

FM, tutkija Kaisa Jalkanen
FT, dosentti, johtava tutkija Anne Hyvärinen
Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos
Asuin ympäristö ja terveys -yksikkö, Kuopio

Mikrobiologiset menetelmät homevaurion toteamisessa

Homekasvua pidetään indikaattorina olosuhteesta, joka voi aiheuttaa terveyshaittoja. Mikrobiologisilla määrittelyillä pyritään osoittamaan, onko rakennuksessa mikrobikasvua rakenteissa tai pinnoilla, epätavanomainen mikrobilähde tai kulkeutuuko mikrobeja toisesta tilasta. Niin mikrobi- kuin muidenkin mittauksen tulee aina perustua rakennuksen lähtötilanteen ja katselmuksen perusteella tehtyyn suunnitelmaan. Uuden asumisterveysasetuksen (545/2015) mukaan mikrobiologisia määrittelyksiä tulee ensisijaisesti tehdä rakennusmateriaalinäytteistä.

Lukuisat epidemiologiset tutkimukset ovat osoittaneet, että kosteus- ja homevaurioituneissa rakennuksissa oleskelevilla henkilöillä esiintyy enemmän hengitystieoireita ja – infektioita sekä astmaa ja sen oireiden pahenemista. Annosvasteista suhdetta mitattuihin epäpuhtauspitoisuuksiin ei ole havaittu (WHO 2009). WHO:n sekä terveydensuojelulain (763/1994) mukaan kosteutta ja homekasvua pidetäänkin indikaattoreina olosuhteista, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittoja rakennuksessa oleskeleville. Peruslähde on, että kosteus- ja homevauriot tulisi ennaltaehkäistä ja korjata. Mikrobiologisen olosuhteen toteaminen perustuu luonnollisesti mikrobikasvun osoittamiseen joko mikrobiologisilla määrittelyillä tai jopa aistinvaraisesti. Mikrobimittauksilla voidaan osoittaa tai varmistaa mikrobiologinen epäpuhtauslähde eli mikrobikasvu, jokin muu epätavallinen mikrobilähde tai epäpuhtauksien kulkeutuminen muista tiloista. Jos mikrobikasvu on silmin havaittavaa,

mikrobiologisia määrittämiä ei tarvitse tehdä; näkyvä mikrobikasvu on asumisterveysasetuksen mukainen terveyshaitta sellaisenaan. Sen sijaan, jos rakennusmateriaalissa tai pinnalla epäillään mikrobikasvua, tulee mikrobikasvu varmistaa mikrobiologisilla määrittämisillä.

Rakennusta on tutkittava kokonaisuutena

Sisäilmaongelmia voivat aiheuttaa kosteus- ja homevaurioiden lisäksi monet eri tekijät. Tällaisia ovat muut hiukkasmaiset epäpuhtaudet, esimerkiksi kuidut ja pölyt, tai fyysiset epäpuhtaudet, kuten kosteus ja lämpötila, sekä kemialliset epäpuhtaudet. Sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi onkin rakennusta tutkittava kokonaisuutena. Rakennukseen on tehtävä katselmus ottaen huomioon mm. mahdolliset epäpuhtauslähteet, ilmanvaihdon toiminta, rakennuksen kunto ja rakennuksen soveltuminen käyttötarkoitukseen. Lisäksi tulee tutustua jo olemassa olevaan tietoon rakennuksesta ja sen ongelmasta ja haastatella käyttäjiä. Mittauksia ja lisätutkimuksia tehdään tarvittaessa; niiden tulee aina perustua lähtötilanteeseen ja katselmuksen perusteella tehtyyn suunnitelmaan. Mahdollisia lisätutkimuksia ja -mittauksia ovat mm. rakennuksen tekninen tutkimus, epäpuhtauslähteiden selvittämiseen tarvittavat analyysit (esim. mikrobit, kemialliset epäpuhtaudet, kuidut), sekä fyysikaalisten tekijöiden, ilmanvaihdon ja painesuhteiden tarkempi selvitys.

Homevaurioiden toteaminen on usein haastavaa ammattilaisellekin. Ilmeiset, rajalliset vauriot, joiden syy on selvillä, voivat olla helppoja todeta ja korjata. Usein tilanne on kuitenkin varsin epäselvä, eikä mahdollisen mikrobiologisen epäpuhtauslähteen sijainti tai olemassaolo ole tiedossa. Tällöin ongelman selvittämisen tulisi perustua rakennuksen tekniseen tutkimukseen, jossa rakenteiden toteutuksen ja kunnan

tarkistuksen yhteydessä otetaan tarvittaessa mikrobiologisia näytteitä mikrobikasvun varmistamiseksi rakenteista ja pinnoilta. Tärkeä osa tutkimusta on rakennuksen tiiveyden tutkimus mahdollisten epäpuhtausien kulkeutumisen selvittämiseksi. Myös sisäilmaolosuhteiden ja epäpuhtausien mittaukset ovat joskus tarpeen. Mikrobiologisia määrittämiä käytetään myös korjausalueen laajuuden tai rakennososan kunnan määrittelyssä.

