



# Mycometer-menetelmä sisäilman kuntotutkimuksissa

Milla Nykänen

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2021

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Talorakennustekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Talonrakennustekniikka

NYKÄNEN, MILLA:

Mycometer-menetelmä sisäilman kuntotutkimuksissa

Opinnäytetyö 28 sivua

Kesäkuu 2021

---

Mikrobivaurioita on perinteisesti tutkittu laboratoriossa viljelymenetelmällä, mutta uusille ja nopeammille menetelmille on kysyntää. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Mycometer-menetelmän vahvuuksia ja heikkouksia. Samalla selvitettiin, miten ja minkälaisiin sisäilman kuntotutkimuksiin menetelmä soveltuu. Tavoitteena oli kirjallisuusaineiston ja aikaisemmin tehtyjen tutkimusten pohjalta selvittää menetelmän luotettavuutta mikrobivaurioiden tutkimuksissa.

Merkittävässä osassa Suomen rakennuksista esiintyy sisäilmaongelmia. Mikrobivauriot ovat yksi sisäilmanlaatua heikentävistä tekijöistä. Mikrobeja ovat muun muassa sienet ja bakteerit, ja niitä esiintyy kaikkialla ympäristössä. Kosteus on tärkein mikrobikasvua säätelevä tekijä. Mikrobikasvustoa voi kehittyä rakennusmateriaalien pinnoille, halkeamiin ja huokoisten materiaalien sisälle. Mikrobiologisilla tutkimuksilla voidaan vahvistaa tai sulkea pois mikrobivaurion mahdollisuus.

Mycometer-menetelmä mittaa NAHA-entsyymien avulla sienten kokonaispitoisuutta. Menetelmän suurimpia etuja ovat nopeus ja kuolleen kasvuston tunnistaminen. Merkittävimpinä haittapuolina voidaan pitää sitä, että menetelmällä ei voida tehdä lajitunnistusta sekä sitä, että NAHA-entsyymille on olemassa useita virhelähteitä, jotka täytyy huomioida tulosten tulkinnassa. Tehdyissä tutkimuksissa Mycometer pintanäyte on pärjännyt hyvin vauriovertailuasemassa. Myös ilmanäytteiden on todettu erottelevan hyvin homevaurioituneet rakennukset vertailukohteista.

Mycometer-menetelmän avulla saadaan sisäilmatutkimusten alkuvaiheessa nopeasti kartoitettua tilannetta mikrobivaurioiden osalta. Saatujen tulosten perusteella voidaan tarvittaessa tehdä lisätutkimuksia. Mycometer soveltuu myös viljelymenetelmien kanssa rinnakkain käytettäväksi, jolloin ne täydentävät toisiaan. Mycometer on hyvä menetelmä mikrobivaurion osoittamiseen, kun tulokset ovat selkeästi normaalia korkeampia, mutta luotettavia tulkintaohjeita Suomen olosuhteisiin kaivattaisiin.

---

Asiasanat: mycometer, sisäilma, mikrobit

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Building Construction

NYKÄNEN, MILLA:  
Mycometer Method in Indoor Climate Condition Survey

Bachelor's thesis 28 pages  
June 2021

---

Mould-damage has been traditionally examined through a laboratory sample, but new and rapid test methods are needed. In this bachelor's thesis, the Mycometer technology is being analysed and reviewed for its strengths and weaknesses. The suitability of this technology for different types of indoor air investigations was assessed. The objective was to define the credibility of the technology in mould-damage examinations through literacy and previous studies.

Mycometer measures total fungal biomass by NAHA enzyme. The biggest strengths of the method are its quickness and its ability to recognise dead organisms. The downsides include the facts that the method does not take in to account the mould species and that there are many possible false sources that can distort the results. In previous examinations, Mycometer surface and air samples have proven to be accurate to recognise mould-damaged buildings from baseline subjects.

With the Mycometer method it is possible to make a quick assessment of mould-damage in an early stage, and it is easy to move on to more extensive examinations if needed. Mycometer is suitable to be used side-by-side with a culture-based method, as they complete each other. Mycometer is a reliable method to prove a mould-damage, when the measured values are clearly beyond normal. However, interpretation guidelines for the Finnish circumstances are needed.

---

Key words: mycometer, indoor air, microbes

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	SISÄILMAN MIKROBIT .....	7
2.1	Yleistä sisäilmasta.....	7
2.2	Mikrobit .....	8
2.2.1	Mykotoksiinit ja mikrobien aineenvaihduntatuotteet.....	10
2.2.2	Rakennusmateriaalin merkitys.....	10
3	MIKROBINÄYTTEET .....	13
3.1	Mikrobiologiset tutkimukset .....	13
3.1.1	Pinta- ja materiaalinäytteet .....	13
3.1.2	Ilmanäytteet.....	14
4	MYCOMETER-MENETELMÄ .....	16
4.1	Yleistä .....	16
4.2	Näytteen otto ja tulosten analysointi.....	17
4.3	Tehtyjä tutkimuksia .....	19
4.4	Menetelmän edut ja haitat.....	22
5	PÄÄTELMÄT .....	24
6	POHDINTA .....	26
	LÄHTEET.....	27

**ERITYISSANASTO**

Bakteeri	Bakteerit ovat yksisoluisia, alkeistumallisia pieneliöitä, jotka lisääntyvät jakaantumalla.
Hiivasieni	Hiivasienet muodostuvat hiivasoluista, mutta eivät tuota rihmastoa ja itiöitä.
Homesieni	Homesienet ovat mikroskooppisen pientä rihmastoa ja itiöitä tuottavia sieniä.
Kasvualusta	Mikrobien kasvatukseen käytettävä ravinnealusta.
Mikrobi	Mikrobeilla tarkoitetaan home- ja hiivasieniä sekä bakteereita.
Suhteellinen kosteus (%RH)	Suhteellinen kosteus on ilman vesihöyrypitoisuuden suhde kyllästyspitoisuuteen.
Vertailunäyte	Vertailunäytteellä tarkoitetaan pinta-, materiaali- tai ilmanäytettä, joka on otettu vastaavasta rakennuksen sisäpinnan alueesta, rakenteen osasta tai tilasta kuin vaurionäyte, mutta jossa ei ole näkyvää kasvustoa, kosteusjälkiä tai poikkeavaa hajua.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia, miten Mycometer-menetelmällä otetut ilma-, pinta- ja materiaalinäytteet soveltuvat osaksi sisäilmateknisiä kuntotutkimuksia, sekä tarkastella menetelmän hyviä ja huonoja puolia. Tarkoituksena on myös koota yhteen tutkimustietoa aiheesta. Tavoitteena on selvittää menetelmän luotettavuutta mikrobivaurioiden tutkimisessa ja pohtia, minkälaisiin ja missä vaiheissa tutkimuksia menetelmää voitaisiin parhaiten hyödyntää.

Opinnäytetyön tilaajana toimii Ideestructura Oy. Taustalla on tarve saada lisää tietoa Mycometer-menetelmän soveltuvuudesta sisäilmateknisiin kuntotutkimuksiin. Mycometer-menetelmä ei ole asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukainen suositeltu menetelmä, mutta sen potentiaalisuutta olisi hyvä tutkia enemmän. Perinteinen viljelymenetelmä on hidas, ja se havaitsee vain elinkykyisen kasvuston, joten uusille ja nopeammille menetelmille on kysyntää.

