

Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot

Opas ongelmien selvittämiseen





Kansanterveyslaitos
Folkhälsoinstitutet
National Public Health Institute

Kansanterveyslaitoksen ohjeita ja suosituksia

C9 / 2007

Teija Meklin, Tuula Putus, Anne Hyvärinen, Ulla Haverinen-Shaughnessy, Ulla Lignell, Aino Nevalainen

ISBN 978-951-740-730-4 (Painettu)
978-951-740-731-1 (PDF-versio)
ISSN 1238-5875

Teija Meklin, Tuula Putus, Anne Hyvärinen, Ulla Haverinen-Shaughnessy, Ulla Lignell ja Aino Nevalainen, Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot Ohjeita ongelmien selvittämiseen
Publications of the National Public Health Institute, C9/2007, 38 Pages
ISBN 978-951-740-730-4; 978-951-740-731-1 (pdf-version)
ISSN 1238-575
<http://www.ktl.fi/portal/8629>

TIIVISTELMÄ

Koulujen terveydellisten olojen valvonta kuuluu kunnan terveydensuojeluviranomaisen tehtäviin. Tätä opasta voidaan käyttää apuna koulujen kosteus- ja homevaurioiden selvittämisessä. Oppaassa on katsaus kosteusvaurioista koulurakennuksissa ja neuvoja siitä, kuinka toimia epäiltäessä koulurakennusta kosteusvaurioituneeksi. Oppaan pääpaino on mikrobiologisissa selvityksissä, erityisesti mikrobiinäytteenottoa ja tulosten tulkintaa koskevissa ohjeissa. Lisäksi oppaassa kuvataan koulujen sisäilmaongelmiin liittyviä terveyshaittoja ja mikrobimittausten ja oirekyselyjen käyttöä korjausten onnistumisen arvioinnissa. Kosteusvaurioiden korjaaminen ja terveyshaittojen poistaminen vaatii monien alojen osaajien yhteistyötä ja erityisosaamista.

Asiasanat: koulu, kosteusvaurio, sisäilma, mikrobit, home, korjaukset, terveyshaitta



JOHDANTO	4
1 KOSTEUSVAURIOT KOULURAKENNUKSISSA	5
1.1 Vaurioiden yleisyys	5
1.2 Vaurioiden sijainti	6
1.3 Vaurioiden syyt	7
1.4 Kosteusvauriot keittiötiloissa	8
2 KIINTEISTÖNPIDON KESKEISIÄ PERIAATTEITA	8
3 MITEN MENETELLÄ, KUN KOULUSSA EPÄILLÄÄN KOSTEUS- JA HOMEVAURIOTA?	9
3.1 Selvitysten organisointi	10
3.2 Kuntoarvio ja kuntotutkimukset	10
3.2.1 Kuntoarvio	11
3.2.2 Kuntotutkimus	11
3.3 Ilmanvaihto	12
4 MIKROBIOLOGISET SELVITYKSET	13
4.1 Mikrobikasvu rakennuksessa	13
4.2 Mikrobikasvun päästöt ja altistuminen	14
4.3 Mikrobikasvun toteaminen ympäristönäytteiden avulla	14
4.4 Näytteenottosuunnitelman teko	17
4.5 Pinta- ja materiaalinäytteet	18
4.6 Ilmanäytteet	19
4.6.1 Ilmanäytteiden otto	20
4.6.2 Mittausajankohta	21
4.6.3 Näytemäärä ja tutkittavien tilojen valinta	22
4.7 Tulosten tulkinta	23
4.7.1 Pinta- ja materiaalinäytteet	23
4.7.2 Ilmanäytteiden tulosten tulkinta	23
4.8 Muut sisäilmaselvitykset	28
4.8.1 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet	29
4.8.2 Sisäilman hiukkaset	29



Teija Meklin, Tuula Putus, Anne Hyvärinen, Ulla Haverinen-Shaughnessy, Ulla Lignell, Aino Nevalainen

5	KOSTEUS- JA HOMEVAURIOIHIN LIITTYVÄT TERVEYSHAITAT	30
5.1	Koulujen sisäilmaongelmiin liittyvät oppilaiden oireet	31
5.1.1	Hengitystieoireet ja -infektiot	31
5.1.2	Yleisoireet	32
5.1.3	Allergiasairaudet	32
5.1.4	Toiminnalliset muutokset hengitysteissä	33
5.2	Henkilökunnan oireet	33
6	KORJAUSTEN ONNISTUMISEN ARVIOINTI	34
6.1	Mikrobimittaukset korjausten onnistumisen seurannassa	34
6.2	Oirekyselyt korjausten onnistumisen arvioinnissa	34
	LÄHDEVIITTEET	35
	TAULUKOT	38



KOULURAKENNUSTEN KOSTEUS- JA HOMEVAURIOT

Opas ongelmien selvittämiseen

Johdanto

Kosteus- ja homevaurioita esiintyy yleisesti rakennuskannassa ja niiden terveyshaittoihin liittyvät riskit koskettavat monia käyttäjäryhmiä. Asuntojen ja niihin verrattavien oleskelutilojen kosteus- ja homevaurioita ja mikrobiologisia selvityksiä koskevia ohjeita on julkaistu sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeessa (STM oppaita 2003:1) ja sitä täydentävässä Asumisterveysoppaassa (Ympäristö ja Terveys-lehti, 2005). On kuitenkin osoittautunut, että näiden ohjeiden mikrobiologinen osuus ei sellaisenaan sovellu koulurakennuksille. Tämä johtuu asuin- ja koulurakennusten erilaisesta koosta, käytöstä sekä rakennus- ja taloteknisistä ratkaisuksista.

Tässä kouluohjeessa esitetään suosituksia koulurakennusten kosteus- ja homevaurioiden selvittämiseen, erityisesti koulurakennusten mikrobinäytteenottoon ja tulosten tulkintaan. Lisäksi tarkastellaan terveysvaikutuksia, joita koulujen oppilailla ja opettajilla on havaittu kosteus- ja homevaurioiden yhteydessä.

Rakennusten kosteus- ja homevaurioselvitysten lähtökohtana on selvittää ja arvioida vauriot rakennusteknisin keinoin. Teknisten selvitysten tueksi tarvitaan usein myös mikrobiologisia analyyskejä. Näiden avulla saadaan tarkempaa tietoa tilan, rakenteen tai materiaalin vauriosta, vauriokohdan sijainnista ja sisäilman laadusta.

Opas on laadittu Sosiaali- ja terveysministeriön tuella. Tutkimuksia, joihin oppaassa viitataan, ovat rahoittaneet Suomen Akatemia, Työsuojelurahasto ja monet säätiöt.



1 Kosteusvauriot koulurakennuksissa

1.1 Vaurioiden yleisyys

Kosteus- ja homevauriot ovat yleisiä koulurakennuksissa. Suomessa on viimeisen 10 vuoden aikana selvitetty kosteusvaurioiden esiintymistä koulurakennuksissa mm. Kansanterveyslaitoksen (KTL), Teknillisen korkeakoulun (TKK) ja Kuntaliiton tekemissä tutkimuksissa. Vaurioiden yleisyyttä koskevat luvut poikkeavat hieman toisistaan eri tutkimusten välillä riippuen tutkimusasetelmasta, vaurioiden määritelmästä ja tutkimusaineiston valinnasta.

Koko maan peruskoulujen ja lukioiden rehtoreille v. 1995 tehdyn kyselyn mukaan kosteusvaurioita oli esiintynyt 60 %:ssa ja vakavia vaurioita vajaassa viidenneksessä koulurakennuksista (Kurnitski ym. 1996a). Hometta ja homeen hajua esiintyi 26 %:ssa kouluista. Rakennuksen ikä ei vaikuttanut vaurioiden yleisyyteen.

KTL:n tekemässä koulujen kosteusvaurioselvityksessä oli mukana 41 itäsuomalaista koulurakennusta. Koulurakennuksista 18 oli kivirakenteisia, ts. betoni- ja tiilirunkoisia ja 23 puukouluja (hirsi- tai puurunko). Tutkimusmenetelmänä käytettiin ulkopuolisen tarkastajan tekemää kosteusvauriokuntoarviota¹. Vaurioita havaittiin 70 %:ssa kouluista. Näkyvää hometta havaittiin yli puolessa rakennuksista ja homeen hajua joka neljännessä koulurakennuksessa (Koivisto ym. 2002).

¹ Kosteusvauriokuntoarvio on rakennustekninen tarkastus, jossa kiinteistö tai sen osa tarkastetaan näkyvien, kosteusvauriota ilmentävien havaintojen osalta pintoja rikkomatta pintakosteuden osoittimia apuna käyttäen (Koivisto ym. 2002).

TKK:n pääkaupunkiseudulla tekemässä selvityksessä tarkasteltiin korjauksiin johtaneita syitä 32 korjausten kohteena olleessa koulussa. Kosteusvauriot olivat merkittävin korjauksiin johtanut syy 16 %:ssa ja homevauriot 9 %:ssa kouluista (Kurnitski ym. 1996b). Jonkin asteisia kosteusvaurioita oli kuitenkin ollut lähes kaikissa tutkituissa kouluissa ja homevaurioita joka kolmannessa.

