

Kati Alakoski
Saint-Gobain Weber Oy Ab
Strömberginkuja 2
00381 Helsinki

Weber.floor 4712 haitta-aineiden läpäisevyystutkimus

1 Johdanto

1.1 Tehtävä

Tutkimuksen tehtävänä oli selvittää weber.floor 4712 epoksipohjusteen läpäisevyys rakenteissa tyypillisesti esiintyville haitallisille aineille. Tavoitteena oli tutkia voidaanko pinnoitetta käyttää haitta-aineita sisältävien rakenteiden VOC-diffuusion sulkuna vähentämään rakenteista sisäilmaan kulkeutuvien haitallisten aineiden määrää sisäilman laadun varmistamiseksi.

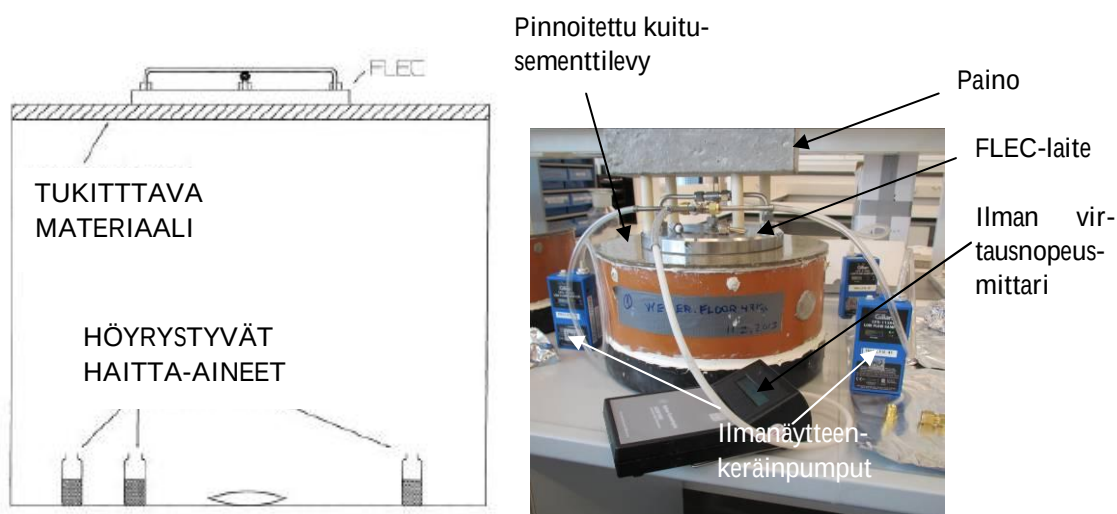
1.2 Materiaali

Weber.floor 4712 on kaksikomponenttinen liuotteeton epoksipohjuste ja -pinnoite. Sitä käytetään betonilattioiden ja tasoteipintojen pohjusteena ja kosteussulkuna ulko- ja sisätiloissa. Pinnoitetta käytetään parvekepinnoitusten epoksivedeneristyksen pohjusteena. Tuote on vähäpäästöinen ja EC1-luokiteltu.

2 Tutkimusmenetelmä

Weber.floor 4712 läpäisevyyttä haitta-aineille tutkittiin ns. säiliömenetelmällä, jossa PVC-putkesta rakennetun ilmatiiviin säiliön kanneksi asennetaan tutkittava materiaali (kuva 1). Koejärjestelyä on käytetty kahdessa aikaisemmassa diplomityössä (Diplomityöt Janne Sievola 2008 (TKK), Hanna Keinänen 2009 (TKK)) ja kansainvälisessä tutkimusartikkelissa (Meininghaus, R. & Uhde, E. 2002 [1]).

Haitta-aineina tutkittiin PAH-yhdisteitä sisältävää murskattua valuasfalttia ja kolmea MVOC -yhdistettä kemikaalimesteenä (2-pentanoni, 2-pentanol ja 2-heptanoni). Tutkittavat haitta-aineet asetettiin säiliön pohjalle, josta yhdisteet haihtuivat kaasuksi säiliön ilmatilaan ja kulkeutuivat VOC -diffuusiona materiaalin läpi. Tutkittavat yhdisteet on valittu tasaisesti kiehumispisteväliltä 102,0-218,0 °C (VOC-kiehumispisteväli 50-250°C).



Kuva 1. Periaatekuva koesäiliöstä ja FLEC-mittaus materiaalin pinnalta.

Säiliötä rakennettiin kolme kappaletta. Säiliön kanneksi asennettiin kuitusementtilevy (Cembrit Windstopper 4,5 mm, Cembrit Oy). Kuitusementtilevy käsiteltiin epoksi-pohjusteella kahteen kertaan peräkkäisinä vuorokausina. Sekoitus ja levitys tehtiin materiaalityöntekijän ohjeen mukaan. Pinnoituskertojen materiaalien nimet ja kerrosvahvuudet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Pinnoituskertojen materiaalien nimet.

Pinnoituskerta	Materiaalin nimi [kg/m ²]	Kerrosvahvuus [mm]
Pinnoitus 1	0,300	0,3
Pinnoitus 2	0,300	0,3
Yhteensä	0,600	0,6

Kammiot suljettiin 11.2.2013. Pinnoittamattoman kuitusementtilevyn VOC-läpäisevyys oli mitattu aikaisemmin vastaavalla menetelmällä (analyysitulokset liitteenä).

Koekappaleet säilytettiin laboratorioissa, jonka olosuhteita seurattiin koko tutkimuksen ajan. Sisäilman lämpötila oli tutkimusajan välillä 19,7-23,5 °C ja ilman suhteellinen kosteus oli 15,0-39,1 %.

