

## RAKENNUSTEN MIKROBI LAJISTON DIVERSITEETTI, MONIULOTTEINEN TUTKIMUSKOHDTE

Hannu Viitanen<sup>(1)</sup>, Elina Saario<sup>(1)</sup>, Malin Bomberg<sup>(1)</sup>, Riikka Juvonen<sup>(1)</sup>, Mari Raulio<sup>(1)</sup>, Tuija Sarlin<sup>(1)</sup>, Miia Pitkäranta<sup>(2)</sup>, Helena Järnström<sup>(3)</sup> ja Pertti Pasanen<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> VTT

<sup>(2)</sup> IQS Indoor Quality Service Oy

<sup>(3)</sup> VTT Expert Service Oy

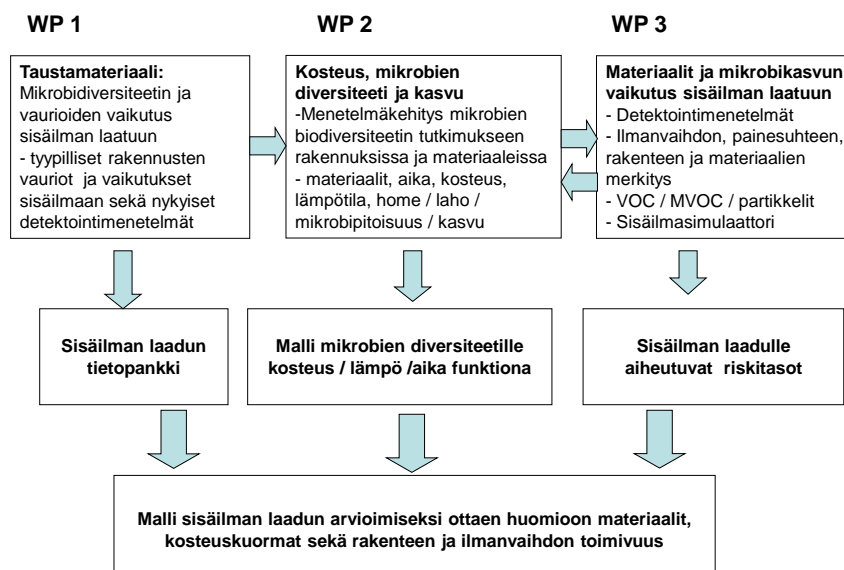
<sup>(4)</sup> Itä-Suomen yliopisto

### TIIVISTELMÄ

Rakennusten mikrobiongelmiin monimuotoisuus on häkellyttävän laaja ja mutkikas. Käsite "homeongelma" tarkoittaa lähes kaikkea kosteuden aiheuttamia mikrobiongelmiä ja -vaurioita: bakteeri, home, laho sekä näiden yhdistelmiä. Mikrobiologiset ja molekyylibiologiset menetelmät antavat arvokasta tietoa mikrobikasvustojen biodiversiteetistä, jota voidaan hyödyntää ongelmien syiden ja seurausten selvittämisessä sekä myös korjaustarpeiden arvioinnissa. VTT:lla alkoi vuoden 2011 lopussa Suomen Akatemian ja VTT:n rahoittama hanke "Microdiverbuild", jossa kehitetään kosteusongelmien riskianalyyskejä ja tutkitaan kosteusvaurioiden mikrobiyhteisöjen lajistoa molekyylibiologisin menetelmin, sekä arvioidaan mikrobien merkitystä sisäilman laatuun.

### HANKKEEN KESKEISET TAVOITTEET JA OSIOT

Hankkeen tavoitteena on selvittää rakennusten kosteusongelmien ja -vaurioiden mikrobiodiversiteettiä hyödyntäen riskitarkasteluja, molekyylibiologisia menetelmiä ja sisäilman laatuun vaikuttavia analyyskejä. Hankkeessa on 3 keskeistä työpakettia (kuva 1).



Kuva 1. Microdiverbuild -hankkeen keskeiset työpaketit.

