

Teija Mekiin • Tuula Putus • Anne Hyvärinen
Ulla Haverinen-Shaughnessy • Ulla Lignell
Aino Nevalainen



Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot

Opas ongelmien selvittämiseen





Kansanterveyslaitos
Folkhälsoinstitutet
National Public Health Institute

Kansanterveyslaitoksen ohjeita ja suosituksia

C2 / 2008

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

ISBN 978-951-740-779-3 (print)

ISBN 978-951-740-780-9 (pdf)

ISSN 1238-575

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

JOHDANTO	4
1 KOSTEUSVAURIOT KOULURAKENNUKSISSA	5
1.1 Vaurioiden yleisyys.....	5
1.2 Vaurioiden sijainti.....	6
1.3 Vaurioiden syyt.....	8
1.4 Kosteusvauriot keittiötiloissa	8
2 KIINTEISTÖNPIDON KESKEISIÄ PERIAATTEITA	9
3 MITEN MENETELLÄ, KUN KOULUSSA EPÄILLÄÄN KOSTEUS- JA HOMEVAURIOTA?	10
3.1 Selvitysten organisointi.....	11
3.2 Kuntoarvio ja kuntotutkimukset.....	11
3.2.1 Kuntoarvio	11
3.2.2 Kuntotutkimus.....	12
3.3 Ilmanvaihto	14
4 MIKROBIOLOGISET SELVITYKSET	14
4.1 Mikrobikasvu rakennuksessa	14
4.2 Mikrobikasvun päästöt ja altistuminen	15
4.3 Mikrobikasvun toteaminen ympäristönäytteiden avulla	16
4.4 Näytteenottosuunnitelman teko.....	19
4.5 Pinta- ja materiaalinäytteet.....	21
4.6 Ilmanäytteet.....	21
4.6.1 Ilmanäytteiden otto	22
4.6.2 Mittausajankohta.....	24
4.6.3 Näytemäärä ja tutkittavien tilojen valinta	26
4.7 Tulosten tulkinta.....	26
4.7.1 Pinta- ja materiaalinäytteet.....	26

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

4.7.2	Ilmanäytteiden tulosten tulkinta	27
4.8	Muut sisäilmaselvitykset	33
4.8.1	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet	33
4.8.2	Sisäilman hiukkaset	35
5	KOSTEUS- JA HOMEVAURIOIHIN LIITTYVÄT TERVEYSHAITAT	35
5.1	Koulujen sisäilmaongelmiin liittyvät oppilaiden oireet.....	34
5.1.1	Hengitystieoireet ja -infektiot.....	37
5.1.2	Yleisoireet.....	37
5.1.3	Allergiasairaudet.....	37
5.1.4	Toiminnalliset muutokset hengitysteissä.....	39
5.2	Henkilökunnan oireet.....	39
6	KORJAUSTOIMET	40
6.1	Vaurioiden ja korjauksen laajuus.....	40
6.2	Ympäröivät tilat ja niiden käyttö	41
6.3	Suojaustoimet	41
6.4	Henkilökohtainen suojautuminen	42
6.5	Korjausten toteutus	42
6.6	Purkutyöt.....	43
6.7	Uuden rakentaminen	44
6.8	Loppusiivous.....	45
7	KORJAUSTEN ONNISTUMISEN ARVIOINTI.....	47
7.1	Mikrobimittaukset korjausten onnistumisen seurannassa	47
7.2	Oirekyselyt korjausten onnistumisen arvioinnissa	47
	LÄHDEVIITTEET	48

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

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 sisäilman mikrobiinäytteenottoon ja tulosten tulkintaan. Opas on suunnattu terveysvalvonnan toimijoille ja muille koulujen sisäilmaselvityksiä tekeville tahoille. 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 analyysyjä. 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 oli

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

esiintynyt kyselyn ajankohtana 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).

TKK:n pääkaupunkiseudulla tekemässä selvityksessä tarkasteltiin korjauksiin johtaneita syitä 32 korjausten kohteena olleessa koulussa. Kosteusvauriot olivat merkittävien 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. Selvityksen mukaan vaurioiden määrä ei juurikaan ollut pienentynyt sitten vuoden 2000, mutta vaurioiden syissä oli 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.