FLEC-mittaus suoritettiin Työterveyslaitoksen mittausohjeen mukaisesti (liite 1). Pintatuoton mittauksessa FLEC-laite asetettiin tiiviisti tutkittavaa materiaalia vasten (kuva 1). Ennen mittauksia kammiota tuuletettiin vähintään 30 minuuttia ja huuhdeltiin tämän jälkeen vähintään 10 minuuttia. FLEC -kammioon puhallettiin adsorbentti (Tenax TA) kautta suodatettu ilma. FLEC -kammion poistoilmasta kerättiin kaksi ilmanäytettä Tenax TA adsorbentteihin. Näytteet analysointiin kaasukromatografi/massaspektrometrillä Työterveyslaitoksen toimesta. Yksittäiset yhdisteet analysoitiin joko puhtaiden vertailunäytteiden tai tolueenin vastetekijän perusteella. Pintatuoton mittauksessa sisäilman lämpötila oli 20,5-20,8 °C ja ilman suhteellinen kosteus oli 28,3-29,5 %.

Mittaukset tehtiin 15.4.2013 kymmenen viikon kuluttua kammioiden sulkemisen jälkeen. Mittauksen yhteydessä otettiin noin 12 ml VOC- ilmanäyte yhden tutkittavan säiliön sisältä. VOC-ilmanäytteellä selvitettiin lähtökonsentraatio kammion sisällä.

3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kokonaispintatuotto (TVOC) weber.floor 4712 pinnalla oli $<30 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ (Analyysivas-
taus liite 2). Yksittäisiä yhdisteitä ei voitu pienien pitoisuuksien takia tunnistaa. Määri-
tysraja yksittäisille yhdisteille on keskimäärin noin $1 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 2 dm^3 :n ilmanäytteelle
(tolueeniekvivalenttina). Koesäiliön sisältä mitatut pitoisuudet on esitetty liitteessä 3.
Pitoisuuksissa ei havaittu valuasfaltista yleensä haihtuvaa naftaleenia. Naftaleenin ha-
vaitsemattomuus voi johtua säiliön sisältä kerätystä pienestä ilmamäärästä.

Analysista saaduista pintatuotoista ja säiliöiden sisäpuolisen ilman konsentraatioista
laskettiin weber.floor 4712 diffuusiokertoimet tutkituille yhdisteille. Diffuusiokertoi-
met on esitetty taulukossa 3. Yhdisteiden, joita analyysimenetelmä ei havainnut, dif-
fuusiokertoimen laskennassa pintatuottona käytettiin määritysrajaa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lasken-
nassa huomioitiin kuitusementtilevyn vaikutus läpäisevyyteen. Pinnoitteen kalvon-
paksuutena käytettiin 0,6 mm.

*Taulukko 2. Weber.floor 4712 diffuusiokertoimet 2-pentanonille, 2-heptanonille ja
2-pentanolille. Arvot on laskettu analyysimenetelmän määritysrajan
 $1 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ arvolla, jolloin diffuusiokerroin voi olla merkittävästi laskennallista arvo pie-
nempi.*

	2-pentanoni	2-heptanoni	2-pentanol
Yhdisteen kiehumispiste	102 °C	119 °C	151 °C
Diffuusiokerroin [m ² /s]	$< 1,602 \times 10^{-13}$	$< 5,125 \times 10^{-13}$	$< 1,538 \times 10^{-13}$

4 Johtopäätökset

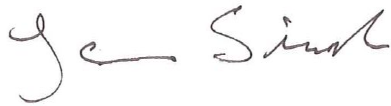
Koejärjestelyssä weber.floor 4712 epoksipohjuste ei läpäissyt tutkittuja VOC-
kiehumispistealueen yhdisteitä analyysimenetelmän määritysrajojen tarkkuudella.
Lasketus diffuusiokertoimet kuvaavat VOC-diffuusion suuruusluokkaa. Lasketut dif-
fuusiokertoimet ovat varmalla puolella suuren säiliön lähtöpitoisuuden takia ja koska
todellisen pintatuotot ovat pienempiä kuin laskennassa käytettyä analyysimenetelmän
määritysraja. Lähimpänä todellista diffuusiokertoimen arvoa on yhdisteistä helpoiten
höyrystyvän yhdisteen 2-pentanonin arvo. Muiden yhdisteiden todellinen dif-
fuusiokerroin on lähes samansuuruinen tai pienempi kuin 2-pentanonin perustuen
yhdisteiden kiehumispisteen ja diffuusiokertoimen korrelaatioon [1].

Tuloksien perusteella weber.floor 4712 epoksipohjustetta voidaan käyttää alustan kos-
teuden hallinnan lisäksi rakenteiden sisältämien haitta-aineiden hallinnassa. Tulokset

osoittavat, että pinnoite sulkee hyvin koko VOC-kiehumispistealueen yhdisteitä ja PAH-yhdisteitä. VOC-sulkevuutensa ansiosta tuotetta voidaan käyttää myös betonirakenteisiin imeytyneiden pinnoitteiden hajoamistuotteiden ja PAH-yhdisteiden hallintaan. Weber.floor 4712:lla voidaan hallita yhtenäisenä sulkevana kerroksena rakenteiden haitta-aineiden ja kaasujen kulkeutumista sisäilmaan. Höyrynsululla on saavutettava kaikki huokoset ja raot peittävä yhtenäinen sulkeva kalvo ja vaadittava kerrospaksuus on oltava vähintään 0,6 mm vähintään kahdella pinnoituskäsittelyllä.

Espoossa 29.5.2013

Vahanen Oy



Janne Sievola, DI



Terhi Markkula, RI amk

- Liitteet:
1. VOC-näytteenotto FLEC-laitteella, Työterveyslaitos
 2. Analyysivastaus, Työterveyslaitos, 10.5.2013, VOC-analyysi FLEC-näytteestä
 3. Analyysivastaus, Työterveyslaitos, 10.5.2013, VOC-analyysi ilmanäytteestä
 4. Analyysivastaus, Työterveyslaitos, 1.9.2009, pinnoittamaton kuitusementtilevy

