



Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy

1868/1211

VTK Kiinteistöt Oy  
Petri Saarinen  
Elannontie 3, 01510 Vantaa  
Sähköposti: petri.saarinen@vtkoy.fi

*Sovitaan läpikäynti  
Taruun kanssa  
Kello 11 lokon kello* 3.5.2011

**Tutkimuskohde** Kartanonkosken koulu, väestönsuojatilan musiikkiluokka, Tilkuntie 5, Vantaa

## SISÄILMASTO- JA KOSTEUSTEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

### SISÄILMAN LAATU. LAATUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää noin 5 vuotta vanhan väestönsuojatila-  
sa sijaitsevan musiikkiluokan ja sen viereisen varastotilan sisäilman laatua ja laa-  
tuun vaikuttavia tekijöitä. Musiikkiluokassa on koettu poikkeavia, loppuviikkoon  
mennessä pahenevia oireita, mm. äänen menetystä, muita hengitystie- ja silmäoirei-  
ta. Tilan ikkunasyvennyksen lähellä sijaitsevassa opettajan työpisteessä on lisäksi  
koettu vedon tunnetta ja kylmyyttä. Lämpöolosuhteisiin ja vetoon liitetyt haitat ovat  
vähentyneet, kun työpisteen viereisen ison ikkunan syvennykseen tuotiin lämpöpä-  
teri. Osa oireista on vähentynyt myös sen jälkeen, kun piano siirrettiin pois ikkunan  
edestä. Tutkittuja tiloja palvelee tuloilmakone TK9, joka on toiminnassa maanantais-  
ta perjantaihin klo 7-18 välisenä aikana. Ilmanvaihtolaitteiston puhtaus on tarkastettu  
äskettäin ja tehty ilmamäärien säädöt. Tilojen lattiapinnoitteena on muovimatto, sei-  
nät ovat maalattua betonia, ikkunoiden kohdilla ulkopuolisena julkisivumateriaalina  
on puupanelointi. Musiikkiluokassa on väestönsuojan toimintaan liittyviä laitteita ja ra-  
kenteita, mm. luokan etuosan lattiasa sulkuventtiilikaivo.

Tutkimuksen tekijöinä olivat ympäristöhygieenikko Eija Puhakka, LVI-tekniikan dip-  
lomi-insinööri Jarkko Lesonen, FM (maantiede) Johanna Jokinen ja kemisti Reija  
Salminen (laboratoriotyö). Mikrobianalyseistä on vastannut ympäristöhygieenikko  
Eija Puhakka. Tutkimukset tehtiin 25.2 - 10.3.2011.

### LAUSUNTO

Tutkittujen musiikkiluokan ja varaston sisäilman laatua ja laatuun vaikuttavia tekijöitä  
on selvitetty sisäilmasta otettujen hiukkasmaisten ja kaasumaisten epäpuhtauksien  
näytteenottojen avulla sekä selvittämällä laatuun vaikuttavista tekijöistä mm. sisäil-  
man lämpötilaa ja suhteellista kosteutta pitkäaikaisesti, selvittämällä ilmanvaihdon  
ilmamääriä, ilman liikenopectta suhteessa ilman lämpötilaan sekä selvittämällä ra-  
kenteiden ilmatiiveyksiä ikkunarakenteiden kohdilla.