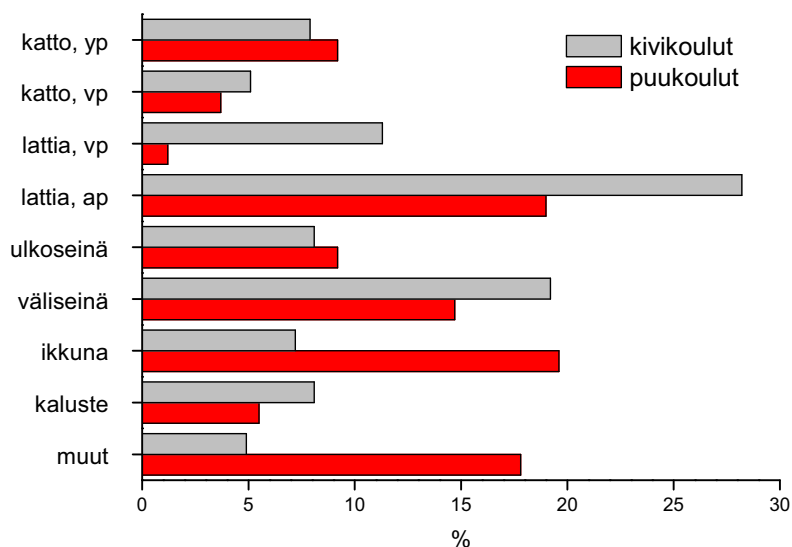
Kuntaliitto on selvittänyt kuntien rakennuksissa v. 2005 esiintyneiden kosteus- ja homeongelmien määrää ja syitä. Selvitysten mukaan vaurioiden määrä ei juuri-kaan ole pienentynyt sitten vuoden 2000, mutta vaurioiden syissä on tapahtunut muutoksia. Vuonna 2005 ei enää esiintynyt virheellisestä käytöstä johtuneita vaurioita, mutta alapohjavaurioiden osuus oli kasvanut (Ruokojoki 2006).

Vaurioita esiintyy siis koulurakennuksissa yleisesti. Tarkkojen yleisyyslukujen esittäminen on kuitenkin hankalaa, koska ei ole olemassa yleisesti hyväksyttyä määritelmää siitä, mikä on ”vakava” vaurio.

1.2 Vaurioiden sijainti

KTL:n selvityksen mukaan vaurioista 23 % oli luokkahuoneissa, 20 % kosteissa tai märkätiloissa, 12 % käytävillä ja 6 % keittiöissä. Rakenteittain jaoteltuna vaurion yleisin sijainti oli alapohja (kuva 1). Myös TKK:n tutkimuksen mukaan tyypillisimmät kosteusvauriot liittyivät alapohjarakenteisiin kuten kellaritiloihin, ryömintätiloihin ja maanvastaisiin lattioihin sekä seiniin ja salaojajärjestelmiin (Kurnitski ym. 1996b). Kuntaliiton selvityksen mukaan alapohjavaurioiden osuus on kasvanut viime vuosina.

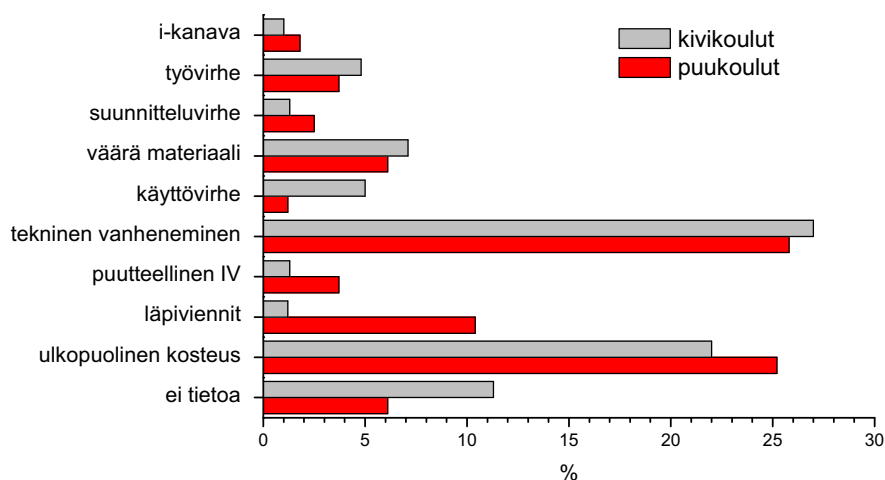
KTL:n selvityksen mukaan kivi- ja puukoulujen välillä oli eroja kosteusvaurioiden jakautumisessa eri rakenteisiin. Kuvassa 1 on esitetty vaurioiden sijainti rakennusosittain kivi- ja puurakenteisissa kouluissa.



Kuva 1. Kosteusvaurioiden sijainti rakennusosittain kivi- ja puukouluissa (Meklin ym. 2003). Kuvan lyhenteet: yp = yläpohja, vp = välipohja, ap = alapohja.

1.3 Vaurioiden syyt

Yleisin kosteusvaurion syntymisen syy oli KTL:n selvityksen mukaan materiaalien tekninen vanheneminen (esimerkiksi ruostuminen tai mekaaninen murtuminen), jolloin kosteus pääsi tunkeutumaan rakenteisiin (kuva 2). Seuraavaksi yleisimpiä syitä olivat rakennuksen ulkopuolelta eri tavoin tuleva kosteus (mm. ulkoilman kosteus, sadevedet ja kapillaarinen kosteus) sekä putki- tai viemäriauriot.



Kuva 2. Kosteusvaurioiden syyt koulurakennuksissa (Meklin ym. 2003).

1.4 Kosteusvauriot keittiötiloissa

Koulujen keittiötiloissa rakenteisiin kohdistuu sisäpuolelta suuri kosteusrasitus johtuen toiminnan luonteesta. Ruuanlaittoon, tiskaamiseen ja tilojen puhdistamiseen käytetään paljon vettä. Esimerkiksi pintojen puhdistukseen käytetään vettä päivittäin yli 5 l/m^2 (Lignell ym. 2005). Kosteusvauriot keittiöissä ovatkin yleisiä. Tavallisin vaurion syy on ollut pinta- ja vesieristysmateriaalien tekninen vanheneminen, esimerkiksi kaakelien ja kaakelisauvojen rikkoutuminen. Suunnitteluvirheet, kuten puuttuva kosteuseristys, ovat aiheuttaneet ongelmia pääasiassa väliseinissä.

2 Kiinteistönpidon keskeisiä periaatteita

Kosteusvauriot liittyvät aina tavalla tai toisella rakennuksen kuntoon. Vaurioiden ennalta ehkäisyyn ja korjaamiseen kannalta ratkaisevaa on kunnollinen kiinteis-

tönpito. Tämä pitää sisällään kiinteistön jatkuvan hoidon, sen kunnan seurannan sekä tarvittavat korjaukset ja perusparannukset. Kiinteistönpidon tavoitteena on tilojen käytettävyys, terveelliset ja turvalliset olosuhteet, järkevät käyttökustannukset, kiinteistön kunnan ja arvon säilyminen sekä häiriöttä toimiva tekniikka.

Myös koulurakennuksen kunnan ylläpito edellyttää rakennuksen huolellista hoitoa, jossa apuna on koko koulun henkilökunnan aktiivinen osallistuminen rakennuksen yleisen kunnan tarkkailuun. Vastuu rakennuksen kunnossapidosta kuuluu kuitenkin yleensä kaupungin tai kunnan tekniselle tai rakennusvirastolle. Sisäilmayhdistyksen julkaisemassa oppaassa (Sisäilmayhdistys 2005) on annettu ohjeita keinoista, joiden avulla kosteusvauriot voidaan havaita jo alkuvaiheessa. Tämän lisäksi koulurakennusten kunnan seurantaan kuuluvat määrävälein tehtävät tarkastukset, kuntoarviot ja tarvittaessa kuntotutkimukset (Ympäristöministeriö 1997a).

3 Miten menetellä, kun koulussa epäillään kosteus- ja homevauriota?

Kosteus- ja homevaurioselvitykset käynnistyvät usein rakennuksen käyttäjillä epäiltyjen tai todettujen terveystaittojen vuoksi tai rakennuksessa silmin nähden havaittavien vauriojälkien perusteella. Selvitysten tavoitteena on tuottaa tietoa tarvittavan päätöksenteon pohjaksi.

Selvityksissä keskeistä on saada tietoa rakennuksen kunnosta ja tarvittavista kunnostus- ja korjaustoimenpiteistä sekä arvioida vaurioihin mahdollisesti liittyvää terveydellistä haittaa. Voidaan siis tarvita rakennusteknisiä, mikrobiologisia ja terveydentilaan liittyviä selvityksiä. Vastuut jakautuvat yleensä usealle hallintokunnalle. Koulujen sisäilmakysymysten ratkaisemisessa tarvitaan mm. teknisen tai rakennusviraston, terveystvalvonnan, kouluterveydenhuollon, työsuojelun, koulutoimen ja kunnan hallinnon saumatonta yhteistyötä. Myös rakennuksen käyttäjät, tässä tapauksessa koulun henkilökunta, ja oppilaiden vanhemmat on tärkeää kytkeä prosessiin

mukaan tiedottamalla tilanteesta ja suunnitelluista toimenpiteistä sekä kuulemalla käyttäjien näkemyksiä niistä.

Seuraavassa esitetään erityyppisten selvitysten etenemisen vaiheita. Tavoitteena on antaa lukijalle kokonaiskuva toimenpiteistä, joita asian selvittäminen edellyttää. Myöhemmin tässä oppaassa annetaan yksityiskohtaisempaa tietoa mikrobiologisten selvitysten tekemisestä ja terveyshaittojen selvittämisestä. Koska rakennusteknisistä selvityksistä on jo aiemmin julkaistu seikkaperäisiä ohjeita, esitetään ne tässä vain lyhyesti.

3.1 *Selvitysten organisointi*

Koulujen sisäilmaongelmat ovat usein hankalia ja monimutkaisia kokonaisuuksia. Asiaa vaikeuttaa se, ettei rakennuksen vaurion, homelöydösten ja käyttäjien oireilun välillä useinkaan ole yksiselitteisiä syy-seuraussuhteita. Kokonaisuutta tuleekin arvioida kokoamalla yhteen eri asiantuntemusalueiden edustajien näkemykset. Koulurakennukset ovat yleensä julkisia, kunnan tai kaupungin omistamia kiinteistöjä, joten niitä koskeva päätöksentekovastuu on kunnan organisaatiolla. On suositeltavaa, että ongelman ilmaannuttua perustetaan keskeisistä virkamiehistä koostuva työryhmä, joka sopii menettelytavoistaan yhdessä. Työryhmä päättää tarvittavien rakennusteknisten, mikrobiologisten ja terveys selvitysten tekemisestä tai teettämisestä. Tehtävien toimenpiteiden ja tilattavien selvitysten merkitys tulee olla työryhmän tiedossa ja hyväksymiä. Työryhmän tulee myös edellyttää, että teetetyt selvitykset raportoidaan kunnolla ja selkeästi.

