

RAKENNUSTEN ULKOVAIPPARAKENTEIDEN KOSTEUSTURVALLISUUS MUUTTUVASSA ILMASTOSSA

Ilkka Valovirta, Tuomas Raunima ja Juha Vinha

Tampereen yliopisto, Rakennetun ympäristön tiedekunta, Rakennusfysiikan tutkimusryhmä

TIIVISTELMÄ

Ilmastomuutos tulee vaikuttamaan ulkovaipparakenteisiin ilmaston lämpenemisen ja sademäärien lisääntymisen kautta. Tällöin erityisesti homeriski rakenteiden ulko-osissa sekä säälle alttiiden betonirakenteiden raudoitteiden korroosioriski kasvavat. Ilmastomuutos pakottaa tarkentamaan rakennusvaipan uloimpien kerrosten suunnittelukriteerejä sekä tuulettuvien rakenteiden tuuletuksen järjestämistä. Osa nykyisin käytetyistä rakennetyypeistä toimii myös tulevaisuuden ilmastossa, kun taas osaan joudutaan tekemään muutoksia. Tässä artikkelissa esitetään tiivistetysti KouluKunto -hankkeessa tehdyn, eri rakennetyyppisiä koskevan katsauksen tulokset ja niiden pohjalta tehtyjä johtopäätöksiä. Tuloksia voidaan soveltaa oppilaitosrakennusten lisäksi muuhunkin rakennuskantaan.

ILMASTONMUUTOKSEN ETENEMINEN JA SIITÄ AIHEUTUVAT OLOSUHDEMUUTOKSET

Suomen ilmasto on lämmennyt 1900-luvun alun jälkeen noin 2 °C [1]. Mallinnuksen perusteella vuoden keskilämpötila tulee Suomessa nousemaan tämän vuosisadan loppuun mennessä vielä 1,5...5 °C, riippuen maailmanlaajuisesta kasvihuonekaasupäästöjen kehityksestä [2]. Talviajan lämpötilat kohoavat eniten. Ulkoilman suhteellisen kosteuden odotetaan pysyvän likimain ennallaan, kun taas sateiden ja erityisesti viistosateiden odotetaan lisääntyvän. Ilmaston odotetaan muuttuvan likimain 2050-luvulla siinä määrin, että useiden rakenteiden toteutusperiaatteita joudutaan arvioimaan uudestaan. Eniten tarvetta toteutusperiaatteiden muuttamiseen tulee olemaan Etelä-Suomessa. Itä- ja Pohjois-Suomessa nykyisillä periaatteilla toteutetut rakenteet toimivat todennäköisimmin jatkossakin.

Rakenteiden kosteusteknistä toimintaa ajatellen suurimmat muutokset liittyvät syksyn ja talven säähän. Homeenkasvun mahdollisuudet rakenteiden ulko-osissa kasvavat syksyllä, koska lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja tutkittavan rakennusmateriaalin funktiona määräytyvä homeindeksi nousee keskilämpötilan nousun vuoksi. Tyypillisissä rakennusmateriaaleissa homeet vaativat kasvaakseen yli 0 °C lämpötilan sekä vähintään 80...85 % suhteellisen ilmankosteuden. Tulevaisuudessa ulkoilma ja sitä myöten myös rakennusvaipan ulko-osat ovat keskimäärin aiempaa lämpimämpiä. Tämä korostuu erityisesti syksyllä, jolloin ilman suhteellinen kosteus on korkea ja homeilla on siten hyvät kasvuolosuhteet. Esimerkiksi tuuletetuissa seinäarakenteissa ulkoverhouksen ja tuuletusvälin yhdessä aikaansaama pieni lämmönvastus on tähän asti yleensä riittänyt estämään homevaurioiden muodostumisen tuulensuojalevyyn ja

lämmöneristekerrokseen. Tulevaisuudessa muun muassa tämän rakenteen toimintaa joudutaan arvioimaan uudestaan.

KouluKunto -hankkeessa on tutkittu koulurakennusten rakenteiden, talotekniikan ja sisäilmaston nykytilaa sekä selvitetty keinoja ilmastomuutoksen huomioon ottamiseen rakentamisessa, ilmanvaihdon energiatehokkaaseen käyttöön ja rakennusten painesuhteiden hallintaan [3]. Tulokset ovat yleistettävissä monenlaisiin rakennuksiin eri puolille Suomea, koska tarkastelussa on pyritty ottamaan huomioon erilaiset oppilaitosrakennukset eri puolilla maata.

