

<https://helda.helsinki.fi>

---

## Rakennusten kemikaalien joukossa on myrkyllisiä, herkistäviä ja haittamikrobeja suosivia yhdisteitä

Andersson, Maria

Sisäilmayhdistys  
2014

---

Andersson , M , Salo , J , Lipponen , O , Salonen , P , Viljanen , M , Ojamo , H , Mikkola , R , Sistonen , E , Gasik , M , Teplova , V V , Salin , M & Salkinoja-Salonen , M S 2014 , Rakennusten kemikaalien joukossa on myrkyllisiä, herkistäviä ja haittamikrobeja suosivia yhdisteitä . julkaisussa J Säteri & H Backman (toim) , Sisäilmastoseminaari 2014 : 13.3.2014 . Raportti / Sisäilmayhdistys , Nro 32 , Sisäilmayhdistys , Helsinki , Sivut 371-376 , Sisäilmastoseminaari , Helsinki , Suomi , 13/03/2014 .

---

<http://hdl.handle.net/10138/153479>

---

acceptedVersion

---

*Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.*

*This is an electronic reprint of the original article.*

*This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.*

*Please cite the original version.*

# **SISÄILMASTOSEMINAARI 2014**

13.3.2014

**Toimittajat**

**Jorma Säteri  
Helka Backman**

Sisäilmäyhdistys ry

Puheenjohtaja dipl.ins. Risto Aurola  
Toiminnanjohtaja dipl.ins. Jorma Säteri

Sisäilmäyhdistys raportti 32

SISÄILMASTOSEMINAARI 2014  
Jorma Säteri ja Helka Backman (Toim.)

SIY Sisäilmätieto Oy  
ISSN 1237-1866  
ISBN 978-952-5236-42-2  
Painopaikka Bookwell Oy, Juva 2014

## ESIPUHE

Tänä vuonna 29. kerran järjestettävä Sisäilmastoseminaari kasvattaa suosiotaan vuosi vuodelta. Suuren yleisömäärän vuoksi järjestämme tilaisuuden tänäkin vuonna Helsingin Messukeskuksessa, joka tarjoaa yhteyksiltään ja toiminnoiltaan toimivat tilat sisäilma-asiantuntijoiden tapaamiseen ja tiedonvaihtoon. Suomalainen sisäilmatutkimus esittäytyy tänä vuonna 67 esitelmän voimin ja odotamme paikalle noin 1500 osallistujaa.

Sisäilmastoseminaarin vuodesta toiseen jatkuva suosio kertoo jatkuvasta tiedontarpeesta, jota Sisäilmayhdistyksen pyrkii paikkaamaan. Sisäilmastoseminaarin rinnalla Sisäilmayhdistys järjestää Sisäilmapaja-seminaareja. Näihin alueellisiin tilaisuuksiin on ollut suurta kiinnostusta; viime marraskuun seminaariin Nurmeksessa osallistui lähes 400 ammattilaista eri toimialoilta. Yhteistyöllä pohjois-karjalalaisten järjestäjien kanssa onnistuimme tavoittamaan alan ammattilaisia Itä-Suomesta ja pystyimme jälleen viemään tietoa uusille tiedontarvitsijoille. Seuraava Sisäilmapaja järjestetään ensi marraskuussa Turussa, ja tavoitteena on saada Varsinais-Suomen sisäilma-ammattilaiset liikkeelle.

Sisäilmastoseminaarin järjestävät Sisäilmayhdistys ry, SIY Sisäilmatieto Oy ja Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulun Energiatekniikan laitos, LVI-tekniikka. Seminaarin rahoittajina ovat sosiaali- ja terveysministeriö, ympäristöministeriö ja näyttelyyn osallistuvat yritykset. Suuren osallistujamäärän vuoksi olemme joutuneet muuttamaan tämän seminaariraportin maksulliseksi. Seminaarin yhteydessä järjestetään näyttely, joka osaltaan mahdollistaa seminaarin taloudellisen toteutuksen.

Kiitän kaikkia kirjoittajia, puheenjohtajia, puhujia ja muita seminaarin järjestelyyn osallistuneita sekä näytteilleasettajia suuresta panoksesta onnistuneen tapahtuman hyväksi.

Maaliskuussa 2014

Jorma Säteri  
Toiminnanjohtaja  
Sisäilmayhdistys ry.

## RAKENNUSTEN KEMIKAALIEN JOUKOSSA ON MYRKYLLISIÄ, HERKISTÄVIÄ JA HAITTAMIKROBEJA SUOSIVIA YHDISTEITÄ

Maria A. Andersson<sup>1</sup>, Johanna Salo<sup>2</sup>, Olli Lipponen<sup>2</sup>, Pauliina Salonen<sup>3</sup>, Martti Viljanen<sup>2</sup>, Heikki Ojamo<sup>3</sup>, Raimo Mikkola<sup>2</sup>, Esko Sistonen<sup>2</sup>, Michael Gasik<sup>4</sup>, Vera V. Teplova<sup>5</sup>, Mikko Salin<sup>6</sup>, Mirja Salkinoja-Salonen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Helsingin Yliopisto, Elintarvike- ja Ympäristötieteiden Ilt; <sup>2</sup>Aalto Yliopisto Rakennustekniikan Ilt, <sup>3</sup>Kemian Tekniikan Ilt, <sup>4</sup>Materiaalitekniikan Ilt, <sup>5</sup>Venäjän Tiedeakatemia, Inst. of Theoretical and Experimental Biophysics (RAS, Pushchino); <sup>6</sup>Inspector Sec Oy, Oulu

Antimikrobisia biosideja ja muita bioreaktiivisia kemikaaleja sisältyy rakennustuotteisiin ja niitä käytetään rakennusten ylläpidossa, huollossa, siivouksessa ja (home)saneerauksessa. Käytetyt aineet ovat pääosin pitkävaikutteisia biosideja, jotka sisätiloissa käytettyinä kertyvät muodostaen tilojen käyttäjille pysyvän kemiallisen rasitteen, koska mekanismit (luonnonvalo, sade, tuuli, biohajottavat mikrobit, jotka niitä hävittäisivät, puuttuvat. Selvitimme kokeellisesti ja kirjallisuudesta näiden kemikaalien: 1) antimikrobista tehoa terveyshaitallisiksi tunnettuihin, toksiineja tuottaviin mikrobilajeihin; 2) herkistävyyttä ja muita vaikutuksia ihmisen ja muiden lämminveristen soluihin; 3) tekijöitä, jotka vaikuttavat mikrobien haitta-aine päästöihin ja läpäisevyyteen rakennuksessa.

### TAUSTA

On lisääntyvää näyttöä siitä, että terveysongelma syntyy sisäilman eriytmisestä ulkoilmasta samalla kun ihmisen ajasta pääosa on siirtynyt sisätiloihin. Tähän sisätila-elämään liittyy biosidisten kemikaalien avulla tuotettu tilojen "ylihygieniä" /1/, /2/, /3/. Vähiten ongelmia on havaittu siellä, missä sisäilmaan vähiten eriytetty ulkoilmasta. Sisätiloihin liittyvä terveyshaitta ei liity ulkoilman homeisiin, eivätkä sisätilojen desinfiointikäsitteilyt tai tiivistäminen ole vähentäneet näitä haittaoireita /3/. Selitystä rakennusterveysongelmiin on etsittävä erilaisesta rakennustavasta, materiaaleista, käytöstä ja ihmisen sosioekonomisesta ympäristöstä.

### MENETELMÄT

Hiilidioksidi mitattiin Vaisala GMP 222-mittapäällä varustetulla Vaisala GM 70 -anturilla sekä Testo 535 -anturilla kaksoiskammiossa, joka koostui teräksisistä ala- ja yläkammi-oista, joiden väliin asetettiin tutkittava rakennusmateriaali. Kammiot ja tutkittava materiaali puristettiin toisiinsa ruuvipuristimilla. Solutoksikologiset menetelmät on kuvattu lähde viitteissä /4/, /5/, testisoluina sian siittiö, sian munuaistubuluksen epiteelisolu (PK15), kissan (FFL) ja koiran (A72) keuhkoepiteelisolu; alkuaineanalyysit viite /6/. Pyyhkäisyelektronimikroskooppikuvat (SEM) otettiin metallipäällystämättömistä näytteistä.

