



Siivouksen kemikaalit ja sisäilma?

Mitkä rakennusmateriaalien ja kiinteistön ylläpidon aineet pilaavat sisäilman?

Miten ja mille ihminen altistuu?

Miten rakennuksesta tulee sisäilmahaitta-aineiden päästölähde?

Mirja Salkinoja-Salonen, professori

Ph.D (Vrije Universiteit, Amsterdam), Tekniikan tohtori H.C (Aalto Yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu)

Puhtausalan Esimies- ja Asiantuntijapäivät, 19.1.2017 Järjestäjä: SSTL Puhtausala r.y. Hotelli Haaga, Helsinki

Sisäilmasta altistuminen: Mitä kautta sisäilman haitta-aineet kulkeutuvat ihmisen kehoon? Miten elimistö puolustautuu?



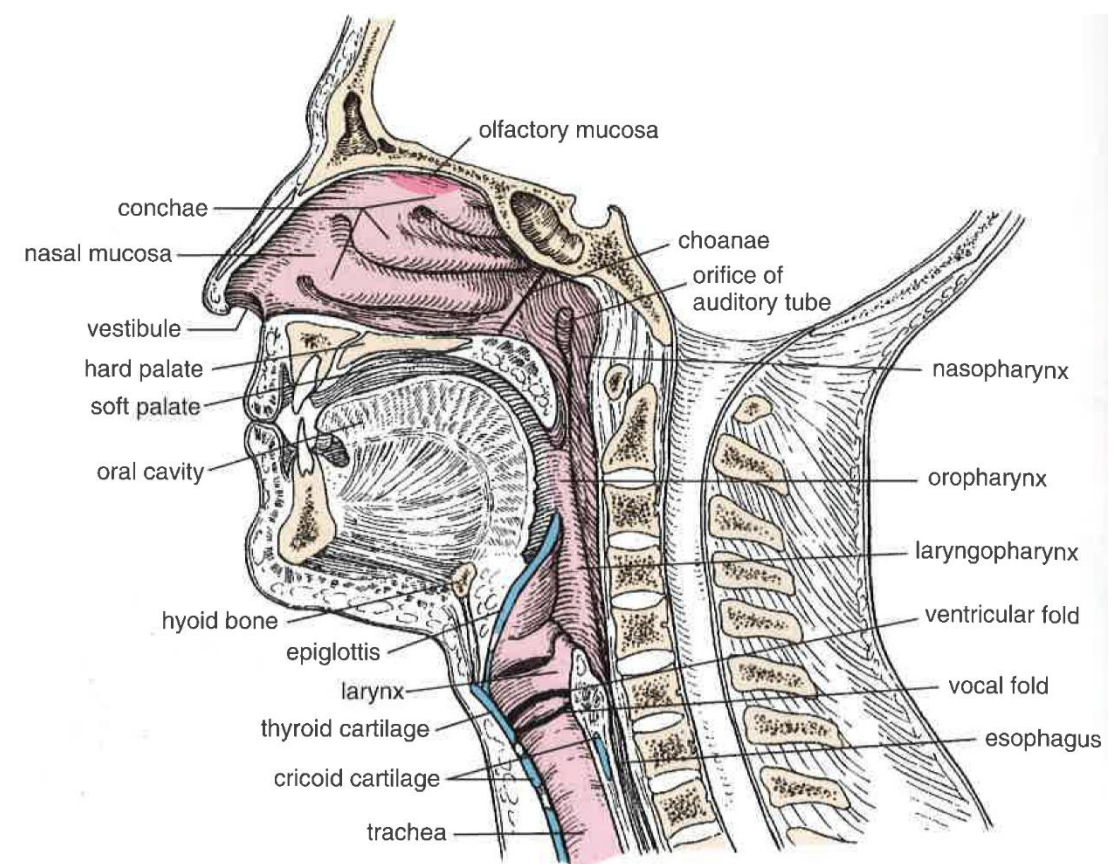
1. Hengityselimet: Ihmisen ”sisäpinta”: **nenäontelo** muutamia cm^2 , **keuhkojen sisäpinta**-ala (epiteeli) on kehon suurin: $70 - 90 \text{ m}^2$. Sinne kulkee päivittäin $10 - 20 \text{ m}^3$ ilmaa.
2. Iho: ”ulkopintaa” on, kehon koosta riippuen, $1 - 2 \text{ m}^2$. Ihoa peittää tiheä elävien **bakteerien ketto, joka on tehokas panssari** ulkoisia haitta-aineita ja mikrobeja vastaan.
3. **Ruansulatuskanava**: Suun, ruokatorven, mahalaukun ja suoliston kontaktipintaa on yhteensä alle 1 m^2 . **Suoliston sisältämä mikrobimassa**, $> 10\,000\,000\,000\,000$ elävää bakteeria, **antaa vahvan puolustuksen**.
4. **Silmien kontaktipinta sisäilmaan** on pieni, alle $0,001 \text{ m}^2$, mutta haavoittuva: sarveiskalvoa peittää vain *yhden solun paksuinen* elävien solujen kerros.



*The lung: a magnificent organ that needs lifelong attention. 2016. The Lancet, Vol 387 (10030), 1789
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30357-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30357-9)*

Altistuminen lähengitysteiden kautta: nenäontelo

- Hajuaistinsolut sijaitsevat **nenäontelon** limakalvon (olfactory mucosa) pinnalla, pinta-ala on yhteensä muutama cm²
- Hajujen tunnistamista varten siellä on **reseptoreja** joista viesti kulkee **hajuhermoon**
- Hajuhermo poikkeaa kaikista muista hermoista siinä, että **siltä puuttuu myeliinituppi** (muut nopeasti johtavat hermosyyt ovat myeliinitupellisia).
- **Hajurata** koostuu perättäisistä hajuhermosoluista. Se kuljettaa **hajuimpulssit reseptorista suoraan isoaivoihin**:
hajukäämiin, olfactory bulb, joka on kummankin isoaivopuoliskon alapuolella sijaitseva hermokudossukkula



Opetus: hengitysilmassa olleet epäpuhtaudet pääsevät hajuradan kautta HETI ja SUORAAN aivoihin, ohittaen aivojen muualla veri-aivo-esteen (blood-brain barrier) joka suojaa aivoja esim. verenkiertoon imeytyneiltä haitta-aineilta.

Kuvan lähdetiedot: MH Ross & W Pawlina (2004) Histology, a text and atlas, s. 614.

❑ Haitta-aineita joiden on kokeellisesti osoitettu kulkeutuvan hajuradan (olfactory sensory neurons) kautta isoaivoihin:

Virukset

Poly(IC), kaksijuosteisen RNA:n malliaine

Ympäristön haitta-aineet (environmental toxicants), kuten allergeenit, ja mikrobiksiinit, käynnistävät tulehdusreaktion.

Tulehdusreaktiosta seuraa nuhaa, poskiontelon tulehdusta (sinusiitti), ja se voi johtaa hajuradan hermosolujen tuhoutumiseen.

Hajuradan hermosolut ovat ainoa neuronilaji, joka sikiökauden jälkeen on uusiutumiskykyinen. Niiden normaali elinkaari on 3 – 6 kk mittainen.

Suuri hajuneuronien menetys johtaa hajuaistin huonontumiseen tai menetykseen.

Tämä näkyy hajuaistin huonontumisena tai menetyksenä joilla on yhteys neurologisten aivosairauksien käynnistymiseen (Alzheimer, Parkinson).

Katsaus: F. Imamura & S Hasegawa-Ishii (Frontiers in Immunology, 2016, vol 7, art 475)

Taulukko 1.Ammattikäyttöön tarkoitettuja siivous- ja ylläpitotuotteita. Y, yleispesuaine, ylläpitoaine; PP, pesu- ja puhdistusaineet ; SA, saniteettitilojen yleispuhdistusaine ;PD pintojen desinfiointiaine.

Tuote koodi	Biosidiset aineosat	Pesevät aineet	Kostutin aineet	Merkitykselliset vaaralausekkeet (EU)*
PD	alkyyli dimetyyli bentsyyli-ammonium kloridi, 7%	natrium karbonaatti 1,1%	alkyyli- alkoholi etoksilaatti, 6%	H315; H 318
PP-1	C12-18 alkyylibentsyyli dimetyyli ammonium kloridi 1 – 2%; etanoli	metyyli glysiini dietikkahapon trinatrium suola, 1 – 5%	Iso-tridekanoli etoksylaatti 1 – 5%;	H302; H314; H318; H319
PP-2	etanoli 1 – 5%	Sitruunahappo 1 – 5%	isodekanoli, etoksyloitu, 5 – 8%; 2-(metoksimetyylietoksi) propanoli 3 – 8%	R36, R22-41 H302; H319,
PP-3		kakaorasvahapon kalium suola, <2%	alkoholi etoksylaatti 1-4% isotridekanoli etoksilaatti 1 – 4%	H302, H315; H318, H319, R39, R41
SA	etanoli 1-3%, , bentsyyli-isotiatsolin-oni, metyyli-iso-tiatsolin-oni	Sitruunahappo 1 – 5%	alkoholi etoksilaatti 1-5%	R36; R41,
Y	etanoli, 1 - 5 %	natrium-2-etyyliheksyyli sulfaatti, 1-5%	isodekanoli etoksyloitu (A) 5-8%; alkoholi etoksilaatti (B)1-2% ; isodekanoli etoksyloitu (C) 1-2%	H302; H315; H318; H319;

Taulukko 1. (jatkoa) Ammattikäyttöön tarkoitettuja siivous- ja ylläpitotuotteita. Y, yleispesuaine, ylläpitoaine; PP, pesu- ja puhdistusaineet ; SA, saniteettitilojen yleispuhdistusaine ;PD pintojen desinfiointiaine.

Y	etanoli	natrium karbonaatti 1,1	alkyyli glukosidi 1-2 %; alkoholi etoksylaatti C9-11. < 5%	R41; H318; H319
Y	etanoli	etanoli 1-3%, , bentsyyli-isotiat-solin-oni, metyyli-iso-tiatsolin-oni	etoksiloitu isodekanoli; 1 – 5%	H318; H302; R41
Y		ei ilmoitettu	Rasva-alkoholi etoksilaatti	R41, H302; H318
Y	fosfaattia < 5%	natriummetasilikaatti 1-5%; tetrakalium pyrofosfaatti; natrium oktyyli amino propionaatti, 1-2% ; alaniini, N,N-biskarboksimetyyli trinatrium suola, 1-5%	etoksyloitu-propoksyloitu terpeeni, 1 -5%; jonittomia tensidejä 1-5%, amfoteerisiä tensidejä <5%	R34-37; H302; H314; H315 STOT SE 2; H319
Y	bentsyyli alkoholi 1-5%; 2-fenoksietanoli 1-5%; ; etanoliamiini 1 – 12%	dinatrium silikaatti 5 -<10%; ; kalium lipeä 1 – 2,5%; natrium p-symeenisulfonaatti 1 - <5%; kalium kokoaatti 1 - <5%		H314; H315; STOT SE 3, H302; H319

*Vaaralausekkeet: R36 ärsyttää silmiä; R41 vakavan silmävaurion vaara; H302 haitallista nieltynä; H314 Voimakkaasti ihoa syövyttävä ja silmiä vaurioittava; H318 vaurioittaa vakavasti silmiä; H319 ärsyttää voimakkaasti silmiä; H335, saattaa aiheuttaa silmien ärsytystä

Taulukkoon 1 kootuista pesuainekoostumustiedoista nähdään, että käytössä olevien tuotteiden pääkomponentti on PEO-tyyppinen kostutinkemikaali

Sisäilmaongelmaisten rakennusten *Aspergillus*, *Penicillium* ja *Trichoderma* toksiineja tuottavat homeet sietivät biosidistä tensidiä, dimetyyli-didekyyli ammoniumkloridia, joka tunnetaan siivoojien astman aiheuttajana, 10 kertaa korkeampana pitoisuutena kuin toksiineja tuottamattomat homekannat

Ammattisiivouksessa käytettyjen tuotteiden sisältämien yksittäisten kemikaalien toksikologiset ominaisuuksia siittiöiden liikkuvuustestissä. Lukuarvo ilmoittaa pitoisuuden laimeimmassa liuoksessa jossa puolet siittiöistä lakkasi uimasta.

Aiheen nimi	EC ₅₀ mikrogrammaa /ml
Genapol X 080	2,5
Didekyl-dimetyl ammonium kloridi	2,5
PHMB	10
Neo-amisept (Yliopiston Apteekki)	25
Arsenikki (As ₂ O ₃)	≤10
2-fenoksietanoli	≥100
Heksyyli-β-D glukosidi	500
Limoneeni (usein käytetty hajuste tuotteissa)	100
Triklosaani	1



Siivouksen merkitys sisätilojen kemikaalikuormassa on **suuri**.

Laitossiivous tehdään yleisesti **leave-on** menetelmällä: siivousaine levitetään pinnoille, jää siil kuivumaan, **ei huuhdota pois**. Pääosa siivoustuotteiden kemikaaleista (hajusteita lukuunottamatta) on aineita, joiden höyrynpaine on matala, joten ne eivät poistu tiloista haihtumalla.

Näinollen: kaikki se kemikaali, jota vuoden mittaan käytetään, kertyy sisätiloihin, ja poistuu sieltä vain hitaasti, **VIIPEELLÄ**, aerosolisoitumalla koneellisen ilmanvaihdon (ja muun, esim. tavaroiden ja ihmisten liikkumisen) aikaansaaman turbulenssin myötä: altistaen tilan käyttäjien hengitysteitä.

Siivousaineet sisältävät yleisesti **tertiäärisiä ja kvaternäärisiä tensidejä** eli orgaanisilla substituentteilla muunnettua ammoniumkloridia, Ne ovat peseviä, antibakteerisia aineita. Joillakin on myös homeen-estovaikutusta. Ne ovat kaikki **biosideja**, ja ihmiselle hengitysmyrkyllisiä.