BETONIN PAKKASRAPAUTUMINEN JA RAUDOITTEIDEN KORROOSIO

Ulkobetonirakenteiden raudoitteiden korroosioriski tulee kasvamaan Etelä- ja Keski-Suomessa hieman. Pohjois-Suomessa korroosioriski nousee huomattavasti nykyisestä, mutta jää kuitenkin nykyisiä Etelä-Suomen arvoja alhaisemmaksi.

Eteläisellä rannikkoalueella betonirakenteiden pakkasrasitus vähenee ilmaston lämpenemisen ansiosta vuoden 2030 jälkeen. Sisämaassa olosuhteet muuttuvat sateisuuden noustessa jopa nykyistä ankarammiksi. Nykysuositusten mukaan toteutetut betonirakenteet kuitenkin kestävät myös tulevan ilmaston aiheuttamat rasitukset Vanhojen betonirakenteiden pakkasrapautumisriski pysyy kutakuinkin nykytasolla, lukuun ottamatta edellä mainittua Etelä-Suomen rannikkoa.

Betonisandwich-elementit ovat jatkossakin käyttökelpoinen rakennetyyppi. Tulevaisuuden ilmastossa rakentamisaikaisen kosteuden kuivuminen kuitenkin hidastuu, mikä nostaa teoriassa homeriskiä mineraalivillaeristeen ulkopinnassa ja solumuovieristeen sisäpinnassa. Uuden betonin alkalisuus estää kuitenkin homeenkasvun käytännössä. Ulkokuorten korroosio ja pakkasrapautuminen on estettävissä nykykäytäntöjä noudattamalla.

Yhteenvedona voidaan todeta, ettei ulkobetonirakenteiden toteutukseen ole odotettavissa merkittävää muutostarvetta. Poikkeuksen saattaa muodostaa pakkasrapautumisriskin huomattava väheneminen Etelä-Suomessa, mikäli kasvihuonekaasujen päästöjä ei saada hillittyä ja maapallon keskilämpötila nousee voimakkaasti. Tällöin jäätymis-sulamissykliä määrä saattaa jäädä Etelä-Suomessa huomattavan alhaiseksi.

PUU- JA TIILIVERHOILLUT ULKOSEINÄT

Rankarakenteisissa ulkoseinissä ongelmallisina kohtia on tuulensuojalevyn takana, lämmöneristeen ja rungon ulko-osissa. Tuulensuojalevyn lämmönvastus nousee entistä merkittävämpään rooliin. Sen ansiosta lämpötila tuulensuojalevyn takana nousee, jolloin suhteellinen kosteus laskee. Esimerkiksi 9 mm vahvuisen tuulensuojakipsilevyn lämmönvastus ei tule riittämään tulevaisuudessa, vaan sen ulkopuolelle on asennettava esimerkiksi 30 mm:n vahvuinen mineraalivillalevy.

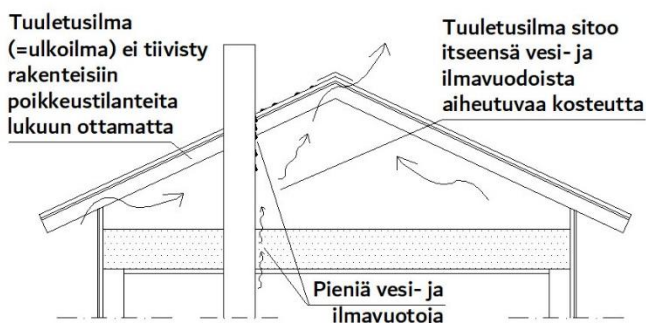
Tiilijulkisivujen suojaaminen sateelta on tulevaisuudessa nykyistäkin tärkeämpää. Julkisivutiilien vettä imeäminen läpikotaisin ja siitä aiheutuva vesihöyryn haihtuminen tiilistä tuuletusrakoon nostaa suhteellista kosteutta tuuletusraossa. Tällöin myös lämmöneristeen, sekä puurankarakenteessa myös tuulensuojalevyn ja puurungon suhteellinen kosteus nousevat, mikä voi johtaa pahimmillaan homeenkasvuun. Rakenteessa tarvitaan erittäin hyvin lämpöä eristävä tuulensuojalevy. Räystäättömässä ja/tai korkeassa julkisivussa suositeltava ratkaisu on jo nykyilmastossa ns. sadetakkipelti, joka asennetaan tuuletusraon puoliväliin. Tuuletuksen toimiessa seinän

ylä- ja alaosissa levyn molemmin puolin, poistuvat sekä tiilistä haihtuva kosteus että sisäilman kosteus, eikä tiilistä haihtuva kosteus pääse nostamaan kosteutta seinän sisemmissä osissa.