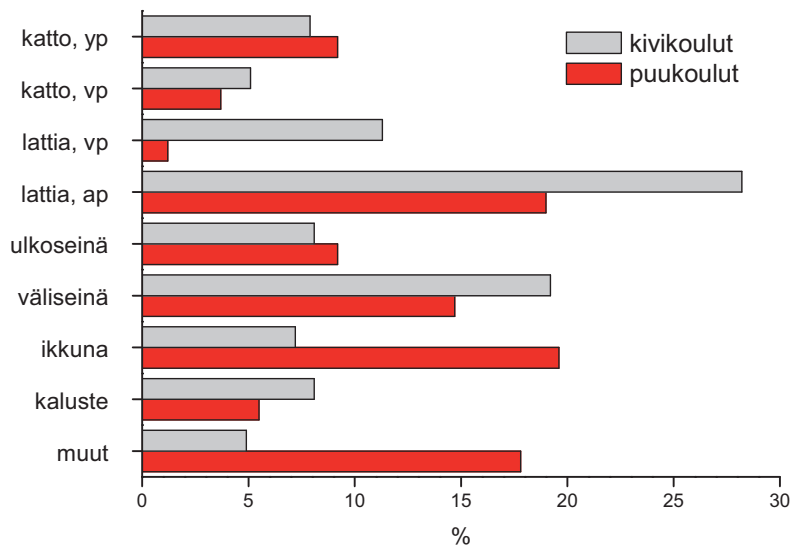
1.2 Vaurioiden sijainti

KTL:n selvityksen mukaan vaurioista 23 % oli luokkahuoneissa, 20 % kosteissa tai märkätiloissa, 12 % käytävillä ja 6 % keittiöissä. Rakenteittain jaoteltuna vaurion

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

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). Myös Kuntaliiton selvityksen mukaan merkittävä osa vaurioista liittyy alapohjiin.

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.

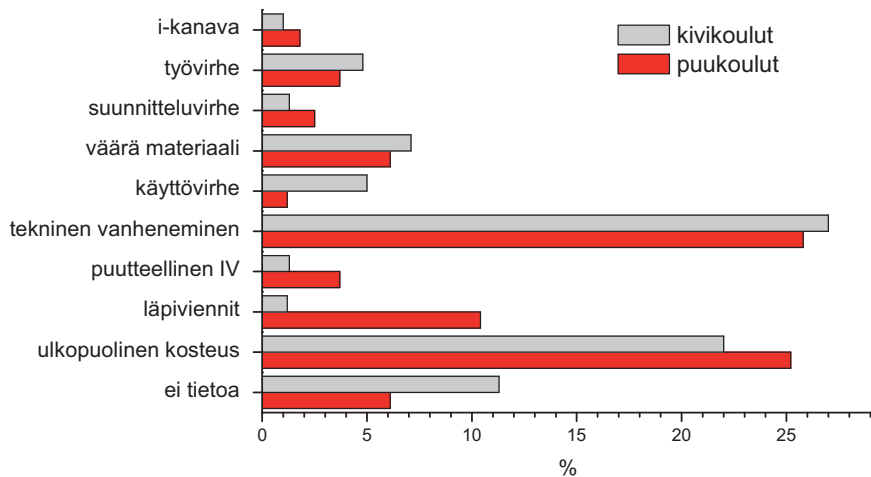


Kuva 1. Kosteusvaurioiden sijainti rakennusosittain kivi- ja puukouluissa (Meklin ym. 2003). Kuvan lyhenteet: yp = yläpohja, vp = välipohja, ap = alapohja.

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

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). Lyhenne i=ilmanvaihto

1.4 Kosteusvauriot keittiötiloissa

Koulujen keittiötilojen rakenteisiin kohdistuu sisäpuolelta suuri kosteusrasitus johtuen toiminnan luonteesta. Ruuanlaittoon, tiskaamiseen ja tilojen puhdistamiseen

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

käytetään paljon vettä. Esimerkiksi pintojen puhdistukseen käytetään vettä päivittäin yli 5 l/m² (Lignell ym. 2005). Kosteusvauriot keittiöissä ovatkin yleisiä. Tavallisin vaurion syy on ollut pinta- ja vesieristysmateriaalien tekninen vanheneminen, esimerkiksi kaakelien ja kaakelisaumojen rikkoutuminen. Suunnitteluvirheet, kuten puuttuva kosteuseristys, ovat aiheuttaneet ongelmia pääasiassa väliseinissä.

2 Kiinteistönpidon keskeisiä periaatteita

Kosteusvauriot liittyvät aina tavalla tai toisella rakennuksen kuntoon. Vaurioiden ennalta ehkäisyn ja korjaamisen kannalta ratkaisevaa on kunnollinen kiinteistönpito. 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.

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).

