

Käytännön kokemuksia kosteusturvallisuudesta pohjoisen olosuhteissa

Tuomas Alakunnas, Talo- ja energiatekniikan insinööri (AMK), projektipäällikkö, ACE-tutkimusryhmä, Lapin ammattikorkeakoulu

Mikko Vatanen, rakennusinsinööri (AMK), projektipäällikkö, ACE-tutkimusryhmä, Lapin ammattikorkeakoulu

Valteri Pirttinen, rakennusinsinööri (AMK), projekti-insinööri, ACE-tutkimusryhmä, Lapin ammattikorkeakoulu

Energy Efficient Concrete Structures in Arctic Environment eli EFCONE -hankkeen tarkoitus on tutkia ja kehittää uusien energiatehokkaiden betonielementtien kosteusturvallisuutta lämpö- ja kosteusteknisten mittausjärjestelyiden avulla.

Tutkittua tietoa betonielementtien kosteusturvallisuudesta

Energia on yksi rakennetun ympäristön arvokaimmista resursseista ja sen tarpeeton tuhlaaminen on sekä vastuutonta että kallista. Rakennussektorin toiminta on yhteiskunnan energiankäytön tehostamisessa avainasemassa, sillä nykyisellä tasolla sen osuus energiankäytöstä on yli 40 % ja kasvihuonepäästöistä noin yksi kolmasosa. Energy Efficient Concrete Structures in Arctic Environment eli EFCONE on Lapin Ammattikorkeakoulun hanke, jossa tutkitaan Levillä, Kittilässä sijaitsevan betonielementtirakenteisen koulutus- ja työhyvinvointikeskus Wellevin lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa. Lisäksi tutkitaan ikkunoiden syvyysuuntaisen sijoittamisen merkitystä ulkovaipan kosteus- ja lämpötekniiseen toimivuuteen sekä huurtumattomien ikkunoiden toimivuudesta osana elementtirakennetta. Energiatehokkuuden parantamiseen pyritään joko suuremmilla seinäpaksuuksilla ja eristemäärillä tai tehokkaampia eristetyyppejä kehittämällä.

Tämän hankkeen tarkoitus on tutkia ja kehittää uusien energiatehokkaiden betonielementtien kosteusturvallisuutta lämpö- ja kosteusteknisten mittausjärjestelyiden avulla. Projekti käynnistettiin yritysosapuolten tarpeesta, kun yritykset halusivat vastuullisina toimijoina todentaa nykyisten tuotteidensa kosteusturvallisuutta todellisessa käyttöympäristössä.

Projektin toteutus ja osapuolet

Hanke toteutetaan ajalla 3/2015 – 12/2016 ja hankkeen päärahoittajana toimii Tekes (EAKR), yritysrahoituksesta vastaavat seuraavat toimijat: Betoniteollisuus ry, YBT Oy, Paroc Oy, Kingspan Insulation Oy, Rovaniemen insinööritoimisto Oy, Skaala Oy ja Lapin AMK.

Tutkimusjärjestelyt

Wellevin tuleva käyttö tutkimuskohteena huomioitiin jo rakennusvaiheessa. Rakennuksen A-osion seinäelementit ovat toteutettu viidellä erilaisella rakenteellisella ratkaisulla siten, että elementeissä käytetyt eristeet ovat erityyppisiä, eristysarvojen ollessa samanarvoiset. Kyseiset seinäelementit varusteltiin lämpötila- ja kosteusantureilla rakennusvaiheessa (Kuva 2). Betonielementtitutkimuksen lisäksi hankkeessa toteutetaan ikkunatutkimus, jossa tutkitaan muun muassa huurtumattomia ikkunoita sekä ikkunoiden syvyysuuntaisen sijoittamisen merkitystä rakennusfysikaaliseen toimintaan.