Tulosten perusteella tilojen sisäilman laatutekijöissä ei todettu ohjeellisiin arvoihin  
verrattuna tai kokemusperäisesti poikkeavaa lukuun ottamatta sisäilman hiukkaspitoi-  
suuksissa todettua hetkellistä pitoisuustason nousua sekä pinnoilla näkyvää, mm.  
mikrobiitiöitä sisältävää pölyä. Kun tilojen ilmanvaihto ei ollut toiminnassa hiihtolo-  
man aikana, musiikkiluokassa todettiin kohonneina pitoisuuksina mm. muovimaton  
päästöihin viittaavia epäpuhtauksia. Pitoisuudet laskivat ilmanvaihdon toiminnan ai-  
kana normaalitasolle. Ikkunarakenteiden liittymäkohdilla on ilmavuotokohtia eriste-  
kerroksesta sisäilmaan päin erityisesti ison ikkunan ikkuna-aukon alaosassa. Tilois-  
sa ei todettu mineraalikuituja poikkeavasti. Musiikkiluokan alipaineisuus ulkoilmaan  
nähdessä on ajoittain suuri, lähellä 30 pascalia. Tulo- ja poistoilmavirrat olivat toisiinsa  
verrattuina samansuuruisia, mutta ohjearvoihin verrattuina suuria. Musiikkiluokassa  
mahdollisesti edelleen koettava veto ei ole tutkimuksen perusteella suurista ilman

*US!  
Kylmä  
Puhallin  
Hepaan  
oli Puhallin  
Alipaineisuus  
- laatuolosuhteita  
muutos*

liikenopeuksista aiheutuvaa. Vedon tunteen aiheuttajana on mahdollista olla kylmien pintojen aiheuttama ns. säteilyveto.

Tiloissa todetut poikkeamat, pinnoille laskeutuvien hiukkasten ajoittainen liikkeelle lähtö sekä tilojen suuri alipaineisuus ja suuret ilmavirrat, voivat ylläpitää tiloissa koettuja oireita. Tiloissa tarvitaan tutkimuksen perusteella toimenpiteitä pintojen puhdistamiseksi ja puhtaanapidon kehittämiseksi, todetun suuren alipaineisuuden syyn selvittämiseksi ja suurien ilmavirtojen mahdollisesti aiheuttamien haittojen selvittämiseksi sekä ikkunarakenteiden rakenneliittymien ilmavuotokohtien tiivistämiseksi,

### **jatkoimenpiteiden arviointi,**

- tutkituissa tiloissa esitetään seuraavaa toimintamallia jatkotoimenpiteiksi,
  - ikkuna-aukkojen rakenneliittymissä todetut epätiivveyskohdat, mm. ison ikkunan ikkuna-aukon pellin ja betonin liittymä, tiivistetään, Tiivistys
  - syy tiloissa tutkimusajankohtana todettuun suureen alipaineisuuteen ulkoilmaan nähden pyritään selvittämään. Tarvittaessa musiikkiluokan tulo- ja poistoilmavirtoja pienennetään, mikäli ärsytystyyppisten oireiden epäillään liittyvän suurien ilmavirtojen ihmisen oleskeluvyöhykkeellä aiheuttamiin haittoihin,
  - tiloissa tehdään kaikkien taso- ja kalustepintojen puhdistukset imuroimalla hienosuodattimella varustetulla imurilla ja nihkeäpyyhinnän avulla. Tilojen säännöllinen puhtaanapito järjestetään jatkossa erillisen suunnitelman mukaan tehtäväksi, Sivous puhtaa
  - toimenpiteiden jälkeen tilojen sisäilman laatua seurataan ensi sijassa käyttäjiltä saatavan palautteen avulla.

Helsingissä, 3. toukokuuta 2011

Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu, FMC GROUP

  
Eija Puhakka  
FM, ympäristöhygieenikko

  
Jukka Kärkkäinen  
terveysteknikko

### **Lausunnon liitteet**

Liite 1	Mittaustulokset
Liite 2	Mittauspisteet pohjakuvassa
Liitteet 3.1-3.2	Ulkoseinän merkkiainekokeet pohjakuvissa
Liitteet 4.1-4.2	Sisäilman hiukkasten seurantamittaukset
Liite 5	Sisäilmaolosuhteiden seurantamittaukset
Liite 6.	Kuvakooste

