

TURUN YLIOPISTON
MERENKULKUALAN KOULUTUS- JA TUTKIMUSKESKUKSEN JULKAISUJA

PUBLICATIONS FROM THE CENTRE FOR MARITIME STUDIES
UNIVERSITY OF TURKU

B 193
2013

TUONTIKONTTIEN DESINFIOINTI KAASUTTAMALLA – TERVEYSRISKI LOGISTIIKKAKETJUN TYÖNTEKIJÖILLE

Jani Häkkinen

Antti Posti



TURUN YLIOPISTON
MERENKULKUALAN KOULUTUS- JA TUTKIMUSKESKUKSEN JULKAISUJA

PUBLIKATIONER AV SJÖFARTSBRANSCHENS UTBILDNINGS- OCH
FORSKNINGSCENTRAL VID ÅBO UNIVERSITET

PUBLICATIONS OF THE CENTRE FOR MARITIME STUDIES
UNIVERSITY OF TURKU

B 193
2013

TUONTIKONTTIEN DESINFIOINTI KAASUTTAMALLA – TERVEYSRISKI LOGISTIIKKAKETJUN TYÖNTEKIJÖILLE

Jani Häkkinen

Antti Posti

Turku 2013

JULKAISIJA / PUBLISHER:

Turun yliopisto / University of Turku
MERENKULKUALAN KOULUTUS- JA TUTKIMUSKESKUS
CENTRE FOR MARITIME STUDIES

Käyntiosoite / Visiting address:
ICT-talo, Joukahaisenkatu 3-5 B, 4.krs, Turku

Postiosoite / Postal address:
FI-20014 TURUN YLIOPISTO

Puh. / Tel. + 358 (0)2 333 51
<http://mkk.utu.fi>

Kopijyvä
Kouvola 2013

ISBN 978-951-29-5360-8 (nid.)

ISBN 978-951-29-5361-5 (PDF)

ISSN 1456–1824

ESIPUHE

Merenkulku on kansainvälistä liikennettä. Maamme satamiin saapuu desinfiointikaasulla käsiteltyjä lastinkuljetusyksiköitä ("kaasutettuja kontteja") eri puolilta maailmaa. Konteissa desinfiointikaasuina käytettävät aineet ovat voimakkaita myrkkyyjä. Kuitenkin desinfiointikaasujen määräysten mukainen käyttö on tarkoituksenmukaista: lastaussatamassa lisätään lastinkuljetusyksikköön torjunta-aineeksi desinfiointikaasua, jotta vältyttäisiin hyönteisten, jyrсийöiden ja muiden ei-toivottujen eliöiden aiheuttamilta lastivaingoilta merimatkan aikana sekä konttiin pesiytyneiden haitallisten eliöiden rantautuminen mahdollisine taudinaiheuttajineen purkaussatamasta maihin. Kontit eivät yleensä sisällä lastina varsinaisia vaarallisia aineita, mutta kuuluvat vaarallisten aineiden kuljetussäädösten piiriin käytetyn desinfiointikaasun vuoksi.

Nyt käsillä oleva tutkimus antaa kompaktin yleiskuvauksen konttien desinfiointikaasujen muodostamista riskitekijöistä. Aihepiiristä ei ole aiemmin tehty vastaavan tasoista suomenkielistä selvitystä. Aihe on tärkeä, sillä huolimaton ja määräysten vastainen toiminta aiheuttaa terveystariskin sekä satamassa että edelleen kuljetusketjun henkilöstölle. Konttien tuuletus ja desinfiointikaasun jäämien hävittäminen tulee toteuttaa hallitusti. Henkilöstön koulutus, tiedot asiasta ja eri osapuolten vastuut ovat avainasemassa. Kansainväliset säädökset antavat yksityiskohtaiset määräykset konttien turvalliseen desinfiointiin kaasulla. Kontit on aina merkittävä varoitusmerkillä, ja asiakirjoista pitää käydä ilmi muun muassa desinfiointikaasun laatu ja määrä. Kaasulla desinfioiduista yksiköistä on säädetty merenkulun kansainvälisessä pakattujen vaarallisten aineiden kuljetusten määräyskokoelmassa, IMDG-koodissa. IMDG-koodin lukuun 5.5. on koottu keskitetysti kaasulla desinfiointua lastinkuljetusyksikköä (UN 3359 FUMIGATED CARGO TRANSPORT UNIT/ KAASULLA DESINFIOITU LASTINKULJETUSYKSIKKÖ) koskevat määräykset. Vastaavat määräykset sisältyvät myös kansainvälisiin vaarallisten aineiden tie- ja rautatiekuljetusmääräysten (ADR-sopimus ja COTIF-sopimuksen RID-määräykset) lukuun 5.5.

Helsinki 25.3.2013

Jyrki Vähätalo, FT

Erityisasiantuntija, Liikenteen turvallisuusvirasto

Selvitys tehtiin osana Chembaltic-hanketta, joka kerää tietoa Itämerellä kuljetettavista kemikaaleista. Chembaltic-hanke toteutetaan yhteistyössä Turun yliopiston merenkulualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen, Aalto-yliopiston ja Merikotka ry:n kanssa. Hanketta rahoittavat Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR) ja TEKES sekä seuraavat yritykset ja muut sidosryhmät: Neste Oil Oyj, Vopak Chemicals Logistics Suomi Oy, HaminaKotka Satama Oy, Crystal Pool Oy ja Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Muuta tukea hankkeella antavat Suomen Satamaliitto ja Suomen Varustamot ry. Tutkimuksen tekijät haluavat kiittää Chembaltic-hankkeen yhteistyökumppaneita ja ohjausryhmää. Lisäksi tekijät kiittävät KTM Anne Suomista ja DI Olli-Pekka Brunilaa heidän antamistaan hyvistä kommentteista.

Kotka 25.3.2013

Jani Häkkinen ja Antti Posti

CHEMBALTIC-HANKKEEN YHTEISTYÖKUMPPANIT



TIIVISTELMÄ

Tämä tutkimus on tehty osana Chembaltic (Risks of Maritime Transportation of Chemicals in Baltic Sea) -hanketta, jonka tavoitteena on pääasiassa kerätä tietoa Itämerellä kuljettavista kemikaaleista ja niihin liittyvistä ympäristöriskeistä. Tutkimuksen tavoitteena on antaa yleiskuvaus konttien desinfiointikaasujen muodostamista riskitekijöistä, jotka aiheutuvat konttikuljetuksiin ja konttien lastin purkamiseen osallistuville työntekijöille. Tutkimuksessa on tarkasteltu konttien kaasutusta yleisesti, kaasutuksessa käytettyjä kemikaaleja, kaasutuksen aiheuttamia terveysongelmia, toimintatapoja kaasutukselle altistuttaessa, kemikaalien mittaamista konteista sekä keinoja altistumistapausten ehkäisemiseksi.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että konttien desinfiointikaasutus on luultua yleisempää. Desinfiointikaasuja käytetään käytännössä kaikissa konteissa kuljetettavissa tavaralajeissa. Kaasutettujen konttien merkkkaus on valitettavasti erittäin puutteellista kansainvälisistä säännöksistä huolimatta. Yleisimmin kansainvälisessä meriliikenteessä käytettyjä desinfiointikaasuja ovat fosfiini ja metyylibromidi. Tarkastusten yhteydessä havaitaan toistuvasti myös kiellettyjä ja käytöstä poistettuja desinfiointikaasuja, valitettavasti myös Euroopan Unionissa. Muun muassa etyleenidikloridia on useasti löydetty tuontikonteista.

Tämä esiselvitys osoitti, että konttien desinfiointikaasut ovat vakavasti otettava terveysongelma kuljetusketjujen työntekijöille. Altistumista voidaan ehkäistä muun muassa ohjeistusta kehittämällä, kouluttamalla, kansainvälisin sopimuksin sekä riittävän mittausvälineistön avulla. Tieto konttien desinfiointikäytännön käytettävistä kemikaaleista luo perustan konttienkuljetusten riskien arvioimiselle ja erityisesti työntekijöiden altistumisen välttämiseksi. Tämä raportti toimii esiselvityksenä tästä tärkeästä asiasta, jota olisi selvityksen perusteella syytä tutkia tarkemmin myös Suomessa.

ABSTRACT

This study was conducted as a part of the Chembaltic (Risks of Maritime Transportation of Chemicals in the Baltic Sea) project which gathers information on chemicals transported in the Baltic Sea. The purpose of this study is to provide an overview of container fumigation and of the risk factors it poses for the logistics workers who handle the containers and unload the cargo. The study deals with the following subjects: container fumigation in general, chemicals used in fumigation, health issues caused by fumigation, procedures in the case of exposure to a fumigant/fumigants, methods and equipment used in measuring chemicals from containers, and means to prevent exposure cases.