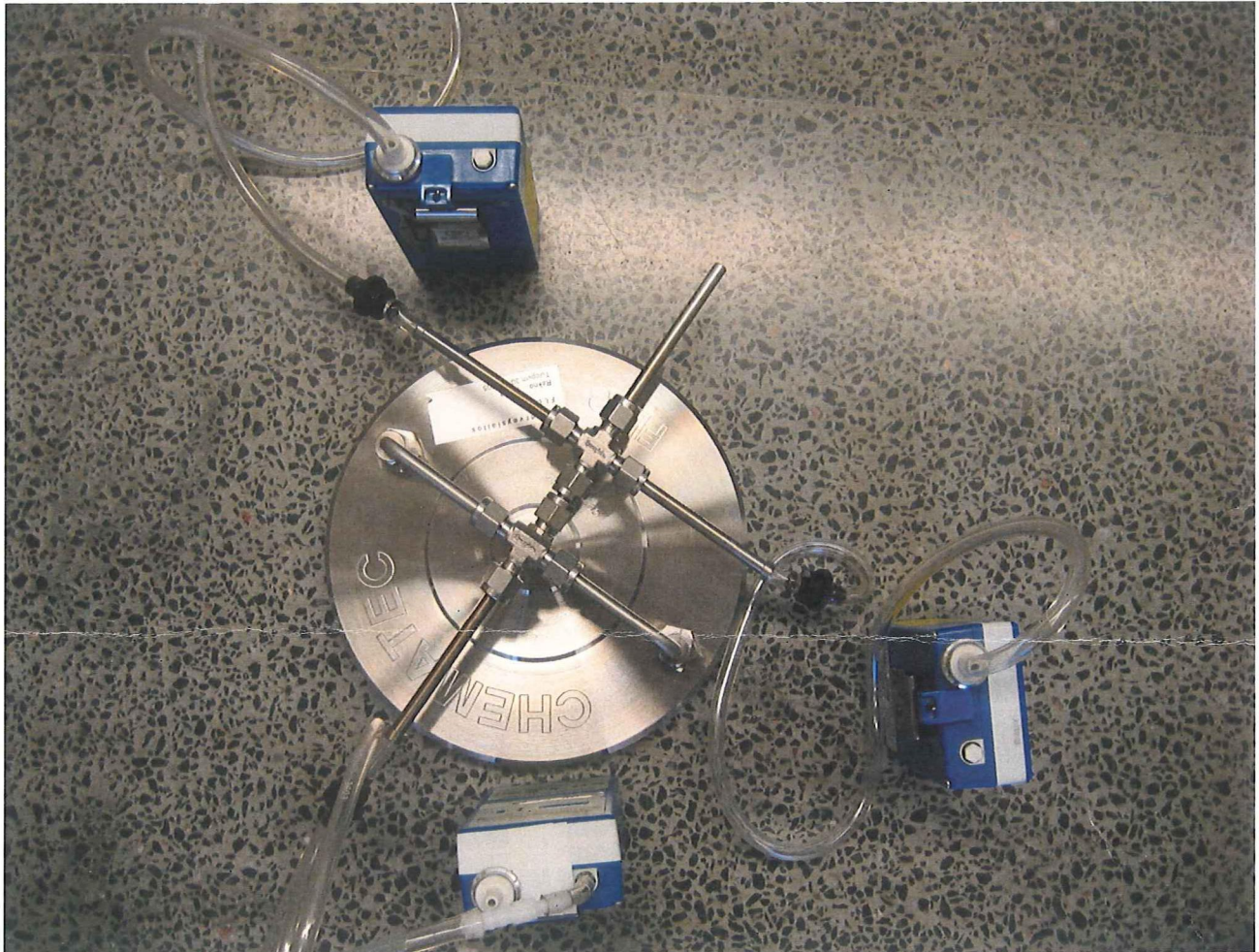
Lähdeviittaus

1. Meinighaus, R. & Uhde, E. 2002. Diffusion studies of VOC mixtures in a building material. Indoor Air, Vol 12. s. 215–222





VOC-näytteenotto FLEC-laitteella



Laitteen puhdistus ennen näytteenottoa

Jokaisen emissiotestin jälkeen ja ennen kuin FLEC-laite siirretään toisen pinnan päälle on FLEC-laite puhdistettava, jotta saadaan pois edellisen kohteen jäämät, minimoitua "sink"-ilmiö.

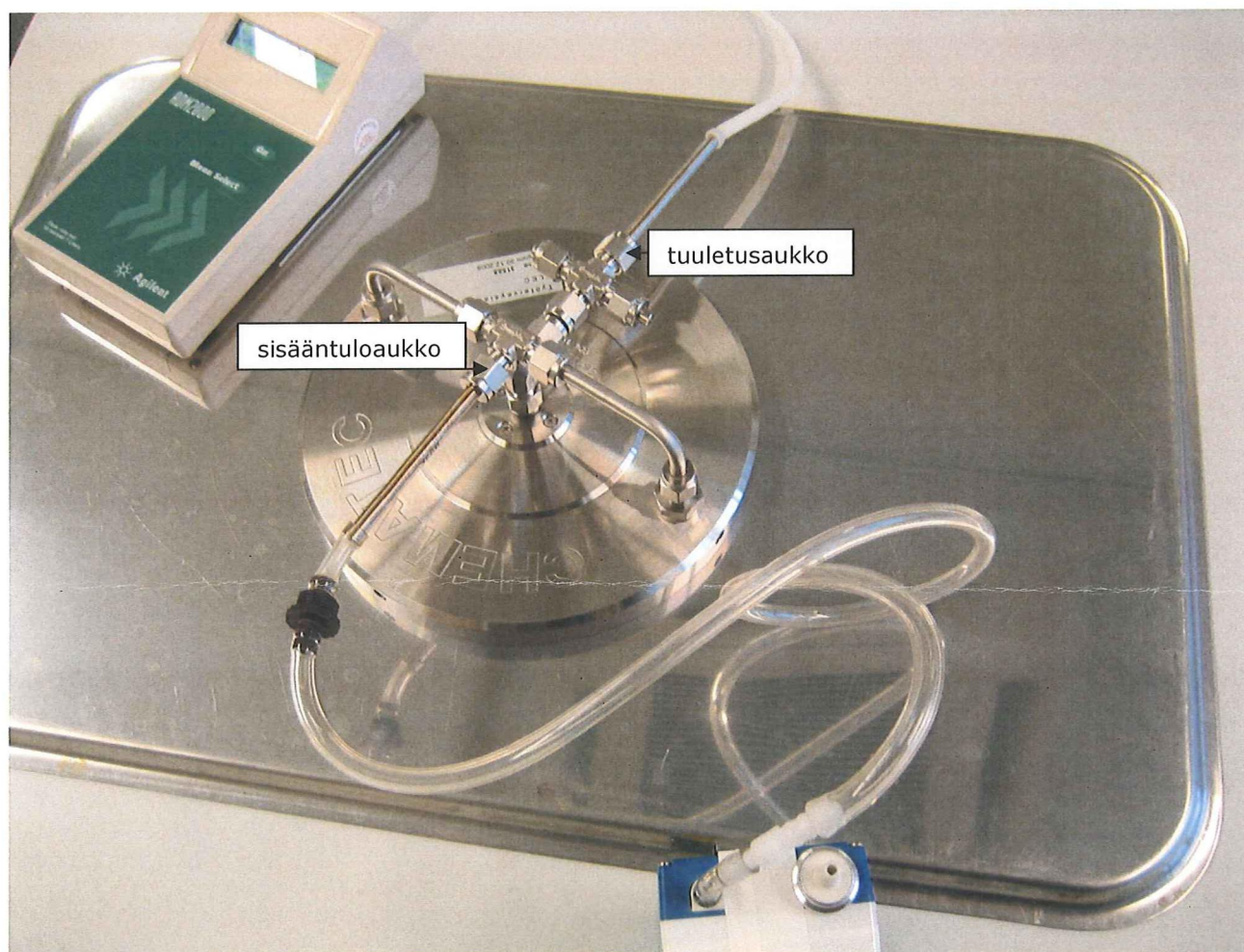
Laitteen puhdistus mittauksien välissä kentällä

