

KOSTEUSVAURIOINDIKOIVAN LAJISTON ESIINTYMINEN ULKOILMAVERTAILUNÄYTTEISSÄ JA SEN HUOMIOON OTTAMINEN SISÄILMASTA OTETTUJEN MIKROBINÄYTTEIDEN TULOSTEN TULKINNASSA.

Kirsi Mäkiranta, Anna-Mari Pessi ja Sirkku Häkkinä

Aerobiologian laboratorio, Turun yliopiston Biodiversiteettiyksikkö

TIIVISTELMÄ

Katsauksessa käytiin läpi vuosina 2014 – 2018 Aerobiologian laboratoriossa analysoidun ulkoilmavertailunäytteiden (280 kpl) lajistoa. 80 %:ssa näytteistä löytyi kosteusvaurioindikoivaa lajistoa eli joko aktinomykeettejä tai indikaattorisieniä. Kosteusvauriota indikoivia sieniä esiintyi 76 %:ssa näytteistä, joista yleisimmät olivat *Eurotium* (23 %), *Aspergillus sektio restricti* (22 %), *Aspergillus fumigatus* (19 %) ja *Phoma* (17 %). Aktinomykeettibakteereita eli sädesieniä esiintyi 35 %:ssa näytteistä. Tulosten perusteella sisäilmasta otettujen näytteiden tulosten tulkinnassa on sulan maan aikana huomioitava kosteusvaurioindikoivan lajiston esiintyminen pieninä määrinä myös ulkoilmassa. Pihapiiristä otetun ulkoilmanäytteen edustavuus vertailunäytteenä on arvioitava huolellisesti tuloksia tulkittaessa.

JOHDANTO

Rakennusten sisäilmassa esiintyvät mikrobit ovat peräisin joko ulkoilmasta, ihmisistä ja erilaisista ihmistöiminnosta tai rakennuksessa esiintyvistä lähteistä. Suomessa ulkoilman mikrobipitoisuudet ovat matalimmat talvikaudella, jolloin maa on jäässä ja lumipeitteinen /1/. Rakennusteknisten selvitysten tueksi otettavat sisäilmanäytteet on ohjeistettu ottamaan ensi sijassa tuolloin /2/3/. Erityisesti Etelä-Suomessa talviaika on kuitenkin lyhyt ja pakkasjaksoja saattaa olla vain satunnaisesti, jolloin sisäilmanäytteitä otetaan myös sulan maan aikana. Tällöin tulee ottaa vertailunäyte ulkoilmasta, johon rakennuksen sisäilmanäytteiden tuloksia verrataan /2/3/. Tässä katsauksessa haluttiin selvittää ulkoilmanäytteissä esiintyvää kosteusvauriolajistoa ja ulkoilmasta otettavan 6-vaiheimpaktorinäytteen /4/ edustavuutta vertailunäytteenä.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen /2/ mukaan ulkoilmanäyte otetaan noin 1,5 m korkeudelta maanpinnasta, vähintään 5 m etäisyydeltä rakennuksen lähimmästä seinästä. Näytteenottopaikka ei saa olla poistoilma-aukon lähellä. Näytteen ottamista katoksen alta ei suositella muulloin kuin sateisella säällä. Tulkinnan tueksi näytteenottaja täyttää mittauspöytäkirjan /3/, josta tulisi käydä ilmi lämpötila- ja kosteusolosuhteet, onko maa jäässä tai lumipeitteinen, näytteenottopaikan kuvaus (taajama / maaseutualue) sekä rakennuksen tyyppi. Ulkoilmanäytteen osalta kirjataan lisäksi, miltä etäisyydeltä lähimmästä rakennuksesta näyte on otettu, näytteenottokorkeus ja ulkotilojen virhelähteet, esimerkiksi kompostin tai rakennusjätteen läheisyys. Mittauspöytäkirja on välttämätön tulosten tulkinnassa, jonka tekee joko näytteenottaja tai muu taho, jolla on käytössään sekä rakennusteknisen tarkastelun tiedot että mikrobitulokset /3/.