Rovaniemen koulutuskuntayhtymän rakennuttama koulutus- ja työhyvinvointikeskus Wellevi tarjoaa hyvät puitteet tutkimusprojektin toteuttamiseen. Rakennusvaiheessa on huomioitu tutkimuksellisia lähtökohtia, kuten rakenteelliset ratkaisut, jotka ovat toteutettu laajalla rintamalla puurakenteisesta rungosta viiteen eri betonielementtirakenteeseen. Energiaratkaisu on tehty hyödyntäen uusiutuvia lähteitä aurinkolämpö- ja aurinkosähköjärjestelmistä lämpöpumppeihin, joista kerätään dataa mahdollista jatkohyödyntämistä varten.

Lämpö- ja kosteusteknisen toimivuuden tutkimus

Tutkittavina olevia, nykyisten määräysten mukaisia rakenteita on pitänyt toteuttaa viimeistään vuodesta 2010 alkaen. Kenttätutkimuksia rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisestä toimivuudesta on tämän jälkeen toteutettu kuitenkin vielä vähän. Projektin tarkoituksena on tuottaa lämpö- ja kosteusteknisten mittausjärjestelyiden avulla tutkittua tietoa nykyaikaisten, energiatehokkaiden rakenteiden rakennusfysikaalisesta toiminnasta. Tulosten hyödynnettävyys näyttäisi olevan jatkossakin hyvällä tasolla. Suomalaista lähestymistapaa lähes nollaenergiarakentamiseen (nZEB) kartoittaneen FInZEB-hankkeen tulosten perusteella, ehdotetut nZEB-E-lukutasot eivät välttämättä edellytä muutoksia rakenteiden U-arvojen vaatimuksiin nykyisestä tasosta (Reinikainen; Loisa & Tyni, 2015).

Tämän tutkimuksen tärkein huomio kiinnittyy rakenteiden lämpö- ja kosteustekniiseen toimintaan. Erityispiirteenä tutkimuskohteessa on arktinen toimintaympäristö. Kittilän korkeudella esimerkiksi vuosittainen pakkasmäärä (Kh) on noin kaksinkertainen Etelä-Suomen olosuhteisiin verrattuna ja vuosittaisissa keskilämpötiloissa on 5–6 °C ero (Kivikoski & Saarelainen, 2000). Rakenteiden lämpötekniinen toiminta on yleisesti hyvin hallittua ja useimpien tutkimusten päähuomio on erityisesti rakenteiden kosteusturvallisuudessa. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan tuloksia sekä lämpöteknisestä että kosteusteknisestä näkökulmasta. Tutkimusai-

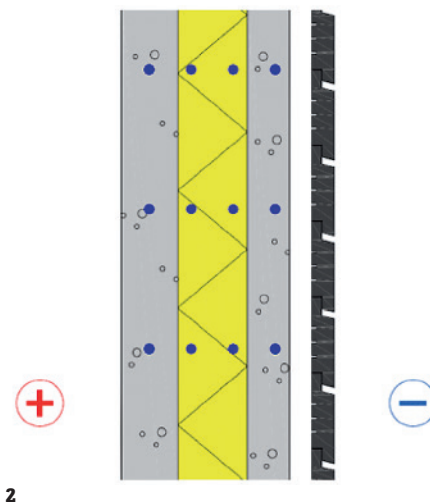
Kuva: Tuomas Alakunnas



1

1 Wellevi yleiskuva. EFCONE-hankkeessa tutkitaan Levillä, Kittilässä sijaitsevan betonielementtirakenteisen koulutus- ja työhyvinvointikeskus Wellevin lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa.

2 Esimerkki antureiden sijoittelusta seinärakenteessa.



Taulukko 1 Tutkittavien teemojen määrittely

Tutkimusaiheet	Tutkimusasetelma	Tutkittavat teemat
Elementtien kosteusturvallisuus	- Kosteustekniset mittaukset - Fysiikkamallinnus	1. Diffuusion kondenssi 2. Kesä-kondenssi 3. Homeriski
Elementtien lämpötekniinen toimivuus	- Lämpötekniset mittaukset - Fysiikkamallinnus	4. Eristävyys ja lämpöjakauma
Täydentävien rakenneosien liitoskohtien lämpö- ja kosteustekniinen toimivuus	- Erillinen mittaussjärjestely (Vaasan yliopisto) - Fysiikkamallinnus	5. Kylmäsiilat 6. Kosteustekniinen tarkastelu 7. Ikkunoiden huurtumattomuuden tarkastelu

heidän ja tutkittavien teemojen määrittely on esitetty yllä olevassa taulukossa.

