



Työterveyslaitos

TAVOITETASO TY-01-2012

17.4.2012

[www.ttl.fi/tavoitetasot](http://www.ttl.fi/tavoitetasot)

## Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (TVOC) tavoitetasot teollisten työympäristöjen yleisilmassa

---

Työterveyslaitos  
Topeliuksenkatu 41 a A, 00250 Helsinki  
puh. 030 4741, faksi 030 474 2779

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

## SISÄLLYSLUETTELO

1 Ominaisuudet ja analysointimenetelmät .....	2
2 Vertailu- ja raja-arvoja eri maissa .....	3
2.1 Sisäilma (kodit ja toimistotyyppiset työpaikat) .....	3
2.2 Teollisuusilma ja muut kuin toimistotyyppiset sisäympäristöt .....	4
3 Pitoisuustasot työympäristössä ja muissa ympäristöissä .....	5
3.1 TVOC-pitoisuustasot suomalaisilla teollisilla ja tuotannollisilla työpaikoilla .....	6
4 Pitoisuustason hallintakeinoja .....	6
5 Terveysvaikutukset ja terveys- tai viihtyvyyshaittaan perustuvat ohjearvot teollisuusilmassa .....	7
6 Ehdotus teollisuusilman tavoitetasoksi .....	8
7 Rajaukset .....	8
8 Kirjallisuus .....	9

## YHTEENVETO

### Ehdotetut ohjearvot ja tavoitetasot

Ehdotettu tavoitetaso koskee työpaikkojen yleisilmaa teollisuudessa. Tavoitetaso ei koske altistumista työssä, jossa käsitellään liuotainaineita tai muita kemikaaleja (esim. maaleja, lakkoja, liimoja), joista VOC-yhdisteitä voi vapautua ilmaan. Yleisilman TVOC-pitoisuudella tarkoitetaan tässä dokumentissa teollisuushallien ja tuotantolaitosten ilman keskimääräistä TVOC-pitoisuutta, eli ns. taustapitoisuutta jolle tehtävästä riippumatta kaikki tiloissa oleskelevat altistuvat. Tavoitetaso on asetettu termodesorptio-GC-MS -menetelmällä määritetyille TVOC-pitoisuuksille. Tavoitetaso ja viitearvo eivät ole terveysperusteisia, eikä niitä voida käyttää terveyshaitan arviointiin.

Taulukko 1. TVOC-pitoisuudet ja tavoitetasot teollisten työympäristöjen yleisilmassa

	Pitoisuus tai pitoisuusalue ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Tavanomainen sisäilma <sup>1</sup>	50..250
Sisäilman viitearvo <sup>1,2</sup>	250
Tavanomainen teollisuusilma	80..6 600
Teollisuusilman viitearvo <sup>1,2</sup>	3 000
Teollisuusilman tavoitetaso	300

<sup>1</sup> Salonen, 2009; <sup>2</sup> Pitoisuus jonka ylittyessä suositetaan lisäselvitystä emissiolähteistä ja mahdollisuuksien mukaan torjuntatoimenpiteitä emissioiden ja/tai altistumisen vähentämiseksi

## 1 Ominaisuudet ja analysointimenetelmät

VOC-yhdisteiksi kutsutaan haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, joilla on huoneenlämpötilassa (n. 22 °C) merkittävä höyrynpaine ja jotka voidaan kaasukromatografisin menetelmin todentaa sekä kvantitoida sisäympäristöistä tai ulkoilmasta. WHO:n määritelmän mukaan VOC-yhdisteiden sulamispiste on huoneilman normaallilämpötilaa alhaisempi ja kiehumispiste n. 50-260 °C (WHO, 1989). Kylläisten VOC-yhdisteiden höyrynpaine on tämän määritelmän mukaan suurempi kuin 10<sup>-2</sup> kPa. Määritelmä ottaa huomioon käytetystä analysointimenetelmästä johtuvat variaatiot ja siksi tarkkaa kiehumispisteväliä ei ole annettu (taulukko 2). TVOC-nimityksellä tarkoitetaan VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuutta.

Taulukko 2. VOC-yhdisteiden luokittelu (WHO, 1989).

