

Ramona Pohjanoksa

Homeet ja lahottajasienet kosteusvaurioissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

4.5.2016

Tekijä(t) Otsikko	Ramona Pohjanoksa Homeet ja lahottajasienet kosteusvauriorakennuksissa
Sivumäärä Aika	31 sivua 4.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Carola Fortelius
<p>Opinnäytetyön aiheena olivat kosteusvauriossa esiintyvät yleisimmät homeet. Tavoitteena oli luoda selkeä ja yksityiskohtainen kuva ajankohtaisesta aiheesta. Työ toteutettiin kirjallisuus-selvityksen muodossa ja työn toteuttamisen apuna käytettiin kirjallisuus- ja internet-lähteitä.</p> <p>Työssä käsiteltiin kosteusvaurion syntyä, homeiden rakennetta, elinkiertoa, kasvun eri vaiheita ja kasvuun vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi käsiteltiin toimenpiteitä homeiden puhdistamisessa, kasvun ehkäisyssä ja leviämisessä. Yleisimmistä kosteusvauriossa esiintyvistä homeista ja lahottajasienistä kuvailtiin yksityiskohtaisemmin rakennetta ja kasvuolosuhteita. Osaa homeista havainnollistettiin kuvien avulla. Myös erilaisista näytteenotto- ja tunnistusmenetelmistä kerrottiin, sekä arvioitiin niiden käytettävyyttä ja positiivisia sekä negatiivisia puolia. Lopuksi kerrottiin myös homeiden tuottamista mykotoksiineista ja MVOC-yhdisteistä (Microbial Volatile Organic Compounds) sekä mahdollisista homeiden aiheuttamista terveyshaitoista ja terveyshaitoista johtuvista oireista. Myös työturvallisuusasioista kerättiin tietoa. Kosteusvauriossa esiintyvien homeiden tulevaisuuden mahdollisuuksista ja kehityksen suuntaa pohdittiin työn lopussa. Opinnäytetyötä voisi mahdollisesti hyödyntää opetusmateriaalin muodossa tulevaisuudessa.</p>	
Avainsanat	Homesienet, kosteusvauriot

Author(s) Title	Ramona Pohjanoksa Mold and wood-decay fungi in water-damaged buildings
Number of Pages Date	31 pages 4 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food Engineering
Instructor(s)	Carola Fortelius, Lecturer
<p>The subject of the thesis was the most common fungi that naturally occurs in water-damaged buildings. The aim was to create a clear and detailed description of this current subject using literature and internet references.</p> <p>The thesis was conducted as a literature report. The formation of water-damage, and the structure, life cycle, different stages of growth and factors effecting the growth of mold were addressed. In addition, procedures used in fungal purification, growth prevention and spread were addressed. The most common fungal species occurring in water-damaged buildings were described in detail with respect to structure and growth conditions. Images were used to demonstrate some of the most commonly occurring fungi. Different methods and procedures used in fungal detection were described and evaluated in terms of their usability and advantages and disadvantages. Finally the mycotoxins and MVOCs produced by fungi as well as the possible health problems and symptoms caused by fungi were described. In addition, the matter of work safety was handled. The future opportunities and the direction of development were speculated about at the end of the thesis. This thesis could be utilized for educational purposes in the future.</p>	
Keywords	Mold, water damages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kosteusvaurion synty	1
2.1	Homeiden rakenne ja kasvu	2
2.1.1	Homeiden rakenne ja elinkierto	2
2.1.2	Primääri-, sekundääri- ja tertiäärikasvu	3
2.2	Kasvulle suotuisat olot ja kasvuun vaikuttavat tekijät	3
2.3	Homevaurion tunnusmerkkejä	5
2.4	Homeiden leviäminen ja kasvun estäminen	5
3	Yleisiä homeita kosteusvaurioissa	6
3.1	<i>Acremonium sp.</i>	7
3.2	<i>Alternaria sp. ja Alternaria alternata</i>	8
3.3	<i>Aspergillus sp.</i>	8
3.3.1	<i>Aspergillus fumigatus</i>	9
3.3.2	<i>Aspergillus ochraceus</i>	9
3.3.3	<i>Aspergillus versicolor</i>	9
3.3.4	<i>Aspergillus westerdijkiae</i>	10
3.4	<i>Chaetomium sp.</i>	10
3.5	<i>Cladosporium sp.</i>	11
3.6	<i>Fusarium sp.</i>	12
3.7	<i>Paecilomyces variotii</i>	13
3.8	<i>Penicillium sp.</i>	13
3.9	<i>Stachybotrys chartarum</i>	14
3.10	<i>Trichoderma sp.</i>	14
3.10.1	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	15
3.10.2	<i>Trichoderma atroviride</i>	15
3.10.3	<i>Trichoderma harzianum</i>	15
3.10.4	<i>Trichoderma viride</i>	16
4	Lahottajasienet	16
4.1	Sinistäjä sienet	17
4.2	Valkolaho	17
4.3	Ruskolaho	17

4.4	Katkolaho	18
5	Näytteenottomenetelmiä	18
5.1	Ilmasta otettavat näytteet	18
5.1.1	Andersen-keräin	19
5.1.2	RCS	19
5.1.3	Pyyhintänäytteet	19
5.1.4	Burkard	20
5.1.5	MCE-kasetit	20
5.1.6	Allergenco	20
5.2	Rakenteista otettavat pinta- ja materiaalinäytteet	20
5.3	Näytteenotossa huomioitavaa	21
6	Menetelmiä homeiden tunnistamisessa	21
6.1	Viljelyyn perustuvat menetelmät	22
6.2	Mikroskopia	22
6.3	CAMNEA-menetelmä	24
6.4	Massaspektrometria	24
6.5	PCR-tekniikat	25
6.6	Toksiinien mittaaminen eli aineenvaihduntatuotteiden mittaaminen	25
6.7	Vasta-ainemääritykset	26
6.8	Ergosterolipitoisuuden määrittäminen	26
6.9	Mahdollisuuksia ja rajoituksia	26
7	Terveyshaitat	27
7.1	Oireet	28
7.2	Mykotoksiinit	28
7.3	Microbial Volatile Organic Compounds	29
8	Työturvallisuus	30
9	Yhteenveto	30
	Lähteet	32

1 Johdanto

Sisäilmaongelmat ovat ajankohtainen ja kiinnostava aihe. Tässä työssä käsitellään yleisiä homeita ja lahottajasieniä, joita esiintyy kosteusvauriossa. Lisäksi käsitellään homeiden tunnistamisessa käytettäviä näytteenottomenetelmiä sekä tunnistamisessa käytettyjä perinteisiä ja uudempia menetelmiä. Työssä kerrotaan myös homeiden aiheuttamista terveyshaitoista ja altistuksesta johtuvista oireista, homeiden tuottamista mykotoksiineista sekä aineenvaihdunnan sivutuotteista. Työn tarkoituksena on antaa selkeä ja ajankohtainen kuva tämän hetkisestä tilanteesta homeiden tutkimuksessa ja pohtia tulevaisuuden kehitystä homeiden tutkimuksessa. Tarkoituksena on myös antaa tietoa yleisimpien kosteusvauriossa esiintyvien homeiden ulkonäöstä ja rakenteesta, sekä esiintyvyydestä ja kasvuolosuhteista.

Täten opinnäytetyötä voisi mahdollisesti hyödyntää esimerkiksi opetusmateriaalina. Työssä käsitellään myös homevauriokohteen puhdistukseen liittyviä asioita. Lisäksi käsitellään työturvallisuutta ja menettelytapoja niin kosteusvaurioituneissa tiloissa kuin laboratoriossa. Tavoitteena on tuottaa selkeä esitys yllä mainituista asioista ja luoda kokonaisuus, joka lähtee liikkeelle homeen kasvusta. On huomioitava, että myös muut mikrobit kuin homeet aiheuttavat sisäilmaongelmia ja mahdollisesti terveyshaittoja, mutta tässä työssä keskitytään homeisiin ja lahottajasieniin sekä niiden aiheuttamiin ongelmiin ja tutkimiseen. Opinnäytetyössä käytetään aiheeseen liittyviä kirjallisuus- ja internet-lähteitä.

2 Kosteusvaurion synty

Yleisimmin kosteusvaurio syntyy kosteisiin tiloihin, kuten kylpyhuoneeseen. Kosteusvaurion yleisimpiä syitä ovat rakennus- ja suunnitteluvirheet, lämpö- ja vesieristevauriot, kunnossapidon laiminlyöminen ja rakenteiden sekä materiaalien vanheneminen. Kosteus voi olla peräisin monesta eri lähteestä, kuten sade- ja sulamisvesistä, maaperästä, käyttövesistä tai ilmasta. Puutteellinen ilmanvaihto saattaa myös johtaa kosteuden tiivistymiseen ja kosteusvaurioon. Rakennusvaiheessa tulee kiinnittää huomiota materiaalien suojaamiseen kosteudelta ja betonivaluille tulee antaa riittävästi aikaa kuivua. Kosteus saattaa johtua rakenteisiin myös myöhemmin, rakennusvaiheen jälkeen. (1.) Liiallinen

kosteus saattaa johtaa homeiden ja lahottajasienten kasvuun, jos myös muut kasvutekijät, kuten riittävät ravinteet, ovat kohdillaan. Seurauksena saattaa olla sisäilman laadun heikkeneminen ja pitkäaikaisissa kosteusvauriotapauksissa puutavaran lahoaminen lahottajasienten vaikutuksesta. Kansanterveyslaitoksen vuonna 1995 tekemän tutkimuksen mukaan 1950–1980-lukujen pientaloissa jopa 75 % on ollut kosteusvaurioita tai -ongelmia, joista noin puolet voidaan luokitella vakaviksi. 1950-luvun taloissa kosteus liittyi kellareihin, 1960-luvun taloissa vesiputkien vauriot olivat ongelma, 1970-luvun taloissa kosteusvauriot liittyivät yläpohjaan ja 1980-luvun taloissa kosteusvauriot keskittyivät rakennusten seiniin. Kunkin vuosikymmenen rakennuksissa esiintyi vuosikymmenen rakennuksille tyypillisiä kosteusongelmia. (2, s. 46.)

2.1 Homeiden rakenne ja kasvu

2.1.1 Homeiden rakenne ja elinkierto

Homeet ovat monisoluisia eliöitä ja ne kuuluvat sienten (fungi) kuntaan. Homeet tuottavat yleensä lajille tyypillisiä itiöitä, jotka toimivat tunnistamisen perusteena, kun homeetta tarkastellaan mikroskoopilla. Itiöt voivat olla muodoltaan, kooltaan ja väriltään vaihtelevia. Tyypillisesti sisäilmassa esiintyvien homeiden itiöt ovat kooltaan 1–10 µm ja ne ovat osana homeiden, kuten muidenkin sienien, tavallista lisääntymistä. Itiöt ovat elinolosuhteiden mukaan yleisesti ottaen todella kestäviä ja kestävät siten elinkykyisinä jopa vuosia. Vanhimmat löydetyt elinkykyiset sieni-itiöt ovat noin 5000 vuotta vanhoja. Homeiden kannalta itiöiden säilyminen on siis tärkeää. (3, s.12–14.)

Homeen elinkierto lähtee liikkeelle itiöistä, jotka oikeissa olosuhteissa itävät ja muodostavat sienirihmoja, joista edelleen muodostuu sienirihmastoja. Kasvun alkua kutsutaan lag-vaiheeksi, ja kasvu on silloin hidasta. Eksponentiaalisen kasvun vaihe on lyhyt hetki kasvussa, jolloin homeen kasvu on nopeaa ja sen massa tuplaantuu aikayksikköä kohden. Tässä vaiheessa kasvun vauhti pysyy vakiona, jos ravinteita on riittävästi. Rihmastiin muodostuu itiönkannatinrakenteita, joihin muodostuu uusia kuromaitiöitä, jotka voivat levitä ja aloittaa homeen elinkierron alusta. (4, s. 2; 5.) Itiöiden muodostuminen kuuluu starionääriseen kasvun vaiheeseen, jolloin homeen biomassa pysyy vakiona tai kasvaa vähitellen. Sienirihmasto ei kasva starionäärisessä vaiheessa. Kuromaitiöiden välityksellä tapahtuva lisääntyminen on suvutonta ja *Ascomycota*-kaareen kuuluville lajeille tyypillistä lisääntymistä, mutta joidenkin homeiden elinkiertoon kuuluu myös suvullinen

lisääntyminen. Koska home saattaa tuottaa erilaisia itiöitä kasvunsa eri vaiheissa, saattaa visuaalinen tunnistus olla toisinaan hankalaa. (3, s.13; 5; 6, s. 163; 7.) Suvuttoman lisääntymiseen liittyvät rakenteet ovat muun muassa kuromankannattimia tai kuromapulloja ja ne muodostavat kuromaitiöitä. Suvulliseen lisääntymiseen liittyviä rakenteita kutsutaan asko- ja basidiokarpeiksi, jotka ovat itiöemiä, eli itiöitä tuottavia rihmastonkaumia. Erilaiset morfologiset piirteet kertovat homeiden kasvun vaiheesta. Esimerkiksi pelkän rihmaston läsnäolo mikroskopoitaessa kertoo kasvun varhaisesta vaiheesta tai siitä, että home ei ole lisääntymisen vaiheessa. (5; 8, s. 97.) Kuolemisvaiheessa rihmasto kuolee ja yleensä hajoaa (5).