The study shows that the fumigation of the containers is surprisingly common. In practice fumigants are used for all cargoes transported in the containers. The use of warnings in the fumigated containers is very insufficient, despite of international regulations. The most common fumigants used in the international seaborne traffic are phosphine and methyl bromide. Some prohibited and decommissioned fumigants are regularly used as well, unfortunately also in European Union. For example, ethylene chloride has commonly been found from the import containers.

This preliminary study revealed that fumigants used in the containers are a serious health issue for the logistics workers. Exposures to the fumigants can be prevented for example by improving instructions, by training, by making international agreements and by using adequate measurement methods and equipment. Information about chemicals used in the container fumigation forms the basis for the evaluation of risks related to the container traffic and especially for the avoidance of logistics workers' exposure to these dangerous substances. This report is a preliminary study of the subject, and based on this research, this subject should be studied more in Finland as well.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	9
2	KONTTIEN KAASUTTAMISEN YLEISYYS	11
3	KAASUTTAMISESSA KÄYTETTÄVÄT KEMIKAALIT	14
3.1	Metylibromidi	14
3.2	Fosfiini	15
3.3	Etyleenidikloridi	16
4	HAVAITTUJA TERVEYSONGELMIA	18
5	EPÄILYS MYRKYTYKSESTÄ	19
6	KEMIKAALIEN MITTAAMINEN KONTEISTA	20
7	ALTISTUMISEN EHKÄISEMINEN	21
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	24
	LÄHTEET	26

1 JOHDANTO

Suomen satamien kautta kuljetetaan desinfiointikaasulla käsiteltyjä lastinkuljetusyksiköitä (nk. kaasutetut kontit). Tyypillisiä lasteja ovat esimerkiksi Etelä-Amerikasta saapuvat puutarhakalusteet tai Kaukoidästä tulevat tekstiilit ja jalkineet. Kontit eivät yleensä sisällä lastina varsinaisia vaarallisia aineita, mutta kuuluvat vaarallisten aineiden kuljetussäädösten piiriin käytettyjen desinfiointikaasujen vuoksi. Kaasutuksessa käytetyt kemikaalit muodostavat terveysriskin sekä kuljetusketjun työntekijöille että kuluttajille. Kontit sinetöidään kuljetuksen ajaksi ja ne avataan vasta vastaanottajamaassa. Tämän takia konttien sisältämät kemikaalijäämät pysyvät suurina, ja logistiikkatyöntekijät voivat altistua suurillekin kemikaalipitoisuuksille.

Lastaussatamassa lastinkuljetusyksikköön lisätään torjunta-aineeksi desinfiointikaasua, jotta vältettäisiin hyönteisten, jyräjien ja muiden ei-toivottujen eliöiden aiheuttamat lastivahingot sekä haitallisten eliöiden leviäminen maasta ja maanosasta toiseen. Kaasulla desinfioiduista yksiköistä on säädetty merenkulun kansainvälisessä pakattujen vaarallisten aineiden kuljetusten määräyskokoelmassa, IMDG-koodissa. Vuoden 2012 alusta lähtien pakollisesti sovellettavassa IMDG-koodin muutossarjassa 35–10 uuteen lukuun 5.5. on keskitetysti koottu kaasulla desinfiointia lastinkuljetusyksikköä (UN 3359 FUMIGATED CARGO TRANSPORT UNIT / KAASULLA DESINFIOINTU LASTINKULJETUSYKSIKKÖ) koskevat määräykset. Vastaavat määräykset sisältyvät myös kansainvälisiin vaarallisten aineiden tie- ja rautatiekuljetusmääräysten (ADR-sopimus ja COTIF-sopimuksen RID-määräykset) lukuun 5.5 (Vähätalo 2011). Lisäksi kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO on antanut tarkempia ohjeita desinfiointikaasujen turvallisesta käytöstä kiertokirjeessään MSC.1/Circ.1361 "Revised recommendations on the safe use of pesticides in ships applicable to the fumigation of cargo transport units".