Siivoustuotteet sisältävät lähes aina **kostutusaineita (wetting agent)**, joiden tehtävä on sekoittua siivousaineen sisältämän veden kanssa siten että nesteet risteytyvät, tuottavat pienikokoisia aerosolipisaroita (nanoaerosoli), jotka tunkeutuvat tehokkaasti kiinteään matriisiin, eli pinta ”kostuu”. Kostutusaineen aerosoli mobilisoi kiinteiltä sisätilapinnoilta pintaan tarttuneita/kertyneitä kertyneitä kemikaaleja ja mahdollisia homeiden tuottamia aineenvaihduntatuotteita, jotka muutoin olisivat haihtumattomia. Kostutusaineet yhtyvät ilman sisältämään vesihöyryyn tuottaen aggressiivisia nanoaerosolisumuja (cloud).

Siivoustuotteissa paljon käytetty kostutinkemikaali (Taulukko 1): Genapol X 080, = isotridekyyli polyetylenei glykooli eetteri, C13-E8 (tarkoittaa: 13- C-atomin pituinen rasva-alkoholi esteröityneenä ketjuun joka koostuu 8 kpl etyleeniglykolia).

Tunnusluvut: CAS

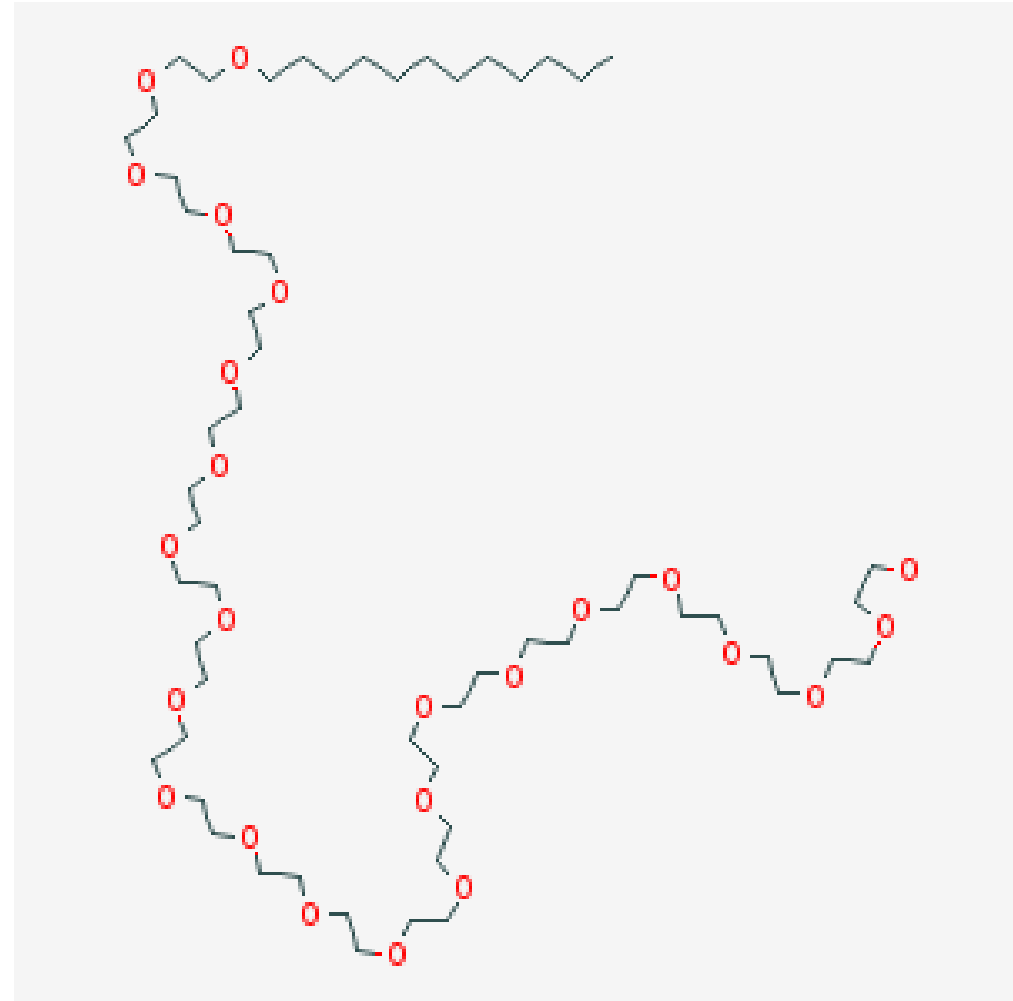
Vesiliukoisuus: 1%

Liukoisuus mineraaliöljyyn: 10%

Tiheys 0,98 g/cm³

Jähmettymispiste: + 10°C

Viskositeetti: 23 mPas



Siivousaineissa ”suosittu” kostutinkemikaali Genapol x080 (ks. Taulukko 1) vaurioittaa nisäkässoluja veden viskositeettiä alentavalla vaikutuksellaan: jokaisen elävän solun ympärillä on vesiverho, joka on välttämätön veteen liuenneiden ravinteiden otossa, kuten glukoosi, ja jonikanavien toiminnalle (erityisesti kalsium ja kalium kanavat), joiden varassa on solukalvojen sähköinen potentiaali. Tämä on tuhoisaa keuhkoputkien limakalvoille ja nenäontelon hajureseptoreille. Koska hajurata muodostaa veri-aivoesteen ohittavan reitin suoraan isoaivoihin, on varsin todennäköistä, että genapol-sumua kulkeutuu nenäontelosta aivojen hajukäämiin ja sieltä edelleen aivojen muihin osiin, niin kuin Imamura ja Hasegawa-Ishii tutkimustensa tuloksia esittivät (Front. Immunol., 2016, 7: article 475.)

Genapol x 080 on yhtä myrkyllistä eläville lämminverisille soluille on kuin voimakkaimpien rakennushomemyrkkyjen, joita myös voi hengityselimiin joutua, jos rakennuksessa on toksisia homekasvustoja. Veren soluissa se aiheuttaa välittömän hemolyysin. Veren punasolut ovat sille niin herkkiä, että japanilaiset tutkijat ovat ottaneet Genapol x080 hemolyyttisyysmittauksien verrokki standardiksi (Haishima ym., 2014, J. Biomed Mater Res Part B, 102B:1809-1816).

Pinto Ym
julkaisivat v 2014
paljon huomiota
saaneen tutki-
muksensa, jossa
he osoittivat, että
yksikertaisella,
viiden hajun
tunnistustestillä
voitiin ennustaa
57 – 85
vuotiaiden kansa-
laisten jäljellä
olevaa elinaikaa
tarkemmin kuin
millään muulla
mittarilla.

