

KOOSTE TOIMI STOYMPÄRI STÖJEN EPÄPUHTAUS- JA OLOSUHDE TASOISTA
(rakennuksissa, joissa on koneellinen ilmanvaihto), JOIDEN YLITTYMINEN VOI VIITATA
SISÄILMASTO-ONGELMIIN*

päivitetty 27.2.2017

*HUOM. SISÄYMPÄRISTÖÄ TULEE AINA TARKASTELLA KOKONAISUUTENA:
SISÄYMPÄRISTÖÖN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ LAAJASTI, TILOJEN KÄYTTÄJIEN KOKEMUKSIA JA
TERVEYDENTILAA SEKÄ TYÖPAIKAN TOIMINTATAPOJA RAKENNUKSEN YLLÄPIDOSSA JA
ONGELMIEN RATKAISUPROSESSEISSA. MITTAUSTULOKSET OVAT NÄIN OLLEN VAIN YKSI OSA-
ALUE SISÄYMPÄRISTÖONGELMIEN TUNNISTAMISESSA.

Mitattu altiste (lähdejulkaisussa käytetty mittaus- ja analysointi- menetelmä)	Viitearvo	Lähdejulkaisu
<p><i>Kemialliset yhdisteet ja hiukkaset</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 1) 90% toimistoilman pitoisuuksista on alle ko. pitoisuustason. Kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin. 2) Viitearvoksi valittu aineiston P90-pitoisuus tarkoittaen, että 90 %:ssa mittauskohteita yhdisteen pitoisuus oli ilmoitetun pitoisuuden alapuolella. Aineisto sisältää kohteita toimistoista, kouluista, terveyden- ja päivähoidon tiloista. 		
<p>Ammoniakki (ennen vuotta 2003: impinger (laimea rikkihappo)), LC+UV detektori; vuoden 2003 jälkeen: OSHA ID-188)</p>	<p>> 25 µg/ m³ ⁽¹⁾</p>	<p>Salonen et al. 2009. Airborne concentrations of volatile organic compounds, formaldehyde and ammonia in Finnish office buildings with suspected indoor air problems. J Occup Env Hyg, 6: 200-9.</p>
<p>Formaldehydi (ISO 16000-3)</p>	<p>> 15 µg/ m³ ⁽¹⁾</p> <p>Huom! Formaldehydi voi aiheuttaa ärsytysoireita herkillä henkilöillä hyvin pienissä pitoisuuksissa.</p>	<p>Salonen et al. 2008. Common VOCs and formaldehyde in indoor air of Finnish office buildings. Indoor Air' 2008. 17-22.8.2008. Köpenhagen. Denmark - paper ID: 17.</p> <p>Salonen ym. 2009. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja formaldehydi toimistojen sisäilmassa. Sisäilmastoseminaari 2009. Sisäilmayhdistys ry, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio. SIY Raportti 27. s.125-130.</p> <p>Salonen et al. 2009. Volatile organic compounds and formaldehyde as explaining factor</p>

		<p>on reported complaints and symptoms in the office environment. J Occup Environ Hyg 2009; 6(4): 239-247.</p> <p>Salonen et al. 2009. Formaldehyde concentration and irritant potential in 23 Finnish office buildings. ICOH kongress. 22.3-27.3.2009. Cape Town-South Africa. Topic Sessions (T) 34-75. p.310.</p>
--	--	--

