

Tuomo Ojanen, VTT

## Energiatehokkaat rakenteet ja kosteustekninen turvallisuus

**Rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden riskit on aiheellisesti nostettu esiin eräänä keskeisenä tilojen käyttäjien terveyteen ja viihtyisyyteen vaikuttavana tekijänä. Etsittäessä syitä kosteuden rakenteissa aiheuttamiin ongelmiin, on aiempaa paremman lämmöneristystason ja kosteusongelmien esiintymisen välillä haluttu nähdä syy-yhteys. Ongelman ratkaisun kannalta asia on valitettavasti paljon monitahoisempi. Syy kosteusongelmiin löytyy useimmiten rakenteiden toteutuksesta, joka ei vastaa suunniteltua, tai vesivahingosta – syyllinen ei ole hyvin lämpöä eristävä rakenne.**

Matalaenergiatasoisen rakennuksen ulkovaipan ilmatiiviyteen ja lämpötekniiseen toimivuuteen liittyvien vaatimusten vuoksi näiden rakenteiden suunnittelulta ja toteutukselta edellytetään entistä suurempaa huolellisuutta, mikä pienentää myös kosteusongelmia aiheuttavien virheiden mahdollisuutta. Energiatehokkaiden rakenteiden kosteustekninenkin toimivuus on siten useimmiten paremmin varmistettu kuin tavanomaisten rakenteiden.

Julkisuudessa on esitetty näkemys, jonka mukaan uudet lämmöneristämistä koskevat määräykset johtaisivat kosteusongelmiin ja että vanhojen rakentamismääräysten mukainen toteutus takaisi kosteusteknisesti paremman tuloksen. Tämän ajatusmallin mukaan suurien johtumislämpöhäviöiden avulla pyrittäisiin varmistamaan ylimääräisten kosteuskuormien kuivuminen rakenteista. On epäselvää, mille tasolle tämä kuivatusvaatimuksen kautta johdettu lämmöneristävyystason heikennys pitäisi asettaa, jotta sillä olisi käytännössä merkitystä kosteusteknistä toimivuutta parantavana tekijänä. Erilaisissa vikatilanteista rakenteisiin mahdollisesti tulevat ylimääräiset kosteuskuormat voivat olla hyvinkin erisuuruisia. Lämmöneristystason heikennyksellä voidaan kuitenkin saavuttaa vain hyvin marginaalinen lisäys kuivumiskykyyn.

Ajatus lämmöneristystason pysyttämisestä vanhalla tasolla pysäyttäisi rakentamisen energiatehokkuuden kehityksen. Passiivi- tai nollaenergiatason rakennusten toteutus on käytännössä mahdotonta ilman, että myös rakennusvaipan energiatehokkuutta parannetaan yhdessä taloteknisten järjestelmien kanssa.

### Kosteusteknisen toimivuuden kriteerit

Rakenteiden tulee voida kuivua niihin kohdistuvista kosteuskuormista siten, että kosteus ei ehdi aiheuttaa rakenteissa homeen kasvua tai sellaista vaurioitumista, joka heikentäisi rakenteen toimivuutta. Tärkeitä indikaattoreita rakenteen toimivuudelle ovat sen kuivumiskyky rakentamisen jälkeisestä alkukosteudesta sekä rakenteen eri materiaalikerrosten rajapintojen lämpötila- ja kosteustasot. Näitä tekijöitä voidaan analysoida laskennallisesti kuivumisvaiheen ja normaalien käyttöolosuhteiden kuormitustilanteissa. Ensimmäisiä merkkejä kosteuden haittavaikutuksista on homeen kasvun mahdollisuus rakenteen kriittisillä

rajapinnoilla, jotka Suomen ilmastossa ovat tyypillisesti lämmöneristekerroksen ulkopuolisten kerrosten rajapintoja. Homeen kasvua voidaan arvioida sitä kuvaavalla numeerisella mallilla.