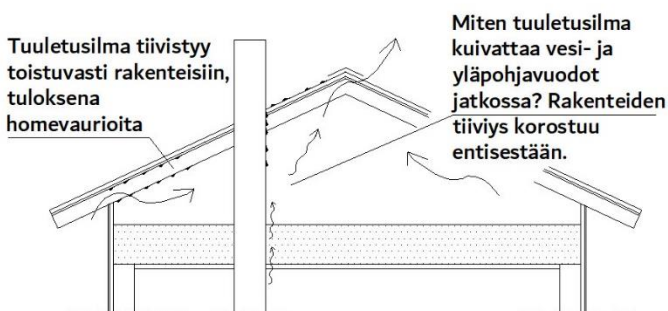
YLÄPOHJAT

Yläpohjat on tähän asti pyritty tuulettamaan mahdollisimman tehokkaasti mm. pienten vesivuotojen ja sisältä tulevan kosteuden kuivattamiseksi sekä lumen sulamisen ja siitä aiheutuvan jäänmuodostuksen estämiseksi (kuva 1). Tulevaisuuden ilmastossa ulkoa tuleva tuuletusilma muodostaa kuitenkin itsessään kosteuslähteen. Riskinä on ilman tiivistyminen kirkkaina, kylminä öinä. Tästä aiheutuneita vaurioita on jo todettu muun muassa Etelä-Ruotsissa [4]. Ilmiön odotetaan muodostuvan ongelmalliseksi Suomessa vuosien 2050 ja 2100 välillä [5]. Mahdollisia keinoja yläpohjien kosteusteknisen toiminnan varmistamiseksi ovat lämpöä eristävän aluskatteen käyttö, yläpohjan ilmanvaihtuvuuden optimointi, kosteutta tasaavat hygroskooppiset rakennusmateriaalit sekä vesikatteen ja yläpohjan tiiviyys.

TUULETTUVAN YLÄPOHJAN TOIMINTA NYKYILMASTOSSA



TUULETTUVAN YLÄPOHJAN MAHDOLLISIA ONGELMIA TULEVAISUUDEN ILMASTOSSA



Kuva 1. Tuulettuvan yläpohjan kosteustekninen toiminta

Lämpöä eristäväksi aluskatteeksi soveltuu käytännössä 20–30 mm vahvuinen eristelevy, jonka lujuus-, pitkäaikaiskestävyys- ja palotekniset ominaisuudet ovat käyttötarkoitukseen soveltuvia. Lämpöä eristävän aluskatteen käytöllä ei ole tiedossa haittavaikutuksia, joten sen käyttö olisi mahdollista jo nykyrakentamisessa.

Tuuletusilman mukana yläpohjaan kohdistuvaa kosteusrasitusta ajatellen optimaalinen yläpohjan ilmanvaihtuvuus olisi nykytiedon mukaan 0,5–1 vaihtoa tunnissa. Tämä saavutettaisiin nykyistä huomattavasti pienemmillä yläpohjan tuuletusrakojen/-aukkojen

pinta-aloilla. Tällöin kuitenkin väistämättä heikennettäisiin yläpohjan kuivumiskykyä esimerkiksi erilaisissa vesivuototilanteissa. Tuulettusta rajoitettaessa tulisi vesikate ja aluskate sekä yläpohjan höyrinsulun tiivistys suunnitella ja toteuttaa erityisen huolellisesti. Tuuletus on toistaiseksi perusteltua toteuttaa perinteisen käytännön mukaan. Sitä on suhteellisen helppoa rajoittaa jälkeenpäin, jos tarvetta ilmenee.

Kevytsoralla tai yläpinnastaan uritetulla mineraalivillakerroksella eristetyissä, lievästi tuulettuvissa yläpohjissa ilmastonmuutoksen vaikutus jää nykytiedon mukaan hyvin tuulettuvia yläpohjia vähäisemmäksi. Tämänhetkisen suunnittelu- ja toteutuskäytännön muuttamiseen ei tämänhetkisen tiedon perusteella ole aihetta. Sisäpuolisella vedenpoistolla varustettujen kattojen osalta tilanne saattaa kuitenkin muuttua. Kattokaivojen ja sadevesiviemärien suunnitteluun ja mitoittamiseen saattaa hyvinkin tulla muutostarpeita sademäärien kasvun ja erityisesti rankkasateiden lisääntymisen vuoksi.