Sisäilma- ja ulkoilmanäytteen vertailussa huomioidaan sekä pitoisuus että lajisto. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa /2/ esitetyn kosteusvauriota indikoivan lajiston esiintyminen sisäilmanäytteessä tulkitaan epätavanomaiseksi, mikäli samaa lajistoa ei löydy ulkoilman vertailunäytteestä. Sisäilmanäytteitä ei voida kuitenkaan käyttää osoittamaan tutkittavan tilan olevan kunnossa tai osoittamaan vauriota, vaan se tarvitsee aina muuta näyttöä rakennuksen mikrobikasvusta /2/3/.

Kun analysoidaan sulan maan aikana otettuja ilmanäytteitä, nousee käytännön laboratoriotyössä usein ongelmaksi ulkoilman korkea sieni-itiöpitoisuus /1/5/. Suurina määrinä esiintyvät ulkoilmalle tyypilliset basidiomykeetit, steriilit rihmat ja *Geotrichum*-home muodostavat nopeasti kasvavia pesäkkeitä, jotka saattavat täyttää maljan ja peittää alleen muuta lajistoa tai jopa estää muun lajiston kasvua.

Tämä heikentää analyysin luotettavuutta. Ongelmaa on pyritty vähentämään pienentämällä vertailunäytteen kokoa. Tyypillinen ulkoilmavertailun näytekoosta sulan maan aikana on alle 150 l (5 min impaktorinäyte). Menettely kuitenkin nostaa havaintorajaa yli 10 pmy/m³, jolloin osa lajistosta voi edelleen jäädä havaitsematta.

Aktinomykeeteille ei ole sisäilmanäytteissä enää raja-arvoa, vaan ne huomioidaan lajistotarkastelussa kosteusvaurioindikaattoreina /2/. Niiden terveyshaitoista on tietoa, mutta ne ovat myös luonnossa yleisiä ja korkeita pitoisuuksia on mitattu erityisesti maaseutu ympäristöissä. Sisäilmakeskustelussa ja mediassa aktinomykeetit ovat toisinaan saaneet erityishuomiota, ja pienetkin aktinomykeettipitoisuudet rakennuksen sisäilmassa ovat voineet johtaa tulkintaan rakennuksen vaurioista.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimusaineistona käytettiin Aerobiologian yksikössä analysoituja, 6-vaihe-impaktori-keräimillä otettuja ulkoilmavertailunäytteitä vv. 2014 – 2018. Näytteet on otettu maksullisen palvelutoiminnan yhteydessä. Näytteitä oli kaikkiaan 280 kpl Etelä-Suomesta ja 76 % niistä oli otettu joulukuun – maaliskuun välisenä aikana. Näytteen bakteerien kokonaispitoisuus laskettiin THG-alustalta 7 vrk jälkeen. Aktinomykeetit tyypitettiin Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen /2/ kuvauksen mukaan 14 vrk:n ikäisinä. Sienipitoisuus määritettiin M2- ja DG-18-alustoilta 7 vrk ikäisenä ja lajisto varmistettiin 7-14 vrk kuluessa. Pienin havaittu pitoisuus vaihteli 2 – 12 pmy/m³. Käytetyt kasvualustat ovat Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen /2/ mukaiset.

Tämän katsauksen näytteet oli otettu yleisimmin rakennuksen pihapiiristä, mutta aina 5 metrin etäisyyttä lähimmästä rakennuksesta ei ollut noudatettu. Lisäksi 9 %:ssa näytteistä ulkoilmavertailu oli mittauspöytäkirjan mukaan otettu katoksen alta, koska satoi. Läheskään kaikissa tapauksissa pyydettyjä mittauspöytäkirjan tietoja ei ollut täytetty, vaan oli täytetty esimerkiksi vain lämpötilatiedot tai ei niitäkään.