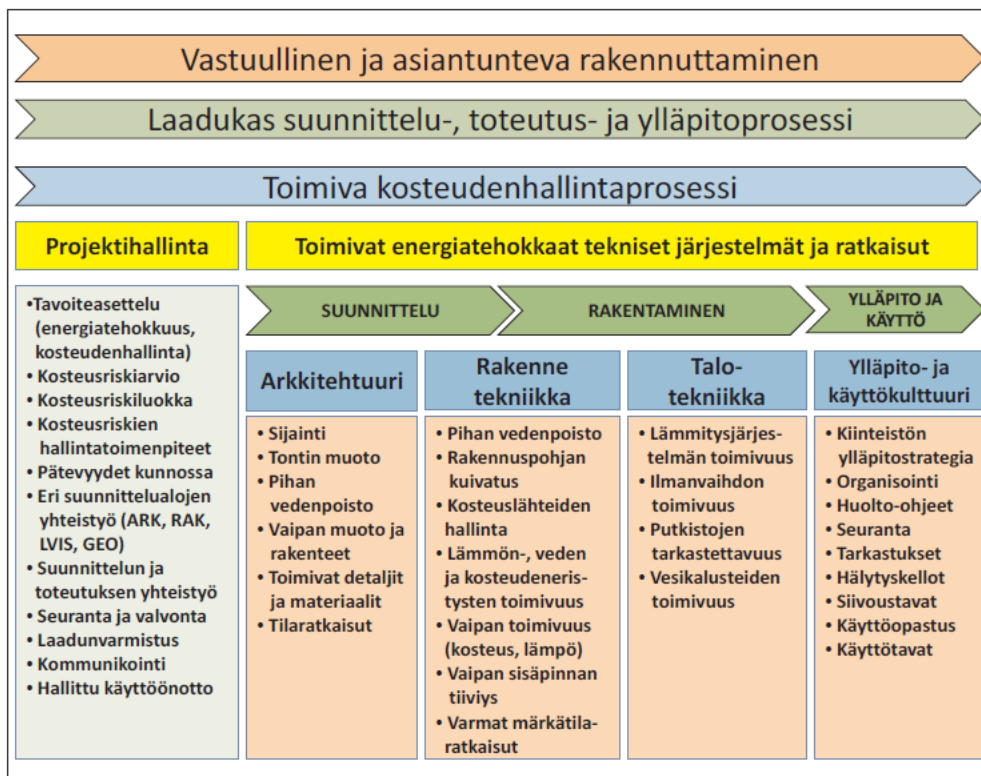
## RISKIN ARVIOINTI RAKENTAMISEN KOSTEUDEN HALLINNASSA JA HOMEONGELMIEN VÄLTÄMISESSÄ

### Kosteus-, home- ja lahoriskit

Homeongelmat ja –vauriot ovat seuraus rakentamisen kosteuden hallinnan epäonnistumisesta ja sen seurauksena syntyneiden kosteusriskien toteutumisesta. Riskien arviointi voidaan tehdä monella eri tasolla. Tässä yhteydessä tarkastellaan lähinnä kosteuskuorman ja mikrobikasvun tai –vaurion riskiä. Terveysriskejä ei tässä yhteydessä tarkemmin tarkastella.