<p>Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC-yhdisteet)</p> <p>(ISO 16017-2, 16000-6)</p> <p>-TVOC</p> <p>-Yksittäiset yhdisteet</p> <p><i>Alifaattiset hiilivedyt</i></p> <p><i>Nonaani</i></p> <p><i>Heptaani</i></p> <p><i>2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani</i></p> <p><i>Oktaani</i></p> <p><i>Dekaani</i></p> <p><i>Undekaani</i></p> <p><i>Aromaattiset hiilivedyt</i></p> <p><i>Tolueeni</i></p> <p><i>Bentseeni</i></p> <p><i>Ksyleenit (m,o,p)</i></p> <p><i>Etylibentseeni</i></p> <p><i>1,2,4-Trimetyyli-bentseeni</i></p> <p><i>Aldehydit ja Ketonit</i></p> <p><i>Bentsaldehydi</i></p> <p><i>Nonanaali</i></p> <p><i>Dekanaali</i></p> <p><i>Heksanaali</i></p> <p><i>Oktanaali</i></p> <p><i>Pentanaali</i></p> <p><i>Asetofenoni</i></p> <p><i>Heptanaali</i></p>	<p>Kaikkien yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet on määritetty käyttäen yhdisteen omaa vastetta. Viitearvo on annettu vain standardin ISO 16000-6 VOC määritelmään sisältyville yhdisteille. Eli yhdisteille joiden haihtuvuus on välillä heksaani (C₆) – heksadekaani (C₁₆) nämä yhdisteet mukaan lukien.</p> <p>> 100 µg/ m³ (2)</p> <p>2 µg/ m³ (2)</p> <p>3 µg/ m³ (2)</p> <p>4 µg/ m³ (2)</p> <p>1 µg/ m³ (2)</p> <p>3 µg/ m³ (2)</p> <p>3 µg/ m³ (2)</p> <p>4 µg/ m³ (2)</p> <p>1 µg/ m³ (2)</p> <p>6 µg/ m³ (2)</p> <p>3 µg/ m³ (2)</p> <p>2 µg/ m³ (2)</p> <p>2 µg/ m³ (2)</p> <p>5 µg/ m³ (2)</p> <p>3 µg/ m³ (2)</p> <p>6 µg/ m³ (2)</p> <p>2 µg/ m³ (2)</p> <p>3 µg/ m³ (2)</p> <p>1 µg/ m³ (2)</p> <p>2 µg/ m³ (2)</p>	<p>Valtanen ym. 2016 Työpaikkojen sisäilman VOC-viitearvot. Sisäilmastoseminaari 2016.</p>
---	---	--

<i>Alkoholit</i>		
<i>Butanoli</i>	4 µg/ m ³ (2)	
<i>2-Etyyli-1-heksanoli</i>	4 µg/ m ³ (2)	
<i>Bentsyylialkoholi</i>	6 µg/ m ³ (2)	
<i>2-Metyyli-1-propanoli</i>	3 µg/ m ³ (2)	
<i>Esterit</i>		
<i>Texanol</i>	6 µg/ m ³ (2)	
<i>TXIB</i>	6 µg/ m ³ (2)	
<i>n-Butyyliasettaatti</i>	4 µg/ m ³ (2)	
<i>2-(2-Butoksietoksi)-etyyliasettaatti</i>	5 µg/ m ³ (2)	
<i>Etyyliasettaatti</i>	7 µg/ m ³ (2)	
<i>Fenolit</i>		
<i>Fenoli</i>	3 µg/ m ³ (2)	
<i>Glykolit ja glykolieetterit</i>		
<i>1,2-Propaanidioli</i>	12 µg/ m ³ (2)	
<i>2-(Etoksietoksi)etanoli</i>	15 µg/ m ³ (2)	
<i>2-Fenoksietanoli</i>	3 µg/ m ³ (2)	
<i>2-(2-Butoksietoksi)etanoli</i>	6 µg/ m ³ (2)	
<i>2-Butoksietanoli</i>	7 µg/ m ³ (2)	
<i>1-Metoksi-2-propanoli</i>	5 µg/ m ³ (2)	
<i>Orgaaniset hapot</i>		
<i>Heksaanihappo</i>	11 µg/ m ³ (2)	
<i>Propanihappo</i>	8 µg/ m ³ (2)	
<i>Pii-yhdisteet</i>		
<i>Dekametyylisyklopentasiloksaani</i>	10 µg/ m ³ (2)	
<i>Terpeenit</i>		
<i>α-Pineeni</i>	8 µg/ m ³ (2)	
<i>Kareeni</i>	6 µg/ m ³ (2)	
<i>Limoneeni</i>	6 µg/ m ³ (2)	
PAH-yhdisteet	<p>PAH-yhdisteet (polysykliset aromaattiset hiilivedyt) luokitellaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaviksi sekä perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle vaaraa aiheuttaviksi aineiksi. Lisäksi PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit saattavat aiheuttaa ihon ja silmien ärsytystä, punoitusta sekä valoherkistymistä.</p> <p>Suomessa sisäilman PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuudelle ei ole olemassa terveysperusteisia raja-arvoja.</p>	