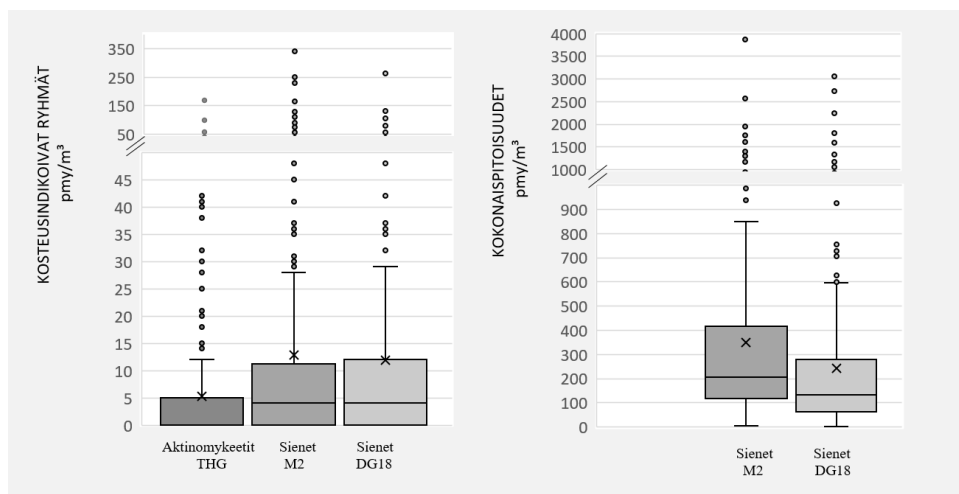
Lähempään tarkasteluun otettiin sellaiset näytteet, missä esiintyi korkeita kosteusvauriota indikoivien sienten pitoisuuksia (yli 100 pmy/m³). Näiden näytteiden osalta tarkasteltiin myös sisäilmasta löytynyttä lajistoa, jota verrattiin ulkoilman indikaattorisientien lajistoon ja pitoisuuksiin sekä käytiin läpi mittauspöytäkirjat. Erikseen tarkasteltiin myös katoksesta otettujen näytteiden lajistoa.

TULOKSET JA POHDINTA

Kosteusvaurioindikoivaa lajistoa /2/ löytyi 80 %:ssa ulkoilmanäytteistä. Aktinomykeettejä esiintyi 35 %:ssa näytteistä. Indikaattorisienistä (yht. 76 %:ssa

näytteistä) yleisimmät olivat *Eurotium*, *Aspergillus sektio restricti*, *Aspergillus fumigatus* ja *Phoma*. *Aspergillus* –suvun indikaattorilajeja esiintyi kaikkiaan yli 70 %:ssa näytteistä (Taulukko 1.). Steriilien pesäkkeiden ja basidiomykeettien lisäksi *Aspergillus*-ryhmän sienten yleisyys on havaittu muissakin tutkimuksissa, missä on otettu ulkoilmanäytteitä /5/6/. Jopa suuri-itiöisiä *Chaetomium*- ja *Stachybotrys*- homesieniä havaittiin muutamissa ulkoilmavertailunäytteissä. (Taulukko 1.) Näiden homesienten yksittäisetkin pesäkkeet sisäilmanäytteissä tulkitaan poikkeaviksi /2/3/.

Aineistossa indikaattorilajiston pitoisuudet jakautuivat epätasaisesti. Indikaattorien pitoisuudet olivat pääosin matalia (Kuva 1.). Korkeita (summa yli 100 pmy/m³) kosteusvauriota indikoivien sienten pitoisuuksia löytyi 10 ulkoilmanäytteessä (Kuva 1.). Ne oli otettu pääosin selkeän talvikauden ulkopuolella (lämpötila selkeästi nollan yläpuolella, loka-marraskuussa tai maaliskuuhuhtikuussa). *Aspergillus*-suvun indikaattorisieniä esiintyi 91 % näistä näytteistä ja *Phoma*-homesientä 27 %. Kosteusvaurioindikoivan sienilajiston korkeimmat yhteenlasketut pitoisuudet olivat 339 pmy/m³ (M2-alusta) ja 262 pmy/m³ (DG-18-alusta) (Kuva 1.). Erityisesti *Aspergillus fumigatus* –homesienen korkeita pitoisuuksia oli useammassa ulkoilmanäytteessä. Kun tarkasteltiin näiden ulkoilmavertailunäytteiden vauriokohteiden tuloksia, rakennusten sisäilman kosteusvaurioindikoivien sienten pitoisuudet olivat pääosin matalia eikä lajistokaan ollut samaa kuin osin (Kuva 3.)