MAANVASTAISET RAKENTEET

Tuulettuvat alapohjat ovat hyvistä puolistaan huolimatta haastava rakennetyyppi jo nykyisellään. Lisähaastetta tuottaa ilmastonmuutoksen myötä kohoava kesäajan absoluuttinen ilmankosteus. Ryömintätilaisen alapohjan kosteuslähteitä ovat tuuletusilman mukanaan tuoman kosteuden lisäksi maasta haihtuva kosteus. Alapuolisen maan suuren lämpökapasiteetin takia ryömintätilaisen alapohjan lämpötila pysyy kesällä tyyppillisesti ulkoilman lämpötilaa viileämpänä. Ryömintätilan ulkoilmaa alhaisempi lämpötila aiheuttaa ilman suhteellisen kosteuden kohoamisen ja pahimmillaan kondenssiriskin. Koska ryömintätilaisen alapohjan haasteita ovat kosteuden haihtuminen maasta sekä kylmä maanpinta kesällä, tulee maapohjan päälle asentaa jo nykysuositusten mukaan kapillaarikatko ja lämmöneriste. Tulevaisuudessakaan ei ole syytä poiketa tästä käytännöstä.

Ryömintätilan ilmanvaihtomäärä on erittäin kriittinen muuttuja. Ryömintätilan tuuletuksen tulee olla riittävä muun muassa radonin torjunnan sekä ryömintätilaan mahdollisesti pääsevien sade- ja lumensulamavesien kuivatuksen vuoksi. Toisaalta liian suuri ilmanvaihtuvuus aiheuttaa ryömintätilaan kosteusrasitusta kesäaikaan, jolloin ulkoilman absoluuttinen kosteus on suurimmillaan. Mikäli maanpinta esimerkiksi 50–200 mm:n vahvuista EPS-eristettä, lämmöneristeellä, saadaan alapohjan tuulensuojalevyn homeindeksi pysymään alle 1,0 vuoden 2050 ilmastossa. Tämä pätee, kun ryömintätilan ilmanvaihtuvuus on 0,3–0,6 l/h ja tuulensuojalevynä käytetään puukuitulevyä tai vastaavan homehtumisherkkyysluokan omaavaa materiaalia [5].

Maanvaraisessa alapohjassa sekä maanvastaisissa seinissä ilmastonmuutoksen vaikutukset jäävät nykytietämyksen mukaan vähäisiksi. Sademäärien kasvun ja sään ääri-ilmiöiden vuoksi maanvastaisten seinien vedeneristys sekä hulevesien poisjohtaminen ovat tulevaisuudessakin kriittisiä tekijöitä, joten niiden toteutukseen on kiinnitettävä huomiota.

ENERGIANSÄÄSTÖTOIMENPITEET SEKÄ KORJAUSRAKENTAMINEN

Ulkovaipan lisäeristäminen on yleisesti ottaen suositeltavaa tehdä olemassa olevien rakenteiden ulkopuolelle, myös tulevaisuuden ilmastoja ajatellen. Tällöin lisälämmöneristyksellä voidaan energiansäästön lisäksi parantaa olemassa olevan rakenteen rakennusfysikaalisia olosuhteita.

Erityisesti puurakenteiden lisäeristyksen yhteydessä on varmistettava lisäeristyksen riittävä lämmönvastus ja vesihöyrynläpäisevyys. Ulkopuolisen lisälämmöneristyksen

yhteydessä on syytä kiinnittää huomiota ulkoverhouksen toimivuuteen, koska se joudutaan joka tapauksessa uusimaan. Ulkovaipan vedenpitävyyteen on syytä kiinnittää huomiota sateiden ja erityisesti viistosateiden lisääntymisen vuoksi. Työmaatoiminta on tässä avainasemassa.

Rakennusten ilmatiivyyteen on parinkymmenen viime vuoden aikana alettu tosissaan kiinnittää huomiota. Tulokset näkyvät rakennusten mitatuissa ilmapuotoluuvuissa. Asiaa on kuitenkin edelleen syytä korostaa sekä energiansäästön että ulkovaipparakenteiden kosteusteknisen toiminnan vuoksi.