<p>-Naftaleeni</p>	<p>Bentso(a)pyreenille on yleinen työpaikkoja koskeva tavoitetaso $<0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Eryitystä sisäilman ohjearvoa ei ole.</p> <p>PAH-yhdisteistä ainoastaan naftaleenille on esitetty sisäilman ohjearvoja. Sekä WHO että Saksan ympäristöviranomaiset (UBA) ovat asettaneet raja-arvoksi $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nykyisen tiedon perusteella naftaleeni-pitoisuuden ollessa alle esitetyn ohjearvon ei pysyviä terveysvaikutuksia ole odotettavissa.</p> <p>Suomessa asuntojen sisäilman naftaleenipitoisuudelle on toimenpideraja-arvoksi annettu $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.</p> <p>Koska tuoksut ja hajut syntyvät yleensä useiden yhdisteiden yhteisvaikutuksesta, voi vanhojen kivihiilipikeä ja -tervoja sisältävien eristeiden aiheuttamia hajuhaittoja esiintyä silloinkin, kun naftaleenin pitoisuus sisäilmassa on alle $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Työterveyslaitos). Naftaleenille turvallisiksi katsottujen terveysperusteisten ohjearvojen saavuttamisen ohella on syytä pyrkiä siihen, että sisäilmakriteereillä luokiteltava työtila, esimerkiksi toimisto tai kokoustila, on hajuton.</p> <p>Työterveyslaitoksen asettama tavoitetaso sisäilman naftaleenipitoisuudelle on $< 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (hajua ei saa esiintyä).</p>	<p>PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuistio, Työterveyslaitos 2016.</p> <p>WHO (2010) WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. World Health Organization, Copenhagen.</p> <p>Umweltbundesamt (2013), Richtwerte für Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl 56:1448-1459.</p> <p>Asumisterveysasetus 545/2015</p> <p>Työterveyslaitoksen sisäinen aineisto.</p> <p>PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuistio, Työterveyslaitos 2016.</p>
<p>PAH-yhdisteet rakennusmateriaaleissa</p>	<p>Materiaalinäyteanalyysin avulla todetaan tai suljetaan pois PAH-yhdisteitä (= polysykliset aromaattiset hiilivedyt) sisältäviä materiaaleja. Kivihiilitervatuotteissa, kuten kreosoottieristeissä, PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus (mitattuna 16 ns. EPA-PAH-yhdisteelle) saattaa olla yli $1000 \text{ mg}/\text{kg}$. Bitumieristeissä vastaava pitoisuus on yleensä selvästi pienempi. Kokonaispitoisuuden ylittäessä $200 \text{ mg}/\text{kg}$ materiaalijäte toimitetaan yleensä ongelmajätelaitokselle.</p>	<p>RT 82-0381</p>

<p>Materiaalit bulk-emissiot, VOC-yhdisteet</p> <p><u>PVC, jossa pehmittimenä DEHP</u></p> <p>TVOC 2-Etyyli-1-heksanoli</p> <p><u>PVC, jossa pehmittimenä DINCH, DINP tai DIDP</u></p> <p>TVOC 2-Etyyli-1-heksanoli C₉-alkoholit</p> <p><u>Tasoiitteet ja betoni</u> TVOC 2-Etyyli-1-heksanoli</p> <p><u>Linoleum</u> TVOC Propaanihappo</p>	<p>Työterveyslaitos on asettanut osalle materiaaleista viitearvot asiakas- ja seurantanäytteiden bulk-emissiotulosten perusteella. Näitä viitearvoja voidaan hyödyntää bulk-emissiomenetelmällä saatujen tulosten arvioinnissa. Tällä menetelmällä tehdyt näytteet eivät vastaa huoneilmasta kerättyjä näytteitä eivätkä materiaalien päästöluokitusta (M-luokat).</p> <p>200 µg/m³ 70 µg/m³</p> <p>500 µg/m³ 50 µg/m³ 320 µg/m³</p> <p>50 µg/m³ 40 µg/m³</p> <p>650 µg/m³ 100 µg/m³</p>	<p>Työterveyslaitoksen sisäinen aineisto.</p>
<p>PM₁₀-hiukkas-pitoisuus</p>	<p>D2:n mukaan PM10 sisäilmassa 24 tunnin mittauksen aikana saa olla enintään 50 µg/m³ (24 tunnin keskiarvo 20°C, 1 atm).</p>	<p>D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012.</p>
<p>Asbestikuidut</p>	<p>0,01 kuitua/cm³ ei saa ylittyä.</p> <p>Työterveyslaitos suosittelee pitoisuudeksi < 0,01 kuitua/cm³.</p> <p>Esiintymistä pinnoilla pidetään toimenpiderajan ylittymisenä.</p>	<p>Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015.</p> <p>Asumisterveysasetus 545/2015.</p>
<p>Teolliset mineraalikuidut</p> <p>(laskeutuneen pölyn keräys teippeihin (BM Dustfilters, BM Environmental Engineering, Hollanti) + faasikontrastivalomikroskopia)</p>	<p><u>Säännöllisesti siivottu pinta (2 viikon kertymä):</u> 0,2 kuitua/cm²</p> <p>- kuidut eivät todennäköisesti aiheuta ongelmia, jos pitoisuudet säännöllisesti siivotuilla pinnoilla (pöydät ym.) ovat alle tai korkeintaan 0,2 kuitua/cm²</p> <p>- jos viitearvo ylittyy, tulee selvittää kuitulähteet ja ryhtyä toimenpiteisiin kuitukertymän pienentämiseksi</p>	<p>Schneider T. Chapter 39. Synthetic vitreous fibres. In: Indoor Air Quality Handbook. Eds: Spengler JD, Samet JM, McCarthy JF. McGraw-Hill, New York, 2000.</p> <p>Lappalainen ym 2003. Mineraalikuidut sisäilmahaittana. Sisäilmastoseminaari 2003, s. 299-302.</p>