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

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

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

Selvityksissä on oleellista 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, terveysvalvonnan, 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 eri tyyppisten 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 kokonaisuuk-
sia. Asiaa vaikeuttaa se, ettei rakennuksen vaurion, homehöydösten ja käyttäjien oi-
reilun välillä useinkaan ole yksiselitteisiä syy-seuraussuhteita. Kokonaisuutta tulee-
kin arvioida kokoamalla yhteen eri asiantuntemusalueiden edustajien näkemykset.
Koulurakennukset ovat yleensä julkisia, kunnan tai kaupungin omistamia kiinteistö-
jä, joten niitä koskeva päätöksentekovastuu on kunnan organisaatiolla. On suositel-
tavaa, että ongelman ilmaannuttua perustetaan keskeisistä virkamiehistä koostuva
työryhmä, joka sopii menettelytavoistaan yhdessä. Työryhmä päättää tarvittavien
rakennusteknisten, mikrobiologisten ja terveys selvitysten tekemisestä tai teettämi-
sestä. Tehtävien toimenpiteiden ja tilattavien selvitysten merkitys tulee olla työryh-
män tiedossa ja hyväksymiä. Työryhmän tulee myös edellyttää, että teetetety selvi-
tykset 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 kun-
toarviota, 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 tarkastuk-

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

sessä 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 kuntotutkimukseen 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-

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

jan valmiudet, lähtötietojen hankinta ja tutkimusohjeet sekä käsitelty sisäilmasto- ja kosteusongelmien syitä, 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.

Aistinvaraiset havainnot ovat tärkeitä sekä rakennusteknisessä kuntoarviossa että kuntotutkimuksessa. Lisäksi käytetään muita menetelmiä, kuten kosteusmittauksia ilmasta tai rakenteista, ilmavirtausten ja painesuhteiden tarkastelua tai muita sopiviksi katsottuja menetelmiä. Rakenteiden lämpötila- ja kosteusvaihteluiden vuoksi johtopäätöksiä ei aina voida tehdä hetkellisten kosteusmittausten perusteella, vaan voidaan tarvita esimerkiksi suhteellista kosteutta ja lämpötilaa jatkuvasti mittaavia seurantalaitteita.



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

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 sisäilmaongelmaa. 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

Mikrobeja, kuten homesieniä, hiivoja ja bakteereja esiintyy aina ulkoilmassa ja niitä kulkeutuu rakennukseen tuloilman mukana. Tästä johtuen myös normaalissa sisäilmassa ja rakennuksen eri osien pinnoilla esiintyy aina jonkin verran mikrobeja. 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 millä tahansa rakennus- tai sisustusmateriaalilla, jos se on kostea. Mikrobikasvu koostuu homesienistä, hiivoista, bakteereista ja muista pieneliöistä. Lajisto poikkeaa sisäympäristöjen tavanomaisesta mikrobistosta. Kasvuston lajisto määräytyy mm. kasvualusta-

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

na toimivan materiaalin mukaan. Esimerkiksi kipsilevyille muodostuu erilainen lajisto kuin puulle. Tietyt mikrobisuvut ja -lajit viihtyvät erityisen hyvin kostuneilla rakennusmateriaaleilla ja niiden esiintyminen sisäympäristönäytteissä ilmentää mikrobikasvua rakennuksessa. Seuraavassa listassa olevia mikrobeja on havaittu erityisesti kosteusvaurioituneiden koulurakennusten sisäilmassa tai pinnoilla:

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| - <i>Acremonium</i> | - <i>Aspergillus versicolor</i> |
| - <i>Eurotium</i> | - <i>Stachybotrys</i> |
| - <i>Trichoderma</i> | - <i>Exophiala</i> |
| - <i>Wallemia</i> | - aktinomykeetit |

4.2 Mikrobikasvun päästöt ja altistuminen

Mikrobikasvusto tuottaa sekä kaasumaisia että hiukkasmaisia epäpuhtauksia. Homesienet ja jotkut bakteerit tuottavat itiöitä, jotka ovat kestonmuotoisia soluja. Itiöt ovat hiukkaskooltaan tavallisimmin 1-10 µm. Pienimmät itiöt viiptyvät 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 viiptyvät 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 kas-

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

vaessaan myös ei-haihtuvia yhdisteitä, joista monet ovat toksineja eli myrkyllisiä yhdisteitä. Näitä voi joutua sisäilmaan kasvustosta irtoavien hiukkasten mukana.

Terveyshaittoja aiheuttavaan altistumiseen vaikuttavat kaikki mainitut yhdisteet ja päästöt. 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 hometta 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 tämä tieto kosteus- ja muihin rakennusteknisiin havaintoihin voidaan päätellä vaurioiden sijainti, syy, laajuus ja vakavuus. Mikrobimäärittelyillä ei yleensä voida arvioida vaurion ikää.