2.1.2 Primääri-, sekundääri- ja tertiäärikasvu

Homeet voidaan jaotella karkeasti kolmeen ryhmään niiden kasvun mukaan ja sen mukaan, millaisia ravinteita ne suosivat. Primaarivaiheen homeet suosivat kuivahkoja olosuhteita, jolloin vesiaktiivisuus on välillä 0,6–0,8. Kuivia olosuhteita suosivia mikrobeja kutsutaan xerofiileiksi. Esimerkiksi *Penicillium*- ja *Aspergillus*-sukujen homeet kuuluvat primäärivaiheen homeisiin. Primäärivaiheen mikrobit kuuluvat kosteusvaurion alkuvaiheen mikrobeihin. Sekundäärivaiheen homeisiin kuuluu esimerkiksi *Alternaria*- ja *Cladosporium*-sukujen homeita sekä joitakin *Aspergillus*-suvun homeita. Sekundäärivaiheen homeille sopiva vesiaktiivisuusarvo on välillä 0,8–0,9. Sekundäärivaiheen mikrobeja esiintyy yleensä kosteusvaurion keskivaiheessa. Tertiäärivaiheen homeet ovat hydrofiileja, eli ne suosivat korkeita kosteuspitoisuuksia, jolloin vesiaktiivisuuden arvo on yli 0,9. Tertiäärivaiheen homeisiin kuuluu homeita *Stachybotrys*-, *Chaetomium*- ja *Trichoderma*-suvuista. Jos tämän vaiheen mikrobit esiintyvät valtalajina, viittaa se vakavaan kosteusvaurioon. Tertiäärivaiheen homeet esiintyvät pitkälle edenneissä kosteusvaurioissa, eli ne kuuluvat kosteusvaurion loppuvaiheen mikrobeihin. (5; 9, s. 8.)

2.2 Kasvulle suotuisat olot ja kasvuun vaikuttavat tekijät

Homeen kasvuun vaikuttavat tekijät ovat fysikaalisia, kemiallisia, biottisia eli elollisia tai elottomia. Elollisiin tekijöihin liittyvät itiöiden elinkyky, lajien luonne, kilpailu eri organismien välillä ja leviämISRakenteet, kuten itiöt. Elottomiin tekijöihin kuuluvat ravinteet, kosteus, pH, happi, hiilidioksidi ja valo. Homeet eivät kykene fotosynteesiin ja vaativat pieniä määriä useita erilaisia ravinteita. Tarvittavien ravinteiden määrät ovat kuitenkin niin pieniä, että ravinteiden puute ei ole yleensä kasvua rajoittava tekijä homeiden kasvussa.

Myöskään pH:n vaikutusta homeen kasvuun sisätiloissa ei pidetä yleensä merkitsevänä tekijänä. (8, s.191–193.)

Myös sellaisissa huoneistoissa, joissa ei ole ollut kosteusvauriota, on homeita ja muita mikrobeja. Mikrobisto on tällöin samankaltainen ulkoilman mikrobiston kanssa. Homeita esiintyy niin huoneilmassa, kuin materiaalien pinnoilla ja rakenteissa. Liiallinen kosteus voi johtaa näiden tavallisten homeiden liialliseen kasvuun, ja kosteusvaurion edetessä myös lahottaj sienet saattavat alkaa kasvamaan. Mikrobisto poikkeaa edenneessä kosteusvauriossa usein ulkoilman mikrobistosta. Itiöitä esiintyy normaaleissakin olosuhteissa sisäilmassa, mutta itiöt eivät pysty kasvamaan, jos olosuhteet eivät ole niille suotuisat. Itiöt voivat sisäilmassa esiintyessään olla kuolleita, lepotilassa tai valmiina kasvaamaan. Lepotilassa olevien itiöiden kasvu on estynyt fysikaalisten tai kemiallisten tekijöiden vuoksi. Itiöt ajautuvat sisätiloihin pääosin ulkoa.

Homeilla, kuten muillakin mikrobeilla on kasvutekijöiden suhteen optimiarvonsa, mutta kasvua tapahtuu myös optimialueiden ulkopuolella. Tärkein tekijä homeiden kasvussa on kosteus, sillä se on yleensä ainut kasvua rajoittava tekijä. Kriittinen kosteus homeiden kasvussa on RH 75–80 % ja optimaalinen RH 95–99 % (4, s. 4; 8, s. 191–193.) Sinistäjä- ja lahottaj sienet vaativat vähintään RH 95 % (4). Homeet tarvitsevat kasvaakseen kosteuden lisäksi lämpöä, happea ja ravinteita, joita yleensä onkin riittämiin asuinrakennuksissa. Myös happamuus vaikuttaa homeiden kasvuun ja optimaalinen happamuus homeiden kasvuun on alueella 3–5. Optimilämpötila homeiden kasvuun on yleensä 20–30 °C, mutta joillain lajeilla jopa 40 °C. Homeet voivat kasvaa kuitenkin myös huomattavasti alhaisimmissa ja korkeammissa lämpötiloissa. (4.) Riittävän kosteissa olosuhteissa lähes mikä tahansa rakennusmateriaali homehtuu, mutta toiset materiaalit homehtuvat herkemmin kuin toiset. Homekasvusto ei kuitenkaan ole aina näkyvää, sillä se saattaa olla myös rakenteissa. (1.) Homekasvuston muodostumiseen voi mennä olosuhteista riippuen päivistä vuosiin. (4, s. 4.) Optimiolosuhteissa homeiden kasvu on nopeinta (4). Homeet kuten muutkin mikrobit kilpailevat toistensa kanssa ravinteista, tilasta ja kosteudesta. (8, s. 191.)

Vaikka kasvuolosuhteet muuttuisivatkin ajoittain kasvulle epäsuotuisaksi, tulee huomioida, että homeiden itiöt voivat siitä huolimatta säilyä elinkykyisinä jopa vuosia. Kun olosuhteet taas mahdollistavat kasvun, homeet jatkavat kasvuaan. Esimerkiksi *Penicillium*-suvun homeiden itiöt säilyvät erittäin kauan elinkykyisinä. (4, s. 4.) Käytetyt rakennusmateriaalit vaikuttavat myös siihen, mitä homelajeja kosteusvauriutilanteessa kasvaa ja

siihen kuinka runsasta kasvu on. Eri lajit viihtyvät erilaisilla materiaaleilla. Puu on hyvä kasvualusta homeille, sillä puu on materiaalina hygroskooppista, eli se pystyy imemään ilman kosteutta itseensä ja vapauttamaan sitä takaisin ilmaan suhteellisen ilmankosteuden vaihdellessa. Puun käsittelyllä voidaan estää kosteuden imeytymistä. Samoin paperi rakennusmateriaalina imee kosteutta. Kipsilevyllä esiintyvä kasvu johtuu paperista ja kipsin lisäaineista. Lisäksi monet homeet kykenevät hajottamaan ligniiniä, selluloosaa ja hemiselluloosa, jolloin puu ja paperi toimivat hyvinä ravinnonlähteinä. Toisaalta jo huonepölyssä saattaa olla riittävästi ravinteita homeen kasvua varten. *Penicillium*-homeet ovat yleisiä erilaisilla materiaaleilla, mutta erityisesti ne viihtyvät puulla. *Acremonium*, *Aspergillus* ja *Fusarium* esiintyvät taas yleisemmin paperilla. (8, s. 168, 10.)

2.3 Homevaurion tunnusmerkkejä

Homevauriota epäillessä voi kiinnittää huomiota merkkeihin, jotka viittaavat homevaurioon. Tunnusmerkkeinä ovat esimerkiksi tilassa olevien henkilöiden oireilu. Rakennuksessa saattaa esiintyä omituinen maakellarimainen tai muuten tunkkainen haju tai näkyvää mikrobikasvustoa. *Streptomyces*, vaikka se onkin homeen sijasta bakteeri, on usein maakellarimaisen hajun aiheuttaja (11). Kosteusläiskät, tummentumat pintamateriaaleissa, kosteuden tiivistyminen pinnoille tai ikkunoihin ja vesimittarin pyöriminen itseeseen kertovat mahdollisesta homevauriosta. Myös normaalista sisäilmasta poikkeava lajisto tai indikaattorimikrobien läsnäolo ovat mikrobiologisesti tutkittavia asioita, jotka viittaavat homevaurioon. (4; 12.)

2.4 Homeiden leviäminen ja kasvun estäminen

Homepölyhiukkaset ovat kooltaan mikroskooppisen pieniä, mikä oleellisesti vaikuttaa homeen puhdistamiseen. Homeen haju taas muodostuu monista eri kemiallisista yhdisteistä ja yleensä VOC-yhdisteet (Volatile Organic Compounds) ovat syynä homeen tyyppilliseen hajuun (3, s.18). Homepölyn määrä voi kasvaa jopa miljoonakertaiseksi, kun puretaan ja korjataan homevaurioituneita rakenteita. Puhdistuksen yhteydessä irtaimisto tulisikin poistaa homevaurioituneesta tilasta ja puhdistaa asianmukaisesti sellaisessa tilassa, jossa ei ole ollut kosteusvauriota. (9, s. 122; 13.)

Homepölystä ei pääse helposti eroon, oli kyse sisätiloista tai kalusteista. Selvästi homehtunut tai voimakkaan hajuinen irtaimisto suositellaan hävitettäväksi. Myös tarpeeton tavara kannattaa hävittää. Yleisesti ottaen home on vaikeampi poistaa pehmeistä ja huokoisista materiaaleista kuin kovista materiaaleista. Vaikka desinfiointikäsittelyllä voidaan tappaa mikrobit esimerkiksi pehmusteista, kuollutta mikrobistoa ei saada poistettua. Homeelle herkistyneet henkilöt saattavat saada oireita myös kuolleesta kasvustosta. Materiaalista riippuen puhdistamiseen käytettyjä tekniikoita voivat olla tuulettaminen, tampoaus, kemiallinen pesu, vähintään 60 °C vesipesu, joka toistetaan tarvittaessa, yleispuhdistus- ja desinfiointiaineet, imurointi imurilla, jossa on sopiva HEPA-suodatin ja joissain tapauksissa mahdollisesti otsonointi. Tavallista imuria ei tule käyttää, sillä tavallinen imuri levittää homepölyn sisäilmaan. (9, s. 122; 13.)

Esimerkiksi biguanidikemikaalit, jotka sisältävät PHMG:tä eli polyheksametyleeniguaniidihydrokloridia ja PHMB:tä eli polyheksametyleenibiguanidia, voivat vaikuttaa homeiden toksisuuteen lisäämällä toksisuutta, joten tällaisia puhdistusaineita ei tulisi käyttää. Nämä kemikaalit ovat myös itsessään terveydelle haitallisia. Kemikaalit saattavat vähentää lajien määrää, mutta lisätä homeiden myrkyllisyyttä. Myös booria saatetaan käyttää puhdistuksessa, mutta boori ei hävitä useimpia homeita. Nämä kemikaalit ovat ihmisen terveydelle haitallisia, sillä ne ovat allergisoivia ja myrkyllisiä muun muassa hengitysteille. Lisäksi nämä kemikaalit lisäävät toksisten homeiden osuutta sisäilmassa, vaikka homelajeja olisikin vähemmän. (9, s. 122; 13.)

3 Yleisiä homeita kosteusvaurioissa

Kosteusvaurioituneessa rakennuksessa saattaa olla laaja kirjo erilaisia mikrobeja ja homeita. Jotkin kosteusvaurioissa esiintyvistä homeista ovat sellaisia, joita ei normaalisti tavata terveessä rakennuksessa. Toiset homeet ovat normaaleja sisä- tai ulkoilmanhomeita, joiden määrä on kosteusvauriorakennuksessa normaalista poikkeava. Homeilla on erilaisia kasvulämpötiloja ja olosuhdevaatimuksia. Homeet saattavat olla helposti tunnistettavia, kun taas toiset voidaan helposti sekoittaa toisiinsa, mikä saattaa vaikuttaa esimerkiksi tunnistusmenetelmän valintaan. Seuraavaksi on esitelty joitakin yleisesti kosteusvaurioissa esiintyviä homesukuja ja -lajeja. Kuvauksissa kerrotaan vuosi, jolloin home on ensimmäisen kerran kuvattu ja kuvaillaan homeen ulkonäköä ja rakennetta, sekä kerrotaan homeen esiintyvyydestä kosteusvauriorakennuksissa ja mahdollisista

vaikutuksista terveyteen. Osa esitellyistä homeista on tunnettuja homeperäisten sairauksien ja allergioiden aiheuttajia. Homeiden esiintyminen saattaa kertoa myös kosteusvaurion vaiheesta. Toisia homeita tavataan vasta pitkälle edenneessä kosteusvauriossa. (9, s. 8.)

3.1 *Acremonium* sp.

Acremonium-suvun homeet ovat hidaskasvuisia maaperässä tavattavia homeita ja kuuluvat *Ascomycota*-kaareen. H. F. Link kuvasi suvun vuonna 1809 (14). Suvun homeisiin kuuluu rakenteeltaan yksinkertaisia homeita. Sienirihmastosta kasvavat tyypillisesti avokuroumaperät, joita esiintyy joko yksin tai pienissä ryhmissä (15). Pesäkkeiden väri saattaa vaihdella valkoisesta harmaaseen, vaaleanpunaiseen ja oranssiin. Kuromaitiöt ovat yleensä yksisoluisia ja väriltään läpinäkyviä tai värikkäitä. Muodoltaan itiöt ovat pallomaisia tai soikeita (16). Kuvasta 1 voi nähdä *Acremonium falciforme* -lajin kuromaitiöitä ja kuromankannattimia. Minimikasvulämpötila on -2 °C.