	<p><u>Tuloilmakanavan pinnalla:</u> keskimäärin 10-30 kuitua/cm²</p> <p><u>Tuloilma:</u> < 1 kuitu (pituus > 20 µm)/m³</p>	<p>ILMI-projekti: Kovanen K ym. (2006). Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt. Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus (Particle emissions from HVAC- components. Exposure, measurement and product testing). VTT tiedotteita - Research notes 2360, VTT, Espoo. 57p. + app. 56p.</p> <p>Korhonen et al 2008. Particle concentration and MMMF levels in hospitals. Indoor Air' congress 2008. 17-22.8.2008. Köpenhagen. Denmark - paper ID: 713.</p> <p>Salonen ym. 2009. Man-made vitreous fibres and irritation symptoms in office buildings in the Helsinki area. J Occup Environ Hyg 2009; 6: 624-631.</p>
--	--	---

<p><i>Bioaerosolit</i></p> <p>² 100% sisäilman pitoisuuksista on alle ko. pitoisuustason kosteusvaurioitumattomissa toimistorakennuksissa (aineisto Etelä-Suomesta)</p>		
<p>Mikrobit</p> <p><i>- Ilmanäytteet, talviaikana (tarvittaessa ulkoilmanäyte ja vertailu siihen)</i></p> <p>(keräys- ja analysointi Asumisterveys- asetuksen 545/2015 soveltamisohjeen, Ohje 8/2016, osa IV mukaan)</p>	<p><u>Sieni-itiöpitoisuus</u> > 50 cfu/m³</p> <ul style="list-style-type: none"> • kohonnut sieni-itiöpitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen² (mikrobikasvuston esiintyminen rakenteissa todennäköistä) <p><u>Bakteeripitoisuus:</u> > 600 cfu/m³</p> <ul style="list-style-type: none"> • kohonnut bakteeripitoisuus, viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon tai sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen² <p><u>Aktinomykeettipitoisuus:</u> > 5 cfu/m³</p> <ul style="list-style-type: none"> • kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen² 	<p>Salonen ym. (2007). Fungi and bacteria in mould-damaged and non-damaged office environments in a subarctic climate. Atmos Environ 41 (2007) 6797-6807.</p> <p>Salonen ym. Homeet ja bakteerit homevaurioituneissa ja ei-vaurioituneissa toimistotyöympäristöissä pääkaupunkiseudulla. Sisäilmastoseminaari 2008.</p>

<p><i>-materiaalinäytteet</i></p> <p>(keräys- ja analysointi Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohjeen, Ohje 8/2016, osa IV mukaan)</p>	<p><u>Sieni-itiöpitoisuus:</u> 10 000 cfu/g</p> <p>Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän sienikasvustoa, kun näytteen sieni-itiöpitoisuus on vähintään 10 000 cfu/g. Jos näytteen sieni-itiöpitoisuus on pienempi kuin 10 000 cfu/g, yksinomaan sieni-itiöpitoisuuden perusteella ei voida tehdä johtopäätöstä materiaalin kasvustosta, vaan myös lajistoa on tarkasteltava.</p> <p>Sieni-itiöpitoisuus: +++ tai ++++</p> <p>Materiaalinäytteen mikrobiologisen viljelyn tulos viittaa materiaalin kostumiseen ja vaurioitumiseen, mikäli materiaalinäytteessä on elinkykyisiä sieni-itiöitä runsaasti (+++/++++) tai näytteessä esiintyy kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja. Yksittäisten kosteusvauriomikrobien esiintyminen on kuitenkin normaalia.</p> <p><u>Bakteeripitoisuus:</u> 100 000 cfu/g Näytteen bakteeripitoisuus vähintään 100 000 cfu/g viittaa bakteerikasvuun materiaalissa.</p> <p><u>Aktinomykeettipitoisuus:</u> 3 000 cfu/g Jos aktinomykeettipitoisuus on vähintään 3 000 cfu/g, se viittaa aktinomykeettikasvustoon.</p>	<p>Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohje, Ohje 8/2016, osa IV</p> <p>Reiman ym. 1999. Laimennossarja- ja suoraviljelymenetelmien käyttö rakennusmateriaalinäytteiden mikrobipitoisuuksien ja mikrobiston määrittämiseksi. Sisäilmastoseminaari 1999.</p>
--	---	---