Mikrobiologiset määrittämit osana kokonaisuutta

Sosiaali- ja terveysministeriön uusi asumisterveysasetus tuli voimaan keuhkokuu 2015 ja korvasi Asumisterveysohjeen (2003). Asetus perustuu sisällöllisesti suurelta osin asumisterveysohjeeseen sekä vallitseviin käytäntöihin rakennusten terveyshaittojen selvittämisessä. Mikrobimittausmenetelmiin se toi uutena rakennusmateriaalinäytteen suoraviljelymenetelmän, josta enemmän muualla tässä lehdessä (Mikrobikasvun toteaminen rakennusmateriaaleista). Asetuksen mukaan mikrobimittauksia voidaan tehdä rakennusmateriaalinäytteistä, pinnoilta ja sisäilmasta. Menetelmistä on käytännön kokemusta pitkältä ajalta ja niille on laadittu tulkintaohjeet tausta-aineistojen perusteella. Käytössä olevat menetelmät ovat ns. kasvatusmenetelmiä, joilla määritetään elinkykyisten sienten ja bakteerien kokonaispitoisuudet ja homesukujen ja/tai -lajien sekä hiivojen ja sädesienten pitoisuudet. Tulosten tulkinta tehdään sekä pitoisuuden että mikrobilajiston perusteella. Lajiston tunnistaminen perustuu pesäkkeen ulkonäön, kasvunopeuden ja mikroskooppisten rakenteiden tunnistamiseen mikroskooppia apuna käyttäen, mikä vaatii sekä ammattitaitoa että kokemusta.

Myös pinnan tai rakennusmateriaalin suoramikroskopointia esimerkiksi teippinäyttestä voidaan käyttää viljelymenetelmän

rinnalla. Erityisesti suoramikroskoopointi tulee tehdä silloin, kun näytteessä ei kasva viljelyssä mitään tai kasvaa hyvin vähän pesäkkeitä. Suoramikroskopoimalla voidaan havaita kuivunut ja kuollut kasvusto, jota kasvatusmenetelmä ei havaitse. Myös kuivunut kasvusto voi aiheuttaa terveyshaittoja.

Jos homevaurion varmistamiseen tarvitaan mikrobianalyysijä, käytetään asumisterveysasetuksen mukaan ensisijaisesti rakennusmateriaalinäytteitä. Rakennusmateriaali- sekä myös pintanäytteen otossa tulee huomioida, ettei mikrobikasvu ole koskaan tasaista. Näyte tulisikin ottaa ainakin pahimmalta vaikuttavasta kohdasta, joka tyypillisesti on lähellä kosteuslähdetä. Näytettä otettaessa tulee huolehtia siitä, ettei näyte kontaminoidu näytteenottajan käsistä, vaatteista tai välineistä. Lisäksi näytteenottajan tulisi pyrkiä varmistamaan, ettei näytteenottoa ole kerääntynyt ilmavuotojen mukana epäpuhtauksia esimerkiksi jossain muualla olevasta vauriosta tai ulkoilmasta. Mikäli analysoitava rakennusmateriaalinäyte on märkä ja näin ollen painavampi kuin vastaava kuiva näyte, tulee näytteen mikrobipitoisuus aliarvioiduksi, jos analyysi tehdään laimennossarjajiljelyllä. Tämä täytyy ottaa huomioon tulosten tulkinnassa. Märät ja kosteat näytteet suositellaan viljeltäväksi viimeistään näytteenottoa seuraavana päivänä, jotta ennaltaehkäistään näytteissä mahdollisesti tapahtuvaa kasvua.

Ilmanäytteenottoa voidaan käyttää tilanteissa, joissa epäiltyä mikrobilähdettä ei ole havaittu rakennuksen pinnoilla tai rakenteissa tai epäillään kontaminaatiota muista tiloista. Ilmanäytteitä suositellaan otettavan talviaikana, jolloin mahdollinen sisäilmalähde on helpommin havaittavissa ulkoilman mikrobipitoisuuksien ollessa pienet. Ilmanäytteiden mikrobipitoisuudet vaihtelevat paljon ja ovat herkkiä olosuhteiden muutoksille, mistä johtuen sisäilma-

näytteitä tulisi ottaa useina ajankohtina. Toistetun ilmanäytteenoton avulla voidaan saada selville, ovatko asunnon sisäilman mikrobipitoisuudet ja -suvusto tavanomaisia rakennuksen sijaintiin, ikään ja vuodenaikaan nähden. Huomattavaa on, että yksittäiset negatiiviset ilmanäytelöydökset eivät poissulje mikrobivaurion mahdollisuutta. Rakennuksessa voi olla vakavakin mikrobivaurio, vaikka sisäilmanäytteissä ei havaita poikkeavia mikrobipitoisuuksia ja tästä johtuen suositellaan rakennuksen tutkimusta ja rakennusmateriaalinäytteitä vaurioepäilykohdista. Asumisterveysasetuksen mukaan ilmanäytteiden osalta on oltava ilman mikrobipitoisuuden lisäksi myös muuta näyttöä toimenpiderajan ylitymisestä.

Miksi ei ole terveysperusteisia ohjearvoja?

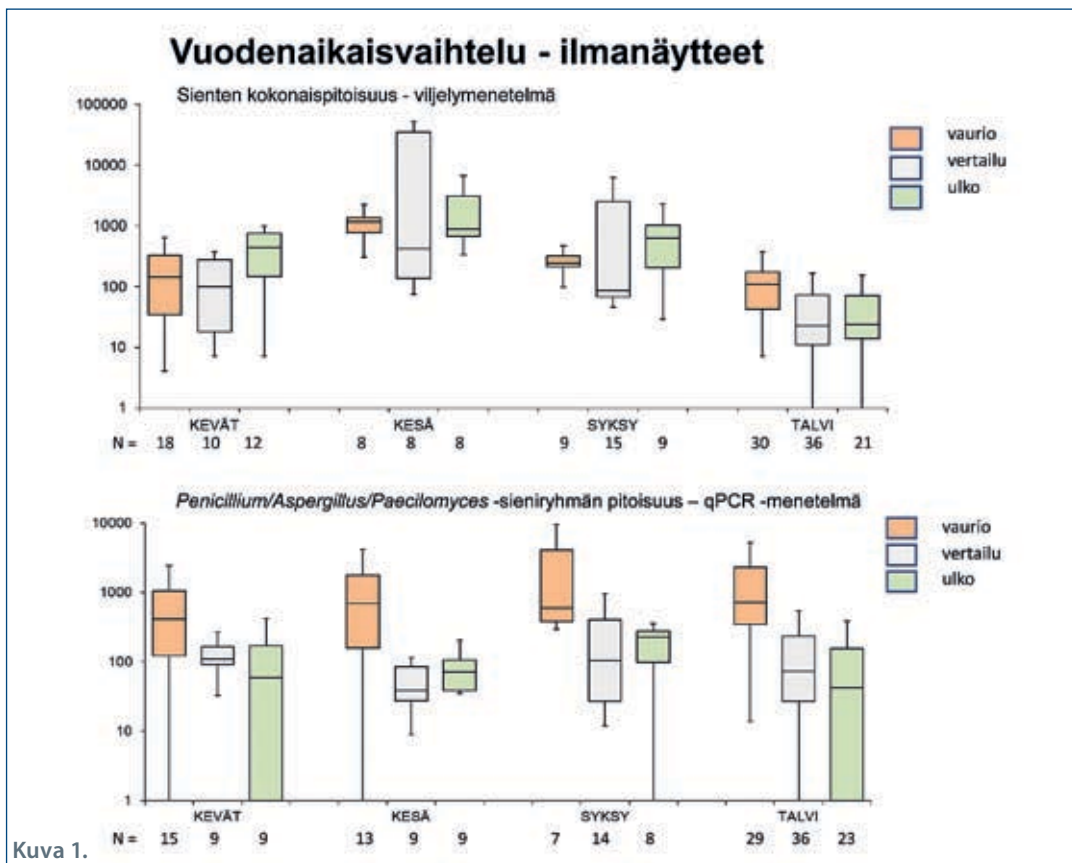
Kosteusvauriot ja niistä aiheutuvat terveyshaitat ovat monimutkainen kokonaisuus. Altistavia tekijöitä, kuten mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet, on lukuisia, ja ne muuttuvat ajan ja olosuhteiden myötä. Oireiden ja sairauksien takana ei liene mikään yksittäinen epäpuhtaus, vaan kyseessä lienee yhdistelmä, ”cocktail”, useista epäpuhtauksista ja niiden yhteisvaikutuksista. Lisäksi ihmisten yksilölliset erot herkkyydessä vaikuttavat oireiluun ja sairastumiseen. Kun otetaan huomioon sisäilman mikrobipitoisuuksien suuri vaihtelu, on ymmärrettävää, että sisäilman mikrobiologien epäpuhtauksien mittaustuloksista ei voi tehdä oireiluun liittyviä johtopäätöksiä. Mikrobimääritysten avulla selvitetään, onko tutkitussa näytteenotokohdassa mikrobikasvua tai ilmanäytteiden osalta tutkitussa tilassa epätavanomainen mikrobipitoisuus ja -lajisto. Rakennusmateriaalin tai pinta- näytteen mikrobituloksista ei voi luotettavasti päätellä myöskään vaurion ikää.