Kuvaus	Lyhenne	Kiehumis- pistealue (°C)	Höyryn- paine (kPa)	Esimerkkejä
Erittäin haihtuvat orgaaniset yhdisteet	VVOC <sup>1</sup>	<0..50- 100	>15	asetoni, etanoli, propanoli, C <sub>1</sub> -C <sub>6</sub> -alkaanit
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet	VOC	50..100- 240..260	>10 <sup>-2</sup>	n-heksaanin ja n-tetra- dekaanin välinen kromatogrammin alue <sup>4</sup>
Puolihaihtuvat orgaaniset yhdisteet	SVOC <sup>2</sup>	240..260- 380..400	10 <sup>-2</sup> ..10 <sup>-8</sup>	useimmat PAH-yhdisteet
Hiukkasiin sidotut orgaaniset yhdisteet	POM <sup>3</sup>	>380	-	mykotoksiinit, ftalaatit, PCB

<sup>1</sup>Very volatile organic compounds; <sup>2</sup>Semi-volatile organic compounds; <sup>3</sup>Particulate organic matter; <sup>4</sup>TVOC-alue kattaa kuitenkin n-heksaanin ja n-heksadekaanin välisen kromatogrammin alueen

Kirjallisuudessa esiintyy useita vaihtoehtoisia määrittäytapoja VOC-yhdisteille ja niiden kokonaispitoisuudelle (taulukko 3). Sisäympäristön - poislukien teolliset työympäristöt - ollessa kyseessä määritetään VOC-yhdisteet poikkeuksetta termodesorptio-kaasukromatografia-massaspektrometrinen detektio -laiteyhdistelmällä. Tähän myös STM:n sisäilmaohjeessa olevat ohje-/raja-arvot perustuvat (STM, 2009). Teollisissa työympäristöissä käytetään rinnakkain nestedesorptioon ja termodesorptioon perustuvia menetelmiä, käyttötarkoituksesta, kysymyksenasettelusta sekä oletetusta pitoisuusalueesta riippuen. TD-GC-MS-menetelmän etuna on, että sillä voidaan määrittää useimmat TVOC-alueeseen kuuluvat yhdisteet sisäilmalle ominaisista pitoisuuksista (0,001..0,050 mg/m<sup>3</sup>) aina kymmeneen tuhansiin milligrammoinhin kuutiometrissä ilmaa asti.

Taulukko 3. VOC-yhdisteiden määrittämenetelmiä teollisissa työympäristöissä.

Menetelmä	Standardeja/viitteitä
Termodesorptio-GC-MS	ISO 16000-6, 16017-1 ja 16017-2
Termodesorptio-GC-MS	MDHS 80/72
Nestedesorptio-GC-FID/MS	SFS-3861, NIOSH 1003, 1300, 1400 ja 1500-01
Nestedesorptio-GC-FID/MS	ASTM D 3687, MDHS 96/88

Työterveyslaitos noudattaa VOC-analytiikassaan (menetelmä TY01-TY-031) standardeja ISO 16000-6:2004/SFS-EN ISO 16017-1:2000 (aktiivinen näytteenotto) ja SFS-EN ISO 16017-2:2003 (passiivinen näytteenotto), joissa analysoidaan VOC-yhdisteet n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä kromatogrammin alueelta ja niiden kokonaispitoisuus (TVOC-pitoisuus) tolueeniekvivalenttina kyseiseltä retentioaika-alueelta. Eli tolueenin vasteeseen perustuvaa kalibroitaisuuraa vasten analysoidaan kyseisten yhdisteiden kokonaispitoisuus hiukan edellä mainittua WHO:n VOC-alueelta laajemmalla alueelta. Myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden pitoisuuksia (taulukko 2) ilmoitetaan, mikäli pitoisuudet ovat tulosten tulkinnan kannalta olennaisia ja/tai mikäli pitoisuudet ovat merkittäviä. Ns. VVOC-alueetta ei kuitenkaan TTL:ssä käytetyllä yleismenetelmällä kattavasti kateta, kuten ei ns. SVOC-alueettakaan (taulukko 2). Adsorbenttia vaihtamalla ja GC-ajo-ohjelman lämpötila-alueetta laajentamalla päästään parempaan lopputulokseen VVOC- ja SVOC-yhdisteiden osalta.

