

KUUSIKON KOULU
SISÄILMAN VVOC- JA VOC-ANALYYSI



1381212 Analysiraportti

2.7.2012

Ositum Oy
www.ositum.fi

Otakaari 12
02150 Espoo
Puh 010 425 2610

Hatanpääkatu 3
33900 Tampere
Puh 010 425 2614

Kiilakiventie 1
90250 Oulu
Puh 010 425 2600

1. YHTEYSTIEDOT	3
2. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, ILMASTA.....	4
2.1 VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma	4
2.1.1 Analysointimenetelmä.....	4
2.1.2 Tulos VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma	5
2.1.3 Yhdisteiden pitoisuudet.....	5
2.1.4 Yhdisteryhmien pitoisuudet.....	6
2.1.5 Johtopäätös.....	8
2.1.6 Viitearvoja	8
2.1.7 Kirjallisuus	9
3. ALLEKIRJOITUKSET	10
4. TULOKSET GRAAFISESTI.....	11

1. YHTEYSTIEDOT

Tilaaaja	Ramboll Finland Oy Antti Siika-aho Sentnerikuja 2 00440 HELSINKI
Tutkimuskohde	Kuusikon koulu Vantaa
Projektinumero	1381212
Perustettu	26.6.2012
Laboratorio	Ositum Oy Otakaari 12 02150 ESPOO
Yhteyshenkilö	FT, kemisti Juhani Kronholm Gsm +358 50 350 9880
Näytteenottaja	Ramboll Finland Oy
Vastaanotettu	29.6.2012
Näytteenottopäivä	28.7.2012

2. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, ILMASTA

2.1 VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma

2.1.1 Analysointimenetelmä

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 keräysaikaan.

Suosittelava näytteenottoaika määrittyy käytetyn putkityypin sisältämien adsorbenttien ominaisuuksien perusteella. Suositeltavat näytteenottoajat on esitetty näytteenotto-ohjeessa. 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 termodesorptiota ja kaasukromatografiaa, ilmaisimena on käytetty massaselektiivistä detektoria, Agilent TD-GC-MS-laitteistoa. Analyysimenetelmässä kolonniuunin lähtölämpötila on laskettu +10 °C:een. Analyysissa käytetään erityispitkää 60 metr in kolonnia, jotta näytteiden sisältämät yhdisteet saadaan eroteltua tarkasti. Käytetty tekniikka mahdollistaa hyvin keveiden tavanomaisissa sisälämpötilassa esiintyvien yhdisteiden havainnoinnin. Tällä menetelmällä saatu tulos poikkeaa havaittujen yhdisteiden lukumäärän suhteen muilla menetelmillä tehdyistä analyyseistä.

TVOC (Total Volatile Organic Compounds) on sisäilmanäytteestä analysoitujen yhdisteiden yhteenlaskettu pitoisuus. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet lasketaan vertaamalla niiden vastetta toluenin vasteesta muodostettuun nollan kautta kulkevaan kalibraatiosuoraan (ns. tolueniekvivalenttina). 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 Wiley- ja NIST-kirjastojen mallimassaspektreihin.

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.

Laboratorioanalyysin mittausepävarmuus noin 3,5 litran sisäilmanäytteen kokonaispitoisuudelle (TVOC) on 35 % ja määritysraja on < 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Muille tolueniekvivalenttina määritetyille yksittäisille yhdisteille mittausepävarmuudet ovat yllä mainittuja suurempia, ja niiden pitoisuusmääritys on semikvantitatiivinen. Yksittäisten yhdisteiden yli 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:n pitoisuudet ovat suuntaa-antavia. Alle 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:n TVOC on ilmoitettu yhden merkitsevä numeron ja yli 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:n TVOC kahden merkitsevän numeron tarkkuudella. Alle 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:n TVOC:lla näytettä ei voi tulkita luotettavasti.

Putkityyppi	Adsorbentti	Kerättyjen yhdisteiden koko	Vetoaika
3	Tenax TA/Carbograph 1TD/Carboxen1000	n-C3/4 - n-C20	25 min
7	Tenax TA/Carbograph 1TD/Carboxen1003	n-C2/3 - n-C20	25 min

2.1.2 Tulos VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma

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

	Näytteet 1-3, yhdisteiden pitoisuudet	Näytetilavuus dm ³	Yksikkö	Putkityyppi
1.	VO1. Huone 137	5,50	µg/m ³	7
2.	VO2. Huone 157	5,74	µg/m ³	7
3.	VO3. Huone 206	5,07	µg/m ³	3

2.1.3 Yhdisteiden pitoisuudet

Pitoisuudet on ilmoitettu tolueeniekvivalenttina (µg/m³). Toteamisrajan ylittävät, mutta määrittämissä alittavat pitoisuudet on merkitty <1:llä. Lihavoidut ja harmaalla korostetut tulokset ylittävät 10 % kokonaispitoisuudesta (TVOC), 50 % yhdisteryhmän viitearvosta, tai tulos on yli kymmenkertainen normaalipitoisuuteen verrattuna. Tarkempi erittely on Johtopäätös-kappaleessa.

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3
Aldehydit				
	Bentsaldehydi	<1	<1	<1
	Butanaali	0	<1	
	Dekanaali	<1	2	<1
	Nonanaali	<1	2	<1
	Yhteensä	<1	5	<1
Alkaanit				
	2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani		<1	
	2-Metylibutaani	<1	<1	<1
	Yhteensä	<1	1	<1
Alkeenit				
	Isopreeni	<1	<1	<1
	Yhteensä	<1	<1	<1
Alkoholit				
	2-Etyyli-4-metyyli-1-pentanol		<1	
	2-Etyyliheksanol	<1		<1
	Bentsyylialkoholi			1
	Etanoli	<1	<1	<1
	Yhteensä	<1	<1	2
Aromaattiset				
	4-Etyylitolueeni		<1	
	Etylibentseeni	<1	<1	<1
	o-Ksyleeni	<1	<1	<1
	p-Ksyleeni	<1	<1	<1
	Tolueeni	<1	<1	<1
	Yhteensä	1	1	1
Atsoryhmät				
	2-Metyylipiperatsiini	<1	<1	<1
	Yhteensä	<1	<1	<1

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3
Esterit				
	Butyyliasettaatti	<1	<1	<1
	Etyyliasettaatti	<1	<1	<1
	Yhteensä	<1	<1	<1
Halogenoidut				
	Fluoritrikloorimetaani	<1	<1	<1
	Hiilitetrakloridi		<1	
	Yhteensä	<1	<1	<1
Ketonit				
	Asetofenoni		<1	
	Asetoni	<1	<1	<1
	Yhteensä	<1	<1	<1
Orgaaniset hapot				
	Etikkahappo	<1	<1	
	Yhteensä	<1	<1	
Terpeenit				
	alfa-Pineeni	<1	<1	
	delta-3-Kareeni	<1	<1	<1
	Yhteensä	<1	<1	<1
Tunnistamattomat				
	Yhteensä	4	3	3
TVOC		10	10	10

2.1.4 Yhdisteryhmien pitoisuudet

Pitoisuudet on ilmoitettu tolueeniekvivalenttina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Lihavoidut ja harmaalla korostetut tulokset ylittävät yhdisteryhmän kokonaispitoisuuden viitearvon. Tarkempi erittely on Johtopäätös-kappaleessa.

Ryhmä	1	2	3
Aldehydit	<1	5	<1
Alkaanit	<1	1	<1
Alkeenit	<1	<1	<1
Alkoholit	<1	<1	2
Aromaattiset	1	1	1
Atsoryhmät	<1	<1	<1
Esterit	<1	<1	<1
Halogenoidut	<1	<1	<1
Ketonit	<1	<1	<1
Orgaaniset hapot	<1	<1	
Terpeenit	<1	<1	<1
Tunnistamattomat	4	3	3
TVOC	10	10	10

Yhdisteiden hajukynnysylitykset näytteittäin.

Ryhmä	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 ³	15 min - mg/m ³
-----	-----	-----

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 ³	15 min - mg/m ³
-----	-----	-----

Kirjallisuus (Kostiainen ja Nokelainen 1994)

2.1.5 Johtopäätös

Sisäilman VVOC- ja VOC- näytteessä 2 epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin dekanaalia ja nonanaalia, joiden pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuudesta (TVOC). Nonanaalia on mm. polyuretaanissa, lastulevyissä, lattiavahoissa, kastuneissa proteiineissa, hajusteissa, keinokuiduissa ja tapeteissa. Dekanaalia on mm. sitrushedelmissä ja hajusteissa.

Sisäilman VVOC- ja VOC- näytteessä 3 havaittiin epätavanomaisena pitoisuutena bentsyylialkoholia, jonka pitoisuus ylitti 10 % kokonaispitoisuudesta (TVOC). Bentsyylialkoholia käytetään mm. maalin-, rasvan- ja vahanpoistoaineena sekä hajuaaineena deodoranteissa.

Sisäilman VVOC- ja VOC- näytteissä 1 ja 3 havaittiin 2-etyyliheksanolia. Se on kosteus- ja mikrobivauriota indikoiva yhdiste. Sitä saattaa myös emittoitua, irrota sisäilmaan, kosteuden vaurioittamista muovimatoista.

Sisäilman VVOC- ja VOC- näytteiden 1, 2 ja 3 kokonaispitoisuudet (TVOC) olivat normaalia alhaisempia, joten näiden näytteiden analyysiä ei voida tulkita luotettavasti. Matalat pitoisuudet voivat johtua mm. voimakkaasta ilmanvaihdesta tai tuuletuksesta.

2.1.6 Viitearvoja

Yhdisteiden HTTP –arvot on esitetty mg/m³, 1 mg = 1000 µg.

Ryhmä	Yhdiste	Hajukynnys (µg/m ³)	Normaalipitoisuus (µg/m ³)	8 h - mg/m ³	15 min - mg/m ³
Aldehydit	Bentsaldehydi	180	1.7		
	Butanaali		15.0	74	
	Nonanaali	13	5.0		
	Dekanaali	650			
Alkoholit	Etanoli	55000		1900	2500
Aromaattiset	Tolueeni	11100	14.4	190	380
	Etyylibentseeni	10100	2.0	220	880
	o-Ksyleeni	4900	1.5	220	440
	p-Ksyleeni	4900	5.1	220	440
Esterit	Etyyliasettaatti	2230		1100	1800
	Butyyliasettaatti	30	4.1	720	960
Halogenoidut	Hiiilitetrakloridi	64000		6.3	31
	Fluoritrikloorimetaani	92900		5600	7000
Ketonit	Asetofenoni	1810		25	
	Asetoni	31500		1200	1500
Orgaaniset hapot	Etikkahappo	400		13	25
Terpeenit	alfa-Pineeni	700	7.7		
	delta-3-Kareeni		6.0		

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)

2.1.7 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. 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).

Espoo 2.7.2012

Ositum Oy



Juhani Kronholm
FT, kemisti

Jakelu 1 kpl tilaaja
 1 kpl Ositum Oy:n arkisto

4. TULOKSET GRAAFISESTI

VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma

