



Työterveyslaitos

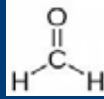
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja formaldehydi sensorisen ärsytyksen aiheuttajina toimistoissa

FT, Erityisasiantuntija Heidi Salonen
Laadukas Sisäympäristö-teema

Tutkimusryhmä

- Heidi Salonen, Työterveyslaitos
- Anna-Liisa Pasanen, Työterveyslaitos
- Sanna Lappalainen, Työterveyslaitos
- Henri Riuttala, Työterveyslaitos
- Tapani Tuomi, Työterveyslaitos
- Beatrice Bäck, Työterveyslaitos
- Pertti Pasanen, Kuopion yliopisto
- Kari Reijula, Työterveyslaitos

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC-yhdisteet) ja formaldehydi



VOC=orgaaninen yhdiste, jonka höyrynpaine on 20 °C:n lämpötilassa vähintään 0.01 kPa

CH₂O=aldehydeihin kuuluva erittäin haihtuva orgaaninen yhdiste

- Sisäilmasta on tunnistettu yli 900 erilaista haihtuvaa orgaanista yhdistettä
- Emittoituu sisäilmaan esim. rakennusmateriaaleista, kalusteista, toimistolaitteista ja siivousaineista



Sisäilman VOC-yhdisteiden terveysvaikutukset

- NORDVOC työryhmä 1997:
 - viihtyvyyshaitta (hajuvalitukset),
 - ärsytysoireet
 - sairusrakennus oireyhtymä (SBS)
- Raportoitu myös:
 - keuhkotoiminta vaikutukset
 - allergioiden lisääntyminen



Sisäilman formaldehydin terveystvaikutukset

- Silmän sidekalvojen ja ylähengitysteiden limakalvojen ärsytys
- Huimaus, päänsärky, pahoinvointi, väsymys, astma- ja allergiaoireet
- Epämukavuushaitta; Hajukynnys on n. $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Nenäsyöpä (IARC 2004)



Tutkimuksen tarkoitus

- Arvioida yhdisteiden ärsyttävyys ja suositeltu sisäilmataso (RIL) 33 toimistotyöympäristössä yleisesti esiintyvälle VOC-yhdisteelle.
- Selvittää voivatko toimistoissa esiintyvät VOC- yhdisteet ja formaldehydi aiheuttaa sensorista ärsytystä tutkittujen toimistojen työntekijöille.



Tutkimusaineisto

- Koostui Työterveyslaitoksen Helsingin aluetoimipisteen vuosien 2001-2006 toimistotutkimusaineistosta.
- VOC-mittauksia 176 rakennuksessa (520 näytettä)
- Formaldehydimittauksia 23 rakennuksessa (77 näytettä)



Ärsyttävyyden arviointi

- Ärsyttävyyden arviointi perustuu yhdisteiden ärsyttävyyttä, "ärsytyspotentiaalia" kuvaaviin RD50 arvoihin
- RD50 arvo = Aineen ilmapitoisuus, joka vähentää (hiirien) hengitystaajuuden puoleen.



Ärsyttävyyden arviointi jatkuu..

ÄRSYTTÄVYYDEN LASKENNALLISESSA ARVIOINNISSA HUOMIOITAVA:

- Korrelaatio työhygieenisen altistusraja-arvon ja RD50- arvon välillä (Schaper (1993)) :
(OELs) = 0.03 × RD50
- Haberin laki:

Työympäristön epäpuhtauspitoisuus ei saa ylittää tasoa $\frac{1}{4}$ x OEL

- Kun huomioidaan herkäät yksilöt, käytetään suositellun sisäilmatason arvioinnissa suojakerrointa (Nielsen et al. 1995).

Menetelmät

- RD50-arvoja kerättiin kirjallisuudesta:
 - Schaperin (1992)
 - Kasanen et al., 1998
 - Korsak et al., 1993
 - Kristiansen and Nielsen, 1988
 - Nielsen et al., 1999
 - Pasanen et al., 1998
- 36 % RD50 arvoista määritettiin laskennallisesti Alarie et al. (1998) mukaisesti:

$$\text{LogRD}_{50} = 2.693 + (0.887 \cdot \log P_0)$$

menetelmät jatkuu..

- Sellaisten VOC-yhdisteiden joiden maksimipitoisuus oli alle $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja/tai molekyylipaino oli yli 200 g/mol (eikä RD50 arvoa ollut kirjallisuudesta saatavilla)
 - RD50 arvoa ei määritetty laskennallisesti.
- Lopulta VOC-aineisto sisälsi 33 yksittäistä VOC-yhdistettä (minimi ja maksimipitoisuudet 176 toimistorakennuksesta)
- Haberin lain mukaisesti, kukin RIL-arvo laskettiin RD50-arvon avulla :

$$\text{RIL} = 1/40 \times 0.03 \times \text{RD50}$$

menetelmät jatkuu..