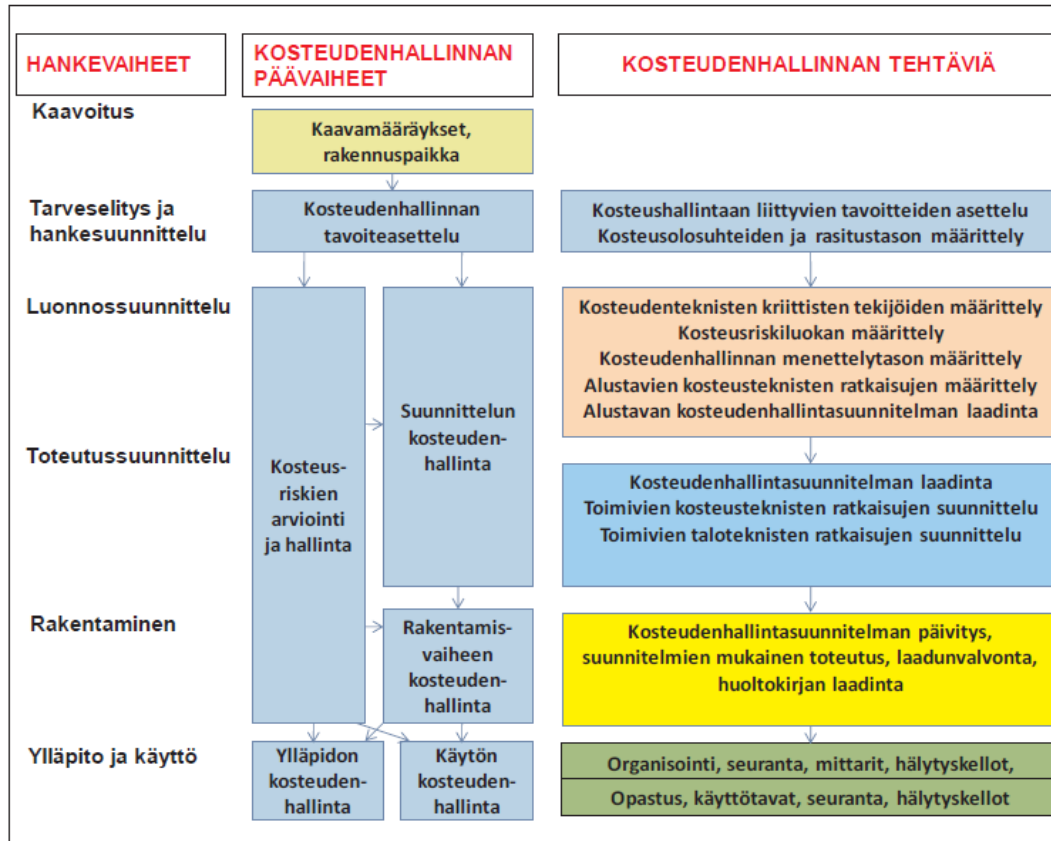
Rakentamisen prosessiin liittyy monia vaiheita, joissa kosteuskuormat ja –rasitukset sekä niistä johtuvat riskit tulisi ottaa huomioon (kuvat 2 ja 3). Riski voi toteutua eri vaiheessa ja tasolla. Esimerkiksi: suunnittelu-, toteutus- ja käyttövaihe, rakennuspaikan valinta, rakennusaikaiset kostumiset, rakenteelliset viat (toimivuusrajat), kosteusolot, käytöstä johtuvat virheet sekä materiaalien valinta ja yhdistäminen, voivat vaikuttaa riskien syntymiseen. Mikrobiologinen riski liittyy aina materiaalin ja rakenteen sietorajan ylittävään kosteuteen, josta voi seurata mikrobien kasvua ja niiden aiheuttamia vaurioita. Näiden vaikutus sisäilman laatuun ja käyttäjien viihtyvyyteen / terveyteen riippuu etenkin mikrobikasvun ja –vaurioiden laajuudesta, sijainnista ja tyypistä sekä rakenteista ja ilmanvaihdon toimivuudesta.

Perinteisesti lahosisien kasvun aiheuttaa riskin rakenteiden kantavuudelle ja kestävyydelle, kun taas bakteerien ja homeiden kasvu aiheuttavat pintojen vioittumista sekä terveys- ja viihtyvyyseriskin. Rakennuksissa on selvästi havaittavissa tiettyjä ns. kosteudelle alttiita riskirakenteita. Tällaisia on esitetty useita eri lähteissä /1, 2, 3, 4/.



Kuva 2. Kosteuden hallinnan ja homevaurion estämisen pääkohdat rakennushankkeessa /2/.

Mikrobiologiset riskit keskittyvät eri eliöiden vaatimiin kosteus- ja lämpöoloihin sekä vaikutusaikaan suhteessa tarkasteltavaan rakenteeseen ja materiaaliin. Tarkastelun tulee liittyä laajempaan kosteudenhallintaan ja homevaurion estämiseen ja prosessiohjaukseen, jossa kosteusfysiikalla on tärkeä merkitys (kuva 3).