Kuva 1. Aktinomykeettien ja kosteusvaurioindikoivien sienten yhteenlasketujen pitoisuuksien sekä sienten kokonaispitoisuuksien vaihtelu ulkoilmavertailunäytteissä. N=280.

Aktinomykeettien pitoisuudet olivat 75 %:ssa aineistosta vähäisiä (alle 5 pmy/m³). 21 näytteessä ulkoilman aktinomykeettipitoisuus oli yli 20 pmy/m³ ja viidessä näytteessä ulkoilmavertailun aktinomykeettipitoisuus oli erittäin korkea (yli 50 pmy/m³) (Kuva 2.). Korkein aktinomykeettipitoisuus ulkoilmavertailussa oli 168 pmy/m³. Mittauspöytäkirjoista ei löytynyt näissä tapauksissa erityisiä virhelähteitä korkeille pitoisuuksille. Esimerkiksi maanmuokaus, kompostin kääntäminen ja rakennusjätteiden läheisyys ovat voineet nostaa pitoisuuksia korkeiksi.

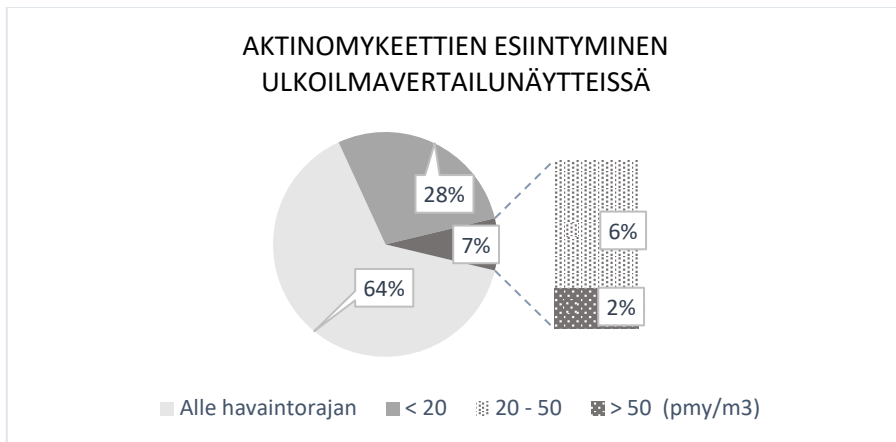
Taulukko 1. Havaittu kosteusvaurioindikoiva lajisto ulkoilmavertailunäytteissä. Lajisto Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen /2/3/ mukaan. N=280.

Havainnot / kaikki näytteet	n	%
Kosteusvauriota indikoiva lajisto	225	80
Aktinomykeettejä	99	35
Kosteusvauriota indikoivaa sienilajistoa	211	76
<i>Aspergillus</i> -suvun indikaattorisieniä (yht.)	206	73,6
Kosteusvauriota indikoiva sienilajisto:		
<i>Eurotium</i>	64	22,9
<i>Aspergillus sektio restricti</i>	61	21,9
<i>Aspergillus fumigatus</i>	52	18,6
<i>Sphaeropsidales (Phoma sensu lato)</i>	46	16,5
<i>Exophiala</i>	34	12,2
<i>Oidiodendron</i>	33	11,8
<i>Geomyces</i>	32	11,5
<i>Acremonium</i>	28	10,0
<i>Fusarium</i>	21	7,5
<i>Aspergillus versicolor</i>	20	7,2
<i>Wallemia</i>	20	7,2
<i>Paecilomyces</i>	18	6,5
<i>Scopulariopsis</i>	12	4,3
<i>Paecilomyces variotii</i>	11	3,9
<i>Sporobolomyces</i>	6	2,2
<i>Aspergillus sydowii</i>	5	1,8
<i>Chaetomium</i>	5	1,8
<i>Trichoderma</i>	5	1,8
<i>Aspergillus ochraceus</i>	4	1,4
<i>Engyodontium</i>	4	1,4
<i>Phialophora sensu lato</i>	3	1,1
<i>Stachybotrys</i>	3	1,1
<i>Ulocladium</i>	3	1,1
<i>Tritirachium</i>	2	0,7