Homeen kasvu materiaalin pinnalla edellyttää kasvulle edullisia kosteus- ja lämpötilaolosuhteita sekä ravintoa. Lisäksi merkittävä ja usein unohdettu tekijä on homeen kasvulle edullisten olojen vaikutusaika. Rakenteissa voi olla useinkin hetkellisesti homeen kasvun mahdollistavat olosuhteet, jotka eivät lyhyen vaikutusaikansa takia ehdi käynnistää kasvua. Tyypillisesti homeen kasvun käynnistyminen vakio-oloissakin vie aikaa viikkoja. Dynaamisesti vaihtelevissa olosuhteissa kasvun alkuun tarvittava vaikutusaika pitenee moninkertaiseksi vakio-olosuhteiden vastaavaan verrattuna.

Homeen kasvuriskin arvioinnissa on otettava huomioon, että rakenteet rajoittuvat sisä- ja ulkoilman oloihin. Sisäilmassa ja siihen rajoittuvissa rakenneosissa ei saa olla kasvuedellytyksiä homeelle. Pohjoismaisissa, hyvin lämmöneristetyissä rakennuksissa rakenteiden sisäpintojen olosuhteet ovat tyypillisesti turvalliset. Ongelmia voi esiintyä heikosti lämmöneristettyjen ja merkittäviä kylmäsiltoja sisältävien rakenteiden tapauksissa, kun sisäpinnan olosuhteet lähestyvät kondenssitilaa.

Homeen kasvu ulkoilman oloissa on mahdollista, ja koska rakenteet rajoittuvat ulkoilmaan, lisääntyy kasvumahdollisuus rakenteiden ulkopinnan kerroksissa. Homeen kasvun edellytyksiä voidaan rajoittaa mm. materiaalivalinnoin, kemiallisin suojaus- ja kyllästyskäsittelyin sekä rajoittamalla pintaan kohdistuvia ylimääräisiä kosteuskuormia. Näiden ulkokerrosten homekasvun kriteerit eivät voi olla samoja kuin sisäpinnalle asetetut. Laskennallinen ja rajallinen homeen kasvumahdollisuus rakenteen ulko-osissa ei kuvaa virhetilannetta. Olennainen vaatimus on, etteivät rakenteet vaurioidu ja ettei niistä aiheudu riskiä sisäilmaan.

Suomen ilmastossa lämmöneristeen ulkopuoliset kerrokset ovat tyypillisesti kriittisimpiä sekä kosteuden hetkellisen kertymisen että homehtumisherkkyden osalta. Rakenteen hyvä lämmöneristystaso vaikuttaa rakenteen ulko-osien lämpötilatasoon. Hyvin ja heikommin eristettyjen rakenteiden ulko-osien lämpötilantason eron vaikutusta rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen on syytä arvioida tarkemmin ennen kuin lämmöneristystasoa voidaan pitää kosteusongelmia aiheuttavana tekijänä.

#### U-arvon vaikutus rakenteen lämpötilakenttään

Seuraavassa esimerkissä tarkastellaan seinärakenteen U-arvon suuruusluokan vaikutuksia rakenteen lämpötilatasoihin ja kosteustekniseen toimivuuteen.

Rakenteen lämmöneristävyuden parantaminen eli lämmönläpäisykertoimen (U-arvon) pienentäminen vähentää lämpöhäviöitä rakenteen läpi. Lämmitystilanteessa rakenteen ulkopinnan lämpötilataso ja lämpötilagradientti alenee heikommin eristettyyn rakenteeseen verrattuna. Hyvin lämmöneristetyn rakenteen ulkopinnan lämpötilataso lähestyy ulkoilman olosuhteita, mikä viittaisi ulkopinnan lähellä olevien rakennepintojen lisääntyvään homehtumisherkkyteen.