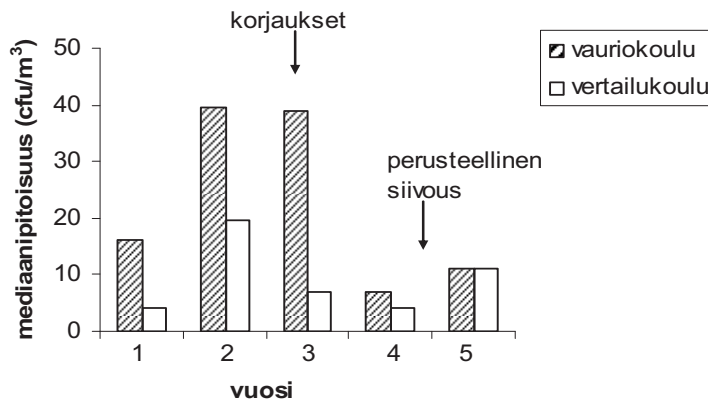
Mikrobinäytteitä voidaan ottaa myös ilmasta, varsinkin jos näkyviä vauriohavaintoja ei ole, mutta käyttäjien oireilu viittaa mikrobiongelmaan. Ilmanäytteiden avulla arvioidaan sisäilman laatua ja voidaan saada viitteitä vaurion sijainnista. Ilmanäytteiden oton ei kuitenkaan tulisi olla ensisijainen vaurioiden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

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

Koulujen sisäilman mikrobiologiseen laatuun vaikuttavat monet tekijät, joiden merkitys tulosten tulkintaan tulee ymmärtää. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi vuodenaika ja sääolot, rakennuksessa tapahtuvat 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.

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



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

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

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 vallitsevan 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 sivoaminen ja muut tiloissa tapahtuvat toiminnot vaikuttavat sisäilman sienitiöpitoisuuteen laskeutuneen pölyn resuspension eli uudelleen ilmaan nousemisen seurauksena. Myös orgaanisten materiaalien, kuten puun, sammalen, jäkälän tai oksien käsitteleminen kohottaa sisäilman itiöpitoisuutta. Itiöitä kulkeutuu sisälle myös vaatteissa ja jalkineissa.

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, mm. sahanpurua ja sammalta, joissa esiintyy luonnostaan paljon mikrobeja. Näitä voi vapautua sisäilmaan, jolloin rakennuksen taustapitoisuus on tavallista suurempi. Myös rakennuksen ikä voi 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 mik-

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

robivaurioon viittaavaa pitoisuustasoa. **Ilmanäytteitä ei 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 tehdään yhteistyönä teknisten selvitysten tekijöiden kanssa. Näytteitä on luontevaa ottaa esim. tiloista, joissa on vauriohavaintoja, hajuhavaintoja tai käyttäjien oireilua. Lisäksi otetaan vertailunäytteitä vauriottomista tiloista. Tällöin tulosten tulkinta helpottuu ja mikrobitutkimuksista saadaan suurin hyöty. Mikrobinäytteenoton vastuutaho on yleensä kunnan terveysturvatoimisto, 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 ra-**

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

kennuksen eri tiloista otettua näytettä. Tällöin voidaan sisäilman mikrobin pitoisuusjakauma 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.

Pintänäytteenotto soveltuu koville ja sileille pinnoille, eikä näytteenotto vaurioita tutkittavaa rakennetta. Siksi pintänäytteitä 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

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

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

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

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. Ulkoilmanäytteiden ottaminen on suositeltavaa.
- Sulan maan aikana käytetään lyhyempää näytteenottoaikaa (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 mikrobiituloksiin. Myös toiminnan laatu, esimerkiksi oppiaineisiin liittyvät työt (käsityöt, kuvaamataidon, kotitalouden työt) kirjataan. Nämä tekijät tulee ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa.

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



4.6.2 Mittausajankohta

Rakennuksen käyttöön liittyvät seikat vaikuttavat usein voimakkaasti sisäilman mikrobipitoisuuksiin. Oppilaiden ja henkilökunnan oleskelu rakennuksessa nostaa pitoisuustasoja. Liikედinnän mukana lattialle laskeutuneessa pölyssä olevat mikrobisolut ja itiöt, kuten muutkin hiukkaset, resuspendoituvat eli nousevat uudelleen ilmaan. Liikkumisesta aiheutuva tärinä ja ilmapirtaukset voivat irrottaa rakenteissa olevista mikrobikasvustoista itiöitä sisäilmaan. Rakennuksen käytön aikana myös

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

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.



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

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 ja yleensä alle 50 cfu/m³. Yksittäisen, 1-2 näytteen tavanomaista suurempi pitoisuus voi viitata ao. tilassa tai tiloissa olevaan vaurioon. Vauriotiloissa talviaikaiset pitoisuudet ovat usein 50 – 500 cfu/m³. Vaurion varmistamiseksi tarvitaan myös rakennusteknisiä selvityksiä.