## TULOKSET

### Sisätilojen antimikrobiset kemikaalit

EU-direktiivi /7/, määrittelee 13 biosidien käyttöaluetta (valmisteryhmää), jotka liittyvät mikrobihaittojen torjuntaan (Taulukko 1). Antimikrobisia biosideja käytetään mikrobien tappamiseen ja säilöteaineina ehkäisemään tuotteen mikrobiologista pilaantumista. Suomessa sovelletaan useimpiin sisätiloissa käytettäväksi markkinoituihin teknokemian tuotteisiin ”leave-on” toimintatapaa (pakkauspäilyksessä ”ei vaadi huuhtelua”). Haihtumattomat tai huonosti haihtuvat biosidit aineet jäävät siten pitkäaikaisesti kuormittamaan sisätiloja. Isotiatsoloneja (/MI, MI/MCI, BIT, Taulukko 1) sisältyy maaleihin, lakkoihin, pinnoitteisiin, täyteaineisiin, liimoihin, tiivistemassoihin ja laasteihin /8/, /9/, /10/. 4564 eri kaupanimekettä käsittäneessä tutkimuksessa todettiin 42 % tuotteista sisältävän MI ja/tai MI/MCI. 12 %:ssa pitoisuus oli 1000 – 3000 mg/kg. BIT oli mukana 21 %:ssa tuotteista, pitoisuuksina  $\leq$  3000 mg/kg /9/.

Taulukko 1. Desinfiointien biosidien sisätiloihin liittyviä valmisteryhmiä (EU)

Yhdisteryhmä, yhdisteiden nimet ja lyhenteet	CAS nro	Sallittuja *	Aiemmin EU sallittu, nyt kielletty /12/
<b>Isotiatsolonit</b>			
2-metyyli-2H-isotiatsol-3-oni (MI)	2682-20-4	4, 6, 12	2, 7, 10,11,13
5-kloori-2-metyyli-2H-isotiatsol-3-oni (MCI) ja MI seos	26172-55-4 55965-84-9		2,4,6,7,9,10,11,12,13
1,2-bentsisotiatsol-3(2H)-oni (BIT)	2634-33-5	2,6,9,11,12,13	7,10
2-oktyyli-2H-isotiatsoli-3-oni (OIT)	26530-20-1	6,7,9,10,11,13	4,8,12
<b>Kationiset</b>			
poly(heksametyleeni) guanidi kloridi (PHMG)	57028-96-3		2,4,7,9,10,11,12,13
poly(heksametyleeni) biguanidi (PHMB)	91403-50-8	1,2,3,4,9,11	10
didekyyli-dimetyyli ammonium kloridi (DDAC)	7173-51-5	2,3,4,6,10,11,12,13	7,9
<b>Booriyhdisteet</b>			
boorihappo	10043-35-3	8	1,2,3,6,7,10,11,12,13
dinatrium tetraboraatti	1330-43-4	8	7,9,10
dinatriumoktaboraattihiydraatti	12280-03-4	8	7,9,10,11,12

\*Valmisteryhmien (VR) käyttötarkoitukset ( Euroopan Unionin Virallinen Lehti, L167, Liite V. :

- VR1, ihmisten hygienian hoitoon käytettävät biosidivalmisteet (m.l.käsidesit, kehosuihkeet, pyyhkeet)
- VR2, pintojen, materiaalien, laitteistojen ja kalusteiden desinfiointi tilanteissa, joissa ei esiinny suoraa kosketusta elintarvikkeisiin tai rehuihin
- VR4, laitteet ja astiat elintarvikkeiden tai rehujen tuotantoon, kuljetukseen, varastointiin, nauttimiseen.
- VR6, tehdastuotteiden pilaantumisen ehkäisyyn (muiden kuin elintarvikkeiden, rehujen tai lääkkeiden)
- VR7, kalvojen säilytysaineet ( maalien, muovien, tiivisteiden, liima- ja sideaineiden, paperien, taideteosten)
- VR8, puunsuoja-aineet (teollinen käsittely, sahavaiheesta lähtien, torjumaan puuta tuhoavia / pilaavia eliöitä)
- VR9, kuitujen, nahan, kumin, ja polymeeristen materiaalien säilytysaineet (ml. paperi- ja tekstiilituotteet)
- VR10, rakennusmateriaalien säilytysaineet (muuraustuotteet, komposiitit ym muut, lukuun ottamatta puuta)
- VR11, nestejäähdytyksessä ja prosessijärjestelmissä
- VR12, limanestoaineet ( teollisuusprosessien laitteissa, rakenteissa, puu- ja paperimassassa)
- VR13, työstö- ja leikkuunesteiden säilytysaineet