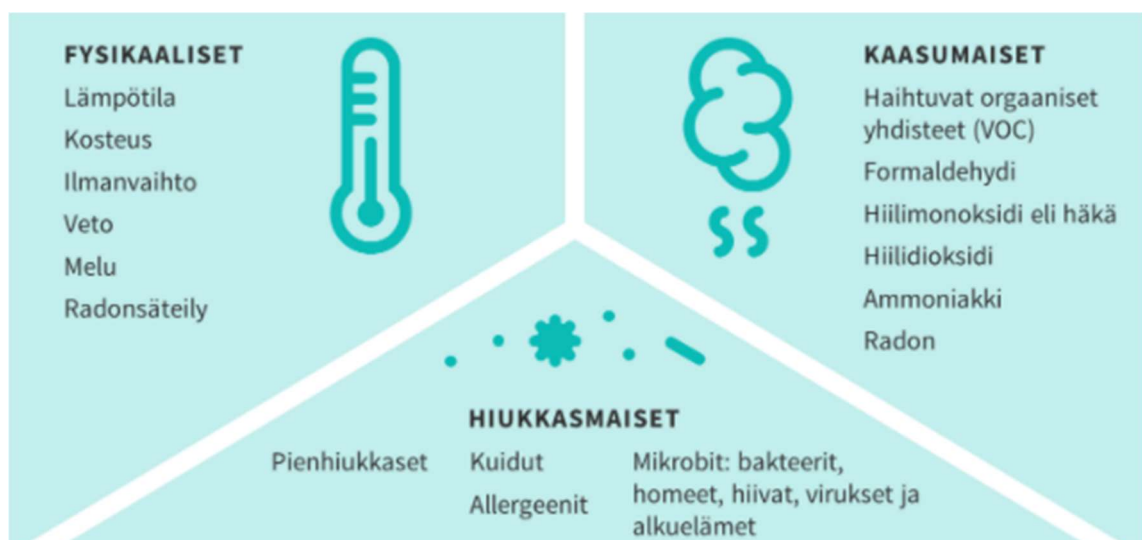
Opinnäytetyössä käsitellään sisäilmaa ja sen mikrobeja. Lisäksi perehdytään ilma-, pinta- ja materiaalinäytteisiin sekä Mycometer-menetelmään. Opinnäytetyö on kirjoitettu rakennusteknisestä näkökulmasta. Työssä ei oteta kantaa mikrobien aiheuttamiin terveyshaittoihin tai mikrobiologiaan.

## 2 SISÄILMAN MIKROBIT

### 2.1 Yleistä sisäilmasta

Rakennuksen sisäilmastoon vaikuttavat useat tekijät, joita ovat muun muassa lämpöolot, kosteus ja ilman laatu. Sisäilman mikrobit on yksi useista ilman laatuun vaikuttavista epäpuhtauksista. (Leivo 1998, 77). Muita ilman laatuun vaikuttavia epäpuhtauksia ovat esimerkiksi kemialliset epäpuhtaudet, tupakansavu ja ulkoilman epäpuhtaudet. Sisäilmaongelmille löytyy yleensä useita selittäviä tekijöitä, jotka yhdessä aiheuttavat koetut haitat (Ympäristöopas 2016, 14).

Sisäilmayhdistyksen mukaan rakenteisiin pääsevä tai pinnoille tiivistyvä kosteus on yleisimpiä sisäilmaongelmien aiheuttajia (n.d). Kosteus- ja mikrobivaurio usein sekoitetaan keskenään, mutta ne eivät tarkoita samaa asiaa. Korjaamattoman kosteusvaurion seurauksena voi syntyä mikrobivaurio. Kosteusvaurioita voidaan ehkäistä estämällä kosteuden pääsy rakenteisiin huolellisella suunnittelulla ja rakentamisella sekä rakennusten kunnossapidolla. Kosteusvaurioiden syntyyn tai ehkäisyyn ei oteta sen tarkemmin kantaa tässä opinnäytetyössä.



KUVA 1. Sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä (THL 2019)

Rakennuksen terveydellisistä oloista säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999, MRL), terveydensuojelulaissa (763/1994, TsL) sekä työturvallisuuslaissa (738/2002). Terveydensuojelulain 26 §:n mukaan asunnon ja muun sisätilan sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden, melun, ilmanvaihdon, valon, säteilyn ja muiden vastaavien olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa tai sisätilassa oleskeleville terveyshaittaa.

Sisäilma- ja rakennusteknisten kuntotutkimusten syynä on usein sisäilmaoireilu. Tutkimuksissa ei pidä suoraan hypätä mikrobinäytteiden ottoon, sillä oireiden syy löytyy usein muualta kuin mikrobivauriosta. Aistinvaraisten tarkastelujen lisäksi voi olla tarpeen tarkastaa ilmanvaihdon toimivuus ja riittävyys. Lämpötila- ja paine-erojen mittaukset sekä ilmavuotojen selvitykset ovat myös tyypillisiä toimenpiteitä. Lisäksi ihmisille oireita aiheuttavien epäpuhtauksien lähde voi hyvin olla jossain muualla kuin mikrobikasvustossa. Tärkeää on, että rakennusta tutkitaan kokonaisuutena.

## 2.2 Mikrobit

Mikrobeja ovat muun muassa virukset, bakteerit, sienet, levät ja alkueläimet. Mikrobeja esiintyy kaikkialla ympäristössä. Sisäilman tavanomaisia mikrobilähteitä ovat muun muassa lemmikkieläimet, huonekasvit ja pöly. Myös ulkoilmasta kulkeutuu mikrobeja sisäilmaan. Kosteusvauriorakennuksen mikrobeista puhuttaessa tarkoitetaan yleensä bakteereita ja sieniä. Mikrobit tarvitsevat kasvaakseen happea, lämpöä, kosteutta ja ravinteita. Lämpötila on rakennuksissa yleensä sopiva ympäristömicrobeille, ja ravinteita ne saavat rakennusmateriaaleista tai jopa huonepölystä. Kosteus on tärkein mikrobikasvua säätelevä tekijä, sillä mikään mikrobi ei kasva täysin kuivassa ympäristössä. (Leivo 1998, 39–40; THL 2019.) Kosteusvaatimukset ovat mikrobikohtaisia, esimerkiksi homesienillä ja hiivoilla alin kasvun mahdollistava rakenteen huokosilman suhteellinen kosteus RH<sub>min</sub> = 65 - 85 %, bakteereilla, mm. aktinobakteereilla RH<sub>min</sub> = 95 % ja sinistäjä- ja lahojajasienillä RH > 95 % (Sisäilmayhdistys 2008).



Rakennusmateriaaleilla voi kasvaa erilaisia home- ja hiivasieniä sekä sädesieniä ja muita bakteereita. Sädesienet ovat bakteereita, mutta niiden kasvutapa muistuttaa homesieniä. Homeiksi kutsutaan rihmastoja tuottavia sieniä. Tunnetuimpia homesienisukuja ovat *Penicillium* ja *Aspergillus*. Homeet kasvavat tavallisesti elatusaineen, esimerkiksi puun, pinnalla. (Leivo 1998, 39–40.) Homeen kasvu käynnistyy homeitiöstä. Itiöstä kasvaa rihmasto, joka käyttää kasvualustan ravinteita. Rihmastosta kehittyy kasvuston yläpuolelle nousevia ilmarihmoja sekä itiökannattimia, joihin kehittyy uusia itiöitä. Itiöt leviävät ilman mukana uusille kasvupaikoille. Kasvustosta irtoaa myös pieniä partikkeleita sekä aineenvaihduntatuotteita, joilla voi olla vaikutusta sisäilman laatuun. (Ympäristöopas 2016, 127–128.)

Tiiviillä ja umpisoluisilla materiaaleilla (esimerkiksi puu, betoni ja useat muovieristeet ja -kalvot) mikrobikasvusto kehittyy materiaalin pintaan ja halkeamiin. Huokoisilla materiaaleilla (esimerkiksi puukuitulevyt, puupuru ja mineraalivillaeristeet ja vettynyt kipsilevy) kasvustoa kehittyy yleensä runsaasti myös materiaalin sisälle. (Ympäristöopas 2016, 128.) Sinistäjä sienet voivat kasvattaa rihmastoja puun sisään aiheuttaen värivirheitä heikentämättä puun teknisiä ominaisuuksia (Leivo 1998, 40). Lahottajasienet kasvavat rihmastoina, kuten homeet. Lahottajasienet pystyvät hajottamaan puuta ja puupohjaista materiaalia pintaa syvemmältä, sillä ne käyttävät ravinnokseen selluloosaa ja ligniiniä. Lahottajasienet siis heikentävät materiaalin lujuutta. Lahovaurion syntyminen edellyttää rakenteen korkeaa ja pitkäaikaista kosteuspitoisuutta. (Ympäristöopas 2016, 128; Pessi & Jalkanen 2018, 42.)