Joskus yksittäisen näytteen pitoisuus voi olla muita suurempi, vaikka kyseessä ei olisikaan homevaurio. Tähän 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 joista peräisin olevat sieni-itiöt 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.

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

Seuraavassa esitetty tulosten tulkinta koskee ainoastaan talviaikaan otettuja ilmanäytteitä:

Sieni-itiöpitoisuudet

Koulun sisäilmasta otetaan vähintään 10–12 näytettä. Tulokset tulkitaan kokonaisuutena tarkastellen sekä tulosten pitoisuusjakaumaa että keskimmäistä pitoisuutta eli mediaania. Tulosten tulkinta on kaksivaiheinen:

1. Pitoisuustulokset asetetaan suuruusjärjestykseen ja ensin tarkastellaan **suurimpia** pitoisuuksia. Jos usean näytteen pitoisuus on suuri, 50 – 500 cfu/m³, on ilman sieni-itiöpitoisuus koholla ja löydös viittaa rakennuksen homevaurioon. Yksittäisissä näytteissä voi kuitenkin olla suuria pitoisuuksia myös muista syistä kuin homevauriosta johtuen. Tähän voi olla syynä jokin edellä esitetyistä mikrobipitoisuuksiin vaikuttavista ”normaalitekijöistä”. Jokaisen yli 50 cfu/m³ olevan sieni-itiöpitoisuuden syy tulee selvittää ja varmistua, onko kyseessä kosteusvauriosta vai ”normaalilähteistä” johtuva suuri pitoisuus.

2. Sen jälkeen tarkastellaan pitoisuustulosten **mediaania** eli keskimmäistä arvoa. Tämän arvon alle jää puolet saaduista tuloksista. Jos tuloksia on pariton lukumäärä, mediaani on lukuarvoista keskimäinen. Mediaani voidaan myös laskea esim. Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Vauriottomissa vertailurakennuksissa ilmanäytteiden mediaanipitoisuus on tavallisesti alle 12 cfu/m³. Vaurioituneissa koulurakennuksissa sisäilman sieni-itiöiden mediaanipitoisuus on yleensä yli 20 cfu/m³.

Mikäli jompikumpi näistä kriteereistä täyttyy, tulos viittaa homevaurioon. Lisäksi voidaan tarkastella näytesarjan **pienimpiä** tuloksia. Vauriottomassa rakennuksessa on tavallista, että jopa 25 %:ssa näytteitä pitoisuudet ovat ”nolla” eli jäävät

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

alle määrittäysrajan. Vauriorakennuksessa alle määrittäysrajan jäävien tulosten osuus näytteistä on pieni tai niitä ei esiinny lainkaan.

Tulos on luotettavampi, jos kaikki edellä mainitut seikat täyttyvät. Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto talviaikaisten ilmamittausten tulosten tulkintakriteereistä.

Taulukko 2. Talviaikaan otettujen ilmanäytteiden tulosten tulkintaperusteet.

VAURIOTON RAKENNUS (näytteiden pitoisuudet)	VIITTAA 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

* Pitoisuuksien syynä normaalilähteet

Monissa tapauksissa pelkkien sisäilman mikrobitulosten perusteella ei voida tehdä selvää johtopäätöstä vaurion olemassaolosta tai poissulkemisesta. Mikrobimittausten tuloksia tulee aina tarkastella 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.

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

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

Taulukko 3. Esimerkkejä koulurakennuksista kerättyjen ilmanäytteiden tulosten tulkinnasta. Jokainen näyte on otettu eri tilasta. Mediaani on laskettu Excel-ohjelmalla.

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. Kohonnut pitoisuus havaittiin käytävässä, jonka rakennusteknisessä tarkastuksessa ei löytynyt kosteusvaurioon viittaavia ha-

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

vainoja. Tässä tapauksessa kohonneen pitoisuuden voitiin katsoa olevan peräisin normaalilähteistä, lähinnä oppilaiden liikkumisesta aiheutuvasta pölyn resuspensiosta.

Koulu 3: Neljän näytteen pitoisuus on yli 50 cfu/m^3 ja mediaani on 34 cfu/m^3 . Nollatuloksia ei ole. Tässä tapauksessa molempien kriteerien täyttyminen ja nollatulosten puuttuminen viittaavat koulun homevaurioon.

Koulu 4: Yhdessä näytteessä pitoisuus on 50 cfu/m^3 , mediaani on $14,5 \text{ cfu/m}^3$ ja nollatuloksia on kolme. Vaikka mediaani on yli 12 cfu/m^3 , niin se ei ole kuitenkaan lähellä 20 cfu/m^3 . Lisäksi nollatuloksia on useita ja suuria pitoisuuksia vain vähän. Näillä perusteilla tulokset eivät selkeästi viittaa homevaurioon.