Kationisia pitkävaikutteisia biosideja, PHMG, PHMB ja DDAC, on markkinoitu Suomessa ilmastointikanaviin, homesaneeraukseen ja ennalta ehkäisyyn 1990-luvulta lähtien (Taulukko 1). Tuotteet ovat yhden tai useamman tehoaineen vesiliuoksia. Niillä

käsitellään sisätilapintoja ja irtaimistoja upottamalla, sivelemällä tai sumuttamalla. PHMG/B tehoaineisiin perustuvia desinfiointitoimenpiteitä tehdään asuntoihin, oppi- ja hoitolaitoksiin, toimistoihin, sekä rakenteille että irtaimistoille. PHMG ja boorikemikaalit poistuivat sallittujen biosidien luettelosta ( markkinoilta poisvedon takaraja oli 1.2.2013, /12/), mutta molempia oli markkinoilla vielä loppuvuonna 2013. Boorihappoa ja booraksia saa EU:ssa käyttää enää vain teolliseen puunsuojaukseen (Taulukko 1) /12/. Ympäristöministeriön tilaston mukaan vv. 1994 - 2006 Suomessa käytettiin puunsuojaukseen ja rakennussaneeraukseen boorikemikaaleja 413 500 kg (33 200 kg/vuosi) /13/. Arseni ( $As_2O_5$ , diarseenipentoksidi) oli sallittu teolliseen puunsuojaukseen Suomessa v. 2006 asti, käyttö v. 1994 - 2006 oli 3700 000 kg (285 000 kg/vuosi) /13/.

Boorikemikaaleja käytetään suurina pitoisuuksina sekä rakennustarvikkeissa että homeen ehkäisyyn ja palonestoon (eristevillat, puutavara), max. 5 % rakennustarvikkeen bruttopainosta. Suurikaan pitoisuus booria tai arseenia ei kuitenkaan ehkäise rakennuksen sisäilmaan liittyvien terveyshaittojen syntyä (Taulukko 2), koska tärkeimmät sisätila-toksiinien tuottajameet ovat boori-, arseni- ja PHMG/B resistenttejä /14/. Vakaviin terveyshaittoihin liittyneen asunnon pölyn arseenipitoisuus (34 mg/kg) osoittaa päästölähteen olevan yhteydessä sisätiloihin, koska muista ympäristö- tai asuntopölynäytteistä ei vastaavaa löydetty (Taulukko 2).

*Taulukko 2. Epäorgaanisten puunsuojausaineiden (arseni, boori, kromi, kupari) pitoisuuksia sisätilapölyissä ja vakavasti terveyshaittaoireisten rakennusten (n = 2) materiaalinäytteissä. Näytteet kerätty v. 2009 - 2010. Pölyt olivat 3 - 12 kk kertymiä.*

Tutkittu näyte	mitattu pitoisuus, mg / kg kuiva-ainetta			
	arseni	boori	kromi	kupari
<u>Rakennusmateriaalinäytteet</u>				
rakennusvillat (n = 3)	< 1	26000 - 32000	< 3	< 2
tapetti	4	100	< 3	97
rakennuspaperi (n= 3)	1 - 2	< 20 - 30	< 3	11 - 1600
pahvi	1	30	< 3	97
kuitulevy, tuulensuojalevy (n = 2)	< 1	30 - 200	< 3	< 1 - 59
puuaines (n = 3)	< 1	< 50 - 800	< 3	< 2
sahanpuru	2	< 20	< 3	10
<u>Sisätilapölyt</u>				
oireileva asunto	34	58	83	120
terve asunto	< 1	< 20	50	62
maatilapöly	4	43	42	33
<u>Vertailunäytteitä</u>				
maanäytteet (n = 4)	4 - 7	10 - 20	14 - 30	13 - 20
lehtikomposti (n = 3)	2 - 3	29 - 44	20 - 54	14 - 34