Indikaattorimikrobilla tai kosteusvaurioindikaattorimikrobilla tarkoitetaan sellaista mikrobia, jonka esiintyminen rakennuksessa viittaa kosteusvaurioon. Esimerkiksi hiivat ja sädesienet ovat indikaattorimikrobeja. (Leivo 1998, 51.) Näitä mikrobeja esiintyy harvoin vauriottomien rakennusten rakenteissa tai ilmassa. Osa indikaattorimikrobeista tarvitsee korkean kosteuspitoisuuden kasvaakseen. (Pessi & Jalkanen 2018, 39.)

Kostuneen rakenteen väliaikainen kuivuminen ei tuhoa mikrobikasvustoa. Liian kylmässä, kuumassa tai kuivassa mikrobikasvusto menee lepotilaan. Kasvustoon muodostuneet homeitiöt pysyvät lepotilassa elinkykyisinä olosuhteista ja lajista riippuen useita viikkoja, kuukausia tai vuosia. Itiöt sietävät hyvin kuivuutta ja osa

mikrobeista jatkaa kasvuaan, kun olosuhteet muuttuvat kasvulle suotuisiksi. Useat rakennuksissa esiintyvät homeet sietävät hyvin vaihtelevia kosteusolosuhteita ja kuivuusjaksoja. (Ympäristöopas 2016, 129.)

### **2.2.1 Mykotoksiinit ja mikrobien aineenvaihduntatuotteet**

Mykotoksiinit ovat bakteerien ja homeiden tuottamia myrkyllisiä tai terveydelle haitallisia yhdisteitä. Toksiinit eivät ole haihtuvia yhdisteitä, mutta voivat joskus esiintyä sisäilmassa kiinnittyneinä pieniin hiukkasiin. (Asumisterveysopas 2009, 151.) Sienilaji, sienikanta sekä niiden elinolosuhteet vaikuttavat toksiinien tuotantoon. Vain jotkut sienilajit pystyvät tuottamaan mykotoksiineja. Kosteusvauriorakennuksen mahdolliset toksiinintuottajasienet esiintyvät yleisimmin materiaali- kuin ilmanäytteissä (Leivo 1998, 52.)

Mikrobit tuottavat kasvaessaan aineenvaihduntatuotteina haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (MVOC), jotka aiheuttavat herkästi aistittavaa maakellarimaista homeenhajua. Useimmilla MVOC-yhdisteillä on myös muita lähteitä, kuten kostu- neet rakennusmateriaalit, elintarvikkeet ja pesuaineet. Toistaiseksi ei tiedetä riittäväällä varmuudella, mitkä yhdisteet viittaavat mikrobikasvustoon, joten MVOC-mittauksia ei voida käyttää mikrobivaurioiden tai mikrobien aiheuttaman terveys- haitan toteamiseen. (Asumisterveysopas 2009, 151.)

### **2.2.2 Rakennusmateriaalin merkitys**

Mikrobivaurion kehittymiseen vaikuttaa kosteuden, lämpötilan ja vaikutusajan lisäksi tarkasteltava materiaali. Rakenteen ja myös koko rakennuksen kosteustek- ninen toimivuus on erittäin tärkeää mikrobivaurioiden ehkäisyssä. VTT:n ja TTY:n yhdessä kehittämä Suomalainen homemalli on työkalu, jonka avulla voidaan las- kea homehtumisriski kaikille rakennusmateriaaleille, joiden homehtumisher- kkyysluokat (taulukko 1) tunnetaan. Homeindeksin laskentaan vaikuttaa homehtu- misherkkyysluokan lisäksi tarkastelukohdan lämpötila sekä suhteellinen kosteus. (Suomalainen homemalli n.d). Homehtumiselle herkkiä materiaaleja ovat erilaiset puu- ja paperipohjaiset tuotteet ja kartonkipintainen kipsilevy. Männyn pintapuu

ja koivu ovat herkempiä homehtumaan kuin esimerkiksi kuusi tai männyn sydänpuu. (Ympäristöopas 2016, 133.)

TAULUKKO 1. Rakennusmateriaalien jakautuminen eri homehtumisherkkyysluokkiin (Suomalainen homemalli n.d)

Homehtumisherkkyysluokka		Rakennusmateriaalit
HHL1	Hyvin herkkä	Karkeasahattu ja mitallistettu puutavara (mänty, kuusi ja lehtipuut), höylätty mänty, koivuvaneri, käsittelemätön huokoinen puukuitulevy, kartonkipintainen kipsilevy
HHL2	Herkkä	Höylätty kuusi, paperipohjaiset bitumoidut/käsitellyt tuotteet ja kalvot, puupohjaiset liimatut levyt, havuvaneri, bitumoitu/käsitelty huokoinen kuitulevy
HHL3	Kohtalaisen herkkä	Mineraalivillat, muovipohjaiset materiaalit, kevytbetoni, kevytsorabetoni, karbonatisoitunut vanha betoni, sementtipohjaiset tuotteet, tiilet, kuitusementtilevy, lasikuitupintainen kipsilevy
HHL4	Kestävä	Lasi ja metallit, alkalinen uusi betoni, tehokkaita homesuoja-aineita sisältävät materiaalit

Muovi- ja kumipohjaiset materiaalit ovat kohtalaisen kestäviä riippuen materiaalin laadusta. Luonnonkumi on herkkä homevaurioille ja synteettiset muovit ovat melko kestäviä. Lattioiden muovipäällysteiden liimakerrokset tai alapinnan tekstiilikerrokset ovat mahdollisia alustoja mikrobikasvuston kehittymiselle korkeassa kosteuspitoisuudessa. Myös kosteutta kestävien muovieristeiden pinnoille voi pitkän ajan kuluessa kehittyä mikrobikasvustoa, riippuen materiaaliin kosketuksissa olevien muiden materiaalien homehtumisherkkydestä ja vallitsevista olosuhteista. (Ympäristöopas 2016, 134.)

Uusi puhdas betoni on homehtumisen kannalta kestävä materiaali. Kuitenkin pysyvän kosteusrasituksen seurauksena vanhan karbonatisoituneen betonin sekä kevyt- ja kevytsorabetonin pinnalle kehittyä mikrobikasvusto kuukausien tai vuosien kuluessa. Myös tasoitetuille ja erityisesti vesihöyryntiiviillä maalilla pinnoitetuille betonirakenteille kehittyä yleensä mikrobikasvustoa kuukausien kuluessa, mikäli rakenne on jatkuvasti erittäin kosteana. (Ympäristöopas 2016, 134.)

Mikrobivaurioitumisen suhteen kestävimpiä ovat lasi- ja metallipinnat. Näille materiaaleille kasvustoa on mahdollista kehittyä pintakerrokseen tarttuneeseen li-

kaan ja pölyyn. Märkätilan laatoituksen pinnalla sen likaisuudesta ja usein puutteellisesta ilmanvaihdosta johtuvaa mikrobikasvustoa ei katsota mikrobivaurioksi, sillä se on usein poistettavissa pesemällä. (Ympäristöopas 2016, 134–135.)

### **3 MIKROBINÄYTTEET**

#### **3.1 Mikrobiologiset tutkimukset**

Mikrobiologisten tutkimuksien tarkoituksena on vahvistaa tai poissulkea rakennuksen mikrobivaurion mahdollisuus. Mittaustuloksilla voidaan osoittaa selkeästi mahdollinen asumisterveysasetuksen mukainen toimenpiderajan ylittyminen ja terveyshaitta. Jos toimenpideraja ylittyy, sen kenen vastuulla haitta on, tulee ryhtyä terveydensuojelulain 27 §:n tai 51 §:n mukaisiin toimenpiteisiin terveyshaitan selvittämiseksi ja tarvittaessa sen poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Terveydensuojelulain 1 §:ssä terveyshaitalla tarkoitetaan mm. elinympäristössä olevasta tekijästä tai olosuhteesta aiheutuvaa sairautta tai sen oiretta. Mikrobitutkimuksia ei välttämättä tarvita siinä tapauksessa, jos kasvusto on selkeästi silminnähtävää, sillä se riittää pelkästään toimenpiderajan ylittymiseen.