Yleisimmät desinfiointikaasut kansainvälisessä meriliikenteessä ovat fosfiini (kutsutaan myös nimillä: vetyfosfidi, fosforitrihydridi) ja metyylibromidi. Menneinä aikoina käytettiin myös vetysyanidihappoa sekä seoksena etyleenidikloridia ja hiilitetrakloridia (näitä ja myös muitakin kemikaaleja voi löytyä konteista edelleen), jotka korvattiin äskettäin kahdella edellä mainitulla, ihmisille erittäin vaarallisella kaasulla. Metyylibromidi tuhoaa otsonikerrosta, ja se on ollut kielletty länsimaissa vuodesta 2005 lähtien, mutta sitä esiintyy edelleen muualta tulevilla konteilla. Fosfiini (PH₃) on nykyisin yleisimmin käytetty desinfiointikaasu. Fosfiinin tehokas käyttö vaatii metyylibromidia pidemmän altistamisajan, mutta se ei ole ongelma pitkällä merimatkoilla. Fosfiini voidaan lisätä konttiin kiinteinä ja helppokäyttöisinä alumiini- tai magnesiumfosfidipelletteinä esimerkiksi verkkopusseissa. Merimatkan aikana kiinteät fosfidipelletit reagoivat ilman kosteuden kanssa vapauttaen fosfiinikaasua. Fosfiinilla on epämiellyttävä haju, jossa voi tunnistaa pilaantuneen kalan ja valkosipulin löyhkää. Kiellettyjä ja käytöstä poistettuja desinfiointikaasuja havaitaan toistuvasti tarkastusten yhteydessä, valitettavasti myös Euroopan Unionissa. Muun muassa etyleenidikloridia on löydetty tuontikonteista useasti (Preisser et al. 2011).

Tieto konttien desinfiointiin käytettävistä kemikaaleista luo perustan konttienkuljetusten riskien arvioimiselle ja erityisesti työntekijöiden altistumisen välttämiseksi. Tämä

kirjallisuuskatsauksena tehty tutkimus toimii esiselvityksenä tästä tärkeästä asiasta, jota olisi selvityksen perusteella syytä tutkia tarkemmin myös Suomessa. Raportti on tehty osana Chembaltic (Risks of Maritime Transportation of Chemicals in Baltic Sea) -projektia. Chembaltic-projekti kerää pääasiassa tietoa Itämerellä kuljetettavien kemikaalien onnettomuustodennäköisyyksistä sekä mahdollisista ympäristöriskeistä äkillisen vuodon tapahtuessa. Projektissa tutkitaan myös operatiivisen toiminnan, kuten tankkien pesuvesien, ympäristövaarallisuutta sekä konttien kaasutukseen liittyviä riskejä. Chembaltic-projekti ajoittuu välille 1.2.2011–31.12.2013, ja se toteutetaan Turun yliopiston merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen ja Aalto-yliopiston sekä Merikotka ry:n yhteistyönä. Projekti saa rahoitusta Euroopan aluekehitysrahastosta (EAKR), Tekesiltä sekä omarahoitusta seuraavilta tahoilta: Neste Oil Oyj, Vopak Chemicals Logistics Finland Oy, HaminaKotka Satama Oyj, Crystal Pool Oyj ja Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Muuta tukea projektille antavat Suomen Satamaliitto ja Suomen Varustamot ry.

2 KONTTIEN KAASUTTAMISEN YLEISYYS

Maailmanlaajuiseen tavaroiden kuljetukseen liittyy vakavia ongelmia: tuholaiset (hyönteiset, jyrsijät ym.) leviävät lastin mukana ja vahingoittavat kuljetettavia tavaroita. Yhdistyneiden kansakuntien elintarvike- ja maatalousjärjestö FAO edellyttää riittäviä tuholaiistorjuntatoimenpiteitä (FAO 2003). Nämä kansainväliset määräykset ovat puolestaan johtaneet siihen, että konttien ja rahtitilojen desinfiointi kaasuttamalla on lisääntynyt viimeiset 9 vuotta (Preisser et al. 2011).

Baur et al. (2010) tutkivat desinfiointikaasujen ja muiden teollisuuskemikaalien esiintymistä kuljetuskonteissa Hampurin satamassa. Tutkimusryhmä tutki satunnaisotannalla 2113 kuljetuskonttia, jotka saapuivat 10 viikon aikana Euroopan toiseksi suurimpaan terminaaliin Hampuriin vuonna 2006. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään konttien lähetysmaa, lastityyppi ja desinfiointikaasutushistoria ennen varsinaisten mittausten suorittamista. Tutkimuksessa saatiin hämmästyttävä tulos, jonka mukaan peräti 1478 (70 %) konttia sisälsi joko ainakin yhtä desinfiointikaasua tai muita teollisuuskemikaaleja yli ihmisille sallitun kroonisen raja-arvon, joka tietenkin vaihtelee tutkittavan kemikaalin mukaan. Erittäin huolestuttavana voidaan pitää sitä, että jopa akuutin myrkyllisyyden raja-arvot hengitysilmassa ylittyivät 761 (36 %) kontissa. On kuitenkin huomattava, että bentseenin ja/tai formaldehydin aiheuttama kontaminaatio oli neljä kertaa suurempaa kuin varsinaisten desinfiointikaasujen. Tutkimuksen tulokset indikoivat vakavasti otettavaa terveysriskiä kuljetusketjun toimijoille, viranomaisille ja jopa kuluttajille. Sekin oli hälyttävää, että 0,6 % tapauksista kemikaalijäämät ylittivät rajan, jota voidaan pitää välittömästi henkeä uhkaavana pitoisuutena. Eräässä tutkitussa kontissa fosfiinin raja-arvo ylittyi 120 000-kertaisesti verrattuna ihmishenkeä akuutisti uhkaavaan pitoisuuteen (Baur et al. 2010).