### Sisätiloissa käytettyjen antimikrobisia biosideja sisältävien valmisteiden toksiset ominaisuudet

Markettien, rautakauppojen ja verkon kautta markkinoitujen kuluttajatuotteiden myyntipäällykset ja toksisuudet tutkittiin yhteensä 49:stä v. 2013 myynnissä olleesta siivous-, astioidenpesu-, tekstiilien käsittely- ja homesaneeraustuotteista. 31 tuotetta 49:stä (63 %) kaupanimikkeestä (siivous- ja astianpesuaineita) sisälsi pakkauspäällyksen mukaan vähintään yhtä isotiatsolonaa, ja enemmistö (n = 28) useampaa kuin yhtä. 10 tuotetta

(markkinoitu ilmastointikanaviin, sisätilojen hygienisointiin ja homepesuun) sisälsi päällyksen mukaan joko PHMG, PHMB ja/tai dialkyyli-dimetyyliammoniumyhdisteitä. Mitattuja tuotetoksisuuksia verrattiin kuiva-aineperusteisesti vastaavien biosidien analyttisiin standardiyhdisteisiin. Toksisuusvaste siittiöillä isotiatsoloneilla ja kationisilla tehoaineilla oli  $EC_{50}$  0,25 – 2,5 µg/ml. Referenssibiosidina oli TBT (tributylinakloridi),  $EC_{50}$  0,2 µg/ml. Pesevien ainesosien (SDS, natrium lauryylisulfaatti) kontribuutio toksisuuteen oli vähäinen ( $EC_{50}$  ~ 50 µg/ml), boorikemikaalien osuus mitätön ( $EC_{50}$  >500 µg/ml). Toksisuus ( $EC_{50}$  25 - 50 µg/ml) oli pieniä tuotteilla, joiden haihdutusjäännös oli suuri (23 – 37 paino %) eikä myyntipäällyys ilmoittanut biosidia. Biosidia sisältäviksi ilmoitettujen tuotteiden haihdutusjäännös oli 5 – 110 g/l ja mitattu toksisuus vastasi biosidisen tehoaineen pitoisuutta 1 – 5 g/l.

Kirjallisuustietojen mukaan PHMG, PHMB ja DDAC (ja muut kvaternääriset dialkyyli-ammoniumyhdisteet) ovat hengitysmyrkyllisiä, aerosolina saatu altistus johtaa keuhkojen inflammaatioon ja fibroosiin, /15 – 17/ ja /14/:ssä siteeratut. Isotiatsolonit tunnetaan herkistävänä kemikaaleina /8 – 11/. Tanskasta ja Saksasta on raportoitu isotiatsolonille herkistyneitten potilaitten osuuden allergiaklinikoilla kaksinkertaistuneen v. 2010 -2012 /8, 10/.

### Rakennuksen olosuhteiden vaikutus sisätilojen haittamikrobeihin

Mikrobien kasvu rakenteissa riippuu lämpötilasta, ravinteiden saatavuudesta ja kaasufaasin koostumuksesta. Mikrobit tuottavat hiilidioksidia, jonka tuottoa voi käyttää mikrobikasvun mittarina. Tätä varten on tunnettava hiilidioksidin diffuusiokerroimet rakennusmateriaaleissa. Diffuusiokerroin eri rakennusmateriaaleissa mitattiin kaksoiskammionmenetelmällä. Alakammio kytkettiin ilmapumppujen välityksellä 0,5 m<sup>3</sup> lisäkammioon, jonne luotiin kokeen aluksi 600...9000 ppm hiilidioksidipitoisuus. Stationääritila, eli ajasta riippumattomat olosuhteet, aikaansaatiin tuulettamalla yläkammioita ulkoilmalla. Stationääritilasta määritettiin hiilidioksidin diffuusiokerroin materiaalissa, kun tunnettiin hiilidioksidipitoisuus ylä- ja alakammioissa, ulkoilmassa ja yläkammioon johdetun ulkoilman tilavuusvirta.