Noudatettavien standardimenetelmien mukaan 2/3 TVOC-alueesta tulee kvantitoida yksittäisinä yhdisteinä, joko tolueeniekvivalentteina tai puhtaiden vertailuaineiden avulla. TTL:n menetelmässä puhtaita vertailuaineita on. n. 120 kpl. Aineet kalibroidaan 3-7 pisteessä/pitoisuudessa. Jos kalibroimattomalle yhdisteelle on tiedossa sen ja tolueenin vastesuhde tällä menetelmällä ja laitteistolla tai vastaavalla laitteistolla mitattuna, analysoija voi korjata tolueenilla lasketun pitoisuuden vastaamaan aineen omaa, "todellista" pitoisuutta. Analysoija voi myös harkintansa mukaan laskea pitoisuuden jonkin sellaisen kalibroidun aineen avulla, joka kemiallisesti ja fysikaalisesti muistuttaa kyseistä yhdistettä (isomeria, homologiset sarjat). Aineen kalibroitamiseksi täytyy olla myöhemmin löydettävissä. Pääsääntöisesti kalibroimattomat yhdisteet määritetään kuitenkin tolueeniekvivalentteina.

## 2 Vertailu- ja raja-arvoja eri maissa

### 2.1 Sisäilma (kodit ja toimistotyypiset työpaikat)

Sisäilmalle (kodit ja toimistotyypiset työpaikat) löytyy lukuisia ohje-, viite- tai raja-arvoja (kts. esim. Salonen 2009). ASHRAE Standardi 62-1989 suosittaa yksittäisten

yhdisteiden maksimipitoisuudeksi sisäilmassa 1/10-osaa vastaavista ACGIH:n raja-arvoista. Saksassa ohje-arvo on  $< 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pohjoismaisten LVI-yhdistysten yhteistyöelimen Scanvacin antamat raja-arvot VOC-yhteispitoisuudelle ovat  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  laatuluokassa AQ<sub>1</sub> ja  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  laatuluokassa AQ<sub>2</sub> (Scanvac 1990). Suomessa sosiaali- ja terveysministeriön viitteellinen ohje-arvo sisäilmalle on  $< 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; tavanomaiseksi pitoisuudeksi mainitaan  $200\text{-}300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (STM, 2009). STM:n ohje-arvo on tarkoitettu kaikille sisäympäristöille, mukaan luettuna kodit (ei kuitenkaan teollisuuskiinteistöt). TTL:n viitearvo toimistotyypisille työpaikoille on  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Useimmiten tavanomaisena sisäilman pitoisuutena lähteestä ja maasta riippumatta pidetään  $100\text{-}600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Suomalaisissa toimistotyypisissä työympäristöissä tavanomaiset pitoisuudet ovat kuitenkin alhaisempia:  $50\text{-}250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Salonen, 2009). Olemassa olevat ohje-/raja- tai viitearvot eivät ole terveysperusteisia. WHO:n mukaan terveysperusteisia raja-arvoja TVOCille sisäilmassa ominaisille pitoisuuksille ei nykytietämyksen mukaan voida asettaa (WHO 2006).

## 2.2 Teollisuusilma ja muut kuin toimistotyypiset sisäympäristöt

Teollisuusilman TVOC-pitoisuudelle on laadittu viitearvoja, jotka on julkaistu mm. teoksessa "Industrial ventilation design guidebook, 2001" (Goodfellow ja Tähti, 2001). Viitearvot perustuvat Työterveyslaitoksen tutkimusryhmän INVENT tutkimusohjelman puitteissa tekemään katsaukseen (Niemelä ym., 1998). Arvojen laatimisessa käytettiin hyväksi TTL:n työhygieenisten mittausten rekisteriä. Mittaukset oli tehty aikavälillä 1985-1998. Hyvä teollisuustaso ( $< 5\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) vastasi mittaustulosten 10 % persentiiliä ja yleinen teollisuustaso ( $5\ 000\text{-}40\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) vastaavasti 90 % persentiiliä. Saksassa työpaikan ilman (sisäympäristöt) raja-arvo on  $3\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Saksalainen asiantuntija-ryhmä on lisäksi suosittanut lyhytkestoisen altistumisen raja-arvoksi  $25\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Seifert ym., 1999). Saksassa on myös ehdotettu moniportaista ohjeistusta (taulukko 4).

