



Jokiniemen koulun paviljonki  
Sisäilmatutkimus 22.12.2010  
Päivitetty 28.2.2011



Raporttitunnus 975210  
Rauno Pakanen, insinööri



## TIIVISTELMÄ

Jokiniemen koulun paviljongin sisäilmatutkimus. Tutkimuksen tilaajana oli rakennesuunnitteluinsinööri Jouni Räsänen Vantaan kaupungin tilakeskuksesta.

Sisäilmatutkimukset suoritettiin lokakuussa 2010. Tällä tutkimuksella pyrittiin selvittämään tutkimuksen kohteena olevan rakennuksen sisäilman nykykunto, ja selvittämään sisäilmaongelmien aiheuttajat.

Kiinteistön yleiskunto on sisäosiltaan vähintään tyydyttävä. Rungoltaan ja julkisivuiltaan rakennus on myös tyydyttävässä kunnossa. Aistinvaraisesti ei ollut havaittavissa minkäänlaisia ongelmia.

Sisäilma- ja materiaalinäytteistä ei löytynyt selkeitä sisäilmaongelman aiheuttajaa. Kokemukseen perustuen vaikuttaisi kuitenkin, että alapohjarakenne voi olla todennäköisin ongelmien lähde.

Toimenpide-ehdotuksena on alapohjan tarkempi tutkiminen sitten, kun sokkeliin on saatu riittävän suuri aukko tehdyksi. Alakautta näkee paremmin mahdolliset vauriot ja vuodot.

Lisätutkimuksena tehtiin tammikuussa 2010 alapohjan laajennettu tutkimus.

Uusien tulosten perusteella voidaan havaita, että lattioiden pintamateriaalit, matto, liima tai tasoite ovat mikrobivaurioituneet.

Lattioiden pintarakenteet uusitaan, tai matto poistetaan, tasoitteen pinta hiotaan ja kapseloidaan, jonka jälkeen voidaan pinnoittaa uudelleen haluamalla materiaalilla.



RI Rauno Pakanen  
Ositum Oy

## SISÄLLYSLUETTELO

|  |          |
|--|----------|
| <b>1. TUTKIMUKSEN KOHDE JA LÄHTÖTIEDOT .....</b>                             | <b>1</b> |
| 1.1 TUTKIMUSKOHDE, TILAAJA JA TUTKIMUKSEN SUORITTAJA .....                   | 1        |
| 1.2 LÄHTÖTIEDOT .....  | 1        |
| <b>2. TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TEHTÄVÄ.....</b>                                | <b>2</b> |
| <b>3. SUORITETUT TUTKIMUKSET.....</b>  | <b>2</b> |
| 3.1 SISÄTILOJEN SILMÄMÄÄRÄINEN YLEISTARKASTUS .....                          | 2        |
| 3.2 NÄYTTEET JA LABORATORIOANALYYSIT .....                                   | 2        |
| <b>4. TUTKIMUSTULOKSET .....</b>   | <b>3</b> |
| 4.1 KÄYTTÄJÄHAASTATTELU.....   | 3        |
| 4.2 YLEISTARKASTUS, AISTINVARAISET HAVAINNOT .....                           | 3        |
| 4.3 SISÄILMAN HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET .....                           | 3        |
| 4.4 MATERIAALIEN EMISSIO.....  | 4        |
| 4.5 MIKROBINÄYTTEET .....  | 4        |
| 4.6 MINERAALIVILLAKUIDUT, LÄMPÖTILAT, SUHTEELLINEN KOSTEUS JA PAIN-ERO ..... | 5        |
| 4.6.1 <i>Mineraalivillakuidut</i> .....                                      | 5        |
| 4.6.2 <i>Lämpötilat, suhteellinen kosteus ja paine-ero</i> .....             | 5        |
| 4.6.3 <i>Suhteellinen kosteus ja paine-ero</i> .....                         | 5        |
| 4.6.4 <i>Paine-ero</i> .....   | 6        |
| <b>5. YHTEENVETO.....</b>  | <b>7</b> |
| 5.1 TURVALLISUUSRISKIT .....   | 7        |
| 5.2 RAKENTEIDEN KUNTO .....  | 7        |
| 5.3 SISÄILMA .....   | 7        |
| 5.4 TAMMIKUUN 2011 LISÄTIEDOT .....  | 7        |
| 5.5 TOIMENPIDESUOSITUKSET.....   | 7        |
| 5.6 UUDET TOIMENPIDESUOSITUKSET .....  | 7        |

LIITE 1. Laboratorioanalyysit

## 1. TUTKIMUKSEN KOHDE JA LÄHTÖTIEDOT

### 1.1 Tutkimuskohde, tilaaja ja tutkimuksen suorittaja

Tutkimuksen kohteena oli Jokiniemen koulun paviljonki.

Tilaaja Vantaan kaupunki, tilakeskus  
Kielotie 13, Vantaa  
Rakennesuunnitteluinsinööri Jouni Räsänen

Konsultti **Ositum Oy**  
Betonimiehenkuja 4  
02150 ESPOO  
  
Rauno Pakanen, rakennusinsinööri  
[rauno.pakanen@ositum.fi](mailto:rauno.pakanen@ositum.fi)  
puh. 050 468 0020

**Taulukko 1.** Tutkimuskohteen perustietoja.

| Kohteen perustiedot | Jokiniemen koulun paviljonki,<br>Valkoisenlähteentie 61, 01370 Vantaa |
|---------------------|---|
| Käyttötarkoitus     | oppilaitos  |
| Valmistumisvuosi    | 2001  |
| Rakennuksia         | 1   |
| Kerroksia           | 1   |
| Runkojärjestelmä    | Puurunko  |
| Perustukset         | maanvarainen sokkeli  |
| Alapohja            | ryömintätilallinen  |
| Julkisivut          | Lautaverhous  |
| Vesikate            | Peltikate   |

### 1.2 Lähtötiedot

- Tilaajan antamat lähtötiedot
- Pää- ja rakennepiirustuksia

## 2. TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TEHTÄVÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää sisäilman ongelmien syyt. Tutkimus suoritettiin kohdekäynnin, Ositum Oy:n laatiman tutkimussuunnitelman sekä käyttäjähaastatteluihin pohjautuen.

Tutkimukseen sisältyi silmämääräisen tarkastelun lisäksi:

- sisäilmateknisiä tutkimuksia
- materiaalinäytteitä rakenteista

Tutkimukseen liittyen suoritettiin mittauksia ja näytteidenottoja kohdassa 3 esitetyksi.

Kuntotutkimuksen kenttätyöt tehtiin 11. ja 18.11.2010. Tutkimussuunnitelman laati ja mittaukset suoritti insinööri Rauno Pakanen Ositum Oy:stä.

## 3. SUORITETUT TUTKIMUKSET

### 3.1 Sisätilojen silmämääräinen yleistarkastus

Sisätilat, joiden on ilmoitettu olevan ongelmallisia, käytiin läpi henkilökunnan kanssa. Lisäksi tilat tarkastettiin tarkemmin näytteiden oton aikana.

### 3.2 Näytteet ja laboratorioanalyysit

Kaikki suoritettavat tutkimustoimenpiteet (rakenneavaukset, näytteidenotto ja mittaukset) on esitetty liitteessä 1.

**Näytteenotto ja mittaukset lyhyesti:**

- Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet, VVOC 5 kpl
- Mineraalivillakuitunäytteet 4 kpl
- Mikrobinäytteet rakennusmateriaaleista 7 kpl
- Emissionäytteet materiaalista 2 kpl

## 4. TUTKIMUSTULOKSET

### 4.1 Käyttäjahaastattelu

Lähtötietojen keräämiseksi haastateltiin koulun henkilökuntaa.

Mittauksissa ja näytteissä keskityttiin juuri ongelmatiloihin, ja haastateltiin mahdollisuuksien mukaan tilassa työskentelevää henkilöä.

Osalla työntekijöistä oli oireita, joiden syy voisi olla rakennuksen sisäilmassa.

### 4.2 Yleistarkastus, aistinvaraiset havainnot

Tarkastettavina tiloina olivat pääosin ongelmatiloiksi määritetyt luokat.

Luokissa ei ole aistinvaraisesti havaittavia kosteusvaurioita tai poikkeavia hajuja.

Lattioissa on jonkin verran epätasaisuuksia, muutamia ulkonurkkia on avautunut ilmeisesti rakenteiden kuivumisen takia.

### 4.3 Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet

VOC-näytteitä otettiin yhteensä 5 kpl. Tammikuun 2010 lisänäytteet 3 kpl.

| Huone                                       | Tulos   |
|---|---|
| Huone 102                                   | Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina etanolia, heksaania, etanolia ja dikloorimetaania. |
| Huone 101                                   | Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina etanolia, lisäksi havaittiin TXIB:tä,              |
| Huone 106                                   | Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina etanolia, lisäksi havaittiin 2-etyyliheksanolia    |
| Huone 129                                   | Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina tolueenia ja etyyliasettaattia                     |
| Jumppasali                                  | Näytteessä havaittiin epätavanomaisena pitoisuutena tolueenia   |
| Huone 114                                   | Näytteessä havaittiin epätavanomaisena pitoisuutena etanolia  |
| Huone 101, takanurkka                       | Näytteessä havaittiin epätavanomaisena pitoisuutena etanolia  |
| Huone 101, takanurkka, alapohjan eristetila | Näytteessä havaittiin epätavanomaisena pitoisuutena etikkahappoa  |

Taulukko 2. VOC/VVOC-mittausten tulokset

Etanoli on kosteus- ja mikrobivauriota indikoiva yhdiste. Sitä käytetään myös mm. desinfiointiaineissa. Tolueneja ja etyyliasettaattia käytetään mm. maaleissa, lakoissa ja liimoissa.

Näytteessä H101 havaittiin lisäksi TXIB:tä, jota vapautuu esimerkiksi sellaiseen muovimatosta sekä kosteuden vaikutuksesta betonilaatan, liiman ja PVC-muovimaton välisissä reaktioissa.

Etikkahappo on kosteus- ja mikrobivauriota indikoiva yhdiste.

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteessä H106 havaittiin myös 2-etyyliheksanolia. 2-etyyliheksanoli on kosteus- ja mikrobivauriota indikoiva yhdiste. Sitä saattaa myös emittoitua, irrota sisäilmaan, kosteuden vaurioittamista muovimatoista.

#### 4.4 Materiaalien emissio

Kahdesta tilasta otettiin materiaaliemissionäyte. Tammikuun 2010 lisänäytteet 2 kpl.

| Huone                 | Tulos   |
|-----------------------|---|
| Huone 101             | Mattonäytteessä epätavanomaisena pitoisuutena havaittiin 2-fenoksietanolia                  |
| Huone 102             | Mattonäytteessä epätavanomaisena pitoisuutena havaittiin 2-fenoksietanolia                  |
| Huone 101, takanurkka | Mattonäytteessä epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin 2-fenoksietanolia ja etikkahappoa |
| Huone 114             | Mattonäytteessä epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin 2-fenoksietanolia ja etanolia     |

Taulukko 3. FLEC-mittausten tulokset

2-fenoksietanolia käytetään mm. lattiavahanpoistoaineissa, liimoissa ja desinfiointiaineissa. Etanoli ja etikkahappo ovat mikrobivaurioita indikoivia yhdisteitä.

#### 4.5 Mikrobinäytteet

Mikrobinäytteitä otettiin materiaaleista seitsemän. Näytteitä otettiin lattiatasoteista, alapohjan eristeistä ja seinäeristeistä. Tulokset olivat tavanomaisia.

Tammikuussa 2011 otettiin eristeistä lisänäytteitä kahdeksan. Viisi näytteistä otettiin alapohjan eristeistä, kaksi seinäeristeistä ja yksi lattian lastulevystä.

Yhdessä näytteessä havaittiin juuri ohjearvot ylittävä tulos. Näyte on otettu elementtien saumasta, eikä siinä kohdassa ollut tuulensuojalevyä suojana. Näytteenottoa on voinut kontaminoitua ilmavirtausten takia.

Kaikkien muiden näytteiden tulokset olivat tavanomaisia.

#### 4.6 Mineraalivillakuidut, lämpötilat, suhteellinen kosteus ja paine-ero

Tasopinnoilta otettiin mineraalivillakuitunäytteitä 4 kpl samoista tiloista kuin Voc-näytteet.

| Huone     | Kuitua/cm <sup>2</sup> | Lämpötila °C | Suhteellinen kosteus %Rh | Paine-ero ulkoilmaan Pa |
|-----------|------------------------|--------------|--------------------------|-------------------------|
| Huone 101 | 0,3                    | 22,3         | 62,3                     | -1                      |
| Huone 102 | < 0,17                 | 23,9         | 62,8                     | -1                      |
| Huone 106 | < 0,17                 | 23,0         | 61,9                     | -1                      |
| Huone 129 | < 0,17                 | 23,0         | 62,2                     | -1                      |

Taulukko 4. Kuitu-, lämpötila- suhteellisen kosteuden ja paine-eron mittausten tulokset

##### 4.6.1 Mineraalivillakuidut

Tasopinnoille laskeutuneesta pölystä otettiin näyte ns. teippimenetelmällä. Menetelmässä pölyä kerättiin pinnalta kirkkaan teipin avulla, esimerkiksi Scotch Crystal-teippi. Teipistä irrotettiin noin 6-7 cm:n pituinen pala, joka painettiin tasopinnalle niin, että teippiin tarttui pinnalle laskeutunut pöly. Sen jälkeen teippi painettiin puhtaalle mikroskoopin aluslasille.

Pintojen kahden viikon pölylaskeuman kuitutiheys tulisi olla alle 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>. Pidemmän välin kertymän ohjearvo on 3 kuitua/cm<sup>2</sup>. Mineraalivillakuidut voivat aiheuttaa silmien ja ihon ärsytysoireita. Mineraalivillakuitujen lähteitä voivat olla akustiikkalevyt tai ilmanvaihtolaitteiden lämpö- ja äänieristeet.

Näytteet on kerätty läheltä tuloilmakanavaa ja niin korkealta, ettei normaali siivous puhdistaa tasopintoja. Siksi ohjearvona voidaan käyttää 3 kuitua/cm<sup>2</sup>, yksikään näyte ei sisältänyt näin paljon kuituja.

##### 4.6.2 Lämpötilat, suhteellinen kosteus ja paine-ero

Lämpötilat vaihtelivat 22,3-23,9°C. Lämpötilat ovat normaaleja.

##### 4.6.3 Suhteellinen kosteus ja paine-ero

Suhteelliset kosteudet vaihtelivat 61,9 - 62,8 %Rh. Kosteudet olivat vuodenaikaan nähden normaaleja, muuten hieman korkeita.



#### 4.6.4 Paine-ero

Alipaine huoneilmassa ulkoilmaan nähden oli 1 Pa. Paine-erot olivat normaaleja koneellisella tulo- ja poistoilmalla varustettuun rakennukseen. Huoneissa 101 ja 102 alapohjan eristetilassa oli 2 Pa ylipaine sisäilmaan nähden.

## 5. YHTEENVETO

### 5.1 Turvallisuusriskit

Turvallisuusriskejä ei havaittu.

### 5.2 Rakenteiden kunto

- Rakenteet pääsääntöisesti hyvässä kunnossa
- Paikoin ulkonurkissa halkeilua
- Lattioissa jonkin verran epätasaisuuksia

### 5.3 Sisäilma

- Sisäilmaa haittaavaa tekijää ei saatu varmistettua
- Alapohjarakenne on ylipaineinen sisäilmaan nähden, se saattaa vaikuttaa epäpuhtaan ilman pääsyyn sisälle
- Alapohjaeristeestä ei löytynyt poikkeavia mikrobipitoisuuksia
- Lattioiden pintarakenteessa on pieniä määriä yhdisteitä, jotka saattavat aiheuttaa oireilua

### 5.4 Tammikuun 2011 lisätiedot

- Alapohja- ja seinäeristeistä ei löytynyt poikkeavia mikrobipitoisuuksia
- Alapohjan elementin saumassa oli lievästi kohonnut mikrobipitoisuus
- Lattian lastulevystä ei löytynyt poikkeavia mikrobipitoisuuksia
- Huoneilman VOC-mittauksissa oli etanolia epätavanomaisena pitoisuutena
- Alapohjan VOC-mittauksessa oli etikkahappoa epätavanomaisena pitoisuutena
- Lattiamattojen FLEC-mittauksissa oli epätavanomaisina pitoisuuksina etanolia ja etikkahappoa

### 5.5 Toimenpidesuosituksukset

Koska varmuutta sisäilmaongelmaan ei saatu, esitän seuraavia toimenpiteitä:

- alapohjaan tehdään aukko, josta päästään alakautta tarkastamaan sen kunto, ja ottamaan lisänäytteitä

### 5.6 Uudet toimenpidesuosituksukset

Uusien tulosten perusteella voidaan havaita, että lattioiden pintamateriaalit, matto, liima tai tasoite ovat mikrobivaurioituneet. Lattioille tehdään seuraavat toimenpiteet:

- matot poistetaan
- tasoitepinta hiotaan ja käsitellään kapseloivalla pinnoitteella, esim. Ardex Oy EP 2000 tai Betton Oy Uzin Pe 460
- tämän jälkeen voidaan lattia pinnoittaa haluamalla materiaalilla

Vaihtoehtoisesti koko lattian pintarakenne uusitaan.

**JOKINIEMEN KOULUN PAVILJONKI  
LABORATORIOTULOKSET  
PÄIVITETTY 2011**



**Tutkimusraportti 975210**

15.12.2010

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | YHTEYSTIEDOT .....  | 3  |
| 2.    | HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, ILMASTA.....                              | 4  |
| 2.1   | VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma .....  | 4  |
| 2.1.1 | Tutkimusmenetelmä.....  | 4  |
| 2.1.2 | Tulostaulukko, VVOC/VOC -analyysi .....                                   | 5  |
| 2.1.3 | Johtopäätös.....  | 7  |
| 2.1.4 | Tulostaulukko, VVOC/VOC -analyysi .....                                   | 8  |
| 2.1.5 | Johtopäätös.....  | 9  |
| 2.1.6 | Tulostaulukko, VVOC/VOC –analyysi, JATKOTUTKIMUS 2011 .....               | 9  |
| 2.1.7 | Johtopäätös.....  | 13 |
| 3.    | MIKROBIANALYYSI.....  | 14 |
| 3.1   | Materiaalinäyte, DNA-analyysi .....                                       | 14 |
| 3.1.1 | Tutkimusmenetelmä.....  | 14 |
| 3.1.2 | Tulos .....   | 14 |
| 3.1.3 | Johtopäätös.....  | 15 |
| 3.1.4 | Viitearvoja .....   | 15 |
| 3.1.5 | Kirjallisuus .....  | 16 |
| 3.2   | Materiaalinäyte, viljelyanalyysi, 3 maljasarjaa, JATKOTUTKIMUS 2011 ..... | 16 |
| 3.2.1 | Tutkimusmenetelmä.....  | 16 |
| 3.2.2 | Tulos .....   | 16 |
| 3.2.3 | Johtopäätös.....  | 17 |
| 3.2.4 | Viitearvoja .....   | 18 |
| 3.2.5 | Kirjallisuus .....  | 18 |
| 4.    | HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, MATERIAALISTA .....                       | 19 |
| 4.1   | VVOC ja VOC -yhdisteet, FLEC.....   | 19 |
| 4.1.1 | Tutkimusmenetelmä.....  | 19 |
| 4.1.2 | Tulostaulukko, FLEC -analyysi .....                                       | 20 |
| 4.1.3 | Johtopäätös.....  | 22 |
| 4.1.4 | Tulostaulukko, FLEC –analyysi, JATKOTUTKIMUS 2011 .....                   | 23 |
| 4.1.5 | Johtopäätös.....  | 25 |
| 5.    | MATERIAALIN EPÄPUHTAUDET .....  | 26 |
| 5.1   | Mineraalivillakuidut tasopinnoilta.....                                   | 26 |
| 5.1.1 | Tutkimusmenetelmä.....  | 26 |
| 5.1.2 | Tulos .....   | 26 |
| 5.1.3 | Johtopäätös.....  | 26 |
| 6.    | ALLEKIRJOITUKSET .....  | 27 |

## 1. YHTEYSTIEDOT

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Tilaaaja</b>       | Vantaan kaupunki<br>tilakeskus, hankepalvelut, rakennuttaminen<br>Jouni Räsänen<br>Kielotie 13<br>01300 Vantaa                          |
| <b>Tutkimuskohde</b>  | Jokiniemen koulu<br>Valkoisenlähteentie 51<br>VANTAA  |
| <b>Perustettu</b>     | 16.11.2010  |
| <b>Laboratorio</b>    | Ositum Oy<br>Kiilakiventie 1<br>90250 OULU  |
| <b>Yhteyshenkilö</b>  | FT, toimialajohtaja, laboratoriot Merja Mikkonen<br>Gsm 044 537 9005<br>RI, toimialajohtaja, tutkimus Rauno Pakanen<br>Gsm 050 468 0020 |
| <b>Näytteenottaja</b> | Ositum Oy   |

## 2. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, ILMASTA

### 2.1 VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma

#### 2.1.1 Tutkimusmenetelmä

Näytteiden keräyksessä on käytetty Ositum Oy:n SKC 222-3 tarkkuuspumppua, joka on kalibroitu yksilöllisesti analyysiputkityypille Bios International Defreder 520 tarkkuuskalibrointilaitteella. Tulokset perustuvat laboratoriolle ilmoitettuun ilmamäärään.

Suosittelava näytteenottoaika määrittyy käytetyn putkityypin sisältämien adsorbenttien ominaisuuksien perusteella. Suositeltavat näytteenottoajat on esitetty alla olevassa taulukossa. Näytteenottoajan merkittävä pidentäminen suositelluista näytteenottoajoista voi johtaa erittäin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden irtoamiseen adsorbentista näiden yhdisteiden kiinnipysymisajan lyhyden vuoksi. Näytteessä havaitut yhdisteet ja niiden pitoisuudet riippuvat käytetystä adsorbentista.

Näytteet on analysoitu standardien ISO 16000-6 ja SFS-EN 16017-1 mukaisesti käyttäen thermodesorptiota ja kaasukromatografiaa, ilmaisimena on käytetty massaselektiivistä detektoria, Agilent TD/GC/MS-laitteistoa. Analyysimenetelmässä on käytetty cryo-tekniikkaa, jossa koloniuunin lähtölämpötila on laskettu +10 °C:een, tavanomaisesti analysointi aloitetaan lähtölämpötilasta +40 °C. Analyysissa käytetään erityispitkää 60 metrin kolonnia näytteiden sisältämien yhdisteiden tarkkaan erotteluun. Käytetty tekniikka mahdollistaa hyvin keveiden tavanomaisissa sisälämpötilassa esiintyvien yhdisteiden havainnoinnin. Tällä menetelmällä saatu tulos poikkeaa havaittujen yhdisteiden lukumäärän suhteen muilla menetelmillä tehdyistä analyyseista.

TVOC (Total Volatile Organic Compounds) on sisäilmanäytteestä analysoitujen yhdisteiden yhteenlaskettu pitoisuus. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet lasketaan vertaamalla niiden vastetta tolueenin vasteesta muodostettuun nollan kautta kulkevaan kalibraatio-suoraan (ns. tolueeniekvivalenttina). Menetelmällä voidaan mitata erittäin haihtuvia ja haihtuvia yhdisteitä kiehumispistealueella >0 - 260 °C. Yhdisteiden pitoisuudet ilmoitetaan mikrogrammoina yhtä kuutiometriä ilmaa kohden ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ja niiden tunnistus tapahtuu vertaamalla niiden massaspektreihin Wiley7n-kirjaston mallimassaspektreihin.

Laboratoriossa suoritettavan analyysin analyysimenetelmän mittaasepävarmuus ilman näytteenottoa TVOC:lle on 35 % ja määrittämissä  $<10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  noin 3.5 l sisäilmanäytteelle. Muille tolueeniekvivalenttina määritetyille yksittäisille yhdisteille mittaasepävarmuudet ovat yllä mainittuja suurempia, ja niiden pitoisuusmäärittäminen on semikvantitatiivinen.

Analyyssi on Asumisterveysoppaan (2009) mukainen. Asumisterveysoppaan kohdassa ”8.8.2 Lyhytaikaiseen näytteenottoon perustuva mittausmenetelmä” todetaan: ”Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrittämiseksi voidaan ilmanäyte kerätä pumpulla myös muuhun adsorptiomateriaaliin (kuin Tenax TA). Tulosten tulkinta perustuu näytteestä tunnistettuihin yhdisteisiin ja niiden pitoisuuksiin.

| Putkityyppi | Adsorbentti                       | Mitattujen yhdisteiden koko | Näytteenottoaika |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------|
| 1           | Tenax TA                          | n-C7 - n-C26                | 120 min          |
| 2           | Tenax TA/Carbograph 1TD           | n-C5/6 - n-C20              | 25 min           |
| 3           | Tenax/Carbograph 1TD/Carboxen1000 | n-C3/4 - n-C20              | 25 min           |
| 4           | Tenax GR                          | n-C7-n-C30                  | 120 min          |
| 5           | Molecular Sieve 5Å                | N2O (typpioksidi)           | 25 min           |
| 6           | Carbosieve S111                   | n-C2 - n-C6                 | 25 min           |

## 2.1.2 Tulostaulukko, VVOC/VOC -analyysi

VVOC/VOC -yhdisteiden pitoisuudet ja yksiköt on esitetty alla olevissa taulukoissa.

|    | Näytteet 1-4, yhdisteiden pitoisuudet | Yksikkö           | Putkityyppi |
|----|---------------------------------------|-------------------|-------------|
| 1. | VO1. H102                             | µg/m <sup>3</sup> | 3           |
| 2. | VO2. H101                             | µg/m <sup>3</sup> | 3           |
| 3. | VO3. H106                             | µg/m <sup>3</sup> | 3           |
| 4. | VO4. H129                             | µg/m <sup>3</sup> | 3           |

| Ryhmä               | Yhdiste                  | 1  | 2  | 3  | 4  |
|---------------------|--------------------------|----|----|----|----|
| <b>Aldehydit</b>    |                          |    |    |    |    |
|                     | Bentsaldehydi            | 1  | 1  | <1 |    |
|                     | Dekanaali                | 1  | 1  | 1  | 1  |
|                     | Heksanaali               | <1 | 1  | 1  |    |
|                     | Nonanaali                | 1  | 1  | 1  | 1  |
|                     | Oktanaali                |    | <1 |    |    |
|                     | Pentanaali               | <1 |    |    |    |
|                     | <b>Yhteensä</b>          | 3  | 4  | 3  | 2  |
| <b>Alkaanit</b>     |                          |    |    |    |    |
|                     | 2,2,4-trimetyyliheksaani | <1 |    |    |    |
|                     | 2,2,4-Trimetyylipentaani |    | <1 | 1  | <1 |
|                     | 2-Metyyliibutaani        | 2  | 3  | 2  | 1  |
|                     | 2-Metyyliheksaani        |    | <1 | <1 |    |
|                     | 2-Metyylipentaani        | <1 | <1 | <1 | <1 |
|                     | 3-Metyyliheksaani        | <1 | <1 | <1 |    |
|                     | 3-Metyylipentaani        |    | <1 |    |    |
|                     | Dekaani                  | <1 | <1 | <1 | <1 |
|                     | Dodekaani                |    |    | <1 |    |
|                     | Heksaani                 |    | <1 | <1 |    |
|                     | Heptaani                 |    | 1  | 1  |    |
|                     | Metyylisykloheksaani     |    | <1 | <1 |    |
|                     | Nonaani                  | <1 | <1 | <1 | <1 |
|                     | Pentaani                 | 2  | 4  | 2  | 1  |
|                     | Syklopentaani            |    |    | 1  | 1  |
|                     | Tetradekaani             | <1 |    |    |    |
|                     | Tridekaani               |    |    | <1 |    |
|                     | Undekaani                |    | <1 |    |    |
|                     | <b>Yhteensä</b>          | 4  | 8  | 7  | 3  |
| <b>Alkeetit</b>     |                          |    |    |    |    |
|                     | Isopreeni                | 1  |    |    |    |
|                     | <b>Yhteensä</b>          | 1  |    |    |    |
| <b>Alkoholit</b>    |                          |    |    |    |    |
|                     | 2-Etyyliheksanoli        |    |    | 1  |    |
|                     | 3-Pentanoli              |    |    | 1  |    |
|                     | Etanoli                  | 15 | 11 | 15 |    |
|                     | <b>Yhteensä</b>          | 15 | 11 | 17 |    |
| <b>Aromaattiset</b> |                          |    |    |    |    |

| Ryhmä                   | Yhdiste   | 1  | 2  | 3  | 4  |
|-------------------------|---|----|----|----|----|
|                         | 1,2,3-Trimetyylibentseeni                         |    |    | 1  |    |
|                         | 1,2,4-Trimetyylibentseeni                         | <1 | 1  | 1  | <1 |
|                         | 2-Etyylitolueeni                                  |    |    | <1 |    |
|                         | 3-Etyylitolueeni                                  | <1 | <1 |    |    |
|                         | Bentseeni   | 1  | 1  | 1  | 1  |
|                         | Etyylibentseeni                                   | 1  | 2  | 1  | 1  |
|                         | m-Ksyleeni  | 1  | 1  | 3  | 1  |
|                         | o-Ksyleeni  | 1  | 2  | 1  | 1  |
|                         | o-Symeeni   |    | <1 |    |    |
|                         | p-Ksyleeni  | 1  | 3  | 1  | 1  |
|                         | Tolueeni  | 2  | 3  | 3  | 2  |
|                         | <b>Yhteensä</b>                                   | 7  | 13 | 12 | 7  |
| <b>Esterit</b>          |   |    |    |    |    |
|                         | 2-Metyylipropanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-m |    |    | 2  |    |
|                         | Etyyliasettaatti                                  | 2  | 2  | 1  | 2  |
|                         | TXIB  |    | 2  |    |    |
|                         | <b>Yhteensä</b>                                   | 2  | 4  | 3  | 2  |
| <b>Halogenoidut</b>     |   |    |    |    |    |
|                         | 1,1,2-Trikloori-1,2,2-trifluorietaani             | <1 |    | <1 | <1 |
|                         | Fluoritrikloorimetaani                            | 1  | 1  | 1  | 1  |
|                         | <b>Yhteensä</b>                                   | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <b>Muut</b>             |   |    |    |    |    |
|                         | Syklopentyyliasetyleeni                           |    | 1  |    |    |
|                         | <b>Yhteensä</b>                                   |    | 1  |    |    |
| <b>Terpeenit</b>        |   |    |    |    |    |
|                         | alfa-Pineeni                                      | <1 | <1 | 1  |    |
|                         | dl-Limoneeni                                      | <1 | 2  | 1  | <1 |
|                         | <b>Yhteensä</b>                                   | <1 | 2  | 2  | <1 |
| <b>Tunnistamattomat</b> |   |    |    |    |    |
|                         |   | 1  | 1  | 1  | 2  |
| <b>TVOC</b>             |   | 34 | 45 | 46 | 17 |

#### Näytteet 1-4, ryhmien pitoisuudet

| Ryhmä            | 1  | 2  | 3  | 4  |
|------------------|----|----|----|----|
| Aldehydit        | 3  | 4  | 3  | 2  |
| Alkaanit         | 4  | 8  | 7  | 3  |
| Alkeenit         | 1  |    |    |    |
| Alkoholit        | 15 | 11 | 17 |    |
| Aromaattiset     | 7  | 13 | 12 | 7  |
| Esterit          | 2  | 4  | 3  | 2  |
| Halogenoidut     | 1  | 1  | 1  | 1  |
| Muut             |    | 1  |    |    |
| Terpeenit        | <1 | 2  | 2  | <1 |
| Tunnistamattomat | 1  | 1  | 1  | 2  |



| Ryhmä | 1  | 2  | 3  | 4  |
|-------|----|----|----|----|
| TVOC  | 34 | 45 | 46 | 17 |

Yhdisteiden hajukynnysylitykset näytteittäin.

| Näyte | Yhdiste |
|-------|---------|
| ----- | -----   |

Kirjallisuus (Wallace 1986, Molhave 1990, Seifert 1990)

Yhdisteiden haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien, HTP, ylitykset näytteittäin. HTP –arvo ilmoittaa yhdisteen pitoisuuden, jotka työpaikoilla eivät saa ylittyä 8 tunnin tai 15 minuutin työskentelyn aikana. (HTP-arvot 2009, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet.)

| Näyte | 8 h - mg/m <sup>3</sup> | 15 min - mg/m <sup>3</sup> |
|-------|-------------------------|----------------------------|
| ----- | -----                   | -----                      |

Kirjallisuus (International Chemical Safety Cards (ICSC) 2007)

Yhdisteiden haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien, HTP/1000, ylitykset näytteittäin. HTP/1000 –arvon ylitys kertoo yhdisteen epätavallisen korkeasta pitoisuudesta asuintiloissa verrattuna tavanomaisena pidettyyn pitoisuuteen sisäilmassa. (HTP-arvot 2009, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet.)

| Näyte | 8 h - mg/m <sup>3</sup> | 15 min - mg/m <sup>3</sup> |
|-------|-------------------------|----------------------------|
| ----- | -----                   | -----                      |

Kirjallisuus (Kostiainen ja Nokelainen 1994)

### 2.1.3 Johtopäätös

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteissä H102, H101 ja H106 epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin etanolia, jonka pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuuksista.

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteessä H129 epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin tolueenia ja etyyliasettaattia, joiden pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuudesta.

Etanoli on kosteus- ja mikrobivauriota indikoiva yhdiste. Sitä käytetään myös mm. desinfiointiaineissa. Tolueenia ja etyyliasettaattia käytetään mm. maaleissa, lakoissa ja liimoissa. Näytteessä H101 havaittiin lisäksi TXIB:tä, jota vapautuu esimerkiksi sellaisenaan muovimatosta sekä kosteuden vaikutuksesta betonilaatan, liiman ja PVC-muovimaton välisissä reaktioissa.

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteessä H106 havaittiin myös 2-etyyliheksanolia. 2-etyyliheksanoli on kosteus- ja mikrobivauriota indikoiva yhdiste. Sitä saattaa myös emittoitua, irrota sisäilmaan, kosteuden vaurioittamista muovimatoista.

## 2.1.4 Tulostaulukko, VVOC/VOC -analyysi

VVOC/VOC -yhdisteiden pitoisuudet ja yksiköt on esitetty alla olevissa taulukoissa.

|    | Näytteet 1-1, yhdisteiden pitoisuudet | Yksikkö           | Putkityyppi |
|----|---------------------------------------|-------------------|-------------|
| 1. | VO5. Jumppasali                       | µg/m <sup>3</sup> | 3           |

| Ryhmä               | Yhdiste                   | 1  |
|---------------------|---------------------------|----|
| <b>Aldehydit</b>    |                           |    |
|                     | Bentsaldehydi             | <1 |
|                     | Dekanaali                 | 1  |
|                     | Nonanaali                 | 1  |
|                     | <b>Yhteensä</b>           | 2  |
| <b>Alkaanit</b>     |                           |    |
|                     | 2,2,3-trimetyylipentaani  | <1 |
|                     | 2-Metyylibutaani          | 1  |
|                     | 2-Metyyliheksaani         | <1 |
|                     | 2-Metyylipentaani         | 1  |
|                     | 3-Metyyliheksaani         | <1 |
|                     | 3-Metyylipentaani         | <1 |
|                     | Heksaani                  | <1 |
|                     | Heptaani                  | <1 |
|                     | Pentaani                  | 1  |
|                     | <b>Yhteensä</b>           | 3  |
| <b>Alkeenit</b>     |                           |    |
|                     | 2-Metyyli-2-buteeni       | 1  |
|                     | <b>Yhteensä</b>           | 1  |
| <b>Alkoholit</b>    |                           |    |
|                     | Syklobutanoli             | 1  |
|                     | <b>Yhteensä</b>           | 1  |
| <b>Aromaattiset</b> |                           |    |
|                     | 1,2,3-Trimetyylibentseeni | 1  |
|                     | 2-Etyylitolueeni          | <1 |
|                     | Bentseeni                 | 2  |
|                     | Etyylibentseeni           | 1  |
|                     | m-Ksyleeni                | 1  |
|                     | o-Ksyleeni                | 1  |
|                     | p-Ksyleeni                | 2  |
|                     | Tolueeni                  | 3  |
|                     | <b>Yhteensä</b>           | 11 |
| <b>Halogenoidut</b> |                           |    |
|                     | Fluoritrikloorimetaani    | 1  |
|                     | <b>Yhteensä</b>           | 1  |
| <b>Terpeenit</b>    |                           |    |
|                     | alfa-Pineeni              | <1 |
|                     | dl-Limoneeni              | <1 |
|                     | <b>Yhteensä</b>           | <1 |

| Ryhmä                   | Yhdiste | 1  |
|-------------------------|---------|----|
| <b>Tunnistamattomat</b> |         |    |
|                         |         | 2  |
| <b>TVOC</b>             |         | 21 |

Näytteet 1-1, ryhmien pitoisuudet

| Ryhmä            | 1  |
|------------------|----|
| Aldehydit        | 2  |
| Alkaanit         | 3  |
| Alkeenit         | 1  |
| Alkoholit        | 1  |
| Aromaattiset     | 11 |
| Halogenoidut     | 1  |
| Terpeenit        | <1 |
| Tunnistamattomat | 2  |
| TVOC             | 21 |

### 2.1.5 Johtopäätös

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteessä Jumppasali epätavanomaisena pitoisuutena havaittiin tolueenia, jonka pitoisuus ylitti 10 % kokonaispitoisuudesta.

Tolueenia käytetään mm. maaleissa, lakoissa ja liimoissa.

### 2.1.6 Tulostaulukko, VVOC/VOC –analyysi, JATKOTUTKIMUS 2011

VVOC/VOC -yhdisteiden pitoisuudet ja yksiköt on esitetty alla olevissa taulukoissa.

|    | Näytteet 1-3, yhdisteiden pitoisuudet            | Yksikkö           | Putkityyppi |
|----|--|-------------------|-------------|
| 1. | VO1. Huone 114                                   | µg/m <sup>3</sup> | 3           |
| 2. | VO2. Huone 101, takanurkka                       | µg/m <sup>3</sup> | 3           |
| 3. | VO3. Huone 101, takanurkka, alapohjan eristetila | µg/m <sup>3</sup> | 3           |

| Ryhmä            | Yhdiste                        | 1  | 2  | 3  |
|------------------|--------------------------------|----|----|----|
| <b>Aldehydit</b> |                                |    |    |    |
|                  | Bentsaldehydi                  |    | <1 | <1 |
|                  | Dekanaali                      | <1 | 4  |    |
|                  | Furfuraali                     |    |    | <1 |
|                  | Heksanaali                     | 1  | <1 | 2  |
|                  | Heptanaali                     | <1 |    |    |
|                  | Nonanaali                      | 1  | 2  |    |
|                  | Oktanaali                      | <1 | <1 |    |
|                  | Pentanaali                     | <1 |    | <1 |
|                  | <b>Yhteensä</b>                | 5  | 7  | 4  |
| <b>Alkaanit</b>  |                                |    |    |    |
|                  | 2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani |    | <1 |    |

| Ryhmä               | Yhdiste                               | 1  | 2  | 3  |
|---------------------|---------------------------------------|----|----|----|
|                     | 2,6,10-Trimetyylidodekaani            |    | <1 |    |
|                     | 2-Metyylibutaani                      | 1  | 4  | <1 |
|                     | 2-Metyylipropani                      |    |    | <1 |
|                     | 2-Metyylitridekaani                   |    | 1  |    |
|                     | Dekaani                               |    | <1 |    |
|                     | Dodekaani                             |    | <1 |    |
|                     | Etyylisyklopentaani                   |    |    | 2  |
|                     | Pentadekaani                          |    | 2  |    |
|                     | Tetradekaani                          |    | 7  |    |
|                     | Tridekaani                            |    | 3  |    |
|                     | Undekaani                             | <1 |    |    |
|                     | <b>Yhteensä</b>                       | 2  | 18 | 2  |
| <b>Alkeenit</b>     |                                       |    |    |    |
|                     | 3,3-dimetyyli-1-hekseeni              |    | 2  |    |
|                     | cis-1,3-Pentadieeni                   | 1  | 2  |    |
|                     | <b>Yhteensä</b>                       | 1  | 4  |    |
| <b>Alkoholit</b>    |                                       |    |    |    |
|                     | 1,8-Sineoli                           |    | <1 |    |
|                     | 2-Etyyliheksanoli                     |    | <1 | <1 |
|                     | 2-Fenoksietanoli                      |    | <1 | 2  |
|                     | 3-Pentanoli                           | <1 | <1 |    |
|                     | Etanoli                               | 11 | 24 |    |
|                     | Isopropanoli                          | 1  | 2  |    |
|                     | <b>Yhteensä</b>                       | 13 | 28 | 2  |
| <b>Aromaattiset</b> |                                       |    |    |    |
|                     | 1,3,5-Trimetyylibentseeni             | <1 | <1 |    |
|                     | 2-Etyylitolueeni                      | <1 |    |    |
|                     | Bentseeni                             | <1 | <1 | <1 |
|                     | Etyylibentseeni                       | <1 |    | <1 |
|                     | m-Ksyleeni                            | <1 |    |    |
|                     | Naftaleeni                            |    | <1 |    |
|                     | o-Ksyleeni                            | <1 |    |    |
|                     | p-Ksyleeni                            | 1  | <1 | <1 |
|                     | p-Symeeni                             | <1 |    |    |
|                     | Tolueeni                              | 3  | 2  | 2  |
|                     | <b>Yhteensä</b>                       | 7  | 4  | 4  |
| <b>Atsoryhmät</b>   |                                       |    |    |    |
|                     | 2-Metyylipiperatsiini                 |    |    | 1  |
|                     | <b>Yhteensä</b>                       |    |    | 1  |
| <b>Esterit</b>      |                                       |    |    |    |
|                     | Metyyli-isosyanaatti                  |    |    | 4  |
|                     | <b>Yhteensä</b>                       |    |    | 4  |
| <b>Halogenoidut</b> |                                       |    |    |    |
|                     | 1,1,2-Trikloori-1,2,2-trifluorietaani | <1 |    |    |
|                     | Fluoritrikloorimetaani                | <1 | 1  |    |
|                     | <b>Yhteensä</b>                       | 1  | 1  |    |

| Ryhmä                   | Yhdiste                             | 1  | 2         | 3         |
|-------------------------|-------------------------------------|----|-----------|-----------|
| <b>Ketonit</b>          |                                     |    |           |           |
|                         | 6,10-Dimetyyli-5,9-undekadien-2-oni |    | 2         |           |
|                         | 6-Metyyli-5-hepten-2-oni            | <1 | <1        |           |
|                         | Asetofenoni                         | <1 | 0         |           |
|                         | Asetoni                             | 3  | 4         | 2         |
|                         | <b>Yhteensä</b>                     | 4  | 5         | 2         |
| <b>Orgaaniset hapot</b> |                                     |    |           |           |
|                         | Etikkahappo                         |    |           | <b>13</b> |
|                         | Heksaanihappo                       |    |           | 2         |
|                         | <b>Yhteensä</b>                     |    |           | 15        |
| <b>Terpeenit</b>        |                                     |    |           |           |
|                         | alfa-Pineeni                        | 1  | <1        | <1        |
|                         | delta-3-Kareeni                     | <1 |           |           |
|                         | dl-Limoneeni                        | <1 | <1        |           |
|                         | Longifoleeni                        |    | <1        |           |
|                         | <b>Yhteensä</b>                     | 3  | 2         | <1        |
| <b>Tunnistamattomat</b> |                                     |    |           |           |
|                         | <b>Yhteensä</b>                     |    | 10        | 9         |
| <b>TVOC</b>             |                                     | 35 | <b>80</b> | 44        |

## Näytteet 1-3, ryhmien pitoisuudet

| Ryhmä            | 1  | 2  | 3  |
|------------------|----|----|----|
| Aldehydit        | 5  | 7  | 4  |
| Alkaanit         | 2  | 18 | 2  |
| Alkeenit         | 1  | 4  |    |
| Alkoholit        | 13 | 28 | 2  |
| Aromaattiset     | 7  | 4  | 4  |
| Atsoryhmät       |    |    | 1  |
| Esterit          |    |    | 4  |
| Halogenoidut     | 1  | 1  |    |
| Ketonit          | 4  | 5  | 2  |
| Orgaaniset hapot |    |    | 15 |
| Terpeenit        | 3  | 2  | <1 |
| Tunnistamattomat |    | 10 | 9  |
| TVOC             | 35 | 80 | 44 |

## Yhdisteiden hajukynnysylitykset näytteittäin.

| Näyte | Yhdiste |
|-------|---------|
| ----- | -----   |

Kirjallisuus (Wallace 1986, Molhave 1990, Seifert 1990)

Yhdisteiden haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien, HTP, ylitykset näytteittäin. HTP –arvo ilmoittaa yhdisteen pitoisuuden, jotka työpaikoilla eivät saa ylittyä 8 tunnin tai 15 minuutin työskentelyn aikana. (HTP-arvot 2009, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet.)

| Näyte | 8 h - mg/m <sup>3</sup> | 15 min - mg/m <sup>3</sup> |
|-------|-------------------------|----------------------------|
| ----- | -----                   | -----                      |

Kirjallisuus (International Chemical Safety Cards (ICSC) 2007)

Yhdisteiden haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien, HTP/1000, ylitykset näytteittäin. HTP/1000 –arvon ylitys kertoo yhdisteen epätavallisen korkeasta pitoisuudesta asuintiloissa verrattuna tavanomaisena pidettyyn pitoisuuteen sisäilmassa. (HTP-arvot 2009, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet.)

| Näyte | 8 h - mg/m <sup>3</sup> | 15 min - mg/m <sup>3</sup> |
|-------|-------------------------|----------------------------|
| ----- | -----                   | -----                      |

Kirjallisuus (Kostiainen ja Nokelainen 1994)

### 2.1.7 Johtopäätös

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteissä Huone 114 ja 101 takanurkka epätavanomaisena pitoisuutena havaittiin etanolia, jonka pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuuksista.

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteessä Huone 101, takanurkka, alapohjan eristetila epätavanomaisena pitoisuutena havaittiin etikkahappoa, jonka pitoisuus ylitti 10 % kokonaispitoisuudesta.

Etanoli ja etikkahappo ovat kosteus- ja mikrobivauriota indikoivia yhdisteitä.

### 3. MIKROBIANALYYSI

#### 3.1 Materiaalinäyte, DNA-analyysi

##### 3.1.1 Tutkimusmenetelmä

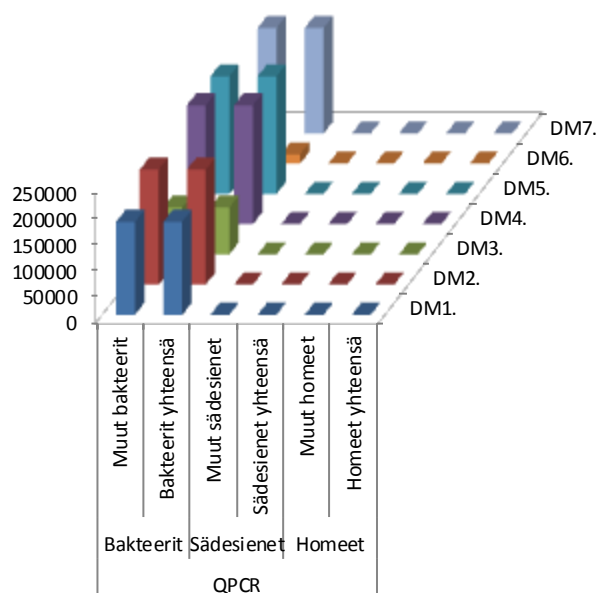
Materiaalinäytteistä on määritetty seuraavat mikrobit: homeet, sädesienet (aktinomykeetit) ja muut bakteerit. Näytteen analysointi ja tulosten tulkinta on tehty Ositum Oy:n laboratorion sisäisen ohjeen mukaan.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin kvantitatiivista PCR-analyysia. QPCR-analyysi perustuu DNA:n monistukseen ja samanaikaisesti tapahtuvaan DNA:n määrän mittaukseen. Kaikkien eliöiden (eläimet, kasvit, sienet, bakteerit) lähes kaikki solut sisältävät kullekin lajille ominaisen DNA:n. Kunkin lajin DNA:ssa on emäsjaksoja, sekvenssejä, joita on vain kyseisessä lajissa tai lajiryhmässä. QPCR-analyysissä hyödynnetään kyseisiä jaksoja.

Näytteistä on punnittu tietty määrä materiaalia, joka on sekoitettu puskuuriin mikrobien materiaalista irrottamiseksi. Näin saadusta suspensiosta on tehty DNA:n eristys ja puhdistus. DNA on analysoitu QPCR-menetelmällä. Tulos on ilmoitettu kappaletta grammassa tutkittavaa materiaalia (kpl/g).

Taulukossa esitetään havaintorajan ylittävät tulokset. Taulukossa tyhjät solut tarkoittavat havaintorajan alittavaa tulosta. Taulukossa viitearvot ylittävät mikrobien määrät ovat lihavoidut ja taustavärjätyt. Kohonneet, mutta viitearvot alittavat määrät, ovat lihavoidut. Mikäli näytteessä yhdenkin mikrobin (homeet, sädesienet ja muut bakteerit) määrä ylittää sille asetetun viitearvon, on näyte mikrobivaurioitunut.

##### 3.1.2 Tulos





Näytteet 1-7, määrittäysraja kpl/g

|    |                                 |      |
|----|---------------------------------|------|
| 1. | DM1. Huone 101, alapohjaeriste  | 2501 |
| 2. | DM2. Huone 101, lattiatasoite   | 2501 |
| 3. | DM3. Huone 102, alapohjaeriste  | 2502 |
| 4. | DM4. Huone 102, lattiatasoite   | 2501 |
| 5. | DM5. Huone 112, alapohjaeriste  | 2501 |
| 6. | DM6. Huone 112, lattiatasoite   | 2500 |
| 7. | DM7. Huone 112, ulkoseinäeriste | 2503 |

| DNA  | Analyysi   | Mikrobilajit        | 1.     | 2.     | 3.    | 4.     | 5.     | 6.    | 7.     |
|------|------------|---------------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|
| QPCR | Bakteerit  | Muut bakteerit      | 179582 | 222051 | 90808 | 229576 | 227070 | 18001 | 203513 |
|      |            | Bakteerit yhteensä  | 179582 | 222051 | 90808 | 229576 | 227070 | 18001 | 203513 |
|      | Sädesienet | Muut sädesienet     |        |        |       |        |        |       |        |
|      |            | Sädesienet yhteensä |        |        |       |        |        |       |        |
|      | Homeet     | Muut homeet         |        |        |       |        |        |       |        |
|      |            | Homeet yhteensä     |        |        |       |        |        |       |        |

### 3.1.3 Johtopäätös

Mikrobimateriaalinäytteissä DM1 (Huone 101, alapohjaeriste), DM2 (Huone 101, lattiatasoite), DM4 (Huone 102, lattiatasoite), DM5 (Huone 112, alapohjaeriste) ja DM7 (Huone 112, ulkoseinäeriste) mikrobimateriaalinäytteen DNA-analyysin tulos ylittää viljelymenetelmälle asetetut viitearvot, mutta kuitenkin alittaa DNA-menetelmälle valitoidut viitearvot. Tällöin materiaali ei ole mikrobivaurioitunut.

Mikrobimateriaalinäytteissä DM3 (Huone 102, alapohjaeriste) ja DM6 (Huone 112, lattiatasoite) tulos on tavanomainen mikrobien määrien suhteen.

### 3.1.4 Viitearvoja

Viljelytekniikalla analysoidussa rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän kosteusvauriosta johtuvaa mikrobikasvustoa, kun näytteen homesienienpitoisuus ylittää 10 000 kpl/g, bakteeripitoisuus 100 000 kpl/g tai sädesienipitoisuus 500 kpl/g. Kuolleet mikrobit (bakteerit, sädesienet, homeet) ovat yhtä haitallisia kuin elävät.

DNA -tekniikan validoinnin perusteella rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän kosteusvauriosta johtuvaa mikrobikasvustoa, kun näytteen homesienienpitoisuus ylittää 5 000 kpl/g, bakteeripitoisuus 600 000 kpl/g tai sädesienipitoisuus 12 000 kpl/g.

Mikäli rakennusmateriaalinäytteen analyysin tulos ylittää viljelymenetelmän viitearvot, mutta alittaa DNA-menetelmälle valitoidut viitearvot, tulos ei tällöin viittaa mikrobivaurioon rakennusmateriaalissa.

Mikäli tulosta halutaan varmentaa, voidaan näytteet analysoida viljelytekniikalla. Tällöin kuitenkin mikrobipitoisuudet voivat joissain tapauksissa ylittää viljelymenetelmälle asetetut viitearvot.

### 3.1.5 Kirjallisuus

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas (2005) Sosiaali- ja terveysministeriö. Vammalan Kirjapaino, Vammala.

Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät (STM:n oppaita 2003:1) (2003) Sosiaali- ja terveysministeriö. Edita Prima Oy, Helsinki.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 2. korjattu painos (2008) Sosiaali- ja terveysministeriö. Vammalan Kirjapaino, Vammala.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 3. korjattu painos (2009) Sosiaali- ja terveysministeriö. Ykkös-Offset Oy, Vaasa 2009.

## 3.2 Materiaalinäyte, viljelyanalyysi, 3 maljasarjaa, JATKOTUTKIMUS 2011

### 3.2.1 Tutkimusmenetelmä

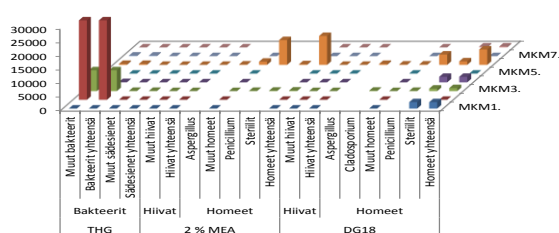
Materiaalinäytteistä on määritetty seuraavat mikrobit: homeet, hiivat, sädesienet (aktinomykeetit) ja muut bakteerit. Näytteen viljely ja tulosten tulkinta tehtiin STM Asumisterveysohjeen 2003 (STM:n oppaita 2003:1) ja Asumisterveysoppaan (2009) mukaisesti. Näytteiden viljelyssä on käytetty homeille ja hiivoille kahta kasvatusalustaa, 2 % mallasuuteagaria (2 % MEA) ja Dikloran-glyseroli-18-agaria (DG18), ja sädesienille ja muille bakteereille Tryptoni-hiivauute-agaria (THG).

Näytteistä on punnittu tietty määrä materiaalia, joka on sekoitettu puskuriin mikrobien materiaalista irrottamiseksi. Näin saadusta suspensiosta on tehty laimennossarja, joka on maljattu kasvatusalustoille. Mikrobien pesäkkeet on laskettu ja homelajit ja sädesienet on tunnistettu valomikroskooppia käyttämällä. Homeet, hiivat ja muut bakteerit on määritetty ja laskettu 7 vuorokauden ja sädesienet 14 vuorokauden kasvatuksen jälkeen. Tulos on ilmoitettu pesäkkeitä muodostavina yksikköinä grammassa tutkittavaa materiaalia (cfu/g).

Taulukossa esitetään määritysrajan ylittävät tulokset. Taulukossa tyhjät solut tarkoittavat määritysrajan alittavaa tulosta. Taulukossa viitearvot ylittävät mikrobien määrät ovat lihavoidut ja taustavärjät. Kohonneet, mutta viitearvot alittavat määrät, ovat lihavoidut. Mikäli näytteessä yhdenkin mikrobin (homeet, hiivat, sädesienet ja muut bakteerit) määrä ylittää sille asetetun viitearvon, on näyte mikrobivaurioitunut.

Mikäli rakennuksessa työskentelevillä tai muuten oleskelevillä on havaittu oireita ja heidän verestään on mitattu vasta-aineita tietyille homelajeille, voidaan materiaalinäytteistä löydetyt homelajit tunnistaa DNA-analyysillä. Rakennuksen materiaaleissa havaittua lajistoa voidaan verrata verestä löydettyihin vasta-aineisiin jolloin voidaan todeta onko altistuminen tapahtunut kyseisessä rakennuksessa.

### 3.2.2 Tulos



Näytteet 1-8, määrittäysraja cfu/g

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 1. | MKM1. Takanurkka, alapohjaeriste          | 88  |
| 2. | MKM2. Takanurkka, päätyseinä, eriste      | 97  |
| 3. | MKM3. Takanurkka, lattian lastulevy       | 62  |
| 4. | MKM4. Takanurkka, sivuseinä, eriste       | 101 |
| 5. | MKM5. Alapohja, keskiosa, alapohjaeriste  | 86  |
| 6. | MKM6. Alapohja, saumaeriste               | 117 |
| 7. | MKM7. Alapohja,takaseinä, alapohjaeriste  | 99  |
| 8. | MKM8. Alapohja,takanurkka, alapohjaeriste | 111 |

| Viljely | Analyysi  | Mikrobilajit        | 1.   | 2.    | 3.   | 4.   | 5. | 6.           | 7.  | 8.  |
|---------|-----------|---------------------|------|-------|------|------|----|--------------|-----|-----|
| THG     | Bakteerit | Muut bakteerit      |      | 29176 | 7637 | 101  |    | 350          | 198 |     |
|         |           | Bakteerit yhteensä  |      | 29176 | 7637 | 101  |    | 350          | 198 |     |
|         |           | Muut sädesienet     |      |       | 62   |      |    |              |     |     |
|         |           | Sädesienet yhteensä |      |       | 62   |      |    |              |     |     |
| 2 % MEA | Hiivat    | Muut hiivat         |      |       |      |      |    |              |     |     |
|         |           | Hiivat yhteensä     |      |       |      |      |    |              |     |     |
|         | Homeet    | Aspergillus         |      |       |      |      |    | 117          |     |     |
|         |           | Muut homeet         |      |       |      |      |    | 1167         |     |     |
|         |           | Penicillium         |      |       | 62   |      |    | 9102         |     |     |
|         |           | Steriilit           |      |       | 125  |      |    | 233          |     |     |
|         |           | Homeet yhteensä     |      |       | 187  |      |    | <b>10618</b> |     |     |
| DG18    | Hiivat    | Muut hiivat         |      |       |      |      |    |              |     |     |
|         |           | Hiivat yhteensä     |      |       |      |      |    |              |     |     |
|         | Homeet    | Aspergillus         |      |       |      |      |    | 350          |     |     |
|         |           | Cladosporium        |      |       | 125  |      |    | 117          |     |     |
|         |           | Muut homeet         |      |       |      |      |    | 117          |     |     |
|         |           | Penicillium         |      |       | 62   |      |    | 3792         |     |     |
|         |           | Steriilit           | 2334 |       | 904  | 2028 |    | 1284         |     | 333 |
|         |           | Homeet yhteensä     | 2334 |       | 1091 | 2028 |    | 5659         |     | 333 |

### 3.2.3 Johtopäätös

Mikrobimateriaalinäytteessä MKM6 (Alapohja, saumaeriste) havaittiin viitearvot ylittäviä määriä mikrobeja.

Mikrobimateriaalinäytteissä MKM1 (Takanurkka, alapohjaeriste), MKM2 (Takanurkka, päätyseinä, eriste), MKM3 (Takanurkka, lattian lastulevy), MKM4 (Takanurkka, sivuseinä, eriste), MKM5 (Alapohja, keskiosa, alapohjaeriste), MKM7 (Alapohja,takaseinä, alapohjaeriste) ja MKM8 (Alapohja,takanurkka, alapohjaeriste) tulos on tavanomainen niin mikrobien lajiston kuin määrienkin suhteen.

### 3.2.4 Viitearvoja

Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän kosteusvauriosta johtuvaa mikrobikasvustoa, kun näytteen homesienienpitoisuus ylittää 10 000 cfu/g, bakteeripitoisuus 100 000 cfu/g tai sädesienipitoisuus 500 cfu/g.

Mikrobivaurio voidaan todeta myös näytteen lajiston perusteella. Tiettyjen kosteusvaurioita indikoivien homesukujen ja lajien (mm. Stachybotrys, Chaetomium, Aspergillus fumigatus, Aspergillus versicolor) jo edellä mainittua vähäisempien pitoisuuksien voidaan katsoa olevan osoitus materiaalin mikrobivauriosta. Erityisesti, jos näyte sisältää useampaa kuin yhtä indikaattorimikrobia.

### 3.2.5 Kirjallisuus

Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät (STM:n oppaita 2003:1) (2003) Sosiaali- ja terveysministeriö. Edita Prima Oy, Helsinki.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 3. korjattu painos (2009) Sosiaali- ja terveysministeriö. Ykkös-Offset Oy, Vaasa 2009.

## 4. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, MATERIAALISTA

### 4.1 VVOC ja VOC -yhdisteet, FLEC

#### 4.1.1 Tutkimusmenetelmä

Materiaalin emissionäytteiden ottoon käytetään näytteenottovälineitä, jotka eivät kontaminoi näytteitä. Muiden kuin Ositum Oy:n ottamista näytteistä vastaa tilaaja.

Materiaalien emissionäytteiden käsittely tapahtuu standardin ISO 16000-10 mukaan. Materiaalien emissiot määritetään ja ilmoitetaan joko pinta-alaa kohden tunnissa,  $\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ , tai painoa kohden tunnissa,  $\mu\text{g}/\text{g h}$ . Materiaalien pintaemissiot voidaan mitata joko laboratorioon toimitetusta näytteestä tai kohteessa paikanpäällä. Näytteenkeräyslaitteistolla, The Field and Laboratory Emission Cell (FLEC) FL-0001, kerätään haihtuvat orgaaniset yhdisteet, VVOC ja VOC, adsorbentti-putkeen vakioidussa olosuhteissa.

Näytteen keräykseen käytetään kantokaasuna typpikaasua, 5.0-luokka, instrument-laatu, puhtausaste 99.999 % typpeä. Typpikaasu kostutetaan 50 % ilmankosteuteen ja sen virtausnopeus säädetään 150 ml minuutissa FLEC Air Control FL-1000-laitteella. Kostutetun typpikaasun virtausnopeus tarkistetaan Agilent Flow Tracker 2000-virtausmittarilla ennen FLEC-keräyskammiota. Näytteenotto aloitetaan, FLEC-keräyskammion saavutettua typpi-ilmakehän. Näytettä kerätään 500 ml, adsorbentti-putkeen käyttäen FL-1001 FLEC Air-pump 1001-terkkuuspumpua.

Näytteet on analysoitu standardien ISO 16000-6 ja SFS-EN 16017-1 mukaisesti käyttäen thermodesorptiota ja kaasukromatografiaa, ilmaisimena on käytetty massaselektiivistä detektoria, Agilent TD/GC/MS-laitteistoa. Analyysimenetelmässä on käytetty cryo-tekniikkaa, jossa koloniuunin lähtölämpötila on laskettu  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ :een, tavanomaisesti analysointi aloitetaan lähtölämpötilasta  $+40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Analyysissa käytetään erityispitkää 60 metrin kolonnia näytteiden sisältämien yhdisteiden tarkkaan erotteluun. Käytetty tekniikka mahdollistaa hyvin keveiden yhdisteiden havainnoinnin. Tällä menetelmällä saatu tulos poikkeaa havaittujen yhdisteiden lukumäärän ja pitoisuuksien suhteen muilla menetelmillä tehdyistä analyysistä.

TVOC on käytetystä putkityypistä mitattujen yhdisteiden yhteenlaskettupitoisuus tolueeniekvivalenttina. Kullakin putkityypillä mitataan yhdisteitä, joiden koko vastaa taulukossa olevaa suoraketjuisen yhdisteen kokoa ilmoitettuna hiiliatomien lukumääränä. Yksittäiset yhdisteet on tunnistettu Wiley7n-kirjastosta. Yhdisteiden pitoisuudet on ilmoitettu tolueeniekvivalenteina tai puhtaaseen vertailuaineeseen laskettuna.

Analyysimenetelmän mittaepävarmuus ilman näytteenottoa tolueenille (luottamusväli 95 %) on keskimäärin 17 % ja määrittäysraja on keskimäärin  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  3.5 litran näytteellä (n. 5 ng/näyte). Muille tolueeniekvivalenttina määritettyjen yksittäisten yhdisteiden mittaepävarmuudet ovat yllä mainittuja suurempia, ja niiden pitoisuusmäärittäminen on semikvantitatiivinen.

| Putkityyppi | Adsorbentti                       | Mitattujen yhdisteiden koko | Näytteenottoaika |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------|
| 1           | Tenax TA                          | n-C7 - n-C26                | 30 min           |
| 2           | Tenax TA/Carbograph 1TD           | n-C5/6 - n-C20              | 30 min           |
| 3           | Tenax/Carbograph 1TD/Carboxen1000 | n-C3/4 - n-C20              | 30 min           |
| 4           | Tenax GR                          | n-C7-n-C30                  | 30 min           |
| 5           | Molecular Sieve 5Å                | N2O (typpioksidi)           | 30 min           |
| 6           | Carbosieve S111                   | n-C2 - n-C6                 | 30 min           |

#### 4.1.2 Tulostaulukko, FLEC -analyysi

VVOC/VOC -yhdisteiden pitoisuudet ja yksiköt on esitetty alla olevissa taulukoissa.

|    | Näytteet 1-2, yhdisteiden pitoisuudet | Yksikkö | Putkityyppi |
|----|---------------------------------------|---------|-------------|
| 1. | Huone 101 matto                       | ng/g h  | 3           |
| 2. | Huone 102 matto                       | ng/g h  | 3           |

| Ryhmä            | Yhdiste                             | 1         | 2          |
|------------------|-------------------------------------|-----------|------------|
| <b>Aldehydit</b> |                                     |           |            |
|                  | Bentsaldehydi                       | 3         | 11         |
|                  | Dekanaali                           | 4         | 6          |
|                  | Heksanaali                          | 2         | 4          |
|                  | Heptanaali                          | 1         | 2          |
|                  | Nonanaali                           | 7         | 12         |
|                  | Oktanaali                           | 4         | 10         |
|                  | <b>Yhteensä</b>                     | <b>21</b> | <b>45</b>  |
| <b>Alkaanit</b>  |                                     |           |            |
|                  | (1-metyylipentyyli)syklopropani     | 44        | 11         |
|                  | 3,4-dimetyyliheptaani               |           | 1          |
|                  | Dodekaani                           | 3         | 3          |
|                  | Etyylisyklopentaani                 | 7         |            |
|                  | Heksaani                            | 4         | 1          |
|                  | Syklodekaani                        |           | 3          |
|                  | Tetradekaani                        |           | 1          |
|                  | Tridekaani                          | 1         | 1          |
|                  | Undekaani                           |           | 5          |
|                  | <b>Yhteensä</b>                     | <b>59</b> | <b>26</b>  |
| <b>Alkeenit</b>  |                                     |           |            |
|                  | 1-Dodekeeni                         | 1         |            |
|                  | 3-etyyli-1-penteeni                 |           | 9          |
|                  | <b>Yhteensä</b>                     | <b>1</b>  | <b>9</b>   |
| <b>Alkoholit</b> |                                     |           |            |
|                  | 1-Butanoli                          | 3         | 2          |
|                  | 1-Heksanoli                         |           | 1          |
|                  | 1-Heptanoli                         | 1         | 4          |
|                  | 1-nonanoli                          | 12        | 4          |
|                  | 1-Oktanoli                          | 2         | 5          |
|                  | 1-Pentanoli                         |           | 4          |
|                  | 2-Butoksietanoli                    |           | 1          |
|                  | 2-etyylibutanoli                    | 1         |            |
|                  | 2-Etyyliheksanoli                   | 13        | 6          |
|                  | 2-Fenoksietanoli                    | <b>74</b> | <b>189</b> |
|                  | 4-metyylisykloheksanoli             | 1         |            |
|                  | Bisyklo[3.1.1]hept-2-eeni-2-etanoli | 2         | 4          |
|                  | Etanoli                             | 5         | 4          |
|                  | Isobutanoli                         |           | 1          |
|                  | Isopropanoli                        |           | 2          |
|                  | Sykllobutanoli                      | 1         |            |

| Ryhmä                   | Yhdiste                         | 1   | 2   |
|-------------------------|---------------------------------|-----|-----|
|                         | <b>Yhteensä</b>                 | 115 | 227 |
| <b>Amiinit</b>          |                                 |     |     |
|                         | Etyyliamiini                    | 1   |     |
|                         | <b>Yhteensä</b>                 | 1   |     |
| <b>Aromaattiset</b>     |                                 |     |     |
|                         | p-Ksyleeni                      | 1   | 1   |
|                         | p-Symeeni                       |     | 1   |
|                         | Tolueeni                        | 1   |     |
|                         | <b>Yhteensä</b>                 | 2   | 2   |
| <b>Eetterit</b>         |                                 |     |     |
|                         | 2-Pentyylifuraani               |     | 2   |
|                         | <b>Yhteensä</b>                 |     | 2   |
| <b>Esterit</b>          |                                 |     |     |
|                         | TXIB                            | 13  | 12  |
|                         | <b>Yhteensä</b>                 | 13  | 12  |
| <b>Fenolit</b>          |                                 |     |     |
|                         | Fenoli                          |     | 3   |
|                         | <b>Yhteensä</b>                 |     | 3   |
| <b>Glykolieetterit</b>  |                                 |     |     |
|                         | Dietyleeniglykolibutyylieetteri | 4   | 9   |
|                         | <b>Yhteensä</b>                 | 4   | 9   |
| <b>Ketonit</b>          |                                 |     |     |
|                         | 2-dekanoni                      | 1   | 4   |
|                         | 2-Heptanoni                     |     | 1   |
|                         | 2-Nonanoni                      |     | 2   |
|                         | 5-Etyylihydro-2(3H)-furanoni    |     | 1   |
|                         | 6-Metyyli-5-hepten-2-oni        | 3   |     |
|                         | Asetoni                         | 14  | 4   |
|                         | N-Metyyli-2-pyrrolidinoni       | 2   | 15  |
|                         | <b>Yhteensä</b>                 | 20  | 27  |
| <b>Orgaaniset hapot</b> |                                 |     |     |
|                         | Etikkahappo                     | 5   |     |
|                         | <b>Yhteensä</b>                 | 5   |     |
| <b>Siloksaanit</b>      |                                 |     |     |
|                         | Trimetyylisilanoli              | 3   | 2   |
|                         | <b>Yhteensä</b>                 | 3   | 2   |
| <b>Terpeenit</b>        |                                 |     |     |
|                         | alfa-Pineeni                    | 2   | 1   |
|                         | Borneoli                        | 1   | 4   |
|                         | delta-3-Kareeni                 | 1   | 1   |
|                         | Isolongifoleeni                 |     | 10  |
|                         | Longifoleeni                    | 4   |     |

| Ryhmä                   | Yhdiste            | 1          | 2          |
|-------------------------|--------------------|------------|------------|
|                         | l-Verbenoni        |            | 3          |
|                         | trans-Karyofyleeni | 3          | 4          |
|                         | <b>Yhteensä</b>    | <b>11</b>  | <b>23</b>  |
|                         |                    |            |            |
| <b>Tunnistamattomat</b> |                    |            |            |
|                         |                    | 101        | 64         |
|                         |                    |            |            |
| <b>TVOC</b>             |                    | <b>356</b> | <b>451</b> |

Näytteet 1-2, ryhmien pitoisuudet

| Ryhmä            | 1   | 2   |
|------------------|-----|-----|
| Aldehydit        | 21  | 45  |
| Alkaanit         | 59  | 26  |
| Alkeenit         | 1   | 9   |
| Alkoholit        | 115 | 227 |
| Amiinit          | 1   |     |
| Aromaattiset     | 2   | 2   |
| Eetterit         |     | 2   |
| Esterit          | 13  | 12  |
| Fenolit          |     | 3   |
| Glykolieetterit  | 4   | 9   |
| Ketonit          | 20  | 27  |
| Orgaaniset hapot | 5   |     |
| Siloksaanit      | 3   | 2   |
| Terpeenit        | 11  | 23  |
| Tunnistamattomat | 101 | 64  |
| TVOC             | 356 | 451 |

#### 4.1.3 Johtopäätös

Molemmassa materiaalien FLEC-näytteissä epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin 2-fenoksietanolia, jonka pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuuksista.

2-fenoksietanolia käytetään mm. lattiovahannoissa, liimoissa ja desinfiointiaineissa.



#### 4.1.4 Tulostaulukko, FLEC –analyysi, JATKOTUTKIMUS 2011

VVOC/VOC -yhdisteiden pitoisuudet ja yksiköt on esitetty alla olevissa taulukoissa.

|    | Näytteet 1-2, yhdisteiden pitoisuudet   | Yksikkö | Putkityyppi |
|----|---|---------|-------------|
| 1. | FG1. Huone 101, lattiamatto, takanurkka | ng/g h  | 3           |
| 2. | FG2. Huone 114, lattiamatto             | ng/g h  | 3           |

| Ryhmä               | Yhdiste                             | 1            | 2          |
|---------------------|-------------------------------------|--------------|------------|
| <b>Aldehydit</b>    |                                     |              |            |
|                     | Bentsaldehydi                       | 2            | 2          |
|                     | Dekanaali                           | 3            | 2          |
|                     | Heksanaali                          |              | 11         |
|                     | Nonanaali                           | 4            | 3          |
|                     | <b>Yhteensä</b>                     | <b>8</b>     | <b>8</b>   |
| <b>Alkaanit</b>     |                                     |              |            |
|                     | 2,2,3,3-Tetrametyyli-1-butanaali    |              | 1          |
|                     | 2,3,4-Trimetyyli-1-pentanaali       |              | 1          |
|                     | 2-Metyyli-1-butanaali               | 2            | 3          |
|                     | Dodekaani                           |              | 1          |
|                     | Heksaani                            | 1            | 3          |
|                     | Heptaani                            |              | 1          |
|                     | Pentaani                            | 2            |            |
|                     | Tetradekaani                        |              | 1          |
|                     | Undekaani                           | 2            | 6          |
|                     | <b>Yhteensä</b>                     | <b>7</b>     | <b>16</b>  |
| <b>Alkeenit</b>     |                                     |              |            |
|                     | 1-Noneeni                           |              | 2          |
|                     | 3,3,5-trimetyyli-1-hekseeni         |              | 32         |
|                     | 3-etyyli-1-penteeni                 |              | 13         |
|                     | 3-Metyyli-1-hekseeni                | 6            |            |
|                     | cis-3-metyyli-2-hekseeni            |              | 8          |
|                     | trans-3-metyyli-3-hekseeni          |              | 4          |
|                     | <b>Yhteensä</b>                     | <b>6</b>     | <b>59</b>  |
| <b>Alkoholit</b>    |                                     |              |            |
|                     | 1-nonanoli                          |              | 11         |
|                     | 1-Propanoli                         |              | 5          |
|                     | 2-Etyyliheksanoli                   | 3            | 4          |
|                     | 2-Fenoksietanoli                    | <b>191.9</b> | <b>65</b>  |
|                     | 2-Metyyli-2-propanoli               |              | 1          |
|                     | Bisyklo[3.1.1]hept-2-eeni-2-etanoli | 4            |            |
|                     | Etanoli                             |              | <b>71</b>  |
|                     | <b>Yhteensä</b>                     | <b>198</b>   | <b>158</b> |
| <b>Amiinit</b>      |                                     |              |            |
|                     | Dimetyyliamiini                     | 2            |            |
|                     | <b>Yhteensä</b>                     | <b>2</b>     |            |
| <b>Aromaattiset</b> |                                     |              |            |

| Ryhmä                   | Yhdiste                                     | 1            | 2         |
|-------------------------|---|--------------|-----------|
|                         | 1,2,4-Trimetyylibentseeni                   |              | 1         |
|                         | 1,3,5-Trimetyylibentseeni                   | 2            | 2         |
|                         | 2-Etyytilolueeni                            | 1            | 1         |
|                         | Bentseeni                                   | 1            | 2         |
|                         | Etyylibentseeni                             | 2            | 2         |
|                         | m-Ksyleeni                                  | 1            | 2         |
|                         | o-Ksyleeni                                  | 3            | 3         |
|                         | p-Ksyleeni                                  | 4            | 4         |
|                         | Tolueeni                                    | 5            | 6         |
|                         | <b>Yhteensä</b>                             | <b>18</b>    | <b>23</b> |
| <b>Esterit</b>          |   |              |           |
|                         | Dietyleeniglykolimonobutyylietteriasetaatti |              | 2         |
|                         | <b>Yhteensä</b>                             |              | <b>2</b>  |
| <b>Fenolit</b>          |   |              |           |
|                         | Fenoli                                      | <1           |           |
|                         | <b>Yhteensä</b>                             | <b>&lt;1</b> |           |
| <b>Glykolieetterit</b>  |   |              |           |
|                         | 1-(2-Metoksi)propoksi-2-propanoli           | 7            |           |
|                         | Dietyleeniglykolibutyylietteri              | 18           | 6         |
|                         | Dietyleeniglykolimonoetyylietteri           | 78           | 9         |
|                         | <b>Yhteensä</b>                             | <b>103</b>   | <b>15</b> |
| <b>Ketonit</b>          |   |              |           |
|                         | 5-Etyylihydro-2(3H)-furanoni                | 2            |           |
|                         | Asetoni                                     |              | 11        |
|                         | N-Metyyli-2-pyrrolidinoni                   | 17           | 5         |
|                         | Verbenoni                                   | 1            |           |
|                         | <b>Yhteensä</b>                             | <b>20</b>    | <b>15</b> |
| <b>Orgaaniset hapot</b> |   |              |           |
|                         | 2-Etyyliheksaanihappo                       | 4            | 3         |
|                         | Etikkahappo                                 | <b>81</b>    | 3         |
|                         | Heksaanihappo                               | 8            | 2         |
|                         | Oktaanihappo                                | 6            |           |
|                         | Pentaanihappo                               | 2            |           |
|                         | Propionihappo                               | 2            |           |
|                         | <b>Yhteensä</b>                             | <b>103</b>   | <b>7</b>  |
| <b>Siloksaanit</b>      |   |              |           |
|                         | Trimetyylisilanoli                          | 2            | 3         |
|                         | <b>Yhteensä</b>                             | <b>2</b>     | <b>3</b>  |
| <b>Terpeenit</b>        |   |              |           |
|                         | alfa-Pineeni                                | 8            | 17        |
|                         | beta-Pineeni                                |              | 2         |
|                         | delta-3-Kareeni                             | 4            | 5         |
|                         | dl-Limoneeni                                | 2            | 2         |
|                         | Kamfeeni                                    |              | <1        |
|                         | Longifoleeni                                | 3            | 2         |

| Ryhmä                   | Yhdiste  | 1   | 2   |
|-------------------------|----------|-----|-----|
|                         | Yhteensä | 17  | 29  |
| <b>Tunnistamattomat</b> |          |     |     |
|                         | Yhteensä | 33  | 43  |
| <b>TVOC</b>             |          | 518 | 375 |

Näytteet 1-2, ryhmien pitoisuudet

| Ryhmä            | 1     | 2   |
|------------------|-------|-----|
| Aldehydit        | 8     | 8   |
| Alkaanit         | 7     | 16  |
| Alkeenit         | 6     | 59  |
| Alkoholit        | 198.3 | 158 |
| Amiinit          | 2     |     |
| Aromaattiset     | 18    | 23  |
| Esterit          |       | 2   |
| Fenolit          | <1    |     |
| Glykolieetterit  | 103.3 | 15  |
| Ketonit          | 20    | 15  |
| Orgaaniset hapot | 103   | 7   |
| Siloksaanit      | 2     | 3   |
| Terpeenit        | 17    | 29  |
| Tunnistamattomat | 33    | 43  |
| TVOC             | 518   | 375 |

#### 4.1.5 Johtopäätös

Materiaalin FLEC-näytteessä Huone 101, lattiamatto, takanurkka epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin 2-fenoksisietanolia ja etikkahappoa, joiden pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuudesta.

Materiaalin FLEC-näytteessä Huone 114, lattiamatto epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin 2-fenoksisietanolia ja etanolia, joiden pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuudesta.

Etikkahappo ja etanoli ovat kosteus- ja mikrobivauriota indikoivia yhdisteitä. 2-fenoksisietanolia käytetään mm. lattiavahanpoistoaineissa, puhdistusaineissa ja liimoissa.

## 5. MATERIAALIN EPÄPUHTAUDET

### 5.1 Mineraalivillakuidut tasopinnoilta

#### 5.1.1 Tutkimusmenetelmä

Tasopinnoille laskeutuneesta pölystä otettiin näyte ns. teippimenetelmällä. Menetelmässä pölyä kerättiin pinnalta kirkkaan teipin avulla, esimerkiksi Scotch Crystal-teippi. Teipistä irrotettiin noin 6-7 cm:n pituinen pala, joka painettiin tasopinnalle niin, että teippiin tarttui pinnalle laskeutunut pöly. Sen jälkeen teippi painettiin puhtaalle mikroskoopin aluslasille.

Pölyn koostumus tarkastettiin. Mineraalivillakuituanalyysi tehtiin valomikroskooppisesti. Mineraalivillakuidut tunnistettiin vertailemalla standardiaineisiin ja niiden määrä laskettiin.

Analyysin määrittäysraja on 0,17 kuitua/cm<sup>2</sup>.

#### 5.1.2 Tulos

| Näyte | Selite | Kuitua/cm <sup>2</sup> |
|-------|--------|------------------------|
| 1     | H102   | < 0,17                 |
| 2     | H101   | 0,3                    |
| 3     | H106   | < 0,17                 |
| 4     | H129   | < 0,17                 |

#### 5.1.3 Johtopäätös

Mineraalivillakuitunäytteessä H101 havaittiin kahden viikon laskeuman viitearvon ylittävä määrä mineraalivillakuituja (> 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>). Pidemmän välin kertymän ohjearvo 3 kuitua/cm<sup>2</sup> alittui selvästi.

Mineraalivillakuitunäytteissä H102, H106 ja H129 ei havaittu viitearvoja ylittäviä määriä mineraalivillakuituja (> 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>).

## 6. ALLEKIRJOITUKSET

Tulokset, johtopäätökset, toimenpidesuositukset ja muut tässä raportissa esitetyt lausunnot koskevat vain tätä allekirjoitettua raporttia kokonaisuudessaan ja vain tähän raporttiin sisältyviä näytteitä.

Tuloksiin perustuvat johtopäätökset, toimenpidesuositukset ja muut tässä analyysiraportissa esitetyt tulkinnat pohjautuvat yleiseen asiantuntemukseen tulosten merkityksestä. Analyysien merkitystä on verrattava kohteesta tehtyihin havaintoihin ja muihin mittauksiin.

Mahdollisissa oikeuksissa käsiteltävissä tai muuten ratkaistavissa riitatapauksissa raportissa esitettyjä tuloksia, johtopäätöksiä, toimenpidesuosituksia ja muita tämän raportin lausuntoja ei saa käyttää, ennen kuin raporttia koskevat maksusaatatavat on suoritettu kokonaisuudessaan Ositum Oy:lle.

Raporttia ja sen sisältämiä tuloksia, johtopäätöksiä, toimenpidesuosituksia ja muita tässä raportissa esitettyjä lausuntoja ei saa käyttää todisteena missään oikeusasteissa ilman Ositum Oy:n kirjallista lupaa. Raportin saa kopioida ainoastaan kokonaisuutena. Osien kopioiminen ilman lupaa on kielletty.

Ositum Oy vastaa antamastaan launnostaan konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen mukaisesti (KSE 1995).

Oulu 15.12.2010

Ositum Oy



Merja Mikkonen  
FT, toimialajohtaja, laboratoriot

Jakelu                      1 kpl tilaaja  
                                  1 kpl Ositum Oy:n arkisto