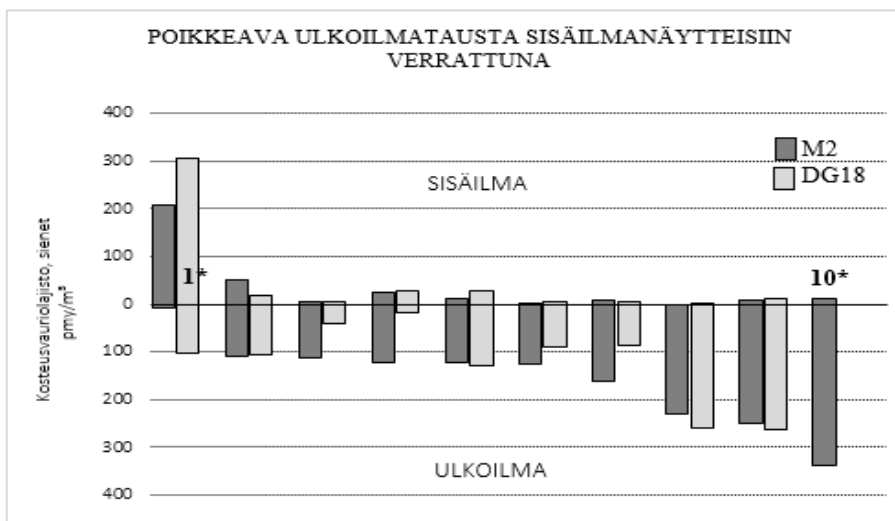
Katoksesta otettujen ulkoilmavertailunäytteiden (Taulukko 2.) indikaattorilajiston pitoisuudet eivät poikenneet muusta aineistosta. Lajistossa oli jonkun verran puumateriaalille tyypillisiä sinistäjäseniä /7/, kuten *Phoma*, mikä voi viitata katoksessa säilytettyyn polttopuuhun tai muuhun puurakenteisen katoksen vaurioihin.

Taulukko 2. Katoksesta otettujen näytteiden kosteusvaurioindikoiva lajisto. N=26.

Havainnot / katoksenäytteet	määrä	maksimi (pmy/m ³)
Kosteusvauriota indikoivaa lajistoa	23 (88 %)	
aktinomykeettejä	10 (38 %)	40
kosteusvauriota indikoivia sieniä	20 (77 %)	26



Kuva 2. Aktinomyketteja havaittiin 35 %:ssa eli 99 näytteessä. Näistä 7 %:ssa havaittiin yli 20 pmy/m³ pitoisuuksia.



Kuva 3. Kosteusvaurioindikoivien sienien yhteenlaskettu pitoisuus ulkoilmavertailussa ja sisällä niissä 10 näytteessä, missä pitoisuus oli korkea (> 100 pmy/m³).

Sisäilmanäytteistä on valittu se tila, missä oli korkein pitoisuus indikaattorisieniä.

Näytteen 1 sisäilmanäyte on otettu kellaritilasta, näyte 10 on otettu vain M2-alustalle.

PÄÄTELMÄT

Kosteusvaurioindikoivan sienilajiston esiintyminen ulkoilmavertailuista koostuneessa tutkimusaineistossa oli erittäin yleistä. Erityisesti *Aspergillus*-ryhmän kosteusindikoivien sienien suuri osuus (74 % kaikista näytteistä) on huomioitava ilmanäytteiden tulosten tulkinnassa. Myös aktinomykettejä havaittiin ulkoilmänäytteissä useasti, vaikka ulkoilmänäytteen havaintoraja on bakteerienkin osalta usein yli 10 pmy/m³. Otettaessa triplakeräimellä ulkoilman vertailunäytettä myös bakteerinäyte on saman suuruinen kuin sieninäyte, vaikka bakteerimaljoilla samanlaista ongelmaa maljojen umpeenkasvusta ei olekaan. Aktinomykettien esiintymisestä erilaisissa ympäristöissä tarvitaan

lisätutkimusta ja myös aktinomykeettien tarkempi suku- ja lajitason tunnistus voi tuoda lisätietoa.