Baur et al. (2010) saivat tutkimuksessaan myös selville, että kaikkein yleisimmin konttien ilmassa esiintyneet kemikaalit olivat formaldehydi (n=1252) ja bentseeni (n=408). Formaldehydin kroonisen toksisuuden raja-arvot ylittyivät 59,3 % ja bentseenin 19,3 % tutkituista konteista. Formaldehydiä esiintyi eniten ruokatuotteiden ja huonekalujen tuonnin yhteydessä, mutta erittäin laajasti myös muissa tuoteryhmissä. Bentseeniä oli eniten konteissa, jotka sisälsivät kenkiä ja vähemmän tekstiilejä tai ruokatuotteita sisältävissä konteissa. Siitä ei kuitenkaan ole varmuutta, lisääkö näitä kemikaaleja tuotannon tai pakkauksen yhteydessä vai muodostuuko niitä materiaalien reagoidessa esimerkiksi kosteuden ja lämpötilojen vaihteluiden kanssa. Desinfiointikaasujen osalta eniten löydettiin metyylibromidia (n=294) ja fosfiinia (n=95). Myös etyleenidikloridia löydettiin 90 kontista, trikloorinitrometaania (klooripikriini) 35 kontista ja etyleenioksidia 27 kontista. Rikkifluoridia löytyi 3 kontista, mutta esimerkiksi vetysyanidia ei löytynyt Hampurin satamaan tuoduista konteista. Perinteisistä desinfiointikaasuista metyylibromidia esiintyi kaikissa muissa tuotekategorioissa paitsi vaatteita ja muita sisältäneissä konteissa. Metyylibromidin kroonisen toksisuuden raja-arvo ylittyi 13,9 %:ssa ja akuutti raja-arvokin 1,1 %:ssa kaikista tutkituista konteista. Yleisimmin maailmassa käytettyä desinfiointikaasua fosfiinia esiintyi erityisesti ruokatarvikkeita sisältäneissä lähetyksissä. Muita desinfiointikaasuja löydettiin epäsäännöllisesti pääasiassa huonekaluja, kotitaloustavaroita, ruokaa tai luonnontuotteita sisältävistä konteista. Poikkeuksena tästä voidaan pitää etyleenidikloridia, jota esiintyi useasti kenkiä sisältäneissä konteissa.

Tämä pahentaa entisestään näiden, myös runsaasti bentseeniä sisältävien konttien terveysriskejä työntekijöille ja kuluttajille. Kenkiä voidaankin pitää Hampurissa suoritettussa tutkimuksessa mitattujen myrkkyyjäämien perusteella pahimpana tavararyhmänä (Baur et al. 2010).

