



Helsingin kaupungin

ympäristökeskuksen julkaisuja

7/97



# Koulun kosteus- ja homevauriot sekä homeille altistuneiden koululaisten sairastuvuus



Antti Pönkä, Seija Kalso, Mika Lahdenkari

Helsinki 1997



Antti Pönkä, Seija Kalso, Mika Lahdenkari

# Koulun kosteus- ja homevauriot sekä homeille altistuneiden koululaisten sairastuvuus



## SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

TIIVISTELMÄ .....	1
SAMMANDRAG .....	2
JOHDANTO.....	4
AINEISTO JA MENETELMÄT.....	6
TULOKSET.....	10
POHDINTA.....	23
KIRJALLISUUS.....	28
LIITE.....	30



## TIIVISTELMÄ

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksessa tutkittiin, aiheuttiko koulussa pitkäaikainen altistuminen homesienille oireita 7-9 vuotiailla oppilaille. Homesienille altistuneen 172 koululaisen sairauksia, oireita ja allergian esiintymistä verrattiin 136 koululaiseen, joilla vastaavaa altistusta ei ollut. Sairauksien ja oireiden esiintymistä tutkittiin kyselylomakkeella, joka kattoi syyslukukauden 1995. Tiedot saatiin hyvin kattavasti: 169 altistuneesta oppilaasta (98%) ja 133 altistumattomasta oppilaasta (97%).

Erään parakkikoulun seinärakenteesta tunnistettiin *Penicillium sp.*, *Rhizopus sp.*, *Trichoderma viride* ja *Chrysonilia sitophila* -homesienten aiheuttama kasvusto. Ennen korjaustöitä sisäilman homeitiöpitoisuudet vaihtelivat parakkikouluissa 4-1300 kpl/m<sup>3</sup> keskiarvon ollessa 150 kpl/m<sup>3</sup> ja mediaanin 57 kpl/m<sup>3</sup>. Ilmanäytteistä tunnistettiin seuraavat homesienet: *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium herbarum*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Penicillium citrum*, *Alternaria alternata*, *Trichoderma viride*, *Aureobasidium pullulans*, *Botrytis sp.*, *Fusarium sp.* ja *Rhizopus sp.* Homealtistumisen kesto oli oppilaan luokasta riippuen 1 tai 3 lukukautta.

Homesienille altistuneiden lasten sairastuvuutta verrattiin vertailuryhmän lasten sairastuvuuteen. Sairausindikaattoreina käytettiin sairauspoissaolojaksojen ja sairauspoissaolopäivien määriä ja erikseen ylähengitystieinfektio-, korvatulehdus-, keuhkoputkentulehdus-, ripuli- tai muiden sairausjaksojen määriä. Sairauspoissaoloja oli altistuneilla useammin (73%) kuin altistumattomilla (64%). Tämä koski ylähengitystieinfektioita, välikorvantulehduksia ja ripulitautia; sen sijaan keuhkoputkentulehduksen osalta tilanne oli päinvastainen. Sairauspoissaolojen ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä. Homesienille altistuneista ilmaantui koulussa oloaikana uusia allergioita 7:lle (4,1%) ja altistumattomista yhdelle (0,7%).

Altistuneilla koululaisilla oli enemmän sairausoireita kuin altistumattomilla. Altistuneista kysytyjä oireita oli valittanut 72% ja altistumattomista 56%. Suurimmat korjatut riskisuhteet olivat silmien ärsytyksen (3,6), väsymyksen (2,7), nuhan (2,4) ja päänsäryn (2,3) esiintyvyydessä. Riskisuhteet oli korjattu perheen lasten lukumäärän, kodin asukasta kohti käytettävissä olevan pinta-alan, passiivisen tupakoinnin, lapsen

iän, sukupuolen, allergiataipumuksen, yksinhuoltajuuden ja altistumisen keston suhteen.

Tutkimus osoitti, että homesienille altistuminen lisäsi sairausoireita merkittävästi. Samoin kouluaikana puhjenneiden allergioiden määrä oli altistuneilla suurempi, joskin tutkimusjakson lopussa allergioiden esiintyvyys koululaisryhmissä oli saman suuruinen.

Edellä esitettyjä sairaustietoja tulkittaessa on otettava huomioon, että ennen oirekyselyn suorittamista parakkikouluissa oli jo tehty korjaustoimenpiteitä. Lokakuussa 1995 kaikkien parakkien ilmanvaihto saatettiin asianmukaiseksi. Täten tulokset voivat osittain selittyä muilla sisäilmatekijöillä tai eroilla muissa kouluolosuhteissa. Tutkimuksessa ei myöskään huomioitu mahdollisia kosteus- ja homevaurioita oppilaiden kotona.

## SAMMANDRAG

Vid Helsingfors stads miljöcentral har man undersökt huruvida långvarig exponering för mögelsvamp i skolan framkallar symptom hos 7-9-åriga elever. Sjukdomar, symptom och förekomst av allergi hos 172 skolbarn som varit exponerade för mögelsvamp jämfördes med förhållandena bland 136 barn som inte exponerats för mögelsvamp. Förekomsten av sjukdomar och symptom undersöktes med hjälp av ett frågeformulär som avsåg höstterminen 1995. De erhållna uppgifterna var mycket väl täckande: de lämnades för 169 exponerade elever (98%) och 133 inte-exponerade (97%).

I väggkonstruktionen till en barackskola identifierades en vegetation som framkallats av mögelsvamparna *Penicillium sp.*, *Rhizopus sp.*, *Trichoderma viride* och *Chrysosporium sitophila*. Före reparationer varierade halten av mögelsporer i inneluften i barackskolorna från 4 till 1300 st/m<sup>3</sup> medan medelvärdet var 150 st/m<sup>3</sup> och medianen 57 st/m<sup>3</sup>. I luftprovet identifierades följande mögelsvampar: *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium herbarum*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Penicillium cit-*



*rum, Alternaria alternata, Trichoderma viride, Aureobasidium pullulans, Botrytis sp., Fusarium sp. och Rhizopus sp.* Mögelexponeringen hade varat 1 eller 3 terminer beroende på vilken klass eleven gick.

Morbiditeten bland barn som exponerades för mögelsvamp jämfördes med morbiditeten hos kontrollgruppen. Som sjukdomsindikatorer användes antalet sjukfrånvaroperioder och sjukfrånvarodagar och separat antalet perioder med infektionen i övre luftvägarna, öroninflammation, luftrörskatarr, diarré eller andra sjukdomar. Av de exponerade barnen hade 73% haft sjukfrånvaro och av de inte-exponerade 64%. Detta gällde infektionen i övre luftvägarna, inflammation in mellanört och diarré: i fråga om luftrörskatarr var förhållandet det motsatta. Vad sjukfrånvaro beträffar var skillnaden dock inte statistiskt signifikanta. Bland dem som exponerats för mögelsvamp förekom nya allergier under vistelse i skolan hos 7 (4,1%) och bland de inte-exponerade hos en elev (0,7%).

De exponerade skolbarnen hade mer sjukdomssymptom än de inte-exponerade. Av de exponerade hade 72% klagat över de symptom frågorna avsåg och av de inte-exponerade 56%. De största korrigerade riskrelationen fanns i förekomsten av ögonirritation (3,6), trötthet (2,7), snuva (2,4) och huvudvärk (2,3). Riskrelationerna hade korrigerats med avseende på antalet barn i familjen, arealen per person i hemmet, passiv rökning, barnets ålder, kön, allergibenägenhet, ensamförsörjarskap och den tid exponeringen varat.

Undersökningen visade att exponering för mögelsvamp avsevärt ökade sjukdomssymptomen. Likaså var antalet under skoltiden uppkomna allergier större bland de exponerade barnen, även om förekomsten av allergier vid undersökningsperiodens slut var lika stor i de två elevgrupperna.

Vid tolkningen av ovanstående sjukdomsfakta bör man beakta att reparationsåtgärder vidtagits i barackskolorna redan före den tidpunkt symptomenkäten avsåg. Åtgärderna kompletterades i fråga om ventilation fram till november 1995. Resultaten kan sålunda delvis förklaras med andra inelufts faktorer eller andra skillnader i skolförhållandena. In undersökningen beaktades också inte möjliga fukt- och mögeskador i elevernas hem.

## JOHDANTO

Kosteusvaurioisten rakennusten homekasvustoista aiheutuvat terveyshaitat ovat Suomessa nousemassa 1990-luvun kansanterveysongelmaksi.

Kosteusvauriorakennuksissa homeille altistuminen voi aiheuttaa asukkaille tai talossa työskenteleville useita erilaisia oireita ja sairauksia. Altistuminen yksin ei aiheuta terveyshaittoja vaan niiden syntyyn vaikuttavat monet tekijät kuten altistuksen voimakkuus, kesto ja monet yksilölliset tekijät.