Mittausten tuloksia esitetään interaktiivisessa mittausportaaliin. Portaalien kautta voidaan valita tarkasteltava elementti sekä haluttu aikaväli. Aikavälin tulostuskaavakkeet toimivat aktiivisesti kursoria liikuttaessa käyrästä päällä. Käyttäjän on myös mahdollista katsoa aikavälin tulokset animaationa Play-nappia painamalla. Havainnekuva mittausportaalista on esitetty alla (Kuva 3).

Lisäarvoa rakennusfysikaalisella simuloinnilla

Aikaisemmin esiteltyjen mittausjärjestelyiden lisäksi Wellelin betonielementtien rakennusfysikaalista toimintaa tutkitaan myös simuloimalla COMSOL Multiphysics-ohjelmalla. Simuloinnin avulla tuotetaan lisäarvoa projektin osapuolille sekä rakennetaan toimiva simulointimalli Lapin AMKin käyttöön. Kyseisessä hankkeessa simulointiohjelmalla:

- Varmennetaan mitatun datan oikeellisuutta sekä päinvastoin, mitatun datan avulla arvioidaan simulointimallin oikeellisuutta.
- Tutkitaan käytettyjen rakenneratkaisuiden

käyttäytymistä korkeammassa olosuhte-
rasituksissa.

- Tutkitaan passiivitasen ratkaisuiden käyttäytymistä Wellelinillä mitatuissa olosuhteissa.

Tässä vaiheessa Wellelin rakenteisiin on suoritettu lämpötekniinen simulointi, jonka oikeaoppinen toiminta varmennettiin vertaamalla mitattuun dataan. Kuvassa 4 esitetään simulointia ja mitattua lämpötiladataa yhdessä talon viidestä tutkittavasta rakennetyypistä. Kuvasta voidaan huomata, että simuloitu data ja mitattu data korreloivat hyvin esimerkkitapauksessa. Seuraavassa vaiheessa rakenteisiin suoritetaan kosteustekniinen simulointi.

Elementit toimivat suunnitellulla tavalla

Tähän mennessä betonielementtien lämpö- ja kosteusteknistä toimivuutta on analysoitu noin vuoden mittaiselta ajanjaksolta. Mittausdatan perusteella on arvioitu muun muassa:

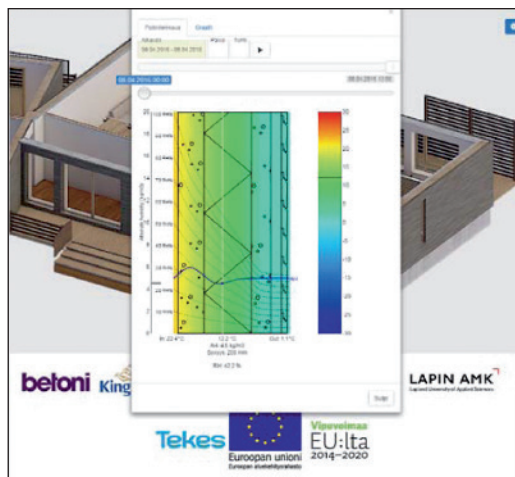
- lämpöjakaumaa rakenteen eri materiaali-kerroksissa
- kosteusjakaumaa rakenteen eri materiaali-kerroksissa
- riskiä kosteuden kondensoitumiselle (kas-

tepien syntyminen)

- materiaali-kerrosten homeriskiä (homeindeksi).