Jotkin *Fusarium*-suvun homeista muistuttavat ulkonäöltä *Acremonium*-suvun homeita, mutta *Fusarium*-sukuun kuuluvat lajit ovat nopeakasvuisempia. *Acremonium*-sukuun kuuluu noin 100 lajia (17). Jotkin suvun lajeista ovat ihmiselle patogeenisiä, mutta lajeja on vaikea tunnistaa toisistaan (15). *Acremoniumin* esiintyminen saattaa viitata kosteusvaurioon, sillä se on yleisesti kosteusvauriossa tavatta home, eikä esiinny normaalisti sisäilmassa (4). *Acremoniumiin* on yhdistetty toksiini kefalosporiini. Kefalosporiini on antibioottinen. Laji *Acremonium exvarium* tuottaa toksiinia nimeltä akreboli. (18; 19, s. 120.)



Kuva 1. *Acremonium falciforme* -lajin kuromaitiöitä ja kuromankannattimia (20).

3.2 *Alternaria* sp. ja *Alternaria alternata*

Alternaria-suvun homeet ovat nopeakasvuisia ja ne kuuluvat *Ascomycota*-kaareen. *Alternaria alternata* -lajin kuvasi F. Keissler vuonna 1912. Pesäkkeet ovat mustia tai tummanharmaita ja puuterimaisia. *Alternaria* on patogeeninen. (21; 22.) Kuroumakannattimet eivät ole haaroittuneita, ja kuroumaitiöt ovat suuria ja vaihtelevan muotoisia ja usein väriltään vaalean ruskeita (8, s. 244; 21). Kuvassa 2 näkyy *Alternarian* kuromaitiöitä. *Alternarian* optimaalinen kasvulämpötila on 25–28 °C, maksimikasvulämpötila 31–32 °C ja minimikasvulämpötila -5...0 °C (21). *Alternaria alternata* on yksi tärkeimpiä allergisoivimpia homelajeja ja myös huomattava astman riskitekijä. (23; 24.) *Alternaria* on yleinen ulkoilman home (4). *Alternaria alternata* on ainakin pääkaupunkiseudulla yksi yleisimpiä kosteusvaurioissa tavattavia homeita (25). *Alternaria alternata*an on yhdistetty toksiini nimeltä fumosiini B1. (9, s. 87.) *Alternaria alternata* on yksi katkolahoa aiheuttavista lajeista (8, s. 157).



Kuva 2. *Alternarian* kuromaitiöitä (26).

3.3 *Aspergillus* sp.

Pier Antonio Micheli kuvasi *Aspergillus*-suvun vuonna 1729 (27). Jotkin *Aspergillus*-suvun homeet ovat yleisiä homeita kosteusvaurioissa, ja niiden suuri esiintyminen saattaa viitata kosteusvaurioon. *Aspergillus*-suvun homeet ovat yleisiä homeita sekä ulkoettä sisäilmassa (4). *Aspergillus*-suvun homeet kuuluvat *Ascomycota*-kaareen. *Aspergillus*-suvun homeiden eri lajit eivät ole aina helposti erotettavissa toisistaan. Eri lajeilla on kuitenkin erilaisia vaikutuksia terveyteen, joten tunnistaminen on joissain tapauksissa tarpeellista. (9, s. 22.)

3.3.1 *Aspergillus fumigatus*

Aspergillus fumigatus -lajin kuvasi Johan Baptist Georg Wolfgang Fresenius vuonna 1863. *A. fumigatus* on tavattu erilaista kasvuympäristöistä, mutta sen luonnollisin kasvualusta on maaperä. Laji osallistuu orgaanisen materiaalin hajottamiseen ja typen sekä hiilen kiertoon. *A. fumigatus* on myös ihmispatogeeni ja saattaa aiheuttaa lukuisia sairauksia, mukaan lukien aspergilloomaa ja allergista bronkopulmonaalista aspergilloosia. *A. fumigatus* on yleisin sairaudenaiheuttaja *Aspergillus*-lajeista. (28, s. 7; 29.) *Aspergillus fumigatus* on yksi kosteusvaurioon viittaavista *Aspergillus*-lajeista (4). Lajille optimaalinen kasvulämpötila on 37 °C, mutta se kestää 12–65 °C lämpötiloja ja itiöt säilyvät elossa vielä näidenkin lämpötilojen ulkopuolella. Kasvun kannalta optimaalinen pH on 3,7–7,6 välillä. Väritään kuromaitiöt ovat sinisen-vihreitä ja muodoltaan pallomaisia tai lähes pallomaisia. Lajin kuromaitiöt ovat muita *Aspergillus*-suvun lajeja hydrofobisempia, mikä vaikuttaa siihen, että viljeltäessä tulee kiinnittää erityistä huomiota kontaminaation välttämiseksi. (30.) *Aspergillus fumigatus* on yhdistetty toksini nimeltä fumitremorgens ja gliotoksiini (19, s.120).

3.3.2 *Aspergillus ochraceus*

Sienitieteilijä Karl Adolf Wilhelm löysi *Aspergillus ochraceus* -lajin vuonna 1877 (31). Laji tuottaa toksineja, kuten okratoksiini A:ta ja sitriiniä (32). *Aspergillus ochraceus*-lajin esiintyminen viittaa kosteusvaurioon (4). Optimaalinen lämpötila kasvun kannalta on noin 27 °C ja itiöitä syntyy 12–37 °C:n lämpötilassa. Kuromankannattimet ovat väritään keltaisesta vaaleaan ruskeaan ja kuromaitiöt ovat värittömiä sekä pallomaisia. Pesäkkeet ovat keltaisen ja oranssin värisiä. (33.)

3.3.3 *Aspergillus versicolor*

Aspergillus versicolor -lajin kuvasi Jean-Paul Vuillemin vuonna 1903, nimeten sen *Sterigmatocystis versicoloriksi*. Vuonna 1908 Carlo Tiraboschi huomasi lajin kuuluvan *Aspergillus*-sukuun. (34.) *A. versicolor* on hitaasti kasvava laji. Laji tuottaa mykotoksiineja ja on ihmiselle patogeeninen, aiheuttaen erilaisia ärsytysoireita, kuten ihon ja silmien ärsytystä. *A. versicolor* on erittäin tavallinen kosteusvauriorakennuksissa. (4; 35.) Lajin optimaalinen kasvulämpötila on 22–26 °C, mutta kasvua tapahtuu lämpötilan ollessa 4–40 °C (35). *Aspergillus versicoloriin* on yhdistetty toksini nimeltä sterigmatokystiini (19, s.120). Pe-

säkkeet ovat väriltään oranssin-keltaisia, keltaisen-vihreitä tai vaaleanpunaisia. Kuro-mankannattimet ovat värittömiä ja kuromaitiöt muodoltaan pallomaisia. (34.) Kuvassa 3 voi nähdä *Aspergillus versicolorille* tyypillisiä kuromaitiöitä.



Kuva 3. *Aspergillus versicolor* (36).

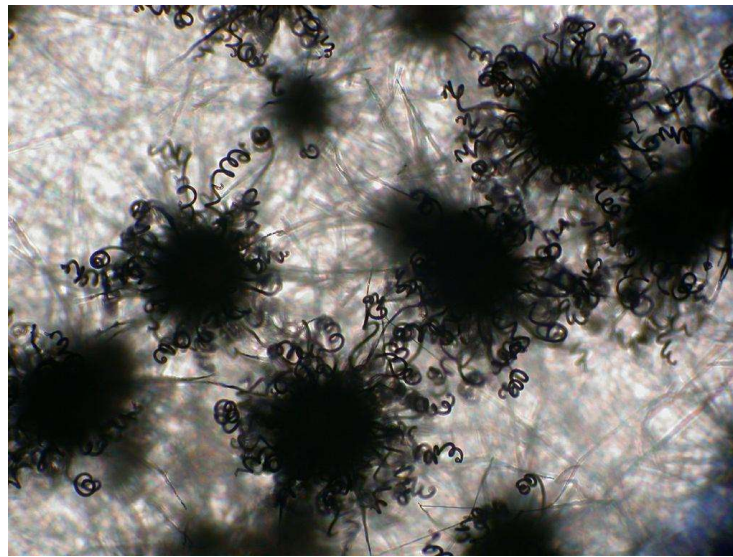
3.3.4 *Aspergillus westerdijkiae*

Aspergillus westerdijkiae on alun perin *Aspergillus ochraceusesta* erotettu laji, ja nämä lajit onkin samankaltaisuutensa vuoksi aiemmin sekoitettu toisiinsa. *A. westerdijkiae* ei kuitenkaan pysty kasvamaan 37 °C:n lämpötilassa, toisin kuin *A. ochraceus*. Laji tuottaa okratoksiini A:ta ja stefaisiini B:tä. (13; 37; 38.) Laji tuottaa sklerootiota eli rihmastopahkaa, joka on väriltään kermaista tai vaaleaa. Lajin kuvasivat J.C. Frisvad ja R.A. Samson vuonna 2004. (38.)

3.4 *Chaetomium* sp.

Chaetomium on toksiineja tuottava home, jonka esiintyminen viittaa kosteusvaurioon. *Chaetomium*-sukuun kuuluu yli 180 lajia ja suku kuuluu *Ascomycota*-kaareen (9, s. 31–33; 39). G. Kunze kuvasi suvun vuonna 1817 (39). *Chaetomiumia* on tavattu vakavissa ja pitkäkestoissa kosteusvaurioissa, sillä erittäin hydrofiilisenä homeena se kasvaa erityisesti kosteissa olosuhteissa. *Chaetomiumin* terveyshaitat perustuvat todennäköisesti sen tuottamiin toksiineihin. Ulkonäöllisesti *Chaetomium* poikkeaa useista muista homeista, mutta se saatetaan sekoittaa esimerkiksi *Acremoniumiin*. Luonnossa *Chaetomiumia* tavataan muun muassa maaperästä ja komposteista. *Chaetomiumin* tuottamia toksiineja ovat muun muassa chaetomiini, sterigmatokystiini ja chaetoglobosiini. Koska

toksiinit ovat erittäin lämpökestäviä, on poistaminen huonekaluista ja tekstiileistä jopa mahdotonta. (9, s. 31–33; 40.) *Chaetomium*it tuottavat suvullisia koteloitiötä ja askokarpit eli itiöemät ovat muodoltaan pyöreistä päärynämuotoisiin ja ne ovat karvojen peitossa. Itiökotelot tuottavat yleensä kahdeksan koteloitiötä, jotka ovat tummia väriltään sekä vaihtelevan muotoisia ja kokoisia. Usein koteloitiöt ovat sisäilman lajeissa sitruunan muotoisia. Kuvassa 4 on mikroskoopilla kuvattu *Chaetomium*-sukuun kuuluvaa homeetta. *Chaetomium*it kasvavat mielellään selluloosaa sisältävillä pinnoilla, kuten puulla tai paperilla. (8, s. 248.) Optimaalinen kasvulämpötila on 25–28 °C, ja jotkin suvun lajeista kestävät jopa 40 °C:n lämpötiloja (41).



Kuva 4. *Chaetomium* sp. (42).

3.5 *Cladosporium* sp.

Cladosporium-suvun kuvasi H. F. Link vuonna 1816. *Cladosporium*it kuuluvat *Ascomycota*-kaareen (43). *Cladosporium*-suvun homeet eivät tuota terveyden kannalta merkittäviä toksineja, mutta osa lajeista on kuitenkin patogeenisiä. *Cladosporium* tuottaa VOC-yhdisteitä. Sukuun arvellaan kuuluvan noin 772 lajia. *Cladosporium*in itiöt leviävät helposti, ja *Cladosporium herbarum* on yleisimpiä ulkoilmassa tavattavia homeita. (44.) Suvun homeet eivät ole nopeakasvuisia ja väriltään ne ovat tumman vihreitä tai mustia. Kuroumakannattimet ovat harvemmin haaroittuneita vaan yleensä yksinkertaisia ja väriltään vaaleanruskeasta ruskeaan. (43.) Kuromaitiöt ovat yksi- tai monisoluisia ja muodostavat yleensä pitkiä, haaroittuvia tai yksinkertaisia tummia ketjuja, jotka häiriintyvät

helposti kosketuksesta. Rakenteen herkkyys hankaloittaa mikroskooppista tunnistamista. (45.) Kuromankannattimet ovat tummia, suoria ja pitkiä ja voivat olla haaroittuneita tai haaroittumattomia (8, s. 248). *Cladosporiumiin* on yhdistetty toksini nimeltä epiclosporin acid (19, s.120). Optimaalinen kasvulämpötila on 18–25 °C ja jotkin suvun lajeista pystyvät kasvamaan jopa alle 0 °C:n lämpötilassa. Korkeimmillaan *Cladosporiumit* voivat kasvaa 30–35 °C, mutta ne eivät kasva yli 35–37 °C:n lämpötilassa. (46.)

3.6 *Fusarium* sp.

Fusariumit kuuluvat *Ascomycota*-kaareen. *Fusarium*-suvun kuvasi Heinrich Friedrich Link vuonna 1809 (47). *Fusarium*-suvun homeet eli punahomeet ovat yleisiä viljoissa ja maaperässä, mutta ne eivät ole yleisimpiä homeita kosteusvauriotapauksissa. *Fusariumit* kuitenkin indikoivat kosteusvauriosta ja niiden esiintyminen materiaalinäytteessä viittaakin usein pitkäaikaiseen kosteusvaurioon. Monet *Fusariumit* tuottavat toksineja, kuten trikokeenejä, fumosiinia, zearealeonia, HT2-toksiinia ja deoksivaleonia. (9, s. 38–39; 48.) *Fusariumit* eivät ole helposti tunnistettavissa, sillä pesäkkeiden ulkonäkö saattaa vaihdella huomattavasti. Suvun homeet kasvavat nopeasti ja pesäkkeet voivat olla väriltään haaleita tai kirkkaan värisiä. Kuromaitiöt ovat joko yksi- tai kaksisoluisia, läpinäkyviä ja vaihtelevan muotoisia. (48.) Esimerkiksi *Fusarium verticillioidesin* kuromaitiöitä on havainnollistettu kuvassa 5. Optimaalinen kasvulämpötila *Fusariumeille* on 15–30 °C (49).



Kuva 5. *Fusarium verticillioidesin* kuromaitiöitä ja kuromankannattimia (50).

3.7 *Paecilomyces variotii*

Paecilomyces-suvun homeet ovat yleisiä maaperän homeita, eikä niitä yleensä pidetä patogeenisinä. Jotkut lajit kuten *Paecilomyces variotii* eli pekilosieni saattaa aiheuttaa infektoita. Pekilosienen kuvasi G. Bainier vuonna 1907 (51). *Paecilomyces variotii* tuottaa toksiineja, kuten viriditoksiinia (52). Pesäkkeet ovat nopeasti kasvavia ja ulkonäöltään puuterimaisia ja väriltään kelta-ruskeita tai hiekan värisiä (53).

Kuromaitiöt esiintyvät usein ketjussa ja ovat muodoltaan soikeita tai sukkulamaisia. Itiöiden väri vaihtelee läpinäkyvästä keltaiseen. (54.) Suvun homeet kuuluvat *Ascomycota*-kaareen (51) ja niiden esiintyminen saattaa viitata kosteusvaurioon (4). Optimaalinen kasvulämpötila on 35–40 °C riippuen kannasta (51).

3.8 *Penicillium sp.*

Penicillium-suvun homeet kuuluvat *Ascomycota*-kaareen ja ovat nopeakasvuisia yleisimpiä homeita sisäilmassa ja sen itiöitä on pieniä määriä myös terveissä rakennuksissa. *Penicillium*-suvun kuvasi H.F. Link vuonna 1809 (55). Kosteusvauriorakennuksissa *Penicillium*in pitoisuudet ovat suurempia kuin normaalisti. *Penicillium* tuottaa toksiineja kuten sitriiniä ja patuliinia ja jotkin lajit ovat patogeenisiä. Väriltään pesäkkeet ovat vihreän ja sinisen eri sävyisiä ja valkoisia. Eri lajeja, joita on noin 500, on lähestulkoon mahdotonta erottaa toisistaan viljelmästä. (9, s. 16–17; 56; 57.) Kuromaitiöt voivat olla vaihtelevan muotoisia, yksisoluisia, ja väriltään ne ovat usein läpinäkyviä tai vihertäviä (57). Kuromankannattimet ovat yksinkertaisia tai kasaantuvat kuromankannatinpylväiksi ja ovat värittömiä tai haalean värisiä. Kuromankannattimet ja kuromaitiöt yhdessä muodostavat harjamaisen rakenteen. Harjamaista rakennetta havainnollistaa kuva 6. *Penicillium*in kuromaitiöt muistuttavat huomattavasti *Aspergilluksen* kuromaitiöitä ja niitä onkin vaikea erottaa toisistaan. (8, s. 254–255.) Optimaalinen kasvulämpötila on noin 26–30 °C (58).



Kuva 6. *Penicillium* sp. (59).

3.9 *Stachybotrys chartarum*

Vuonna 1818 Ehrenberg kuvasi *Stachybotrys chartarum* -lajin nimellä *Stilbospora chartarum* ja vuonna 1958 S. Hagens huomasi lajin kuuluvan *Stachybotrys*-sukuun. Laji joka tunnetaan myös nimellä *Stachybotrys atra*, on kosteusvarioissa esiintyvä home ja kuuluu *Ascomycota*-kaareen. Koska home on hidaskasvuinen, sitä esiintyy yleensä vasta pitkän ajan kuluttua kosteusvaurion synnystä. Pesäkkeet ovat väriltään tumman harmaita tai mustia. Kuroumaitiöt ovat muodoltaan soikeita ja väriltään tummia (60). *S. chartarum* tuottaa toksineja kuten trikotekeenejä ja satratoksiinia, sekä pystyy hajottamaan selluloosaa (9, s. 46). Lajin optimaalinen kasvlämpötila on 23 °C, mutta kasvua tapahtuu myös 2–37 °C:n lämpötilassa (61).

3.10 *Trichoderma* sp.

Trichoderma-suvun homeet ovat erittäin yleisiä homeita maaperässä ja lahoavassa puussa ja kuuluvat *Ascomycota*-kaareen (62). *Trichoderma*-suvun kuvasi C.H. Persoon vuonna 1794 (63).

Trichoderma kasvat nopeasti ja pesäkkeiden väri muuttuu kasvun vaiheen mukaan. Alussa pesäkkeet ovat vaaleita, mutta muuttuvat myöhemmin keltaisen ja vihreän sävyisiksi itiöinnin alkaessa. Yleensä kuroumaitiöt ovat väriltään vihertäviä, mutta toisinaan

myös läpinäkyviä. (62.) Kuromakannattimet ovat haaroittuneita (8, s. 259). *Trichoderma*-suvun homeiden esiintyminen saattaa viitata kosteusvaurioon (4).

3.10.1 *Trichoderma longibrachiatum*

Mien Rifai kuvasi *Trichoderma longibrachiatum*in vuonna 1969. *Trichoderma longibrachiatum* on *Trichoderma*-suvun nuorin laji. Tyypillinen *T. longibrachiatum* kasvusto on väriltään valkoista tai harmaata, mutta vihertyy ikääntyessään. Kuromaitiöt ovat väriltään vihertäviä ja muodoltaan soikeita. Itiöiden pinta on sileä. *T. longibrachiatum* on nopeakasvuinen ja ihmiselle patogeeninen (64). *T. longibrachiatum* tuottaa toksiineja nimeltä trilongiinit (65). *T. longibrachiatum*in optimaalinen kasvulämpötila on 25–30 °C (66). Lajin esiintyminen on erittäin yleistä kosteusvauriorakennuksissa (65).

3.10.2 *Trichoderma atroviride*

Suomalainen sienitieteilijä Petter Karsten kuvasi *Trichoderma atroviride* -lajin vuonna 1892. Muodoltaan kuroumaitiöt ovat soikeita tai pyöreitä. (67.) Lajia tavataan yleisesti maaperästä (68). Optimilämpötila noin 25 °C (69). Lajia tavataan yleisesti sellaisissa kosteusvauriorakennuksissa, joissa esiintyy terveyshaittoja ja se tuottaa mykotoksiinia, kuten trikortsianiinia (70).

3.10.3 *Trichoderma harzianum*

Mien Rifai kuvasi *Trichoderma harzianum* -lajin vuonna 1969. Laji on nopeakasvuinen ja 35 °C:n lämpötilassa nopeimmin kasvavia homeita. Pesäkkeet ovat alussa valkoisia, muuttuen myöhemmin kirkkaan tai samean vihreiksi. Alussa pesäkkeiden kuroumaitiöt ovat yleensä keltaisia, muuttuen myöhemmin keltavihreiksi. Kuromaitiöiden väri vaihtelee läpinäkyvästä vaalean vihreään. Muodoltaan itiöt ovat pallomaisia. (71.) Itiöitä näkyy kuvassa 7. Laji on toksinen ja tuottaa toksiinia nimeltä ES39-peptaiboli (70).



Kuva 7. *Trichoderma harzianum* (72).

3.10.4 *Trichoderma viride*

Trichoderma viride -lajin kuvasi C.H. Persoon vuonna 1794. Laji on nopeakasvuinen ja sen esiintyminen viittaa kosteusvaurioon. Pesäkkeet ovat alussa yleensä läpinäkyviä, muuttuen myöhemmin valkoisesta vihreään ja itiölliset alueet näkyvät sinisen ja vihreän sävyissä. Yleensä *T. viriden* maksimikasvulämpötila on 30 °C ja optimikasvulämpötila 22,5 °C. Kuromankannattimet ovat haaroittuneita siten, että pidemmät haarat ovat alempana ja lyhemmät haarat yläpuolella. Kuromaitiöt ovat pallomaisia ja värittömiä. Vanhemmissa viljelmissä saattaa esiintyä kätköitiöitä. (73; 74; 75.)

4 Lahottaj sienet

Lahottaj sienet hajottavat entsyymitoiminnallaan puuainesta ja voivat siten aiheuttaa rakenteellisia vaurioita. Lahottaj sienien päätyypit ovat valko-, ja ruskolahottajat, sinistäj sienet sekä katkolahottajat. Päätyypit muodostuvat useista eri lahottaj sienistä. Esimerkiksi valkolahoa aiheuttaa usea eri sienilaji. (76, s. 1.) Lahottaj sienet vaativat kasvaakseen korkean kosteuspitoisuuden ja niiden esiintyminen viittaakin vakavaan kosteusvaurioon. Todennäköisyys lahon syntyyn kasvaa sen mukaan mitä pidemmän aikaan kosteusolosuhteet ovat lahon synnyn kannalta suotuisat (8, s.155–166.) Lahottaj sienien esiintyminen kertoo kosteusvaurion vaiheesta. Lahottaj sienistä ei esiinny vielä kosteusvaurion alkuvaiheessa. Kosteusvaurion keskivaiheessa alkaa ilmaantua sinistäj sienistä ja selluloosaa hajottavia sieniä, kuten valko- ja ruskolahottajia ja loppuvaiheessa

puutavaraa hajottavia sieniä, kuten katkolahottajia. (9, s. 8.) Jotkin lahottajasienistä saattavat aiheuttaa terveyshaittoja, kuten katkolahottajiin kuuluvat *Chaetomium*-suvun lajit (6, s. 272).

4.1 Sinistäjä sienet

Sinistäjä sienet kuuluvat *Ascomycota*-kaareen eli kotelosieniin (6, s. 272). Sinistäjä sienet värjäävät puun siniseksi tai mustaksi, mutta eivät aiheuta varsinaista lahoa (6, s. 264; 76 s. 3). Sinistäjä sienien aiheuttama väri johtuu melaniinipigmentistä, jota ne muodostavat suojakseen. *Ophiostoma*-suvun lajit ovat tunnettuja sinistäjä sieniä. (6, s. 272.)

4.2 Valkolaho

Valkolahottajat aiheuttavat puun pehmenemistä, ja vaalenemista sillä ne hajottavat entsyymien avulla puun polysakkarideja. Valkolahottajat hajottavat myös tehokkaasti ligniiniä. Valkolahottajat eivät voi kuitenkaan käyttää ligniiniä energianlähteenään ja sitä hajotetaankin, jotta päästäisiin hyödyntämään puun muita osia, kuten selluloosaa. Valkolahottajat kuuluvat *Basidiomycota*-kaareen eli kantasieniin. (6, s. 267–271; 8, s. 157; 76, s. 2.)

4.3 Ruskolaho

Ruskolahoa aiheuttaa esimerkiksi lattiasieni *Serpula lacrymans*, mutta myös muut lahottajasienet. Kaikki ruskolahottajat kuuluvat kantasieniin eli *Basidiomycota*-kaareen. Ruskolaho haurastuttaa puuta ja muuttaa sen ruskeaksi. Ruskolahottajat hajottavat lähinnä polysakkarideja hydrolyyttisten entsyymien avulla. Ruskolahottajat eivät kuitenkaan hajota ligniiniä ja puuhun kertynyt rauta ja ligniini aiheuttavat ruskolahon ruskean väri. (6, s. 271–272; 76, s. 2; 77, s. 6.) Jotta lattiasienen kasvu saattaa käynnistyä, vaatii se puurakenteilta jopa suurempaa kuin 30 %:n painokosteutta. Kun kasvu on käynnistynyt, *Serpula lacrymans* pystyy siirtämään kosteutta märältä alueelta kuivemmalle alueelle ja näin ollen lahottamaan myös kuivempaa puuta (4).

4.4 Katkolaho

Katkolahottajat, jotka aiheuttavat katolahoa tai toiselta nimeltään pehmytlahoa, pystyvät hajottamaan kaikkia soluseinän komponentteja, mutta hajottavat kuitenkin pääosin selluloosaa ja hemiselluloosaa (76, s. 2). Katkolaho aiheuttaa puun pehmenemistä ja harmaata väriä. Monet katkolahottajat kuuluvat *Ascomycota*-kaareen eli kotelosieniin. Katkolahon muodostuminen on hidasta. (6, s. 272.)

5 Näytteenottomenetelmiä

Näytteenottomenetelmän valintaperusteet

Tutkittaessa rakennuksen kosteusvauriota tutkimus ei ala homeiden mikrobiologisella tutkimuksella. Ennen mikrobiologisia tutkimuksia on tärkeää että rakennuksen taustatiedot ovat selvillä, kuten kosteusvaurion sijainti, kesto, vaurion laajuus ja mahdolliset korjaustoimenpiteet. Tulee selvittää, löytyykö rakennuksesta homevaurioon viittaavia asioita, kuten esimerkiksi näkyvää kasvustoa tai kosteusläiskiä. Ennen tutkimusta tehdään näytteenottosuunnitelma, jonka avulla saadaan selville homevaurion luonne ja laajuus.

Viljeltävissä näytteissä voidaan tarkastella myös homeiden kasvuun liittyviä ominaisuuksia, kuten kasvun nopeutta ja säännöllisyyttä, sekä värin kehittymistä (6, s. 312). Mikrobiologiset tutkimukset eivät ole aina tarpeen.