Baurin et al. (2010) tutkimuksessa selvisi lisäksi, että yhdelläkään tutkituista 2113 kuljetuskontista ei ollut voimassa olevaa ja vaadittavaa, kaasulla desinfioidun lastinkuljetusyksikön IMDG-koodia. Ainoastaan 3,6 % konteista oli minkäänlaista varoitusta konttien kaasuttamisesta, ja nämäkin merkinnät olivat vanhentuneita tai muuten kyseenalaisia. Tutkituista konteista 56,9 % olivat lähtöisin Kiinasta, 12,5 % Kaakkois-Aasiasta ja 5,7 % Intian niemimaalta. Muiden maanosien eli Etelä-Amerikan, Euroopan, Pohjois-Amerikan, Lähi-idän ja Afrikan osuudet olivat jokaisella 5 % luokkaa. Yli 74 % Kiinasta tulleista tutkituista konteista sisälsi krooniset raja-arvot ylittäviä pitoisuuksia yhden tai useamman desinfiointikaasun tai muun teollisuuskemikaalin osalta. Seuraavaksi eniten kontaminoituja kontteja saapui Lähi-idästä (71,4 %), Etelä-Amerikasta (69 %), Euroopasta/Pohjois-Amerikasta (65,2 %), Intian niemimaalta (63,3 %) ja Kaakkois-Aasiasta (62,9 %). Afrikasta tuotuja kontteja oli vain 3,3 % tutkituista konteista, mutta ne olivat myös kaikista puhtaimpia: 51,4 % tutkituista konteista ylitti kroonisen raja-arvon. Kemikaalijäämiä tavaralajeittain tutkiessaan Baur et al. (2010) havaitsivat, että peräti 87,3 % kenkiä sisältäneistä konteista ylitti krooniset terveysarvot. Seuraavaksi eniten raja-arvon ylityksiä esiintyi huonekaluja (78,5 % tutkituista konteista), ruokatarvikkeita (75,4 %) ja elektroniikkaa (71,2 %) sisältäneissä konteissa. Vaatteet ja tekstiilit olivat vähiten kontaminoitunut ryhmä (61,8 % ylitti kroonisen raja-arvon), mutta ne edustavat yleistä altistumisen lähdettä, sillä lähes joka neljäs kontti (600 konttia 2113 kontista) kuului tähän tuotekategoriaan.

Muissa konttien kaasutusta käsitelleissä tutkimuksissa on selvitetty muun muassa metyylibromidin esiintymistä konteissa. Baur et al. (2006) valitsivat satunnaisesti 150 konttia ja mittasivat niiden metyylibromidijäämiä Rotterdamin satamassa vuosina 2002 ja 2005. Suoritettut mittaukset osoittivat selvää lisääntymistä metyylibromidin käytössä: vuonna 2002 metyylibromidijäämiä esiintyi vain 6 % tutkituista konteista, kun taas vuonna 2005 jäämiä esiintyi peräti 31 % konteista. Vastaavasti Barak et al. (2003) tutkivat Sanghaista Long Beachin satamaan vuonna 2003 kuljetettuja kontteja, joista 134 (6 %) sisälsi metyylibromidia. Suidman et al. (2010) puolestaan tutkivat Alankomaissa 1053 konttia, joista jopa 106 (10 %) sisälsi erittäin suuria pitoisuuksia vaarallisia kaasuja. Suurin osa näistä 106 kontista eivät olleet kaasutettuja, vaan päästöt olivat peräisin itse lastista. Vain yhteen kaasutetuista 17 kontista oli laitettu varoituskyltti.

Käytettävät desinfiointiaineet voivat absorboitua kuljetettaviin tuotteisiin ja kerääntyä pakkausmateriaaleihin tai tavaroihin, joista ne taas voivat vapautua konttia aukaistaessa tai varastoinnin aikana. Preisser et al. (2011) esittivät huomattavasti Baurin et al. (2010) tekemää tutkimusta pienemmän arvion kemikaaleilla saastuneiden konttien määrästä saman, Hampurin satamassa vuonna 2006 tehdyn tutkimusaineiston pohjalta. Perusteet erilaiselle arviolle Preisserin et al. tutkimuksesta kuitenkin puuttuivat, kun taas Baurin et al. tutkimuksessa ne ovat selkeästi perusteltu. Preisserin et al. (2011) mukaan vain 15 % puretuista konteista sisälsi haitallisia pitoisuuksia kaasutuksessa käytettäviä aineita tai muita myrkyllisiä kemikaaleja. Havaittujen, kaasutuksessa käytettyjen aineiden jou-

kossa oli myös Euroopan Unionin kieltämiä kemikaaleja kuten etyleenidikloridi. Lisäksi konteista puuttuivat tarvittavat merkinnät lähes jokaisessa tapauksessa. Merkintöjen puuttumisen takia kuljetusliikkeen, tullin tai jakelukeskuksen työntekijät avaavat yksinomaan Hampurin satamassa noin 135 000 mahdollisesti myrkkykaasuilla käsiteltyä konttia vuosittain. Seurauksena on terveysriski koko konttilogistiikkaketjulle ulottuen varastointiin, myymälöihin ja lopulta aina kuluttajalle asti (Preisser et al. 2011).