*Pohja  
Ehdot  
opettajan  
käyt. saavalle  
ja kalusteet  
ulko seinälle*



**Sisäilman mikrobit**

Näytteet otettiin kuusivaihekeräimellä elatusalustoille, jotka olivat 2 % mallasuuteagar homesienille ja tryptoni-hiivauute-glukoosiagar bakteereille ja sädesienille eli aktinomykeeteille. Mikrobit tunnistettiin valomikroskooppisesti. Pitoisuudet on esitetty käyttäen yksikköä cfu/m<sup>3</sup> eli pesäkkeen muodostavien yksiköiden määrää kuutiometrissä ilmaa. Tulokset olivat seuraavat:

Näytteen- ottopiste	Näytteenottopisteen kuvaus	Pvm	Sieni-itiöt, pitoisuus, cfu/m <sup>3</sup>	Bakteerit, pitoisuus, cfu/m <sup>3</sup>	Sädesienet, pitoisuus, cfu/m <sup>3</sup>	
M1	Musiikkiluokka	25.2.11	Yhteensä	0	25	0
		25.2.11	Yhteensä	0	11	0
		4.3.11	Yhteensä	0	280	0
M2	Musiikin varasto	25.2.11	Yhteensä Phoma sp.	4 100 %	14	0
		25.2.11	Yhteensä	0	7	0
		4.3.11	Yhteensä hiivat	4 100 %	110	0
M3	Ulkoilma	25.2.11	Yhteensä Penicillium sp.	4 100 %	0	0
		4.3.11	Yhteensä Penicillium spp. Cladosporium sp. Penicillium spp. Aspergillus sp. Eurotium sp. hiivat	100 61 % 13 % 13 % 5 % 4 % 4 %	4	0

Sisä- ja ulkoilman olosuhteet mittausten aikana olivat seuraavat:

Pvm	Sisäilman lämpötilä, °C	Sisäilman suhteellinen kosteus, %	Ulkoilman lämpötilä, °C	Ulkoilman suhteellinen kosteus, %
25.2.11	21,1...22,0	14...20	-11,3	68
4.3.11	20,6...20,9	19	4,2	50

Mikrobitulosten arviointiperusteet ovat sosiaali- ja terveysministeriön ohjeiden (Asumisterveysohje 2003, Asumisterveysopas 2008, Kansanterveyslaitoksen Koulujen kosteus- ja homevauriot – opas 2008, Työterveyslaitos 2009) mukaan:

**Sieni-itiöt**

- pitoisuustaso 100 – 500 cfu/m<sup>3</sup> on osoituksena kohonneesta pitoisuudesta asuinhuoneistossa talviaikana, mikäli näytteen mikrobilajisto on tavanomaisesta poikkeava,
- pitoisuustaso yli 500 cfu/m<sup>3</sup> talviaikana asuinhuoneistossa on kohonnut,
- kivirakenteisten koulurakennusten pitoisuustaso talviaikana on yleensä alle 50 cfu/m<sup>3</sup>,
- toimistotyyppisten työtilojen ehdotettu ohjearvo (Työterveyslaitos) on 50 cfu/m<sup>3</sup>,
- sulan maan aikana vertailuarvona käytetään samanaikaista ulkoilmapitoisuutta ja selvitetään sisä- ja ulkoilman mikrobilajistoissa olevia eroja.

**Bakteerit**

- pitoisuustaso yli 4500 cfu/m<sup>3</sup> on kohonnut,
- toimistotyyppisten työtilojen ehdotettu ohjearvo (Työterveyslaitos) on 600 cfu/m<sup>3</sup>,

**Sädesienet**

- pitoisuustaso yli 10 cfu/m<sup>3</sup> talviaikana on kohonnut,
- toimistotyyppisten työtilojen ehdotettu ohjearvo (Työterveyslaitos) on 5 cfu/m<sup>3</sup>,
- sulan maan aikana vertailuarvona käytetään samanaikaista ulkoilmapitoisuutta (mikäli yli 5 tai 10 cfu/m<sup>3</sup>).