Olfactory Dysfunction Predicts 5-Year Mortality in Older Adults

Jayant M. Pinto^{1*}, Kristen E. Wroblewski², David W. Kern^{3,4}, L. Philip Schumm², Martha K. McClintock^{3,4}

1 Section of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Department of Surgery, The University of Chicago, Chicago, Illinois, United States of America, **2** Department of Health Studies, The University of Chicago, Chicago, Illinois, United States of America, **3** Department of Comparative Human Development and The Institute for Mind and Biology, The University of Chicago, Chicago, Illinois, United States of America, **4** The Center on the Demography and Economics of Aging, National Opinion Research Center, The University of Chicago, Chicago, Illinois, United States of America

Abstract

Prediction of mortality has focused on disease and frailty, although antecedent biomarkers may herald broad physiological decline. Olfaction, an ancestral chemical system, is a strong candidate biomarker because it is linked to diverse physiological processes. We sought to determine if olfactory dysfunction is a harbinger of 5-year mortality in the National Social Life, Health and Aging Project [NSHAP], a nationally representative sample of older U.S. adults. 3,005 community-dwelling adults aged 57–85 were studied in 2005–6 (Wave 1) and their mortality determined in 2010–11 (Wave 2). Olfactory dysfunction, determined objectively at Wave 1, was used to estimate the odds of 5-year, all cause mortality via logistic regression, controlling for demographics and health factors. Mortality for anosmic older adults was four times that of normosmic individuals while hyposmic individuals had intermediate mortality ($p < 0.001$), a “dose-dependent” effect present across the age range. In a comprehensive model that included potential confounding factors, anosmic older adults had over three times the odds of death compared to normosmic individuals (OR, 3.37 [95%CI 2.04, 5.57]), higher than and independent of known leading causes of death, and did not result from the following mechanisms: nutrition, cognitive function, mental health, smoking and alcohol abuse or frailty. Olfactory function is thus one of the strongest predictors of 5-year mortality and may serve as a bellwether for slowed cellular regeneration or as a marker of cumulative toxic environmental exposures. This finding provides clues for pinpointing an underlying mechanism related to a fundamental component of the aging process.

Citation: Pinto JM, Wroblewski KE, Kern DW, Schumm LP, McClintock MK (2014) Olfactory Dysfunction Predicts 5-Year Mortality in Older Adults. PLoS ONE 9(10): e107541. doi:10.1371/journal.pone.0107541

Editor: Thomas Hummel, Technical University of Dresden Medical School, Germany

Hajuaistin säilyminen on osoitus elinvoimasta:

Hajutestin suosittamiseen kului keskimäärin 3 min/henkilö, hajut olivat: ruusu, nahka, appelsiini, kala, piparminttu. Elinvoimaisuuden ”mittarina” käytettiin sitä, että henkilö oli elossa 5 v myöhemmin.

Kuvasta näkee, että 5v kuluttua kuolleisuus oli moninkertainen niillä, joilta hajuaisti oli mennyt, verrattuna omassa ikäluokassa niihin, jotka vielä haistoivat tarkasti.

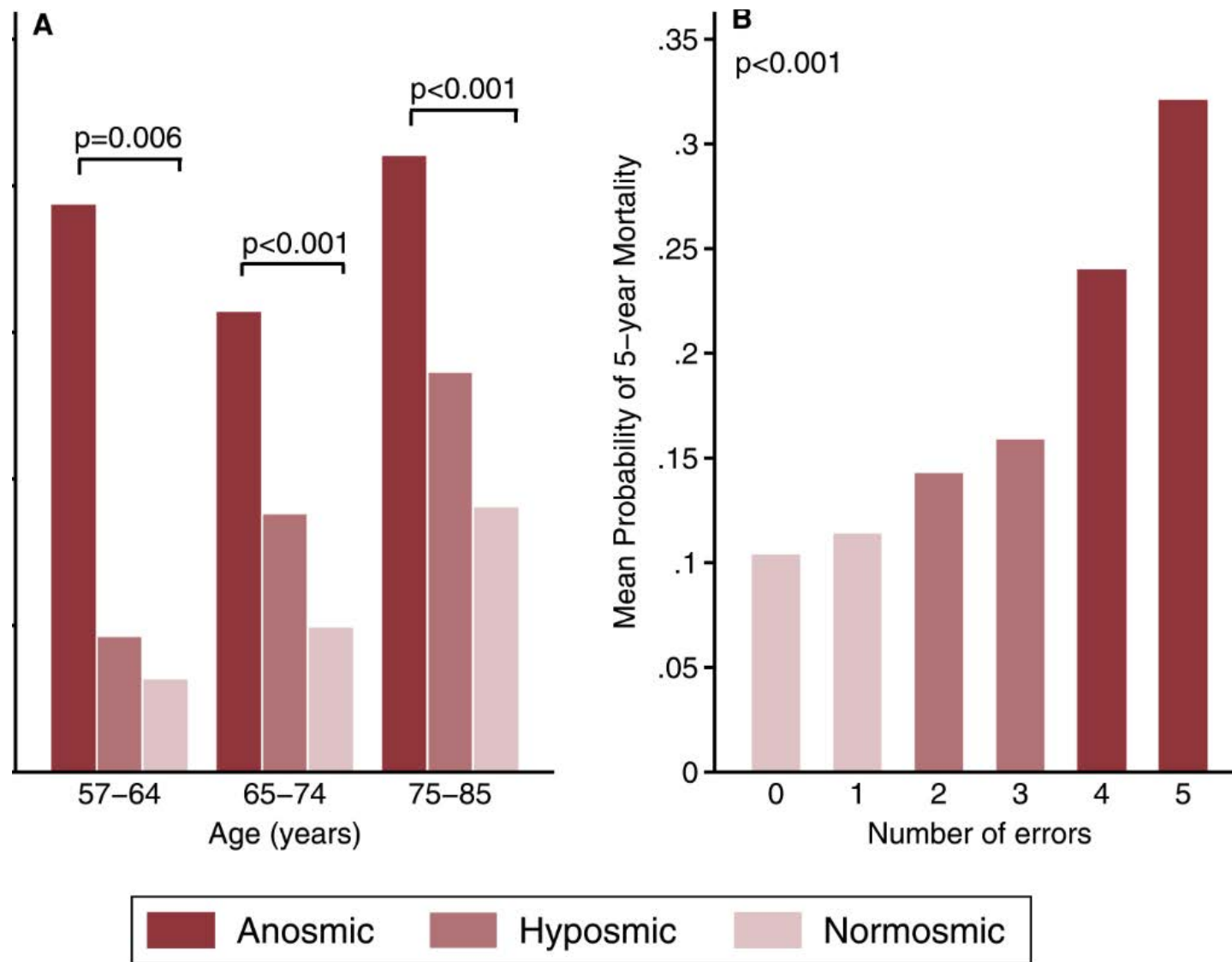
Suurin elinvoimaisuus (= olivat elossa 5 v myöhemmin) oli henkilöillä jotka tunnistivat oikein vähintään 4 hajua viidestä.