Yleensä laitteen huuhtelu ilmalla on riittävä puhdistus (kts. kohta 4). Tarvittaessa laite voidaan puhdistaa pyyhkimällä sisäpinta abs. etanoliin (väh 96 %) tai metanoliin kostutetulla nukkaamattomalla paperilla. **Huom. denaturoituja etanolilaatuja ei saa käyttää. Puhdistusta ei suoriteta tiloissa, joissa tehdään mittaukset.**

Kuivaa tämän jälkeen kaikki pinnat hiustenkuivaajalla. Jäähdytä FLEC:iä puhaltamalla lopuksi kylmää ilmaa. Laite on oltava huoneenlämpötilassa ennen näytteenottoa. Käytä aina suojakäsineitä kosketellessasi puhdistettua FLEC-laitetta.

1 Stabilisointi ennen taustamittausta; laitteen huuhtelu ja tiiviiden tarkastaminen

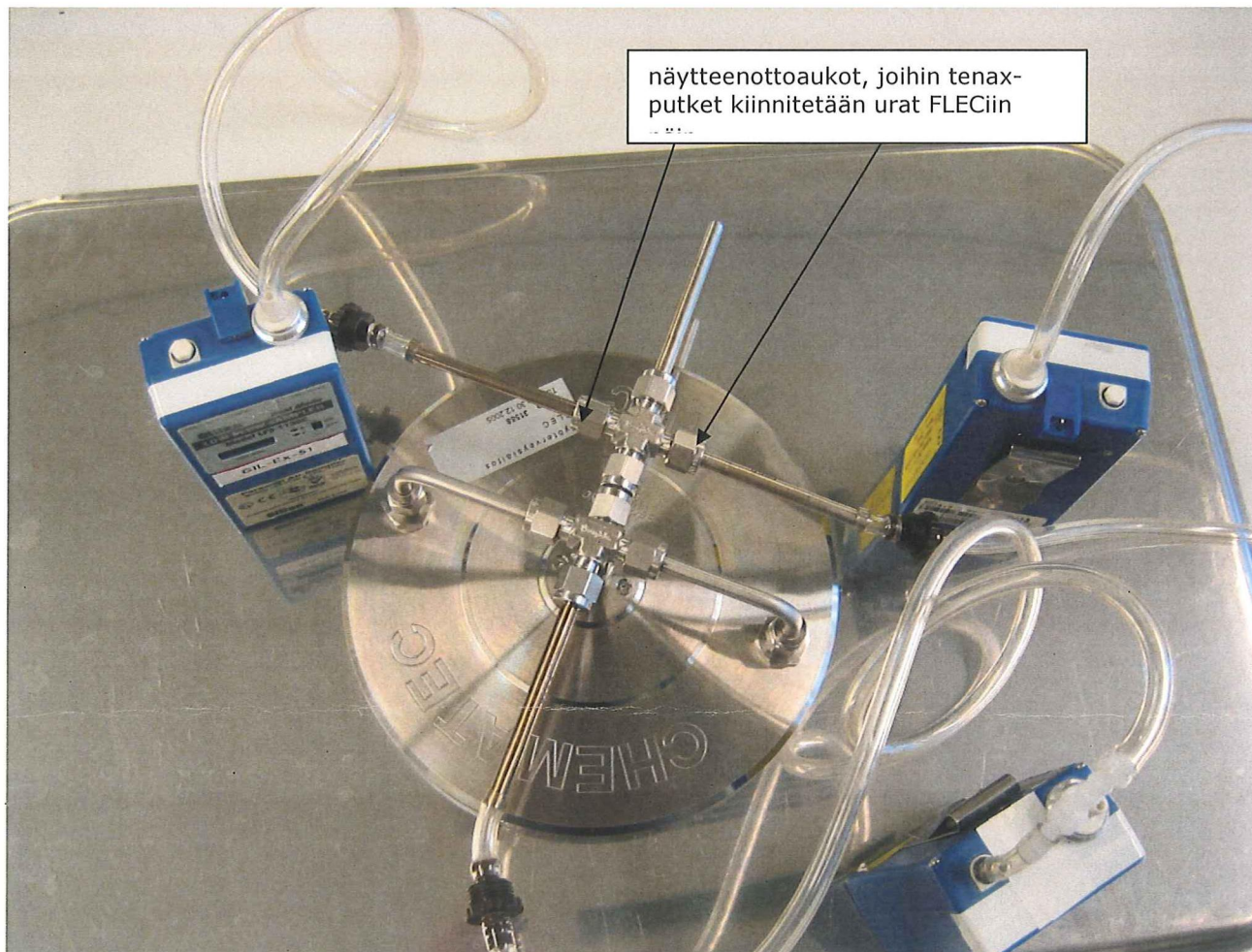
FLEC-laite asetetaan pyyhityn emissiovapaan alustan (ruostumaton teräs, lasi) päälle. Asennetaan ilman sisääntuloaukkoon tarkoituksenmukainen adsorptioputki puhdistamaan kammioon johdettavaa ilmaa. Esim. VOC-mittauksessa käytetään Tenax-putkea. Putkeen liitetään sen jälkeen pumppu puhaltamaan ilmaa kammioon. Tarkistetaan että laite on tiiviisti kiinni aluslevyssä mittaamalla tuuletusaukosta tulevaa virtausnopeutta näytteenottoaukot suljettuina. Ulostulon virtaus pitää olla sama kuin sisääntulon (>95%). Katso Kuva 1. Tuuletetaan laitetta 30 - 60 min:n ajan.