5.1 Ilmasta otettavat näytteet

Heikkoutena ilmasta kerättävillä näytteillä on se, että vaikka homevaurio olisi laajuudeltaan suurikin, se ei tule välttämättä esiin ilmanäytteitä tutkimalla (78, s. 33). Andersen-, RCS- ja SAS-keräimillä otetut näytteet vaativat mikrobien viljelyä ennen tunnistamista (3, s. 66). Muissa esitellyissä ilmasta otettavilla näytteenottomenetelmillä tulokset voidaan tulkita heti näytteenoton jälkeen mikroskopoimalla. Tällaista menetelmää, jossa mikrobien viljelyä ei tarvita, kutsutaan suoriksi itiönlaskentamenetelmiksi. Ilmanäytteitä otettaessa tulee huomioida käytettävän keräimen valinta, näytteidenottoaikat, otettavien näytteiden määrä, keräimen virtausnopeus ja näytteenoton kesto. Yleisten säädösten puuttumisesta huolimatta samasta näytteenottoaikasta kannattaisi ottaa vähintään

kaksi näytettä, jolloin saadaan parempi kuva ilmassa olevien mikrobien konsentraatiosta. (8, s. 36–81.)

5.1.1 Andersen-keräin

Andersen-keräin on yksi ensimmäisistä ja yleisimmin käytetyistä näytteenottomenetelmistä, kun kyseessä on ilmasta otettava näyte (3, s. 67; 78, s. 33). Yksivaihekeräin muodostuu kolmesta yhteen puristuvasta osasta. Keräimen ylimmässä osassa on imusuutin. Keskimmäinen osa koostuu ilman kulkua ohjaavasta tasosta, jossa on reikiä. Alimmassa osassa on keräysmedia ja liitäntämahdollisuus erilliseen pumppuun, jota käytetään ilmapvirran tuottamiseen laitteen läpi. (3, s. 67.) Kuusivaihekeräin on samanlainen kuin yksivaihekeräin, mutta se koostuu kahdeksasta osasta, joista kuusi ovat tasolevyjä (79, s.15). Andersen-keräimellä otetuista näytteistä tulee viljeltäessä esiin vain elävät itiöt ja ilmapitoisuuden ollessa korkea näytteenottoaika tulee lyhentää. (9, s. 107.) Näytteenottoaika tällä menetelmällä on noin 10–20 minuuttia, mikä tarkoittaa sitä, että näytteet eivät ole ajallisesti edustavimpia (78, s. 33).

5.1.2 RCS

RCS, joka on lyhenne sanoista reuter centrifugal sampler, on näytteenottomenetelmä, joka toimii parhaiten partikkeleille, jotka ovat yli 15 mikrometriä. Tästä syystä menetelmää ei aina käytetä sieni-itiöiden tunnistamiseen, jotka ovat usein pienempiä kuin 15 mikrometriä. RCS muodostuu matalasta tynnyristä, johon on liitetty siipipyörä. Tynnyrin sisäreunassa on ohut muovinen kasvuagarilla päällystetty liuska. Siipipyörän avulla imeetään ilmaa, joka kiihdytetään sentrifugaalisen voiman avulla sisäreunaan. Tällä tavalla ilmassa olevat partikkelit tarttuvat reunalla olevaan kasvuagariin. (3, s. 66–67.)

5.1.3 Pyyhintänäytteet

Homeitiöitä voi tunnistaa ilmasta myös pyyhintänäytteen avulla. Pyyhintänäytteet otetaan pölystä pinnoilta tai esimerkiksi ilmanvaihtokanavasta. Pyyhintänäytteen ottamiseen voidaan käyttää suljettavia muovipusseja. Näytteenottoaika tulee puhdistaa kaksi viikkoa ennen näytteen ottamista. Näytteenottoaikan valinnassa tulee huomioida, että pölyn laskeutuminen pinnalle on vapaata. Näytteenottokohdassa ei myöskään tule

ole olla ilmavirtausta, eikä näytettä saa ottaa ikkunalaudalta tai hyllyvälistä. Pyyhintä-
näytteiden analysointiin käytetyt menetelmät eivät välttämättä ole parhaita homeiden
tunnistamiseen, sillä niitä käytetään yleensä vain eräiden homeiden tunnistamiseen. (9,
s. 107; 80.)

5.1.4 Burkard

Burkard-keräin on volumetrinen näytteenottomenetelmä, jonka avulla näytteenotto ta-
pahtuu suoraan lasilevyille. Läheskään kaikkia homeita ei ole mahdollista tunnistaa tä-
män menetelmän avulla. Keräimessä on näytteenottoaukko, jonka kautta sisäinen tuu-
letin imee ilmaa. Ilman partikkelit tarttuvat keräimeen asetettuun lasilevyyn. Lasilevy voi-
daan poistaa sopivan näytteenottoajan jälkeen ja näyte voidaan tutkia mikroskoopilla. (3,
s. 65; 9, s. 106.)

5.1.5 MCE-kasetit

MCE-kasetit (Mixed Cellulose Ester) ovat muovisia astioita, joissa on suutin. MCE-kase-
tit sisältävät MCE-suodattimen, johon hiukkaset kerätään. Näytteenoton jälkeen suodat-
timeen lisätään liuosta, joka muuttaa suodattimen läpinäkyväksi. Tämän jälkeen hiukka-
set voidaan tunnistaa mikroskopoimalla. (3, s. 65.)

5.1.6 Allergenco

Allergenco-menetelmässä näyte kerätään liikkuvalla lasilevyllä. Lasilevy liikkuu viisi ker-
taa, jolloin näyte kerääntyy joka kerta eri kohtaan levyä. Laite on myös mahdollista oh-
jelmoida ottamaan näytteitä haluttuina ajankohtina. Näytteet eivät vaadi jatkokäsittelyä
vaan voidaan tutkia heti mikroskopoimalla. (3, s. 65.)

5.2 Rakenteista otettavat pinta- ja materiaalinäytteet

Rakenteista voidaan ottaa joko pinta- tai materiaalinäytteitä. Näytteenottomenetelmästä
riippuen myös pinta- ja materiaalinäytteen jakautuvat viljelyä vaativiin näytteisiin ja suo-
raan mikroskopoitaviin näytteisiin. Esimerkiksi suorat itiönlaskentamenetelmät ovat me-

netelmiä, joissa näyte ei vaadi viljelyä, vaan se voidaan mikroskopoida esimerkiksi valomikroskoopilla. Näytteitä voidaan ottaa joko näkyvästä kasvusta tunnistamista varten, tai sen selvittämiseksi onko haitallista kasvua läsnä. (3, s. 67–68.)

5.3 Näytteenotossa huomioitavaa

Näytteenotossa huomioitavia asioita ovat muun muassa mahdollinen viive näytteenoton ja analyysin välillä ja näytteiden ja näytteenottokehtien selkeä merkitseminen. Näytteenotossa on tärkeää huomioida myös mahdolliset virhelähteet, kuten esimerkiksi mahdollisesti ulkoa peräisin olevat mikrobit. (81.) Ennen näytteenottoa tulisikin pitää ulko-ovet ja ikkunat suljettuina tarpeeksi kauan. Ennen näytteenottoa ei tulisi myöskään imuroida tai pyyhkiä pölyjä, jotta tulokset eivät vääristyisi. (8, s. 45–46.) Myös erilaiset puhdistamiseen käytetyt kemikaalit saattavat vaikuttaa tuloksiin. Tulee myös huomioida mahdolliset puhdistamisen käytetyt kemikaalit ja niiden vaikutus tuloksiin. (9, s. 122.) Näytteiden käsittelyyn tulee myös kiinnittää huomiota ja on noudatettava näytteen käsittelyyn kuuluvia menetelmiä. Näytteitä tulee säilyttää asianmukaisissa olosuhteissa, jotka eivät vääristä tutkimustuloksia. Erityisesti lämpötila on tärkeä tekijä näytteiden säilyttämisessä. On myös tärkeää kiinnittää huomiota siihen, että ristikontaminaatiota ei pääse tapahtumaan, mikä saattaisi vaikuttaa saataviin tuloksiin. Ristikontaminaation estämisen kannalta on tärkeää huolehtia puhtaista työvälineistä ja -vaatteista näytteitä otettaessa. (3, s. 70.)

6 Menetelmiä homeiden tunnistamisessa

Näytteenotto- ja tunnistusmenetelmän valinta tulee tehdä olosuhteiden ja mahdollisuuksien mukaan. Menetelmän valinnassa tulee huomioida menetelmien heikkoudet ja vahvuudet, kuten esimerkiksi menetelmän kyky tunnistaa elinkyvyttömiä mikrobeja. On valittava otetaanko ilmanäyte, näyte rakenteista tai mahdollisesti molemmat. Myös näytteenotto kohtaan tulee kiinnittää huomiota. Mikroskopia on hyvin perinteinen tunnistusmenetelmä mikroskoopista riippuen, viljeltäville tai suoraan mikroskopoitaville näytteille. Sen sijaan massaspektrometria ja DNA-analytiikka antavat nopeita ja tarkkoja tuloksia, mutta ovat vielä menetelminä suhteellisen uusia. Näiden menetelmien heikkoutena on esimerkiksi viitetietokantojen puute.

6.1 Viljelyyn perustuvat menetelmät

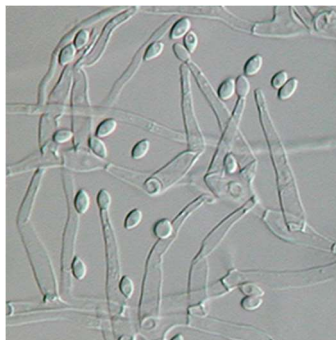
Viljelyyn perustuvat menetelmät ovat perinteisiä tapoja tunnistaa homeita. Tällä menetelmällä, kuten myös muilla, on sekä hyvät, että huonot puolensa. Viljely vie aikaa useita päiviä, mikä tekee siitä hitaan menetelmän. Viljeltäessä ei myöskään tule esille kuin elävät itiöt ja nopeasti kasvavat homeet saattavat viljelyn aikana peittää allensa hitaammin kasvavat homeet. Usein verrattaessa viljelyyn perustuvia menetelmiä ja suoria itiönlaskentamenetelmiä, saadaan viljelyyn perustuvilla menetelmillä alhaisemmat pesäkeluemat. Menetelmän etuna on kuitenkin se, että lähestulkoon kaikki sisäilman yleisimmät homeet ovat viljelykelpoisia ja homeet on mikroskoipoitaessa helpoin tunnistaa puhdasviljelmästä. Tuntematonta organismia verrataan tyyppiorganismiin tai yksityiskohtaiseen kuvaukseen tyyppiorganismista ja näin saadaan tieto homeen lajista. Lajin tunnistaminen saattaa kosteusvauriotapauksissa olla tärkeää. Viljelyyn perustuvat menetelmät ovat myös taloudellisia. (8, s. 105–107.)

Homeita viljeltäessä on huomioitava, että homeet näyttävät erilaisilta kasvualustasta riippuen (6, s. 314). Suomessa tunnistamiseen käytetään 2 % mallasuuteagarkasvualustaa, mutta homeet kasvavat myös muilla kasvualustoilla. Dikloraani-glyserolialustaa (DG18) voidaan käyttää mallasuuteagarin kanssa rinnakkaisena alustana. (82.) Kasvualustaan voidaan lisätä antibiootteja, kuten aureomysiiniä, streptomysiinisulfaattia tai klo-ramfenikolia, bakteerien kasvun ehkäisemiseksi (6, s. 312; 82). Saman alustan käyttäminen helpottaa tunnistamista. Sienten tunnistamiseen on teoriassa mahdollista käyttää myös veriagaria (3, s.67). Otetut näytteet suositellaan viljeltävän viimeistään näytteenotosta seuraavana päivänä ja näytteet tulee säilyttää -8...+4 °C:ssa. Maljoja kasvatetaan 7 vuorokautta 22–28 °C:n lämpötilassa asumisterveysohjeen mukaisesti. (82.)

6.2 Mikroskopia

Mikroskopia on yleinen ja perinteisesti käytetty tunnistusmenetelmä. Mikroskopoinnin avulla voi tunnistaa homeita, jotka eivät ole enää viljelykelpoisia, esimerkiksi elektronimikroskoopilla. Homeita voidaan myös viljellä kasvatusalustalla, jonka jälkeen tunnistus tapahtuu mikroskopoimalla.

Mikroskopian avulla tunnistaminen tapahtuu tunnistamalla homeiden kuromakannattimien rakenteita, kuromaitiöiden ominaisuuksia, sekä suvuttomien kuromaitiöiden syntytapaa. (6, s. 312.) Mikroskoopin avulla tehtävä tunnistus ei ole helppoa ja vaatii pitkää kokemusta ja asiantuntijuutta homeiden tunnistamisessa. Yksi mahdollinen virhelähde mikroskopiaa käytettäessä onkin tutkijan tulkinta. (8, s. 97.)



Kuva 8. Kuvassa on *Paecilomyces variotii* -viljelmä kuvattuna differentiaali-interferenssikontrastivalomikroskoopilla (83).