Käytännön esimerkkinä tarkastellaan U-arvon suuruuden vaikutusta seinärakenteen ulkopinnan lämpötilaan. Tässä tapauksessa sisäilman lämpötilaksi oletetaan +22 °C ja ulkoilmalle asetetaan vuoden keskimääräistä tasoa kuvaava +5 °C. Homeen kasvu heikkenee lämpötilan laskiessa ja kasvu estyy kun lämpötila laskee alle 0 °C:een. Valittu +5 °C:een taso kuvaa siten homeen kasvulle vielä mahdollista tilannetta. Vuoden 2008 Rakentamismääräysten mukaan lämpimien tilojen ulkoseinän U-arvovaatimus oli 0,24 W/m<sup>2</sup>K. Tätä verrattiin passiivitaso rakenteeseen, jonka U-arvoksi asetettiin 0,09 W/m<sup>2</sup>K.

Kun rakenteiden lämpötilakentät laskettiin esimerkissä käytettyjen olosuhteiden jatkuvuustilassa, oli ulkopinnan lämpötila pienemmän U-arvon rakenteella 0,1 °C alempi kuin heikommin eristetyn vanhan vaatimustason rakenteen. Tämä ero rakenteiden pintalämpötiloissa merkitsee paremmin eristetyllä rakenteella hieman alentunutta kosteudensiirtopotentiaalia rakenteen ulkopinnasta ulkoilmaan.

Kun suhteutetaan pintalämpötilan ero rakennuksen eri osien mikroilmaston paikallisesti vaihteleviin olosuhteisiin, on ero passiivitasan ja vanhojen määräysten mukaisen rakenteen välillä käytännössä merkityksetön. Käytännön oloissa pintalämpötilaan vaikuttavat esimerkiksi auringon säteily ja sen varjostukset, taivaan vastasäteily, tuulen kohdistuminen sekä viereisten rakennusten lämpösäteily. Kaiken lisäksi viistosade ja sen kohdistuminen rakenteen seinäpinnalle on pinnan kosteusolosuhteiden kannalta huomattavasti merkittävämpi tekijä kuin lämmöneristystason vaikutus kosteusoloihin pintalämpötilojen kautta.

Rakenteen kosteusteknisen toimivuuden olennaiseksi tekijäksi nousee rakenteen kosteusvirtojen hallinta, johon lämpötilatasojen pienillä muutoksilla suuntaan tai toiseen ei juurikaan voida vaikuttaa. Olennaista on, ettei rakenteisiin pääse sisäilmasta tai viistosateesta kosteutta enempää, kuin siitä voi kuivua.

### Matalaenergiarakennusten käyttökokemukset

Passiivitalojen tai muiden hyvin energiatehokkaiden rakennusten rakenteiden ja sisäilman kosteustekninen toimivuus on myös käytännössä hyvä. Käytännössä ei ole mitään osoitusta, että hyvä lämmöneristystaso olisi aiheuttanut kosteusongelmia. Energiatehokkaiden rakennusten kosteusongelmat liittyvät hyvin eristettyjen ikkunoiden ulkopinnan ajoittaiseen kondenssiin ja huurtumiseen. Tämä voidaan jokseenkin välttää esimerkiksi räystäiden tai lippojen avulla ja ikkunoiden huurtumissuojauksen (huurtumattomat pinnoitteet) avulla.

Hyvin lämmöneristetyn rakenteen kuivumiskyky on marginaalisesti heikompi kuin huonommin eristetyn. Siinä tapauksessa, että kosteutta pääsee rakenteeseen, ei tällä erolla ole ratkaisevaa merkitystä toimivuuden kannalta.

### Yhteenveto

Kosteusteknisen toimivuuden riskit liittyvät pääosin muihin tekijöihin kuin rakenteiden lämmöneristystasoon. Erot normaalina pidetyn ja lähes nollaenergiatasoa vastaavien rakenteiden lämpötilatasoissa ovat verrattain pienet, eikä näiden avulla voida perustella väitteitä hyvän lämmöneristystason tuomista riskeistä. Päinvastoin, hyvän energiatehokkuustason rakenteet on yleensä suunniteltu ja toteutettu kaikilta osin hyvin, joten satunnaisten virheiden merkitys myös kosteusteknisen toimivuuden osalta on tavanomaista pienempi.