Usein on todettu, että sisäilman mikrobipitoisuus valitusrakennuksessa ei poikkea vertailurakennuksen mikrobipitoisuudesta (1,2,3). Merkittävimpänä syynä on se, että homekasvusto on syvällä rakenteiden sisällä eikä homeitiöitä näin ollen ainakaan jatkuvasti vapaudu sisäilmaan mitattavaksi. Homeiden ja bakteerien tuottamien haihtuvien yhdisteiden (MVOC= Microbial Volatile Organic Compounds) onkin esitetty olevan yhtenä syynä sisäilman terveysongelmiin (4). Altistusta homesieni-itiöille kouluissa on kuvattu Yhdysvalloissa ja Ranskassa (5,6) sekä Suomessa (7,8).

Kosteusvauriorakennuksissa altistuneet kuvaavat muita enemmän ylä- ja alahengitystieoireita kuten nuhaa, nenän tukkoisuutta, äänen käheyttä, yskää, hengenahdistusta ja limakalvojen ärsytysoireita. Ärsytysoireet ovat yleisiä eivätkä siis ole siinä mielessä tyypillisesti kosteus- ja homevaurioiden aiheuttamia. Jos altistuneiden määrä on kuitenkin suuri, voidaan oireita ja niiden yleisyyttä tutkimalla liittää niiden yhteys rakennukseen. Mikäli ärsytysoireiden lisäksi esiintyy kuumeilua ja vilunväristystä, voivat oireet liittyä joko alkavaan homepölykeuhkoon tai ns. ODTS (Organic Dust Toxic Syndrome) -oireyhtymään.

Ärtyneet limakalvot ovat herkempiä toistuville infektioille ja ilmeisesti joillakin homeiden aineenvaihduntatuotteilla on limakalvojen toimintaa lamaannuttavia ominaisuuksia. Toistuvien infektioiden esiintymistä lisäävät myös muut ympäristötekijät kuten tupakointi sisätiloissa, huonepöly ja pölyallergia sekä lemmikkieläimet ja niiden aiheuttamat allergiat.

Homeallergiat ovat harvinaisia ja yleensä pitkäaikaisen kosteus- ja homevaurioiden

seurauksia (2). Tosin joissakin rakennusten homevauriotapauksissa on raportoitu runsaasti uusia allergisia astma- ja nuhatapauksia.

Allergisista alveoliiteista on Suomessa homepölykeuhko yleisin. Sitä todetaan eniten maanviljelijäväestössä. Kosteusvauriokohteissa homepölykeuhkoja on Suomessa todettu vähän, epäilyjä on tosin enemmän. Homepölykeuhkon muodostuminen edellyttää korkeampaa sairautta aiheuttavien homeitiöiden pitoisuutta hengitysilmassa kuin kosteusvauriorakennuksissa esiintyy.

Helsingin Paloheinässä peruskoulun ala-asteen ns. parakkikoulujen sisäilman home- maisesta hajusta oli valitettu useiden vuosien ajan. Erään koulun ikkunoiden korjaustöiden yhteydessä havaittiin vuonna 1994, että seinärakenteet olivat rakennusvirheetä paikoin homehtuneet. Kaikki parakkikoulut on rakennettu 1960-luvulla ja sama rakennusvirhe esiintyy yleisesti vastaavanlaisissa parakeissa.

Parakkikoulujen sisäilman home- ja sädesienipitoisuutta mitattiin säännöllisesti myös rakenteiden korjausten jälkeen. Lokakuussa 1995 kaikkien parakkien ilmanvaihtojärjestelmät korjattiin siten, että luokkiin asennettiin tilakohtaiset tuloilmakojeet ja poistoilmanvaihto saatettiin asianmukaiseksi.

Noin kilometrin etäisyydellä Paloheinän koulusta sijaitsee Pakilan ala-asteen koulu, jossa kosteus- ja homeongelmia ei ole todettu. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, aiheuttiko altistuminen homevaurioisessa rakennuksessa terveydellistä haittaa Paloheinän parakkikoulujen oppilaille. Vertailuryhmänä käytettiin Pakilan koulun oppilaita.

## AINEISTO JA MENETELMÄT

### **Rakennusten historia ja korjaustoimenpiteet**

Paloheinän ala-asteen koulun käytössä on viisi ns. parakkikoulua, joista neljä sijaitsee pääkoulun pihalla ja yksi Torpparinmäessä. Parakeista neljä koulun pihalla olevaa on rakennettu 1960-luvulla, mutta Torpparinmäessä oleva parakki 1970-luvun alkupuolella. Paloheinän ala-asteen käyttöön parakit ovat tulleet vuosina 1987-1991.

Erään Paloheinän parakin ikkunoiden korjaustöiden yhteydessä syyskuussa 1994 paljastui, että seinärakenteet olivat rakennusvirheen takia kostuneet ja paikoittain homehtuneet. Homevauriot johtuivat siitä, että tuuletus seinärakenteessa ei toiminut asianmukaisesti vaan kosteus pääsi tiivistymään seinärakenteisiin mahdollistaen homeen kasvun rakenteissa.

Helsingin kaupungin opetusvirasto ryhtyi välittömästi homevaurioiden tultua ilmi avaamaan ja korjaamaan rakenteita. Korjaukset tehtiin yksi luokka kerrallaan, koska enempää korvaavia tiloja ei ollut järjestettävissä. Korjauksissa uusittiin seinärakenteita ja huonokuntoisia ikkunoita, lisättiin tarvittaessa lämmöneristystä, parannettiin ala- ja yläpohjan tuuletusta sekä pidennettiin räystäitä sadevesien rakenteisiin pääsyn estämiseksi. Parakkien korjaustyöt alkoivat syyskuussa 1994 ja kaikki parakit oli tarkastettu ja havaitut vauriot korjattu helmikuun 1995 loppuun mennessä.

Lokakuussa 1995 kaikkien Paloheinän parakkien ilmanvaihtojärjestelmät korjattiin siten, että luokkiin asennettiin tilakohtaiset tuloilmakeijot ja poistoilmanvaihto saatettiin asianmukaiseksi.

### **Rakennusmateriaalin ja sisäilman mikrobiologiset tutkimukset**

Homevaurioiden varmistamiseksi otettiin 19.10.1994 parakki 4:n seinämateriaalista näyte, joka tutkittiin Helsingin ympäristökeskuksen ympäristölaboratoriossa sekä valomikroskooppisesti (400-kertainen suurennus) että viljelemällä näyte mallasagarille (Special Yeast and Mold Medium, Difco), inkubointilämpötila  $22\pm 1^{\circ}\text{C}$  ja -aika 7

vuorokautta. Esille saadun homekasvuston tunnistaminen perustui viljelyihin eri kasvualustoilla ja kasvustojen mikroskooppiseen tutkimukseen.

Parakkiluokkien sisäilman homesieni- ja bakteeripitoisuuksia mitattiin 19.10.1994 lähtien aina korjaustöiden jälkeiseen aikaan toukokuuhun 1996. Taulukossa 1 on esitetty Paloheinän koululuokkien ilmanäytteenottoajankohdat ja näytemäärät. Lisäksi otettiin vastaavina ajankohtina ulkoilman homeitiömäärittystä varten 17 näytettä ja mesofiilisten sädesienten määrittämiseksi 10 näytettä. Pakilan vertailukoulusta otettiin toukokuussa 1996 sisäilmanäytteitä kuudesta luokkahuoneesta yhteensä 14 näytettä. Ulkoilmanäytteitä otettiin 7 kpl.

Taulukko 1. Paloheinän parakkikoulujen sisäilman homeitiö- ja sädesieninäytteet vuosina 1994-1996.

Tabell 1. Prov av luftburna mögelsvampsporor och aktinomyketer i Svedängens barackskolor under åren 1994-1996.

Parakkikoulu nro	1	2	3	4	5
Näytteenottopvm	Sisäilmanäytteiden määrä/analyysi				
19.-24.10.1994	2	2		1	2
11.11.1994				2	
10.1.1995		2			
27.1.1995	2				
9.2.1995	1				
29.3.1995	2	2		2	2
31.3.1995				2	2
11.5.1995	2	2	2	2	2
20.10.1995	2	2			
7.5.-21.5.1996		4	2	4	4
Yhteensä	11	14	4	13	12

Sisäilman mikrobimittaukset suoritettiin pääsääntöisesti aamupäivän viimeisten tuntien aikana. Paloheinän parakkiluokissa, joissa on koneellinen ilmanvaihto, ei suoritettu luokkahuoneiden tuuletusta välitunneilla. Sen sijaan Pakilan luokissa, joissa on painovoimainen ilmanvaihto, luokkahuoneet tuuletettiin ikkunoiden kautta välitunneilla.