Kuva 1. Ennen näytteenottoa testataan aina, että FLEC-laite on tiivisti kiinni alustassa mittaamalla virtausmittarilla ulostulon virtaus. Ulostulon virtaus pitää olla sama kuin sisääntulon (>95%).

2 Taustamittaus, nollanäyte

Tuuletuksen jälkeen vaihdetaan sisääntuloaukkoon puhdas Tenax-putki. Asennetaan rinnakkaiset Tenax-putket näytteenottoaukkoihin, putkien urat FLECiin päin. Kerätään n. 0,5-2 litran näyte pumppujen avulla. Tuuletusaukon kautta tulee ylimääräinen ilma ulos. Ulostulovirtauksen pitää olla vähintään 20 % sisääntuloilman virtauksesta. Kts. Kuva 2.



Kuva 2. Nollanäytteen kerääminen

3 Emissionäytteen otto

Pyyhitään näytteenottopaikka kuivalla nukkaamattomalla liinalla. Siirretään FLEC näytteenottopaikalle ja vaihdetaan puhdistusputki. Toistetaan tiivistystarkastukset, kts. kohta 1 ja kuva 1. Laite voidaan tiivistää alustaan Malkitilla, mikäli tutkittava pinta on epätasainen (esim. betoni). Tuuletetaan pintaa 30-60 min:n ajan näytteenottoaukot suljettuina.

Tuuletuksen jälkeen vaihdetaan sisääntuloaukkoon puhdas Tenax-putki. Asennetaan rinnakkaiset Tenax-putket näytteenottoaukkoihin, putkien urat FLECiin päin. Kerätään n. 0,5-2 litran näyte pumppujen avulla. tuuletusaukon kautta tulee ylimääräinen ilma ulos. Ulostulovirtauksen pitää olla vähintään 20 % sisääntuloilman virtauksesta. Kts. Kuva 2.

4 Peräkkäisten emissionäytteiden mittaukset

"Sink-efektin" minimoimiseksi mittaukset aloitetaan vähiten emittoivasta pinnasta.

Siirretään FLEC-laite seuraavan tutkittavan pinnan päälle ja huuhdellaan kammiota 10 minuutin ajan. Huuhteluaikaa ei lasketa tuuletusaikaan. Huuhtelun jälkeen vaihdetaan Tenax-putki ja toistetaan tiiviiden tarkastus ja emissionäytteen otto edellä kuvattujen ohjeiden mukaan.

Jos on syytä epäillä, että mitatun materiaalin emissio on suuri, tulee FLECin sisäpinta puhdistaa ensimmäisen sivun ohjeen mukaisesti ennen seuraavaa mittausta. Mikäli tutkittavassa rakennuksessa on erityyppisiä tiloja, on syytä ottaa nollanäyte jokaisesta tilasta erikseen

5 Toiminnot näytteenoton jälkeen ja säilytys

FLEC-laite kääritään mittauksien jälkeen alumiinifolioon.

Vahanen Oy
Janne Sievola
Linnoitustie 5
02600 ESPOO



VOC-analyysi FLEC-näytteestä

Näytteen kerääjät: Terhi Markkula
Analyysin kuvaus: Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden emissio; ATD-GC-MS
Tulopvm.: 16.04.2013
Käsittelijä(t): Katri Härkönen, Hanna Hovi

Analysointimenetelmä

Näytteet on kerätty FLEC-menetelmällä Tenax-adsorptioputkeen ja analysoitu kaasukromatografisesti käyttäen termodesorptiota ja massaselektiivistä ilmaisinta (TD-GC-MS). Yhdisteet on tunnistettu puhtaiden vertailuaineiden ja/tai Wiley- tai NIST-massaspektritietokannan avulla.

Näytteistä on määritetty haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio (TVOC) tolueeniekvivalenttina. Kokonaisemissio on määritetty kromatogrammista n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä alueelta kyseiset aineet mukaan lukien. Yksittäisten yhdisteiden emissiot on määritetty joko puhtaiden vertailuaineiden avulla tai tolueeniekvivalenttina.

Yksittäisiä yhdisteitä on kvantitoitu 1-20 kpl tai niin monta, että vähintään 2/3 TVOC-alueen piikkien yhteispinta-alasta on selvitetty.

Näytteistä on määritetty myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden kokonaisemissio tolueeniekvivalenttina ja TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden yksittäisiä emissioita, mikäli emissiot ovat tulosten tulkinnan kannalta merkittäviä.

Tulokset ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) perustuvat laboratoriolle ilmoitettuun ilmamäärään. Analyysimenetelmän mittausepävarmuus ilman näytteenottoa (luottamusväli 95 %) on 9-59 % yhdisteestä riippuen, keskimäärin 19 %. Tolueeniekvivalenttina määritettyjen yksittäisten yhdisteiden, samoin usein myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden mittausepävarmuudet ovat edellä mainittua suurempia, ja niiden emissiomääritys on semikvantitatiivinen. Menetelmän määrittäjä on yhdistekohtainen, ollen keskimäärin 4 ng/näyte eli noin 1 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 2 dm³:n näytteelle, jos FLEC-kammion läpi johdettu ilmavirta on 200 cm³/min.

CK13-01005-1 Näyte/keräin: U041
Mittauspaikka: Weber
Mittauskohde: 1
Analysointipvm.: 04.05.2013/HAHO
Näytteenottoaika: 15.04.2013
Ilmamäärä: 1,49 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	<30	µg/m ³

CK13-01005-2 Näyte/keräin: U108
Mittauspaikka: Weber
Mittauskohde: 2
Analysointipvm.: 04.05.2013/HAHO
Näytteenottoaika: 15.04.2013
Ilmamäärä: 1,44 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	<30	µg/m ³

CK13-01005-3 Näyte/keräin: Mi189186
Mittauspaikka: Weber
Mittauskohde: 3
Analysointipvm.: 04.05.2013/HAHO
Näytteenottoaika: 15.04.2013
Ilmamäärä: 1,49 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	<30	µg/m ³

TYÖTERVEYSLAITOS

ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 224185

10.05.2013

Työterveyslaitoksen Asiakasratkaisut on akkreditoitu testauslaboratorio T013 (FINAS-akkreditointipalvelut, EN ISO/IEC 17025).
Näytteenottoa ei ole akkreditoitu.

Työympäristön kehittämispalvelut

Hanna Hovi
asiantuntija
Helsinki

Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.

Vahanen Oy
Janne Sievola
Linnoitustie 5
02600 ESPOO



VOC-analyysi ilmanäytteestä

Näytteen kerääjät: Terhi Markkula
Analyysin kuvaus: Haihtuvat orgaaniset yhdisteet; ATD-GC-MS,
Tulopvm.: 22.04.2013
Käsittelijä(t): Hanna Hovi

Analysointimenetelmä

Näytteet on kerätty Tenax-adsorptioputkeen ja analysoitu kaasukromatografisesti käyttäen termodesorptiota ja massaselektiivistä ilmaisinta (TD-GC-MS). Yhdisteet on tunnistettu puhtaiden vertailuaineiden ja/tai Wiley- tai NIST-massaspektrietokannan avulla.

Näytteistä on määritetty haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) tolueeniekvivalenttina. TVOC on määritetty kromatogrammista n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä alueelta kyseiset aineet mukaan lukien. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet on määritetty joko puhtaiden vertailuaineiden avulla tai tolueeniekvivalenttina.

Yksittäisiä yhdisteitä on kvantitoitu 1-40 kpl tai niin monta, että vähintään 2/3 TVOC-alueen piikkien yhteispinta-alasta on selvitetty.

Näytteistä on määritetty myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden kokonaispitoisuus tolueeniekvivalenttina ja TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden yksittäisiä pitoisuuksia, mikäli pitoisuudet ovat tulosten tulkinnan kannalta merkittäviä.

Tulokset ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) perustuvat laboratoriolle ilmoitettuun ilmamäärään/keräysaikaan. Analyysimenetelmän mittausepävarmuus ilman näytteenottoa (luottamusväli 95 %) on aktiivinäytteille 9-59 % yhdisteestä riippuen, keskimäärin 19 %. Passiivinäytteille mittausepävarmuus on vastaavasti 13-68 % yhdisteestä riippuen, keskimäärin 24 %. Tolueeniekvivalenttina määritettyjen yksittäisten yhdisteiden, samoin usein myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden mittausepävarmuudet ovat edellä mainittuja suurempia, ja niiden pitoisuusmääritys on semikvantitatiivinen. Menetelmän määritysraja on yhdistekohtainen, ollen keskimäärin 4 ng/näyte eli $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 10 dm³:n aktiiviselle tai 15 vrk:n passiiviselle näytteelle.

CK13-01006-1 Näyte/keräin: Mi171176
 Mittauspaikka: Weber
 Mittauskohde: 1
 Analysointipvm.: 04.05.2013/HAHO
 Näytteenottoaika: 15.04.2013
 Ilmamäärä: 0,01 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
ALIFAATTISET JA ALISYKLISET HIILIVEDYT		
Heksaani	650	µg/m ³
YKSIARVOISET ALKOHOLIT		
Etanoli 1)	5810	µg/m ³
2-Pentanol	500000	µg/m ³
1-Propanoli 2)	11440	µg/m ³
KETONIT		
Asetoni 3)	4340	µg/m ³
2-Heptanoni	150000	µg/m ³
2-Pentanoni	400000	µg/m ³
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	710000	µg/m ³

- 1) TVOC-alueen ulkopuolella
 2) TVOC-alueen ulkopuolella
 3) TVOC-alueen ulkopuolella

Tulosten tarkastelu

Näytteen pitoisuudet ovat huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella joten tuloksiin saattaa sisältyä tavanomaista suurempi virhe. Myös lyhyt näytteenottoaika lisää tuloksen epävarmuutta.

ISO 16000-6 -standardin mukaan TVOC-pitoisuus määritetään tolueeniekvivalentteina (tolueenivasteina). Osa yksittäisistä yhdisteistä määritetään niiden omilla vasteilla, jotka voivat poiketa huomattavastikin tolueenin vasteesta. Tästä johtuen yksittäisten yhdisteiden summa saattaa olla suurempi kuin TVOC.

TYÖTERVEYSLAITOS

ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 224185

10.05.2013

Työterveyslaitoksen Asiakasratkaisut on akkreditoitu testauslaboratorio T013 (FINAS-akkreditointipalvelut, EN ISO/IEC 17025).
Näytteenottoa ei ole akkreditoitu.

Työympäristön kehittämispalvelut

Hanna Hovi
asiantuntija
Helsinki

Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.

ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 59681

1.9.2009

VAHANEN OY

SIEVOLA JANNE

HALSUANTIE 4

00420 HELSINKI



VOC-analyysi FLEC-näytteistä

As.viitenumero:

Kerääjä/Vastuuhlö: Janne Sievola

Analysoitavat yhdisteet: Haihtuvat orgaaniset yhdisteet; ATD-GC-MS

Tulo.pvm.: 13.08.2009

Analysoija(t): Hilikka Martinkauppi, Terhi Leiviskä

Analysointimenetelmä

Näytteet on kerätty Tenax-adsorptioputkeen ja analysoitu kaasukromatografisesti käyttäen termodesorptiota ja massaselektiivistä ilmaisinta (TD-GC-MS). Yhdisteet on tunnistettu puhtaiden vertailuaineiden ja/tai Wiley- tai NIST-massaspektritietokannan avulla.

Näytteistä on määritetty haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) tolueeniekvi-valenttina. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet on määritetty joko puhtaiden vertailuaineiden avulla tai tolueeniekvivalenttina. TVOC on määritetty kromatogrammista n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä alueelta kyseiset aineet mukaan lukien.

Näytteistä on määritetty myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden kokonaispitoisuus tolueeniekvi-valenttina ja TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden yksittäisiä pitoisuuksia, mikäli pitoisuudet ovat tulosten tulkinnan kannalta merkittäviä. Yksittäisiä yhdisteitä on kvantitoitu 5-30 kpl tai niin monta, että vähintään 2/3 TVOC-alueen piikkien yhteispinta-alasta on selvitetty.

Tulokset ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) perustuvat laboratoriolle ilmoitettuun ilmamäärään/keräysaikaan. Analyysimenetelmän mittausepävarmuus ilman näytteenottoa (luottamusväli 95 %) on aktiivinäytteille 9-59 % yhdisteestä riippuen, keskimäärin 19 %. Passiivinäytteille mittausepävarmuus on vastaavasti 13-68 % yhdisteestä riippuen, keskimäärin 24 %. Tolueeniekvivalenttina määritettyjen yksittäisten yhdisteiden, samoin usein myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden mittausepävarmuudet ovat edellä mainittuja suurempia, ja niiden pitoisuusmäärittäminen on semikvantitatiivinen. Menetelmän määrittämisraja on yhdistekohtainen, ollen keskimäärin 4 ng/näyte eli $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 10 dm³:n aktiiviselle tai 15 d:n passiiviselle näytteelle.

ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 59681

1.9.2009

Tulokset

Näyte/keräin: K368
LIMS numero: CK09-01641-1
Mittauspaikka: Flec-mittaus
Mittauskohde: Flec, koekpl. 2, kuiva, pinnoite
Analysointipvm: 250809/tle
Ilmamäärä: 2,28 dm³

Näyte/keräin: K134
LIMS numero: CK09-01641-2
Mittauspaikka: Flec-mittaus
Mittauskohde: Flec, koekpl. 3, kuiva, pinnoite
Analysointipvm: 250809/tle
Ilmamäärä: 2,45 dm³

Näyte/keräin: K350
LIMS numero: CK09-01641-3
Mittauspaikka: Flec-mittaus

ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 59681
1.9.2009

Mittauskohde: Flec, koekpl. 4, kostea, pinnatus
Analysointipvm: 250809/tle
Ilmamäärä: 2,08 dm³

Näyte/keräin: K306
LIMS numero: CK09-01641-4
Mittauspaikka: Flec-mittaus
Mittauskohde: Flec, koekpl. 5, lujalevy
Analysointipvm: 250809/tle
Ilmamäärä: 2,78 dm³

Yhdiste	Pitoisuus	Laatu		
ALIFAATTISET JA ALISYKLISET HIILIVEDYT	-			
Dekaani	7	µg/m²h		
Nonaani	2	µg/m²h		
Undekaani	4	µg/m²h		
AROMAATTISET HIILIVEDYT	-			
Asenaftyleeni**	1) 2	µg/m²h		
Asenafteeni**	2) 7	µg/m²h		
Bentseeni	1	µg/m²h		
1,1'-Bifenyyl**	3) 4	µg/m²h		
Dimetyylinaftaleenit**	4) 8	µg/m²h		
Etyylibentseeni	6	µg/m²h		
1-Etyyli-2-metyylibentseeni	1	µg/m²h		
Etyylinaftaleeni**	5) 2	µg/m²h		
Fenantreeni**	6) 0,6	µg/m²h		
Fluoreeni**	4	µg/m²h		
1H-Indeeni**	6	µg/m²h		
Ksyleenit (p,m)	17	µg/m²h		

ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 59681

1.9.2009

Yhdiste		Pitoisuus	Laatu		
Ksyleeni (o)		3	µg/m²h		
Metyyli-naftaleenit**	7)	37	µg/m²h		
Naftaleeni	8)	145	µg/m²h		
Styreeni		4	µg/m²h		
1,2,3-Trimetyyllibentseeni		1	µg/m²h		
1,2,4-Trimetyyllibentseeni		4	µg/m²h		
Tolueeni		6	µg/m²h		
TERPEENIT JA NIIDEN JOHDANNAISET		-			
a-Pineeni		1	µg/m²h		
YKSIARVOISET ALKOHOLIT		-			
Bentsyylialkoholi		13	µg/m²h		
1-Butanoli		4	µg/m²h		
2-Etyyli-1-heksanoli		3	µg/m²h		
2-Metyyli-1-propanoli		12	µg/m²h		
1-Pentanoli		4	µg/m²h		
2-Pentanoli	9)	139	µg/m²h		
FENOLIT		-			
Fenoli		2	µg/m²h		
EETTERIT		-			
Bentsofuraani**	10)	0,7	µg/m²h		
Dibentsofuraani**	11)	6	µg/m²h		
ALKOHOLI- JA FENOLIEETTERIT		-			
1-Metoksi-2-propanoli		2	µg/m²h		
ALDEHYDIT		-			
n-Butanaali	12)	3	µg/m²h		
Bentsaldehydi		2	µg/m²h		
Heksanaali		2	µg/m²h		
Nonanaali		2	µg/m²h		
KETONIT		-			
2-Heptanoni	13)	178	µg/m²h		
4-Metyyli-2-pentanoni		5	µg/m²h		
2-Pentanoni	14)	114	µg/m²h		
ESTERIT JA LAKTONIT		-			
n-Butyyliasetaatti		14	µg/m²h		
1-Metoksi-2-propyyliasetaatti		9	µg/m²h		
HALOGEENIYHDISTEET		-			
Dikloorimetaani	15)	1	µg/m²h		
RIKKIYHDISTEET		-			
Bentsotiofeeni**		10	µg/m²h		
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)		1900	µg/m²h		

- 1) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
- 2) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
- 3) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)

ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 59681

1.9.2009

- 4) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
 5) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
 6) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
 7) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
 8) Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä tavallista suurempi virhe.
 Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
 9) Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä tavallista suurempi virhe.
 10) Yhdiste esiintyy kivihiilipiessä/kreosootissa
 11) Yhdiste esiintyy kivihiilipiessä/kreosootissa
 12) TVOC-alueen ulkopuolella
 13) Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä tavallista suurempi virhe.
 14) Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä tavallista suurempi virhe.
 15) TVOC-alueen ulkopuolella

Näyte/keräin: U355
 LIMS numero: CK09-01641-5
 Mittauspaikka: Flec-mittaus
 Mittauskohde: Flec, koekpl. 6, lujalevy
 Analysointipvm: 250809/tle
 Ilmamäärä: 2,08 dm³

Yhdiste	Pitoisuus	Laatu		
ALIFAATTISET JA ALISYKLISET HIILIVEDYT	-			
Dekaani	2	µg/m ² h		
Dodekaani	1	µg/m ² h		
2-Metyylipentaani	1) 2	µg/m ² h		
Nonaani	3	µg/m ² h		
Tetradekaani	2	µg/m ² h		
Undekaani	5	µg/m ² h		
AROMAATTISET HIILIVEDYT	-			
Asenaftyleeni**	2) 4	µg/m ² h		
Asenafteeni**	3) 10	µg/m ² h		
Bentseeni	0,8	µg/m ² h		
1,1'-Bifenyyli**	4) 6	µg/m ² h		
Dimetyylinaftaleenit**	5) 9	µg/m ² h		
Etyylibentseeni	9	µg/m ² h		
1-Etyyli-2-metyylibentseeni	1	µg/m ² h		

ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 59681

1.9.2009

Yhdiste	Pitoisuus	Laatu		
Etyylinaftaleeni** 6)	2	µg/m ² h		
Fluoreeni**	4	µg/m ² h		
1H-Indeeni**	9	µg/m ² h		
Ksyleenit (p,m)	29	µg/m ² h		
Ksyleeni (o)	4	µg/m ² h		
Mettylinaftaleenit** 7)	63	µg/m ² h		
Naftaleeni 8)	240	µg/m ² h		
Styreeni	6	µg/m ² h		
1,2,3-Trimetyylibentseeni	2	µg/m ² h		
1,2,4-Trimetyylibentseeni	5	µg/m ² h		
1,3,5-Trimetyylibentseeni	1	µg/m ² h		
Tolueeni	7	µg/m ² h		
YKSIARVOISET ALKOHOLIT	-			
Bentsyylialkoholi	16	µg/m ² h		
1-Butanoli	4	µg/m ² h		
1-Heksanoli	2	µg/m ² h		
2-Metyyli-1-propanoli	19	µg/m ² h		
1-Pentanoli	4	µg/m ² h		
2-Pentanoli 9)	160	µg/m ² h		
FENOLIT	-			
Fenoli	3	µg/m ² h		
EETTERIT	-			
Bentsofuraani** 10)	1	µg/m ² h		
Dibentsofuraani** 11)	7	µg/m ² h		
ALKOHOLI- JA FENOLIEETTERIT	-			
1-Metoksi-2-propanoli	2	µg/m ² h		
ALDEHYDIT	-			
n-Butanaali 12)	4	µg/m ² h		
Bentsaldehydi	3	µg/m ² h		
Heksanaali	2	µg/m ² h		
Nonanaali	2	µg/m ² h		
KETONIT	-			
2-Heptanoni 13)	220	µg/m ² h		
4-Metyyli-2-pentanoni	7	µg/m ² h		
2-Pentanoni 14)	160	µg/m ² h		
ESTERIT JA LAKTONIT	-			
n-Butyyliasetaatti	21	µg/m ² h		
1-Metoksi-2-propyyliasetaatti	13	µg/m ² h		
RIKKIYHDISTEET	-			
Bentsotiofeeni**	20	µg/m ² h		
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	2500	µg/m ² h		

1) TVOC-alueen ulkopuolella

2) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)

ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 59681

1.9.2009

- 3) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
- 4) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
- 5) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
- 6) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
- 7) Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
- 8) Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä tavallista suurempi virhe.
Polysyklinen aromaattinen hiilivety (PAH)
- 9) Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä tavallista suurempi virhe.
- 10) Yhdiste esiintyy kivihiilipiessä/kreosootissa
- 11) Yhdiste esiintyy kivihiilipiessä/kreosootissa
- 12) TVOC-alueen ulkopuolella
- 13) Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä tavallista suurempi virhe.
- 14) Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä tavallista suurempi virhe.

Näyte/keräin: U367
LIMS numero: CK09-01641-6
Mittauspaikka: Flec-mittaus
Mittauskohde: Flec, koekpl. 1, kostea, pinnoitesäiliö
Analysointipvm: 250809/tle
Ilmamäärä: 2,36 dm³

ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 59681

1.9.2009

Tulosten tarkastelu

Kahdella tähdellä (**) merkityt aineet on määritetty tolueeniekvivalenttina ja tunnistettu käyttäen Wileyn massaspektritietokantaa. Näiden aineiden pitoisuudet ovat semikvantitatiivisia.

ISO 16000-6 -standardin mukaan TVOC-pitoisuus määritetään tolueeniekvivalentteina (tolueenivasteina). Osa yksittäisistä yhdisteistä määritetään niiden omilla vasteilla, jotka voivat poiketa huomattavastikin tolueenin vasteesta. Tästä johtuen yksittäisten yhdisteiden summa saattaa olla suurempi tai pienempi kuin TVOC.

Tulokset on annettu yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ haihtuneena pinta-ala- ja aikayksikköä kohden.

Työterveyslaitoksen Työympäristön kehittäminen -osaamiskeskus on akkreditoitu testauslaboratorio T013 (FINAS-akkreditointipalvelut, EN ISO/IEC 17025). Näytteenottoa ei ole akkreditoitu.

Työympäristön kehittäminen -osaamiskeskus, Helsingin toimipisteen laboratorio

Hanna Hovi
asiantuntija

Terhi Leiviskä
asiantuntija

Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.