Taulukko 4. Ehdotus TVOC-pitoisuuksien tulkinnaksi (BMIJ, 2007).

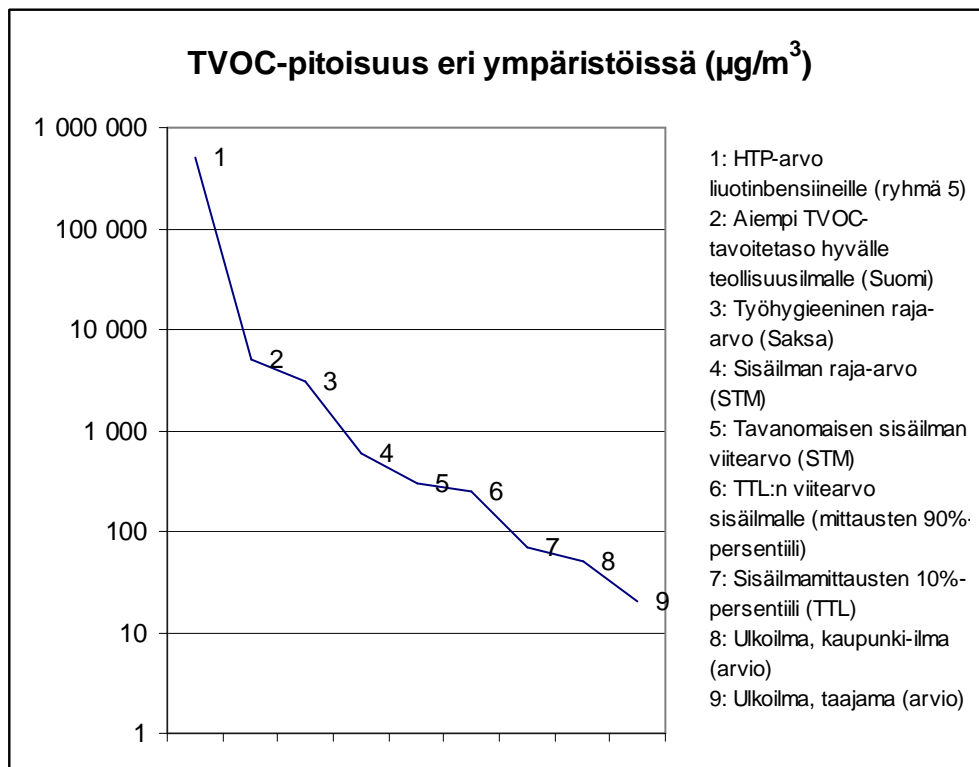
Taso	Pitoisuusalue ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tulkinta/toimenpiteet
1	$\leq 300$	Tilanne hyvä
2	$> 300\text{-}1\ 000$	Tilanne kohtuullinen, olettaen että yksittäisten yhdisteiden viite-/ohje- tai raja-arvot eivät ylity
3	$> 1\ 000\text{-}3\ 000$	Pitoisuus koholla
4	$> 3\ 000\text{-}10\ 000$	Pitoisuus liiallinen
5	$> 10\ 000$	Pitoisuus ei hyväksyttävä

Useimmiten teollisuusilman epäpuhtauksia pyritään rajoittamaan asettamalla raja-arvoja yksittäisille yhdisteille TVOCin sijaan (ASHRAE 2007). Yksittäisille VOC-yhdisteille onkin asetettu lukuisia kansallisia ja kansainvälisiä ohje-/raja-arvoja (WHO, 2000; NRCC, 2005).

### 3 Pitoisuustasot työympäristössä ja muissa ympäristöissä

Haittuvia orgaanisia yhdisteitä esiintyy kaikilla työpaikoilla. Myös kodeissa ja ulkoilmassa on lukuisia lähteitä VOC-yhdisteille, joten normaaleissa olosuhteissa "puhdasta" teollisuusilmaa, sisäilmaa tai ulkoilmaa ei ole olemassa. VOC-yhdisteiden lähteinä ovat mm. rakennus- ja sisustusmateriaalit, tiloissa käytetyt tai sinne vapautuneet kemikaalit, koneiden ja laitteiden päästöt, materiaalien lämpöhajoamistuotteet, kasvit ja muut eloperäiset materiaalit tai organismit sekä liikenteen päästöt. VOC-yhdisteistä vapaata ja siinä mielessä "puhdasta" ilmaa tavataan lähinnä korkeiden vuorten hupuilta, jossa ei ole kasvillisuutta tai muita emissiolähteitä (Turk ja d'Angio, 1962).