Mikrobitutkimukset voivat olla tarpeen silloin, kun mikrobikasvusto ei ole silmin havaittavissa, mutta rakennuksen käyttäjillä esiintyy oireilua. Maakellarimainen homeenhaju voi olla merkki mikrobikasvustosta, mutta hajun lähde voi olla myös muualla, esimerkiksi huonekaluissa. Myös mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausten onnistuminen voidaan varmistaa mikrobitutkimuksilla (Asumisterveysohje 2003, 73).

##### **3.1.1 Pinta- ja materiaalinäytteet**

Rakennusmateriaalinäyte on rakennusmateriaalista otettu näytepala. Pintanäyte on rakenteen pinnalta otettu näyte. Pintanäytteenotto soveltuu kovalle materiaaleille, kuten betoni-, kaakeli-, muovi- tai puupinnoille sekä tapetti- tai maalipinnoille. Rakennusmateriaalinäytteiden ottamista suositellaan silloin, kun mikrobikasvustoa epäillään huokoisessa tai helposti irrotettavassa ja hienonnettavassa materiaalissa, kuten eristeissä, tapetin tai kipsilevyn pinnalla (Asumisterveysopas 2009, 155–156).

Näytteenottokohdan valintaan vaikuttavat lähtötiedot ja kohteessa tehdyt tutkimukset ja havainnot. Näytteenottoa voidaan valita esimerkiksi kosteuskartoituksen tai aistinvaraisten tarkasteluiden perusteella. Usein kannattaa ottaa enemmän kuin yksi näyte. Lisäksi tulisi ottaa myös vertailunäytteitä varsinkin pintanäytteiden osalta. Ohjeita näytteiden ottoon on saatavilla Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa (2016).

Pintanäytetulosten tulkintaa vaikeuttaa se, että mikrobit leviävät vauriokohdasta ilmaan ja poistuvat ilmasta takertumalla vaurioitumattomillekin pinnoille. Vaurio- ja vertailupinnalta otettujen näytteiden vertailu helpottaa tulosten tulkintaa. Materiaalinäytteidenkin osalta tulosten tulkinta on joskus hyvin vaikeaa. Erityisen ongelman muodostavat alapohjan hiekkänäytteet ja vanhat eristemateriaalit. Materiaalin luonnollisen ikääntymisen mukanaan tuoman mikrobiston ja kosteusvauriomikrobiston erottaminen toisistaan on vaativa tehtävä. (Leivo 1998, 97.)

Laboratoriossa tehtävällä mikrobianalyysillä määritetään materiaalissa esiintyvien mikrobien määrää ja lajistoa. Suuri pitoisuus ja epätavallinen lajisto kertovat mikrobikasvusta. Näyte tulee ottaa ja analysoida laboratorion ohjeiden ja laadunvarmistusjärjestelmän mukaisesti. Mikrobikasvu todetaan ensisijaisesti rakennusmateriaalista mikrobien kasvatukseen perustuvalla laimennossarja- tai suoviljelymenetelmällä ja mikroskopoimalla tehdyllä analyysillä. (STMa 545/2015.)

### **3.1.2 Ilmanäytteet**

Sisäilman mikrobinäytteiden avulla voidaan joissakin tapauksissa todeta rakennuksessa mahdollisesti esiintyvä epätavanomainen mikrobilähde ja auttaa paikantamaan se tiettyyn rakennusosaan. Ilmayhteys aiemmin todetun mikrobivaurion ja oleskelutilan välillä on osoitettava muilla keinoin, kuten merkkiainekokeilla tai merkkisavulla. Sisäilman mikrobinäyte kuvaa vain ilman hetkellistä mikrobipitoisuutta näytteenkeräysaikana, ja pitoisuuksien tiedetään vaihtelevan voimakkaasti. Sisäilman mikrobipitoisuuteen vaikuttavat myös ulkoilman mikrobit ja mikrobien sisälähteet, joita ovat esimerkiksi elintarvikkeet, huonekasvit ja kotieläimet. Rakenteissa oleva mikrobivaurio ei aina tule esiin ilmanäytteiden tuloksissa. Siksi yksinomaan ilmanäytteiden perusteella ei voida poissulkea mikrobivaurion

mahdollisuutta. (Pessi & Jalkanen 2018, 44). Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen osan IV (2016) mukaan ilmanäytteen otto ei ole ensisijainen menetelmä ja ilman mikrobipitoisuuden lisäksi on oltava myös muuta näyttöä toimenpiderajan ylittymisestä.

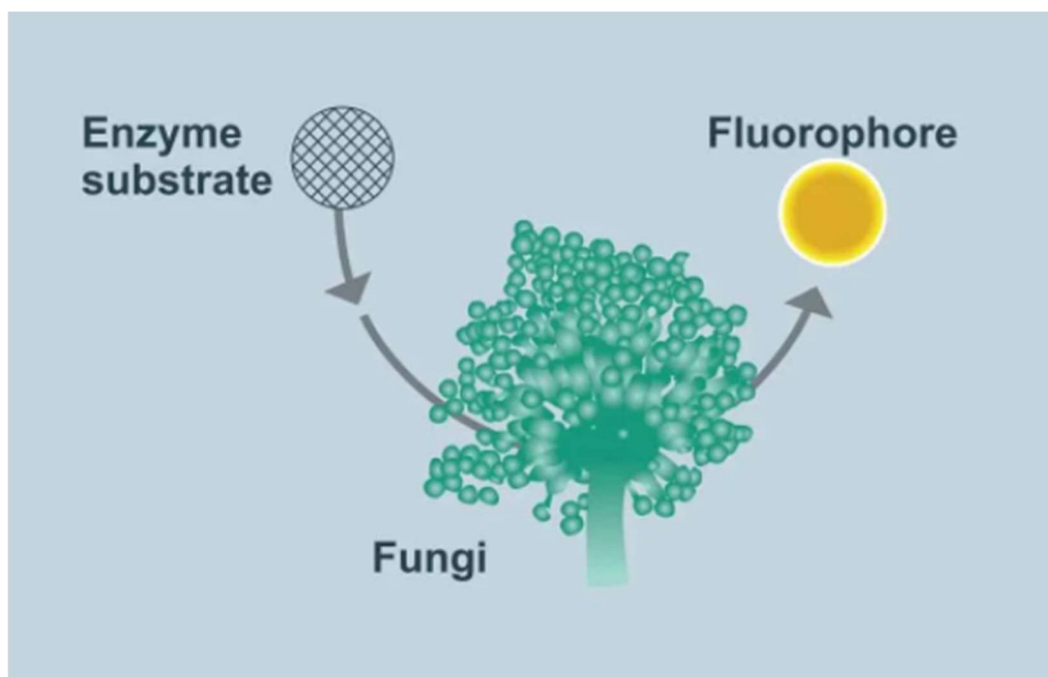
Sisäilman mikrobimittaukset ovat tarpeen silloin, kun mikrobikasvu ei ole näkyvää eikä vauriota ole voitu paikallistaa rakennuksen kosteusvauriokuntoarviolla, mutta esimerkiksi homeenhaju tai tilan käyttäjien oireilu viittaavat mahdolliseen vaurioon. Sisäilman mikrobimittausten avulla selvitetään, ovatko tilan sisäilman mikrobipitoisuudet ja -suvusto tavanomaisia rakennuksen sijaintiin, ikään sekä vuodenaikaan ja käyttäjien toimintaan nähden. (Asumisterveysopas 2009, 153.)