3 KAASUTTAMISESSA KÄYTETTÄVÄT KEMIKAALIT

Yleisimmät konttien desinfioinnissa käytettävät kaasut ovat metyylibromidi, fosfiini ja metyylikloridi, mutta kaasuttamisessa käytetään toisinaan myös EU:ssa kiellettyjä kemikaaleja, kuten etyleenidikloridia. Tuontikonteista löydettyjen desinfiointikaasujen jäännöspitoisuudet riippuvat paitsi käytetystä kaasutteesta ja sen määrästä myös kemikaalin adsorptiokyvystä, vallitsevista lämpötiloista sekä kuljetuksen kestoajasta. Helposti haihtuvat kemikaalit, kuten metyylibromidi, haihtuvat lyhyen tuulettamisen jälkeen ilmakehään tuhoten samalla otsonikerrosta eivätkä ole sen jälkeen enää mitattavissa tuontikonteista. Etyleenidikloridi haihtuu heikommin ja on täten pysyvämpi kemikaali. Etyleenidikloridilla on myös korkea jakautumiskerroin veren ja ilman välillä. Nämä ominaisuudet selittävän sen, miksi hengitys on etyleenikloridin pääasiallinen altistumistie (1,48 37 °C:ssa) ja miksi etyleenikloridin pääasiallinen vaikutus kohdistuu hengityselimiin (NIOSH 2005; Igwe et al. 1986). Seuraavissa alaluvuissa on käsitelty tarkemmin kaasutteina käytettyjen metyylibromidin, fosfiinin ja etyleenidikloridin fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia sekä tunnettuja vaikutuksia ihmisten terveyteen.

3.1 Metyylibromidi

Metyylibromidi (CH_3Br , CAS nro 74-83-9) on hajuton, ilmaa raskaampi kaasu ja voi kerääntyä mataliin tiloihin aiheuttaen hapenpuutetta (fysikaalis-kemialliset ominaisuudet on esitetty taulukossa 3.1). Metyylibromidin puoliintumisaika ilmakehässä on varsin pitkä: 0,29–1,1 vuotta 25 °C lämpötilassa. Metyylibromidi on akuutisti kohtalaisen myrkyllistä suun ja hengitysteiden kautta tapahtuvassa altistumisessa. Metyylibromidin myrkyllisyyttä on testattu rotilla laboratorio-oloissa. Suun kautta tapahtuvassa altistumisessa annostaso, jolla puolet rotista kuoli (LD50-arvo) vaihteli välillä 104–214 mg/kg. Myrkyllisyys hengitysteitse riippuu sekä altistusajasta että kemikaalin pitoisuudesta. Esimerkiksi hiirillä LC50-arvot vaihtelivat välillä 1700 ppm (6 630 mg/m³) 30 minuutin altistuksessa ja 405 ppm (1 575 mg/m³) 4 tunnin altistuksessa. Rotilla LC50-arvo oli 2833 ppm (11 049 mg/m³) 30 minuutin altistuksessa, kun taas 8 tunnin altistuksessa vastaava arvo oli 302 ppm (1 178 mg/m³). Altistettaessa rottia, hiiriä, kaneja tai koiria toistuville annoksille hengitysilman välityksellä ovat NOAEL (haitattomat pitoisuudet; no observed adverse effect level) -arvot olleet huomattavan paljon pienempiä ja vaihdelleet välillä 5–33 ppm (20–129 mg/m³). Havaittuja haittavaikutuksia olivat muun muassa alentunut paino, keskushermostovaikutukset ja muutokset verenkuivassa. Neurologisina oireina on havaittu esiintyvän muun muassa liikuntahäiriöitä, yliaktiivisuutta, uupumusta, vapinaa ja kouristuksia. OECD SIDS (2001) arviointiraportin mukaan metyylibromidilla ei ole vaikutuksia lisääntymiseen, eikä se aiheuta kehityshäiriöitä, mutta kansainvälisten kemikaalikorttien perusteella edellä mainittuja vaikutuksia voi esiintyä. Lisäksi metyylibromidi voi olla genotoksinen eli DNA:ta vaurioittava (Työterveyslaitos 2013). Budnik et al. (2012) esittivät tekemänsä laajan kirjallisuuskatsauksen perusteella, että metyylibromidi voi lisätä miesten riskiä sairastua eturauhassyöpään muiden vakavien terveysongelmien ohella.