**Sisäilman ammoniakki**

Sisäilman ammoniakkipitoisuus määritettiin keräämällä ilmanäyte pumpun avulla rikkihapolla käsiteltyyn aktiivihieleen. Ammoniakki analysoitiin nestekromatografisesti dansulfonamidina UV-detektorilla Työterveyslaitoksen Työympäristön kehittäminen –osaamiskeskuksen Turun toimipisteen laboratoriossa. Pitoisuudet on esitetty mikrogrammoina kuutiometrissä,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ammoniakkipitoisuudet olivat seuraavat:

Näytteen- ottopiste	Näytteenottopisteen kuvaus	Iv- kone	Pvm	Ammoniakki- pitoisuus, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Lämpötila, °C	Suhteellinen kosteus, %
A1	Musiikkiluokka	TK9	25.2.11	alle 20	21,7	18

Kohonneena sisäilman ammoniakkipitoisuutena pidetään yli  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ :n ammoniakkipitoisuutta sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen 2003 mukaan.

**Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet**

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC-yhdisteiden) ilmanäytteet kerättiin pumpuilla Tenax – putkiin, jotka analysoitiin kaasukromatografisesti Työterveyslaitoksen Työympäristön kehittäminen – osaamiskeskuksen Helsingin toimipisteen laboratoriossa. Tulokset olivat seuraavat:

Näytteen- ottopiste	Näytteenottopisteen kuvaus	Iv-kone	Pvm	Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC), $\mu\text{g}/\text{m}^3$
V1	Musiikkiluokka	TK9	25.2.11	130
			10.3.11	40

Edellä mainittujen näytteiden tärkeimmät yksittäiset yhdisteet olivat:

Yhdiste	Näytteenottopiste/ Pitoisuus, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	V1 25.2.11	V1 10.3.11
<b>Aromaattiset yhdisteet:</b>		
Bentseeni	3	0,5
Tolueeni	7	0,9
Etyylibentseeni	1	
Ksyleenit (p,m)	3	
Ksyleeni (o)	1	
Styreeni	1	
1,2,4-Trimetyyliibentseeni	1	
<b>Aromaattiset yhdisteet yhteensä</b>	<b>17</b>	<b>1,4</b>
<b>Alkaanit:</b>		
Heksaani	1	
Heptaani	1	
Oktaani	0,8	
Nonaani	0,7	
Dekaani	1	
Undekaani	0,7	
Dodekaani	1	
Tetradekaani	0,6	
Metyylisyklopentaani	0,6	
2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani	3	0,4
<b>Alkaanit yhteensä</b>	<b>10,4</b>	<b>0,4</b>

Yhdiste	Näytteenottopiste/ Pitoisuus, µg/m <sup>3</sup>	
	V1 25.2.11	V1 10.3.11
<b>Terpeenit:</b>		
a-Pineeni	5	
3-Kareeni	1	
Limoneeni	0,9	
<b>Terpeenit yhteensä</b>	<b>6,9</b>	<b>0</b>
<b>Karbonyylit:</b>		
Heksanaali	2	0,7
Oktanaali	1	
Pentanaali eli valeraldehydi	0,8	
Bentsaldehydi		2
<b>Karbonyylit yhteensä</b>	<b>3,8</b>	<b>2,7</b>
<b>Esterit:</b>		
n-Butyyliasettaatti	0,6	0,5
2-(2-Butoksietoksi)etyyliasettaatti	0,7	
<b>Esterit yhteensä</b>	<b>1,3</b>	<b>0,5</b>
<b>Alkoholit:</b>		
2-Metyyli-1-propanoli	0,7	
1-Butanoli	10	0,7
Bentsyylialkoholi	0,7	
1,2-Propaanidioli	2	
2-Etyyli-1-heksanoli	24	4
<b>Alkoholit yhteensä</b>	<b>37,4</b>	<b>4,7</b>
<b>Alkoholi- ja fenolieetterit:</b>		
2-Butoksietanoli	0,7	
2-(2-Butoksietoksi)etanoli	4	
1-Metoksi-2-propanoli	9	
<b>Alkoholi- ja fenolieetterit yhteensä</b>	<b>13,7</b>	<b>0</b>
<b>Muut yhdisteet:</b>		
Tunnistamattomat Si-yhdisteet **	11	1
Dekametyylisyklopentasiloksaani	8	7
1-Metyyli-2-pyrrolidinoni	0,9	
Heksaanihappo, kapronihappo	2	
<b>Muut yhdisteet yhteensä</b>	<b>21,9</b>	<b>8</b>
<b>Tunnistettuja yhdisteitä yhteensä, µg/m<sup>3</sup></b>	<b>112,4</b>	<b>17,7</b>