Tiedon kulkuun eri toimijoiden välillä on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Samoin asiasta on hyvä tiedottaa avoimesti sidosryhmille prosessin eri vaiheissa.

3.2 *Kuntoarvio ja kuntotutkimukset*

Sisäilmaongelmia epäiltäessä on ensimmäiseksi selvitettävä koulurakennuksen kunto riittävän perusteellisesti. Ellei käytettävissä ole aivan tuoretta rakennuksen kuntoarviota, on ensimmäinen vaihe tehdä se tai teettää se ulkopuolisella asiantuntijalla.

3.2.1 *Kuntoarvio*

Kuntoarvio on kiinteistönpidon apuväline, jossa kiinteistön rakennus- ja LVIS-tekniikka tarkastetaan systemaattisesti käyttäen lähinnä aistinvaraista havainnointia. Kuntoarvion yhteydessä ei yleensä avata rakenteita merkittävästi. Apuna tarkastuksessa on etukäteen laadittu tarkistuslista. Kuntoarvion yhteydessä tulee rakennus tarkastaa huolella sekä sisä- että ulkopuolelta ja raporttiin tulee kirjata kaikki rakennuksen kuntoa koskevat havainnot. Kuntoarvion perusteella arvioidaan tarkempien kuntotutkimusten tarve. Kuntoarvio tulisi laatia kaikille koulukiinteistöille ja se tulisi päivittää säännöllisesti, esimerkiksi kolmen – viiden vuoden välein.

Tämän jälkeen tehdään tai teetetään kuntotutkimukset niistä rakennuksen osista, joissa on havaittu jatkotutkimustarvetta, esimerkiksi merkkejä vaurioista. On tavallista, että yhdessä rakennuksessa on useita vaurioita. Kuntoarvion ja -tutkimusten pohjalta suunnitellaan mahdolliset korjaustyöt ja niiden ajoitus ottaen huomioon töiden tekniset ja rahoitustarpeet.

3.2.2 *Kuntotutkimus*

Kuntotutkimuksen avulla selvitetään kiinteistön jonkin rakennusosan tai järjestelmän kunto ja toimivuus, niihin vaikuttavat tekijät ja mahdollisesti havaittujen vaurioiden korjattavuus. Tällöin rakenteita avataan tarpeen mukaan ja niissä tehdään tarvittavia mittauksia, esimerkiksi materiaalin kosteusmittauksia. Vauriotapauksissa kuntotutkimuksen päätarkoituksena onkin selvittää havaintojen perusteella korjaustarpeet, korjausvaihtoehdot, aikataulu ja mahdolliset turvallisuusriskit. Kuntotutkimus käynnistetään usein kuntoarvion havaintojen perusteella. Aloite kuntotutkimuksiin voi tulla myös kiinteistön käyttäjiltä, jotka haluavat selvittää näkyvän vaurion syyn.

Kuntotutkimusten tueksi on julkaistu useita oppaita (esim. Ympäristöministeriö 1997a). Yksityiskohtaisia ohjeita koulujen ja päiväkotien sisäilmasto- ja kosteusteknisen kuntotutkimuksen tekemiseksi on annettu myös Sisäilmayhdistyksen raportissa ”Sisäilmasto- ja kosteustekninen kuntotutkimus kouluille ja päiväkodeille” (Sisäilmayhdistys 1998). Ohjeessa on kuvattu mm. tutkimuksen kulku, tutkimuksen suoritta-

jan valmiudet, lähtötietojen hankinta ja tutkimusohjeet sekä käsitelty sisäilmasto- ja kosteusongelmien syytä, korjausperiaatteita ja tutkimusselostuksen laadintaa.

Rakennusteknisen kuntoarvion ja –tutkimusten tekijällä on oltava riittävästi ammattitaitoa ja teoreettista tietämystä rakenteista ja niiden toiminnasta. Lisäksi arvioijalta vaaditaan tietoa ja kokemusta vaurioista, niiden ilmenemistavoista ja niihin johtavista syistä. Kosteusvauriotapauksessa on erityisen tärkeää, että selvitysten tekijällä on ymmärrystä rakenteiden kosteusfysikaalisesta toiminnasta.

Aistinvaraisten havaintojen tekeminen on rakennusteknisen kuntoarvion ja kuntotutkimuksen tärkein osa. Aistinvaraisia havaintoja täydennetään tarvittaessa muilla tapaukseen soveltuvilla menetelmillä, kuten kosteusmittauksilla ilmasta tai rakenteista, ilmavirtausten ja painesuhteiden tarkastelulla tai muilla sopiviksi katsotuilla menetelmillä. Kosteusmittauksissa ei rakenteiden lämpötila- ja kosteusvaihteluiden vuoksi voida johtopäätöksiä aina tehdä hetkellisten mittausten perusteella, vaan luotettavan käsityksen saamiseksi voidaan tarvita esimerkiksi suhteellista kosteutta ja lämpötilaa jatkuvasti mittaavia seurantalaitteita.



3.3 Ilmanvaihto

Riittävä ilmanvaihto on perusedellytys hyvälle sisäilman laadulle. Tehokas ilmanvaihto turvaa raittiin tuloilman saannin ja poistaa eri lähteistä peräisin olevia ilman epäpuhtauksia estäen niiden kertymisen sisäilmaan. Tehokas ilmanvaihto ei kuitenkaan poista esimerkiksi kosteus- ja homevaurioista aiheutuvaa sisäilmaongel-

maa. Ilmanvaihdon tehokkuus ja toimivuus tulisi aina selvittää osana sisäilmaongelmien ratkaisemista. Ilmanvaihtoa koskevia selvityksiä on selostettu tarkemmin Asumisterveysoppaassa (Ympäristö ja Terveys 2005) sekä Sisäilmayhdistyksen raportissa ”Sisäilmasto- ja kosteustekninen kuntotutkimus kouluille ja päiväkodeille” (Sisäilmayhdistys 1998).

4 Mikrobiologiset selvitykset

4.1 Mikrobikasvu rakennuksessa

Mikrobeita, kuten homesieniä, hiivoja ja bakteereita esiintyy aina ulkoilmassa ja niitä kulkeutuu rakennukseen tuloilman mukana. Tästä johtuen myös normaalissa sisäilmassa ja rakennuksen eri osien pinnoilla esiintyy aina jonkin verran mikrobeita. Nämä eivät kuitenkaan ole haitallisia, elleivät ne pääse kasvamaan rakennuksen pinnoilla. Mikrobikasvu edellyttää, että pinnalle tai rakenteeseen on kertynyt riittävästi kosteutta.

Kosteusvaurioihin liittyy lähes aina mikrobikasvua. Mikrobit voivat kasvaa mil- lä tahansa rakennus- tai sisustusmateriaalilla, jos se on kostea. Mikrobikasvu koos- tuu homesienistä, hiivoista, bakteereista ja muista pieneliöistä. Lajisto poikkeaa si- säympäristöjen tavanomaisesta mikrobistosta. Kasvuston lajisto määräytyy kasvu- alustana toimivan materiaalin mukaan. Esimerkiksi kipsilevyllä muodostuu erilainen lajisto kuin puulle. Tietyt mikrobisuvut ja -lajit viihtyvät erityisen hyvin kostuneilla rakennusmateriaaleilla. Seuraavassa listassa olevien mikrobien esiintymisen sisäil- massa tai pinnoilla katsotaankin ilmentävän rakennuksessa esiintyvää mikrobikas- vua. Tällaisia mikrobeja kouluissa ovat esimerkiksi:

- | | |
|---------------------------------|-------------------------|
| - <i>Acremonium</i> | - <i>Oidiodendron</i> |
| - <i>Aspergillus versicolor</i> | - <i>Scopulariopsis</i> |
| - <i>Eurotium</i> | - <i>Stachybotrys</i> |
| - <i>Geomyces</i> | - <i>Trichoderma</i> |
| - <i>Exophiala</i> | - <i>Wallemia</i> |
| - <i>Mucor</i> | - aktinomykeetit |

4.2 Mikrobikasvun päästöt ja altistuminen

Mikrobikasvusto tuottaa sekä kaasumaisia että hiukkasmaisia epäpuhtauksia. Home sienet ja jotkut bakteerit tuottavat itiöitä, jotka ovat kestromuotoisia soluja. Itiöt ovat hiukkaskooltaan tavallisimmin 1-10 µm. Pienimmät itiöt viipyvät ilmassa pitkään ja kulkeutuvat helposti syvälle hengitysteihin, kun taas suuremmat itiöt laskeutuvat nopeasti pinnoille ja hengitettynä jäävät yleensä hengitysteiden yläosiin. Hiivat ja useimmat bakteerit eivät tuota itiöitä, mutta myös niiden soluja voi joutua kasvustosta ilmaan. Lisäksi mikrobikasvusto tuottaa hiukkasia, jotka ovat kooltaan itiöitä ja soluja paljon pienempiä ja siksi viipyvät ilmassa pitkiä aikoja ja pääsevät helposti syvälle hengitysteihin. Mikrobikasvustosta peräisin olevat hiukkaset sisältävät mm. solujen rakenneosia, kuten bakteerien endotoksiinia tai sienten 1,3-β-glukaanisia sekä allergeeneja ja toksiineja.

Kasvaessaan mikrobit muodostavat aineenvaihduntatuotteita. Tällaisia ovat esimerkiksi haihtuvat orgaaniset yhdisteet, jotka tunnistetaan homeen tai maakellarin hajuna. Haihtuvat yhdisteet voivat ärsyttää limakalvoja. Mikrobit tuottavat kasvaessaan myös ei-haihtuvia yhdisteitä, joista monet ovat toksiineja eli myrkyllisiä yhdisteitä. Näitä voi joutua sisäilmaan kasvustosta irtoavien hiukkasten mukana.

Terveyshaittoja aiheuttavaan altistumiseen vaikuttavat kaikki mainitut yhdisteet. Altistumiseen tuovat oman lisänsä myös kosteuden vaikutuksesta hajoavien materiaalien kemialliset hajoamistuotteet kuten muovien pehmittimet. Tällä hetkellä ei kuitenkaan tiedetä tarkoin, mitkä tekijät ovat terveyshaittojen varsinaisia aiheuttajia.

4.3 Mikrobikasvun toteaminen ympäristönäytteiden avulla

Mikrobikasvu todetaan rakennusteknisten selvitysten ja mikrobiologisten määrittelytysten avulla. Kuntoarvion tai kuntotutkimusten aikana saatetaan havaita näkyvää homeetta tai muuten vaurioituneelta näyttävä alue. Havainnot voidaan varmistaa materiaali- tai pintasivelynäytteiden avulla ja saada lisätietoa näytteissä esiintyvistä mikrobeista. Näytteenotosta on ohjeita Asumisterveysohjeessa ja Asumisterveysoppaassa.

Materiaali- tai pintasivelynäytteestä todetaan laboratoriossa mikrobikasvun voimakkuus ja lajisto. Ottamalla näytteitä vauriokohdista ja sellaisiksi epäillyistä kohdista saadaan yleiskuva rakennuksen mikrobiologisesta tilasta. Yhdistämällä

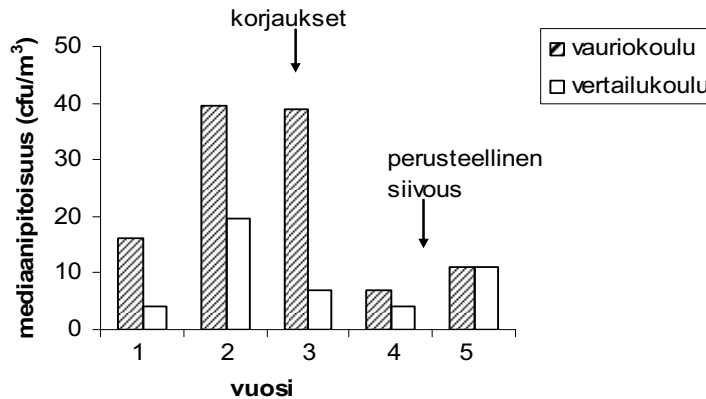
Materiaali- tai pintasivelynäytteestä todetaan laboratoriossa mikrobikasvun voimakkuus ja lajisto. Ottamalla näytteitä vauriokohdista ja sellaisiksi epäillyistä kohdista saadaan yleiskuva rakennuksen mikrobiologisesta tilasta. Yhdistämällä tämä tieto kosteus- ja muihin rakennusteknisiin havaintoihin voidaan päätellä vaurioiden sijainti, syy, laajuus ja vakavuus. Mikrobimäärityksillä ei yleensä voida arvioida vaurion ikää.

Mikrobinäytteitä voidaan ottaa myös ilmasta, varsinkin jos näkyviä vauriohavaintoja ei ole, mutta käyttäjien oireilu viittaa mikrobiongelman. Ilmanäytteiden avulla arvioidaan sisäilman laatua ja voidaan saada viitteitä vaurion sijainnista. Ilmanäytteiden oton ei kuitenkaan tulisi olla ensisijainen vaurioiden selvittämiskeino. Seuraavassa esitetään ilmanäytteiden tulosten tulkintaan liittyviä seikkoja.

Koulujen sisäilman mikrobiologiseen laatuun vaikuttavat monet tekijät, joiden merkitys tulosten tulkintaan tulee ymmärtää. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi vuodenaika ja sääolot, rakennuksen toiminnot ja käyttäjät sekä rakennuksen runkomateriaali ja ikä.

Vuodenaika. Ulkoilma on sisäilman sieni-itiöiden tärkein ”normaalilähde”. Ulkoilman mikrobipitoisuudet ovat suurimmillaan kesällä ja syksyllä ja pienimmillään talvella, erityisesti lumi- ja jääpeitteen aikana. Sisäilman mikrobipitoisuudet seuraavat pääasiassa ulkoilman pitoisuuksien vaihtelua. Ulkoilmanäytteet ovat tulosten vertailun ja tulkinnan kannalta tärkeitä. Sisäilmanäytteet suositellaan otettavaksi talviolosuhteissa, lumipeitteen aikana. Tulosten tulkinta on tällöin helpointa, koska ulkoilman vaikutus on vähäinen.

Sääolojen vaikutus. Sisä- ja ulkoilman itiöpitoisuudet vaihtelevat myös sääolojen vaikutuksesta. Jopa erilaiset talvet voivat vaikuttaa tuloksiin. Tätä havainnollistaa kuva 3.



Kuva 3. Sieni-itiöiden pitoisuudet ilmanäytteissä kahdessa koulussa viitenä peräkkäisenä vuonna.

Tutkimuksessa seurattiin kahden koulun pitoisuuksia viitenä peräkkäisenä talvena. Toinen kouluista oli kosteus- ja homevaurioitunut ja se korjattiin tutkimuksen kolmantena vuonna. Toinen kouluista oli vaurioton vertailurakennus. Kuvasta havaitaan, että toisena mittaustalvena molempien rakennusten pitoisuudet olivat suurempia kuin muina vuosina, mutta rakennusten välinen pitoisuusero säilyi. Suuret pitoisuudet johtuivat todennäköisesti itiöiden kaukokulkeumasta lauhan ilmavirtauksen mukana. Korjausten jälkeen molempien koulujen pitoisuudet olivat pieniä. Tutkimus osoittaa sääolosuhteiden selvän vaikutuksen itiöiden sisäilmapitoisuuksiin, minkä vuoksi kosteusvaurion vaikutusta voi olla vaikea havaita ilman vertailurakennusta (Lignell ym. 2007).

Rakennuksessa tapahtuvat toiminnot. Oppilaiden liikkuminen, tilojen siivoaminen ja muut tiloissa tapahtuvat toiminnot vaikuttavat sisäilman sieni-itiöpitoisuuteen laskeutuneen pölyn resuspension eli uudelleen ilmaan nousemisen seurauksena. Myös orgaanisten materiaalien, kuten puun, sammalen, jäkälän tai oksien käsitteleminen kohottaa sisäilman itiöpitoisuutta.

Käyttäjien määrä suhteessa rakennuksen tilavuuteen ja ilmanvaihtoon. Ihmiset ovat sisäilman bakteerien tärkein ”normaalilähde”. Jos ilmanvaihto käyttäjämäärään nähden ei ole riittävä, sisäilman bakteeripitoisuus kasvaa.

Koulurakennuksen runkomateriaalin ja iän vaikutus. Koulurakennuksen runkorakenne vaikuttaa sisäilman mikrobipitoisuuksiin. Puurakenteiset koulut ovat yleensä vanhoja rakennuksia, joissa on käytetty eristemateriaaleina luonnonmateriaaleja.

aaleja, mm. sahanpurua ja sammalta, joissa esiintyy luonnostaan paljon mikrobeja. Näitä voi vapautua sisäilmaan, jolloin rakennuksen taustapitoisuus on tavallista suurempi. Myös rakennuksen ikä kohottaa taustapitoisuutta. Tällöin homevaurion vaikutus tulokseen voi olla niin pieni, ettei sitä voida todeta poikkeavana pitoisuutena ilmanäytteistä. Tästä syystä puurakenteisille kouluille ei ole voitu määrittää mikrobivaurioon viittaavaa pitoisuustasoa, eikä ilmanäytteitä suositella käytettäväksi puurakenteisen koulun mikrobivaurion toteamiseen.

Rakennuksen koon vaikutus otettavaan näytemäärään. Koulujen sisäilman sieni-itiöpitoisuudet ovat yleensä pienempiä kuin asunnoista otettujen näytteiden pitoisuudet. Syynä on todennäköisimmin koulujen suurempi koko ja tilavuus, jolloin sisäilmassa esiintyvät epäpuhtaudet laimenevat. Kun pitoisuudet ovat pieniä, on yksittäisen ilmanäytteen tulkinta erityisen vaikeaa. Siksi on tärkeää tarkastella suurempaa näytekokonaisuutta, jolloin sekä pitoisuuksista että mikrobilajistosta saadaan parempi käsitys. Mitä suurempi rakennus, sitä enemmän näytteitä tulisi ottaa.

4.4 Näytteenottosuunnitelman teko

Näytteenottosuunnitelma tulee tehdä yhteistyönä teknisten selvitysten tekijöiden kanssa. Tällöin tulosten tulkinta helpottuu ja mikrobiutkimuksista saadaan suurin hyöty. Mikrobinäytteenoton vastuutaho on yleensä kunnan terveysturvallisuus, joka voi myös teettää tehtävän ulkopuolisella konsultilla.

On tärkeää, että näytteenotto perustuu huolellisesti mietittyyn näytteenottosuunnitelmaan. Suunnitelman pohjana ovat ne kysymykset, joihin näytteenotolla haetaan vastausta. Tällaisia ovat esimerkiksi se, onko tarpeen selvittää koko koulurakennuksen mikrobiston tila vai onko kyseessä tiettyä huonetta tai rakennuksen osaa koskeva selvitys.

Tulosten tulkinnan kannalta on tärkeää, että näytteitä on otettu riittävän monta. Koulurakennusten sisäilmatutkimusten näyteaineistoon perustuen on laskettu, että **koko koulurakennuksen sisäilmatutkimukseen tarvitaan vähintään 10–12** rakennuksen eri tiloista otettua näytettä. Tällöin voidaan sisäilman mikrobien pitoi-

suusjakauma selvittää kohtuullisen luotettavasti. Jos on tarpeen saada yleiskuva rakennuksen mikrobistosta, myös pinta- ja rakennusmateriaalinäytteiden minimimääränä voidaan pitää kymmentä näytettä. Yksittäisissä vauriohavainnoissa riittää vähäisempi näytemäärä. Tulosten tulkintaa helpottaa, jos otetaan vertailunäytteitä vauriottomilta pinnoilta (kts. Asumisterveysopas). Taulukkoa 1 voidaan käyttää hyväksi näytteenottoa suunniteltaessa.

Taulukko 1. Näytteenoton syyt ja suositeltavat näytetyypit.