Ulkoilmavertailu on välttämätön apu sulan maan aikana otettujen sisäilmanäytteiden tulkinnassa, mutta hetkellisessä näytteessä kosteusvaurioindikoivan lajiston puuttuminen ei vielä tarkoita, että tätä lajistoa ei ulkoilmassa esiintyisi. Sellaista kattavaa aineistoa ulkoilman taustan mikrobimääristä ei toistaiseksi kuitenkaan ole, mihin vertailu voitaisiin perustaa. Ulkoilmanäytettä suositellaan otettavaksi aina, mutta alle 5 pakkasasteen lämpötilassa sitä ei enää voida ottaa elatusalustojen jäätyminen ja pumppujen vaurioitumisriskin vuoksi /2/3/.

Tässä katsauksessa aineisto muodostui maksullisen palvelutoiminnan yhteydessä, eri puolilta Etelä-Suomea satunnaisesti otetuista näytteistä eri ajankohtina. Kattavaa kuvaa ulkoilman kosteusindikoivien mikrobien pitoisuuksista tai -lajistosta tietyissä lämpötila- ja kosteusolosuhteissa ei saada. Aikaisemmissa 1990-luvun loppupuolen ulkoilmanäyteselvityksissä eri puolilta Suomea /5/ ei havaittu eroa rannikon ja sisämaan näytteiden välillä. Ilmaston lämmitessä ulkoilman tausta vaikuttaa kuitenkin yhä useammin sisäilmassa esiintyvään lajistoon varsinkin Etelä-Suomessa. Ilmanäytteiden kohdalla korostuu hyvä näytteenottosuunnitelma ja näytteenoton toteutus ja tulosten tulkitsijan ymmärrys kyseisestä rakennuksesta. Suurissa toimistorakennuksissa, missä on tehokas tuloilman suodatus, on ulkoilmasta tulevan mikrobiston määrä vähäinen /6/, mutta erityisesti pientaloista otetuissa ilmanäytteissä tulee huomioida ulkoilmasta kulkeutuva lajisto tulosten tulkinnassa.

LÄHDELUETTELO

1. Pasanen, A-L., Reponen, T., Kalliokoski, P. & Nevalainen, A. (1990). Seasonal variation of fungal spore levels in indoor and outdoor air in the subarctic climate. the proceeding of the 5th international conference on indoor air quality and climate. Indoor Air 1990, s. 39 – 44.
2. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Valviran ohje 8/2016, osa IV2. <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltami+sohje+osa+IV.pdf>
3. Pessi, A-M. & Jalkanen, K. (2018). Laboratorio-opas. Mikrobiologisten asumisterveystutkimuksien näytteenotto ja analyysimenetelmät. Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy.
4. Andersen, A.A. (1958). New Sampler for the collection, sizing and enumeration of viable airborne particles. J. Bacteriol.76:471 – 484.
5. Laitinen, S., Kallunki, H., Haatainen, s. Kujanpää, L. Rautiala, S. & Reiman, M. Ulkoilman mikrobipitoisuudet ja sienisuvustot sekä niihin vaikuttavat tekijät. Sisäilmastoseminaari 2000. SIY Raortti 14:277 – 282.
6. Kempainen, N. (2010). Ulkoilman mikrobien kulkeutuminen sisäilmaan. Opinnäytetyö, Jyväskylän AMK. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/17260/kempainen_niina.pdf?sequence=1
7. Lundell, T. & Mäkelä, M. (2018): Hajottajasienet. Teoksessa: Timonen, S. & Valkonen, J. toim. Sienten biologia. 2., uud.p. Gaudeamus, Viljandi. S. 259 – 289.