\*\* Määritetty tolueeniekvivalenttina, tunnistus Wileyn massaspektritetokanta. Pitoisuudet semikvantitatiivisia.

Tunnistettujen yhdisteiden pitoisuudet määritetään puhtaiden vertailuaineiden perusteella tai tolueeniekvivalenttina. TVOC-arvo määritetään tolueeniekvivalenttina. Tunnistettujen yhdisteiden joukossa voi olla myös TVOC -alueen ulkopuolisia yhdisteitä. Em. syistä tunnistettujen yhdisteiden kokonaispitoisuus ja TVOC -arvo eivät usein ole yhtä suuret.

Sisäilman haihtuville orgaanisille yhdisteille ei ole ohjearvoa.

**Pinnoille laskeutuvat mineraalikuidut**

Pinnoille laskeutuvia mineraalikuituja kerättiin tiloihin kahden viikon ajaksi asennettujen geelipeitelevyjien avulla. Näytteet tutkittiin valomikroskooppisesti laboratoriossa. Pinnoilla todettiin mineraalikuituja neliösenttimetriä kohden (yli 20 mikrometrin pituiset kuidut) seuraavasti:

Näytteen- ottopiste	Näytteenottopisteen kuvaus	Iv-kone	Keräysaika	Mineraalikuidut, kpl/cm <sup>2</sup>
PPK1	Musiikkiluokka	TK9	25.2.-10.3.11	alle 0,07
			25.2.-10.3.11	alle 0,07
PPK2	Musiikin varasto	TK9	25.2.-10.3.11	alle 0,07
			25.2.-10.3.11	alle 0,07

Tasopinnoille kahden viikon aikana laskeutuvien mineraalikuitujen ohjearvoksi on ehdotettu 0,2 kpl/cm<sup>2</sup> (Työterveyslaitos 2006).

**Pinnoille laskeutuvan pölyn mikrobit**

Tilojen tasopinnoille noin kahden viikon aikana laskeutuvan pölyn näytteistä selvitettiin, esiintyykö pinnoille laskeutuvassa pölyssä normaalista poikkeavaa mikrobikasvua tai mikrobipölyä. Näytteistä tehtiin suoraviljelyt elatusalustoille, joista tutkittiin homesienien, bakteereiden ja sädesienien kasvu. Elatusalustat olivat 2 % mallasuuteagar homesienille ja tryptoni-hiivauute-glukoosi-agar bakteereille ja sädesienille.

Suoraviljelynäytteissä todettiin mikrobeja seuraavasti. Pitoisuudet on esitetty kasvustojen (pesäkkeiden) määrinä elatusalustoilla käyttäen suhteellista asteikkoa, jossa:

- = pesäkkeiden määrä = 0
- + = pesäkkeiden määrä = 1 – 20
- ++ = pesäkkeiden määrä = 21 – 50
- +++ = pesäkkeiden määrä = 51 – 200
- ++++ = pesäkkeiden määrä = yli 200.

Homesienien kohdalla on esitetty, mistä homesienisuvuista näytteissä oli kysymys.