Myöskin ikäryhmien sisällä elinvoimaisuuden ero näkyi vieläkin jyrkemmin: nuorimmassa ryhmässä (57 – 64 vuotiaat) : tarkoista haistajista elossa oli 10-kertainen osuus verrattuna niihin, jotka haistoivat oikein korkeintaan yhden viidestä hajusta.

Opetus: Kannattaa pitää hajuaisti vireänä ja vältellä aineita ja olosuhteita, joissa hengitetään toksista sisäilmaa – oli se haitta-aine mikrobien tuottama tai teollinen kemikaali.

Mirja Salkinoja-Salonen, Helsingin Yliopisto & Aalto Yliopisto,
2017 01 19

Lähde: JM Pinto ym, 2014. Olfactory dysfunction predicts 5-year mortality in older adults. PLOSone , 9(10) e107541



Ovatko nykyisten siivoustuotteiden ainesosat terveysriski? Mikä on ”oikeasti” haitallista?

Elimistömme puolustus on paras ruuansulatuskanavassa: syöty ruoka –aine pääsee kunnolla imeytymään verenkiertoon vasta suolessa. Siellä se sekoittuu useisiin kiloihin bakteerimassaa. Bakteerit käyttävät monia meille haitallisia aineita ravinnoksi, tai keräävät niitä soluihinsa, ja kuljettavat ulosteena pois. Suolesta verenkiertoon imeytyneet haitta-aineet kulkevat maksan kautta ennenkuin veri kiertää ravitsemaan tärkeitä elimiä, sydän, aivot, hengityselimet. Maksan entsyymikoneisto on erikoistunut muuntelemaan haitallisia molekyylejä niin, että niiden terveyshaitallisuus vähenee ja ne voidaan erittää munuaisten kautta ulos kehosta.

Toiseksi paras puolustusjärjestelmä on iho: siinä paksu, kuollut ketto ehkäisee haitta-aineiden imeytymistä, ja ihon bakteerikerros ($100\,000 - 1\,000\,000\,000$ bakteerisolua cm^{-2}). Iho on kehon suurin luontaisen immuunipuolustuksen elin: makrofagit, keratinosyytit, käynnistävät puolustuksen ulkoisia mikrobihyökkäyksiä vastaan ja vaeltavat massiivisena paikalle puolustamaan ja auttamaan jälleenrakentamista, jos iho menee rikki tai jokin haitallinen aine (tai UV säteily) on tappanut ihon soluja.

Mitä toksisuus on ja miten sitä voi mitata?

Toksisuus tarkoittaa ulkopuolisen agenssin, esimerkiksi mikrobien tuottaman aineenvaihduntatuotteen ("homemyrkyt") tai kemikaalin kykyä haitata elimistön solujen normaalia toimintaa ja jopa tuhota soluja tai soluelimiä.

Toksisuutta mitataan altistamalla eläviä soluja tai kudoksia epäillyn aineen vaikutukselle, ja senälkeen tutkimalla, tuliko solulle tai kudokselle mitattavissa oleva palautuva tai palautumaton vaurio tai kuolema.

Ympäristön toksikologiassa käytetään yleensä soluja. Elävien koe-eläimien altistaminen kemikaaleille tai myrkyllisille biotuotteille (toksiineille) pyritään EU:ssa saamaan pois käytöstä. Eläviä koe-eläimiä käytettäessä on tullut myös dramaattisia epäonnistumisia, koska laboratorio rotat ja hiiret reagoivat niihin joskus täysin eri tavalla kuin ihminen. Esimerkkejä tästä on ihmisen sikiöille vakavia epämuodostumia aiheuttanut raskauspahoinvoinnin ehkäisyyn käytetty talidomidi, ja Unilever yhtiön käyttöön ottama margariinin emulgointikemikaali, joka aiheutti massiivisen paise-aallon 1960 luvulla.

Aineen toksisuutta mitataan sen ihmis- tai muita relevantteja soluja vahingoittavan vaikutuksen avulla. Tavallisesti mitataan EC_{50} arvo, eli se aineen tai mikrobituotteen pitoisuus, joka vaurioitti mitattavalla tavalla vähintään puolet (50%) altistetuista soluista.

Mittaustavasta johtuen pienempi EC_{50} lukuarvo tarkoittaa suurempaa toksisuutta.

Kostutin aineet:



Genapol-X080, synonyymejä: Brij-35, oligoetyleeniglykoli - monoalkyyli eetteri = rasva-alkoholi etoksylaatti, = polyetyleeniglykoli monoalkyyli eetteri = polyetoksi-monoalkyyli eetteri.

Etoksiryhmien lukumäärä n, voi vaihdella 6 – 10, alkyyli ryhmässä hiiliatomeja 8 – 14. (kaavassa n=12).

Tämän ryhmän aineet ovat kaikkein eniten käytettyjä.

Kostutusaineen tehoa ilmaisee HLB-luku: aineen hydrofiilisten ja hydrofobisten ominaisuuksien suhdeluku. Pieni HLB luku indikoi vähäistä vesiliukoisuutta.

Kostutusaineen tehtävä on jo pienenä lisättynä määränä aiheuttaa veden tai muun nesteen hajoaminen nanopisaroiksi.

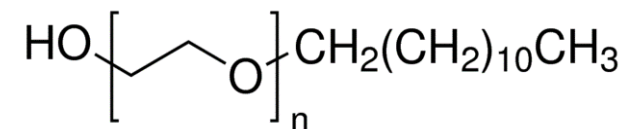
Nanokokoiset pisarat leviävät tehokkaasti siivottavaan pintaan ”kastellen” sen niin että

mahdollisimman pieni tilavuus siivoustuotetta riittää kostuttamaan suuren pinta-alan.

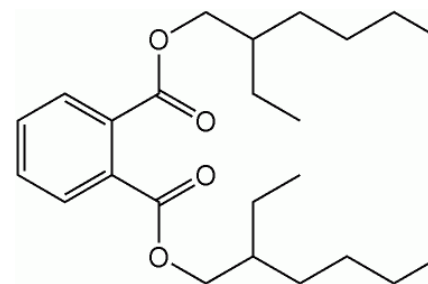
Silloin kun toinen osapuoli on muu kuin vesi, puhutaan dispergoinnista. Dispergantteja ovat mm. ftalaatti-esterit, dietyyli-heksyyli ftalaatti (DEHP), dibutylftalaatti, di-iso-oktyyliftalaatti (DIOP), dinonyl ftalaatti), metoksi-polyetyleni-glykoli ko-polymeeri, meta-akrylaatti kopolymeeri, (polykarboksylaatti).

Lähdeviitteitä: Berthod ym., 2001, Talanta 55, 69-83

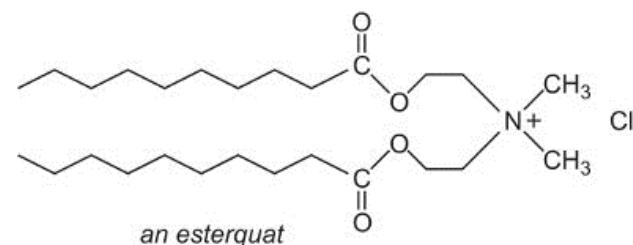
Kostutinaineita, pehmittimiä, dispergointiaineita:



Genapol X-080 , CAS Numero: [9043-30-5](#), kun n= 8.
Moolipaino 552 g/mol, kostutinaine, joniton surfaktantti, vahvasti sytotoksinen keuhkosoluille, siittiöille



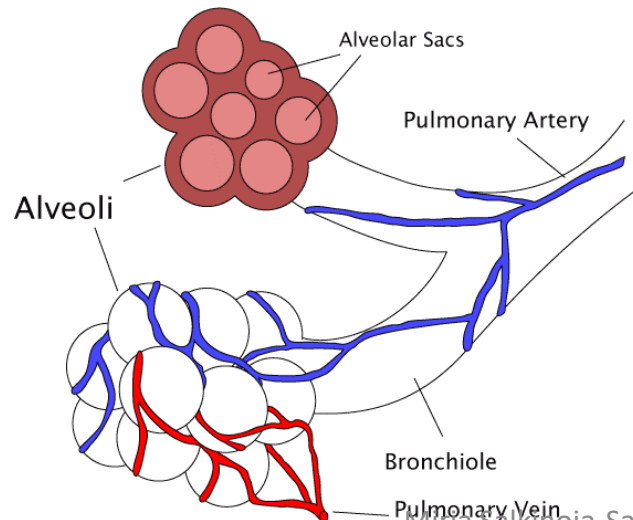
DEHP, pehmitinaine (plasticizer), ja muut ftalaatit), on veteen sekoittumaton, polymeerien notkeuttaja



Didekyyli-dimetyyli ammonium kloridi, on kvaternäärinen tensidi, dispersantti, vahvasti bakterisidinen, jonkin verran fungisidinen. Biosidinen.

“Pulmonary surfactant” on keuhkorakkuloiden tuottama oma pinta-aktiivinen lima-aine, lipidiä ja fosforia sisältävä proteiini (phospholipoprotein), jota tuottavat tyypin 2 alveolisolut. Se koostuu hydrofilisestä ja hydrofobisesta osasta.

Fosfolipoproteiini-molekyylin hydrofiilinen osa ulottuu keuhkorakkulan pinnalla olevaan vesikerrokseen. Hydrofobinen uloke, jossa mukana lipidi, [dipalmitoylfosfatidyyli koliini](#) (DPPC), kurkottaa veden/ilman rajapintaan, vähentäen sen pintajännitystä.

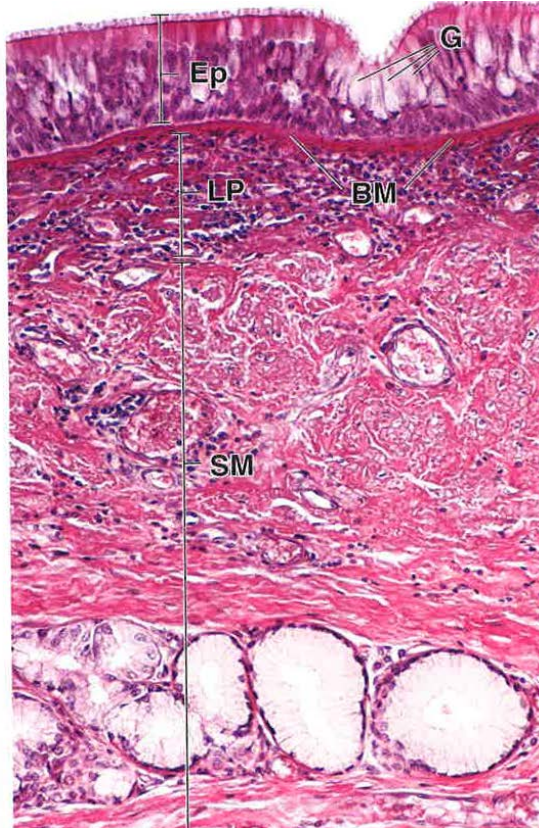


(Source: Wikipedia, accessed 20160922)

Pienet keuhkoputket (bronkiolit) haaroittuvat isoista keuhkoputkista ja johtavat sisäänhengitetyn ilman keuhkorakkulaan (alveoli). Verisuonet kiertävät keuhkorakkuloita, tuoden keuhkolaskimosta (pulmonary vein) hiilidioksidipitoista verta tuulettumaan.

Keuhkovaltimon (pulmonary artery) suonet ottavat alveolista hapetettua verta kuljettaakseen sen sydämeen pumpattavaksi elimistön hapentarpeisiin. **Kaasut (haihtuvat kemikaalit, H_2S , VOC)** voivat imeytyä verenkiertoon suoraan keuhkoputkissa tai kulkeutua keuhkorakkulaan saakka. Sieltä ne joko imeytyvät verenkiertoon tai poistuvat uloshengityn ilman mukana ulos.

Kostutin- ja dispergointikemikaalit **EDISTÄVÄT** sisäilman **haihtumattomien, dispergoituvien aineiden siirtymistä** vesihöyryaerosoliin, joka siirtyy sisäilmasta keuhko-putkiin, bronkioleihin ja keuhkorakkuloihin.

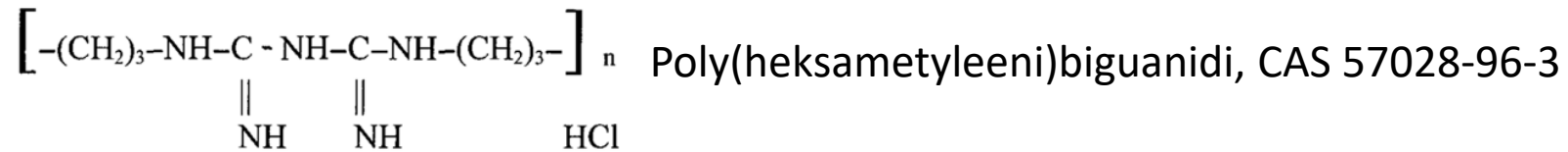


Keuhkoputken ”karvaista” pintaa, jonka pintakarvat (kiliat, vasemmalla, suurennos 1200 x suurennos) pyyhkäisy eletronimikroskooppikuvassa tekevät koko ajan soutavaa liikettä keuhkoputken pinnalle tarttuvien pöly ym hiukkasten siirtämiseksi ylös nieluun. Samat kiliat näkyvät oikeanpuolisessa kuvassa ylhäällä. Oikeanpuolinen kuva on ohutleike keuhkoputken pinnasta (400x suurennos). Nielussa hiukkasmassa spontaanisti nielaistaan ruokatorveen. Näin keuhkoputkien pinta pysyy puhtaana.

Hengitysteiden suoja mekanismit: henkitorvesta haarautuvat keuhkoputket päättyvät keuhkorakkuloihin (alveolit) , joissa kaasunvaihto (**hiilidioksidi ulos, happi sisään**) tapahtuu. Alveolien limakalvo on hyvin ohut, kaasuja läpäisevä. Keuhkorakkuloita suojelee keuhkoputkiin päässeiltä hiukkasilta (mikrobit, pölyt, itiöt, siitepöly...) keuhkoputkien pintaa peittävä, OHUT kerros, 0,005 – 0,01 mm, limaa (ASL).
refleksinomaisesti ruokatorveen.



Rakennusmateriaaleissa ja rakennusten ylläpidossa käytetyt biosidit



Käyttö: ”homesiivous”, desinfiointi

Vuoteen 2006 saakka rakennusmateriaaleissa käytettiin arseenipentoksidia puunsuojalaineena. Jos rakenne on tuulettumaton, ja kostea, on hapettomia, mikrobitoiminta pelkistää arseenipentoksidin arseenitrioksidiksi joka on n. 100 kertaa myrkyllisempää (ihmisen soluille) kuin arseenipentoksidi. Siitä voi myös vapautua myrkyllisiä kaasuja (metyyliarsiinia).

Polyguanidisiset biosidit ovat bakteerien tuhoamiseen tarkoitettuja bioisidisia desinfiointiaineita. Niiden teho homeisiin on vähäinen, varsinkin toksiineja tuottaviin *Aspergillus*- ja *Penicillium*-lajeihin ja *Paecilomyces* lajeihin. Paradoksaalisesti kuitenkin Suomessa käytettiin viime 2 vuosikymmenen aikana homesaneeraukseen juuri polyguanideja, aluksi PHMG sittemmin sisaraine PHMB. PHMG:n käyttökielto EU:ssa tuli v. 2012.

PHMB:n käyttöluvat EU:ssa ovat nyt katkolla: kielletty valmisteryhmissä 1 (ihmiskontaktissa), 6 (tuotteiden varastoinnissa käytettävät säilytysaineet), 9 (kuitujen, nahan, kumin ja polymeeristen materiaalien säilytysaineet), lupaa valmisteryhmälle 2 (sisätilat) on haettava 1.7.2017 mennessä

Lähdeviitteitä

<http://tukes.fi/fi/Ajankohtaista/Tiedottet/Biosidit/PHMB-biosidi>

ECHA, Riskin arviointi raportti PHMB:lle, julkistettu: syyskuu 2011:

Keuhkot ovat kehomme haavoittuvin elin :

Jokaisessa sisäänhengitetystä ilmakehiolosuhteissa on:

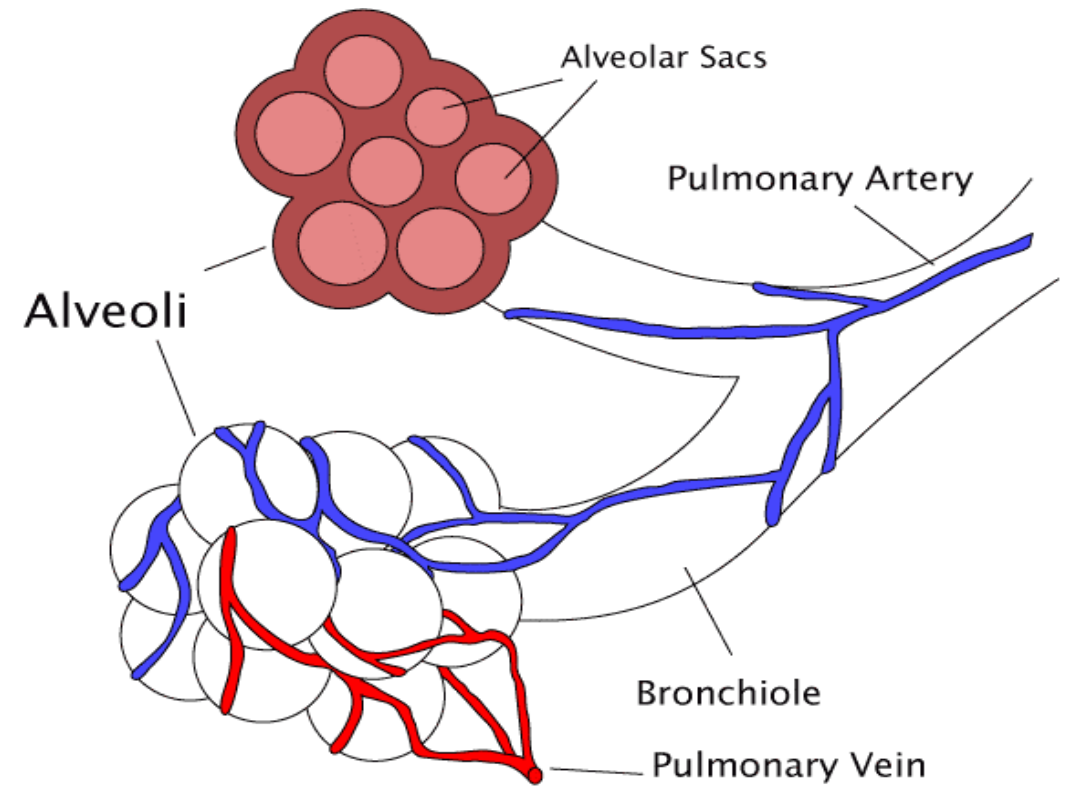
- n 210 litraa on happikaasua,
- vajaa litra hiilidioksidia,
- loput pääosin typpikaasua.

Haavoittuvin osa hengityselimiä on keuhkorakkulat, joissa kaasunvaihto tapahtuu.

Isoihin keuhkoputkiin päässeet hiukkaset palautetaan nieluun:

- hiukkaset (pöly, mikrobisolut) tarttuvat hengitysteiden (nenä, keuhkoputket) limapitteeseen. Sieltä kilioidut solut (karvasolut) työntävät niitä ylöspäin, **palauttaen ne nieluun**, josta ne siirtyvät ruuansulatuskanavaan.

KILIAT EIVÄT PALAUTA: kaasuja (rikkidioksidi, typen oksidit, rikkivety...) , höyryjä, nesteaerosoleja, mikrobien nestemäisiä päästöjä (mikrovesikkelit).



Hengitysilman mukana keuhkoihin tulleet kaasut, höyryt , nesteaerosolit eivät palaudu kiliatoiminnan avulla nieluun, vaan voivat joutua pieniin keuhkoputkiin tai jopa keuhkorakkuloihin. Sinne joutuneina sytotoksiset aineet, kuten kationiset pinta-aktiiviset aineet ja muut biosidit, voivat vammauttaa pieniä keuhkoputkia ja itse keuhkorakkuloita, käynnistäen arpikudoksen muodostuksen (fibroosi).

Jos Genapol ja muut tehokkaat kostutinkemikaalit sitten ovat yleisessä käytössä, suurina pitoisuuksina (Taulukko 1), siivouskemikaaleissa, jos niiden haitalliset vaikutukset hengityselimiin (mahdollisesti myös keskushermostoon) ovat suuret?

Genapolin ja muiden kostutinaineiden molekyylipainot ovat suuruusluokkaa 400 – 600 g/mol , ja niiden haihtuvuus vähäinen, vaikka nesteitä ovatkin. Keskustelin tästä EU kemikaliviraston ympäristökemikaalien tutkijan kanssa, ja hän totesi, että aikoinaan on EU:ssa otettu linja, että jos aineen höyrynpaine on hyvin pieni, siitä ei tarvitse kemikaliturvallisuusmielessä tutkia hengitysmyrkyllisyyttä.

Höyrynpaineet mitataan kuivissa oloissa itse kemikaalista, eikä sen vesiliuoksesta. Vasta muutaman viime vuoden aikana on dramaattisella tavalla tullut selväksi, että monet kemikaalit aerosolisoituvat vesiliuoksesta tehokkaasti, vaikka niillä puhdas-aineena ei ole höyrynpainetta

Suurin maailmassa koskaan todettu sisätilakemikaaliin liittynyt onnettomuus johtui juuri tästä: polyguanidiset antimikrobiset aineet, PHMG ja PHMB, aerosolisoituivat sisäilmaan kun niitä käytettiin ilmankostuttimissa. Nämä kemikaalit eivät ole juurikaan myrkyllisiä syötyinä, mutta hengitettyinä niiden aerosoli osoittautui aikuisille tappavaksi $0,8 \text{ mg/m}^3$ ja lapsille vielä pienemmässä pitoisuudessa (Kim ym 2014. Humidifier disinfectant-associated children's interstitial lung disease. Am J. Respir. Crit Care Med, 189, 48-56.)

Koska siivouskemikaaleja nimenomaan levitetään aina vesiliuoksina, ja tietyissä tiloissa, kuten kouluissa ja päiväkodeissa ihmistiheys on suuri (henkilö/ m^2) jolloin vesihöyryä tulee paljon myös uloshengitysilmaasta sisäilmaan. Olen itse mitannut genapol x080 aineen käyttäytymistä vesihöyryssä, ja todennut sen aerosolisoituvan tehokkaasti.

Sienet ja terveys

Lääketieteellisen mykologian seura ry:n tiedotuslehti - ISSN 1456-3533 - Numero 3 / 2016

Puheenjohtajan tervehdys

Vuosi on jälleen kulunut vikkellästi, aina vain vikkellämmän kuin aikaisemmin. Myös vuoden päättyminen on vikkellästi. Vuoden aikana on tapahtunut paljon, ja se on ollut mielenkiintoista. Vuoden aikana on tapahtunut paljon, ja se on ollut mielenkiintoista.

Lue lisää tästä tuoreesta julkaisusta "Sienet ja Terveys" 18/3 (Suomen Lääketieteellisen Mykologian Seuran julkaisu). Löytyy Seuran verkkosivuilta ja myös Helsingin Yliopiston TUHA`T tietokannasta.

Mirja Salkin

Sisätiloissa käytetyn polyguanidini-homeenesto-aiheuttamat terveyshaitat

Helsingin Yliopisto

Suomessakin laajasti käytetty sisätilojen homesaneeraus tuote aiheutti kauhkovamma-epidemian, kun sitä käytettiin ilmankostuttimien puhtaanapitoon

PHMG:n sisätilakäytöstä aiheutunut, ihmisiä vakavasti vammauttanut epidemia on nyt (7.10.2016) loppuun asti tutkittu ja tulokset julkaistu kansainvälisissä tiedesarjoissa. Koska tätä tehoainetta, PHMG (polyheksaguanidiini kloridi), on laajalti käytetty myös Suomessa kuluttajien, siivousliikkeiden, homesaneerausyritysten toimesta, ja sen sisätiloissa PHMG:n (polyheksaguanidiini), jonka toksikologiset vaikutukset ovat samankaltaiset kuin PHMG:n, on Suomessa edelleen käytössä^{3, 16,17,25,26} on syytä tutustua Etelä-Koreassa sattuneen laajan epidemian tutkimuksen tuottamaan tietoon.

18-23,26,27,29. Kyseessä on suurin tunnettu, sisätilakäytössä olleen kemikaalin aiheuttama epidemia⁵.

Tiivistelmä Etelä-Korean PHMG epidemian tutkimustuloksista

Ensimmäiset tapaukset kirjattiin v. 1994 ja varmuudella PHMG-vammautuneita rekisteröitiin virallisesti yht. 329 henkilöä, joista 62 menehtyi^{1,13,15,18-23,27,29}. Keuhkovammakuolemaan johtaneissa tapauksissa asunnossa sisäilman PHMG pitoisuus oli keskimäärin 800 µg/m³, käyttöaika ≥11 tuntia/vrk, 7 päivänä viikossa^{18,21}. Suurin kuolleisuus (80%) oli lapsilla, jotka PHMG käytön alkaessa olivat 4 vuotiaita tai sitä nuorempia ja samassa perheessä potilaita saattoi olla useita samassa perheessä^{1,22}. Tilastollinen todennäköisyys, OR (vetosuhde) kuolemaan johtaneen keuhkofibroo-

Euroopan kemikaaliviraston (ECHA) tuottamassa riskinarvioinnissa ja EU komission direktiivissä PHMB luokitettiin ”tappavaksi hengitettynä” (11.09.2011).

Nämä aineet, samoin kuin kvaternääriset ammonium yhdisteet, ovat hengitettyinä äärimmäisen myrkyllisiä. PHMB:n sisaraineen, PHMG:n käytöstä sisäilmakostuttimissa (limottumisen estoon) aiheutui Eteläkoreassa vuosina 2006 – 2011 satoja ihmisuhreja vaatinut onnettomuus, tuoreimpien viranomais selvitysten mukaan 138 lasta, sairastui vakavasti ja alle 4-vuotiaista 58% menehtyi.

Suomessakin on ihmisiä sairastunut asunnoissa, joiden sisätilapintoja on käsitelty ”homesiivouksen” tai ”muuttosiivouksen” nimellä, mutta Suomessa ei tietävästi ole systemaattisesti tutkittu PHMG käsittelyn aiheuttamia terveyshaittoja. Suomessa tätä ainetta ei markkinoitu ilmankostuttimiin, vaan käsittelyt tehtiin pintasivelynä tai sumuttamalla (sekä irtaimistoja että sisätilapintoja).

Kim ym 2014. Humidifier disinfectant-associated children’s interstitial lung disease. Am J. Respir. Crit Care Med, 189, 48-56.

Kim ym 2014, A cluster of lung injury cases associated with home humidifier use: an epidemiological investigation. Thorax, 69, 703-708.

Lee ym., 2012. Fatal misuse of humidifier disinfectants in Korea. Importance of screening risk assessment and implications for management of chemicals in consumer products. Envir. Sci. Technol., 46, 2498-2500.

Song JA ym., 2014. Polyhexamethylene guanidine induces severe lung inflammation, fibrosis and thymic atrophy. Food & Chemical Toxicol. 69, 267-275

Park ym., 2015. Humidifier disinfectants are a cause of Lung Injury among adults in South Korea: A community-based case-control study. PLOS One, doi:10.1371/journal.pone.0151849



Kiitos
mielenkiinnosta!