Tasapainotilan hiilidioksidipitoisuuksista määritettiin hiilidioksidin diffuusiokerroimet (D) ja ainekerrosten hiilidioksidivastukset (Z) (Taulukko 3). Höyrynsulkumuovi oli tiivein ja huokoinen puukuitulevy hiilidioksidia eniten läpäisevä. Kipsilevy on tehokas diffuusioveden kuljettaja jos sen rajapinnassa on kosteuslähde /18/, joten höyrynsulkumuovien väliin suljetussa tilassa hiilidioksidipitoisuus voi nousta homeen kasvulle suotuisan

Kuva 1. Kipsilevyn (käyttämätön kauppatavara) laineri pyyhkäisy-elektronimikroskoopissa tarkasteltuna. Mittajana 80 µm. Kuvassa näkyy homerihmaston peittämää lainerin pintaa. Kuva: Simo Lehtinen ja Johanna Salo.

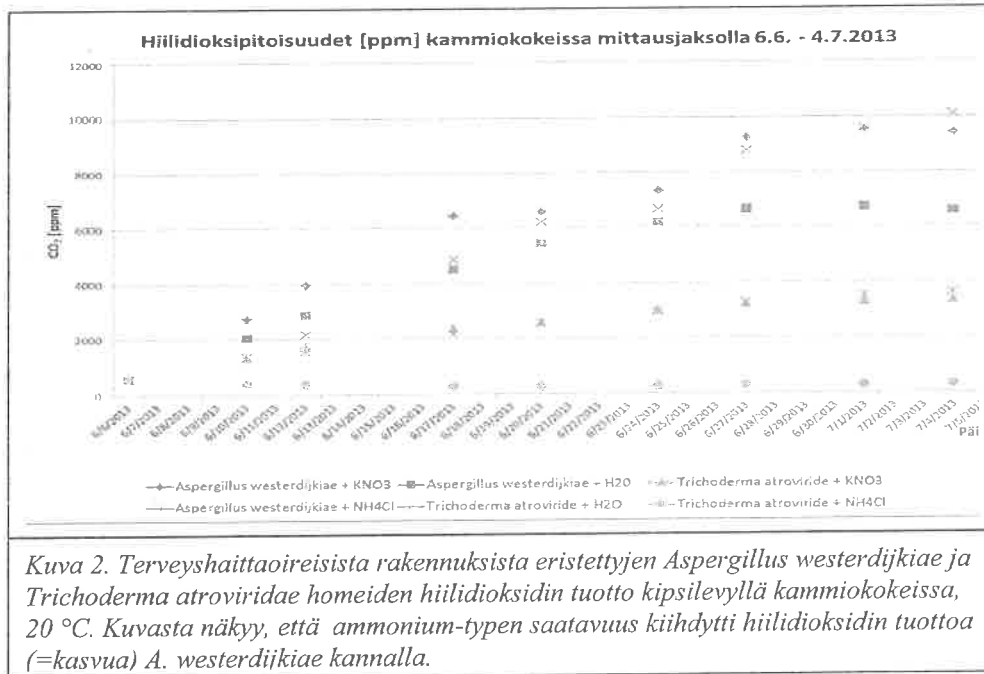


Taulukko 3. Hiilidioksidin diffuusiokerroimet (D) ja hiilidioksidivastukset (Z) kipsilevyssä, huokoisessa puukuitulevyssä, bitumivuorauspaperissa ja höyrynsulkumuovissa, 20°C.

Tutkittu materiaali	Materiaalin paksuus d [mm]	D [m <sup>2</sup> /s]	Z [s/m]
Kipsilevy	13	9.20E-07	1.41E+04
Huokoinen puukuitulevy	25	2.43E-06	1.03E+04
Rakennuspaperi	0.3	1.58E-08	1.90E+04
Höyrynsulkumuovi	0.15	5.40E-12	2.78E+07