Koulu 5: Kolmen näytteen pitoisuus on yli 50 cfu/m^3 ja mediaani on 11 cfu/m^3 . Nollatuloksia on viisi. Nollatulosten ja mediaanin perusteella rakennus ei ole vaurioitunut. Kolmen näytteen kohonnut pitoisuus voi viitata näissä tiloissa olevaan vaurioon. Kohonneet pitoisuudet havaittiin käytävissä ja WC-tiloissa. Kosteusvauriokuntoarviossa ei löytynyt viitteitä kosteusvaurioista, mutta lopullinen varmuus näissä tiloissa mahdollisesti olevista vaurioista edellyttäisi rakenteiden avaamista ja avatuista rakenteista otettuja mikrobinäytteitä.

Mikrobilajeista

Ilmanäytteiden mikrobilajistoa tulee myös tarkastella ottaen huomioon kaikkien näytteiden tulokset. 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 tai yleisyysjärjestys selkein pitoisuuseroin on muu kuin edellä mainittu. Talviaikaan otettujen näytteiden *Cladosporium*-pitoisuudet yli 10 cfu/m^3 ovat epätavallisia (Meklin ym. 2003).

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

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 voidaankin 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 asunonäytteiden 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 (po-

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

lymerase 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 terveystai 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

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

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.



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

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 resuspendoituessa 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 sisäilmatekijöiden 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 kotiympä-

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

ristön sisäilmaongelma. Tällöin ajallista yhteyttä epäiltyyn 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

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

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 Hengitystieoireet 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. Terveystalouden 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.

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

Kouluikäisten kroonisesta nuhasta pääosa liittyy infektiotautisiin 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 infektiioihin, fyysiseen rasitukseen tai syytä ei saada selville. Varhaislapsuudessa astmaa sairastaneista noin puolet on oireettomia kouluiässä.

Kosteus- ja homevauriokouluissa astmaattikojen 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 nokkosrokkoo ja aerogeenista kosketusihottumaa paljailla 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 ympäristötekijöille 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 astmaattikoista oli IgE-vaste jollekin homesienelle tai syötävälle sienelle.

Kolmen vuoden seuranta-aikana homeelle allergisten osuus ei lisääntynyt (Immonen 2002). Astmaattikojen 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 peittämissä 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 pitkittyneitä 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.

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

6 Korjaustoimet

Kosteus- ja homevaurioiden korjausten suunnittelu ennen töiden aloitusta on tärkeää. Tällöin yksityiskohdat ja toteutusaikataulu voidaan selvittää ja perustella kunnolla. Homevaurion ja altistumisen lähteen poistamisen kannalta keskeisiä vaiheita ovat (1) vauriokohtien sijainnin ja vaurioiden laajuuden selvittäminen, (2) korjaussuunnitelman teko, (3) aloittamisajankohdasta, korjausten kestosta ja tilojen käytöstä sopiminen niiden käyttäjien kanssa sekä (4) tilan irtaimen tavaran tyhjentämisestä sopiminen tilojen käyttäjien kanssa. Seuraavassa esitetään erityisesti altistumisen välttämisen kannalta tärkeitä lähtötietoja ja suunniteltavia asioita. Koulujen sisäilmaongelmien korjauksia käsitellään laajemmin Teknillisen korkeakoulun, Hengitysliitto Helin ja Kuopion yliopiston valmisteilla olevassa oppaassa.

6.1 Vaurioiden ja korjauksen laajuus

Korjaus- ja suojaustarpeen arvioimiseksi tulee vaurioiden laajuus olla tiedossa. Tämä pätee erityisesti, kun korjaus kohdistuu pelkästään vaurioalueeseen, eikä tilaa korjata kokonaan. Todellinen korjaustarpeen laajuus selviää vasta rakenteita avattaessa, sillä päälle päin näkyy tavallisesti vain osa vauriosta tai merkkejä siitä.

Korjaus tulee ulottaa niin laajalle, että kaikki vaurioitunut materiaali saadaan poistettua (Ympäristöministeriö 1997b). Laajuuden arvioinnissa tulee ottaa huomioon havaintojen luotettavuus; voidaanko rakenteen tai materiaalin kunto todeta silmämääräisesti vai onko tarpeen ottaa niistä näytteitä mikrobiologisia analyysejä varten? Vaihtoehtoisesti voidaan korjauksen riittävä laajuus varmistaa siten, että se ulotetaan varmasti vauriottomalle alueelle tai puretaan tarvittaessa koko rakenne.

