

Sisäinen konvektio puhallusvillaeristeisissä yläpohjissa

Sisäinen konvektio heikentää puhalluseristeellä eristetyin yläpohjarakenteen lämmöneristävyyttä ja tietyissä tilanteissa myös kosteusteknistä toimintaa.

Puukuitu- ja lasipuhallusvillassa tapahtuu sisäistä konvektiota lämpötilaeron ollessa suuri. Lasipuhallusvillassa konvektio heikentää lämmöneristävyyttä merkittävästi.

Lasipuhallusvillalla eristetyissä yläpohjarakenteissa ilmavirtauksen lisääminen tuuletusvälissä kasvattaa sisäistä konvektiota ja heikentää lämmöneristävyyttä.

Tutkimuksen tausta

Sisäinen konvektio lämmöneristekerroksessa tarkoittaa tilannetta, jossa lämpötilaeroista johtuen lämmöneristekerroksessa oleva lämmin ilma pyrkii nousemaan ylöspäin, kun taas kylmä ilma painuu alaspäin. Sisäinen konvektio kasvattaa lämpöhäviöitä eristekerroksen läpi, muuttaa rakenteen lämpötilakenttää ja voi heikentää sen kosteusteknistä toimintaa. Lämmöneristepaksuuden lisääminen kasvattaa sisäisen konvektion muodostumisen mahdollisuutta, kuten myös rakenteen yli vallitsevan lämpötilaeron kasvaminen ja lämmöneristeen suuri ilmanläpäisevyys. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, paljonko puhallusvillaeristeen sisällä tapahtuu sisäistä konvektiota ja miten eri tekijät vaikuttavat sisäisen konvektion määrään.

Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus

Puhallusvillaeristeiden sisäistä konvektiota on tutkittu jo aiemmin TTY:llä FRAME-projektin yhteydessä, jolloin syntyi tarve jatkotutkimuksille. COMBI:n kokeissa haluttiin saada selville suuremman tutkimusaukon koon, eristeiden asennusmenetelmän ja kattoristikoiden vaikutus koetuloksiin. FRAME:n kokeista poiketen COMBI:n kokeissa puhallusvillat asennettiin tutkimusaukkoon puhallusvillan puhalluskoneella, jotta asennus vastaisi paremmin normaalia asennustilannetta. FRAME:ssa asennus tehtiin käsin ripottelemalla. Lisäksi COMBI:n kokeissa käytettiin suurempaa koekammiota, mikä mahdollisti myös suuremman tutkimusaukon koon. Pelkän eristekerroksen lisäksi tutkimukseen otettiin mukaan yläpohjia, joissa oli kattoristikot.

Tutkimukset tehtiin yläpohjarakenteiden rakennusfysikaalisella tutkimuslaitteistolla, jolla voidaan tutkia pinta-alaltaan noin 5 m² yläpohjan osaa. Tutkimuksissa rakenteena käytettiin yläpohjia, joissa vesivanerin päällä oli höyrynsulku ja eristeenä 300 mm ja 600 mm paksuinen kerros puhallusvillaa. Kokeet suoritettiin FRAME:n kokeiden tapaan puukuitu- sekä lasipuhallusvillalla 20 °C ja 35 °C lämpötilaeroilla. Kokeet suoritettiin kattoristikoiden kanssa sekä vertailuksi pelkällä eristekerroksella. Kattoristikot oli asennettu k900-jaolla. Paksumman eristeen tapauksessa tutkittiin myös tuuletuksen vaikutusta sisäiseen konvektioon, jolloin lähes tuulettumattomassa tilanteessa tuulettustilan ilmavirtaus oli noin 0 m/s ja runsaasti tuulettuvassa 0,6 m/s.



Yläpohjarakenteiden rakennusfysikaalinen tutkimuslaitteisto.

Laitteistolla on tutkittu katto-
rakenteiden sisäistä konvektiota
Calibrated Hot Box -menetelmällä.

Tulokset ja johtopäätökset

Suoritettujen laboratoriotutkimusten perusteella suurin vaikutus lämmöneristekerroksen sisäiseen konvektion oli puhalluslämmöneristeen tyyppillä. Erityisesti lasipuhallusvillalla eristetyissä yläpohjissa tapahtuu sisäistä konvektiota jo 20 °C lämpötilaerolla. Puukuitupuhallusvilla on yläpohjarakenteissa pääsääntöisesti tiheämpää kuin lasipuhallusvilla. Lisäksi sen ominaisuutena on painuminen jopa 20 % puhalluskorkeudesta, jolloin tiheys kasvaa entisestään. Puukuitupuhallusvillaan ei pääse syntymään yhtä suurta sisäistä konvektiota kuin lasipuhallusvillaan mm. sen tiheyden ja puhallusvillan rakenteen ansiosta. Kuitenkin myös puukuitupuhallusvillassa havaittiin sisäistä konvektiota etenkin suurilla lämpötilaeroilla.

