

Selma Mahiout, FT, ERT, erityisasiantuntija, Työterveyslaitos

Merja Korkalainen, FT, dosentti, ERT, erikoistutkija, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

Kaisa Wallenius, MMT, RTA (C-23261-26-17), vanhempi asiantuntija, Työterveyslaitos

Matti Viluksela, FT, DABT, ERT, professori, tutkimusprofessori, Itä-Suomen yliopisto ja Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

Tiina Santonen, LT, MSc, ERT, johtava asiantuntija, Työterveyslaitos

Kati Huttunen, FT, dosentti, yliopistotutkija, Itä-Suomen yliopisto

Voiko sisäilman haitallisuutta arvioida toksisuustesteillä?

Sisäilmaan liittyvä oireilu on yleistä ja oireilun syiden selvittämiseen ja terveysriskien arviointiin on esitetty ratkaisuksi toksisuustestejä. Testeillä mitataan sisäympäristöstä kerättyjen näytteiden aiheuttamia vahingollisia vaikutuksia testieliöille. Nykyiset toksisuustestit eivät kuitenkaan sovellu sisäilmahaittojen arviointiin.

Sisäilma on hyvin monikirjoinen sekoitus ulko- ja sisälähteistä peräisin olevia kaasuja ja hiukkasia. Hyvä sisäilmasto ei sisällä terveydelle haitallisia määriä kemiallisia, biologisia tai fysikaalisia tekijöitä. Mahdollisia sisäilmaoireiden ai-

heuttajia on lukuisia, ja eri komponenteilla on oletettavasti sekä toisiaan vahvistavia että heikentäviä yhteisvaikutuksia, joista on toistaiseksi vasta vähän tietoa. Siksi sisäilman haittatekijöiden tunnistaminen on vaikeaa. Nykyisin kokonaisvaltaisessa sisäilma- ja kosteusteknisessä kuntotutkimuksessa arvioidaan sisäilman aiheuttamaa terveysriskiä pääasiassa rakenteiden ja järjestelmien kunnan perusteella tehtyjen arvioiden pohjalta. Näiden selvitysten tekeminen vaatii monialaista osaamista ja monipuolisia tutkimusmenetelmiä eikä käytettävissä ole terveyshaittojen tutkimiseen tarkoitettuja menetelmiä. Olisikin houkuttelevaa löytää helppokäyttöinen ja edullinen testi, jolla sisäilman haitallisuutta terveydelle voitaisiin arvioida. Joitakin testejä markkinoilla jo onkin, mutta ne eivät ole viranomaisten hyväksymiä eikä niitä ole

validoitu tieteellisten kriteerien perusteella sisäilman haitallisuuden arviointiin. Näiden testien tulosten perusteella tehtävien virheellisten johtopäätösten riski on huomattavan suuri, ja väärin toimenpiteiden myötä myös inhimilliset ja taloudelliset vahingot voivat kasvaa suuriksi. Siksi nykyisten toksisuustestien käyttäminen ei ole järkevää eikä suositeltavaa sisäilman haitallisuuden arviointiin.

Miksi sisäilman toksisuustestien kehittäminen on haastavaa?

Sisäilman toksisuuden tutkimiseen on esitetty käytettäväksi useita eri testieliöitä, kuten nisäkäs- ja bakteerisoluja sekä selkärangattomia eläimiä. Testien kehitys- ja validointityö on kuitenkin vasta alussa ja yksittäisten tutkimusryhmien ja kauppal-

listen toimijoiden varassa. Toistaiseksi yhdenkään testin osalta ei ole vakuuttavaa tieteellistä näyttöä siitä, että testattavissa eliöissä havaitut vaikutukset ennustaisivat ihmisille aiheutuvia haittavaikutuksia tai edes liittyisivät terveyshaittoihin yhdistettyihin olosuhteisiin, kuten kosteusvaurioituneisiin rakennuksiin. Siten yhtäkään testiä ei myöskään ole voitu validoida tähän käyttötarkoitukseen. Validoinnilla tarkoitetaan sitä, että menetelmän luotettavuus, laboratoriosta riippumaton toistettavuus ja soveltuvuus aiottuun käyttötarkoitukseen on selvitetty perusteellisesti. Ennen sitä testejä ei voida hyväksyä viranomaiskäyttöön.