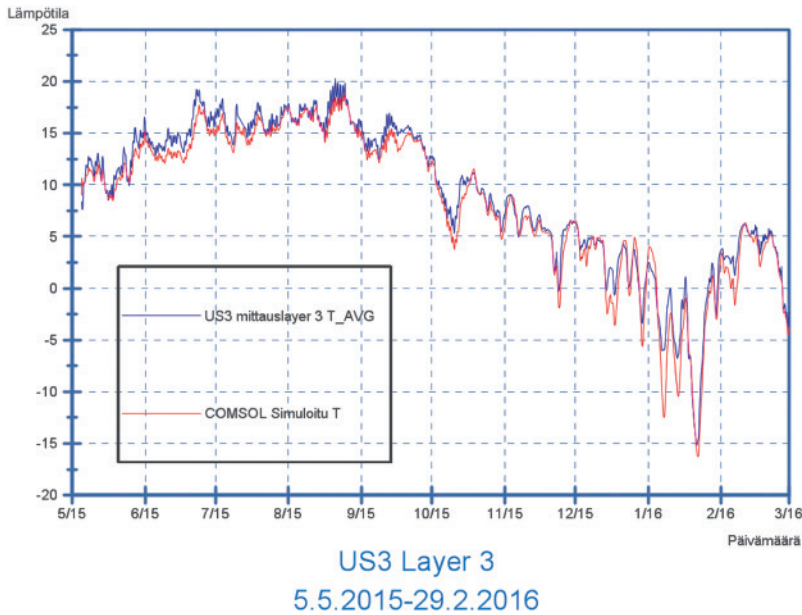
Huomioita elementtien lämpötekniisestä toiminnasta:

- Lämpötilamittauksiin perustuvan tarkastelun perusteella elementtien lämpötekniinen toiminta on suunnitellun kaltaista.
- Mittausten perusteella lämpötilajakauma pakkasjaksolla vastaa eri materiaali-kerrosten eristävyys suunnitteluarvoja hyvin
- Huomioitavaa on betonisen sisäkuoren laskeutuneesta osuudesta suurempi osuus mitattua lämpötilajakaumasta. Tämän arvioidaan perustuvan betonin suureen termiseen massa-
an, joka pitää sisäkuoren lämpötilan korkeammalla pakkasjakson aikana, kuin mitä lämmönvastusten perusteella arvioitu lämpötilajakauma olisi.
- Myös rakenteen ulko-osassa on hieman suurempi osuus lämpöjakaumasta, minkä arvioidaan perustuvan tuuletusvälin toimintaan. Tuuletusväliä ei lämmönvastusten laskeutuneesta oteta lainkaan huomioon.



3 Mittausportaalien yleisnäkymä ja tulosten esittäminen

4 Mitatun ja simuloidun datan vertailu



Huomioita elementtien kosteusteknisestä toiminnasta:

- Mittausten perusteella elementtien alueella suhteellisen kosteuden lukemat ovat pysyneet hyvin hallinnassa
- Elementtien kosteusteknisessä toiminnassa ei esiinny riskiä diffuusion kondenssille mittausjakson aikana.
- Toiminta on tämän kaltaisille elementeille tyyppillistä, sillä normaalitilanteessa betoninen sisäkuori toimii tehokkaana höyrynsulkuna.
- Elementin kosteusteknisessä toiminnassa ei myöskään esiinny riskiä kesäcondenssille.
- Elementin toiminnan kannalta käänteinen diffuusion suunta olisi epätypillinen ja hetkellinen tilanne, sillä normaalitilanteessa diffuusion suunta on sisältä ulospäin. Mittausjaksolla tällaisia olosuhteita ei ole esiintynyt.
- Mittausten perusteella elementeissä ei esiinny riskiä homeenkasvulle. Ei tarvetta lisäselvityksille.

Tähän saakka saatujen tulosten perusteella voidaan sanoa, että elementtien lämpötekninen toimivuus ja kosteusturvallisuus ovat kunnossa ja betonielementit toimivat suunnitellulla tavalla. Tutkimus jatkuu vielä vuoden 2016 loppuun saakka.