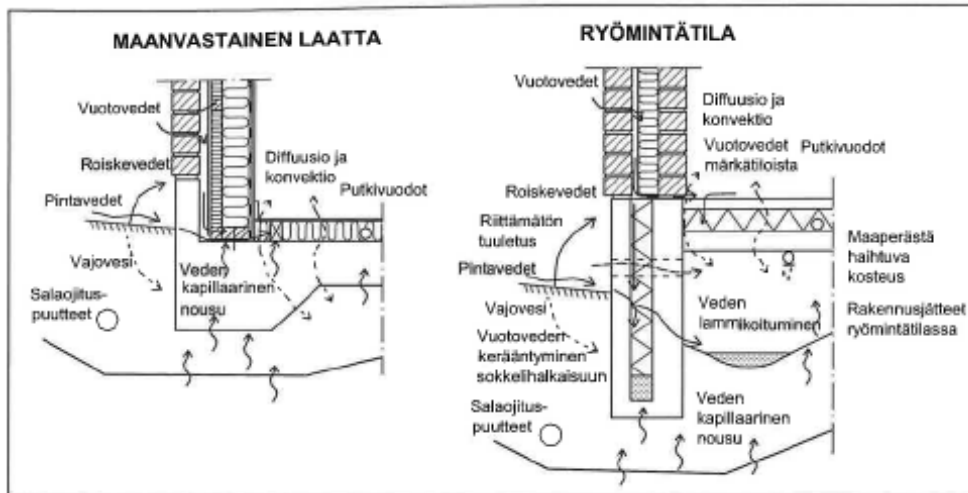
Kuva 3. Kosteuden hallintaan liittyvät päävaiheet ja tehtäviä hankkeen eri vaiheessa /2/.

Riskejä voidaan tarkastella sekä taloudelliselta ja teknilliseltä että viihtyvyyden ja terveyden kannalta. Rakennusalan ja terveysalan toimijat tarkastelevat riskejä usein eri lähtökohdista, jolloin saattaa syntyä aivan vastakkaisia kysymyksiä ja vastauksia samasta ongelmasta. Rakentamisen ja korjauksen kannalta on tärkeää, että ongelmia tarkastellaan riittävän laaja-alaisesti ja niin, että kokonaisnäkemys ongelmista ja niiden ratkaisumahdollisuuksista on riittävä. Tärkein asia rakennusten ongelmien ja vaurioiden välttämiseksi on kosteuden hallinta sekä ilmanvaihdon toimivuus. Näillä voidaan vaikuttaa olennaisesti sekä sisäilman laatuun (VOC-päästöt) että mikrobien kasvuun ja niistä koituviin ongelmiin.

### Kosteus, mikrobidiversiteetti sekä ongelmat ja vauriot

Tiedetään, että materiaalin ominaisuudet, epäpuhtaudet, kosteus, lämpötila ja vaikutusaika ovat merkittävimmät mikrobien kasvuun vaikuttavat tekijät materiaalitasolla /3/. Rakennusten osalta kokonaisuus on vielä paljon monimutkaisempi, sillä vaikuttavia tekijöitä ovat lisäksi rakenteiden yksityiskohdat ja liittymät, kosteuskuormat, ilmanpitävyys, ilmanvaihto, käyttökuormat, huolto jne., jolloin kokonaisuus on usein hankalasti hallittavissa.

Ongelmien analytiikka tai korjaus ei ole yksinkertaista sillä ne vaativat monipuolista osaamista. Kuvassa 4 on esitetty eräitä tyypillisiä kosteudelle ja mikrobivaurioille alttiita rakenteita, jollaisia on Suomessakin runsaasti. Etenkin perustuksien rakenteista johtuvien kosteusongelmien ja -vaurioiden korjaaminen on hankalaa ja kallista, joten niiden suunnitteluun ja toteutukseen pitäisi kiinnittää erityistä huomiota.



Kuva 4. Maanvastaisen laatan ja ryömintätilan perusmuuriliitokseen vaikuttavat kosteuskuormat /4/.