Ilmanäytteet mikrobimääritystä varten otettiin kuusivaiheisella Andersen-keräimellä käyttäen homesienimäärityksissä elatusaineena mallasagaria (Special Yeast and Mold Medium, Difco) ja bakteerimäärityksissä sykloheksimidiä (500 mg/l) sisältävää tryptoni-hiivauute-glukoosi-agaria (9). Näytteenottoaika oli sisäilmanäytteille aina 8 minuuttia ja ulkoilmanäytteille vuodenajasta ja arvioidusta ulkoilman homeitiöpitoisuudesta riippuen 2-8 minuuttia.

Mikrobien kasvualustat viljeltiin  $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ :ssa 7 vuorokauden ajan, jonka jälkeen laskettiin home- ja bakteeripesäkkeiden määrä tutkitussa ilmatilavuudessa. Bakteereiden kasvualustojen viljelyä jatkettiin aina 14 vuorokauteen asti mesofiilisten sädesienten esille saamiseksi. Pesäkelukujen perusteella laskettiin sisä- ja ulkoilmanäytteiden homeitiö- ja bakteeripitoisuus  $\text{kpl}/\text{m}^3$  (10). Erikseen laskettiin mesofiilisten sädesienten pitoisuus  $\text{kpl}/\text{m}^3$ .

Homesienten tunnistamista varten kasvualustoilta puhdasviljeltiin homesienipesäkkeet erilaisille homesienten kasvualustoille (mm. Czapek-Dox ja Oat Meal -agar) ja homesienten tunnistaminen suoritettiin kasvustojen morfologisten ja mikroskooppisten ominaisuuksien perusteella.

Paloheinän parakkiluokkien ja vertailukohteena käytettyjen Pakilan koulun luokkien sisäilman home- ja bakteeripitoisuuksia sekä sisä- ja ulkoilman homeitiöpitoisuuksien suhteita verrattiin toisiinsa käyttäen t-testiä. Ennen Paloheinän koulun korjauksien käynnistymistä sisäilmamittaukset liittyivät rakennuksen mikrobiologian selvittämiseen eikä vertailuaineistoa Pakilan koulun osalta ole näinollen käytettävissä.



## Muut sisäilmamittaukset

Paloheinän parakkikoulu 5:stä sekä Pakilan vertailukoulun yhdestä luokasta otettiin toukokuussa 1996 ilmanäytteet (n. 1050 litraa) sisäilman endotoksiinipitoisuuden määrittämiseksi (mittaa elävien ja inaktivoituneiden Gram-negatiivisten bakteerien tuottamaa toksista lipopolysakkaridia). Näytteet kerättiin polykarbonaattikalvolle (Nuclepore), huokoskoko 0,2 µm. Suodatinkotelona käytettiin Millipore 37 mm aerosolimonitoria. Endotoksiini mitattiin näytteistä Limulus-aktiivisuutena ja testi kalibroitiin *Escherichia coli* B 5 endotoksiinilla (Biowhittaker, USA).

Tammi-maaliskuussa 1995 mitattiin Paloheinän parakkikoulujen sisäilman hiilidioksidipitoisuutta ja uudelleen ilmanvaihtoa koskevien korjaustoimenpiteiden jälkeen toukokuussa 1996 sekä Paloheinän parakkiluokissa että vertailukohteena olleen Pakilan koulun luokissa. Pääsääntöisesti hiilidioksidin mittaus pyrittiin ajoittamaan aamupäivän tuntien ajaksi. Luokahuoneiden tuulettumisen suhteen noudatettiin samaa käytäntöä kuin sisäilman mikrobipitoisuuksien mittausten yhteydessä.

## Kyselytutkimus

Syyslukukaudella 1995 Paloheinän koulussa olleille oppilaille jaettiin kyselylomakkeet huoltajien täytettäväksi, samoin vertailukohteena käytetyn Pakilan koulun oppilaille. Lomakkeessa tiedusteltiin kodin ominaisuuksista pinta-alaa, asukkaiden lukumäärää, aikuisten lukumäärää, lasten lukumäärää, kotieläinten pitoa sekä passiivista tupakointia. Erikseen tiedusteltiin, tupakoiko jompi kumpi vanhemmista kotona ja poltettujen savukkeiden määrää ryhmiteltynä luokkiin alle 10, 10-20 vai yli 20 savuketta päivässä. Tupakointia koskeva kysely toteutettiin helmikuussa 1996. Lasten osalta otettiin huomioon sukupuoli, ikä, mahdolliset ennen kouluikää alkaneet allergiat ja pitkäaikaissairaudet.

Tutkimuksessa selvitettiin kouluaikana alkaneiden allergiaoireiden määrää (astma, ihottuma, nuha, silmien ärsytys, muut) sekä syyslukukaudella 1995 sairauksista aiheutuneiden poissaolojaksojen määrää ja näistä johtuvien sairaspöissaolopäivien määrää. Syyt pyydettiin ryhmittelemään seuraaviin diagnooseihin: ylähengitystietu-

lehdus, korvatulehdus, keuhkoputkentulehdus, ripuli, muut. Edelleen tiedusteltiin, oliko lapsi valittanut syyslukukauden aikana sairauden oireita, joista erikseen tiedusteltiin päänsärkyä, väsymystä, silmien ärsytystä, ihottumaa, nielun ärsytystä, nuhaa, yskää ja käheyttä.

Sairauksien, oireiden ja poissalojen määriä altistuneilla ja altistumattomilla verrattiin t-testillä ja  $\chi^2$ -testillä. Ristitulossuhteet (odd ratio) analysoitiin logistisella regressioanalyysillä. Oireiden esiintymiselle laskettiin korjaamattomat riskisuhteet altistumattomiin verrattuna. Korjatut riskisuhteet laskettiin ottaen huomioon kodin ominaisuudet, pinta-ala asukasta kohti, henkilömäärä, lasten määrä, passiivinen tupakointi, kotieläimet, sukupuoli, ikä, mahdolliset allergiat ja pitkäaikaissairaudet sekä homealtistuksen kesto (1 tai 3 lukukautta).

## TULOKSET

### **Rakennusmateriaalitutkimus**

Parakki 4:n seinästä otetun rakennusmateriaalinäytteen mikroskooppinen tutkimus varmisti siinä todettujen tummentumien aiheutuneen homesienikasvustosta. Näytteen homesieniviljelyssä saatiin esille seuraavat homesienet: *Penicillium sp.*, *Rhizopus sp.*, *Trichoderma viride* ja *Chrysonilia sitophila*. Kaikista pääkoulun pihalla Paloheinässä olevista parakeista löydettiin rakenteiden tarkastuksen yhteydessä homevaurioita, mutta Torpparinmäessä olevassa uudemmassa parakissa homevaurioita ei todettu.

### **Ilmanäytteiden tutkimus**

#### Homeet

Parakki 4:n sisäilman elävien homesieni-itiöiden pitoisuus oli ennen korjaustöitä (19.10.1994) 150 kpl/m<sup>3</sup>. Näytteestä tunnistettiin seuraavat homesienet: *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium sp.* ja *Fusarium sp.*

Muiden tutkittujen Paloheinän parakkiluokkien sisäilman homeitiöpitoisuudet ennen



korjauksia olivat välillä 4-1300 kpl/m<sup>3</sup> keskiarvon ollessa 150 kpl/m<sup>3</sup> ja mediaanin 57 kpl/m<sup>3</sup> (Taulukko 2). Ilmanäytteistä tunnistettiin *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium herbarum*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Penicillium citrum*, *Alternaria alternata*, *Trichoderma viride*, *Aureobasidium pullulans*, *Botrytis sp.*, *Fusarium sp.* ja *Rhizopus sp.*

Heti korjaustöiden jälkeen mitattiin vastaavista luokista homeitiöpitoisuudet välillä 35-75 kpl/m<sup>3</sup>. Homesienilöydökset kuuluivat seuraaviin homesienisukuihin: *Cladosporium*, *Penicillium*, *Chrysosporium* ja *Aspergillus*. Todetut aspergillukset eivät olleet ns. kosteusvaurioindikaattoreita.

Korjaustoimenpiteiden jälkeen toukokuussa 1996 oli Paloheinän koulun luokkien homeitiöpitoisuus välillä 140-500 kpl/m<sup>3</sup> keskiarvon ollessa 260 kpl/m<sup>3</sup> ja mediaanin 250 kpl/m<sup>3</sup> (Taulukko 3).

Taulukko 2. Paloheinän parakkikoulut. Sisä- ja ulkoilman mikrobipitoisuuksien keskiarvot, mediaanit ja vaihteluvälit. Mittaukset suoritettu 19.10.1994-23.11.1995 ennen seinärakenteiden korjaamista.