Pitoisuustasot eroavat huomattavasti eri työympäristöissä sekä ulkona taajamailmassa ja kaupunki-ilmassa. Yleisesti ottaen teollisissa työympäristöissä pitoisuudet ovat usein yhtä kertaluokkaa korkeampia kuin toimistotyypisissä työympäristöissä. Huononkin ulkoilman TVOC-pitoisuus on vastaavasti yleensä alhaisempi kuin sisäympäristöissä, poikkeuksena esim. joidenkin tuotantolaitosten lähiympäristö (Samer ja Spengler, 1991; kuva 1).



Kuva 1. Tavanomaisia TVOC-tasoja

### 3.1 TVOC-pitoisuustasot suomalaisilla teollisilla ja tuotannollisilla työpaikoilla

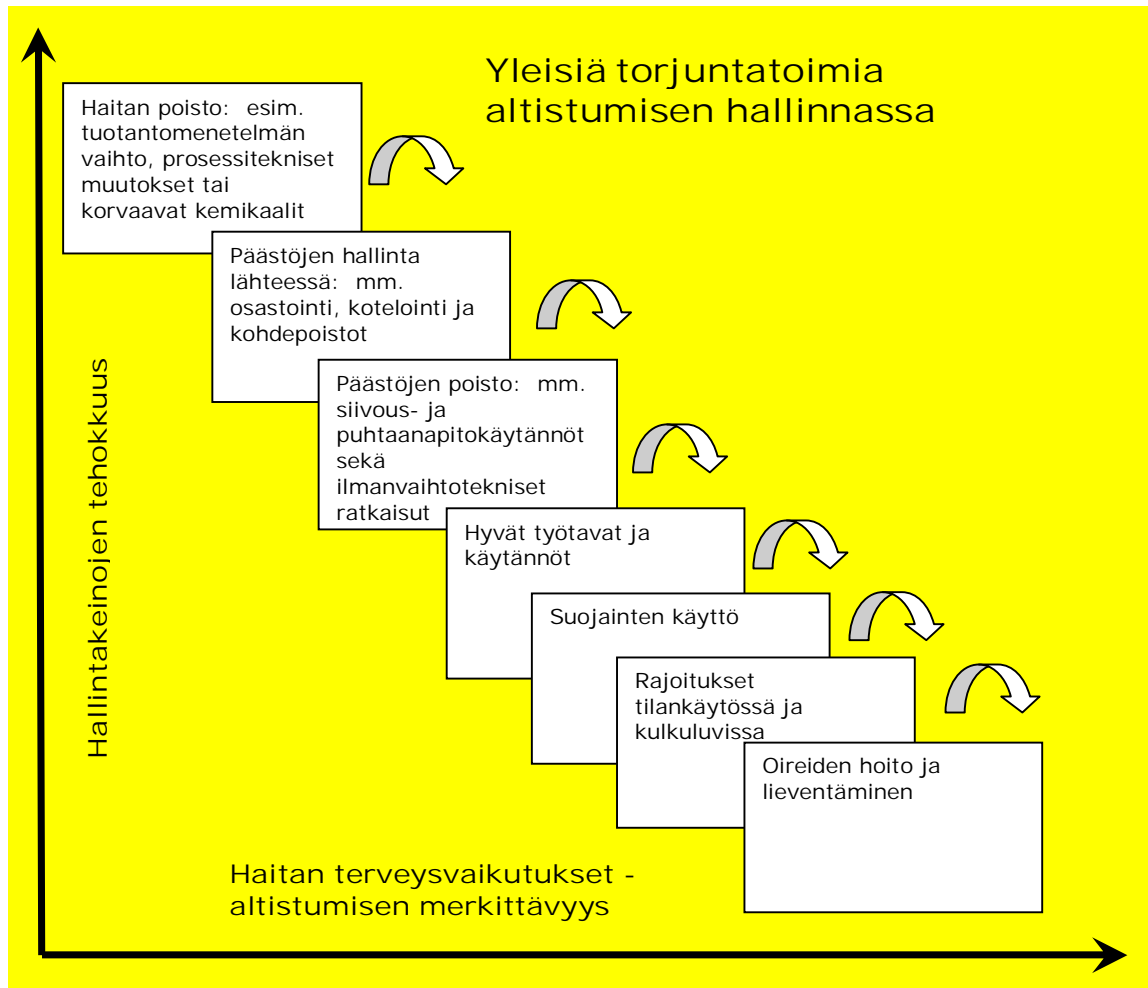
TTL teki 01/2005-06/2011 välisenä aikana 535 VOC-mittausta tutkimus- ja palveluhankkeiden puitteissa teollisissa työympäristöissä. Mittausten keskiarvo oli 3 640  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 90 % persentiili 6 580  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ja 25 persentiili 230  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (taulukko 5). Näistä luvuista on poistettu mittauksia, jotka eivät kuvaa yleisilman pitoisuutta tai työperäistä altistumista. Näin ollen päästölähteen, esimerkiksi liuotinainesiiliön, välittömästä läheisyydestä tehtyjä määriä on poistettu.