Sisäilman mikrobinäytteiden ottoon suositellaan 6-vaiheimpaktoria eli ns. Andersen-keräintä, joka on Valviran hyväksymä menetelmä ja jolla saaduille tuloksille on olemassa viitearvot Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeesta (2016). Mittausten suositeltavin ajankohta on talvi, maan ollessa lumen ja jään peitossa, jolloin ulkoilman sieni-itiö- ja sädesienipitoisuudet ovat pienimmillään ja sisäilmassa esiintyvien itiöiden voidaan olettaa olevan peräisin lähes yksinomaan asunnon sisältä (Asumisterveysopas 2009, 157). Ilmanäytteet otetaan huoneista, joissa epäillään mikrobivauriota. Näytteitä on suositeltavaa ottaa vähintään kahdesta huoneesta. Näytteitä otetaan suhteessa rakennuksen kokoon. Mitä suurempi rakennus, sitä enemmän näytteitä tulisi ottaa. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje osa IV 2016, 13.)

## 4 MYCOMETER-MENETELMÄ

### 4.1 Yleistä

Mycometer on Tanskassa vuonna 1998 perustettu yritys. Mycometer-näytteenotomenetelmä on Kööpenhaminan yliopistossa kehitetty homekasvustojen analysointimenetelmä, joka perustuu homekasvuston sienirihmastossa ja itiöissä esiintyvän NAHA-entsyymien havaitsemiseen ja määrittämiseen. Näytteen analysointi perustuu näytteen entsyymiaktiivisuuden mittaamiseen fluoresoivan entsyymikasvualustan avulla. Mitattavaa entsyymiä esiintyy useimmissa homelajeissa, myös kuolleessa kasvustossa. (Mycometer 2021a.)



KUVA 2. NAHA-pitoisuus saadaan mitattua entsyymikasvualustan avulla fluorometrisesti (Mycometer 2021a)

Mycometer-menetelmällä ei voi tehdä lajitunnistusta, sillä mitataan ainoastaan kokonaiskasvuston pitoisuutta. Sienten kokonaispitoisuutta mittaavat testit Mycometer surface Fungi ja Mycometer air Fungi eivät havaitse hiivoja tai bakteereita. Bakteereille on kehitetty myöhemmin erillinen menetelmä: Mycometer surface Bacteria pinta- ja materiaalinäytteille. Vuonna 2021 julkaistiin uusi tuote: Mycometer air Allergen mittaamaan allergeenien kokonaispitoisuutta ilmasta, mutta siitä ei ole vielä enempää informaatiota saatavilla.



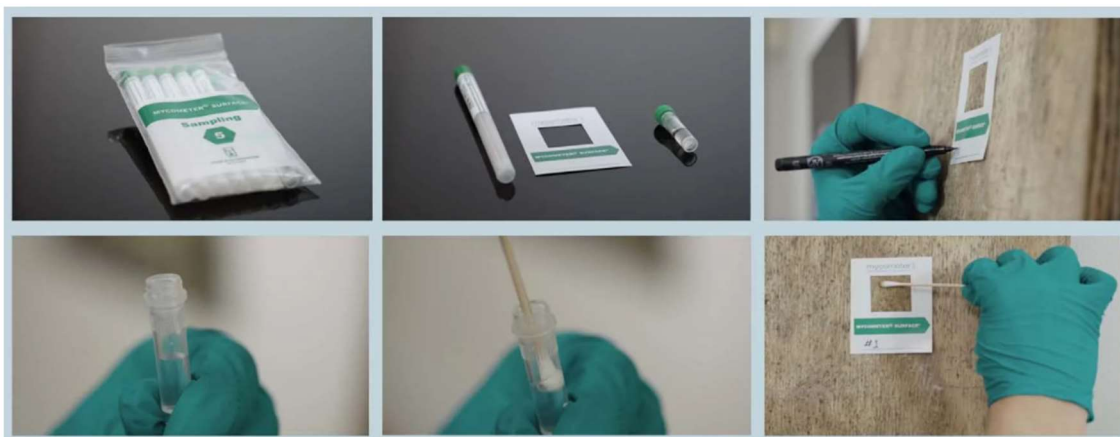
Mycometer-analyysimenetelmän tuloksia arvioidaan sille kehitetyn oman arviointimenetelmän perusteella siten, että näytteen analyysivastauksena saatu numeerinen lukuarvo perustuu näytteestä määritetyn kasvuston biomassan tiheyteen. Näytetulokset luokitellaan kolmeen kategoriaan; A, B ja C. Kategorialuokitukset on kehitetty yhdessä Tanskan rakennustutkimuslaitoksen ja Tanskan teknillisen yliopiston kanssa (Mycometer 2021b).

Menetelmän käyttäjien on suoritettava pätevyyskoulutus. Peruskurssiin, joka on saatavilla internetissä, sisältyy ohjeita näytteenoton ja analyysin vaiheista sekä tentti. Lähiopetuksena käytävä koulutus on kattavampi ja sisältää myös käytännön osuuden. Ilma-, pinta- ja materiaalinäytteille on omat kurssinsa, joihin kaikkiin kuuluu tentti. Koulutus sisältyy laitteiden hintaan. (Mycometer 2021b.)

## **4.2 Näytteen otto ja tulosten analysointi**

Mycometer-menetelmällä analysoitavat materiaalinäytteet kerätään noudattamalla samoja ohjeita ja huolellisuutta kuin laboratorioon lähetettävien näytteiden osalta. Eristemateriaalia kerätään vähintään 100 mg ja sementtiä sisältävää materiaalia 300 mg. Materiaalinäytteiden tulosten tulkinnassa käytetään erillisiä taulukoita eristemateriaaleille sekä sementtiä sisältäville materiaaleille. (Mycometer 2021b.)

Pintasivelynäyte otetaan steriililiuoksessa kastetulla pumpulipuikolla. Pumpulipuikolla sivellään näytteenottoaluetta menetelmän ohjeiden mukaisesti ja laiteetaan sen jälkeen takaisin sille tarkoitettuun putkiloon. Pintasivelynäytteitä voidaan säilyttää korkeintaan viikon ennen niiden analysointia. (Mycometer 2021b.)



KUVA 3. Pintasivelynäytteen keräämiseen tarvittavat välineet ja näytteen otto (Mycometer 2021b)

Ilmanäytteet kerätään näytteenottotelineen, pumpun ja virtausmittarin avulla suodatinputkiloon. Ilmanäytteet voidaan ottaa joko passiivisella tai aggressiivisella menetelmällä. Aggressiivisessa näytteenotossa puhalletaan tilan pinnat ja laiteaan näin huoneilma liikkeelle. Tilaan pyritään luomaan normaaleja olosuhteita vastaava tilanne. Valmistaja suosittelee käyttämään aggressiivista näytteenottoa. Ilmanäytteen keräysaika on 15 minuuttia, ja sen aikana kerätään 300 litraa ilmaa suodattimelle. (Mycometer 2021c.)



KUVA 4. Mycometer® air-välineistö (Mycometer 2021c)

Kaikki näytteet analysoidaan käyttämällä samaa analysointilaitetta (kuva 5). Tuloksien tulkintaan käytetään menetelmän omia arviointiasteikkoja, joiden perusteella näytteet luokitellaan kategorioihin A, B tai C. Kategoriassa A sienikasvun pitoisuus ei ole normaalia korkeampi. Kategoriassa B pitoisuus on hieman normaalia korkeampi, mikä voi johtua pölyisyydestä tai viitata joko matalaan homepitoisuuteen tai vanhaan kasvustoon. Kategoriassa C tulokset viittaavat selvästi kohonneeseen sienipitoisuuteen. Valmistajan tarkkoja ohjeita näytteiden keräämiseen, analysointiin ja tulosten tulkintaan on syytä noudattaa.