Tabell 2. Svedängens barackskolor. Medelvärde, medianvärdet och spridningen av mikroorganismhalten i inomhus- och utomhusluft. Mätningarna utfördes 19.10.1994-23.11.1995 före repareringen av väggkonstruktionerna.

	Sisäilma		Ulkoilma
	Bakteerit	Homeitiöt	Homeitiöt
	kpl/m <sup>3</sup>	kpl/m <sup>3</sup>	kpl/m <sup>3</sup>
Keskiarvo	930	150	300
Mediaani	230	57	53
Vaihteluväli	13-6300	4-1300	38-1700

Taulukko 3. Paloheinän parakkikoulut. Sisä- ja ulkoilman mikrobipitoisuuksien keskiarvot, mediaanit ja vaihteluvälit. Mittaukset suoritettu toukokuussa 1996 parakkikoulujen korjaustöiden jälkeen.

Tabell 3. Svedängens barackskolor. Medelvärde, medianvärdet och spridningen av mikroorganismhalten i inomhus- och utomhusluft. Mätningarna utfördes i maj 1996 efter repareringen av barackskolor.

	Sisäilma		Ulkoilma
	Bakteerit kpl/m <sup>3</sup>	Homeitiöt kpl/m <sup>3</sup>	Homeitiöt kpl/m <sup>3</sup>
Keskiarvo	3000	260	1000
Mediaani	2300	250	1000
Vaihteluväli	180-8400	140-500	460-1600

Taulukko 4. Pakilan vertailukoulu. Sisä- ja ulkoilman mikrobipitoisuuksien keskiarvot, mediaanit ja vaihteluvälit. Mittaukset suoritettu toukokuussa 1996.

Tabell 4. Baggböle kontrollskola. Medelvärde, medianvärdet och spridningen av mikroorganismhalten i inomhus- och utomhusluft. Mätningarna utfördes i maj 1996.

	Sisäilma		Ulkoilma
	Bakteerit kpl/m <sup>3</sup>	Homeitiöt kpl/m <sup>3</sup>	Homeitiöt kpl/m <sup>3</sup>
Keskiarvo	3400	450	1200
Mediaani	2500	440	850
Vaihteluväli	870-12800	240-740	580-2200

Vastaavasti Pakilan koulun luokkien homeitiöpitoisuus oli välillä 240-740 kpl/m<sup>3</sup>,

keskiarvon ollessa 450 kpl/m<sup>3</sup> ja mediaanin 440 kpl/m<sup>3</sup> (Taulukko 4). Paloheinän ja Pakilan koululuokkien sisäilmanäytteistä tunnistetut homesienilöydökset kuuluivat eri homesienisukuihin taulukkojen 5 ja 6 mukaisesti.

Taulukko 5. Paloheinän koulun sisäilmanäytteiden homesienisuvustojen osuus homesienten kokonaispesäkemäärästä (%) seinärakenteiden korjaamisen jälkeen.

Tabell 5. Mögelarternas prevalens i totalhalten av mögelsvampkolonier (%) i prov från inomhusluft i Svedängens barackskolor efter repareringen av väggkonstruktionerna.

Tunnistettu homesienikasvusto	Esiintyvyys %:na kokonaispesäkemäärästä (vaihteluväli)
<i>Cladosporium spp.</i>	38-68
<i>Penicillium spp.</i>	7-17
<i>Aureobasidium spp.</i>	1-4
<i>Aspergillus sp.</i>	1-3
<i>Acremonium sp.</i>	1-4
<i>Moniliella sp.</i>	0-2
<i>Chrysosporium sp.</i>	0-2
<i>Botrytis sp.</i>	0-2

*Aspergillus* -lajit eivät olleet ns. kosteusvaurioindikaattoreita. Samanaikaisesti otetuissa ulkoilmanäytteissä esiintyi *Aureobasidium*- ja *Moniliella*-lajeja lukuunottamatta samoja homesienisukuja.

Taulukko 6. Pakilan vertailukoulun sisäilmanäytteiden homesienisuvustojen osuus homesienten kokonaispesäkemäärästä (%) eri näytteenotoissa.

Tabell 6. Mögелarernas prevalens i totalhalten av mögesvampkolonier (%) i prov av inomhusluft i Baggböle skol (kontroll).

Tunnistettu homesienikasvusto	Esiintyvyys %:na kokonaispesäkemäärästä (vaihteluväli)
<i>Cladosporium spp.</i>	20-70
<i>Penicillium spp.</i>	7-31
<i>Aspergillus sp.</i>	1-13
<i>Acremonium sp.</i>	0-1
<i>Chrysosporium sp.</i>	1-2
<i>Botrytis sp.</i>	1-4
<i>Aureobasidium sp.</i>	1-2
<i>Scopulariopsis sp.</i>	0-1
<i>Phoma sp.</i>	0-1

*Aspergillus* -lajit eivät olleet ns. kosteusvaurioindikaattoreita. Samanaikaisesti otetuissa ulkoilmanäytteissä esiintyi *Acremonium*- ja *Scopulariopsis* -lajeja lu-  
kuunottamatta samoja homesienisukuja.

Kun huomioitiin ulkoilman homeitiöpitoisuuden vaikutus ja verrattiin Paloheinän koululuokkien sisäilman ja ulkoilman homeitiöpitoisuuksien suhdetta ennen ja jäl-  
keen korjaustoimenpiteitä, todettiin, että ennen korjaustoimenpiteitä koulun si-  
säilmassa esiintyi ulkoilmaan verrattuna keskimäärin 1,4 -kertainen määrä homesi-  
eni-itiöitä, kun taas korjaustoimenpiteiden jälkeen sisäilman homeitiöpitoisuus oli  
noin kolmasosa ulkoilman homeitiöpitoisuudesta.

Verrattaessa suoraan Paloheinän ja Pakilan vertailukoulujen sisäilman homeitiöpitoi-  
suuksia, todettiin niissä merkittävä ero ( $P < 0,01$ ). Samoin verrattaessa kunkin  
mittaushetken sisäilman ja ulkoilman homeitiöpitoisuuksien suhteita Paloheinän ja  
Pakilan koulujen välillä, oli niiden välillä ero ( $P = 0,04$ ) niin, että ulkoilman homei-  
tiöpitoisuuteen suhteutettuna oli Pakilan koulujen sisäilman homeitiöpitoisuus keski-

määrin 1,3 -kertainen Paloheinään verrattuna. Yksittäisten sisäilmanäytteiden ja samanaikaisesti otettujen ulkoilmanäytteiden homeitiöpitoisuuksien korrelaatio on esitetty Paloheinän koulun osalta kuvassa 1 ja Pakilan vertailukoulun osalta kuvassa 2 (Liite 1).

#### Bakteerit

Paloheinän parakkikoululuokkien sisäilman bakteeripitoisuus vaihteli vuosina 1994-1995 13-6300 kpl/m<sup>3</sup> ja mm. ilmanvaihtoon liittyvien korjaustoimenpiteiden jälkeen vuonna 1996 180-8400 kpl/m<sup>3</sup> (Taulukot 2-3). Ero oli tilastollisesti merkittävä (P<0,01). Vastaavasti Pakilan vertailukoulun ilman bakteeripitoisuus oli välillä 870-12800 kpl/m<sup>3</sup> (Taulukko 4). Pakilan ja samaan aikaan tutkittujen Paloheinän koulujen sisäilman bakteeripitoisuuksissa ei ollut merkittävää eroa (P=0,35).

Paloheinän ja Pakilan koulujen sisäilmanäytteissä esiintyi mesofiilisiä taulukon 7 mukaisesti.

Taulukko 7. Paloheinän ja Pakilan (vertailu) koulujen sisäilman mesofiilisten sädesienten pitoisuuksien (kpl/m<sup>3</sup>) vaihteluvälit.

Tabell 7. Spridningen av av mesofila aktinomyketer (st/m<sup>3</sup>) i inomhusluften av Svedängens och Baggböle (kontroll) skolor.

Näytteenottokohte	Mesofiiliset sädesienet kpl/m <sup>3</sup> (vaihteluväli)		
	Parakkikoulu	Paloheinän koululuokat ennen korj. korj.jälkeen	Pakilan koululuokat
Parakki 1	0-27	ei tutkittu	ei tutkittu
Parakki 2	4-9	0-1	13-40
Parakki 3	0	0-13	13-31
Parakki 4	9-22	13-35	4-26
Parakki 5	0-13	4-13	22-27

Mittausajankohtana toukokuussa esiintyi myös joissakin ulkoilmanäytteissä mesofilisiä sädesieniä 18-35 kpl/m<sup>3</sup> toteamisrajan ollessa pienen tutkitun ilmatilavuuden (56,6 l) vuoksi 18 kpl/m<sup>3</sup>.

#### Endotoksiinitutkimukset

Tutkituissa ilmanäytteissä ei todettu endotoksiineja (toteamisraja 0,01 ng/m)

#### Hiilidioksidimittaukset

Ennen Paloheinän parakkikoulujen ilmanvaihdon tehostamista mitattiin joissakin luokkahuoneissa (Taulukko 8) jopa yli 1800 ppm hiilidioksidipitoisuuksia ja tunnin alussakin jo yli 1000 ppm. Korjaustoimenpiteiden jälkeen toukokuussa 1996 tehtyjen luokkien sisäilman hiilidioksidipitoisuudet aamupäivän ensimmäisten tuntien jälkeen olivat Paloheinän luokissa keskimäärin 1000 ppm ja Pakilan vertailuluokissa keskimäärin 1430 ppm.

### Kyselytutkimuksen tulokset

Paloheinän koulussa oli oppilaita 172, joista 169 (98,3 %) palautti lomakkeen täytettynä. Vastaavasti Pakilan vertailukoulussa oli oppilaita 136, joista tiedot saatiin 133:sta oppilaasta (97,1 %).

Paloheinän koulun oppilaista poikia oli 55% (94) ja tyttöjä 45% (78). Pakilan koulun oppilaista poikia oli 45% (61) ja tyttöjä 55% (75). Oppilaiden keskimääräinen ikä oli Paloheinän koulussa 97 kk (keskihajonta 6,6) ja Pakilan koulussa 96 kk (keskihajonta 7,6).

Taulukossa 9 on esitetty Paloheinän ja Pakilan koulujen oppilaiden kotien ominaisuudet ja taulukossa 10 vanhempien tupakointia koskevat tiedot. Pakilan koulun oppilaiden kodit olivat keskimäärin pinta-alaltaan suuremmat kuin Paloheinän oppilaiden kodit, vaikka henkilömäärä samoin kuin lasten lukumäärä perheessä oli keskimäärin sama. Täten Pakilan koulun oppilaiden kotona käytössä oleva pinta-ala asukasta kohti oli jonkin verran suurempi (28,9 vs 28,0 m<sup>2</sup>). Paloheinän koulun oppilaiden vanhemmista oli 6,4 % yksinhuoltajia ja Pakilan koululaisten vanhemmista 8,8 %. Kotieläimiä oli molempien koulujen oppilailla kotonaan yhtä usein, 29%:lla.

Taulukko 8. Paloheinän parakkikoulu 3:n luokan 3 C ilman hiilidioksidipitoisuuden mittaustulokset 3.3.1995 (luokassa 29 henkilöä).

Tabell 8. Mättningsresultaten av koldioxidhalten i luften av klassen 3 C i Svedängens barackskola (i klassen 29 personer).

Näytteenottoaika	Hiilidioksidipitoisuus ppm
8.30	1007
8.45	1253
8.50	1315
9.00	1575
9.10	1650
9.15	1632
9.20	1720
9.30	1738
9.40	1750
9.50	1818
10.00	1854
10.30	1595
11.00	1707

Taulukko 9. Tutkittujen oppilaiden kotien keskimääräiset ominaisuudet

Tabell 9. De undersökta elevernas hemförhållanden i medeltal.

	Paloheinä (N= 169)	Pakila (N=133)	P
Henkilömäärä	4,3	4,5	0,19
Lasten määrä	2,4	2,5	0,18
Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	117,9	128,3	0,05
Pinta-ala/henkilö (m <sup>2</sup> )	28,0	28,9	0,44

P&lt;0.05; (t-testi) ero tilastollisesti jokseenkin merkitsevä

Taulukko 10. Paloheinän ja Pakilan koululaisten kotona sisällä tupakoivien vanhempien määrä ( %) ja savukkeiden kulutus/vrk.

Tabell. 10. Antalet föräldrar, som röker inomhus (%) och deras cigarettförbrukning/dygn, till elever i skolorna i Svedängen och Baggböle.

	Paloheinä	Pakila	P
- isä tupakoi	4 (2,3 %)	4 (2,9 %)	0,79
0-10 savuketta/vrk	2	1	
10-20 savuketta/vrk	1	1	
yli 20 savuketta/vrk	1	2	
- äiti tupakoi	3 (1,7 %)	1 (0,7 %)	0,79
0-10 savuketta/vrk	1	1	
10-20 savuketta/vrk	1	0	
yli 20 savuketta/vrk	1	0	

P<0.05; (chi<sup>2</sup> -testi) ero tilastollisesti jokseenkin merkitsevä

Allergian esiintyvyys oppilailla on esitetty taulukoissa 11 ja 12. Ruoka-allergioita ei ole huomioitu. Paloheinän oppilaista 34:llä (20%) oli huoltajan ilmoituksen mukaan



allergia vuoden 1995 lopussa, joista 7:n ilmoitettiin alkaneen koulussa (1:llä astma, 4:llä nuha, 2:lla ihottuma). Pakilan koulun oppilaista allergia oli ilmoituksen mukaan 28:llä (21%), joista se oli kouluaikana alkanut yhdellä (P=0,069).

Taulukko 11. Ilmoitettu allergia Paloheinän ja Pakilan (vertailu) koulujen oppilailta. Tilanne vuoden 1995 lopussa.

Tabell 11. Allergi anmäld hos elever i skolorna i Svedängen och Baggböle (kontroll). Förhållandet i slutet av år 1995.

Allergia	Paloheinä (N=169)		Pakila (N=133)		P
		%		%	
Astma	4	2,4	9	6,8	0,06
Nuha	18	10,5	11	8,3	0,49
Ihottuma	12	7,1	8	6,0	0,71
Yhteensä	34	20,1	28	21,1	

P<0.05; (chi<sup>2</sup> -testi)ero tilastollisesti jokseenkin merkitsevä

Taulukko 12. Ilmoitettu allergia kouluaikana alkaneena Paloheinän ja Pakilan (vertailu) koulujen oppilailta.

Tabell 12. Under skoltiden utbruten allergi hos elever i skolorna i Svedängen och Baggböle (kontroll).

Allergia	Paloheinä		Pakila	
	N=169	%	N=133	%
Astma	1	0,6	0	0
Nuha	4	2,4	1	0,8
Ihottuma	2	1,2	0	0

Sairauspoissaolojaksojen keskimääräinen lukumäärä lasta kohti laskettuna oli Paloheinän koulussa 2,03 ja Pakilan vertailukoulussa 1,98 (Taulukko 13.). Samoin sairauspäivien keskimääräinen lukumäärä sairausjaksoa kohti oli 2,27 vs 2,35.

Täysin terveiden osuus oli Pakilan vertailukoulun oppilaissa suurempi: 35,8 %:lla (48) ei ollut lainkaan sairauspoissaolojaksoja. Vastaava luku Paloheinän koulussa oli 27,1 % (46). Vastaavasti poissaolleiden lasten osuus oli pienempi Pakilan koulussa (64,2 %) kuin Paloheinän koulussa (72,9 %).

Taulukossa 13 on esitetty myös seuranta-aikana ilmenevät sairaudet. Eri sairauksia oli Paloheinän koulun oppilailta hieman useammin kuin Pakilan koulun oppilailta, lukuunottamatta keuhkoputkentulehdusta, joka oli yleisempi Pakilan koulun oppilailta. Erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukossa 14 on esitetty altistuneiden ja altistumattomien sairausoireet syyslukukaudella 1995 Paloheinän homevauriokouluissa ja Pakilan vertailukoulussa. Altistuneista oppilasta oli enemmän oireisia kuin altistumattomista (72,1% vs 55,9%). Suurimmat absoluuttiset ja suhteelliset erot olivat silmien ärsytyksen, väsymyksen, nuhan ja päänsäryn esiintymisessä. Altistuneilla korjattu riski silmien ärsytysoireisiin oli 3,62-kertainen, väsymykseen 2,73-kertainen, nuhaan 2,41-kertainen ja päänsärkyyn 2,30-kertainen altistumattomiin verrattuna.

Taulukko 13. Sairauksien esiintyvyys Paloheinän ja Pakilan (vertailu) koulujen oppilailta.

Tabell 13. Förekomsten av sjukdomar hos eleverna i skolorna i Svedängen och Baggböle (kontroll).