Lasipuhallusvillalla runsaasti tuuletetussa tilanteessa ilmavirtaus pääsee voimistamaan sisäistä konvektiota merkittävästi paksulla eristekerroksella, mikä tulisi ottaa huomioon rakenteiden suunnittelussa. Puukuitueristeellä ei ole havaittavissa samanlaista ilmiötä. Lasipuhallusvillalla eristetyissä yläpohjissa lämpövirta rakenteen läpi lisääntyi suurimmillaan jopa 63 %. Lasipuhallusvillalla mielenkiintoisena yksityiskohtana voidaan myös huomata, että kattoristikoiden lisääminen rakenteeseen pienensi useimmissa tapauksissa ilmavirtauksen vaikutuksia.

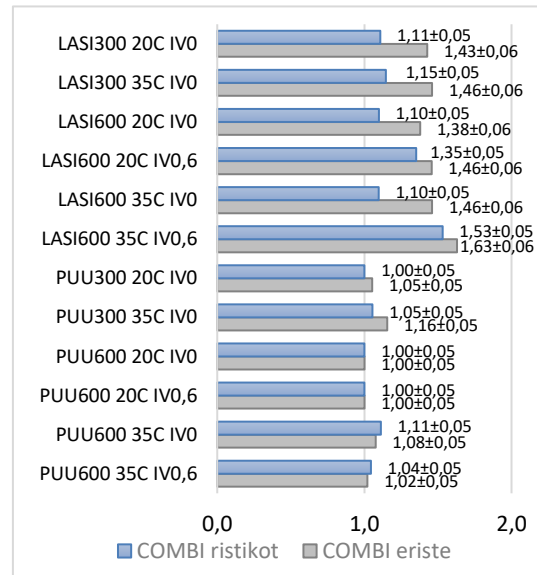
Puukuitueristeellä 20 °C lämpötilaerolla konvektiolla ei ollut juurikaan vaikutusta rakenteen läpi siirtyvään lämpövirtaan, kun taas 35 °C lämpötilaerolla konvektio lisäsi lämpövirtaa korkeimmillaan 16±5 %. FRAME:n kokeissa suurempi lämpövirran lisäys selittyi suurelta osin eristeen käsinasennuksella, jolloin eristeen rakenne eroaa huomattavasti koneella puhalletusta puukuitueristeen rakenteesta.

Puukuitueristeellä suurin yksittäinen sisäistä konvektiota kasvattava tekijä oli lämpötilaeron kasvattaminen. Lasipuhallusvillalla taas suurimmat yksittäisen muuttujan vaikutukset saatiin ilmavirtauksen kasvattamisella ja poistamalla kattoristikot. Lämmöneristekerroksen paksuudella ei vaikuttanut olevan mittauksien rajoissa yhtä merkittävää vaikutusta. Varsinkin lasipuhallusvillassa tapahtuva sisäinen konvektio tulisi ottaa huomioon yläpohjan lämpöhäviöiden ja energiankulutuksen laskennassa.

Lisätietoja ja yhteydenotot

Kivioja, H., Vinha, J., Tuominen, E. & Viitala, M. 2019. **Hot box measurements to investigate internal convection of highly insulated loose-fill mineral wool roof structures.** *Manuscript writing on process.*

Projektitutkija Henna Kivioja
Professori Juha Vinha (juha.vinha@tuni.fi)



Nusseltin luvut. Kuvaajassa on esitetty eri koevaiheissa saadut Nusseltin luvut, jotka kuvaavat sisäisen konvektion tapahtumista. Nusseltin luvun ollessa yli 1 rakenteessa tapahtuu sisäistä konvektiota. Keskimääräinen epätarkkuus oli ±5,0 % puukuitueristeen mittauksissa ja ±4,1 % lasikuitueristeen mittauksissa. Koetilanteen nimessä on ilmoitettu eristeen tyyppi, mittauksessa käytetty lämpötilaero sekä tuuletusilmavirran nopeus.