KUVA 5. Mycometer-analysointilaitte (fluorometri) (Mycometer 2021a)

### 4.3 Tehtyjä tutkimuksia

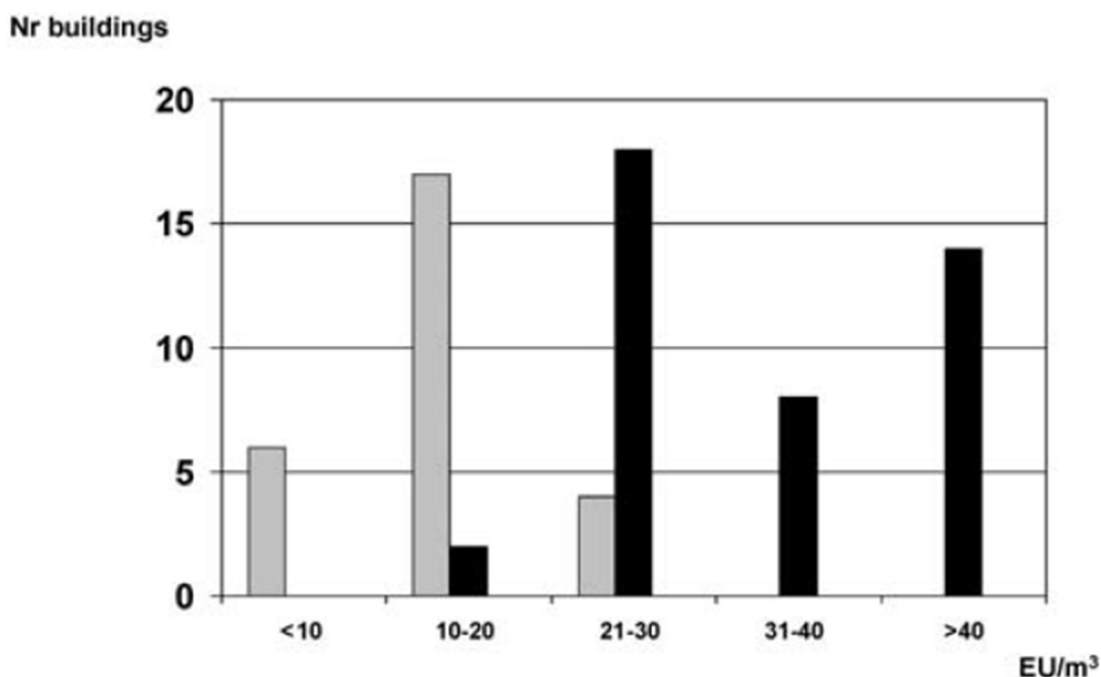
Viranomaistutkimuksissa päätöksenteon perustana voidaan käyttää vain Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa IV kuvattuja menetelmiä. Jotta uusi, muu kuin soveltamisohjeen mukainen menetelmä soveltuisi viranomaistutkimuksiin, tulee sen olla validoitu. (Pessi & Jalkanen 2018, 61.) Uuden mittausmenetelmän luotettavuus ja toistettavuus terveyshaittojen selvittämiseksi on osoitettava asiantuntevan ja riippumattoman sosiaali- ja terveysministeriön hyväksymän toimijan toimesta (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje osa I 2016).

Terveiden ja hyvinvoinnin laitos on tehnyt validointityötä Mycometerin sekä muiden uusien menetelmien avulla tapahtuvaan mikrobikasvuston havaitsemiseen. Vuoden 2015 sisäilmastoseminaarin julkaisun raportissa ”Menetelmien kehitystyö mikrobikasvuston toteamiseksi” esitellään Mycometerin validointityötä. Samoista näytteistä tehtiin analyysit sekä viljelyllä että Mycometer-menetelmällä. Tutkimuksen tuloksissa todetaan pintanäytteiden osalta, että Mycometer-menetelmä toimii vaurio-vertailuasetelmassa erittäin hyvin. Mycometerin huomattiin havaitsevan suurempia sienipitoisuuksia vauriopinnoilla kuin vertailupinnoilla, vaikka viljely ei pystynyt tekemään eroa. Rakennusmateriaalinäytteet, jotka ylittivät vauriorajan viljelymenetelmällä, hajaantuivat Mycometer-menetelmällä melko tasaisesti kaikkiin kategorioihin. Viljelyllä alle vaurioluokituksen olevista näytteistä 73 % oli myös Mycometer-analyysissä joko A-kategoriassa tai alle määritysrajojen. (Valkonen ym. 2015, 381–384.) Myös tutkimuksessa ”Mikrobimääritykset rakennusmateriaalinäytteistä – menetelmien vertailu” saatiin samankaltaisia tuloksia rakennusmateriaalinäytteiden osalta (Valkonen ym. 2019, 209–213). Kummassakin tutkimuksessa kuitenkin todetaan menetelmien mittaavan hieman eri asioita, joten on luonnollista, ettei täysin samoihin tuloksiin päästä.

Britanniassa vuonna 2016 aloitetun Indoor Mould Testing and Benchmarking -hankkeen alkuvaiheen tarkoituksena on ollut testata Mycometer-menetelmää ja tuottaa sille vertailuarvot. Tutkimuksissa keskityttiin ilma- ja pintanäytteisiin. Vuonna 2018 julkaistussa raportissa todetaan, että aggressiivisten ilmanäytteiden ja pintanäytteiden yhdistelmä on paras tapa saada kattavin kokonaiskuva mikrobihaitasta. Tutkimuksen alkuperäinen tarkoitus on ollut tutkia juuri Mycometer-menetelmää, mutta tutkimuksia aiotaan laajentaa vielä muihinkin menetelmiin. Sienten kokonaispitoisuutta NAHA-entsyymien avulla mittaavaan menetelmään on päädytty, koska mikrobien lajitunnistuksella ei koeta olevan suurta merkitystä. Näytteiden tuloksissa huomattiin olevan selkeä ero tilojen, joissa on näkyvää homekasvustoa sekä tilojen, joissa ei ole, välillä. Annetuista ehdotuksista vertailuarvoiksi, ilmanäytteiden arvot eroavat jonkin verran Mycometerin omista suosituksista. (Aktas ym. 2018.)

NAHA-entsyymien on osoitettu useissa tutkimuksissa soveltuvan hyvin sienten kokonaisbiomassan mittariksi. Sienien joukosta NAHAa tuottaa pääasiassa rihmasienet kuten *Aspergillus*-lajit, mutta NAHA-entsyymille on myös muita lähteitä.

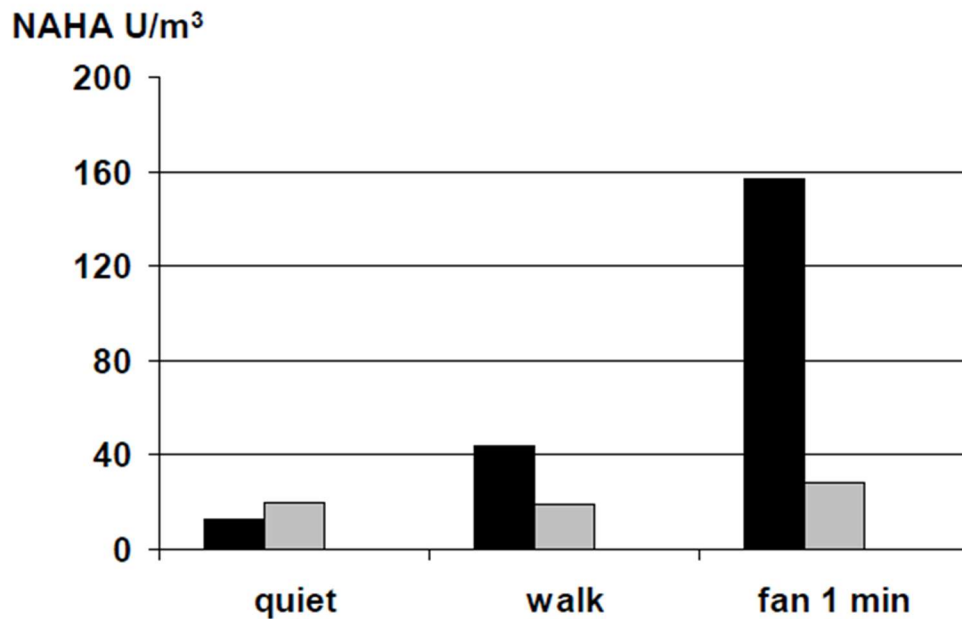
Korkeiden NAHA-pitoisuuksien voidaan kuitenkin olettaa johtuvan homevauriosta, sillä ei ole syytä uskoa virhelähteistä peräisin olevien NAHA-pitoisuuksien kasvavan kosteissa, mikrobeille suotuisissa olosuhteissa, kuten sienikasvustot. Tutkimuksissa NAHA-entsyymien määrittämisen avulla on saatu eroteltua hyvin home- tai kosteusvaurioituneet rakennukset vertailukohteista (kuvio 1). (Rylander, Reeslev & Hulander 2010.)