Huom. Mikrobilajiston tulkinnessa noudatetaan Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohjetta, Ohje 8/2016, osa IV, sekä tulkintaa, joka on kuvattu artikkelissa "Rakennusten kosteusvaurioita kuvastava mikrobisto. (Työterveyslaitos. Ympäristö ja Terveys -lehti, 8:2005, 36: 56 - 59 Reiman M, Kujanpää L, Junntila S, Lappalainen S, Lindroos O, Pasanen A-L, Rajala R, Rautiala S, Reijula K ja Tuomi T.)

<i>Ilmastointi ja lämpöolot</i>				
<p>Operatiivinen lämpötila</p> <p>$t_u \leq 10 \text{ °C}$</p> <p>$10 < t_u \leq 20 \text{ °C}$</p> <p>$t_u > 20 \text{ °C}$</p>	<p>S1</p> <p>21,5¹⁾</p> <p>(2)</p> <p>24,5¹⁾</p> <p>missä</p> <p>(2) $21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)$</p> <p>(3) $21 + 0,4 \times (t_u - 10)$</p>	<p>S2</p> <p>21,5</p> <p>(2)</p> <p>24,5</p>	<p>S3</p> <p>21</p> <p>(3)</p> <p>25</p>	<p>Sisäilmastoluokitus 2008</p> <p>¹⁾ S1-luokassa operatiivinen lämpötila on oltava tila/huonekohtaisesti aseteltavissa välillä $\pm 1,5 \text{ °C}$.</p>

Sallittu poikkeama tavoitearvosta	S1 ±0,5 °C	S2 ±1,0 °C	S3 ±1,0 °C	
Olosuhteiden pysyvyys toimi- ja opetustiloissa (käyttöajasta)	S1 95 %	S2 90 %		
Olosuhteiden pysyvyys asunnoissa (käyttöajasta)	S1 90 %	S2 80 %		
Ilman liikenopeuden tavoitearvot t _{ilma} = 21 °C t _{ilma} = 23 °C t _{ilma} = 25 °C	S1 <0,14 <0,16 <0,20	S2 <0,17 <0,20 <0,25	S3 <0,20 (talvi) <0,30 (kesä)	Sisäilmastoluokitus 2008
Hiilidioksidipitoisuus [ppm]	S1 <750	S2 <900	S3 <1200	Sisäilmastoluokitus 2008
Ulkoilmavirtojen normaalin käyttötilanteen mitoitusarvoja Toimitilat, joissa normaali tilatehokkuus (lattiapinta-ala 12 m ² /hlö) suuri tilatehokkuus (lattiapinta-ala 8 m ² /hlö) Neuvotteluhuone (lattiapinta-ala 3 m ² /hlö)	S1 1,5 dm ³ /sm ² 16 dm ³ /s,hlö 2,0 dm ³ /sm ² 14 dm ³ /s,hlö 4,0 dm ³ /sm ² 12 dm ³ /s,hlö	S2 1,5 dm ³ /sm ² 13 dm ³ /s,hlö 1,5 dm ³ /sm ² 11 dm ³ /s,hlö 4,0 dm ³ /sm ² 9 dm ³ /s,hlö	S3 1,5 dm ³ /sm ² 1,5 dm ³ /sm ² 4,0 dm ³ /sm ² 8 dm ³ /sm ²	Sisäilmastoluokitus 2008 yleisesti S1-luokassa: ulkoilmavirran mitoitusarvo = 0,5 dm ³ /sm ² + 10 dm ³ /s, hlö S2-luokassa: ulkoilmavirran mitoitusarvo = 0,5 dm ³ /sm ² + 7 dm ³ /s, hlö (kun rakentamisessa on noudatettu Sisäilmaluokituksen ohjeita ja tiloissa on tupakointi kielletty). Sisäilmastoluokituksen taulukossa 2.4.3 on esitetty tilakohtaisia ulkoilmavirtojen normaaliin käyttötilanteen mitoitusarvoja, jotka täyttävät erittäin vähäpäästöisen rakennuksen kriteerit.