SADE- JA HULEVEDET

Räystäiden sekä ulkovaipparakenteiden rakennetyyppien ja detaljien merkitys korostuu entisestään erityisesti Etelä-Suomessa, missä yhä suurempi osa sateesta tulee jatkossa vetenä. Rankkasateiden yleistymisen sekä rakenteiden kuivumisen kannalta hankalan syyskauden pidentymisen myötä kattokaivojen, vesikourujen, syöksytorvien, sadevesikaivojen ja muiden sade- ja hulevesijärjestelmien osien huolto on entistä tärkeämpää. Sisäpuolisella vedenpoistolla varustettujen kattojen huolto ja kunnossapito on todettu kriittiseksi erityisesti matalissa rakennuksissa, joiden katoille kertyy herkästi lehtiä ja havunneulasia. Huomattava osa esim. oppilaitosrakennuksista edustaa tällaista rakennuskantaa.

YHTEENVETO

Nykymääräysten ja -ohjeiden mukaan kunnolla suunnitellut ja toteutetut ulkovaipparakenteet toimivat monilta osin tulevaisuudessakin. Valtakunnantason ongelmia ei ole odotettavissa lyhyellä aikavälillä.

Suunnittelu- ja rakentamiskäytäntöjä joudutaan kuitenkin arvioimaan uusiksi tiettyjen rakenteiden uloimpien osien osalta. Esimerkkejä ovat tuulensuojalevyt, tiilijulkisivun tausta ja tuulettuvien yläpohjien ilmanvaihtomäärät. Sadevesijärjestelmien suunnittelua ja hulevesien hallintaa on syytä korostaa entisestään odotettavissa olevien sademäärien lisääntymisen vuoksi. Suunnittelussa ja rakentamisessa on syytä hyödyntää aina ajantasaisinta tietoa, koska ilmastonmuutoksen etenemistä ja sen vaikutusta rakenteisiin tutkitaan jatkuvasti. Esimerkiksi Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n uusimmissa veden- ja kosteudeneristysohjeissa RIL 107-2022 [6] on jo otettu huomioon ilmastonmuutos.

Ilmastonmuutokseen varautumisen kustannusvaikutukset jäävät tämänhetkisen tiedon valossa sekä uudis- tai korjausrakentamishankkeissa suhteellisen vähäisiksi. Rakenteiden työnaikainen suojaus on jatkossa kuitenkin vielä tärkeämpää kuin nykyisin, ja tällä on väistämättä kustannusvaikutusta.

Rakennusten ulkovaipparakenteiden, pihojen ja hulevesijärjestelmien jatkuvaan kunnossapitoon on syytä suunnata resursseja. Sademäärien lisääntymisen, rakenteiden kuivumisen hidastumisen sekä rakenteiden ulko-osissa tapahtuvan homeenkasvun nopeutumisen vuoksi kaikenlaisten vaurioiden ripeä korjaaminen on entistä tärkeämpää.

LÄHDELUETTELO

1. Ruosteenoja K, Räisänen J. Evolution of observed and modelled temperatures in Finland in 1901–2018 and potential dynamical reasons for the differences. *International journal of climatology* 2021; 41(5):3374–3390. DOI: 10.1002/joc.7024.
2. Ruosteenoja K, Jylhä K. Projected climate change in Finland during the 21st century calculated from CMIP6 model simulations. *Geophysica* 2021; 56:39–69.
3. Tähtinen K, Vornanen C, Alapieti T, Raunima T, Valovirta I, Kero P, Miettinen H, Simpanen M, Vinha J, Salonen H. Koulurakennusten kunto ja sisäilmasto. Valtioneuvoston kanslia: Helsinki, 2023.
4. Nik VM, Sasic Kalagasidis A, Kjellström E. Assessment of hygrothermal performance and mould growth risk in ventilated attics in respect to possible climate changes in Sweden. *Building and Environment* 2012; 55:96–109. DOI: 10.1016/j.buildenv.2012.01.024.
5. Vinha J, Laukkarinen A, Mäkitalo M, Nurmi S, Huttunen P, Pakkanen T, Kero P, Manelius E, Lahdensivu J, Köliö A, Lähdesmäki K, Piironen J, Kuhno V, Pirinen M, Aaltonen A, Suonketo J, Jokisalo J, Teriö O, Koskenvesa A, Palolahti T. Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. 2013.
6. RIL 107-2022 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL: Helsinki, 2022.