Muita menetelmiä mikrobivaurioiden toteamiseen

Työterveyslaitos (TTL) on kehittänyt laskeutuneen pölyn semikvantitatiivista suoraviljelymenetelmää toimistoympäristöjen mikrobiston tutkimiseen. Tätä menetelmää ei suositella asuntojen tutkimiseen, koska kaksi viikkoa kestävä näytteenoton aikana asunnoissa voi normaalioloissa esiintyä monia toimintoja, jotka nostavat hetkellisesti mikrobitasoja. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi multaisten perunoiden kuoriminen, polttopuiden käsittely sekä kukkamullan vaihtaminen.

Koska kaikki mikrobit eivät kasva peinteisillä kasvatusmenetelmillä, eivät ole tunnistettavissa (esim. steriilit pesäkkeet) tai ovat kuolleita, on myös muita menetelmiä testattu viljelyn rinnalle. THL:ssä

on validoitu molekyylibiologista qPCR (kvantitatiivinen polymeerasiketjureaktio) -menetelmää rakennusmateriaali- ja ilmanäytteille sekä entsyymireaktioon perustuvaa Mycometer-menetelmää pinta- ja rakennusmateriaalinäytteille. QPCR-menetelmä perustuu analysoitavan DNA:n monistumiseen eli menetelmä vaatii DNA-eristyksen näytteestä ennen analysointia. Monistuvaa DNA:ta mitataan fluoresoivien merkkiaineiden avulla qPCR-laitteella reaaliaikaisesti. Näytteen DNA-määrän voi laskea vertaamalla tuloksia standardisuoraan, joka on tehty itiöpitoisuudeltaan tunnetun suspension avulla. Menetelmä on nopea ja sen voi automatisoida pitkälle. THL ehdottaa jatkossa rakennusmateriaalinäytteille viljelyn rinnalle 2-3 qPCR-sovelluksen yhdistelmää mikrobikasvun toteamiseksi näytteestä. Lisäksi alustavien



Kuva 1.

ilmanäytetulosten perusteella *Penicillium/Aspergillus/Paecilomyces* -ryhmän (Pen/Asp) qPCR -sovellus erottelee kosteusvaurioituneet asunnot ja vertailuasunnot toisistaan paremmin kuin viljely, vuodenaikasta riippumatta (Kuva 1). THL julkaisee qPCR:n validoinnin mikrobivaurioiden toteamiseen omassa julkaisusarjassaan.

Mycometer® on Tanskassa kehitetty menetelmä, joka mittaa sienten kokonaisuutta näytteessä (Reeslev ym. 2003). Menetelmä mittaa sienten NAHA-entsyymien (β -N-acetylhexosaminidaasi) aktiivisuutta fluorometrisesti ja on nopea, helppo ja kenttäkäyttöinen, joten sen avulla voidaan analysoida sienikasvua erityisesti pintanäytteessä jopa suoraan kohteessa. Alustavien tulosten mukaan pintanäytteiden vertailuvaurio-asetelmassa Mycometer-menetelmä erottelee näytteet paremmin kuin viljely.

Kosteus- ja homevauriot ja niistä aiheutuvat terveyshaitat ovat monimutkainen kokonaisuus. Mikrobikasvu rakennuksen

pinnoilla tai rakenteissa on terveydensuojelulain mukainen olosuhde, joka voi aiheuttaa terveyshaittaa. Haastavien, rakenteiden sisällä olevien homevaurioiden toteaminen perustuu rakennuksen tekniseen tutkimukseen, jonka yhteydessä tehdään tarvittaessa mikrobiologisia määrittämiä erityisesti rakennusmateriaalinäytteistä käyttäen hyväksytyjä ja validoituja menetelmiä. Kosteus- ja homevauriot ja niiden syyt tulisi korjata jo ennen kuin sairastumista tapahtuu.

Viitteet

WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. World Health Organization Europe; 2009.

Reeslev M, Miller M, Nielsen KF: Quantifying mold biomass on gypsum board: comparison of ergosterol and beta-N-acetylhexosaminidase as mold biomass parameters. *Appl Env Microbiol* 2003, 69:3996-3998 ■