

Betonirakenteiden lämmönläpäisykertoimet

Tuomo Ojanen & Jyri Nieminen
VTT



Betonirakenteiden lämpötekninen toimivuus

Tuuletettujen betonirakenteiden lämmönläpäisykertoimen laskentamenetelmiä sekä uritetun lämmöneristeen tai tuuletusvälin kautta tapahtuvan tuuletuksen vaikutuksia betonisandwich-elementtien lämmönläpäisyyn tarkasteltiin tutkimuksessa Betonirakenteiden tuuletus ja lämmöneristävyys /1/. Laskennalliset tarkastelut toteutettiin VTT:llä kehitetyllä lämmön, ilman ja kosteuden siirtoa mallintavalla moniulotteisella tietokoneohjelmalla LATENITE /2/, Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan C4 /3/ ohjeiden perusteella, kaksiulotteisella lämmönsiirron laskentaohjelmalla Therm /4/ sekä standardin SFS-EN ISO 6946 /5/ mukaisella menetelmällä. Tarkastelujen perusteella saatiin erityisesti urien kautta tuulettun lämmöneristeen tuuletuksen vaikutus rakenteiden U-arvon määrittämisen perusteet. Laskentaperusteita käytettiin erilaisten betonirakenteiden ja niiden lämmöneristysratkaisujen U-arvojen laskentaan.

Tuuletusilmavirran vaikutus lämpöhäviöihin

Rakenteiden tuulettaminen vaikuttaa rakenneosan lämpöhäviöihin kasvattavasti. Toisaalta rakenteisiin kertyvä tai kuivumaton kosteus saattaa heikentää materiaalien lämmöneristävyttä. Rakenteita tuulettamalla voidaan kylmässä ilmastossa yleensä varmistaa rakenteiden kosteustekninen toimivuus ja välttää haitallisen korkeat kosteuspitoisuudet.

Tuuletusurallinen rakenne

Rakenteiden tuulettamisen vaikutusta rakenteen sisäpinnan läpi meneviin lämpövirtoihin tarkasteltiin laskemalla tuuletusurallisen BSW-elementin lämpö- ja kosteustekninen käyttäytyminen tuulettamattomana ja yhdellä tuuletusilmavirtauksella.

Tuuletusuran ilmavirtauksen vaikutus rakenteen lämmöneristyksen läpi tapahtuvaan lämpöhäviöihin 3 m korkealla seinällä olivat alle 1 % luokkaa, kun ilmavirtaukset tuuletusurassa (30 mm x 30 mm, cc 210 mm) olivat $v = 0,06 - 0,09$ m/s.

Betonisandwich-elementtirakenteiden U-arvon laskenta

Betonisandwich-elementtirakenteiden kuivumiskyvyn varmistamiseksi on rakenteisiin järjestetty joko tuuletusväli tai tuuletusurallinen eristekerros. Näiden U-arvojen laskenta poikkeaa hieman toisistaan ja tähän on seuraavassa esitetty menettelytapa.

Tuuletusvälillisen BSW-elementtirakenteen U-arvo

Hyvin tuuletetussa rakenteessa ei tuuletusvälin ulkopuolisia rakennekerroksia saa ottaa huomioon U-arvon laskennassa. Hyvin tuuletettuna rakenteena pidetään tuuletusväliä, jonka ulkoilmaan olevien aukkojen määrä seinän leveyttä kohden ylittää $15 \text{ cm}^2/\text{m}$ ja ilma pääsee virtaamaan rakenteen laidalta toiselle. Mikäli tuuletusvälissä ilmavirran nopeus kuitenkin jää alle 1 m/s , voidaan tuuletusväliin rajoittuvan pinnan lämmönsiirron vastuksena käyttää samaa arvoa kuin sisäilmaa vasten olevalle pinnalle.

Ansaiden ja muiden pistemäisten läpivientien aiheuttama lisäys U-arvoon otetaan huomioon siten, yksittäisen ansaan aiheuttama lisäys konduktanssiin on $0,002 \text{ W/K}$, jolloin kokonaislisäykseksi neliometriä kohden tulee $0,0156 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tuuletusurallisen betonisandwich-elementtirakenteen U-arvo

Tuuletusurallisessa rakenteessa betonielementtien välissä oleva eristys on tiiviisti betonipintoja vasten. Eristyskerroksessa on ulointa betonielementtiä vasten olevalla pinnalla tasaisin välein yhtenäisiä uria, jotka ovat yhteydessä ulkoilmaan erillisten tuuletusaukkojen tai tuuletuskoteloiden kautta. Tuuletusurat, niiden koko ja keskinäinen väli voivat vaihdella valmistajasta riippuen. Alla on esitetty tuuletusurallisen betonisandwich-elementtirakenteen U-arvon laskenta, kun rakenteessa on käytetty kahdella eri tavoin uritettua villaa.

Tuuletusurallinen BSW-elementtirakenne on avoin ulkoilmaan tuuletuskoteloiden kautta. Yhden tavanomaisesti käytetyn tuuletuskotelon aukkopinta-ala on $4,8 \text{ cm}^2$. Lievästi tuulettuvassa rakenteessa aukkoja saa olla enintään $15 \text{ cm}^2/\text{m}$. Tuuletuskoteloita on tavallisesti esimerkiksi $1,5 \text{ m}$ välein kerrosväleissä, jolloin aukkopinta-ala jää raja-arvon alle.

Tuuletusurallisessa BSW-elementissä on lämpövirran suuntaan tasosuunnassa eriarvoisia materiaaleja tuuletusuran kohdalla. Tuuletusurassa lämpö etenee johtumalla, ilman konvektiolla ja säteilyllä. Lievästi tuulettuvassa rakenteessa ilmavälin vastukseksi voidaan ottaa puolet tuulettamattoman ilmavälin vastuksesta, joka 20 mm ilmavälille on

0,17 m²K/W eli vastus on 0,085 m²K/W. Ilmavälin vastus kasvaa tuulettamattomassa korkeimmillaan arvoon 0,18 m²K/W, kun ilmavälin paksuus on 50mm tai suurempi. Rakennusmääräyskokoelman osassa C4 annetuissa ohjeissa käsitellään ainoastaan rakenteen ns. alalikiarvon laskenta. Tämä menettely ottaa voimakkaammin huomioon rakenteiden kylmäsiilat. Tarkempi tulos saavutetaan laskemalla sekä ala- että ylälikiarvo lämmönvastukselle ja ottamalla näistä keskiarvo. Tämä menettely on esitetty mm. SFS 6946 standardissa.

Ansaiden aiheuttama lisäys U-arvoon on tuuletturallisessa rakenteessa 0,0111 W/m²K.

Lähteet

1. Salonvaara, M., Nieminen, J. Betonirakenteiden tuuletus ja lämmöneristävyys. Espoo 2003. VTT Tiedotteita
2. ASTM Manual 40, "Moisture Analysis and Condensation Control in Building Envelopes." Appendix 1 – Computer models: LATENITE (Salonvaara M. and Karagiozis A.). Hertzog, H. (ed.). American Society for Testing and Materials ASTM. USA 2001.
3. C4 Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Lämmöneristys. Ohjeet 2003.
4. THERM 2.1 / WINDOW 2.1 Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California 94720
<http://windows.lbl.gov/software/software.html>
5. SFS-EN ISO 6946:en. Rakennusosat. Lämmönvastus ja lämmönläpäisykerroin. Laskentamenetelmä.