6.2 Ympäröivät tilat ja niiden käyttö

Korjausten ajoittamisen, materiaaliirrotojen ja suojausten suunnittelussa tarvitaan tietoa ympäröivien tilojen käytöstä, jotta niiden saastuminen purku- ja korjaustöiden aikana voidaan ehkäistä. Huomioon otettavia asioita ovat mm. koulujen loma-ajat, lukujärjestykset, tilojen ilta- ja viikonloppukäyttö, irtaimiston ja muiden tilojen saastumisen ehkäisy, sekä lähimmät tai vähiten haittaa aiheuttavat kulkureitit.

6.3 Suojaustoimet

Korjaustoimista aiheutuvia haittoja voidaan parhaiten ehkäistä ajoittamalla korjaustyöt koulujen loma-aikoihin, jolloin rakennus on tyhjillään. Tarvittavat korjaustyöt ovat kuitenkin usein laaja-alaisia, eikä töiden ajoittaminen yksinomaan loma-aikoihin ole mahdollista. Tällöin koulun toiminnot voidaan sijoittaa korvaavaan rakennukseen tai vähintään rakennuksen toisiin osiin, jotka eivät ole korjausten kohteena.

Korjattavat tilat tulee eristää ympäröivistä tiloista mikrobipitoisen rakennuspölyn leviämisen estämiseksi. Suojausten tarve korostuu, jos korjauksia tehdään koulun lukukauden aikana. Suojausten tulee olla riittävän tiiviitä, ja korjattava tila tulee alipaineistaa ympäröiviin tiloihin nähden. Läpikulkua korjattavien tilojen ja ympäröivien tilojen välillä on vältettävä. Suojausten tulee olla paikallaan koko työn ajan ja ne voidaan poistaa vasta kun työ on valmis ja siivous suoritettu. Tarvittaessa suunnitellaan suojauksia myös korjausalueen ulkopuolelle. Lisäksi työselityksessä tulee esittää työntekijöiden suojautuminen kuten suojavaatetuksen ja hengitysuojainten käyttö (Rautiala ym. 1997).

Irtaimisto siirretään pois korjauskohteesta ja mahdollisesti tiloihin jäävät kiinteät kalusteet suojataan hyvin korjaustöiden ajaksi. Purkumateriaalit kuljetetaan pois välittömästi työn edistyessä. Korjausrakentamista koskevia teknisiä ohjeita on esitet-

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

ty Rakennustietosäätiön julkaisemassa RATU-kortissa n:o 82-0239 ”Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku”. Lisäksi olemassa olevat ilmanvaihtoaukot suljetaan tiiviisti pois käytöstä korjauksen ajaksi.

6.4 Henkilökohtainen suojauminen

Korjaustyöntekijöiden tulee käyttää suojavaatetusta ja hengityssuojaimia. Työntekijöiden liikkua suojausten ulkopuolella tulee ottaa huomioon pölyn kulkeutuminen vaatteiden ja kenkien mukana. Haittaa voidaan pienentää riisumalla suojavaatetus korjausalueen sisäpuolella, ja käyttämällä korjausalueen sisäänkäynnin edessä kosteaa pyyhettä tai kynnysmattoa, jolla vähennetään pölyn kulkeutumista kenkien mukana.

6.5 Korjausten toteutus

Työntekijöiden tulee olla ammattitaitoisia. On tärkeää, että työntekijät tietävät riittävästi suojausten merkityksestä ja mikrobien aiheuttamista terveysriskeistä. Heidät on perehdytettävä korjaussuunnitelmassa esitettyjen purku- ja työmenetelmien käyttöön ja kohteen erityisvaatimuksiin.

Työn valvonnalla varmistetaan työn toteutumisesta suunnitelmien mukaan. Korjaustyön laadunvalvonnassa oleellisia vaiheita ovat aloituskatselmukset ja toteutusten kirjauskäytäntö.

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



6.6 *Purkutyöt*

Purkutyö ulotetaan vaurioitunutta rakenteen kohtaa laajemmalle siten, että terve kohta rakenteessa varmuudella saavutetaan. Joissain tapauksissa voidaan joutua purkamaan koko rakenne. Tällöin on varauduttava rakentamaan suojaseinä myös vierei-

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

sen tilan puolelle. Purettu rakennusmateriaali kuljetetaan pois korjausalueelta joko kannellisissa kuljetusastioissa tai suljetuissa muovisäkeissä.