Homeiden tunnistamisessa käytettyjä mikroskooppeja ovat esimerkiksi valomikroskoopit, kuten stereomikroskoopit ja epifluoresenssimikroskoopit, sekä pyyhkäisyelektronimikroskoopit (SEM). (8, s. 76; 78, s. 34.) Kuvasta 8 voi nähdä, millaisen kuvan voi saada differentiaali-interferenssikontrastivalomikroskoopilla. Valomikroskoopilla saadaan aikaan noin 1000-kertainen suurennos ja erilaisia valomikroskooppeja on olemassa useita. Esimerkiksi fluoresenssimikroskooppi on valomikroskooppi, joka käyttää UV-valoa valon lähteenä. Fluoresenssimikroskopia perustuu kemiallisiin aineisiin, joita kutsutaan fluorokromeiksi. Elektronimikroskoopit käyttävät valon sijasta elektronisuihkua, joka tuotetaan metallilangan avulla. Pyyhkäisy-elektronimikroskoopilla (SEM) voidaan saavuttaa jopa 100 000-kertainen suurennos ja tarkka kuva pinnan rakenteesta. (84.) Elektronimikroskoopin etuna on, että sen avulla voidaan osoittaa myös kuollutta kasvustoa ja huonoina puolina hinta sekä epävarmuus mikrobittunnistuksessa (9, s. 108). Eri homelajeja on erittäin monia, eikä niiden kaikkien erottaminen toisistaan pelkästään mikroskooppisen tunnistamisen avulla ole välttämättä mahdollista (3, s.12).

6.3 CAMNEA-menetelmä

CAMNEA eli "Collection of airborne micro-organisms on Nuclepore filters, estimation and analysis" tarkoittaa mikro-organismien keräämistä ilmasta suodattimen avulla, sekä näiden organismien arviointia ja analyysiä. Menetelmä ei perustu näytteen viljelyyn. Kerätyt näytteet eluoidaan, värjätään akridiini-oranssilla ja mikroskopoidaan käyttäen epifluorenssimikroskooppia. Näytteitä voidaan myös viljellä, jolloin saadaan selville sekä solujen kokonaismäärä, että elinkykyisten solujen määrä. (85.)

6.4 Massaspektrometria

Myös massaspektrometriaa on mahdollista käyttää homeiden ja myös niiden tuottamien toksien tunnistamisessa. Homeiden tunnistamisessa voidaan käyttää laitetta nimeltä MALDI-TOF MS, joka on lyhenne sanoista matriisiavusteinen laserdesorptioionisaatio lentoaikamassaspektrometri. MALDI-TOF MS:llä voidaan analysoida biopolymeerejä, kuten ribosomaalista proteiinia. Massaspektrometrian etu perinteisiin viljelyyn perustuviin menetelmiin nähden, on menetelmän nopeus ja tarkkuus. Lisäksi massaspektrometriaa hyödyntäen ei vaadita laajaa ammatillista kokemusta homeiden tunnistamisessa, eikä tutkijan tulkinta vaikuta tuloksiin tätä tunnistusmenetelmää käyttäen. Referenssitietokantojen puute kuitenkin rajoittaa lajien tunnistamista, mutta laitteen tietokantaan on myös mahdollista lisätä varmuudella tunnistettuja lajeja. (86.) Hinta on perinteisiin menetelmiin nähden korkeampi, mutta muihin biokemiallisiin menetelmiin nähden edullisempi (87).

Homeita tunnistettaessa näytteen esikäsittely on hieman hankalampaa ja vie enemmän aikaa verrattuna esimerkiksi bakteerien tunnistukseen. Syy tähän on homeiden soluseinän rakenne. Homeiden proteiiniexpressio vaihtelee kasvun aikana, jolloin massaspektri vaihtelee myös kasvun vaiheen mukaan (87). Kun tunnistetaan homeita, suositellaan näytteen olevan nestemäisestä viljelmästä, jotta kasvun vaihe ei vaikuttaisi massaspektriin. Tämä ei kuitenkaan ole pakollista. Nestemäisen viljelyn käyttö lisää tunnistamiseen vaadittavaa aikaa jopa 48 tuntia. Näyte ja matriisi yhdistetään ja viedään laitteen sisään, jolloin matriisi absorboi laserin aiheuttamaa ultraviolettivaloa muuntaen sen lämpöenergiaksi. Tällöin osa matriisista kuumenee nopeasti ja haihtuu näytteen kanssa. Positiivisesti varautuneet ionit kiihdytetään detektorille. Kiihtyvyyden saa aikaan näyte-

levyn ja maan potentiaaliero. Ionin massan ja varauksen suhde vaikuttavat ionin lentoaikaan. Korkeammin varautuneet ja kevyet ionit saavuttavat detektorin nopeimmin. Tuloksena on massaspektri, jota verrataan laitteen tietokannassa olevien kantojen spektreihin. (86; 87; 88; 89.)

6.5 PCR-tekniikat

PCR-tekniikoita homeiden tunnistamiseksi on useita ja niiden etuna on se, että tutkittavan solun ei tarvitse olla ehjä tai elinkykyinen, toisin kuin viljelyyn perustuvissa menetelmissä. Menetelmää voidaan hyödyntää homeiden tunnistamiseen erilaisista näytetyypeistä. PCR-tekniikoiden avulla monistetaan ja tunnistetaan lajille tyypillistä solun DNA:ta. PCR-tekniikat ovat menetelmänä nopeita ja tarkkoja, mutta suhteellisen uutena menetelmänä homeiden tunnistamisessa eivät täysin ongelmattomia. (9, s. 107.)

PCR-reaktiota varten näyte tulee esikäsitellä, sillä DNA on eristettävä menetelmää varten. qPCR eli kvantitatiivinen PCR on homeiden tunnistamisessa käytetty menetelmä ja se voidaan tehdä monenlaisista näytetyypeistä. qPCR eroaa PCR:stä siten, että qPCR:ssä DNA:n monistuminen ja detektio tapahtuu samaan aikaan. Lisäksi qPCR:ssä on fluoresoiva koetin. Menetelmä on nopea varsinkin verrattaessa perinteisiin viljelyyn perustuviin menetelmiin. Kvantitatiivisen PCR:n avulla homeiden tunnistaminen vie korkeintaan kaksi päivää. (90.)

6.6 Toksiinien mittaaminen eli aineenvaihduntatuotteiden mittaaminen

Kosteusvaurioissa esiintyviä homeita voi tunnistaa myös mittaamalla niiden tuottamia toksiineja. Toksiinien mittaamiseen on olemassa monenlaisia menetelmiä. Toksiineja on mahdollista määrittää ilmasta, mutta tämä on kuitenkin hankalaa ja epäluotettavaa toksiinien alhaisten pitoisuuksien vuoksi. Ilmanäytteiden kerääminen saattaa pienten pitoisuuksien vuoksi olla hyvinkin aikaa vievää. Toksiineja ei tule mitata huonepölystä, sillä menetelmä ei toimi arvioitaessa kosteusvauriokohteita tai terveyshaittoja. Huonepölystä tehdyissä mittauksissa ei ole pystytty erottamaan vertailukohteita tapauskohteista. (91.) Toksiinimääryksiä voidaankin tehdä rakenteista, mutta esimerkiksi materiaalin raaka-aineen toksisuus saattaa haitata tutkimusta. (9, s. 110; 78, s. 34; 91.) Menetelmänä voidaan käyttää esimerkiksi massaspektrometriaa.

Ongelma toksiinien tunnistamisessa on tutkimustiedon puute. Kosteusvaurioissa esiintyviä toksiineja ei tunneta vielä riittävän hyvin, jolloin tarkkojen pitoisuuksien ja toksiinien tarkka tunnistaminen on hankalaa. Tutkimustietoa puuttuu myös toksiinien esiintymisestä sellaisissa rakennuksissa, joissa ei ole kosteusvauriota. (91.)

6.7 Vasta-ainemääritykset

Vasta-ainemääritysten tekeminen kosteusvauriotapauksissa on mahdollista, mutta ei aina anna luotettavaa tietoa homealtistuksesta (85). Toisaalta taas ihmisen elimistöstä voidaan mitata tulehdusta vielä siinäkin vaiheessa, kun mikrobien tunnistaminen ei enää onnistu viljelyyn perustuvilla menetelmillä. On olemassa IgG-, IgE- ja IgM-vasta-ainemäärityksiä, tosin IgM-vasta-aineiden analyysiä ei ole myynnissä. Myös IgA-vasta-aineiden tuottoa on havaittu esiintyvän homealtistuksessa. (9, s. 90–91.)

Kosteusvauriomikrobispesifistä IgE-vasta-ainemääritystä voidaan käyttää diagnoosin tekemisen tukena seerumista tai ihopistokein (12).

6.8 Ergosterolipitoisuuden määrittäminen

Ergosterolipitoisuuden määrittäminen on nopea ja luotettava menetelmä, joka ei vaadi elinkykyisiä soluja. Ergosterolipitoisuuden määrittäminen ei kuitenkaan anna tietoa sienilajeista, vaan pelkästään sienien esiintyvyydestä. (78, s. 35.) Ergosteroli on sienien solukalvolla esiintyvä biomolekyyli, joten sen määrä kertoo sienien esiintyvyydestä. Huomattavaa on kuitenkin se, että kaikki sienet eivät tuota ergosterolia ja myös sienen fysiologinen tila vaikuttaa ergosterolipitoisuuteen. (78, s. 35; 92.) Ergosterolipitoisuuden määrittämiseen voidaan käyttää useita erilaisia tekniikoita.

6.9 Mahdollisuuksia ja rajoituksia

Homeiden tunnistamisessa on siis mahdollista käyttää useita erilaisia menetelmiä. Menetelmiä on myös mahdollista yhdistää varmemman tuloksen saamiseksi. Esimerkiksi PCR-tekniikoita voitaisiin käyttää täydentämään viljelyyn perustuvia menetelmiä. Biokeemisiin menetelmiin perustuvat menetelmät ovat kehittymässä ja niiden etuja viljelyyn

perustuviin menetelmiin nähden ovat nopeus, tarkkuus, ja herkkyys. Lisäksi näiden tekniikoiden avulla on varmempaa tunnistaa toisiaan muistuttavat mikrobit. Vaikka viljelyyn perustuvat menetelmät ovatkin yleisesti ottaen edullisempia kuin biokemialliseen tunnistamiseen perustuvat menetelmät, on automaatioon perustuvia laitteita käytettäessä tarve pienemään työvoimaan. Lisäksi tunnistaminen ei vaadi yhtä pitkää koulutusta ja kokemusta homeiden tunnistamisessa, sillä laitteiden käyttö on helpompaa kuin homeiden tunnistaminen morfologisten piirteiden avulla. Tätä kautta kustannukset pienenevät, mutta uudet menetelmät ovat siitä huolimatta kalliimpia kuin viljelyyn perustuvat menetelmät. Myös laitteiden hankintakustannukset ovat yleensä suuret. Yksi suurimpia ongelmia uudemmissa menetelmissä on tämänhetkinen informaation puute, mutta informaatio tulee oletettavasti menetelmien kehittyessä lisääntymään. Lisäksi ongelmana on tekniikoiden kehittymättömyys. (8, s.133–144.)

7 Terveyshaitat

Korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota tai aistinvaraisesti todettua tai mikrobianaalyysin varmistettua mikrobikasvustoa rakennuksen sisäpinnoilla, sisäpuolisissa rakenteissa, lämmöneristeissä sekä rakenteissa ja tiloissa, joista vuotoilmaa kulkeutuu sisätiloihin, pidetään terveydensuojelulain tarkoittamana terveyshaittana. (1.)

Mikrobien aiheuttamat terveyshaitat ovat oleellinen syy määrittää kosteusvaurioissa esiintyviä mikrobeita. Jotkin homeista ovat tiettävästi terveydelle vaarattomia ja ovat vain kosteusvaurioindikaattoreita. Toiset kosteusvaurioissa esiintyvät homeet ja niiden tuottamat aineenvaihduntatuotteet taas ovat terveydelle haitallisia ja voivat aiheuttaa erilaisia oireita ja sairauksia, vaikka syy ja seuraus -suhteet saattavat olla hankala osoittaa.

Homeet saattavat aiheuttaa terveyshaittoja, joko itsessään tai aineenvaihduntatuotteidensa kautta. Oireita saattavat aiheuttaa myös itiöiden sisältä vapautuva hienopöly ja rihmaston kappaleet. On tyypillistä, että vain osa homeille altistuneista saa oireita. Oireet eivät välttämättä helpotu ympäristöä vaihtamalla. (9, s. 8–12.) Eri mikrobisuvuilla on erilaisia vaikutuksia terveyteen ja toiset suvut saattavat olla esimerkiksi allergisoivia, kun toiset ovat toksisia tai aiheuttavat infektoita. Mikrobeilla saattaa olla myös yhteisvaikutuksia. Myös kasvuympäristö saattaa vaikuttaa esimerkiksi homeiden toksiinintuottoon, jolloin sama home ei eri ympäristössä välttämättä tuota toksineja.

Terveyshaittoja pohdittaessa on otettava huomioon myös kosteusvauriokohteissa käytettävät kemikaalit. Esimerkiksi biguandikemikaalien, jotka nykyään ovat kiellettyjä, käyttö on mahdollisesti aiheuttanut terveyshaittoja työntekijöille ja lapsille. Lisäksi näiden kemikaalien käyttö on vaikuttanut homeiden tutkintaan ja tulosten oikeellisuuteen. (9, s. 6–10.)

Usein kosteusvaurion alkuvaiheessa on helppo selvittää oireiden yhteys rakennukseen. Kun kosteusvaurio etenee, oireiden alkuperä saattaa tulla epäselvemmäksi, sillä oireet eivät välttämättä enää katoa ja henkilö saattaa myös herkistyä ulkoilman normaaleille homeille. Homeille altistuminen saattaa aiheuttaa monenlaisia oireita ja sairauksia. Kuitenkin vakavat terveyshaitat, kuten astma ja alveoliitti, kehittyvät yleensä vasta vuosien saatossa. (9, s. 6–10.)

7.1 Oireet

Kosteusvaurion alkuvaiheessa oireet saattavat olla esimerkiksi ärsytysoireita, kuten ihon ja silmien kutinaa ja kirvelyä sekä yleisoireita, kuten kuumeilua ja väsymystä. Altistuksen jatkuessa oireet saattavat muuttua tai vaihtua. Altistunut saattaa kärsiä esimerkiksi jatkuvista poskiontelon tulehduksista, päänsärystä, erilaisista kivuista ja keskittymishäiriöistä. Myös astman tai astman kaltaisten oireiden kehittyminen on mahdollista, samoin kuin iho- ja gastrointestinaalioireiden kehittyminen. Altistuneille saattaa kehittyä myös MCS eli monikemikaaliliherkkyys, jolla tarkoitetaan tavallisista kemikaaleista aiheutuva oireilua. Yksilötasolla homeista johtuvat oireet ja taudinkuva saattavat vaihdella huomattavasti, eikä kaikille altistuneille välttämättä tule minkäänlaisia oireita. Mahdollisia home-altistukseen liittyviä oireita ja sairauksia on lukuisia, mutta varmuutta homeiden osuudesta ei ole. Esimerkiksi homeiden osuutta syöpäriskiin tutkitaan, mutta tällä hetkellä näiden yhteydestä ei ole varmaa näyttöä. (9, s. 6-10; 93.)

7.2 Mykotoksiinit

Mykotoksiinit eli sienimyrkyt, ovat toksineja, jotka syntyvät homeiden aineenvaihdunnan sivutuotteina. Homeet tuottavat mykotoksiineja oikeissa olosuhteissa puolustautuakseen mikrobeja ja eläimiä vastaan. Kaikki homelajit eivät tuota lainkaan mykotoksiineja. Tok-

sisuus riippuu siis toisinaan kasvuolosuhteista. Mykotoksiinit voivat aiheuttaa terveyshaittoja, mutta niillä saattaa toisaalta olla myös terveyden kannalta hyödyllisiä ominaisuuksia.

Ihminen saattaa altistua mykotoksiineille hengityselimistön, ihon tai ruuansulatuskanavan kautta kosteusvauriorakennuksissa. Mykotoksiineja on hyödynnetty esimerkiksi antibiooteissa. Terveyshaittojen kannalta oleellisia mykotoksiineja ovat muun muassa aflatoksiinit, fumosiini, patuliini, okratoksiini A ja trikokeenit. Aflatoksiini on myrkyllisin home- myrky ja se on karsinogeeninen. Erityisesti mykotoksiinit esiintyvät itiöiden rakenteissa, mutta myös esimerkiksi rihmastoissa saattaa olla toksiineja. Tiedettävästi toksiinit tarvitsevat kuljettajan, eivätkä ne voi itsessään esiintyä ilmassa. (6, s. 103; 9, s. 84; 19, s. 119–121; 94.)

7.3 Microbial Volatile Organic Compounds

Microbial Volatile Organic Compounds eli MVOC-yhdisteet ovat haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, joita saattaa syntyä mikrobien primaari- ja sekundaariaineenvaihdunnan sivutuotteina. Mykotoksiinit eroavat MVOC-yhdisteistä suuremman molekyylikokonsa ja haihtumattomuutensa puolesta. Primääriaineenvaihdunnassa home tuottaa MVOC-yhdisteitä pilkkoessaan ravintoa ravinteiden saamista varten. Sekundääriaineenvaihdunnassa MVOC-yhdisteitä syntyy, kun mikrobi kilpailee resursseista ravinnepöyhässä ympäristössä. MVOC-yhdisteet saavat yleensä aikaan homeen tyypillisen hajun. (3, s. 18.) Esimerkiksi Chaetomium-suvun homeet tuottavat geosmiinia ja 2-metyyli-isoborneolia aiheuttaen tunkkaisen multamaisen hajun. MVOC:it ovat lähinnä ketoneita, alkaaneja ja alkoholeja. MVOC-yhdisteiden osuutta terveyshaittoihin ei ole pystytty varmasti todistamaan, mutta niillä saattaa olla terveyden kannalta negatiivisia vaikutuksia. MVOC-yhdisteiden tutkimista vaikeuttaa muun muassa se, että myös muut mikrobit kuten bakteerit tuottavat näitä yhdisteitä, jotka voidaan sekoittaa homeiden tuottamiin yhdisteisiin. VOC-yhdisteet saattavat olla peräisin myös esimerkiksi puhdistusaineista. MVOC-yhdisteiden testaaminen saattaa kuitenkin olla hyödyllistä kun etsitään vaikeasti löydettäviä homeita, esimerkiksi rakenteista. (19, s. 163–166; 95.)

8 Työturvallisuus

Työturvallisuus on huomioonotettava asia tutkittaessa homeiden esiintymistä. Kosteusvauriorakennuksissa saattaa olla, varsinkin mikrobien tutkimisen aikana, normaalia huomattavasti enemmän haitallisia mikrobeja tai niiden aineenvaihduntatuotteita. Tästä syystä tulee kiinnittää huomiota työturvallisuuteen ja henkilökohtaisten suojainten käyttöön. Henkilökohtaisiin suojavaarusteisiin kuuluvat muun muassa suojalasit, hengityssuojain, suojakäsineet, suojavaatteet ja kypärä. Tarvittavat suojavaarusteet vaihtelevat tilanteen mukaan ja tilanteen arviointi tulee suorittaa etukäteen, jotta osataan varautua tarvittavilla varusteilla. Suojavälineiden käyttö suojaa myös näytettä. (3, s. 249–251.) Käsiteltäessä materiaalia, jonka epäillään voivan sisältää hometta, tulisi käyttää ainakin suojakäsineitä. (8, s. 19.)

Laboratoriossa homeiden kanssa työskennellessä tulee noudattaa samanlaisia työskentelymenetelmiä, joita noudatetaan yleensäkin mikrobien kanssa työskennellessä. Ilmastoinnin tulee olla riittävä ja mahdollisesti normaalia tehokkaampi. Näytteet tulee muistaa aina merkitä selkeästi. Työskentelyn tulee olla aseptista ja käytettyjen välineiden hävittämiseen ja puhdistamiseen tulee kiinnittää huomiota. Työskentelyalueet tulee puhdistaa päivittäin esimerkiksi 70 % isopropyyliliuoksella. Työskennellessä käytetään suojahanskoja, joilla minimoidaan ristikontaminaation mahdollisuutta ja työskentelyn tulisi tapahtua mieluiten vetokaapissa. Kasvumaljaa ei myöskään kannata käsitellä rajusti tai kääntää ylösalaisin, jolloin kuivuneet itiöt lähtevät liikkeelle ja leviävät ilmaan kun kasvumaljan kansi avataan. (8, s. 81.)

9 Yhteenveto

On tärkeää ymmärtää erilaisia homeita ja niiden esiintyvyyttä, jotta niiden aiheuttamia haittoja voidaan ehkäistä ja suorittaa puhdistus ja korjaaminen asianmukaisesti. Tällä hetkellä käytetyin menetelmä homeiden tunnistamisessa lienee edelleen perinteiset viljelyyn perustuvat menetelmät ja homeiden tunnistus morfologisten piirteiden perusteella mikroskooppisesti. Kuitenkin muut tekniikat ovat koko ajan kehittymässä ja niiden osuus tulee todennäköisesti kasvamaan tulevaisuudessa. Erilaiset uudet menetelmät, kuten PCR eivät tule todennäköisesti syrjäyttämään perinteisempiä menetelmiä, vaan ne tulevat vanhojen menetelmien rinnalle. PCR-menetelmää voitaisiin käyttää esimerkiksi mikroskopoinnin avulla saatujen tuloksien varmistamiseen. Tulevaisuudessa toivottavasti

ymmärrys tulee lisääntymään ja tekniikat kehittymään, jolloin saadaan vähennettyä ja ehkäistyä sisäilmasta johtuvia oireita ja sairauksia.

Lähteet

- 1 Miten kosteusvaurio syntyy?. 2016. Verkkodokumentti. <[https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/hometalo-ja-kosteusvaurio/miten-kosteusvaurio-syntyy-miten-kosteusvaurio-syntyy->](https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/hometalo-ja-kosteusvaurio/miten-kosteusvaurio-syntyy-miten-kosteusvaurio-syntyy-). Luettu 28.3.2016.
- 2 Partanen, Pertti... [et al.]. 1995. Pientalojen kosteusvauriot – yleisyyden ja korjauskustannusten selvittäminen. Verkkodokumentti. KTL. <<http://julkari.fi/bitstream/handle/10024/78232/1995b6.pdf?sequence=1>>. Luettu 4.5.2016.
- 3 Bailey, Hollace S.. 2005. Fungal contamination : a manual for investigation, remediation, and control. Jupiter, FL : BECi.
- 4 Lausuntopyyntö luonnoksesta rakennusten kuntotutkimusoppaaksi: Luku 6. 2015. Verkkodokumentti. <http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyyntot_ja_lausuntoyhteenvedot/2015/Lausuntopyynto_luonnoksesta_rakennusten_%2832552%29>. Luettu 6.5.2016.
- 5 Kung'u, Jackson. 2016. The Phases of Fungal Growth in Indoor Environment. Verkkodokumentti. <<http://www.moldbacteria.com/mold/the-phases-of-fungal-growth-in-indoor-environment.html>>. Luettu 15.4.2016.
- 6 Timonen, Sari & Valkonen, Jari. 2013. Sienten Biologia. Helsinki: Gaudeamus.
- 7 Homeet. 2006. Verkkodokumentti. <<http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/homeet/2/>>. Luettu 1.4.2016.
- 8 Yang, Chin S. & Heinsohn Patricia. 2007. Sampling and Analysis of Indoor Microorganisms. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- 9 Putus, Tuula. 2014. Home ja terveys: Kosteusvauriohomeiden, hiivojen ja sädesienten esiintyminen sekä terveyshaitat. Pori: Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus.
- 10 Mikrobikasvun edellytykset. 2008. Verkkodokumentti. <<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>>. Luettu 4.5.2016.
- 11 Lindblad, Esko. 2010. 1960-luvun pientalojen riskirakenteita –case tapauksia. Verkkodokumentti. University of Eastern Finland. <http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0058-6/urn_isbn_978-952-61-0058-6.pdf>. Luettu 6.5.2016.
- 12 Majvik II -suositus. 2007. Verkkodokumentti. Suomen lääkärilehti. <<http://www.epshp.fi/files/2011/Majvik-suositus-SLL-2007.pdf>>. Luettu 6.5.2016.

- 13 Andersson, Maria A. ...et[al.]. 2013. Biosidiset boori- ja PHMG/B yhdisteet edistävät toksisten sisäilmahomeiden leviämistä rakennuksissa. Verkkodokumentti. Helsingin Yliopisto.<http://www.sisailmayhdistys.fi/wp-content/uploads/2013/06/13.3.13_-_maria_a._andersson.pdf>. Luettu 8.4.2016
- 14 Acremonium. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=31504&Fields=All>>. Luettu 1.4.2016.
- 15 Summerbell, R.C.. Gueidan, C.. Schroers, H-J.. de Hoog, G.S.. Starink, M.. Arocha Rosete, Y.. Guarro, J.. Scott, J.A.. 2011. Acremonium phylogenetic overview and revision of Gliomastix, Sarocladium, and Trichothecium. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3065988/>>. Luettu 4.4.2016.
- 16 Acremonium. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.eol.org/pages/32101/overview>>. Luettu 31.3.2016.
- 17 Acremonium Link ex Fries. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_%28hyaline%29/Acremonium/> Luettu 1.4.2016.
- 18 Horppu, Teija. 2008. Hometaloissa hengitetään myrkyllistä ilmaa. Kemia-Kemi.<http://www.kemia-lehti.fi/wp-content/uploads/2013/03/kem608_home.pdf>. Luettu 15.4.2016
- 19 Hess-Kosa, Kathleen. 2011. Indoor Air Quality. Florida: Taylor & Francis Group.
- 20 Kuva 1. Conidia and conidiophores of the fungus Acremonium falciforme PHIL 4168 lores. 1970. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Conidia_and_conidiophores_of_the_fungus_Acremonium_falciforme_PHIL_4168_lores.jpg>. Luettu 4.5.2016
- 21 Alternaria sp.. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_%28dematiaceous%29/Alternaria/> Luettu 1.4.2016.
- 22 Alternaria alternata. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=900&Fields=All>>. Luettu 5.5.2016.
- 23 Terveyshaitat. Verkkodokumentti. <<http://www.ositum.fi/index.php?p=Terveyshaitat>>. Luettu 31.3.2016.
- 24 Salo, Päivi M.. Arbes, Samuel J.. Sever, Michelle. Jaramillo, Renee. Cohn, Richard D.. London, Stephanie J.. Zeldin, Darryl C.. Exposure to Alternaria alternata in US homes is associated with asthma symptoms. 2007. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2080575/>>. Luettu 31.3.2016.