	Paloheinä		Pakila		P
	N=169	%	N=133	%	
Sairaat	124	72,9	86	64,2	0,13
Terveet	46	27,1	48	35,8	
Sairauspoissaolokasot					
- poissaolleet	124	72,9	86	64,2	0,13
- sairauspoissaolokasot	252		168		
- sairauspoissaolokasot/ poissaolleet	2,03		1,98		0,73
Sairauspoissaolopäivät					
- poissaolopäivät	589		409		
- poissaolopäivät/ poissaolleet	4,74		4,76		0,99
- poissaolopäivät/ poissaolokasot	2,27		2,35		0,68
Ylähengitystieinfektiot					
- sairastuneet	82	48,5	61	45,5	0,69
Välikorvan tulehdus					
- sairastuneet	16	9,5	11	8,2	0,86
Keuhkoputkentulehdus					
- sairastuneet	13	7,7	15	11,2	0,40
Ripuli					
- sairastuneet	54	32,0	34	25,4	0,26
Muu sairaus					
- sairastuneet	17	10,1	7	5,2	0,18

P<0,05; (t-testi, chi<sup>2</sup>-testi)ero tilastollisesti joksseenkin merkitsevä

Taulukko 14. Sairasoireiden esiintyvyys Paloheinän ja Pakilan (vertailu) koulun oppilailta.

Tabell 14. Förekomsten av symptom på sjukdomar hos eleverna i skolorna i Svedängen och Baggböle (kontroll).

Sairasoire	Paloheinä		Pakila		Korjattu riskisuhde (P)
	N	%	N	%	
Oireisia	124	72,1	76	55,9	2,04 (0,00)
Päänsärky	66	38,4	29	21,3	2,30 (0,00)
Väsymys	53	30,8	19	14,0	2,73 (0,00)
Silmien ärsytys	28	16,3	7	5,1	3,62 (0,00)
Iho-oireet	22	12,8	20	14,7	0,85 (0,75)
Kurkkukipu	39	22,7	23	16,9	1,44 (0,27)
Nuha	68	39,5	29	21,3	2,41 (0,00)
Yskä	74	43,0	55	40,4	1,11 (0,73)
Käheys	37	21,5	14	10,3	2,39 (0,01)

P<0,01; ero tilastollisesti merkitsevä

## POHDINTA

Viimeisten 15 vuoden ajan on esitetty useita tutkimuksia, joissa sisärakenteiden kosteuden ja homesienikasvun yhteys sekä aikuisten että lasten oireisiin ja sairauksiin on ollut esillä. Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että kotien kosteus- ja homesienivauriot lisäävät lasten hengitystieoireita ja silmien ärsytystä (11-14). Hollantilaisen tutkimuksen (14) mukaan hengitystieoireita esiintyi 2-3 kertaa enemmän kosteissa asunnoissa kuin normaaliasunnoissa. Kanadalaisen tutkimuksen (2) mukaan havaittiin lasten hengitystieoireiden olevan 1,3-1,9 kertaa yleisimpiä kodeissa, joissa on todettu homesienikasvua tai kosteutta. Vastaavassa yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa (15) lapsilla havaittiin olevan 1,2-2,2-kertainen hengitystieoireiden riski kosteissa tai homeisissa asunnoissa kun ikä, sukupuoli, asuinalue, äidin tupakointi ja vanhempien koulutustaso oli otettu huomioon.

Ruotsissa Andrae tutkijaryhmineen (16) tutki 4490 lasta ikäluokissa 6 kuukautta-16 vuotta käyttämällä vanhemmille osoitettua kyselylomaketta koskien ympäristötekijöitä, sosioekonomisia tietoja, hengitystieinfektioita ja allergioita. Kosteusvaurioisissa asunnoissa asumisen osoitettiin olevan yhteydessä merkittävästi lisääntyneeseen ja pitkittyneeseen yskään hengitystieinfektioiden jälkeen. Vaikutukset olivat merkittävimmät lapsilla, joiden perheessä esiintyi astmaa (20,4 vs 5,9 % asunnoissa, joissa ei kosteusvauriota). Altistuminen home- ja sädesienille voi aiheuttaa myös allergisen alveoliitin (17).

Homeiden aiheuttamat terveyshaitat aiheutuvat vain osittain hengitysilman homeitiömääristä. Monet homeet tuottavat myrkyllisiä yhdisteitä eli mykotoksiineja. Näistä ehkä eniten tutkituin on *Stachybotrys atra*. Ilman itiöissä toksiinit joutuvat hengitysilmaan, jossa niiden pitoisuus on kuitenkin huomattavasti alhaisempi kuin kasvupaikalla homehtuneessa materiaalissa. Homeiden aineenvaihduntatuotteet (MVOC) aiheuttavat sisäilmaan homeenhajua ja mahdollisesti myös limakalvojen ärsytysoireita.

Useimmat homesienialtistuksen ja sairauksien välisiä yhteyksiä käsittelevät tutkimukset ovat olleet varsin puutteellisia, nimenomaan vertailuryhmien valinnoissa sekä oirekyselyissä. Koska homesienille altistuminen on ainostaan yksi monista tekijöistä,

jotka aiheuttavat kyseisiä oireita ja sairaustiloja, muiden aiheuttajien ja myötävaikuttavien tekijöiden osuus tulisi ottaa tarkoin huomioon ja sitten tutkia regressioanalyysillä mahdollisia vaikutuksia. Yleensä aiemmissa tutkimuksissa näin ei ole menetelty, useissa sekoittavia tekijöitä ei ole lainkaan käsitelty. Monet tutkimukset käsittelevät lisäksi homesienialtistusta tai kosteusaltistusta asuinhuoneistoissa, joissa sekoittavien tekijöiden merkitys korostuu aineiston kirjavoituessa useissa suhteissa. Lisäksi monissa tutkimuksissa vertailuaineisto on ollut puutteellinen kokonaan tai erilaisuutensa vuoksi. Nyt tehdyssä tutkimuksessa on saatu varsin identtinen vertailuaineisto toisen koulun oppilaista sekä sekoittavat ja myötävaikuttavat tekijät on voitu ottaa kattavasti huomioon. Oppilaiden kotien mahdollisia kosteus- ja homevaurioita ja niiden vaikutusta sairastuvuuteen ei tutkimuksessa kuitenkaan ole tarkasteltu.

Normaalitilanteissa sisäilman mikrobit ovat enemmän tai vähemmän samoja kuin ulkoilmassa. Ilmastointi voi alentaa sisäilman mikrobipitoisuutta 50 %:lla edellyttäen, että ikkunat ja ovet pidetään suljettuina (1). Homevaurioiset rakenteet ovat merkittävin sisäilman mikrobisaastutuksen lähde.

Kansainvälisesti hyväksytyjä sisäilman mikrobinormeja ei ole olemassa. On mahdollista asettaa normeja mikrobeille, joiden määrään sisäilmassa jo pelkästään ulkoilman homeitiöillä on vaikutusta. Sosiaali- ja terveysministeriö on antanut juuri uuden ohjeen (18) asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisäilman fysikaalisista, kemiallisista ja mikrobiologisista olosuhteista. Homesienten pitoisuuksien lisäksi kehoitetaan kiinnittämään huomiota siihen, poikkeako ilman sieni-itiökoostumus vertailukohteesta ja ulkoilman sen hetkisestä tai tavanomaisesta sieni-itiökoostumuksesta. Ohjeen mukaan silmin havaittava mikrobikasvusto asunnon rakenteissa tai sisäpinnoilla on kuitenkin aina terveydensuojelulain tarkoittama terveyshaitta.

Kaikissa Paloheinässä sijaitsevilla parakkikouluissa todettiin korjaustöiden yhteydessä syyskuun 1994 ja helmikuun 1995 välisenä aikana homevaurioita. Kyseisten koulujen oppilaat ovat ainakin tuolloin altistuneet homesienille ja niiden ilmaan tuottaville tekijöille. Parakit oli rakennettu 1960-luvulla ja kosteusvaurion syynä oli seinien rakenteellinen virhe. Myöhemmissä tutkimuksissa havaittiin, että parakeissa todettu kosteusvaurion aiheuttanut rakennevika esiintyy useissa vastaavanlaisissa parakeissa, jotka on rakennettu 1960-luvulla. Voidaan siis uskoa, että kosteusrasite rakenteissa on jatkunut vuosia, ehkä vuosikymmeniä ja oirekyselyssä mukana olleet altistuneet



rakenteiden homeille koko koulussa käyntinsä ajan. Kyselytutkimus koski syksyä 1995, jolloin selvää näyttöä altistumisesta rakenteiden homeisuuden muodossa ei kuitenkaan enää ollut.

Vaikka homeet voivat aiheuttaa terveyshaittoja aineenvaihduntatuotteittensa ja mykotoksiiniensa takia, käytännössä altistumista kuvataan hengitysilman homeitiöpitoisuudella sekä altistuneiden IgG-luokan homevasta-aineselvityksillä. Jälkimmäisiä ei tutkittujen koulujen oppilaille tässä yhteydessä suoritettu. Osa sisäilman homeitiömittauksista on myös suoritettu ajankohtana, jolloin korjaustoimenpiteet homeisten rakenteiden osalta olivat jo loppuunsaatettu. Homeitiömittausten merkitys on siis lähinnä korjaustoimenpiteiden onnistumista osoittava.