Suositteltu sisäilmataso, RIL (RIL=Recommended Indoor air Level)

$$RIL = 1/40 \times OEL = RD50/1333$$

Huom! $OEL = 0.03 \times RD50$

(Alarie et al., 1996; Nielsen et al., 1995; Nielsen, Alarie et al. 1995; Alarie, Schaper et al. 1996).

Kaavasta..

- Laskentakaava huomioi, että altistutaan 8 h/päivä ja 5 vuorokautta/viikko
- Herkkien yksilöiden vuoksi käytetään turvallisuuskerrointa "10"

Ärsyttävyyden todennäköisyys=ärsytysindeksi
= yhdisteen mitattu pitoisuus/RIL

- Tietyn näytteen todennäköinen ärsyttävyys saadaan laskemalla esiintyneiden yhdisteiden ärsytysindeksit yhteen.

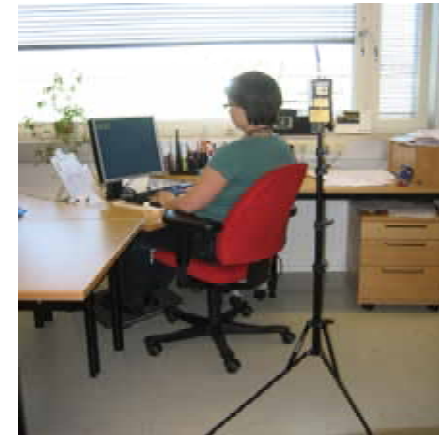
Mikäli esiintyvien yhdisteiden
ärsyttävyyden todennäköisyys on yli 1,
sensorinen ärsytys on todennäköinen
(Alarie et al., 1996)

Taulukko 1. Formaldehydi ja ärsyttävimmät VOC-yhdisteet

VOC	Keskiarvo Maksimi	RD50 µg/m ³ [ppm]	OEL= 0.03 x RD50 µg/m ³ [ppm]	RIL= 1/40x OEL = RD50/1333 µg/m ³ [ppm] ^a	Ärsytyksen todennäköisyys eli ärsytysindeksi (maximum recommended threshold = expected concentration/RIL) ^b
Formaldehydi CAS: 50-00-0	11 44	5000 ¹⁾ [4] ¹⁾	150 [0.1]	4 [0.003]	2.8* 11**
2-Fenoksietanoli CAS: 122-99-6	1.6 80	34000 ^{c)} [6] ^{c)}	1020 [0.2]	26 [0.005]	0.06* 3.1**
2-(2-butoksietoksi)etanoli CAS: 112-34-5	1.5 56	114000 ^{c)} [17] ^{c)}	3420 [0.5]	86 [0.01]	0.02* 0.7**
heksaanihappo CAS: 142-62-1	5.5 440	149500 ^{c)} [31] ^{c)}	4485 [0.9]	112 [0.02]	0.05* 3.9**
2-etyyli-1-heksanoli CAS: 104-76-7	0.9 12	233800 ²⁾ [44] ^{c)}	7014 [1.3]	175 [0.03]	0.005* 0.07**
2-(2-etoksietoksi)etanoli CAS: 111-90-0	7.7 600	440000 ^{c)} [79] ^{c)}	13200 [2.4]	330 [0.06]	0.02* 1.8**
1,2-propaanidioli CAS: 57-55-6	7.0 280	253000 ^{c)} [80] ^{c)}	7590 [2.4]	190 [0.06]	0.04* 1.5**

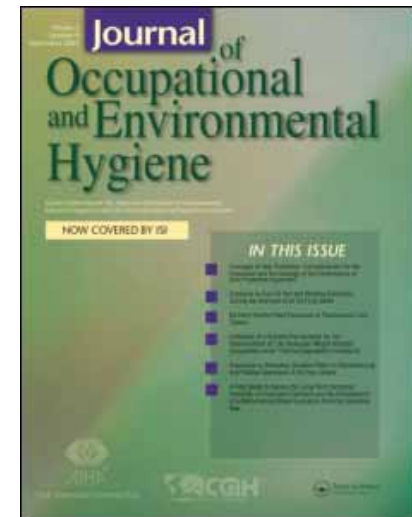
Yhteenveto tuloksista

- Yksittäisten VOC-yhdisteiden keskimääräiset pitoisuudet olivat alle RIL (Recommended indoor air level) arvojen.
- Formaldehydin suositeltu sisäilmataso ylittyi kaikissa tutkimuskohteissa.
- Formaldehydi on mahdollinen ärsytysoireilun aiheuttaja toimistotyöympäristöissä.
- VOC-yhdisteiden esiintyminen toimistotyöympäristöissä (joissa ei ole poikkeavaa sisäilmälähdettä; esim. viallista lattiamateriaalia) ei todennäköisesti aiheuta sensorista ärsytystä.



Lisätietoa

- Salonen H., Pasanen A-L, Lappalainen S., Riuttala H., Tuomi T., Pasanen P., Bäck B., and Reijula K. Volatile organic compounds and formaldehyde as explaining factor on reported complaints and symptoms in the office environment. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 2009; 6(4):239-247



Kiitos!