Hiilidioksidintuottomittaukset osoittivat (Kuva 2), että pienellä vesikostutuksella käynnistetty homesienten kasvu johti hiilidioksidipitoisuuden nousuun huoneilman (440 ppm) tasolta tasolle 10 000 ppm (*Aspergillus*) tai 3000 ppm (*Trichoderma*) kun typpi-ravinnetta oli saatavilla. Hiilidioksidin nousun tiedetään kiihdyttävän homesienten kasvua 30 000 korkeaksi. Ulkoista mikrobilähdettä ei tarvita, koska kipsilevyjen (kiertokuitu) laineri on valmiiksi mikrobien kolonisoima (Kuva 1). *Aspergillus*-sienelle typenlähteeksi sopi polyuretaanista saatavissa oleva ammonium-typpi (Kuva 2). Alkukäynnistyksen jälkeen kasvua edistävä kosteus ja hiilidioksidi muodostuvat sienen aineenvaihdunnan tuotteina sen hapettaessa orgaanista ainetta :  $[C_6H_{10}O_5]_n + 6 O_2 \rightarrow [6 CO_2 + 5 H_2O]_n$ .



## JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen tulokset antavat aiheita seuraaviin johtopäätöksiin. Sisätilojen homesaneeraukseen, desinfointiin, siivoukseen, kotitaloustoimiin ja hygienian ylläpitoon yleisesti käytetyt tuotteet: **I** sisältävät ainakin 7 sellaista antimikrobista biosidia (isotiatso-loniyhdisteet MI, MCI, OIT ja BIT, kationiset PHMB, PHMG, DDAC), jotka ovat solutoksisuudeltaan samaa luokkaa tai toksisempia kuin terveyshaitallisiksi nimettyjen homeiden tuottamat mykotoksiinit; **II**, tunnetaan tieteellisessä kirjallisuudessa hengitysmyrkyllisinä ja/tai herkistävänä aineina ja ovat aiheuttaneet pysyviä terveyshaittoja niille altistuneille henkilöille; **III**, ovat vesiliukoisia, aerosolisoituvia, pysyviä kemikaaleja ja kertyvät sisätiloihin pitkäaikaista haitallista kemikaalikuormaa, koska niitä ei käytön yhteydessä huuhdota pois vaan jätetään tiloihin; **IV**, rakennusmateriaalien sisältämät boori- ja arseeniyhdisteet (boorihappo, booraksi, diarseenipentoksidi) sekä kationiset aineet (PHMG, PHMB, DDAC) muodostavat rakenteisiin olosuhteen, joka antaa valintaedun terveydelle haitallisille mykotoksiineja tuottaville homeille; **V**, rakennusten vaipan tiivistäminen hiilidioksidia läpäisemättömäksi muuntaa rakenteiden sisäistä kaasufaasia sellaiseksi, joka suosii toksiineja tuottavia homeita ja niiden itiöintiä.

## KIITOKSET

Tekijät kiittävät tuesta Työsuojelurahastoa (hanke Tsr112134), Suomen Akatemiaa (SA 118637, SA 253727), prof. Ville Valtosta, dos. Helena Mussalo-Rauhamaata ja työterveyslääkäri Sture Aspelinia, tutkimusasiainmies Ilkka Tahvanaista ja prof. Juha Paavolaa. Käytännön avusta kiitämme Mika Kalsia, Riitta Saastamoista, Leena Steiningeria, Hannele Tukiasta, Tuula Suorttia, Pekka Oivasta ja Mmtdk Laitekeskusta.

## LÄHDELUETTELO

1. Rook, G.A. 2013. Regulation of the immune system by biodiversity from the natural environment: An ecosystem service essential to health. Proc. Natl. Acad. Sci. US, Vol. 110 (46), s. 18360-18367.
2. Pakarinen, J., Von Hertzen, L., Jousilahti, P., Kosunen, T.U., Laatikainen, T., Mäkelä, M., Salkinoja-Salonen, M., Vartiainen, E. ja Haahetela, T. (2009). Allergian juurilla Karjalassa. Idäntutkimus, 16(3), s. 24 - 33
3. Putus, T. (2013). Alapohjan tiivistyskorjaukset ja biosidien käyttö – kokemuksia rakennusten käyttäjien oireilusta. Sisäilmastoseminaari 2013, SIY raportti 31, s. 305 - 310.
4. Mikkola, R., Andersson, M. A., Kredics, L., Grigoriev, P., Sundell, N. & Salkinoja-Salonen, M., (2012). 20-Residue and 11-residue peptaibols from the fungus *Trichoderma longibrachiatum* are synergistic in forming Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> permeant channels and in adverse action towards mammalian cells. The FEBS Journal, 279, s. 4172 - 90.
5. Hoonstra D, Andersson Maria A, Teplova VV, Mikkola R, Uotila LM, Andersson LC, Roivainen M, Gahmberg CG, Salkinoja-Salonen MS. 2013. Potato crop as a source of emetic *Bacillus cereus* and cereulide induced mammalian cell toxicity. Applied and Environmental Microbiology, 79 (12) s. 3534-3543
6. Andersson, M.A. Mikkola, R., Rasimus, S., Hoonstra, D., Salin, P., Rakkila, R., Heikkinen, M., Mattila, S., Peltola, J., Kalso, S., Salkinoja-Salonen, M., (2010). Bear spermatozoa as a biosensor for detecting toxic substances in indoor dust and aerosols. Toxicology in Vitro, 24, s. 2041 – 2052
7. Euroopan Parlamentin ja Neuvoston asetus (EU) N:o 528/2012, annettu 22 päivänä toukokuuta 2012, biosidivalmisteiden asettamisesta saataville markkinoilla ja niiden käytöstä. Euroopan Unionin virallinen lehti L167/1 (27.6.2012)
8. Lundov, M.D., Opstrup, M.S. ja Johansen, J.D. 2013. Methylisothiazolinone contact allergy – a growing epidemic. Contact Dermatitis 69, s. 271 - 275.
9. Reinhard E., Waeber R., Niederer M., Maurer T., Maly P., ja Scherer S. 2001. Preservation of products with MCI/MI in Switzerland. Contact Dermatitis, 45, s. 257 - 264.
10. Uter, W., Geier, J., Bauer A. ja Schnuch A. 2013. Risk factors associated with methylisothiazolinone contact. Contact Dermatitis 69 (4), s. 231- 238.
11. Mose, A.P., Frost S., Öhlund U. ja Andersen K.E. 2013. Allergic contact dermatitis from octylisothiazolinone. Contact Dermatitis 69, s. 49 - 52.
12. TUKES 2012. Biosidivalmisteissa kielletyt tehoaineet ainekohtaisesti. Tiedote TUKES verkkosivuilla. Päivitetty 8.6.2012
13. Ympäristöministeriö. Puunsuojakemikaalien myyntimäärät 1994-2000 ja 2001-2006. Luettu 2009-02-05.
14. Andersson, M., Mikkola, R.M. ja Salkinoja-Salonen, M. (2013). Biosidiset boori- ja PHMG/B edistävät toksisten sisätilahomeiden leviämistä rakennuksissa. Sisäilmastoseminaari 2013, SIY raportti 31 s. 299 - 304.
15. Yang, H.-J., Kim, H.-J., Yu, J., Lee E., Jung, Y.-H., Kim, H.-Y., Seo, J.-H., Kwon, G.-Y., Park, J.-H., Gwack, J. ja 14 muuta kirjoittajaa (2013) Inhalation toxicity of humidifier disinfectants as a risk factor in children's interstitial lung disease in Korea: A case-control study. PLOS One, 8, e64430.
16. Ohnuma, A., Yoshida, T., Tajima, H., Fukuyama, T., Hayashi, K., Yamaguchi, S., Ohtsuka, R., Sasaki, J., Fukumori, J., Tomita, M., ja 8 muuta kirjoittajaa (2010). Didecyldimethylammonium chloride induces pulmonary inflammation and fibrosis in mice. Exper. Toxicol. Pathol., 62, s. 643 - 651.
17. Ohnuma, A., Yoshida, T., Horiuchi, H., Fukumori, J., Tomita, M., Kojima, S., Takahashi, N., Fukuyama, T., Hayashi, K., Yamaguchi, S., ja 7 muuta kirjoittajaa (2011), Altered pulmonary defense system in lung injury induced by didecyldimethyl ammonium chloride in mice. Inhalation Toxicology 23 (8) s. 476 - 485
18. Adan, O.C.G., Huinink, H. P, ja Bekker, M. (2011). Water relations of fungi in indoor environments. Teoksessa: Fundamentals of mold growth in indoor environments and strategies for healthy living (Toim. Adan, O.C.G ja Samson, R.A.), Wageningen Academic Publishers, s. 41 – 82.