Ongelma- ja vauriotapauksien mikrobilajiston koostumus vaihtelee ja vaikeissa tapauksissa lajisto saattaa sisältää koko materiaalien hajoamisen suknessioketjun (kuva 5). Vanhojen rakennusten korjaus on paljastanut, että rakenteissa on jo rakennusaikana syntynyttä mikrobikasvua, jota ei ole rakennuksen elinaikana havaittu. Tämä on haaste korjauksen suunnittelulle ja onnistumiselle, etenkin sisäilman laadun kannalta.



Kuva 5. Hajottajamikrobien suknessio rakennusmateriaaleissa: A, pintahome betonin pinnalla; B, puun sinistymä; C, lahovaurio puussa ja D, sekundaarihomet ja -bakteerit, jotka elävät lahosienellä.

## MENETELMÄT MIKROBIEN DIVERSITEETIN JA SISÄILMAN LAADUN MÄÄRITTÄMISEEN

### Perinteiset menetelmät

Käytössä olevat mikrobien määritysmenetelmät perustuvat viljelyyn, pintanäytteisiin ja mikroskopiaan, mutta joissakin tapauksissa myös kemiallisiin menetelmiin. Nämä menetelmät mittaavat tarkasteltavaa kohdetta eri tavoin, jolloin niiden vertailtavuus on hankalaa. STM:n Asumisterveysohjeessa /5/ on tarkemmin esitetty vain viljelyyn perustuva menetelmä, ja muut ovat jääneet taka-alalle.

## Molekyylibiologiaan pohjautuvat menetelmät

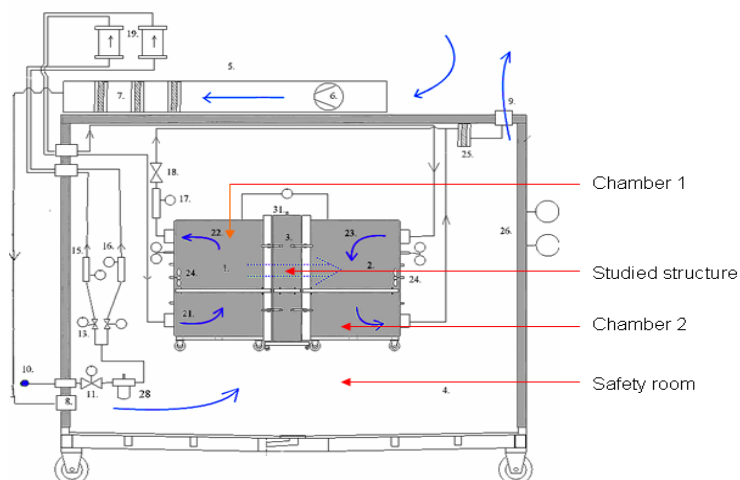
Molekyylibiologiaan, eli mikrobien perimään (DNA, RNA), perustuvat menetelmät luovat mahdollisuudet tutkia eliöiden lajistoa tarkemmin. Pitkäranta ym. /6/ selvittivät rakennusten sisäilmasta ja rakenteista otettujen näytteiden mikrobilajistoja molekyylibiologisin ja viljelyyn perustuvien menetelmin ja vertasivat eri menetelmillä saatuja tuloksia. DNA-pohjaiset menetelmät osoittivat sisätiloissa monimuotoisempaa ja lajirikkaampaa mikrobidiversiteettiä kuin viljelymenetelmät.

Microdiverbuild hankkeessa keskitytään muutamaasi keskeisiin menetelmiin, joita sovelletaan rakennusmateriaalien ja rakenteiden mikrobikasvuston koostumuksen tutkimukseen. Eri kosteusrasituksille altistetuista tyypillisistä rakennusmateriaaleista (puu / betoni) tutkitaan mikrobiyhteisöjen koostumusta konventionaalisilla menetelmillä sekä molekyylibiologisilla, DNA:han tai RNA:han perustuvilla menetelmillä. Mikrobiyhteisöt voidaan profiloida käyttäen esimerkiksi DHPLC-menetelmää (Denaturing High-Performance Liquid Chromatography, WAVE® Microbial Analysis System, Transgenomic Inc., USA). Kohdemikrobien määriä eri materiaaleissa voidaan myös arvioida kvantitatiivisen polymeerasiketjureaktio-menetelmän (qPCR) avulla.