Vuosina 1994-1995 korjaustoimenpiteiden jo käynnistettyä Paloheinän koulun sisäilman homeitiömittaukset liittyivät itse koulurakennusten mikrobiologiseen selvitykseen. Paloheinän koulun homevauriot ja niiden syy selvisi hyvin nopeasti seinärakenteita avaamalla, joten rakennusmateriaalinäytteitä homekasvuston toteamiseksi ei tarvittu.

Talviaikana sisäilman sieni-itiöpitoisuudet  $100-500 \text{ kpl/m}^3$  voivat olla osoituksena kohoneesta sieni-itiöpitoisuudesta (19). Johtopäätöksiä tehtäessä tarvitaan tietoa myös esiintyvistä homesienisuvuista ja -lajeista. Paloheinän parakissa 4 havaittiin homevaurio ensimmäisenä ja sen luokkahuoneesta mitattiin homeitiöpitoisuus  $150 \text{ kpl/m}^3$ , muissa vaurioituneissa parakeissa pitoisuus oli paikoittain korkea, jopa  $1300 \text{ kpl/m}^3$ . Sisäilmanäytteissä todettiin tällöin myös sellaisia homesienisukuja, joita harvemmin todetaan kuten *Trichoderma viride*, *Fusarium*- ja *Rhizopus* -lajeja. *Trichoderma viride* ja *Rhizopus*-suvun homesieniä todettiin myös homehtuneessa seinämateriaalissa. Homehtuneista rakennusmateriaaleista on mitä ilmeisimmin pääsyt itiöitä myös sisätiloihin. Koululuokissa oli myös valitettu homemaisesta hajusta, joten altistumista aiheuttivat myös homeiden aineenvaihduntatuotteet. *Trichoderma viride* on yleinen luonnossa maaperässä. Koska se on selluloosaa hajottava sieni, se kasvaa mm. puumateriaaleissa, paperissa ja pahvissa. Sen itiöiden esiintymistä sisäilmassa pidetään merkinä rakennuksen kosteusvauriosta. *Trichoderma viride* aiheuttaa harvoin allergiaa, mutta itiöiden ja sen tuottamien haihtuvien yhdisteiden hengittäminen aiheuttaa samantyyppisiä oireita kuin *Stachybotrys atra*, koska niiden tuotta-

mat yhdisteet ovat kemiallisesti hyvin lähellä toisiaan.

Seinärakenteiden korjausten jälkeen Paloheinän koulun luokkien sisäilmanäytteissä todettiin keskimäärin alhaisempi homeitiöpitoisuus kuin Pakilassa. Ulkoilman itiöpitoisuuden suhteutettuna oli itiöpitoisuus korjaustoimien jälkeen vähentynyt. Sisäilman ja ulkoilman homeitiöpitoisuussuhteiden perusteella oli koulujen välillä eroa niin, että vertailukoulun homeitiöpitoisuus oli keskimäärin 1,3 -kertainen Paloheinän parakkikoulujen sisäilman homeitiöpitoisuuksiin nähden. Toisaalta Pakilan koulun sisäilman homesienipitoisuuksilla ja ulkoilman homeitiöpitoisuudella oli selvä korrelaatio eli mitä enemmän ulkona homesieni-itiöitä, sitä enemmän myös sisätilassa. Paloheinän koulun osalta tällaista yhteyttä ei todettu. Pakilan koulun ilmanvaihto on painovoimainen, jolloin ulkoilman homeitiöt pääsevät vapaammin sisätiloihin.

Korjaustöiden jälkeen mitatuissa Paloheinän koulun sisäilmanäytteissä todetut homesienien valtasuvut olivat samat kuin Pakilan vertailukoulussa (*Cladosporium*, *Penicillium*) ja molemmissa tapauksissa pääasiassa samoja kuin ulkoilmanäytteissä. Sisäilman *Aspergillus*-homesienilöydökset olivat edellä mainittuja homesienilöydöksiä selvästi vähäisemmät, eivätkä ne olleet ns. kosteusindikaattorilajeja (*A. versicolor*, *A. fumigatus*). Paloheinän koulujen sisäilmanäytteissä todettiin *Aureobasidium* -homeetta, jota joissain yhteyksissä on pidetty kosteusvaurioon viittaavana. Pitoisuudet olivat kuitenkin niin alhaisia ja mittaukset suoritettu sulan maan aikana, joten tällaista johtopäätöstä ei voitu tehdä.

Tammi-helmikuussa 1995 todettiin Paloheinän parakkien luokissa ilman laadun huononevan tuntien aikana, mikäli oppilasmäärä oli yli 20 oppilasta. Ilman laadun huononemimen näkyi sisäilman hiilidioksidipitoisuudesta, joka korkeimmillaan oli yli 1800 ppm ja tuntien alussakin jo noin 1000 ppm. Hiilidioksidi on ihmisen aineenvaihdunnan tuote. Sen lähteenä sisäilmassa onkin pääasiassa ihminen itse. Hiilidioksidipitoisuus kohoaa sisätiloissa, joiden ilmanvaihto on puutteellinen siellä oleskelevien ihmisten lukumäärään nähden. Hiilidioksidi saa ilman tuntumaan tunkkaiselta. Korkeat pitoisuudet voivat aiheuttaa väsymystä ja päänsärkyä. Huono ilmanvaihto kohottaa myös sisäilman bakteeripitoisuutta. Paloheinän luokissa se oli mittausajankohtina korkeimmillaan 6300 kpl/m<sup>3</sup>, jota on pidettävä selvästi kohonneena. Ilmanvaihtoa tehostettiin asentamalla tilakohtaiset tuloilmakojeet ja saattamalla poistoilmanvaihto asianmukaiseksi.



Näiden toimenpiteiden jälkeen oli hiilidioksidipitoisuus luokissa alhaisempi kuin Pakilan koulun vertailuluokissa. Paloheinän koulun sisäilman bakteeripitoisuudet eivät merkittävästi poikenneet vertailukoulun Pakilan sisäilman bakteeripitoisuuksista. Pakilan koulun luokassa mitattiin tutkimuksen korkein sisäilman bakteeripitoisuus  $12\,800\text{ kpl/m}^3$ . Sisäilman huonolla ilmanvaihdolla on varmasti ollut vaikutuksensa siihen, että Paloheinän koululaiset potivat kyselyajankohtana vertailukoulun oppilaita enemmän väsymystä ja päänsärkyä. Riittämättömän ilmanvaihdon vaikutusta koululuokkien sisäilman laatuun tulisikin järjestelmällisesti kartoittaa aistinvarais-ten havaintojen ja ilman hiilidioksidi- sekä bakteeripitoisuuksien perusteella.

Sädesienten esiintyminen talvikautena yli  $10\text{ kpl/m}^3$  sisäilmassa viittaa Sosiaali- ja terveysministeriön sisäilmaohjeen mukaan mikrobikasvustoon rakennuksessa ja siten terveyshaitan olemassaoloon (18). Paloheinän koulun ja vertailukohteena olleen Pakilan koulun sisäilman sädesienipitoisuuksia mitattiin toukokuussa sulan maan aikana, jolloin myös ulkoilmassa todettiin sädesieniä. Sekä Paloheinän että Pakilan vertailukoulun sisäilmanäytteissä todettiin sädesieniä, joten niiden esiintymisen ei tässä tapauksessa katsottu viittaavan Paloheinän koulun kosteusvaurioiden korjaustoimenpiteiden riittämättömyyteen.

Sisäilmassa voi esiintyä Gram-negatiivisten bakteerien endotoksiinia. Endotoksiinin aiheuttamia hengitystieoireita on todettu rakennuksissa, joiden ilmankostutusjärjestelmiin ko. bakteerit ovat pesiytyneet (19). Paloheinän kouluparakin ja vertailukohteena Pakilan koulun luokan ilmanäytteissä ei todettu endotoksiinia. Homevauroisissa asunnoissa suoritettujen mittausten perusteella homevaurioihin ei myöskään ole liittynyt bakteerikasvun muodostamaa endotoksiinihaittaa (20).