KUVIO 1. NAHA-entsyymien aktiivisuus (harmaalla) rakennuksissa, joissa ei ollut homevaurioita ja homevaurioituneet rakennukset (mustalla) (Rylander ym. 2010)

Useissa tutkimuksissa mainitaan myös NAHA-entsyymien yhteydestä terveyshaittoihin. Sarkoidoosia ja astmaa sairastavien kodeista on mitattu korkeita NAHA-pitoisuuksia sisäilmasta Mycometer-menetelmällä. Kuolleella ja kuivuneella kasvustolla on kyky tuottaa sienisolujen nanohiukkasia, jotka voivat pysyä pidempään ilmassa kuin suuremmat hiukkaset, kuten itiöt. Pienemmät hiukkaset tunkeutuvat paremmin hengitysteihin ja aiheuttavat ihmisille oireita. Tämän vuoksi todetaan myös, että NAHA-entsyymi voisi olla tarkempi altistumisen mittari kuin elinkykyisten pesäkkeiden ja itiöiden määrä. Altistuminen tapahtuu hengitysteiden kautta, joten ilmanäytteet edustavat parhaiten altistumista, mutta tulokset kertovat vain mittaushetken olosuhteista. (Rylander 2015, 205–208; Tercelj ym. 2012, 876–879; Adhikari, Reponen & Rylander 2012, 142–146.) Siivouksen ja

pintojen puhdistamisen vaikutus ilmanäytteiden tuloksiin nähdään kuviosta 2. (Rylander 2015, 207).



KUVIO 2. Ilman liikkuvuuden sekä siivouksen vaikutukset NAHA-pitoisuuksiin (mustat palkit ennen siivousta ja harmaat siivouksen jälkeen) (Rylander 2015, 207)

Mycometer-menetelmä on testattu ja hyväksytty US-EPA:n (United States Environmental Protection Agency) ETV-ohjelmassa vuonna 2011 (Environmental Technology Verification Program). Ohjelmassa selviteltiin muun muassa mikrobitalon ja fluoresenssisignaalin välistä lineaarisuutta. Näytteiden toistettavuutta testattiin eri henkilöiden toimesta ja erilaisissa olosuhteissa.

#### 4.4 Menetelmän edut ja haitat

Menetelmän suurin vahvuus on sen nopeus: tulokset ovat saatavilla alle tunnissa, kun laboratoriossa analysoitavien näytteiden tulokset saadaan viikkojen kuluttua näytteiden saapumisesta. Tarvikkeet näytteenottoon ja analyysiin ovat kevyitä, eikä analyysiin vaadita laboratorio-olosuhteita, joten menetelmä soveltuu käytettäväksi kentällä. Nopeuden ansiosta myös tulokset on mahdollista saada näytteenottopaikalla. Merkittävä etu viljelymenetelmiin verrattuna on myös se, että Mycometer havaitsee myös kuolleen ja lepotilassa olevan kasvuston.

Mycometer-menetelmällä ei voida tunnistaa mikrobilajistoa. Toisaalta ei ole olemassa kovin kattavaa tietoa eri mikrobilajien ja -lajiyhdistelmien vaikutuksista terveyteen (Ympäristöopas 2016, 144). Tieto mikrobilajistosta on tärkeä osa mikrobikasvuston ja epätavanomaisten mikrobilähteiden tunnistamista, mutta yksinomaan sen perusteella ei voida tehdä päätelmiä rakennuksen vauriosta tai terveellisyydestä (Pessi & Jalkanen 2018, 39). Mycometer-tulosten tulkintaa saattaa vaikeuttaa NAHA-entsyymien useat virhelähteet, joita ovat esimerkiksi eläimet, kasvit, elintarvikkeet ja siitepöly. Menetelmälle ei myöskään ole Suomessa virallisia vertailuarvoja eikä näin ollen tuloksilla ole virallista painoarvoa, jota voidaan tarvita esimerkiksi altistumisen osoittamiseen tai joihinkin korvausavustus- ja vakuutustapauksiin.

## 5 PÄÄTELMÄT

Sisäilmatutkimuksiin Mycometer-menetelmä sopii hyvin käytettäväksi muiden tutkimusmenetelmien rinnalla. Mikrobinäytteiden lisäksi on aina tehtävä myös vähintään aistinvaraisia tarkasteluja. Eri tutkimusmenetelmillä saatujen tulosten ja havaintojen perusteella pystytään tekemään kaikista luotettavimmat johtopäätökset. Tulosten tulkitsijalla olisi hyvä olla sekä sisäilma- että rakennusteknistä asiantuntemusta.

Aggressiivisia Mycometer-ilmanäytteitä sekä pintanäytteitä voitaisiin käyttää yhdessä sisäilmatutkimuksien alkuvaiheessa tai alustavissa tutkimuksissa nopeaan homevaurion laajuuden arviointiin ilman rakenteiden avaamista. Sisäilmanäytteitä voidaan yksinäänkin käyttää nopeaan tilannearvioon ainakin talvella, kun mikrobeiden voidaan olettaa olevan peräisin pelkästään rakennuksen sisältä. Ilmanäytteitä voidaan ottaa esimerkiksi tilanteissa, joissa epäiltyä mikrobilähdettä ei osata paikantaa tietyille alueille. Jos saman rakennuksen yksittäisestä tilasta tai huoneesta saadaan huomattavasti korkeampia tuloksia kuin muista, voidaan jatkotutkimukset kohdentaa tähän tiettyyn tilaan.

Mycometerillä saatuja tuloksia voidaan luotettavina varsinkin pintanäytteiden osalta. Myös ilmanäytteiden tuloksia voidaan pitää vähintäänkin suuntaa antavina, mutta jos tulokset ovat C-kategoriaa, on se jo selkeä viite mahdollisesta mikrobivauriosta ja peruste jatkotutkimuksille. Tuloksia on kuitenkin tulkittava aina tilakohtaisesti ja selvitettävä mahdollisten virhelähteiden olemassaolo. Tilanteissa, jossa mikrobivaurion mahdollisuus halutaan sulkea pois tai on tarve saada tietoa mikrobilajistosta, on syytä ottaa näytteitä myös viljelymenetelmillä analysoitavaksi jo pelkästään riitatilanteiden välttämiseksi. Myös muissa tilanteissa, esimerkiksi tutkimusten tilaajan sitä vaatiessa, voidaan Mycometerilla saadut tulokset vahvistaa vielä viljelymenetelmällä. Ilma- ja pintanäytteitä on kerättävä riittävän paljon sekä otettava aina vertailunäytteet tulosten tulkinnan helpottamiseksi. Luotettavimman tuloksen saamiseksi ilmanäytteitä olisi hyvä kerätä myös eri ajankohtina. Tiloissa, joissa tiedetään olevan paljon virhelähteitä NAHA-entsyymille, esimerkiksi eläimiä tai elintarvikkeita, kannattaa harkita jotain muuta kuin Mycometer-menetelmää. Mycometerillä saatu korkea lukema saattaa kertoa



myös huonosta siivouksen tasosta. Joten, jos tiedetään tilojen olleen mittaushetkellä jokseenkin pölyiset tai pitkän aikaa siivoamatta, kannattaa mittaukset toistaa uudelleen siivoamisen ja pintojen puhdistuksen jälkeen. Pelkästään pölykin huonontaa sisäilman laatua ja mahdollinen oireilu saattaa helpottaa sen jälkeen, kun siivouksen tasoa parannetaan.