Mikrobikasvuston saastuttamat materiaalit on yleensä uusittava, etenkin jos sisätilojen pintamateriaaleissa on mikrobikasvustoa tai vauriosta johtuvien epäpuhauksien kulkeutuminen sisätiloihin on mahdollista. Materiaalien uusiminen ei kuitenkaan aina ole mahdollista, kuten kantavan rakenteen ollessa kyseessä. Tällöin mikrobikasvusto poistetaan esimerkiksi höyläämällä, hiomalla tai harjaamalla. Pestävät pinnat voidaan puhdistaa yleispuhdistusaineella ja tarvittaessa desinfioida esimerkiksi klooripitoisella desinfiointiaineella. Desinfioinnin jälkeen pinta huuhdotaan ja kuivataan huolellisesti. Desinfiointi ei kuitenkaan suojaa pintaa mikrobikasvustoa vastaan eikä toistuvaa pintojen käsittelyä suositella korroosio- ja ärsytysvaikutusten vuoksi. Rakenteiden puhdistuksen yhteydessä käytetään vettä mahdollisimman vähän, ettei rakenteisiin aiheuteta uutta kosteuskuormaa.

Kostuneet rakenteet kuivataan huolellisesti. Rakenteita ja puhdistettuja pintoja ei kannata jättää kuivumaan itsestään, koska kuivuminen vie tällöin niin pitkän ajan, että mikrobikasvusto voi muodostua uudelleen kosteaan materiaaliin. Kuivaaminen lopetetaan, kun kosteusmittaukset osoittavat sen kuivuneen materiaalille ominaiseen kosteustasoon.

6.7 Uuden rakentaminen

Pääperiaatteena on rakentaa korvaavat rakenteet samoin kuin uudisrakentamisessa yleensä, noudattamalla voimassaolevia rakennusmääräyksiä, työselitystä ja korjaussuunnitelmia sekä materiaalinvalmistajien antamia ohjeita. Ennen pintamateriaalien asentamista on tarvittaessa varmistettava mittaamalla, että alusta on kuiva.

6.8 *Loppusiivous*

Korjaustoimien jälkeinen perusteellinen siivous on edellytys hyvälle sisäilman laadulle. Kaikki työn aikana käytetyt työkalut ja tarvikkeet on kuljetettava pois korjausalueelta suljetuissa astioissa, ettei niissä mahdollisesti oleva homepöly pääse leviämään muihin tiloihin. Korjaushenkilöstö suorittaa karkeasiivouksen korjausalueella. Käytössä olleet ilmanvaihtokanavat tulee puhdistaa. Työn valmistuttua ja pölyn laskeuduttua on tarpeen tehdä perusteellinen siivous. Tämä voidaan tehdä muutamana päivänä kuluttua töiden valmistumisesta.



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

Myös ympäröivissä tiloissa on hyvä järjestää tehostettu siivous. Huolellisella siivouksella on suuri merkitys hajuhaittojen ja oireilun ehkäisemiseksi korjausten jälkeen. Siivouksen yhteydessä pyyhitään ja puhdistetaan kaikki pinnat ja kiinteäpinnaiset kalusteet. Tekstiilit pestään ja tekstiilipäälyllästytyt ja pehmustetut kalusteet puhdistetaan esimerkiksi imuroiden hyvällä suodattimella varustetulla imurilla. Korjausten aikana syntyneiden epäpuhtauksien poistamiseksi rakennuksen ilmanvaihtoa on hyvä tehostaa ennen kuin rakennus otetaan uudelleen käyttöön.



7 Korjausten onnistumisen arviointi

7.1 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).

7.2 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).

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

Lähdeviitteet

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

Asumisterveysopas. Sosiaali- ja terveysministeriön 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. Kosteus- ja homevaurioituneiden koulurakennusten vaikutus kouluilaisten vasta-aineisiin ja keuhkojen toimintaan: kolmen vuoden seurantatutkimus. Väitöskirja. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja A19/2002, Kuopio 2002.

Karvonen A. Kosteus- ja homevaurioituneiden koulurakennusten kustannukset, vaikuttavuus ja kustannus-vaikuttavuus. Pro gradu-tutkielma. Terveystalouden 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).

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

Kurnitski J, Vilkki R, Jokiranta K, Kettunen A, Hejazi-Hashemi S, Koulujen si-
säilmasto ja kosteusvauriot. Teknillinen korkeakoulu, LVI-laboratorio, Talonraken-
nustekniikan 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 Environ-
mental 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 dam-
age 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 selvitte-
lyyn. 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.

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

Rautiala S, Pasanen A-L, Nevalainen A, Husman T, Kalliokoski P. Rakennus-
työntekijöiden mikrobialtistuminen ja altistumisen vähentäminen rakennusten pur-
ku- ja korjaustöissä. Sosiaali- ja terveysministeriö. Työsuojeluosaston julkaisuja nro
4, Tampere 1997.

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 En-
vironmental 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. Kliinisi-
allergologinen tutkimus. Väitöskirja. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja A9/2001,
Kuopio 2001.

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

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