NÄYTTEENOTON SYY	NÄYTTEET
Mikrobikasvuston varmistaminen tai poissulkeminen	Pinta- ja/tai materiaalinäytteet Useita näytteitä eri materiaaleista, eri vauriokohdista ja vauriottomista kohdista
Vaurion laajuuden selvittäminen	Pinta- ja/tai materiaalinäytteet Useita näytteitä materiaaleista Useita näytteitä epäillyn vaurioalueen eri kohdista
Vauriot eivät näkyviä, mutta vaurioepäily esimerkiksi käyttäjien oireilusta johtuen	Ilmanäytteet Useita näytteitä rakennuksen eri osista ja tiloista, vähintään 10–12 näytettä
Korjausten onnistumisen seuranta	Ilmanäytteet tai pintanäytteet Samalla tavoin ja samaan vuodenaikaan ennen ja jälkeen korjausten

4.5 *Pinta- ja materiaalinäytteet*

Pinta- ja materiaalinäytteiden näytteenottotekniikat ja menetelmien perusperiaatteet ja tulosten tulkinta on esitetty Asumisterveysohjeessa (STM oppaita 2003:1) ja Asumisterveysoppaassa (Ympäristö ja Terveys-lehti 2005). Pinta- ja materiaalinäytteitä koskevat ohjeet soveltuvat myös koulurakennuksista otettaville näytteille.

Pintanäytteenotto soveltuu koville ja sileille pinnoille, eikä näytteenotto vaurioita tutkittavaa rakennetta. Siksi pintanäytteitä on usein helppo ottaa vaurioselvitysten tueksi. Jos kyseessä on muu kuin kovapintainen materiaali tai rakennetta on jouduttu avaamaan, suositellaan materiaalinäytteiden ottamista.

Mikrobiologiset määritykset tehdään mikrobien elinkykyisyyteen perustuvilla menetelmillä, joiden tuloksia voidaan verrata kenttätutkimusten perusteella laadittuihin vertailuarvoihin. Näillä menetelmillä ei kuitenkaan saada esiin kuivunutta, kuollutta mikrobikasvustoa, joka voi edelleen aiheuttaa oireilua. Tällöin saadaan lisätietoa esimerkiksi tutkittavalta pinnalta otettavasta teippinäytteestä, jota tarkastellaan suoraan mikroskoopilla.

4.6 Ilmanäytteet

Koulurakennusten sisäilmasta otettavilla mikrobiologisilla näytteillä selvitetään, poikkeavatko rakennuksen sisäilman mikrobipitoisuudet ja suvusto tavanomaisista. Tieto tavanomaisista pitoisuuksista ja mikrobistosta on saatu vauriottomissa vertailurakennuksissa tehdyistä tutkimuksista.

Kuten kappaleessa 4.3 on esitetty, puurakenteisen koulun sisäilmanäytteiden tuloksia voi olla vaikea tulkita. Sen sijaan kivirakenteisissa kouluissa ilmanäytteet ovat hyvä apuväline selvitettäessä rakennuksen homeongelmaa. Kohonnut pitoisuus tai epätavallinen lajisto kertovat mikrobilähteestä rakennuksessa. Löydökset tietyssä huonetilassa viittaavat vaurion sijaintiin ao. tilassa. Sisäilman mikrobiselvitysten tulokset voivat antaa viitteitä kuntotutkimuksille, jotka edellyttävät rakenteiden avaamista vauriokohdan paikallistamiseksi. Ilmanäytteenottoa voidaan käyttää myös korjaamisen onnistumisen seurannassa. Tällöin näytteenotto tulee toistaa samalla tavoin ennen ja jälkeen korjausten.



4.6.1 Ilmanäytteiden otto

Suosittelavin keräin ilman mikrobien näytteenottoon on impaktori (esim. 6- tai 2-vaiheimpaktori). Tässä ohjeessa esitetyt tulosten tulkintaohjeet koskevat Andersen 6-vaiheimpaktoria. Myös muita näytteenottomenetelmiä, joissa kerätyn ilmanäytteen tilavuus tunnetaan, voidaan käyttää. Muita menetelmiä käytettäessä tulee noudattaa niille soveltuvia näytteenotto-, analysointi- ja tulosten tulkintaohjeita.

Näytteenoton valmistelun ja näytteenoton yksityiskohtaiset ohjeet on esitetty Asumisterveysoppaassa (2003). Seuraavassa on yhteenveto tärkeimmistä kohdista:

- Suositeltava näytteenottoaika koulujen sisäilmasta otettaville näytteille on talviaikaan 10–15 minuuttia
- Sulan maan aikana käytetään lyhyempää näytteenottoaika (esim. 7-10 min) ja otetaan myös ulkoilmanäytteet
- Näytteet otetaan noin 1-1,5 m korkeudelta, huonetilan keskeltä. Näytteenoton aikana vältetään oleskelua keräimen välittömässä läheisyydessä (<0,5 m).
- Ikkunat ja ovet pidetään suljettuina näytteenoton aikana ja huonetilan ikkunatuuletusta vältetään noin kaksi tuntia ennen näytteenottoa
- Näytteenotossa noudatetaan analysoivan laboratorion laatujärjestelmässä annettuja yksityiskohtaisia ohjeita.

Näytteenoton aikana kirjataan muistiin näytettä koskevat keskeiset tiedot:

- näytteenottaja
- näytteenoton päivämäärä, kellonaika ja paikka
- vallitseva säätila
- kuvaukset rakennuksesta ja näytteenottopisteestä
- mahdolliset kosteus- tai mikrobivauriota koskevat havainnot
- näytteenoton aikana tilassa olleiden henkilöiden lukumäärä
- mittauspäivänä ja näytteenoton aikana tapahtuneet toiminnot, jotka saattavat vaikuttaa mikrobiin tuloksiin. Myös toiminnan laatu, esimerkiksi oppiaineisiin liittyvät työt (käsityöt, kuvaamataidon, kotitalouden työt) kirjataan. Nämä tekijät tulee ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa.



4.6.2 Mittausajankohta

Rakennuksen käyttöön liittyvät seikat vaikuttavat usein voimakkaasti sisäilman mikrobipitoisuuksiin. Oppilaiden ja henkilökunnan oleskelu rakennuksessa nostaa pitoisuustasoja. Liik ehdinnän mukana lattialle laskeutuneessa pölyssä olevat mikrobisolut ja itiöt, kuten muutkin hiukkaset, resuspendoituvat eli nousevat uudelleen ilmaan. Liikkumisesta aiheutuva värinä ja ilmavirtaukset voivat irrottaa rakenteissa olevista mikrobikasvustoista itiöitä sisäilmaan. Rakennuksen käytön aikana myös koneellinen ilmanvaihto on suurimmalla teholla, mikä osaltaan vaikuttaa ilmavirtauksiin. Yleensä onkin tarkoituksenmukaisinta ottaa ilmanäytteitä koulupäivän aikana, jolloin näytteet edustavat parhaiten todellista altistumistilannetta koulussa.

Mikrobi-ilmanäytteiden ottamisen suositeltavin ajankohta on talvi, jolloin maa on lumen ja jään peitossa. Tällöin ulkoilman sieni-itiöiden ja aktinomykeettien (sädesienet) pitoisuudet ovat pienimmillään ja sisäilmassa esiintyvien itiöiden voidaan olettaa olevan peräisin lähes yksinomaan rakennuksen sisältä. On kuitenkin havaittu, että vaihtelevilla sääoloilla ja talven leudolla sääjaksolla voi olla vaikutusta koulun sisäilman mikrobipitoisuuksiin ja siksi on tärkeää, että ulkoilmanäytteitä otetaan tutkimusrakennuksen pihapiirissä aina, kun se on mahdollista. Kovalla pakkassäällä (<math>< -5^{\circ}\text{C}</math>) ulkoilmanäytteitä ei kannata ottaa, koska elatusalustat jäätyvät impaktorissa nopeasti.

Sääolot tai vuodenaikojen vaihtelu eivät vaikuta merkittävästi pinta- ja rakennusmateriaalinäytteiden pitoisuuksiin, joten näitä näytteitä voidaan ottaa minä vuodenaikana tahansa.



4.6.3 Näytemäärä ja tutkittavien tilojen valinta

Sisäilman mikrobipitoisuudet vaihtelevat tiloittain ja ajankohdasta riippuen. Tästä syystä olisi tulosten edustavuuden kannalta ihanteellista, että jokaisessa tutkittavassa tilassa otettaisiin useita peräkkäisiä näytteitä. Koska koulurakennukset ovat laajoja tutkimuskohteita, on myös tärkeää, että tutkittavat huonetilat valitaan eri puolilta rakennusta. Tällöin käytännön mahdollisuudet ottaa toistettuja näytteitä samasta tilasta ovat rajalliset. Jos rakennuksen vaurioepäilyt kohdistuvat selvästi vain rakennuksen tiettyyn osaan, voidaan näytteenotto keskittää sinne ja ottaa useita näytteitä tutkittavaksi valituista tiloista. Tulosten tulkintaa helpottaa, jos joitakin näytteitä on otettu myös vauriottomista tiloista.

Koulujen keittiöissä toiminta ja ilmanvaihdon ratkaisut poikkeavat muista tiloista, mistä syystä keittiötiloja kannattaa tarvittaessa tarkastella omana näytteenottokokonaisuutenaan. Tässä oppaassa esitetyt tulkintaohjeet eivät sovellu keittiötiloihin.

4.7 Tulosten tulkinta

4.7.1 Pinta- ja materiaalinäytteet

Asumisterveysohjeessa ja –oppaassa esitettyjä mikrobitulosten tulkintaohjeita ja menetelmäkohtaisia vertailuarvoja voidaan käyttää sellaisenaan koulurakennuksista otetuille pinta- ja materiaalinäytteille. Annettuihin vertailuarvoihin perustuva tulkinta edellyttää ohjeessa esitettyjen näytteenottomenetelmien ja analysointitapojen käyttöä.

4.7.2 Ilmanäytteiden tulosten tulkinta

Koulurakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudet ovat yleensä pienempiä kuin asuntojen sisäilman pitoisuudet. Yksittäisen näytteen pitoisuus voi kuitenkin olla muita suurempi, mihin voi olla syynä esimerkiksi oppilaiden liikkumisesta johtuva pölyn resuspensio, luonnonmateriaalien käsittely tarkasteltavassa tilassa tai ulkoilman vaikutus sulan maan aikana. Nämä ovat sieni-itiöiden ”normaalilähteitä”, jotka voivat vaikuttaa pitoisuuksiin, mutta jotka eivät ilmennä homevaurion läsnäoloa.

Tuloksia tarkasteltaessa kiinnitetään huomiota sekä mikrobipitoisuustasoihin että lajistoon sisä- ja ulkoilmanäytteissä. Jos pitoisuudet sisäilmanäytteissä ovat suurempia kuin ulkoilmanäytteissä ja jos lajisto on erilaista, voidaan tehdä päätelmä mahdollisesta mikrobilähteestä sisätiloissa.

Seuraavassa esitetty tulosten tulkinta koskee ainoastaan talviaikaan otettuja ilmanäytteitä:

Sieni-itiöpitoisuudet

Näytteitä tulisi ottaa vähintään 10–12 kappaletta. Tuloksia tarkastellaan kokonaisuutena ottaen huomioon sekä tulosten pitoisuusjakauma että keskimäinen pitoisuus eli mediaani. Tulosten tulkinta on kolmivaiheinen:

1. Pitoisuustulokset asetetaan suuruusjärjestykseen ja ensin tarkastellaan **suurimpia** pitoisuuksia. Jos usean näytteen pitoisuus on suuri, 50–200 cfu/m³, on ilman

sieni-itiöpitoisuus koholla ja löydös viittaa rakennuksen homevaurioon. Yksittäisissä näytteissä voi kuitenkin olla suuria pitoisuuksia (jopa 200–500 cfu/m³) ilman, että kysymyksessä on rakennuksen homevaurio. Tähän voi olla syynä jokin edellä esitetyistä mikrobipitoisuuksiin vaikuttavista ”normaalitekijöistä”.

2. Sen jälkeen tarkastellaan pitoisuustulosten **mediaania** eli keskimmäistä arvoa. Tämän arvon alle jää puolet saaduista tuloksista. Vauriottomissa vertailurakennuksissa ilmanäytteiden mediaanipitoisuus on tavallisesti alle 12 cfu/m³. Homevaurioituneissa rakennuksissa sisäilman sieni-itiöiden mediaanipitoisuus on yleensä yli 20 cfu/m³.

3. Lopuksi tarkastellaan näytesarjan **pienimpiä** tuloksia. Vauriottomassa rakennuksessa on tavallista, että jopa 25 %:ssa näytteitä pitoisuudet ovat ”nolla” eli jäävät alle määrittäjärajan. Vauriorakennuksessa alle määrittäjärajan jäävien tulosten osuus näytteistä on pieni tai niitä ei esiinny lainkaan.

Jos yksikin näistä kolmesta kriteeristä täyttyy, tulos viittaa homevaurioon. Tulos on luotettavampi, jos tulkinta on sama kahden tai kaikkien kolmen kriteerin perusteella. Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto talviaikaisten ilmamittausten tulosten tulkintakriteereistä.

Taulukko 2. Talviaikaan otettujen ilmanäytteiden tulosten tulkintaperusteet.

VAURIOTON RAKENNUS (näytteiden pitoisuudet)	VIITTAÄ HOMEVAURIOON (näytteiden pitoisuudet)
Enintään muutama yli 50 cfu/m ³	Useita 50–200 cfu/m ³
Mediaani alle 12 cfu/m ³	Mediaani yli 20 cfu/ m ³
Useita ”nolla”-tuloksia	Harvoja ”nolla”-tuloksia

Joissain tapauksissa mikrobitulosten perusteella ei voida tehdä selvää johtopäätöstä vaurion olemassaolosta tai poissulkemisesta. Aina on tärkeää tarkastella mikrobimittausten tuloksia yhdessä rakennusteknisten selvitysten tulosten kanssa.

Taulukossa 3 on esitetty esimerkkejä koulurakennuksista otettujen näytesarjojen tulosten tulkinnasta. Esimerkit ovat koulututkimuksissa tehdyistä mittauksista (Meklin ym. 2005). Riippumattomasti tehtyjen teknisten selvitysten johtopäätökset olivat yhteneviä mikrobitulosten johtopäätösten kanssa. Lisätietoa tulkinnan tueksi saadaan tarkastelemalla sienilajistoa seuraavassa kappaleessa esitetyn mukaisesti.

Taulukko 3. Esimerkkejä koulurakennuksista kerättyjen ilmanäytteiden tulosten tulkinnasta. Jokainen näyte on otettu eri tilasta.

Tila nro	Koulu 1 Pitoisuus (cfu/m ³)	Koulu 2 Pitoisuus (cfu/m ³)	Koulu 3 Pitoisuus (cfu/m ³)	Koulu 4 Pitoisuus (cfu/m ³)	Koulu 5 Pitoisuus (cfu/m ³)
1	100	68	132	50	507
2	61	36	61	39	68
3	46	29	61	21	50
4	43	25	50	21	46
5	39	21	43	18	29
6	29	18	43	18	11
7	25	18	25	11	11
8	21	14	18	11	7
9	18	11	14	4	0
10	18	11	14	0	0
11	18	7	14	0	0
12	14	4	7	0	0
13	14	4			0
14	11	0			
15	11	0			
16	11	0			
17	7	0			
18	7	0			
mediaani	18	11	34	14,5	11

Koulu 1: Kahden näytteen pitoisuus on yli 50 cfu/m³, mediaani on hieman alle 20 cfu/m³ ja nollatuloksia ei ole lainkaan. Koska mediaani on lähes 20 cfu/m³ ja nollatulokset puuttuvat, niin tulokset viittaavat homevaurioon.

Koulu 2: Yhdessä näytteessä pitoisuus on yli 50 cfu/m³, tulosten mediaani on 11 cfu/m³ ja nollatuloksia on viisi. Mittausten perusteella koulussa ei ole homevauriota.

Koulu 3: Neljän näytteen pitoisuus on yli 50 cfu/m³ ja mediaani on 34 cfu/m³. Lisäksi nollatuloksia ei ole. Tässä tapauksessa kaikki kolme kriteeriä viittaavat koulun homevaurioon.

Koulu 4: Yhdessä näytteessä pitoisuus on yli 50 cfu/m³, mediaani on 14,5 cfu/m³ ja nollatuloksia on kolme. Vaikka mediaani on yli 12 cfu/m³, niin se ei ole kuitenkaan lähellä 20 cfu/m³. Lisäksi nollatuloksia on useita ja korkeita vain vähän. Näillä perusteilla tulokset eivät selkeästi viittaa homevaurioon.

Koulu 5: Kolmen näytteen pitoisuus on yli 50 cfu/m³ ja mediaani on 11 cfu/m³. Nollatuloksia on viisi. Mittausten perusteella koulussa ei ole homevauriota.

Mikrobilajeista

Myös ilmanäytteiden mikrobilajistoa tulee tarkastella kokonaisuutena. Tavoitteena on selvittää, onko mikrobisuvusto tai -lajisto tavanomainen vai poikkeava, mikä usein viittaa kosteus- ja homevaurioon.

Kuten rakennusten sisäilmassa yleensä, myös koulujen sisäilmassa esiintyy yleisimmin *Penicilliumia*, hiivoja, *Cladosporiumia* ja *Aspergillusta*. Tämä yleisyysjärjestys on sisäilmassa tavanomainen. On epätavallista, jos näistä neljästä yhden sienisuvun tai -ryhmän osuus näytteen kokonaispitoisuudesta on selvästi suurempi kuin muiden. Myös muu kuin edellä mainittu yleisyysjärjestys on epätavallista. Talviaikaan otettujen näytteiden *Cladosporium*-pitoisuudet yli 10 cfu/m³ viittaavat rakennuksessa olevaan homevaurioon. Myös aktinomykeettien eli sädesienien (bakteeri) esiintyminen näytteissä viittaa mikrobikasvuun. Yli 10 cfu/m³ sädesienipitoisuuksia on todettu kivrakenteisista kouluista vain kosteusvaurioituneiden koulujen sisäilmassa (Meklin ym. 2003).

Indikaattorimikrobeja, kuten *Aspergillus versicoloria*, *Eurotiumia*, *Trichodermaa*, *Stachybotrysta* ja *Wallemiaa* on löydetty useimmin nimenomaan niissä tiloissa, joissa on todettu kosteus- ja/tai homevaurioita. Näytteiden mikrobilajiston tarkastelulla voidaan saada viitteitä vaurioiden sijainnista rakennuksessa.

Riittävä kuva sisäilman mikrobistosta voidaan saada käyttämällä yhtä sienille tarkoitettua kasvualustaa. Tällöin suositellaan käytettävän yleisalustana toimivaa 2 % mallasuutealustaa. Kuivemmissä olosuhteissa viihtyviä mikrobeja suosivan diklooraani-18-glyserolialustan käyttö voi antaa lisätietoa lajistosta: esimerkiksi *Wallemia*- ja *Eurotium*-homeet kasvavat hyvin vain tällä alustalla. Bakteeripitoisuuksien ja indikaattorimikrobeina toimivien aktinomykeettien esiintymisen selvittämiseksi sopii tryptoni-hiivauute-glukoosialusta. Alustojen valmistusohjeet on esitetty Asumisterveysohjeen ja Asumisterveysoppaan liitteinä.

Bakteeripitoisuuksista

Koulujen sisäilmanäytteiden aktinomykeettipitoisuuksia tarkastellaan samoin perustein kuin asuntonäytteiden pitoisuuksia; yli 10 cfu/m³ pitoisuus viittaa mikrobikasvuun. Sisäilman bakteerien kokonaispitoisuuksien perusteella, lukuun ottamatta aktinomykeettipitoisuuksia, ei voida tehdä johtopäätöksiä mikrobivaurioiden esiintymisestä rakennuksessa. Sen sijaan suuret bakteeripitoisuudet luokkatiloissa antavat viitteitä puutteellisesta ilmanvaihdosta.