Projektin tuloksista saadaan tutkittua tietoa betonielementtien energiatehokkuutta parantavien ratkaisujen vaikutuksesta elementtien rakennusfysikaaliseen toimintaan. Käynnissä on myös yhteistyö Vaasan yliopiston kanssa. Vaasan yliopisto osallistuu projektiin täydentävien rakenneosien selvityksellä, jossa tuloksena on mm. ikkunoiden syvyysuuntaisen sijoit-

tamisen vaikutuksesta ulkovaipan kosteus- ja lämpötekniseen toimintaan sekä selvitys huurtumattomien ikkunoiden toiminnasta osana elementtirakennetta.

Projektin tuloksia voidaan hyödyntää uusien rakenteiden ja eristysratkaisujen suunnittelussa sekä ulkovaipan lämpö- ja kosteusteknisen toimivuuden kehittämisessä.

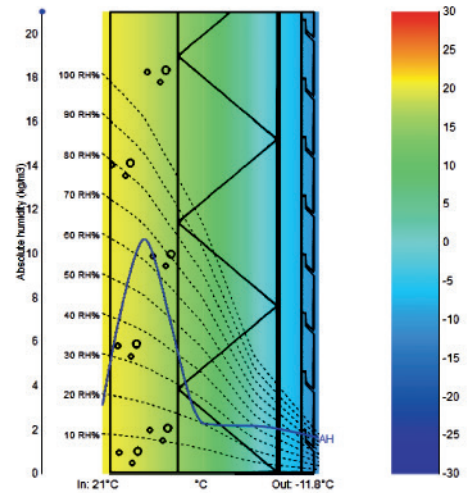
Älykkäät järjestelmät mahdollistajana

EFCONE-projekti toteuttaa osaltaan Lapin AMKin älykkään elinympäristön teknologiat -strategiaa, jossa periaatteena on älykkäiden järjestelmien hyödyntäminen eri toimialoilla, lähinnä rakennus- tai energiasektorilla. EFCONE-projektissa kehitetty älykäs ICT-järjestelmä koulutus- ja työhyvinvointikeskus Welleviin kytkeytyy Lapin AMKin keskitettyyn IoT-alustaan, josta raakadataa voidaan hyödyntää jatkossa muihin tarpeisiin. Kantavana ajatuksena on luoda kerätystä datasta lisäarvoa asiakkaalle tai loppukäyttäjälle. Tässä projektissa osapuolille jalostetaan betonielementtien lämpö- ja kosteusteknisestä datasta helposti hyödynnettävää tietoa tuotteidensa kehittämiseen.

Practical experience of moisture safety in northern conditions

Energy Efficient Concrete Structures in Arctic Environment, or the EFCONE project, focuses on the investigation and development of the moisture safety of new energy efficient precast concrete structures utilising measurement arrangements based on thermal and moisture engineering.

5 Esimerkki lämpö- ja kosteusjakaumasta mittaussektorissa



The EFCONE project is implemented by Lapland University of Applied Sciences and encompasses studies of the hygrothermal behaviour of precast concrete structures, carried out at the Wellevi Centre for training and work well-being located in Levi in the Municipality of Kittilä. The objectives of the project also include the determination of the significance of the depth-wise location of windows to the hygrothermal performance of the external envelope, as well as the assessment of the efficiency of frost-free windows as part of a precast structure. Greater wall thickness and amount of insulation or development of more effective insulation types are the tools employed to improve energy efficiency.

In the A part of the Wellevi building, five different structural solutions have been used in the precast wall units, based on insulation materials of different types, but with the same R values. Temperature and humidity sensors were incorporated in the wall units at the construction phase.

The building physical behaviour of the precast concrete structures of Wellevi is also studied through simulation using the COMSOL Multiphysics program.

The hygrothermal performance of precast concrete units has been analysed over a period of about one year. Based on the results, the precast concrete units meet the requirements for thermal efficiency and moisture safety, and behave as planned. The research project will continue until the end of 2016.

The results of the project can be utilised in the design of new structures and insulation solutions as well as in the development of the hygrothermal performance of the external envelope.