Asuisterveysasetuksen soveltamisoppaassa (2016) suositellaan ensisijaiseksi menetelmäksi rakennusmateriaalinäytteitä. Tämänhetkisten tutkimuksien perusteella tiedetään, että Mycometerillä analysoiduissa materiaalinäytteissä voi olla riski niin sanotuille väärille negatiivisille ja positiivisille tuloksille. Materiaalinäytteitä on kuitenkin suositeltavaa ottaa useampia kappaleita ja on epätodennäköistä, että ne kaikki antaisivat väärän tuloksen. Kun rakenneavauksia tehdään, voidaan samasta kohdasta ottaa näyte sekä Mycometer- että viljelyanalyysia varten. Näin Mycometerillä saadaan tulokset nopeasti ja viljelymenetelmällä mahdollisesti tarvittava tieto mikrobilajistosta sekä vahvistus Mycometerillä saaduille tuloksille. Mycometer mittaa myös kuollutta kasvustoa, toisin kuin viljelymenetelmä, joten se antaa myös lisäinformaatiota kokonaistarkastelua varten. Tilanteessa, jossa viljelymenetelmällä saadut tulokset jäisivät vaurioluokitusrajan alle, mutta Mycometerillä saataisiin C- tai B-tuloksia, voi ero johtua joko kuolleesta kasvustosta tai NAHA-entsyymien virhelähteistä.

Yllä mainitut johtopäätökset perustuvat tämänhetkiseen tietoon. Lisätutkimuksille on ehdottomasti tarvetta, jotta saataisiin luotettavat, suomalaiselle rakennuskannalle sopivat tulkintaohjeet. Lisäksi tulosten tulkinnassa tutkijan asiantuntemus on tärkeää. Aiemmat tutkimukset ovat todistaneet NAHA-entsyymien aktiivisuuden perustuvan menetelmän olevan luotettava tunnistamaan homevaurioituneet rakennukset, mutta tätä voitaisiin tutkia enemmän myös Suomessa. Mycometer on perinteisiä laboratoriomenetelmiä nopeampi, edullisempi ja vaivattomampi vaihtoehto, mutta se ei pysty kuitenkaan korvaamaan täysin viljelymenetelmiä. Erityisesti ongelma on se, ettei Mycometer-tuloksia voida ainakaan toistaiseksi käyttää osoittamaan toimenpiderajan ylittymistä.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, miten ja minkälaisiin sisäilmatutkimuksiin Mycometer-menetelmä soveltuu. Menetelmää voidaan pitää aiempien tutkimuksien perusteella luotettavana. Se soveltuu käytettäväksi erityisesti sisäilmatutkimuksien alkuun, jos halutaan saada nopeasti tieto mahdollisesta homevauriosta. Se soveltuu myös rinnakkain käytettäväksi viljelymenetelmien kanssa, sillä Mycometer mittaa myös kuollutta kasvustoa. Perinteisiin menetelmiin verrattuna Mycometer on nopeampi ja säästää siten aikaa ja rahaa.

Työn tuloksia voidaan pitää suhteellisen luotettavina. Huomioitavaa kuitenkin on, että opinnäytetyöntekijä on rakennusalan ammattilaiseksi valmistuva, eikä mikrobiologian tai terveysalan asiantuntija. Aiheeseen perehdyttiin niin hyvin kuin se oli työn tekemisen kannalta välttämätöntä ja aikarajoitusten vuoksi mahdollista. Opinnäytetyöprosessi lisäsi huomattavasti tekijän tietoisuutta rakennusten sisäilmaongelmista, mikrobivaurioista ja niiden tutkimisesta.

Tutkimuskysymyksiin saatiin vastaus, joten tavoitteet saavutettiin melko hyvin. Lähteinä työssä käytettiin kirjallisuutta, tieteellisiä artikkeleita ja tutkimusraportteja. Kaikkia käytettyjä lähteitä voidaan pitää luotettavina ja niihin suhtauduttiin sopivalla kriittisyydellä. Vaikka muutamat käytetyistä lähteistä olivat melko vanhoja, niistä saatua tietoa ei ole syytä pitää vanhentuneena.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää, kun halutaan saada lisätietoa Mycometer-menetelmästä, pohditaan menetelmän luotettavuutta tai sen käyttömahdollisuuksia sisäilmatutkimuksissa. Opinnäytetyötä voisi kehittää edelleen esimerkiksi haastatteleamalla sisäilmatutkijoita heidän käyttökokemuksistaan, havainnoistaan sekä mielipiteistään Mycometer-menetelmästä. Jatkossa voisi olla myös tarpeellista arvioida valmistajan määrittämien raja-arvojen soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin.

## LÄHTEET

Adhikari, A., Reponen, T. & Rylander, R. 2013. Airborne fungal cell fragments in homes in relation to total fungal biomass. *Indoor air* 23 (2), 142–147.

Aktas, Y.D., Altamirano, H., Ioannou, I., May, N. & D'ayala, D., 2018. Indoor Mould Testing and Benchmarking: A Public Report. UK Centre for Moisture in Buildings. <https://ukcmb.org/2019/10/20/indoor-mould-testing-and-benchmarking/>

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. 2016. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto.

Asumisterveysohje. 2003. Sosiaali- ja terveysministeriö.

Asumisterveysopas. 2009. 3. painos. Pori: Ympäristö ja Terveys -lehti.

ETV Verification Statement. 2011. The Environmental Technology Verification Program. The U.S. Environmental Protection Agency.

Leivo, V. 1998. Opas kosteusongelmiin. PDF-dokumentti.

Mycometer. 2021a. Technology. Luettu 12.4.2021. <https://www.mycometer.com/technology/index.html>

Mycometer. 2021b. Mycometer® surface Fungi. Luettu 22.4.2021. <https://mycometer.com/mycometer-surface2/>

Mycometer. 2021c. Mycometer® air Fungi. Luettu 27.4.2021. <https://mycometer.com/mycometer-air-fungi/>

Pessi, A. & Jalkanen, K. 2018. Laboratorio-opas. Mikrobiologisten asumisterveys tutkimuksien näytteenotto ja analyysimenetelmät. Pori: Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy.

Rylander, R. 2015.  $\beta$ -N-Acetylhexosaminidase (NAHA) as a Marker of Fungal Cell Biomass – Storage Stability and Relation to  $\beta$ -Glucan. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*. 3(4), 205–209.

Rylander, R., Reeslev, M. & Hulander, T. 2010. Airborne enzyme measurements to detect indoor mould exposure. *Journal of environmental monitoring* 12(11), 2161–2164.

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat. Mikrobikasvun edellytykset. Luettu 30.3.2021. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>

Sisäilmayhdistys ry. n.d. Homevaurioiden ehkäisy ja tunnistaminen. Luettu 30.3.2021. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Homevaurioiden-ehkaisy-ja-tunnistaminen>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 23.4.2015/545.

Suomalainen homemalli. n.d. Rakennusfysiikan tutkimusryhmä. Tampereen Yliopisto. Luettu 29.4.2021. <https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/suomalainen-homemalli/>

Terčelj, M., Salobir, B., Narancsik, Z., Kriznar, K., Grzetic-romcevic, T., Matos, T. & Rylander, R. 2013. Nocturnal Asthma and Domestic Exposure to Fungi. Indoor and built environment, 22(6), 876–880.

Terveydensuojelulaki 19.8.1994/763

THL. 2019. Mitkä tekijät vaikuttavat sisäilman laatuun? Luettu 18.3.2021. <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/mitka-tekijat-vaikuttavat-sisailman-laatuun->

Ympäristöopas. 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>