- 25 Haahtela, Tari. 2015. Sisäilman allergeenien merkitys. Verkkodokumentti. <http://duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&viewType=viewArticle&tunnus=duo60294&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_auth=>. Luettu 31.3.2016.
- 26 Kuva 2. Chain of conidia of a *Alternaria* sp. fungus PHIL 3963 lores. 1955. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chain_of_conidia_of_a_Alternaria_sp._fungus_PHIL_3963_lores.jpg> Luettu 4.5.2016
- 27 Wilson, DM; Mubatanhema, W; Jurjevic, Z. 2002. Biology and ecology of myco-toxigenic *Aspergillus* species as related to economic and health concerns. Advances in experimental medicine and biology. Advances in Experimental Medicine and Biology 504: 3–1
- 28 Latge, Jean-Paul; Steinbach, William J..2009. *Aspergillus fumigatus* and *Aspergillo*sis. Washington: ASM Press.
- 29 <http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&p_p_action=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&viewType=viewArticle&tunnus=duo98608>. Luettu 1.4.2016.
- 30 Kwon-Chung, Kyung J.& Sugui , Janyce A.. 2013. *Aspergillus fumigatus*—What Makes the Species a Ubiquitous Human Fungal Pathogen?. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3857757/>>. Luettu 4.4.2016.
- 31 Kwon-Chung, K.J.; Bennett, John E. 1992. Medical mycology. Philadelphia: Lea & Febiger.
- 32 Toxic Effects of Fungi and Bacteria. 2004. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK215642/>>. Luettu 31.3.2016.
- 33 *Aspergillus ochraceus* .2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=2564&Fields=All>>. Luettu 12.4.2016.
- 34 *Aspergillus versicolor* . 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=2780&Fields=All>>. Luettu 12.4.2016.
- 35 <http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=seh00071>. Luettu 31.3.2016.
- 36 Kuva 3. Medmyco. 2013. *Aspergillus versicolor*. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aspergillus_versicolor.jpeg>. Luettu 4.5.2016.

- 37 Morello, L.G.Sartori, D. de Oliveira Martinez, AL. Vieira, ML. Taniwaki, MH. Fungaro, MH. Detection and quantification of *Aspergillus westerdijkiae* in coffee beans based on selective amplification of beta-tubulin gene by using real-time PCR. 2007. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pub-med/17900727>>. Luettu 6.5.2016.
- 38 *Aspergillus westerdijkiae*. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=124095&Fields=All>>. Luettu 5.5.2016.
- 39 *Chaetomium*. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=32766&Fields=All>>. Luettu 14.4.2016.
- 40 Kung'u, Jackson. 2016. *Chaetomium*. Verkkodokumentti. <<http://www.moldbacteria.com/mold/chaetomium.html>>. Luettu 14.4.2016.
- 41 Prokhorov, V. P.. Linnik, M.A.. 2011. Morphological, cultural, and biodestructive peculiarities of *Chaetomium* species. Verkkodokumentti. <<http://link.springer.com/article/10.3103%2FS0096392511030072#page-2>>. Luettu 14.4.2016.
- 42 Kuva 4. Keisotyo. 2007. *Chaetomium* sp 001. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chaetomium_sp_001.jpg>. Luettu 4.5.2016.
- 43 *Cladosporium*. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=33538&Fields=All>>. Luettu 14.4.2016.
- 44 Bensch, K.; Braun, U.; Groenewald, J.Z.; Crous, P.W.. 2012. The genus *Cladosporium*. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3390897/>>. Luettu 17.3.2016.
- 45 Description of *Cladosporium*. 2010. Verkkodokumentti. <http://www.eol.org/data_objects/5697503>. Luettu 31.3.2016.
- 46 *Cladosporium cladosporioides*. 2001–2016. Verkkodokumentti. <<https://www.inspq.qc.ca/node/488>>. Luettu 14.4.2016.
- 47 *Fusarium*. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=41506&Fields=All>>. Luettu 17.3.2016.
- 48 *Fusarium* sp.. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_%28hyaline%29/Fusarium/>. Luettu 17.3.2016.
- 49 Kuivamädät. Verkkodokumentti. <<http://www.farmit.net/kasvinviljely/kasvinsuojelu/kasvitaudit/tunnistuskuvat/kuivamadat>>. Luettu 14.4.16.

- 50 Kuva 5. Dr. Libero Ajello Microscopic photo of fungus. <<http://www.freestockphotos.biz/stockphoto/16349>>. Luettu 4.5.2016.
- 51 *Paecilomyces variotii*. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=18284&Fields=All>>. Luettu 14.4.2016.
- 52 *Paecilomyces*. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_%28hyaline%29/Paecilomyces/>. Luettu 1.4.2016.
- 53 *Paecilomyces variotii*. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_%28hyaline%29/Paecilomyces/variottii.html>. Luettu 1.4.2016.
- 54 Silva, Oliveira M. R. ...et[al.]. 2013. Viriditoxin, an antibacterial substance produced by mangrove endophytic fungus *Paecilomyces variotii*. Verkkodokumentti. Formatex. <<http://www.formatex.info/microbiology4/vol2/1406-1411.pdf>>. Luettu 1.4.2016.
- 55 *Penicillium*. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=39268&Fields=All>>. Luettu 14.4.2016.
- 56 Eri lajeja. 2013. Verkkodokumentti. <<http://www.biofacto.com/lajeja.html>>. Luettu 14.4.16.
- 57 *Penicillium* sp.. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_%28hyaline%29/Penicillium/>. Luettu 17.3.2016.
- 58 Ramli, N.; Tafsin, M.; Hasjmy, A.D.. 2009. The Optimum Growth of *Penicillium* spp. and *Cunninghamella* spp. Isolated from Diet and Its Toxic Effect on Mice (*Mus musculus*). Verkkodokumentti. <<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/43199>>. Luettu 14.4.2016.
- 59 Kuva 6. Dr. Sahay. 2013. *Penicillium* Spp. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Penicillium_Spp..jpg>. Luettu 4.5.2016.
- 60 *Stachybotrys chartarum*. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=26245&Fields=All>>. Luettu 1.4.2016.
- 61 Black Mold – *Stachybotrys*. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.moldarmor.com/mold-guide/black-mold-stachybotrys>>. Luettu 14.4.2016.
- 62 *Trichoderma*. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_%28hyaline%29/Trichoderma/>. Luettu 17.3.2016.

- 63 Trichoderma. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=39566&Fields=All>>. Luettu 17.3.2016.
- 64 Trichoderma longibrachiatum. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=27618&Fields=All>>. Luettu 14.4.2016.
- 65 Schildt, Sanna. 2012. Sisäilmahomeen myrkyllisyyden syy selvitetty. Verkkodokumentti. <<http://www.helsinki.fi/ajankohtaista/uutisarkisto/10-2012/4-15-56-57>>. Luettu 15.4.2016.
- 66 Shahid, Mohd; Singh, Anuradha; Srivastava, Mukesh; Mishra, R.P.; Biswas, S.K.. 2011. Effect of temperature, pH and media for growth and sporulation of Trichoderma longibrachiatum and self life study in carrier based formulations. Verkkodokumentti. <<http://indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:apps&volume=19&issue=1&article=034>>. Luettu 15.4.2016.
- 67 Trichoderma atroviride. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=45899&Fields=All>>. Luettu 15.4.2016.
- 68 Trichoderma atroviride. 2016. Verkkodokumentti. <<http://genome.jgi.doe.gov/Triat1/Triat1.home.html>>. Luettu 1.4.2016.
- 69 Longa, CM; Pertot, I; Tosi, S.. 2008. Ecophysiological requirements and survival of a Trichoderma atroviride isolate with biocontrol potential. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18720503>>. Luettu 1.4.2016.
- 70 Salkinoja-Salonen, Mirja. 2012. Kosteusvaurioiden mikrobiologiaa ja toksikologiaa. Verkkodokumentti. Helsingin Yliopisto. <<https://tuhat.halvi.helsinki.fi/portal/files/24338502/FLYSalkinojaSalonenb.pdf>>. Luettu 1.4.2016.
- 71 Trichoderma harzianum . 2016. verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=27600&Fields=All>>. Luettu 15.4.2016.
- 72 Kuva 7. Trichoderma harzianum.<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trichoderma_harzianum.jpg> . Luettu 4.5.2016.
- 73 Trichoderma viride. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=27648&Fields=All>>. Luettu 1.4.2016.
- 74 Lieckfeldt, Elke; Samuels, Gary J.; Nirenberg, Helgard I.; Petrini, Orlando. 1999. A Morphological and Molecular perspective of Trichoderma viride: Is it one or two species?. Verkkodokumentti. <<http://aem.asm.org/content/65/6/2418.full>>. Luettu 1.4.2016.

- 75 Katsaus mikrobeihin. 2008. Verkkodokumentti. <<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Katsaus-mikrobeihin>>. Luettu 15.4.2016.
- 76 Puuaineksen tuhoutuminen, lahoaminen ja puun väri. Luentomoniste. Verkkodokumentti. <<http://puukemia.tkk.fi/fi/opinnot/kurssit/19-1000/luennot/L14.pdf>>. Luettu 6.5.2016.
- 77 Rantamäki, Jouko & Valkonen Erkki. 1979. Lattiasienivauriot. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy
- 78 Rantamäki, Jouko... [et al.]. 2000. Rakennusten ja rakennusmateriaalien homeet. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
- 79 Herva, Tommi & Hokkanen Veli-Matti. 2011. N6-yksivaihekeräimen (Andersen) käyttöönotto sisäilman mikrobi tutkimuksessa. Verkkodokumentti. University of Eastern Finland. <http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0369-3/urn_isbn_978-952-61-0369-3.pdf>. Luettu 6.5.2016.
- 80 Pölynäytteen ottaminen pyyhintämenetelmällä. 2015. Verkkodokumentti. Työterveyslaitos. <http://www.ttl.fi/fi/palvelut/turvallisempi-tyoymparisto/poly-hiukkas-ja-kuituanalyysit/Documents/Polynaytteen_ottaminen_pyyhintamenetelmalla.pdf>. Luettu 6.5.2016.
- 81 Näytteenotto. 2008. Verkkodokumentti. <<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Mikrobitutkimukset/Naytteenotto>>. Luettu 11.4.2016.
- 82 Asumisterveysohje. 2003. Verkkodokumentti. STM.<<http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/71398/Opp200301.pdf?sequence=1>>. Luettu 3.5.2016.
- 83 Kuva 8. Medmyco. 2013. Paecilomyces variotii culture. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paecilomyces_variotii_culture.jpg>. Luettu 15.4.2016.
- 84 Mikroskopia. 2006. Verkkodokumentti. <<http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/mikroskopia/2/>>. Luettu 14.4.2016.
- 85 Reiman, Marjut & Pennanen, Sirpa. 2003. Kvantitatiivinen menetelmä mikrobialistumisen arviointiin. Verkkodokumentti. <http://www.ebm-guidelines.com/dtk/ltk/avaa?p_artikkeli=ttl00084&p_haku=ammattitauti>. Luettu 6.5.2016.
- 86 Triest, David; Stubbe, Dirk; De Cremer, Koen; Piérard, Denis; Normand, Anne-Cécile; Piarroux, Renaud; Detandt, Monique; Hendrickxa, Marijke. 2015. Use of Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization–Time of Flight Mass Spectrometry for Identification of Molds of the Fusarium Genus. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4298546/>>. Luettu 12.4.2016.

- 87 Bonislawski, Adam. 2014. Researchers, Vendors Looking to MALDI-TOF MS to Improve Mold Identification. Verkkodokumentti. <<https://www.genomeweb.com/proteomics/researchers-vendors-looking-maldi-tof-ms-improve-mold-identification>>. Luettu 12.4.2016.
- 88 Principles of MALDI-TOF Mass Spectrometry. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.shimadzu.com/an/lifescience/maldi/princpl1.html>>. Luettu 12.4.2016.
- 89 Pelkola, Kirsti. 2015. Verkkodokumentti. Evira. <http://www.kalankasvatus.fi/wp-content/uploads/2014/01/Pelkola.PDF.Kalaterveysp%C3%A4iv%C3%A4_26.3.15__malditof_Kirsti.Pelkola.Evira_.pdf>. Luettu 12.4.2016.
- 90 Pitkäranta, Miia & Puhka, Aki. 2013. Kvantitatiivinen PCR sisäilman mikrobiologisen laadun arvioinnissa. Opinnäytetyö. Verkkodokumentti. Itä-Suomen Yliopisto. <https://www2.uef.fi/documents/976466/1799771/Pitk%C3%A4rantaPuhka_viralinen.pdf/05716b54-0ba0-4768-b2f7-9e63ec728cb3>. Luettu 12.4.2016.
- 91 Työterveyslaitoksen kannanotto mikrobitoroksineista työpaikoilla. 2013. Verkkodokumentti. <http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/sisaymparistotekijat/kosteus_ja_homevauriot/mikrobitoroksiinikannanotto/Sivut/default.aspx>. Luettu 4.4.2016.
- 92 Chiochio, V. M. & Matkovic, L. 2011. Determination of ergosterol in cellular fungi by HPLC. A modified technique. The Journal of the Argentine Chemical Society Vol. 98, 10-1. <<http://aqa.org.ar/pdf98/98art2.pdf>>. Luettu 6.5.2016.
- 93 Valtonen, Ville. Home- ja kosteusvauriopotilaan oireet. Verkkodokumentti. <<http://www.hengitysliitto.fi/fi/home-ja-kosteusvauriopotilaan-oireet>>. Luettu 4.4.2016.
- 94 Homesienet ja homemyrkyt eli mykotoksiinit. 2016. Verkkodokumentti. <<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikevaarat/ruokamyrkytykset/homesienet-ja-homemyrkyt-eli-mykotoksiinit/>>. Luettu 5.5.2016.
- 95 Abella Santo-Pietro, Karen. 2008. Microbial Volatile Organic Compounds (MVOC's). Verkkodokumentti. <<https://www.emlab.com/s/sampling/env-report-04-2006.html>>. Luettu 18.4.2016