Sisäilman toksisuustestaukseen tuovat haastetta myös käytetyt näyttemateriaalit. Koska sisäilman toksisuutta ei voida mitata suoraan, testaus suoritetaan välillisesti esimerkiksi tutkimalla sisäympäristöstä kerät-

Mahdollisia sisäilmaoireiden aiheuttajia on lukuisia, ja eri komponenteilla on oletettavasti sekä toisiaan vahvistavia että heikentäviä yhteisvaikutuksia, joista on toistaiseksi vasta vähän tietoa.



tyä pölyä tai sisäilmasta tiivistettyä vettä. Väliilinen näytemateriaali ei kuitenkaan koskaan vastaa koostumukseltaan ja pitoisuudeltaan sitä kokonaisuutta, jolle ihminen sisäilman välityksellä altistuu. Myöskään yksittäisten tekijöiden osuutta ei pystytä erittelemään eikä tuloksesta voida siksi päätellä testissä näkyvien vaikutusten aiheuttajaa tai tarvittavia korjaustoimenpiteitä rakennuksessa. Tällaisten kokoomanäytteiden hyvä puoli toisaalta on, että samalla kertaa voidaan tutkia useiden sisäilmassa esiintyvien altisteiden kokonaisvaikutusta.

Suurimpia sisäilman toksisuustestauksen ongelmia on kuitenkin pyrkimys kuvata moninaista sisäilmaoireilua yhtä vaikutusta mittaavalla testillä. Onkin tärkeää tiedostaa, ettei ole olemassa yhtä sisäilmasairautta tai -oiretta, jota edes teoriassa voitaisiin mallintaa yhdellä testillä, sillä yksittäinen testi ei voi mitata useilla eri mekanismeilla aiheutuvia vaikutuksia. Esimerkiksi solujen liikkuvuutta mittaava testi ei anna tietoa altisteen ärsyttävyydestä, herkistävytydestä tai keskushermostovaikutuksista. Lisäksi erilaiset solumallit reagoivat tyypillisesti hyvin herkästi myös sellaisiin normaalisti elinympäristössä esiintyviin yhdisteisiin, jotka ovat ihmiselle haitattomia. Siksi yleinen sisäilman toksisuustestin perusteella tehty virhetulkinta on terveystaitan yliarviointi.

Mihin toksisuustestejä sitten voidaan käyttää?

Toksisuustestaus on kehitetty lääkeaineiden haittavaikutusten tutkimiseen ja nykyisin niitä hyödynnetään myös muunlaisten kemikaalien haitallisten terveystvaikutusten tutkimiseen. Vaatimus kemikaalien toksisuustestauksesta tulee lainsäädännöstä. Valtaosa nykyään käytössä olevista testeistä on eläinkokeita, mutta niitä korvaavia menetelmiä pyritään kehittämään jatkuvasti. Useita erilaisia, tieteellisesti validoituja

testimenetelmiä yhdistävässä testaussarjassa selvitetään altisteen kykyä aiheuttaa testieliöille haittavaikutuksia ja siten saadaan tietoa ihmiselle olennaisten terveystriskien arviointia varten. Asianmukainen, perinteinen toksisuustestaus on kuitenkin huomattavan kallista, aikaa vievää ja vaatii runsaasti erityisosaamista, eikä se siten sovellu sisäilman tutkimiseen yksittäisissä sisäilmakohteissa.

Millä edellytyksillä sisäilman tutkimisessa voisi hyödyntää toksisuustestauksia?

Sisäilma-altisteiden aiheuttamia terveysthaittoja tutkittaessa olisi tärkeää tuntea oireilun taustalla olevat mekanismit. Mekanismitutkimuksessa myös monet solutoksisuustestit olisivat hyödyllisiä osana laajempaa kokonaisuutta. Kun terveystvaikutuksista ja niiden mekanismeista on riittävästi tietoa, saattaisi olla mahdollista kehittää ja validoida sisäilman arviointiin soveltuva sarja toksisuustestejä. Tällaisesta testisarjasta voitaisiin saada hyödyllistä lisätietoa sisäilmaolosuhteiden terveystvaikutusten arviointiin. Nykyisiä kokonaisvaltaisia sisäilma- ja kosteusteknisiä kuntotutkimuksia tällainen testisarja ei kuitenkaan voi korvata kokonaan. Edelleen tarvitaan myös menetelmiä, joiden avulla voidaan tunnistaa haittatekijä ja sen lähde, ja siten päättää tarvittavista korjaavista toimenpiteistä.

Lisätietoa Duodecim-lehden Internet-sivuilta vapaasti saatavilla olevassa, vertaisarvioitussa tieteellisessä katsausartikkelissa "Miksi sisäilman haitallisuutta ei voi arvioida toksisuustesteillä?" Selma Mahiout Merja Korkalainen, Kaisa Wallenius, Matti Viluksela, Tiina Santonen, Kati Huttunen Duodecim 2019; 135(8): 735–43.

www.duodecimlehti.fi/duo14873 ■