Näytteen- ottopiste	Näytteenottopisteen kuvaus	Iv-kone	Keräysaika	Homesienet		Bakteerit	Sädesienet
				M2	DG18		
PPM1	Musiikkiluokka	TK9	25.2.-10.3.11	Yhteensä hiivat steriilit	+ Yhteensä + Aureobasidium sp. + hiivat steriilit	+ + + +	+++ -
PPM2	Musiikin varasto	TK9	25.2.-10.3.11	Yhteensä	- Yhteensä Penicillium sp.	+++ +++	++ -

Tutkimusmenetelmää varten ei ole ohjearvoa.

**Sisäilman PM<sub>10</sub>-hiukkaspitoisuuden seuranta – massapitoisuus**

Sisäilman PM<sub>10</sub>-pitoisuutta seurattiin jatkuvatoimisella TSI DustTrak 8520 -mittalaitteella, jonka mittausalue on 0,1-10 mikrometriä. Mittaus perustuu laserfotometriaan. Tuloksena saadaan PM<sub>10</sub>-pitoisuuden keskimääräinen massapitoisuus ja massapitoisuuden muutokset ajan funktiona. Tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa:

Mittauspiste	Mittauspisteen kuvaus	Iv-kone	Pvm	PM <sub>10</sub> -pitoisuus, µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> -pitoisuuden keskiarvo, µg/m <sup>3</sup>
HM1	Musiikkiluokka	TK9	28.2.-1.3.11	10-66	17

PM<sub>10</sub> – massapitoisuuden ajalliset muutokset on esitetty graafisesti erillisessä liitteessä.

**Sisäilman hiukkasmäärien seuranta – lukumääräpitoisuus**

Sisäilman hiukkasmääriä selvitettiin päiväaikaan jatkuvatoimisella mittalaitteella sekä ilta- ja yöaikaan 15 minuutin jaksoissa. Mittalaitteena oli TSI:n hiukkaslaskuri P-Trak 8525, jonka mittausalue on 0,02-1 mikrometriä. Tulokset on esitetty käyttäen yksikköä kappaletta kuutiometriä kohti ilmassa, kpl/cm<sup>3</sup>. Tulokset olivat seuraavat:

Mittauspiste	Mittauspisteen kuvaus	Iv-kone	Pvm	Aika	Lukumääräpitoisuus, kpl/cm <sup>3</sup>	Lukumääräpitoisuuden keskiarvo, kpl/cm <sup>3</sup>
HL1	Musiikkiluokka	TK9	28.2.-1.3.11	klo 9.20-16	3105-18658	5563
				klo 16-8	1023-4356	2572

Mittausjaksojen ajalta saadut tulokset on esitetty graafisesti erillisessä liitteessä.

Sisäilman hiukkasten lukumääräpitoisuudelle ei ole ohjearvoa.

**Sisäilmaolosuhteiden seurantamittaukset**

Tutkittavissa tiloissa seurattiin sisäilman hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Mittaukset tehtiin Vaisalan ja SenseAirin mittalaitteilla sekä Eltekin tiedonkeruulaitteistoilla. Tulokset olivat seuraavat:

Mittauspiste	Mittauspisteen kuvaus	Iv-kone	Seuranta-aika	CO <sub>2</sub> -pitoisuus, ppm	Lämpötila, °C	Suhteellinen kosteus, %
L1	Musiikkiluokka	TK9	28.2.-4.3.11	410-627	20,7-22,4	9-22

Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus vaihtelee normaalisti välillä 350 – 400 ppm.

Julkaisun Sisäilmastoluokitus 2008 hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot ovat:

- S1 ≤ 750 ppm
- S2 ≤ 900 ppm
- S3 ≤ 1200 ppm.

**Painesuhdemittaukset**

Tilojen painesuhteet ulkoilmaan ja muihin tiloihin nähden mitattiin mikromanometrin ja merkisivun avulla. Ilmavirtaus kahden tilan välillä havaitaan jo yhden pascalin paine-erolla, jolloin ilmavirtaus voidaan todeta mittauspisteeseen päästettävän savun avulla. Tulokset olivat seuraavat: