



Varistonniityn päiväkotii  
Sisäilmatutkimus 22.12.2010



Raporttitunnus 975110  
Rauno Pakanen, insinööri



## TIIVISTELMÄ

Variston päiväkodin 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 oli havaittavissa homeenhajua varaston 51 alaslaskutilassa.

Merkittävin sisäilmaongelmien aiheuttaja on lattioiden pintarakenteet. Muovimatoista haihtuu sisäilmaan haitallisia yhdisteitä, 2-etyyliheksanolia ja TXIP:tä.

Vanha kosteusvaurio tilassa 4 on aiheuttanut mikrobikasvustoa ulkoseinäeristeeseen.

Toimenpide-ehtotuksena on alapohjalaatan kapselointi ja huoneen 4 kosteusvaurioituneiden materiaalien uusinen. Lisäksi jo suunniteltujen kattolyhtyjen korjauksien yhteydessä desinfioidaan viereiset alaslaskut.



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 MIKROBIPINTAPYYHINTÄNÄYTE .....	5
4.6 MIKROBINÄYTTEET .....	5
4.7 MINERAALIVILLAKUIDUT, LÄMPÖTILAT, SUHTEELLINEN KOSTEUS JA PAINÉ-ERO .....	5
4.7.1 <i>Mineraalivillakuidut</i> .....	6
4.7.2 <i>Lämpötilat</i> .....	6
4.7.3 <i>Suhteellinen kosteus ja paine-ero</i> .....	6
4.7.4 <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 TOIMENPIDESUOSITUKSET.....	7

LIITE 1. Laboratorioanalyytit

## 1. TUTKIMUKSEN KOHDE JA LÄHTÖTIEDOT

### 1.1 Tutkimuskohde, tilaaja ja tutkimuksen suorittaja

Tutkimuksen kohteena oli Varistonniityn päiväkotii.

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	Varistonniityn päiväkotii, Niittäjäntie 13 B, 01660 Vantaa
Käyttötarkoitus	päiväkotii
Valmistumisvuosi	1986
Rakennuksia	1
Kerroksia	1
Runkojärjestelmä	Puurunko
Perustukset	maanvarainen sokkeli
Alapohja	maanvarainen
Julkisivut	Lautaverhous
Vesikate	Peltikate

### 1.2 Lähtötiedot

- Tilaajan antamat lähtötiedot
- Pääpiirustuksia

## 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 esitetyt.

Kuntotutkimuksen kenttätöet 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 suoritettut tutkimustoimenpiteet (rakenneavaukset, näytteidenotto ja mittaukset) on esitetty liitteessä 1.

#### Näytteenotto ja mittaukset lyhyesti:

- Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet, VVOC 6 kpl
- Mineraalivillakuitunäytteet 6 kpl
- Mikrobinäytteet rakennusmateriaaleista 5 kpl
- Mikrobinäyte pintapyyhintä 1 kpl
- Emissionäytteet materiaalista 5 kpl

## 4. TUTKIMUSTULOKSET

### 4.1 Käyttäjähastattelu

Lähtötietojen keräämiseksi haastateltiin päiväkodin henkilökuntaa.

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

Vesivuotoja on ollut muutamia lähinnä kattolyhtyjen kohdilla.

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

Tilassa 59 on uusittu matto, mikä on parantanut tilan huoneilmaa.

### 4.2 Yleistarkastus, aistinvaraiset havainnot

Tarkastettavina tiloina olivat pääosin ongelmatiloiksi määritetyt luokat.

Yhteistiloissa ei ole aistinvaraisesti havaittavia kosteusvaurioita tai poikkeavia hajuja.

Varastossa H51 on aistinvaraisesti homeen hajua.

### 4.3 Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet

VOC-näytteitä otettiin yhteensä 6 kpl.

Taulukko 2. VOC/VVOC-mittausten tulokset

Huone	Tulos
Tila 59	Näytteessä havaittiin epätavanomaisena pitoisuutena etanolia, lisäksi näytteessä havaittiin 2-etyyliheksanolia
Tila 50	Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-Metyylipropanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-metyyli-1,3-propaanidiyyliesteriä ja asetonia, lisäksi näytteessä havaittiin 2-etyyliheksanolia
Tila 29	Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina 2-Metyylipropanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-metyyli-1,3-propaanidiyyliesteriä ja pentaania
Tila 25	Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina nonanaalia ja TXIB:tä
Tila 23	Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina nonanaalia, dekanaalia ja TXIB:tä, lisäksi näytteessä havaittiin 2-etyyliheksanolia
Tila 3	Näytteessä havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina etanolia, 2-Metyylipropanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-metyyli-1,3-propaanidiyyliesteriä ja asetonia, lisäksi näytteessä havaittiin 2-etyyliheksanolia

Etanoli, nonanaali ja dekanaali ovat kosteus- ja mikrobivauriota indikoivia yhdisteitä. Asetonia käytetään mm. puhdistusaineissa ja kosmetiikkatuotteissa. Pentaa-nia käytetään mm. maaleissa, lakoissa ja liimoissa sekä ponneaineena aerosoli-pakkauksissa. TXIB:tä vapautuu esimerkiksi sellaisenaan muovimatosta sekä kos-teuden vaikutuksesta betonilaatan, liiman ja PVC-muovimaton välisissä reaktiois-sa. 2-Metyylipropanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-metyyli-1,3-propaanidiyyli-esteri on TXIB:n sisaryhdiste.

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteissä H59, H50, H23 ja H3 havaittiin myös 2-etyyliheksanolia. 2-etyyliheksanoli on kosteus- ja mikrobivauriota indikoiva yh-diste. Sitä saattaa myös emittoitua, irrota sisäilmaan, kosteuden vaurioittamista muovimatoista.

#### 4.4 Materiaalien emissio

Viidestä tilasta otettiin lattiamatosta materiaaliemissionäyte.

Taulukko 3. FLEC-mittausten tulokset

Huone	Tulos
Tila 61	Mattonäytteessä kokonaisemissio erittäin suuri. Epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin 2-etyyliheksanolia ja TXIP:tä.
Tila 58	Mattonäytteessä kokonaisemissio erittäin suuri. Epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin 2-etyyliheksanolia ja TXIP:tä.
Tila 29	Mattonäytteessä kokonaisemissio erittäin suuri. Epätavanomaisena pitoisuutena havaittiin 2-etyyliheksanolia.
Tila 18	Mattonäytteessä kokonaisemissio erittäin suuri. Epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin 2-etyyliheksanolia ja TXIP:tä.
Tila 4	Mattonäytteessä kokonaisemissio erittäin suuri. Epätavanomaisena pitoisuutena havaittiin 2-etyyliheksanolia.

TXIB:tä vapautuu esimerkiksi sellaisenaan muovimatosta sekä kosteuden vaiku-tuksesta betonilaatan, liiman ja PVC-muovimaton välisissä reaktioissa.

Emäksinen kosteus ja ammoniakki hajottavat dioktyyliftalaatteja, jotka ovat muo-vien ja kumien pehmittimiä. Ftalaattien hajotessa niistä muodostuu 2-etyyliheksanolia, joka aiheuttaa makeahkoa hajua. Märällä betonipinnalla tapah-tuu siten sisäilman laadun kannalta haitallisia prosesseja. Maton ja betonipinnan ei tarvitse kuitenkaan olla enää kosteita, sillä reaktion kerran alettua se ei pysähdy, vaikka ko. pinnat ovat kuivia.

#### 4.5 Mikrokipintapyyhintänäyte

Tilan 51, varasto, alaslaskun päältä otettiin sivelynäyte. Tilassa oli homeen hajua, joka selvästi tuli alaslaskusta.

Alaslasku on kipsilevyä, jonka yläpinnalta pyyhintänäyte otettiin. Näytteessä havaittiin erittäin runsaasti hiivoja. Hiivojen esiintyminen näin runsaana tarkoittaa voimakasta kosteusrasitusta. Koska alaslaskussa itsessään ei ole kosteusvauriojälkiä, täytyy itiöiden tulla tilaan jostain muualta. Varaston vieressä on kattolyhty, jossa on ollut vesivuotoja. Todennäköisesti suuri hiivamäärä on peräisin tästä kosteusvauriosta.

#### 4.6 Mikrobinäytteet

Mikrobinäytteitä otettiin materiaaleista viisi. Näytteitä otettiin lattiatasoitteista, seinäeristeistä. Tulokset olivat yhtä poikkeusta lukuun ottamatta tavanomaisia.

Taulukko 4. Mikrobianalyysien tulokset

Huone	Tulos
Tila 29	Lattiatasointäytteen tulos tavanomainen. Seinäeristeen tulos tavanomainen.
Tila 18	Lattiatasointäytteen tulos tavanomainen.
Tila 4	Lattiatasointäytteen tulos tavanomainen. Seinäeriste mikrobivaurioitunut.

Seinäeriste on otettu vesivaurion kohdalta seinän alaosasta. Vesi on valunut ensin kattoa pitkin ja sitten ulkoseinän sisällä. Katossa näkyy lievästi kosteusvaurioitunutta kipsilevyä.

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

Tasopinnoilta otettiin mineraalivillakuitunäytteitä 6 kpl samoista tiloista kuin Voc-näytteet.

Taulukko 5. Kuitu-, lämpötila- suhteellisen kosteuden ja paine-eron mittausten tulokset

Huone	Kuitua/cm <sup>2</sup>	Lämpötila °C	Suhteellinen kosteus %Rh	Paine-ero ulkoilmaan Pa
Tila 59	< 0,17	25,1	69,3	-2
Tila 50	< 0,17	26,9	69,2	-4
Tila 29	< 0,17	25,8	69,0	-2
Tila 25	< 0,17	24,8	68,3	-2



Tila 23	< 0,17	25,4	69,0	-4
Tila 4	< 0,17	21,5	71,5	-3

#### 4.7.1 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 tasopin-nalle niin, että teippiin tarttui pinnalle laskeutunut pöly. Sen jälkeen teippi painet-tiin 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 siivo-us puhdistaa tasopintoja. Siksi ohjearvona voidaan käyttää 3 kuitua/cm<sup>2</sup>. Yksikään näyte ei sisältänyt näin paljon kuituja.

#### 4.7.2 Lämpötilat

Lämpötilat vaihtelivat 21,5-26,9°C. Lämpötila tilassa 4 oli normaali, muissa ti-loissa lämpötila oli korkeahko.

#### 4.7.3 Suhteellinen kosteus ja paine-ero

Suhteelliset kosteudet vaihtelivat 68,3- 71,5 %Rh. Kosteudet olivat hieman kor-keita, mutta ulkona oli mittaushetkellä erittäin kostea ilma.

#### 4.7.4 Paine-ero

Alipaine huoneilmassa ulkoilmaan nähden vaihteli 2-4 Pa. Paine-erot olivat nor-maaleja koneellisella tulo- ja poistoilmalla varustettuun rakennukseen.

## 5. YHTEENVETO

### 5.1 Turvallisuusriskit

Turvallisuusriskejä ei havaittu.

### 5.2 Rakenteiden kunto

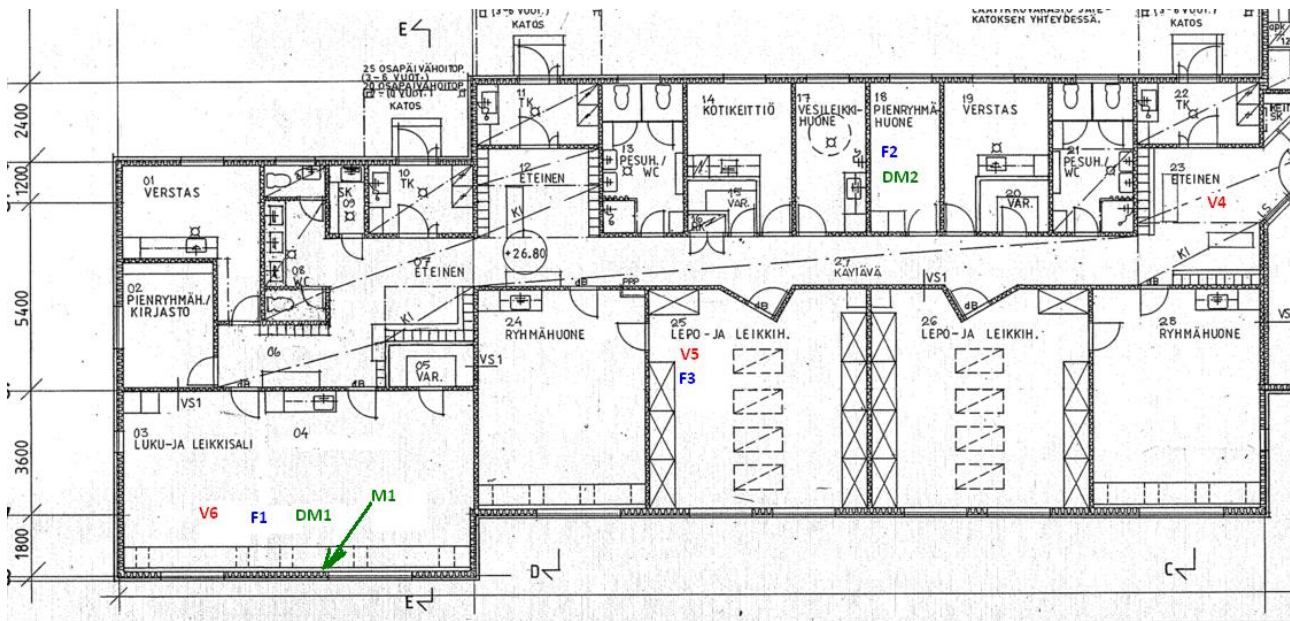
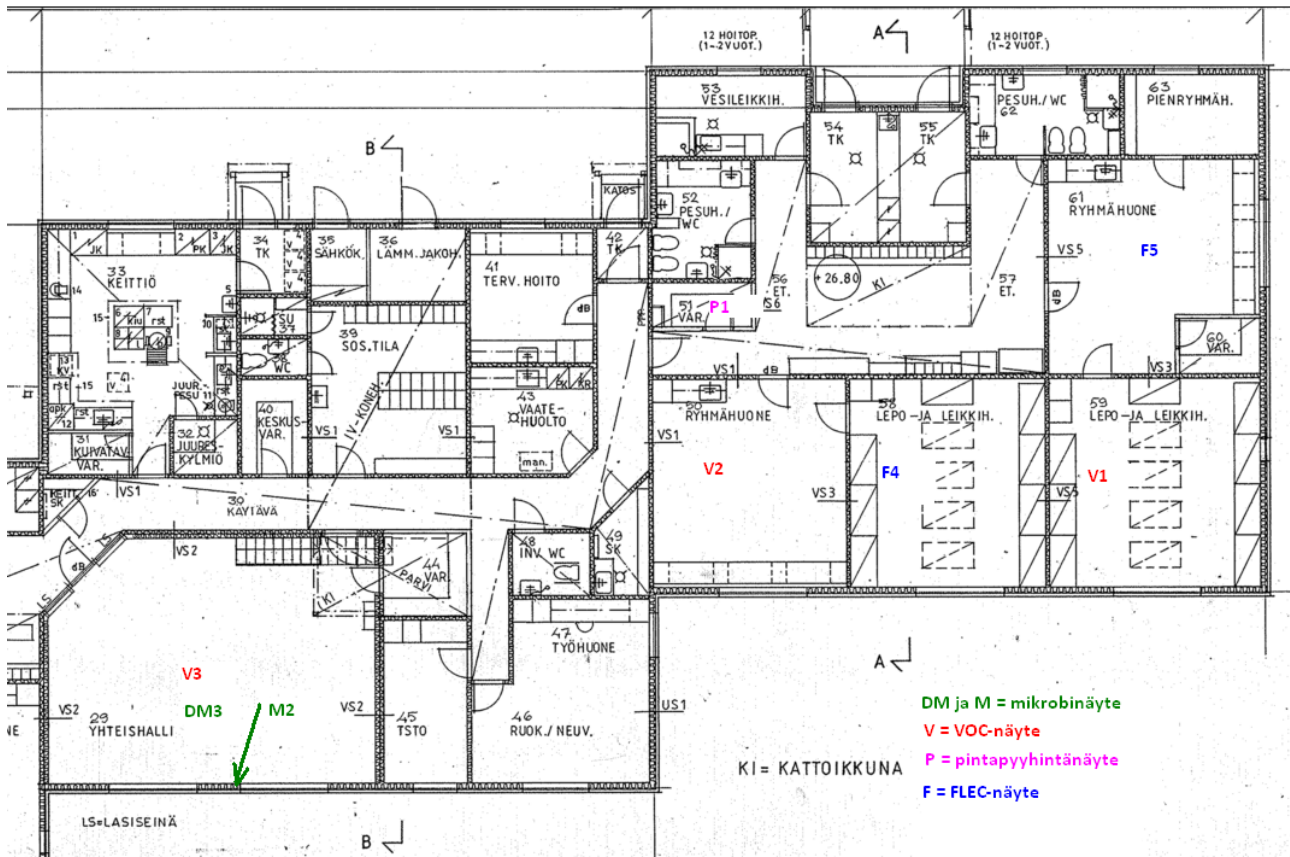
- Rakenteet pääsääntöisesti tyydyttävässä kunnossa
- Kattolyhdyissä on ollut vesivuotoja, jotka ovat aiheuttaneet kosteusvaurioita
- Ainakin huoneessa 4 on kattovuodon aiheuttaman vettä valunut pitkin kattoa ja ulkoseinää

### 5.3 Sisäilma

- Sisäilmaa eniten haittaava tekijä on lattioiden pintarakenne
- Kattolyhtyjen vesivuodoista johtuvat kosteusvauriot heikentävät sisäilman laatua tiloissa, joissa on yhteys alaslaskun kautta
- Ulkoseinäeristeestä, huoneessa 4, löytyi epätavanomaisia mikrobipitoisuuksia kosteusvaurion kohdalla
- Mineraalivillakuituja ei havaittu tasopinnoilla

### 5.4 Toimenpidesuosittukset

- Lattioiden pintarakenteet uusitaan poistamalla matot, hiomalla betonilattaa, tehdään tarvittavat tasoitustyöt sekä seinän ja lattian rajan tiivistykset. Tämän jälkeen lattia kapseloidaan epoksihartsilla, esim. Uzin Pe 460, jonka jälkeen lattia päällystetään matolla tai muulla halutulla materiaalilla.
- Kattolyhdyille on tehty jo korjaussuunnitelma. Korjauksissa tulee huomioida myös viereiset alaslasketut tilat, joihin itiöt ovat päässeet. Alaslaskut voidaan desinfioida sumuttamalla.
- Huoneesta 4 uusitaan vahingoittuneet materiaalit katosta ja seinästä



**VARISTONNIITYN PÄIVÄKOTI  
SISÄILMAN LAADUN TUTKIMUS**



**Tutkimusraportti 975110**

10.12.2010

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.....	8
2.1.4	Viitearvoja .....	9
2.1.5	Kirjallisuus .....	10
3.	HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, MATERIAALISTA .....	11
3.1	VVOC ja VOC -yhdisteet, FLEC.....	11
3.1.1	Tutkimusmenetelmä.....	11
3.1.2	Tulostaulukko, FLEC -analyysi .....	12
3.1.3	Johtopäätös.....	15
4.	MIKROBIANALYYSI.....	16
4.1	Pyyhintänäyte, viljelyanalyysi.....	16
4.1.1	Tutkimusmenetelmä.....	16
4.1.2	Tulos .....	16
4.1.3	Johtopäätös.....	17
4.1.4	Viitearvoja .....	17
4.1.5	Kirjallisuus .....	17
4.2	Materiaalinäyte, DNA-analyysi .....	18
4.2.1	Tutkimusmenetelmä.....	18
4.2.2	Tulos .....	18
4.2.3	Johtopäätös.....	19
4.2.4	Viitearvoja .....	19
4.2.5	Kirjallisuus .....	19
4.3	Materiaalinäyte, viljelyanalyysi .....	20
4.3.1	Tutkimusmenetelmä.....	20
4.3.2	Tulos .....	20
4.3.3	Johtopäätös.....	21
4.3.4	Viitearvoja .....	21
4.3.5	Kirjallisuus .....	21
5.	ALLEKIRJOITUKSET .....	22

## 1. YHTEYSTIEDOT

<b>Tilaaaja</b>	Vantaan kaupunki tilakeskus, hankepalvelut, rakennuttaminen Jouni Räsänen Kielotie 13 01300 Vantaa
<b>Tutkimuskohde</b>	Varistonniityn päiväkot Niittäjäntie 13 B VANTAA
<b>Perustettu</b>	16.11.2010
<b>Laboratorio</b>	Ositum Oy Kiilakiventie 1 90250 OULU
<b>Yhteyshenkilö</b>	RI, toimialajohtaja, tutkimus Rauno Pakanen 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 laboratorioille ilmoitettuun ilmamäärään.

Suosittelava näytteenottoaika määrittyy käytetyn putkityypin sisältämien adsorbenttien ominaisuuksien perusteella. Suositellavat 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 analyseista.

TVOC (Total Volatile Organic Compounds) on sisäilmanäytteestä analysoitujen yhdisteiden yhteenlaskettu pitoisuus. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet lasketaan vertaamalla niiden vastetta tolueenin vasteesta muodostettuun nollan kautta kulkevaan kalibraatiosuoraan (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 mittausepävarmuus 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 mittausepävarmuudet ovat yllä mainittuja suurempia, ja niiden pitoisuusmäärittäminen on semikvantitatiivinen.

Analyysi 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 1-6, yhdisteiden pitoisuudet	Yksikkö	Putkityyppi
1.	VO1. H59	µg/m <sup>3</sup>	3
2.	VO2. H50	µg/m <sup>3</sup>	3
3.	VO3. H29	µg/m <sup>3</sup>	3
4.	VO4. H23	µg/m <sup>3</sup>	3
5.	VO5. H25	µg/m <sup>3</sup>	3
6.	VO6. H3	µg/m <sup>3</sup>	3

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4	5	6
<b>Aldehydit</b>							
	Bentsaldehydi	1	1	1	<1	1	1
	Dekanaali	5	2	1	3	1	2
	Heksanaali	1	1	<1	1	<1	2
	Heptanaali	1	<1		<1	<1	<1
	Nonanaali	6	3	1	4	3	4
	Oktanaali	1	<1		1	<1	1
	Pentanaali					<1	
	Undekanaali						<1
	<b>Yhteensä</b>	15	7	3	9	5	10
<b>Alkaanit</b>							
	1,2-Dimetyylisyklopentaani	<1					
	2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani		1				
	2,4-dimetyyliheptaani	1					
	2,6,7-trimetyylidekaani	<1					
	2-Metylibutaani	1	2	1	<1	<1	2
	2-Metyliheksaani	<1					<1
	2-Metylipentaani	<1					<1
	3,3,5-Trimetyyliheptaani	<1					
	3-Metyliheksaani	1					<1
	3-Metylipentaani						<1
	Dekaani	<1					
	Dodekaani	1					<1
	Heksaani	1					3
	Heptaani	1					1
	Metyylisykloheksaani	2					<1
	Pentaani	3		2		<1	
	Sykloheksaani	<1					
	Undekaani	1					
	<b>Yhteensä</b>	12	3	3	<1	<1	6
<b>Alkeenit</b>							
	1-Noneeni						
	2,4-Dimetyyli-1-hepteeni	1					
	cis-1,3-Pentadieeni	1			1		
	Isopreeni		2				1
	<b>Yhteensä</b>	2	2		1		1



Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4	5	6
<b>Alkoholit</b>							
	2-Etyyliheksanoli	1	1	<1			1
	2-Fenoksietanoli						
	2-Metyyli-2-propanoli	1					
	Etanoli	12	2	1			6
	Syklobutanoli			1			
	<b>Yhteensä</b>	14	3	2	<1		7
<b>Aromaattiset</b>							
	1,2,4-Trimetyylibentseeni	1					<1
	3-Etyylitolueeni	<1					
	Bentseeni	2	1	1	1	1	1
	Etyylibentseeni	1	<1	<1	<1	<1	1
	Ksyleeni						<1
	m-Ksyleeni	1					
	o-Ksyleeni	1	<1	<1	<1	<1	1
	p-Ksyleeni	1	<1	<1	<1	<1	1
	Tolueeni	1	1	1	1	1	2
	<b>Yhteensä</b>	8	2	2	2	2	6
<b>Epoksidit</b>							
	2,3-Epoksibutaani				1		
	<b>Yhteensä</b>				1		
<b>Esterit</b>							
	2-Metyylipropaanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-m	2	7	9			6
	TXIB				8	8	
	<b>Yhteensä</b>	2	7	9	8	8	6
<b>Halogenoidut</b>							
	1,1,2-Trikloori-1,2,2-trifluorietaani	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Fluoritrikloorimetaani	1	2	<1	1	<1	1
	<b>Yhteensä</b>	1	2	<1	1	<1	1
<b>Ketonit</b>							
	2-Butanoni	1					
	6-Metyyli-5-hepten-2-oni	1	<1		<1		1
	Asetofenoni	1	<1				
	Asetoni		4		<1		7
	<b>Yhteensä</b>	3	4		<1		8
<b>Muut</b>							
	Syklopentyyliasetyleeni						<1
	<b>Yhteensä</b>						<1
<b>Orgaaniset hapot</b>							
	Etikkahappo		1				1
	<b>Yhteensä</b>		1				1
<b>Terpeenit</b>							
	alfa-Pineeni	1	<1		<1		1
	alfa-Terpinoleeni		1				

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4	5	6
	delta-3-Kareeni	<1					
	dl-Limoneeni	1	1	<1	<1		
	<b>Yhteensä</b>	2	2			1	
<b>Tunnistamattomat</b>							
		2				1	1
<b>TVOC</b>							
		61	33	19	22	16	48

### Näytteet 1-6, ryhmien pitoisuudet

Ryhmä	1	2	3	4	5	6
Aldehydit	15	7	3	9	5	10
Alkaanit	12	3	3	<1	<1	6
Alkeenit	2	2		1		1
Alkoholit	14	3	2	<1		7
Aromaattiset	8	2	2	2	2	6
Epoksidit				1		
Esterit	2	7	9	8	8	6
Halogenoidut	1	2	<1	1	<1	1
Ketonit	3	4		<1		8
Muut						<1
Orgaaniset hapot		1				1
Terpeenit	2	2		<1		1
Tunnistamattomat	2				1	1
<b>TVOC</b>	<b>61</b>	33	19	22	16	48

### 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 -näytteessä H59 epätavanomaisena pitoisuutena havaittiin etanolia, jonka pitoisuus ylitti 10 % kokonaispitoisuudesta.

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteessä H50 epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin 2-Metyylipropanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-metyyli-1,3-propanidyyliesteriä ja asetonia, joiden pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuudesta.

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteessä H29 epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin 2-Metyylipropanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-metyyli-1,3-propanidyyliesteriä ja pentaania, joiden pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuudesta.

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteessä H23 epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin nonanaalia, dekanaalia ja TXIB:tä, joiden pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuudesta.

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteessä H25 epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin nonanaalia ja TXIB:tä, joiden pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuudesta.

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteessä H3 epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin etanolia, 2-Metyylipropanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-metyyli-1,3-propanidyyliesteriä ja asetonia, joiden pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuudesta.

Etanoli, nonanaali ja dekanaali ovat kosteus- ja mikrobivauriota indikoivia yhdisteitä. Asetonia käytetään mm. puhdistusaineissa ja kosmetiikkatuotteissa. Pentaania käytetään mm. maaleissa, lakoissa ja liimoissa sekä ponneaineena aerosolipakkauksissa. TXIB:tä vapautuu esimerkiksi sellaisenaan muovimatosta sekä kosteuden vaikutuksesta betonilaatan, liiman ja PVC-muovimaton välisissä reaktioissa. 2-Metyylipropanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-metyyli-1,3-propanidyyliesteri on TXIB:n sisaryhdiste.

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteissä H59, H50, H23 ja H3 havaittiin myös 2-etyyliheksanolia. 2-etyyliheksanoli on kosteus- ja mikrobivauriota indikoiva yhdiste. Sitä saattaa myös emittoitua, irrota sisäilmaan, kosteuden vaurioittamista muovimatoista.

## 2.1.4 Viitearvoja

Yhdisteiden viitearvoja, hajukynnys ja normaalipitoisuusarvot on esitetty  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ja HTP -arvot on esitetty  $\text{mg}/\text{m}^3$ ,  $1 \text{ mg} = 1000 \mu\text{g}$ .

Ryhmä	Yhdiste	Hajukynnys $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Normaalipitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$	HTP 8 h - $\text{mg}/\text{m}^3$	HTP 15 min - $\text{mg}/\text{m}^3$
Aldehydit	Bentsaldehydi	180	1.7		
	Dekanaali	650			
	Heksanaali	55	11.5		
	Nonanaali	13	5.0		
	Oktanaali		3.9		
	Pentanaali	20	1.6	110	
Alkaanit	Dekaani		4.3		
	Dodekaani		1.9		
	Heksaani	470000		72	
	Heptaani	40600	3.2	1200	2100
	Metyylisykloheksaani	2037000	1.4	1600	2000
	Pentaani	94700		1500	1900
	Sykloheksaani	293000		350	875
	Undekaani		4.5		
Alkoholit	2-Metyyli-2-propanoli	66100		150	230
	Etanoli	55000		1900	2500
Aromaattiset	Bentseeni	28000	1.6	3.25	
	Etylibentseeni	10100	2.0	220	880
	Ksyleeni	4900	1.8	220	440
	m-Ksyleeni	4900		220	440
	o-Ksyleeni	4900	1.5	220	440
	p-Ksyleeni	4900	5.1	220	440
	Tolueeni	11100	14.4	190	380
Halogenoidut	1,1,2-Trikloori-1,2,2-trifluorietaani	3790000		7800	10000
	Fluoritrikloorimetaani	92900		5600	7000
Ketonit	2-Butanoni	810			300
	6-Metyyli-5-hepten-2-oni		1.6		
	Asetofenoni	1810		25	
	Asetoni	31500		1200	1500
Orgaaniset hapot	Etikkahappo	400		13	25
Terpeenit	alfa-Pineeni	700	7.7		
	delta-3-Kareeni		6.0		
	dl-Limoneeni	2400	13.5		

Kirjallisuus (Wallace 1986, Molhave 1990, Seifert 1990)

Yhdisteryhmien yhteenlaskettujen kokonaispitoisuuksien laadullisia viitearvoja.

Ryhmä	Viitearvoja	Oirearvoja
Aldehydit	20	
Alkaanit	100	
Aromaattiset	50	1000
Esterit	20	
Halogenoidut	30	
Muut	50	
Terpeenit	30	

Kirjallisuus (Wallace 1986, Seifert 1990)

Yhdisteiden yhteenlaskettujen pitoisuuksien, TVOC, yleisiä seuraamuksia.

TVOC	Yhdisteiden kokonaispitoisuudelle raportoituja seurauksia
600-3000	saattaa esiintyä oireita
3000-25000	aiheuttaa epämiellyttävän olon
>25000	aiheuttaa myrkytysoireita

Kirjallisuus (Molhave 1990)

## 2.1.5 Kirjallisuus

International Chemical Safety Cards (ICSC) (2007) The International Programme on Chemical Safety (IPCS) joint programme of the United Nations Environment Programme (UNEP), the International Labour Office (ILO) and the World Health Organization (WHO). Cited January 24th 2007 from: <http://www.who.int/ipcs/publications/icsc/en/index.html>

Kostiainen R, Nokelainen S & Ahonen S (1994) Haihtuvat Orgaaniset Yhdisteet Huoneilmassa. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 13/94, Helsinki.

Molhave L (1990) Volatile organic compounds, indoor air quality and health. Teoksessa: Walkinshaw, D.S. (ed) Indoor Air '90, Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Toronto, Canada, 5: 15-33.

Seifert B (1990) Regulating indoor air. Teoksessa: Walkinshaw, D.S. (ed) Indoor Air '90, Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Toronto, Canada, 5: 35-49.

Sisäilmastoluokitus 2000, Sisäilmayhdistys julkaisu 5 (2001) Sisäilmayhdistys ry, Rakennustietosäätiö, Suomen Arkkitehtiliitto SAFA, Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ja Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen Liitto SKOL. Kirjapaino Verbi, Espoo.

Wallace LA (1986) An overview of the total exposure assessment methodology (TEAM) study. Summary and analysis, Vol. 1. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.

### 3. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, MATERIAALISTA

#### 3.1 VVOC ja VOC -yhdisteet, FLEC

##### 3.1.1 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 analyyseistä.

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

### 3.1.2 Tulostaulukko, FLEC -analyysi

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

	Näytteet 1-5, yhdisteiden pitoisuudet	Yksikkö	Putkityyppi
1.	Huone 4 matto	ng/g h	3
2.	Huone 18 matto	ng/g h	3
3.	Huone 25 matto	ng/g h	3
4.	Huone 58 matto	ng/g h	3
5.	Huone 61 matto	ng/g h	3

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4	5
<b>Alkaanit</b>						
	1,1,2-Trimetyyliisokloheksaani	76				
	1,2,3-Trimetyyliisokloheksaani					356
	1,4-dimetyyliisokloheksaani	32				
	1,6-dimetyyliidekahydronaftaleeni			21		
	10-metyyliionadekaani				36	
	1-Metyyliidekaliini	290	22	32	51	
	2,2,11,11-tetrametyyliidodekaani				22	
	2,2,3-trimetyyliheksaani		27		66	
	2,2,5-trimetyyliidekaani		9			
	2,2,5-Trimetyyliheksaani	258				
	2,3,4-trimetyyliheksaani	81	17	20	26	76
	2,5-dimetyyliundekaani	89				74
	2,6,10-Trimetyyliidodekaani	84	25	37		229
	2,6-dimetyyliidekahydronaftaleeni		40			
	2,6-Dimetyylioktaani					115
	2,6-Dimetyyliundekaani	584	19	81	89	630
	2,8-dimetyyliundekaani				24	
	2-Butyyli-1,1,3-trimetyyliisokloheksaani		26	30	41	
	2-metyyliidodekaani	121	28	32	43	113
	2-Metyyli-trans-dekaliini	121	9	14	24	103
	2-Metyylitridekaani		24	39	29	202
	2-Metyyliundekaani	590	27	40	73	
	2-propenyliisokloheksaani		19	33		
	3,3-Dimetyyliheksaani	175			6	
	3,6-dimetyyliundekaani	103	58			
	3,7-Dimetyyliidekaani		9	14		115
	3,7-dimetyylinonaani					511
	3-etyyli-2,2-dimetyyilipentaani					129
	3-Metyyliidekaani				16	
	3-Metyylitridekaani			30		
	3-Metyyliundekaani	776				
	4-Metyyliidodekaani	107	21	19	51	100
	4-Metyylitridekaani		14	26	20	119
	4-Metyyliundekaani	196	20		30	119
	5-Metyyliundekaani	161	23	25		188
	6-metyylitridekaani			31	32	
	7-Metyylitridekaani			123	127	340
	cis-1,2-dimetyyliisokloheksaani					375
	cis-1-Etyyli-2-metyyliisokloheksaani	230				

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4	5
	Dodekaani	1150	86	120	155	1470
	Heksyyli sykloheksaani	177	34	45	45	
	Heksyyli syklopentaani	77				
	Metyyli nonaanidioni					73
	Pentadekaani		23	42	28	
	Propyyli syklopentaani					1004
	Syklododekaani	77				169
	Tetradekaani	264	83	147	119	726
	Tridekaani	633	108	209	204	999
	Undekaani	356	16	25	44	349
	<b>Yhteensä</b>	<b>6808</b>	<b>787</b>	<b>1235</b>	<b>1401</b>	<b>8684</b>
<b>Alkeenit</b>						
	1-Dodekeeni					307
	2-Metyyli-1-hepteeni				12	
	cis-3-Dodekeeni		25		20	
	<b>Yhteensä</b>		<b>25</b>		<b>32</b>	<b>307</b>
<b>Alkoholit</b>						
	1-Heptanoli	274	76	56	305	
	1-Oktanoli	485	41	42	183	366
	2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli			135	159	
	2-butyylioktanoli	162				
	2-etyyli-1-pentanoli	62				
	2-Etyyliheksanoli	<b>1220</b>	<b>172</b>	<b>160</b>	<b>510</b>	<b>630</b>
	2-Fenoksietanoli				87	
	Etanoli		17	27	20	
	<b>Yhteensä</b>	<b>2203</b>	<b>306</b>	<b>420</b>	<b>1264</b>	<b>996</b>
<b>Aromaattiset</b>						
	1,2,3-Trimetyyli bentseeni	548				574
	1,2,4-Trimetyyli bentseeni	140	7		20	148
	1,3,5-Trimetyyli bentseeni	509	12	16	29	437
	1-Etyyli-2,4-dimetyyli bentseeni					79
	2-Etyyli-1,4-dimetyyli bentseeni	42				89
	2-Etyyylitolueeni	83				62
	3-Etyyylitolueeni					165
	4-Etyyli-1,2-dimetyyli bentseeni	99			10	
	4-Etyyylitolueeni	202				
	m-Ksyleeni	69				
	o-Ksyleeni	249				167
	p-Ksyleeni	227				60
	<b>Yhteensä</b>	<b>2168</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>59</b>	<b>1781</b>
<b>Eetterit</b>						
	Diheksyylietteri				22	
	<b>Yhteensä</b>				<b>22</b>	
<b>Esterit</b>						
	2-Etyyliheksyyliakrylaatti		36	34		
	2-Metyylipropaanin hapon 2-etyyli-3-hydroksiheksyyli				13	
	Butaanin hapon butyyliesteri			29		



Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4	5
	Isobutyli-isobutyaatti		16			
	TXIB		1647	22	967	499
	<b>Yhteensä</b>		1699	85	980	499
<b>Fenolit</b>						
	Fenoli		50		17	
	<b>Yhteensä</b>		50		17	
<b>Glykolieetterit</b>						
	Dietyleeniglykolimonoetyylieetteri		22	10	22	
	<b>Yhteensä</b>		22	10	22	
<b>Halogenoidut</b>						
	Dikloorimetaani		15			
	Kloroformi		10			
	<b>Yhteensä</b>		25			
<b>Ketonit</b>						
	Isomenthoni				21	
	Sykloheksyylimetyyliketoni				25	
	<b>Yhteensä</b>				46	
<b>Muut</b>						
	Dietoksimetaani					148
	<b>Yhteensä</b>					148
<b>Siloksaanit</b>						
	Triklorodokosyyilisilaani			45		
	<b>Yhteensä</b>			45		
<b>Terpeenit</b>						
	Isolongifoleeni				117	
	Longifoleeni	379	118	139		480
	<b>Yhteensä</b>	379	118	139	117	480
<b>Tunnistamattomat</b>						
		4133	501	358	591	3946
<b>TVOC</b>						
		15691	3552	2308	4551	16841

#### Näytteet 1-5, ryhmien pitoisuudet

Ryhmä	1	2	3	4	5
Alkaanit	6808	787	1235	1401	8684
Alkeenit		25		32	307
Alkoholit	2203	306	420	1264	996
Aromaattiset	2168	19	16	59	1781
Eetterit				22	
Esterit		1699	85	980	499
Fenolit		50		17	
Glykolieetterit		22	10	22	

Ositum Oy  
www.ositum.fi  
Fax 010 425 2601

Betonimiehenkuja 4  
02150 Espoo  
Puh 010 425 2610

Kiilakiventie 1  
90250 Oulu  
Puh 010 425 2600

Maakuntakatu 29 - 31  
96200 Rovaniemi  
Puh 010 425 2612

Ryhmä	1	2	3	4	5
Halogenoidut		25			
Ketonit				46	
Muut					148
Siloksaanit			45		
Terpeenit	379	118	139	117	480
Tunnistamattomat	4133	501	358	591	3946
TVOC	15691	3552	2308	4551	16841

### 3.1.3 Johtopäätös

Materiaalien FLEC-näytteissä Huone 18 matto ja Huone 58 matto epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin TXIB:tä, jonka pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuuksista. Näytteessä Huone 58 matto epätavanomaisena pitoisuutena havaittiin lisäksi 2-etyyliheksanolia, jonka pitoisuus ylitti 10 % kokonaispitoisuudesta.

TXIB:tä vapautuu esimerkiksi sellaisenaan muovimatosta sekä kosteuden vaikutuksesta betonilaatan, liiman ja PVC-muovimatton välisissä reaktioissa.

Emäksinen kosteus ja ammoniakki hajottavat dioktyyliftalaatteja, jotka ovat muovien ja kumien pehmittimiä. Ftalaattien hajotessa niistä muodostuu 2-etyyliheksanolia, joka aiheuttaa makeahkoa hajua. Märällä betonipinnalla tapahtuu siten sisäilman laadun kannalta haitallisia prosesseja. Maton ja betonipinnan ei tarvitse kuitenkaan olla enää kosteita, sillä reaktion kerran alettua se ei pysähdy, vaikka ko. pinnat ovat kuivia.

## 4. MIKROBIANALYYSI

### 4.1 Pyyhintänäyte, viljelyanalyysi

#### 4.1.1 Tutkimusmenetelmä

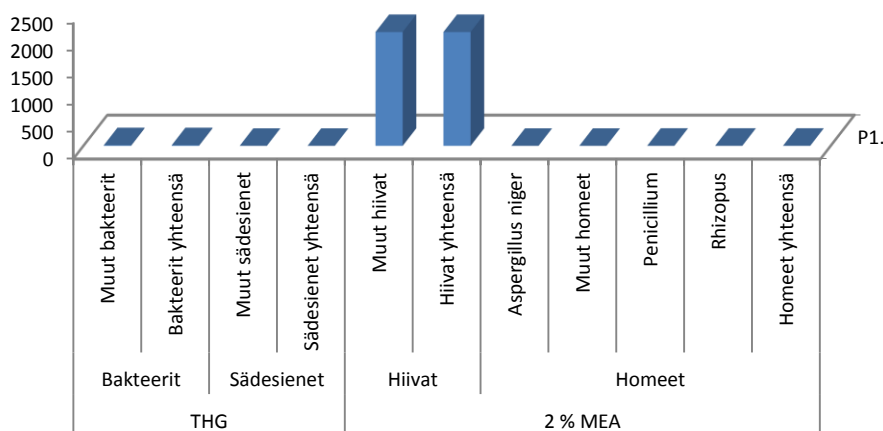
Materiaalinäytteistä on määritetty seuraavat mikrobit: homeet, hiivat, sädesienet (aktinomykeetit) ja muut bakteerit. Näytteen viljely ja tulosten tulkinta tehtiin STM Asumisterveysohjeen 2003 (STM:n oppaita 2003:1) ja Asumisterveysoppaan (2005, 2008) mukaisesti. Näytteiden viljelyssä on käytetty homeille ja hiivoille kahta kasvatusalustaa, 2% mallasuuteagarria (2% MEA) ja Dikloran-glyseroli-18-agarria (DG18), ja sädesienille ja muille bakteereille Tryptoni-hiivauute-agarria (THG).

Pintapyyhintänäytteiden näytesuspensiosta on tehty laimennossarja, joka on maljattu kasvatusalustoille. Mikrobin 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 tutkittavaa pinta-alaa kohden (cfu/m<sup>2</sup>).

Taulukossa esitetään määrittämissä ylittävät tulokset. Taulukossa tyhjät solut tarkoittavat määrittämissä alittavaa tulosta. Taulukossa viitearvot ylittävät mikrobin määrät ovat lihavoidut ja taustavärjäytyneet. 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 pintapyyhintänäytteistä löydetty homelajit tunnistaa DNA-analyysillä. Rakennuksen materiaaleissa havaittua lajistoa voidaan verrata verestä löydettyihin vasta-aineisiin jolloin voidaan todeta onko altistuminen tapahtunut kyseisessä rakennuksessa.

#### 4.1.2 Tulos



Näytteet 1-1, määrittäysraja cfu/cm<sup>2</sup>

1. P1. Huone 51, alaslaskun yläpinta

0.10

Viljely	Analyysi	Mikrobilajit	1.
THG	Bakteerit	Muut bakteerit	12
		Bakteerit yhteensä	12
	Sädesienet	Muut sädesienet	
		Sädesienet yhteensä	
2 % MEA	Hiivat	Muut hiivat	2100
		Hiivat yhteensä	2100
	Homeet	Penicillium	1
		Rhizopus	1
		Homeet yhteensä	2

#### 4.1.3 Johtopäätös

Mikrobipintapyyhinnäytteessä P1 (Huone 51, alaslaskun yläpinta) havaittiin viitearvot ylittäviä määriä mikrobeja.

Havaitut mikrobit voivat olla peräisin joko nykyisestä tai aiemmasta jo kuivuneesta kosteusvauriosta, tai puutteellisen siivouksen johdosta pinnoille kertyneestä liasta ja pölystä.

#### 4.1.4 Viitearvoja

Pintojen sädesieni-itiöpitoisuus alle 0,1 cfu/cm<sup>2</sup>, homesieni-itiöpitoisuudet alle 1 cfu/cm<sup>2</sup> ja bakteeripitoisuus alle 10 cfu/cm<sup>2</sup> ovat tavanomaiset. Tilanne rakennuksessa on normaali.

Pintojen sädesieni-itiöpitoisuuden ollessa yli 0,1 cfu/cm<sup>2</sup> mutta alle 1 cfu/cm<sup>2</sup>, homesieni-itiöpitoisuuksien ollessa yli 1 cfu/cm<sup>2</sup> mutta alle 10 cfu/cm<sup>2</sup>, ja bakteeripitoisuuden ollessa yli 10 cfu/cm<sup>2</sup> mutta alle 100 cfu/cm<sup>2</sup> ovat pitoisuudet kohonneet. Tavallisesti kohonneet pitoisuudet johtuvat pinnalle kertyneestä pölystä ja liasta.

Pintojen sädesieni-itiöpitoisuuden ollessa yli 1 cfu/cm<sup>2</sup>, homesieni-itiöpitoisuuksien ollessa yli 10 cfu/cm<sup>2</sup>, tai bakteeripitoisuuden ollessa yli 100 cfu/cm<sup>2</sup> ovat pitoisuudet selvästi korkeat. Tämä voi viitata mikrobivaurioon rakennuksessa. Mikäli mikrobivaurio on selvästi paikallinen ja pinnallinen, voi olla mahdollista saada rakenteet tyydyttävään kuntoon huolellisella desinfioinnilla jonka onnistuminen tulee varmistaa kontrollinäyttein.

#### 4.1.5 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.

## 4.2 Materiaalinäyte, DNA-analyysi

### 4.2.1 Tutkimusmenetelmä

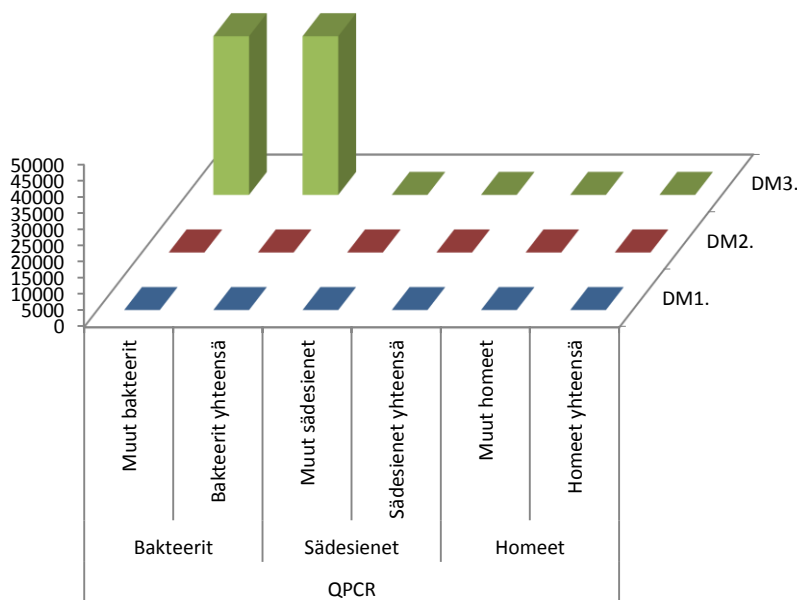
Materiaalinäytteistä on määritetty seuraavat mikrobit: homeet, sädesienet (aktinomykeetit) ja muut bakteerit. Näytteen analysointi ja tulosten tulkinta on tehty Ositum Oy:n laboratorion sisäisen ohjeen mukaan.

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-analyyseissä 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 taustavärjät. Kohonneet, mutta viitearvot alittavat määrät, ovat lihavoidut. Mikäli näytteessä yhdenkin mikrobin (homeet, sädesienet ja muut bakteerit) määrä ylittää sille asetetun viitearvon, on näyte mikrobivaurioitunut.

### 4.2.2 Tulos



Näytteet 1-3, määrittäjäraja kpl/g

1.	DM1. Huone 4, lattiatasoite	2502
2.	DM2. Huone 18, lattiatasoite	2500
3.	DM3. Huone 29, lattiatasoite	2496

DNA	Analyysi	Mikrobilajit	1.	2.	3.
QPCR	Bakteerit	Muut bakteerit			48919
		Bakteerit yhteensä			48919
	Sädesienet	Muut sädesienet			
		Sädesienet yhteensä			
	Homeet	Muut homeet			
		Homeet yhteensä			

#### 4.2.3 Johtopäätös

Mikrobimateriaalinäytteissä DM1 (Huone 4, lattiatasoite), DM2 (Huone 18, lattiatasoite) ja DM3 (Huone 29, lattiatasoite) tulos on tavanomainen mikrobien määrien suhteen.

#### 4.2.4 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.

#### 4.2.5 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.

## 4.3 Materiaalinäyte, viljelyanalyysi

### 4.3.1 Tutkimusmenetelmä

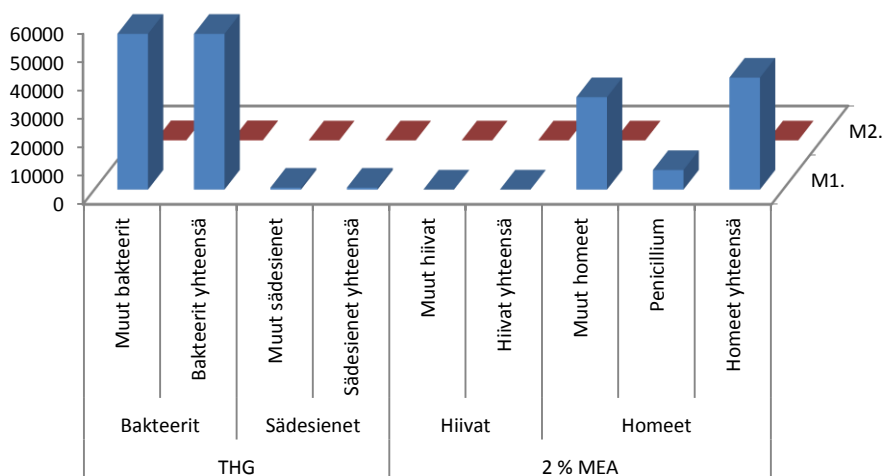
Materiaalinäytteistä on määritetty seuraavat mikrobit: homeet, hiivat, sädesienet (aktinomykeetit) ja muut bakteerit. Näytteen viljely ja tulosten tulkinta tehtiin STM Asumisterveysohjeen 2003 (STM:n oppaita 2003:1) ja Asumisterveysoppaan (2005, 2008) mukaisesti. Näytteiden viljelyssä on käytetty homeille ja hiivoille kahta kasvatusalustaa, 2% mallasuuteagarria (2% MEA) ja Dikloran-glyseroli-18-agarria (DG18), ja sädesienille ja muille bakteereille Tryptoni-hiivauute-agarria (THG).

Näytteistä on punnittu tietty määrä materiaalia, joka on sekoitettu puskuriiin 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 määrittäjärajien ylittävät tulokset. Taulukossa tyhjät solut tarkoittavat määrittäjärajien alittavaa tulosta. Taulukossa viitearvot ylittävät mikrobien määrät ovat lihavoidut ja taustavärjätyt. 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 löydetty homelajit tunnistaa DNA-analyysillä. Rakennuksen materiaaleissa havaittua lajistoa voidaan verrata verestä löydettyihin vasta-aineisiin jolloin voidaan todeta onko altistuminen tapahtunut kyseisessä rakennuksessa.

### 4.3.2 Tulos



Näytteet 1-2, määrittärajana cfu/g

- |    |                               |    |
|----|-------------------------------|----|
| 1. | M1. Huone 4, ulkoseinäeriste  | 90 |
| 2. | M2. Huone 29, ulkoseinäeriste | 99 |

Viljely	Analyysi	Mikrobilajit	1.	2.
THG	Bakteerit	Muut bakteerit	54925	99
		Bakteerit yhteensä	54925	99
	Sädesienet	Muut sädesienet	676	
		Sädesienet yhteensä	676	
2 % MEA	Hiivat	Muut hiivat		
		Hiivat yhteensä		
	Homeet	Muut homeet	32583	
		Penicillium	6892	
		Homeet yhteensä	39474	

#### 4.3.3 Johtopäätös

Mikrobimateriaalinäytteessä M1 (Huone 4, ulkoseinäeriste) havaittiin viitearvot ylittäviä määriä mikrobeja.

Mikrobimateriaalinäytteessä M2 (Huone 29, ulkoseinäeriste) tulos on tavanomainen niin mikrobien lajiston kuin määrienkin suhteen.

#### 4.3.4 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.

#### 4.3.5 Kirjallisuus

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

Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fyysiset, 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.



## 5. 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 maksusaatat 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 lausunnostaan konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen mukaisesti (KSE 1995).

Oulu 10.12.2010

Ositum Oy

Merja Mikkonen  
FT, toimialajohtaja, laboratoriot

Jakelu                      1 kpl tilaaja  
                                  1 kpl Ositum Oy:n arkisto