Taulukko 5. TTL:n asiakaspalvelumittausten TVOC-jakauma (vuodet 2005-2011, n=535).

	TVOC-pitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
keskiarvo	3 641
keskihajonta	13 932
mediaani	750
minimi	15
maksimi	260 000
95-persentiili	17 000
90-persentiili	6 580
25-persentiili	230
10-persentiili	80

### 4 Pitoisuustason hallintakeinoja

Lähtökohtaisesti pitoisuustason tehokkain hallintakeino on haihtuvan epäpuhtauden poistaminen emissiolähteessä (kuva 2). Tämä voi tarkoittaa mm. korvaavien kemikaalien tai materiaalien käyttöä, esimerkkinä liuotinaineiden korvaaminen lipeäpohjaisella pesuaineella rasvanpoistossa. Myös osastoimalla päästölähde voidaan päästä hyvin lopputuloksiin, esimerkkinä tupakointieriöt ravintoloissa. Kohdepoistoa käyttämällä, painesuhteita muuttamalla tai ilmanvaihtoa tehostamalla voidaan myös saavuttaa kohtuullisia tuloksia. Monissa tapauksissa voidaan myös työskentelymenetelmiä ja -käytäntöjä muuttamalla vähentää päästöjä merkittävästi. Jos pitoisuuksia ei muilla keinoin saada hallintaan, jää vaihtoehdoksi suojautuminen (kuva 2).



Kuva 2. Hallintakeinojen tehokkuus työympäristön epäpuhtauksien torjunnassa (muokattu Rantanen, 2005 -mukaan).

## 5 Terveysvaikutukset ja terveys- tai viihtyvyyshaittaan perustuvat ohjearvot teollisuusilmassa

Keskimääräisen altistavan TVOC-pitoisuuden ollessa tasoa  $300-3\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hajuhaitat ja lievät, ohimenevät ärsytystyyppiset oireet ovat mahdollisia (Mólhave, 2003, Seifert ym. 1999). ALARA-periaatteen<sup>1</sup> mukaan kemiallisten epäpuhtauksien pitoisuuksia työpaikan ilmassa tulisi aina vähentää, jos se on kohtuullisin kustannuksin tai toimenpitein mahdollista, vaikka suoranaista terveyshaittaa ei voitaisikaan osoittaa. On kuitenkin huomioitava, että ilman laatu voidaan kokea huonoksi tai hengitysilman koostumus poikkeavaksi myös silloin, kun TVOC-pitoisuus on huomattavan alhainen (esim.  $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Näin voi olla mm. tilanteissa, joissa ilmassa esiintyy esim. pahanhajuisia yksittäisiä yhdisteitä. Kohtuullinen kokonaispitoisuus voi

<sup>1</sup> As Low As Reasonably Achievable



siltä osin peittää hajuhaittoja. Vieraalta tuntuva tai poikkeavaksi aistittava hajua voi aiheuttaa huolta, jopa oireilua (Klotz ja Lahm, 2006). Niissä tapauksissa ilman epäpuhtauksien selvittäminen ja tulosten asianmukainen esittäminen työntekijöille on avainasemassa.

TVOC-pitoisuuden ylittäessä  $3\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  huonoon ilman laatuun liittyvien valitusten määrän voidaan olettaa lisääntyvän (Seifert ym., 1999). TVOC-pitoisuuksien ylittäessä  $25\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  on osoitettu viihtyvyshaittojen lisäksi ohimenevää ärsytystyyppistä hengitysteiden oireilua. Herkät yksilöt voivat oireilla kohtuullisen pienissäkin yksittäisten VOC-yhdisteiden pitoisuuksissa ( $<100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), syy-seuraussuhteiden ollessa moniselkoisia (Salonen ym., 2009b; Klotz ja Lamm, 2006).

Näillä perusteilla Saksan ympäristöviranomaiset ovat asettaneet enimmäistason TVOC-pitoisuudelle sisäympäristöissä,  $10\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tämän pitoisuuden ylittyessä tilassa tulisi oleskella suojautumatta vain tilapäisesti (BMIJ, 2007; Seifert ym. 1999). Vastaavasti tiloissa, joissa oleskellaan vakituisesti ilman suojaimia, TVOC-pitoisuuden pitkän aikavälin keskiarvon tulisi olla korkeintaan  $3\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pitkän aikavälin tavoitetasoksi saksalainen terveysviranomainen suosittaa asiantuntijaryhmän ehdotuksen perusteella pitoisuusväliä  $200\text{--}300\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , kuitenkin niin, että ulkoilman taustapitoisuus huomioidaan (Seifert ym. 1999).

WHO:n raportin mukaan, terveysperusteisia viite-arvoja ei voida asettaa TVOC-pitoisuuksille (WHO 2006).

## 6 Ehdotus teollisuusilman tavoitetasoksi

TTL:n tekemien asiakaspalvelumittauksien TVOC-jakauman perusteella, kansainväliset ohje-/viitearvot huomioiden, hyvän teollisuusilman tavoitetasoksi ehdotetaan arvoa  $300\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tavanomaisessa teollisuusilmassa pitoisuus on välillä  $80\text{--}600\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pitkäaikaiseen oleskeluun liittyvät viihtyvyshaitat huomioiden ehdotetaan tavoitetason lisäksi viitearvoksi teollisuusilmalle  $3\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mikä on TTL:n tekemien asiakasmittausten TVOC-pitoisuuksien keskiarvon ( $3\ 600\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) perusteella kohtuullisin toimenpitein saavutettavissa yleisilman osalta useimmissa teollisissa työpaikoissa. Ehdotettu tavoitetaso ei ole terveysperusteinen eikä sitä voida käyttää terveyshaitan arviointiin.

## 7 Rajaukset

Tämä ehdotus ei koske altistumista töissä, joissa käytetään orgaanisia liuottimia merkittäviä määriä. Tällaisia töitä ovat mm. maalaus, liimaus, lakkaus tai liuotinpesut. Tavoitetaso koskee yleisilman keskimääräistä TVOC-pitoisuutta, eli ns. taustapitoisuutta jolle tehtävästä riippumatta kaikki tiloissa oleskelevat altistuvat. Tavoitetaso on tarkoitettu teollisuusympäristön yleisilman laadulliseksi mittariksi

TVOC-pitoisuuden osalta. Erillistiloissa tai osastoissa joissa tehdään esim. ruiskumaalausta liuotinpohjaisilla maaleilla ja joissa käytetään hengityssuojaimia, ei ole mahdollista tai tavoiteltavaa alentaa ilman TVOC-pitoisuuksia tavoitetasoa vastaavalle tasolle. Liuotinaineiden kulkeutuminen kyseistä erillistilaa tai toiminnallista kokonaisuutta ympäröiviin tiloihin tulisi kuitenkin pyrkiä minimoimaan niin, että ehdotettu viitearvo ei siellä ylitä ja että sielläkin yleisilman laatua voidaan arvioida tavoitetasoa vasten.

## 8 Kirjallisuus

BMJ, Bundesumweltministerium (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety), Guidance values for TVOCs in indoor air, 2007.  
<http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit-e/innenraumhygiene/index.htm>

Goodfellow H. ja Tähti, E., Industrial ventilation design guidebook, Academic Press, 2001.