DNA-pohjaiset menetelmät

Viime aikoina on tehty paljon kehitystyötä DNA-pohjaisten menetelmien soveltamiseksi sisäilmatutkimuksiin. Nämä menetelmät, esimerkiksi kvantitatiivinen PCR (polymerase chain reaction), antavat tulokseksi huomattavasti suurempia arvoja kuin nyt käytössä olevat viljelymenetelmät, koska ne mittaavat mikrobien elävän DNA:n lisäksi myös kuollutta DNA:ta. Analyysi kohdistuu yksittäiseen mikrobilajiin tai –ryhmään. Tätä opasta kirjoitettaessa näille menetelmille ei vielä ole riittävästi validointiaineistoa, jotta niiden yleinen käyttö sisäympäristötutkimuksissa olisi perusteltua.

4.8 Muut sisäilmaselvitykset

Koulurakennuksissa voi olla myös fysikaalisiin tai kemiallisiin sisäilmatekijöihin liittyviä terveys- tai viihtyisyyshaittoja. Haittaa voivat aiheuttaa veto, riittämätön ilmanvaihto, liian korkea tai matala tai voimakkaasti vaihteleva lämpötila, kuiva tai liian kostea ilma, melu tai pölyisyys. Kemiallisista epäpuhtauksista hiilidioksidi (CO₂), joka on ihmisen aineenvaihdunnan tuote, on luokkatiloissa riittämättömään ilmanvaihtoon kytkeytyvä tekijä. Haittaa aiheuttavia tekijöitä voivat olla myös haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), hiukkaset, ammoniakki, asbesti ja formaldehydi. Osana sisäilmaselvityksiä tulee arvioida myös näiden haittatekijöiden mittaustarvetta. Mittauksista on lisätietoa Asumisterveysohjeessa ja –oppaassa. Myös rakennuksen käyttäjien raportoimat tuntemukset ja havainnot antavat viitteitä siitä, mitkä tekijät ovat koettujen haittojen mahdollisia aiheuttajia.

4.8.1 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Joissakin tapauksissa sisäilmaongelman aiheuttajana voivat olla haihtuvat orgaaniset yhdisteet, VOC (volatile organic compounds). Ongelma todetaan usein hajuna ja limakalvojen ärsytysoireina. Yhdisteet voivat olla uusien tai vanhojen materiaalien kemiallisia päästöjä tai kosteuden aiheuttaman materiaalien kemiallisen hajoamisen tuotteita. VOC-yhdisteiden tutkiminen sisäilmasta saattaa olla tarpeen, mikäli sisätiloissa esiintyy hajuhaittaa, jota ei ole pystytty muuten selvittämään tai jos ulkopuolelta epäillään leviävän sisätilaan hajuhaittaa aiheuttavia kaasumaisia yhdisteitä (kts. Asumisterveysohje).

Osa haihtuvista yhdisteistä voi olla mikrobikasvun aineenvaihduntatuotteita (MVOC, microbial volatile organic compounds). Mikrobikasvun havaitseminen VOC-määritysten avulla on vaikeaa, koska samoja yhdisteitä vapautuu sekä materiaaleista että mikrobien aineenvaihdunnan tuotteina ja niitä esiintyy yleisesti myös ulkoilmassa.



4.8.2 Sisäilman hiukkaset

Sisäilman hiukkaslähteitä ovat mm. tilojen materiaalit, ihmisen toiminnasta syntyvät hiukkaset ja ulkoilmasta sisään siirtyvät hiukkaset, kuten liikenteen ja teollisuuden päästöt, katupöly ja luonnon pölyt. Suuret hiukkaset laskeutuvat lattialle ja muille pinnoille. Kouluympäristössä myös suuremmat hiukkaset kuitenkin nostavat

ilman hiukkaspitoisuutta laskeutuneen pölyn resuspensoituessa ilmaan oppilasjoukkojen liikkumisen myötä. Tästä syystä mm. siivouksen merkitys korostuu. Sisäilman hiukkaspitoisuutta ja mahdollisia lähteitä voidaan selvittää mittauksin (kts. Asumisterveysohje ja -opas).

5 Kosteus- ja homevaurioihin liittyvät terveyshaitat

Kosteus- ja homevauriot tuottavat sisäilmaan epäpuhtauksia, joille altistuminen voi aiheuttaa monenlaisia oireita ja sairauksia. Herkimmin reagoivat sellaiset yksilöt, joilla on entuudestaan astmaa tai allergiaa, mutta myös ei-allergiset voivat oireilla. Tavallisimmat terveyshaitat ovat epäspesifejä eli niitä on yleisesti sekä lapsilla että aikuisilla myös muista syistä. Kosteus- ja homevaurioiden lisäksi oireita voivat aiheuttaa puutteellinen ilmanvaihto, veto, liian korkea sisälämpötila, materiaalien kemialliset päästöt, pölyisyys ja ilmaan joutuneet mineraalivillahiukkaset.

Päätelmä siitä, onko oireilu tavanomaista yleisempää ja onko kyseessä sisäilma-tekijöiden aiheuttama oireilu, tehdään selvittämällä oireprofiili ja oireiden yleisyys kyselylomakkeen avulla. Kyselyn tuloksia verrataan vertailukohteen tai normaaliväestön tuloksiin. Myös tieto siitä, helpottavatko oireet muualla, on tärkeä. Yleensä oireilu pahenee altistuksen pitkittyessä ja sitä pahentaa myös mahdollinen kotiympäristön sisäilmaongelma. Tällöin ajallista yhteyttä epäilyyn rakennukseen voi olla vaikeampi todeta kuin ongelman alkuvaiheessa.

Oppilaille soveltuva oirekyselylomake on saatavissa Kansanterveyslaitoksesta (www.ktl.fi), josta saa myös asiantuntija-apua kyselyn toteuttamiseen ja tulosten tulkintaan. Kysely tulisi tehdä mielellään samanaikaisesti koulurakennusta koskevien selvitysten kanssa. Tulosten tulkintaa helpottaa, jos kysely voidaan tehdä samanaikaisesti lähistöllä sijaitsevan verrokkikoulun oppilaille. Kyselyn tuloksia voidaan pitää kohtuullisen luotettavina, jos vastausprosentti on vähintään 70 %.

Terveystiedot yhdistetään rakennusteknisistä ja mikrobiologisista selvityksistä saatuun tietoon. Tämän yhdistetyn tiedon perusteella voidaan arvioida sitä, onko oireiden syynä sisäilmaongelma ja selvittää terveyshaitan mahdollinen aiheuttaja tai aiheuttajat.

Tärkein toimenpide terveyshaittojen torjumiseksi on altistuksen poistaminen, toisin sanoen kosteus- ja homevaurioiden korjaaminen. Siihen tähtääviä menettelytapoja on selostettu esimerkiksi ympäristöministeriön julkaisussa (1997b). Koulurakennusten sisäilmakysymykset ovat usein hankalia, monialaisia ongelmavyhtejä, joiden selvittämisen periaatteita on selostettu tämän oppaan alkuosassa ja muissa sisäilmakysymyksiä käsittelevissä oppaissa (Asumisterveysohje, Asumisterveysopas). Kouluterveydenhuollon ja/tai terveyskeskuksen edustajan sekä työntekijöiden työterveyshuoltoyksikön tulisi osallistua selvitysten ja toimenpiteiden suunnitteluun. Oireilevat oppilaat ja henkilökunta tulee ohjata tarkempiin tutkimuksiin ja hoitoon terveydenhuollon kautta.

Korjausten jälkeen voidaan tehdä seurantakysely osana korjausten onnistumisen arviointia. Kysely tehdään samalla lomakkeella ja samana vuodenaikana kuin ennen korjauksia tehty kysely. Korjausten päättymisen jälkeen on hyvä odottaa joitakin viikkoja tai kuukausia ennen seurantakyselyn toteutusta, sillä korjausten aikainen pölyaltistus ja uusien materiaalien VOC-päästöt voivat ylläpitää oireilua.

5.1 Koulujen sisäilmaongelmiin liittyvät oppilaiden oireet

5.1.1 Hengitysoireet ja -infektiot

Altistuminen kosteus- ja homevaurioille aiheuttaa tavallisimmin hengitysteiden ärsytysoireita. Näistä yleisimpiä ovat nuha, yskä, käheys ja astmaoireet. Myös yöyskä on tyypillinen oire. Oppilaiden terveyshaittojen esiintymiseen vaikuttaa lasten ikä, altistuksen kesto ja opetusryhmien koko. Opetusryhmän suuri koko ja riittämätön ilmanvaihto edistävät infektiosairauksien tarttumista lapsesta toiseen. Infektiosairauksista aiheutuu vuosittain suuria kustannuksia terveystalouden käytön ja

poissaolojen vuoksi. Terveyspalvelujen vuotuiset kustannukset olivat noin 130–200 €/oppilas joitakin vuosia sitten tehdyssä tutkimuksessa (Karvonen 2003).

5.1.2 Yleisoireet

Tavallisimmat yleisoireet ovat väsymys, päänsärky, keskittymisvaikeudet ja kuumeilu. Näitä oireita voi aiheuttaa myös puutteellinen ilmanvaihto. Käytännössä onkin vaikeaa erottaa puutteellisen ilmanvaihdon aiheuttamaa oireilua kosteusvaurioaltistukseen liittyvästä oireilusta. Molemmat mahdolliset aiheuttajat tulee selvittää ja tarvittaessa korjata.

5.1.3 Allergiasairaudet

Kouluikäisistä lapsista 5-6 %:lla on lääkärin toteama astma, 20 %:lla allerginen nuha ja 15 %:lla atooppinen ihottuma. Astmaatikoista 2/3:lla on allerginen nuha. Kouluikäisten kroonisesta nuhasta pääosa liittyy infektiosairauksiin ja pääosa kausinuhasta on allergista nuhaa. Allergiasairauksia on noin joka kolmannella lapsella.

Pojilla esiintyy hiukan enemmän astmaa kuin tytöillä, mutta sukupuolten välinen ero tasoittuu iän myötä. Kaikki astma ei ole allergista astmaa vaan osa sairaustapauksista liittyy infektioihin, fyysiseen rasitukseen tai syytä ei saada selville. Varhaislapsuudessa astmaa sairastaneista noin puolet on oireettomia kouluiässä.

Kosteus- ja homevauriokouluissa astmaatikkojen määrä voi olla jopa 2-3 kertaa suurempi kuin vertailukouluissa ja lääkettä saavien osuus on usein 6-8 % koko koulun oppilaista. Allergisen nuhan esiintyvyys ei välttämättä ole yhtä suuri. Homealtistus ei aiheuta maitorupea tai taiveihottumaa, mutta se voi pahentaa atooppista ihottumaa. Se voi myös aiheuttaa ihon kutinaa, urtikariaa eli nokkosrokkoa ja aerogeenista kosketusihottumaa paljalla ihoalueilla.

Homeallergian yleisyys lapsilla on noin 5 % ihotesteillä mitattuna ja noin 3 % IgE-luokan vasta-aineilla mitattuna. Varastopunkki-allergian yleisyyttä lapsilla ei ole tutkittu. IgE-vaste korreloi lapsen ikään ja muihin allergiasairauksiin. Ennestään atooppisilla ja muille ympäristökiteijöille allergisoituneilla lapsilla on suurempi riski

saada homeallergia kuin täysin terveillä lapsilla. Taskisen tutkimuksessa (2001) suurin homeallergian riski todettiin astmaa sairastavilla lapsilla. Koivikon tutkimuksessa (1988), joka on tehty turkulaisilla astmaa sairastavilla lapsilla, noin kolmanneksella astmaatikoista oli IgE-vaste jollekin homesienelle tai syötävälle sienelle.

Seuranta-aikana homeelle allergisten osuus ei lisääntynyt (Immonen 2002). Astmaatikkojen joukossa homeelle allergisoituneita oli enemmän kuin muissa koululaisissa. Homeallergian yleisyyttä lisäsi myös pitkä altistumisaika (Taskinen 2001).

5.1.4 Toiminnalliset muutokset hengitysteissä

Koululaisten hengitysteiden toimintaa on tutkittu vain vähän. Vaurioituneiden ja vaurioitumattomien koulujen oppilaiden spirometria-arvoissa ei todettu eroja (Taskinen 2001). Korjausten jälkeen suoritetussa seurantatutkimuksessa ei todettu uusia astmatapauksia eikä lasten keuhkojen toiminta ollut merkittävästi huonontunut (Immonen 2002).

5.2 Henkilökunnan oireet

Tavallisimmat ärsytysoireet vaurioituneissa kouluissa altistuvalla henkilökunnalla ovat pääosin samat kuin lapsilla. Erilaiset nuhaoireet ovat tavallisia, samoin silmien ja ihon ärsytysoireet. Opettajilla korostuu käheyden ja äänen peittämissen aiheuttamat ongelmat, koska he joutuvat työssä käyttämään ääntään. Infektioiden aikana puhuminen kuormittaa äänihuulia tavallista enemmän. Epäedulliset akustiset olosuhteet, kaikuisuus ja melu korostavat opettajien äänenkäyttöongelmia.

Korjausten jälkeen henkilökunnan oireilu ja sairastavuus vähenee yleensä hitaammin kuin lapsilla (Patovirta 2005). Joissakin tapauksissa pitkittynyttä oireilua on selittänyt pitkä työhistoria muissa kosteusvauriorakennuksissa, remontin jälkeinen pöly tiloissa ja ilmanvaihtokanavissa ja irtaimistossa oleva mikrobiperäinen haju ja/tai pöly.

Työperäisen kosteus- ja homevaurioaltistuksen selvittäminen ja mahdollisen ammattitaudin toteaminen on selostettu Majvik II-suosituksessa, joka on julkaistu Suomen Lääkärilehden numerossa 7/2007.

6 Korjausten onnistumisen arviointi

6.1 Mikrobimittaukset korjausten onnistumisen seurannassa

Vaurioituneiden koulurakennusten korjausten onnistumista voidaan arvioida ilmanäytteiden avulla. Voidaan olettaa, että onnistuneiden korjausten yhteydessä vauriokohdat on pystytty poistamaan, jolloin sisäilman mikrobipitoisuuksien tulisi olla pieniä.

Korjausten valmistumisen jälkeen tilat tulee siivota perusteellisesti. Tämän jälkeen tulisi odottaa vähintään 1-2 kk, jotta rakennusaikainen pöly on ehtinyt laskeutua ja poistua ilmanvaihdon ja siivouksen myötä. Seurantanäytteenotto toistetaan samana vuodenaikana ja samoissa tiloissa kuin ennen korjauksia. Korjausten onnistumista voidaan arvioida tarkastelemalla ilmanäyteaineiston pitoisuusjakauman muutosta. Koulurakennuksen mikrobipitoisuudet ja -lajisto normalisoituvat, kun kaikki kosteus- ja homevauriot on korjattu (Meklin ym. 2005).

6.2 Oirekyselyt korjausten onnistumisen arvioinnissa

Seurantatutkimuksissa on todettu, että perusteellisesti korjatuissa kouluissa oireilu ja sairastavuus alenevat vertailukoulun tasolle. Korjausten tuloksena myös infektiosairastavuus, lääkärin vastaanottokäynnit ja antibioottihoidon tarve vähenevät (Savilahti ym. 2000). Osittain korjatuissa kouluissa oppilaiden terveydentilan on havaittu korjautuvan selvästi vähemmän (Meklin ym. 2005). Korjausten jälkeen tilanteen palautuminen normaaliksi voi viedä jopa useita vuosia (Haverinen-Shaughnessy ym. 2004).

Lähdeviitteet

Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus Oppaita 2003:1, Helsinki 2003.

Asumisterveysopas. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas. Ympäristö ja Terveys-lehti, Pori 2005.

Haverinen-Shaughnessy U, Pekkanen J, Nevalainen A, Moschandreas D, Husman T. Estimating effects of moisture damage repairs on students' health – a long-term intervention study. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 2004; 14 (Suppl 1):58-64.

Immonen J. Immunologic and pulmonary reactivity in school children from moisture and mould damaged school buildings: a three-year follow-up study (Kosteus- ja homevaurioituneiden koulurakennusten vaikutus koululaisten vastatautiin ja keuhkojen toimintaan: kolmen vuoden seurantatutkimus). Väitöskirja. Kansanterveyslaitoksen julkaisu A19/2002, Kuopio 2002.

Karvonen A. Kosteus- ja homevaurioituneiden koulurakennusten kustannukset, vaikuttavuus ja kustannus-vaikuttavuus. Pro gradu-tutkielma. Terveystieteiden ja –talouden laitos, Kuopion yliopisto 2003.

Koivikko A, Savolainen J. Mushroom allergy. *Allergy* 1988; 43(1):1-10.

Koivisto J, Haverinen U, Meklin T, Halla-aho J, Nevalainen A. Koulurakennusten kosteusvauriot. Sisäilmastoseminaari 2002, Espoo, SIY Raportti 17, s. 173-177.

Kurnitski J, Palonen J, Enberg S, Ruotsalainen R. Koulujen sisäilmasto – rehtorikysely ja sisäilmastomittaukset. Teknillinen korkeakoulu, LVI-laboratorio. Raportti B43 (1996a).

Kurnitski J, Vilkki R, Jokiranta K, Kettunen A, Hejazi-Hashemi S, Koulujen sisäilmasto ja kosteusvauriot. Teknillinen korkeakoulu, LVI-laboratorio, Talonrakennustekniikan laboratorio. Raportti B46 (1996b).

Lignell U, Meklin T, Putus T, Vepsäläinen A, Roponen M, Torvinen E, Reeslev M, Pennanen S, Hirvonen M-R, Kalliokoski P, Nevalainen A. Microbial exposure, symptoms and inflammatory mediators in nasal lavage fluid of kitchen and clerical personnel in schools. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2005; 18(2):139-150.

Lignell U, Meklin T, Putus T, Rintala H, Vepsäläinen A, Kalliokoski P, Nevalainen A. Effects of moisture damage and renovation on microbial conditions and pupils' health in two schools – a longitudinal analysis of five years. *Journal of Environmental Monitoring* 2007; 9:225-233.

Meklin T, Hyvärinen A, Toivola M, Reponen T, Koponen V, Husman T, Taskinen T, Korppi M, Nevalainen A. Effect of building frame and moisture damage on microbiological indoor air quality in school buildings. *American Industrial Hygiene Association Journal* 2003; 64:108-116.

Meklin T, Putus T, Pekkanen J, Hyvärinen A, Hirvonen M-R, Nevalainen A. The effects of moisture damage repairs on microbial exposure and symptoms in schoolchildren. *Indoor Air* 2005; 15 (Suppl 10):40-47.

Nordman H, Uitti J. Majvik II –suosituksesta ohjeita kosteusvaurioiden selvittelyyn. Majvik II –suositus, Kosteusvauriomikrobeihin liittyvien oireiden selvittely. *Suomen Lääkärilehti* 7/2007; 62:653-664.

Patovirta R-L. Teachers' health in moisture-damaged schools – a follow-up study. Väitöskirja. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja A5/2005, Kuopio 2005.

Ruokojoki J. Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005. Suomen Kuntaliitto, Helsinki 2006.

Savilahti R, Uitti J, Laippala P, Husman T, Roto P. Respiratory morbidity among children following remediation of a water-damaged school. *Archives of Environmental Health* 2000; 55:405-410.

Sisäilmayhdistys. Koulun sisäilmasto ja kosteusvauriot. Sisäilmaopas 1/2005.

Sisäilmayhdistys. Sisäilmasto- ja kosteustekninen kuntotutkimus kouluille ja päiväkodeille. Raportti 12/1998.

Taskinen T. Koulujen kosteusvauriot ja koululaisten terveys. Kliinisch-allergologinen tutkimus. Väitöskirja. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja A9/2001, Kuopio 2001.

Ympäristöministeriö. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Ympäristöopas 28 (1997a).

Ympäristöministeriö. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Ympäristöopas 29 (1997b).

TAULUKOT

Taulukko 1. Näytteenoton syyt ja suositeltavat näytetyypit.

Taulukko 2. Talviaikaan otettujen ilmanäytteiden tulosten tulkintaperusteet.

Taulukko 3. Esimerkkejä koulurakennuksista kerättyjen ilmanäytteiden tulosten tulkinnasta. Jokainen näyte on otettu eri tilasta.