Rakenteiden suunnittelun ja toteutuksen lähtökohtana ei voi olla se, että kosteutta kuitenkin joskus pääsee merkittäviä määriä rakenteeseen. Rakenteiden kosteusteknisen toimintavarmuuden ja kuivumiskyvyn kasvattamiseen on olemassa huomattavasti parempia keinoja kuin lämmöneristystason heikennys.

Rakennus on kokonaisuus, jonka toimintaan vaikuttavat rakenteet ja talotekniset järjestelmät. Kokonaistoimivuuden edellytyksenä sekä rakennus- että rakennetasolla on hyvä suunnittelu, toteutus, huolto ja käyttö. Näiden laiminlyönti voi pilata minkä tahansa rakennuksen toimivuuden.

Hyvin toteutettu ilmatiivis ulkovaippa mahdollistaa suunniteltujen painesuhteiden toteutumisen ja ilmanvaihdon tilakohtaisen ja tarkoituksenmukaisen hallinnan. Tämä osaltaan lisää energiatehokkaiden rakenteiden kosteusteknistä turvallisuutta vähentämällä hallitsemattomien ilmavirtausten aiheuttamaa kosteuden kulkeutumisriskiä. Samoin hyvä lämmöneristystaso parantaa rakennuksen toimintaa yhdessä energiatehokkaiden taloteknisten järjestelmäratkaisujen kanssa. Uudisrakennuksen ulkovaipan energiatehokkuuden parantaminen on eräs rakentamisen hyvän laadun tae myös kosteusteknisen turvallisuuden kannalta.

## Lähteitä

Mika Airaksela / Rakennusliike Reponen haastattelu 7.3.2013 Ylellä:

[http://yle.fi/uutiset/rakentaja\\_rauhoittelee\\_tiiviiden\\_pullotalojen\\_pelkoa/6528254](http://yle.fi/uutiset/rakentaja_rauhoittelee_tiiviiden_pullotalojen_pelkoa/6528254)  
<http://tori.tekes.fi/networks/news/news.56260>

Kauppinen, T; Kouhia, I; Kovanen, K; Ojanen, T; Laamanen, J; Mäkikyrö, T; Seppälä, P; Vähäsöyrinki, E. Rakennusten ilmanpitävyys ja energiatehokkuus. Rakennusfysiikkaseminaari 2009, Tampere 27.-29.10.2009.

Lausunto rakenteiden energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksista rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. Tutkimusselostus VTT- S-10816-08. 10.12.2008. 20 s. + liitt. 1 s.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=96145&lan=FI> .

Ojanen, T. & Salonvaara, M. Kuivumiskykyiset ja sateenpitävät rakenteet. VTT Tiedotteita - Research Notes : 2168. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2168.pdf>. 2002. VTT, Espoo. 66 s. + liitt. 3 s.

Viitanen, H; Peuhkuri, R; Ojanen, T; Toratti, T; Makkonen, L. Service life of wooden materials – Mathematical modelling as a tool for evaluating the development of mould and decay. Conference proceedings, Bordeaux, France, 29-30 September 2008, Sustainability through new technologies for enhanced wood durability “Socio-economic perspectives of treated wood for the common European market” (2008), pp. 85-96.

Viitanen, H. 1997a. Modelling the time factor in the development of brown rot decay in pine and spruce sapwood - the effect of critical humidity and temperature conditions. *Holzforschung*, vol. 51, 1, ss. 6 - 14

Viitanen, H. 1997b. Critical time of different humidity and temperature conditions for the development of brown rot decay in pine and spruce . *Holzforschung*, vol. 51, 2, ss. 99 – 106

WUFI (Wärme und Feuchte instationär - Transient Heat and Moisture) 5.1 Pro software, The Fraunhofer Institute for Building Physics IBP. <http://www.wufi.de/>