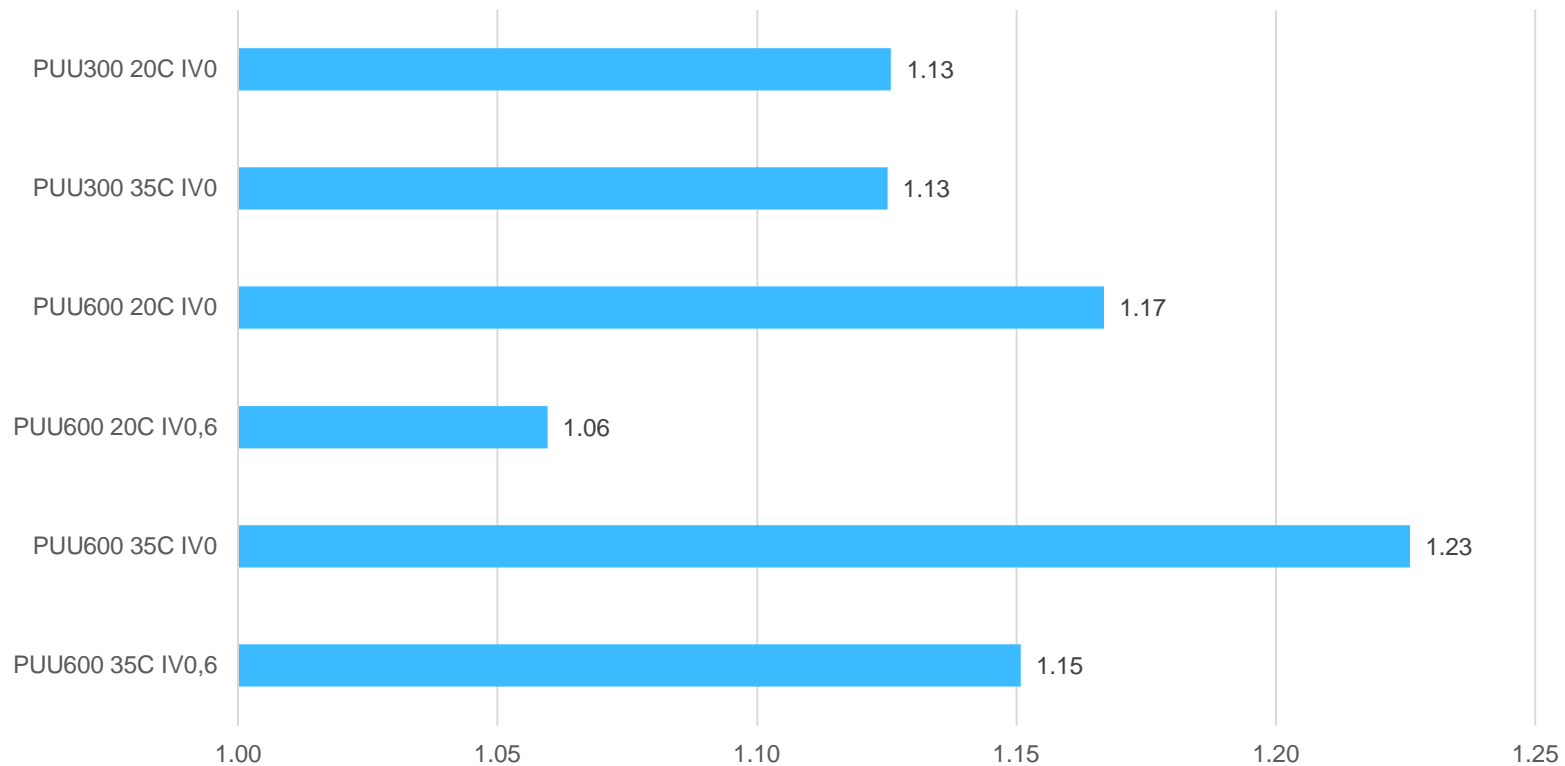
# Alustavia tuloksia: U-arvot





# Nusseltin luvut

- Nusseltin luku kertoo konvektion vaikutuksesta lisääntyneen lämpövirran määrään.
- Sisäistä konvektiota ei tapahdu jos  $Nu=1,0$



# Yhteenvetoa tuloksista

- Puukuitupuhalluseristeissä tapahtui sisäistä konvektiota
  - Rakenteen läpi siirtyvän lämpövirran lisäys 6–24 %
- Tuulettumattomassa tilanteissa konvektiolla siirtyvä lämpövirta kasvoi tuuletettuun verrattuna
  - FRAME-tutkimuksessa samankaltaisia tuloksia
  - Tuulettumattomassa tilanteessa eristeen sisällä mahdollisesti häiriötön konvektiokierto
  - Ulkopinnan ilmavirtaukset voivat sekoittaa ilman virtausreittejä ja painesuhteita niin, että sisäisen konvektion vaikutus U-arvoon on vähäisempi



# Tutkimuksen jatko

- Puhalluslasivillaeristeen kokeet samoilla eristepaksuuksilla ja olosuhteilla
- Tulosten analysointi loppuun
  - Lämpötilakentät
  - Vertailu FRAME-hankkeen tuloksiin sekä muihin konvektiotutkimuksiin
- Lopulliset tulokset konvektiokokeista valmiina kesällä 2018





# Kiitos!

Projektitutkija Henna Kivioja  
henna.kivioja@tut.fi