## Sisäilman laadun tarkastelu

Mikrobien ja vioittuneiden materiaalien merkitys sisäilman laatuun tutkitaan VTT:ssä aiemmin kehitetyllä sisäilmasimulaattorilla (Kuva 6). Laitteella voidaan hallitusti selvittää paine-eron, ilmavuotojen, ilmanvaihdon, materiaalien ja rakenteiden merkitystä sisäilman laatuun.

Mikrobit tuottavat aineenvaihdunnassaan erilaisia yhdisteitä, jotka saattavat olla haitallisia tai jopa myrkyllisiä. Nämä yhdisteet heikentävät sisäilman laatua etenkin ongelma- ja vauriotapauksissa. Kosteus sinällään lisää myös materiaaleista haihtuvien yhdisteiden emissiota, jolloin sisäilmaan kohdistuu moniulotteinen kuormitus. Hyvin toimivalla ilmanvaihdolla ja rakennuksen vaipan tiiveydellä on kuitenkin merkittävä vaikutus rakenteista tulevaan emissioon ja sisäilman laatuun.



Kuva 6. Kaaviokuva sisäilmasimulaattorista, jolla sisäilman laatuun vaikuttavia rakenne- ja materiaalitekijöitä sekä ilmanvaihtoa voidaan kontrolloidusti tutkia.

Mikrobien tuottamat haitalliset yhdisteet ovat merkittäviä etenkin silloin, kun partikkeleita pääsee elimistöön. Haihtuvien ja helposti rakenteiden läpi kulkeutuvien yhdisteiden merkitystä ei tarkkaan tunneta, mutta niillä saattaa olla merkitys ongelmakohteissa havaittuihin viihtyvyys ja terveyshaittoihin.

## YHTEENVETO

Homeongelmat ja –vauriot ovat seuraus rakentamisen kosteuden hallinnan epäonnistumisesta ja sen seurauksena syntyneiden kosteusriskien toteutumisesta. Riskien arviointi voidaan tehdä monella eri tasolla. Tässä yhteydessä tarkastellaan lähinnä kosteuskuorman ja mikrobikasvun tai –vaurion riskiä. VTT:lla alkoi vuoden 2011 lopussa Suomen Akatemian ja VTT:n rahoittama hanke "Microdiverbuild", jossa kehitetään kosteusongelmien riskianalyysijä ja tutkitaan kosteusvaurioiden mikrobiyhteisöjen lajistoa molekyylibiologisin menetelmin, sekä arvioidaan mikrobien merkitystä sisäilman laatuun. Hankkeen tavoitteena on selvittää rakennusten kosteusongelmien ja -vaurioiden mikrobidiversiteettiä hyödyntäen riskitarkasteluja, molekyylibiologisia menetelmiä ja sisäilman laatuun vaikuttavia analyysijä.

## LÄHDELUETTELO

1. Viitanen, H. Vuosina 1978 - 1984 tutkitut lahovaurionäytteet . VTT Tiedotteita 593. Espoo 1986. 31 s. + liitt. 6 s
2. RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
3. Viitanen, H; Vinha, J; Salminen K; Ojanen, T; Peuhkuri, R. Paajanen, L; Lähdesmäki, K. 2010. Moisture and bio-deterioration risk of building materials and structures. *Journal of Building Physics*. 33 (3) 201-224
4. Torikka et al 1999: Kosteusvauriokorjausten laadunvarmistus, TTY, Rakennustekniikan osasto, Tampere.
5. Sosiaali- ja terveysministeriö 2003. Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1. Helsinki 2003. 93 s.
6. Pitkäranta, M; Meklin T; Hyvärinen, A; Nevalainen, A; Paulin, L; Auvinen, P; Lignell, U. and Rintala, H. 2011. Molecular profiling of fungal communities in moisture damaged buildings before and after remediation – a comparison of culture-dependent and culture-independent methods. *BMC Microbiology* 2011. 11:235.