Klotz, G. ja Lahm, B.: Aktuelle Erkenntnisse zur Innenraumluftqualität – Einflussfaktoren, Risikominimierung und Bewertungsansätze. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 66 (5), p. 191-197, 2006.

MDHS, Methods for the Determination of Hazardous Substances 96. Volatile organic compounds in air (4). Laboratory method using pumped solid sorbent tubes, solvent desorption and gas chromatography. Health and Safety Executive, 2000

MDHS, Methods for the Determination of Hazardous Substances 88. Volatile organic compounds in air. Laboratory method using diffusive samplers, solvent desorption and gas chromatography, Health and Safety Executive, 1997.

MDHS, Methods for the Determination of Hazardous Substances 72. Volatile organic compounds in air. Laboratory method using pumped solid sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography, Health and Safety Executive, 1993.

MDHS, Methods for the Determination of Hazardous Substances 80. Volatile organic compounds in air. Laboratory method using diffusive solid sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography, Health and Safety Executive, 1995.

Mólhave, L. Organic compounds as indicators of air pollution. Indoor air. 13, suppl. 6, 12-19, 2003..

Niemelä R., Räisänen, J., Kalliokoski, P., Riihimäki, V. ja Tossavainen, A. Sisäilman laadun tavoitetasot teollisuusrakennuksissa. Handbook of Industrial Air Technology (DGB) Report 2, 1998.

NIOSH Analytical Methods. <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/nmammenu.html>

NRCC, Indoor air quality guidelines and standards, National Research Council Canada, 2005.

Rantanen, J., President of ICOH (International Commission of Occupational Health, Former Director General of Finnish Institute of Occupational Health, 2005: Power Point Presentation.

Salonen, H., Indoor air contaminants in office buildings, Väitöskirja, Kuopion yliopisto, People and Work Research Reports 87, Helsinki, Työterveyslaitos, 2009.

Salonen, H., Pasanen, A-L., Lappalainen, S., Riuttala, H., Tuomi, T., Pasanen, P., Bäck, B. ja Reijula, K. Volatile organic compounds and formaldehyde as explaining factors for sensory irritation in office environments, JOEH, 6, 239-247, 2009 b.

Samet, J. M. ja Spengler, J. D. (toim.). Indoor air pollution. A health perspective. The Johns Hopkins University Press, Baltimore ja Lontoo, 1991.

Scanvac klassindelade inneklimatsystem. Svenska Inneklimatinstitutet (VVS-tekn. Föreningen). Riktlinjeserien R1. Stockholm, 1990.

Seifert, B., Englert, N., Sagunski, H. ja Witten, J. Guideline values for indoor air pollutants, Proc. of the 8th Int. Conf. on Indoor air quality and Climate, Edinburg, Scotland, 1999, 499-504.

Standardi ASTM D3687 Standard practice for analysis of organic compound vapours collected by the activated charcoal tube adsorption method.

Standardi ASHRAE 62.1. Ventilation for acceptable indoor air quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.

Standardi ISO 16000-6:2004: *Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA<sup>®</sup> sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID.*

Standardi SFS-EN ISO 16017-1:2000: *Indoor, ambient and workplace air - Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography - Part 1: Pumped sampling.*

Standardi SFS-EN ISO 16017-2:2003: *Indoor, ambient and workplace air - Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography - Part 2: Diffusive sampling.*

STM, Asumisterveysopas (STM:n asumisterveysohjeen soveltamisopas), Ympäristö- ja Terveyslehti, Pori, 2009.

Turk, A. ja D'Angio, C.J. Composition of natural fresh air. *J. Air Pollution Control Association*, 12, 29-33, 1962.

WHO, Air quality guidelines for Europe, 2nd ed., WHO Regional Publications, European Series, No. 91, Kööpenhamina, WHO, 2000.

WHO, Indoor air quality: organic pollutants. EURO Reports and Studies No. 111. Kööpenhamina, WHO Reg. Office for Europe, 1989.

## ASIA NTUNTIJAT

Tämän tavoitetasomuiston ovat toimittaneet Tapani Tuomi, Liisa Lappalainen, Timo Laaja, Hanna Hovi ja Juha Svinhufvud.