## KIRJALLISUUS

1. Brunekreef B. Damp housing and adult respiratory symptoms. *Allergy* 1992;47:498-502.
2. Dales RE, Zwanenberg H, Burnett R, Franklin CA. Respiratory health effects of home dampness and molds among Canadian children. *Am J Epidemiol* 1991;134:196-203.
3. Ruotsalainen R, Jaakkola N, Jaakkola JJK. Dampness and molds in day-care centers as an occupational health problem. *Int Arch Occup Environ Health* 1995;66:369-374.
4. Ström G, West J, Wessen B, Palmegren. Quantitative analysis of microbial volatiles in damp Swedish homes. Kirjassa *Health implications of fungi in indoor environments*. Ed. Samson RA, Flannigan B, Flannigan ME et al. Amsterdam, Elsevier, 1994, 291-305.
5. Levetin E, Shaughnessy R, Fisher E, Ligman B, Harrison J, Brennan T. Indoor air quality in schools: exposure to fungal allergens. *Aerobiology* 1995;11:27-34.
6. Mouilleseaux A, Squinazi F, Festy B. Microbial characterization of air quality in classrooms. *Proceedings in Indoor Air'93* 1993;4:195-300.
7. Meklin T, Taskinen T, Nevalainen A. Microbial characterization of four school buildings. *Indoor Air'96* 1996;2:1083-1088.
8. Pönkä A, Savela M. Sairauksien esiintyvyys homeille altistuneilla koululaisilla. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 8/95.
9. Asuntojen kuntoa ja hoitoa koskeva opas. Lääkintöhallitus 1990.
10. Andersen AA. New sampler for collection, sizing and enumeration of viable airborne particles. *J.Bacteriol.* 1958;76:471-484.

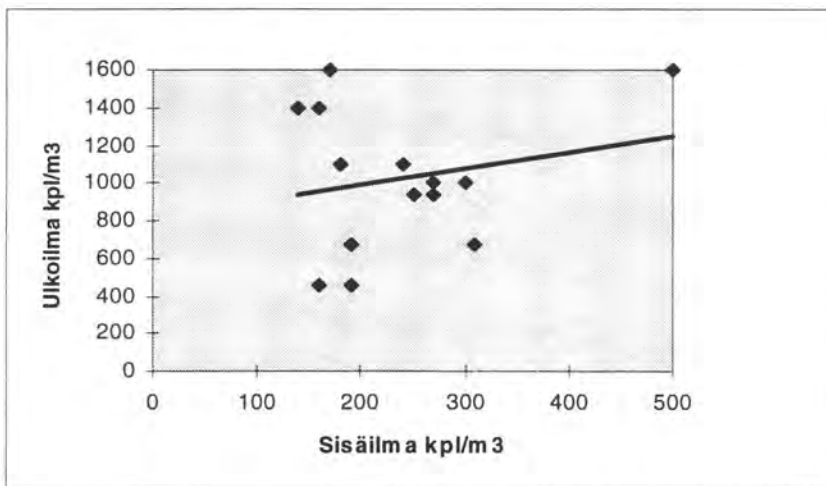
11. Strachan, DP, Sanders CH. Damp housing and childhood asthma: respiratory effects of indoor air temperature and relative humidity. *J Epidemiol Community Health* 1989;43:7-14.
12. Strachan DP, Elton RA. Relation between respiratory morbidity in children and the home environment. *Fam Pract* 1986;3:137-142.
13. Strachan DP. Damp housing and childhood asthma: validation of reporting symptoms. *British Med* 1988;297:1223-1226.
14. Waegemaekers M, van Wageningen N, Brunekreef B, Boleij JSM. Respiratory symptoms in damp homes. *Allergy* 1989;44:192-198.
15. Dales RE, Burnett R, Zwanenburg H. Adverse health effects among adults exposed to home dampness and molds. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:505-509.
16. Andrae S, Axelson S, Bjarksten B et al. Symptoms of bronchial hypersensitivity and asthma in relation to environmental factors. *Arch Dis Child* 1988;63:473-478.
17. Kerätär R, Reijula K. Kosteusvaurioon liittyvän homepölyaltistuksen aiheuttama allerginen alveoliitti. *Duodecim* 1995;111;1033-1038.
18. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö. Sisäilmaohje, 1997.
19. Teeuw KB, Vandenbrouche-Grauls CM, Verhoef J. Airborne gram-negative bacteria and endotoxin in sick building syndrome. *Arch Intern Med* 1994, 154, 2339-2345.
20. Andersson M, Pohto-Lahdenperä A, Salmi T. Sisäilman ja rakenteiden mikrobipitoisuudet ja yhteydet allergiaoireisiin. Raportti Helsingin kaupungin ympäristökeskukselle. Helsingin Yliopiston Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos 28.2.1994.



## Liite 1

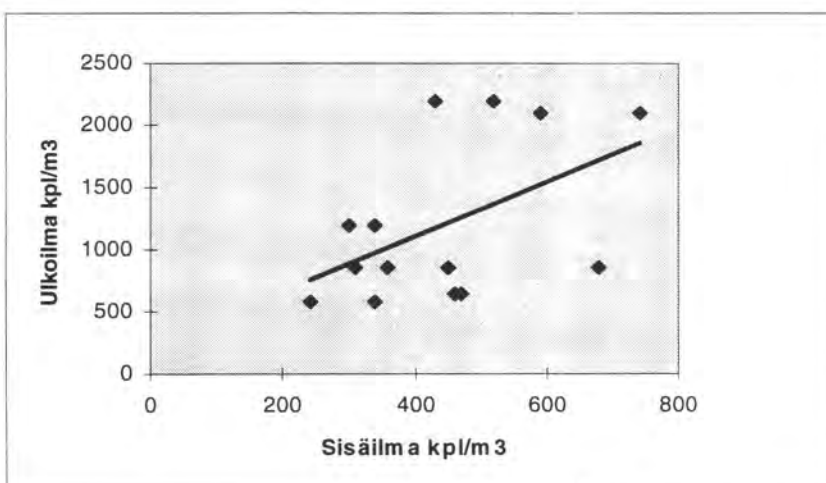
Kuva 1. Paloheinän parakkikoulut. Sisäilman ja ulkoilman homeitiöpitoisuuksien suhde.

Figur 1. Svedängens barackskolor. Relationen mellan halter av mögelsvampsporen i inomhus- och utomhusluft.



Kuva 2. Pakilan vertailukoulu. Sisäilman ja ulkoilman homeitiöpitoisuuksien suhde.

Figur 2. Baggböles kontrolskola. Relationen mellan halter av mögelsvampsporen i inomhus- och utomhusluft.





Tekijä(t)			
Antti Pönkä, Seija Kalso, Mika Lahdenkari			
Nimike			
KOULUN KOSTEUS- JA HOMEVAURIOT SEKÄ HOMEILLE ALTISTUNEIDEN KOULULAISTEN SAIRASTAVUUS			
Julkaisija	Julkaisu-aika	Sivumäärä	Litteet
Helsingin kaupungin ympäristökeskus	1997	29	- 1
Sarjan nimike		Osanumero	
Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja		7/97	
ISSN-numero 1235-9718	Kieli		
ISBN-numero 951-718-010-1	Koko teos	Tiivistelmä	Taulukot Kuvatestit
	fin	fin, swe	fin, swe
Avainsanat			
koulut, homeet, sairaudet, poissaolot			
UDK			
Lisätietoja:			
Antti Pönkä, puh. 7312 2710 Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristöterveysyksikkö Helsinginkatu 24, 00530 HELSINKI			







---

## HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1995

1. Töölönlahden sedimentin kunto ja sisäinen kuormitus
2. Huokoskaasu maaperän ja pohjaveden saastuneisuuden kuvaajana
3. Kosteus- ja homevaurioista helsinkiläisissä päiväkodeissa
4. Leivosten laatu ja myyntiolosuhteet myymälöissä
5. Koululounaan ravintosisältö ja laatu Helsingissä 1989 - 1993
6. Ryömintätilaisten alapohjien kosteus- ja homevauriot
7. Terveystuollon toimipisteiden jätehuolto, 2. uudistettu painos
8. Sairauksien esiintyvyys homeille altistuneilla koululaisilla

## HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1996

1. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) pitoisuudet ulkoilmassa Helsingissä
2. Öljy-yhdisteiden biologinen hajoaminen ja saastuneen maan biosaneeraus
3. Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 1995
4. Altistuminen typpidioksidille, hiilimonoksidille ja bentseenille Helsingin jäähallissa
5. Sedimentin kemikalioinnin ja lisäveden johtamisen vaikutus Töölönlahden veden laatuun
6. Suomalainen ekobussi Pietarin ympäristöviikolla
7. Huoneilman ammoniakki
8. Asuntojen radonmittaukset Helsingissä

## HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1997

1. Vuoden 1995 saastesumuepisodin terveysvaikutukset Helsingissä
2. Ilmansaasteet ja kuolleisuus Helsingissä vuosina 1987 - 1993
3. Pääkaupungin katupölyn vähentäminen
4. Elintarvikvärit makeisissa, juomissa ja irtojäätelöissä
5. Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 1996
6. Helsinkiläisten päiväkotilasten veren lyijypitoisuus 1983 - 1996
7. Koulun kosteus- ja homevauriot sekä homeille altistuneiden koululaisten sairastuvuus

### Julkaisujen tilaus:

ympäristökeskuksen neuvonta  
Helsinginkatu 24, 00530 HELSINKI  
puh. 7312 2730, fax 7312 2235

ISSN 1235-9718  
ISBN 951-718-010-1

---