Taulukko 3.1. Metyyli-bromidin fysikaalis-kemialliset ominaisuudet. (OECD SIDS 2001)

Muuttuja	Arvo
Sulamispiste	-93,6 °C
Kiehumispiste	3,56 °C
Tiheys	1,73 g/cm ³ 0 °C:ssa
Vesiliukoisuus	16,1 g/L 25 °C:ssa
Höyrynpaine	1 893 kPa 20 °C:ssa

Ihminen altistuu metyylibromidille yleensä hengitysilman välitykselle ja joissain tapauksissa myös tahattomasti suoraan koskettaessa nestemäistä kemikaalia. Metyyli-bromidin ensisijaiset vaikutukset kohdistuvat ihmisillä hermostoon, keuhkoihin, limakalvoihin, munuaisiin, silmiin ja ihoon. Keskushermostovaikutuksia ovat muun muassa näön hämärtyminen, sekavuus, vapina ja puhevaikeudet. Akuutti altistuminen metyylibromidille aiheuttaa ihon ärsytystä, palovammoja ja silmävaurioita. Altistuminen korkeille pitoisuuksille voi aiheuttaa keuhkopöhön. Metyyli-bromidiin liittyvissä kuolintapauksissa syynä on yleensä keskushermoston depressio yhdessä hengityksen lamaantumisen kanssa ja/tai verenkiertohäiriöt. Näitä yleensä edeltävät kouristukset ja tajuttomuus (OECD SIDS 2001).

3.2 Fosfiini

Puhdas fosfiini (PH₃, CAS nro 7803-51-2) on väritön ja hajuton kaasu (fysikaalis-kemialliset ominaisuudet on esitetty taulukossa 3.2). Kaasun tiheys on 1,17 kertaa ilmaa raskaampaa. Fosfiini myös reagoi erittäin herkästi toisten kemikaalien kanssa. Alumiini- tai magnesiumfosfidilla on valkosipulimainen haju epäpuhtauksien takia. Hajun raja-arvo on noin 0,5 ppm (0,7 mg/m³) (HSDB 2013). Fosfiinia voidaan pitää ihmiselle myrkyllisenä jo varsin alhaisilla annostasoilla ja altistumisajoilla (taulukko 3.3).

Taulukko 3.2. Fosfiinin fysikaalis-kemialliset ominaisuudet. (HSDB 2013)

Muuttuja	Arvo
Sulamispiste	-133 °C
Kiehumispiste	-87,7 °C
Tiheys	1,17 g/cm ³ 0 °C:ssa
Vesiliukoisuus	26 ml/100 ml (20 °C)
Höyrynpaine	101 kPa -87,5 °C:ssa

Fosfiini tunkeutuu elimistöön keuhkojen kautta, mutta myös altistuminen ihon kautta on mahdollista (HSDB 2013). Elimistö pyrkii poistamaan fosfiinin oksidatiivisen metabolian kautta ja metaboliatuotteet erittyvät virtsaan hypofosfiittina, fosfiittina ja ortofosfaattina. Fosfiinin sitoutuminen happeen aiheuttaa reaktioita hemoproteiinien, kuten keuhkoputkien sytokromien ja hemoglobiinin, kanssa. Näillä reaktioilla on luultavasti suuri merkitys fosfiinin myrkyllisyydelle. Valitettavasti fosfiini on puhtaana hajuton, erittäin myrkylliseen 200 ppm pitoisuuteen asti. Kuten taulukosta 3.3 käy ilmi, fosfiinin akuutti myrkyllisyys hengitettynä on erittäin korkea. Vastaavasti 4 tunnin LC50-arvoiksi on mitattu rotilla noin 11 ppm (15 mg/m³) ja hiirillä noin 30 ppm (42 mg/m³)

(HSDB 2013). Lukuisia kuolemantapauksia on liitetty akuuttiin fosfiinialtistukseen muun muassa 1950-luvulla, mutta olosuhteita ei ole näissä tapauksissa kovin tarkasti kuvattu (European Commission 1998). Esimerkiksi Intiassa kaasutusta suorittaneet työntekijät altistuivat 0,17–2,11 ppm (0,25–2,95 mg/m³) fosfiinipitoisuuksille 20–30 minuutin ajan, mistä aiheutui työntekijöille ärsytystä hengitysteissä, päänsärkyä, uneliaisuutta, ärtyneisyyttä, pahoinvointia ja vatsakipua välittömästi altistumisen jälkeen (Misra et al. 1988). Samanlaisia oireita on raportoitu satamatyöntekijöiltä, kun he ovat altistuneet erittäin pienille annostasoille 1 ppm (1,4 mg/m³) (Roaldnes 1982). Fosfiini ärsyttää voimakkaasti hengitysteitä eikä haju varoita työhygieenisen raja-arvon ylittymisestä. Kaasun hengittäminen voi aiheuttaa keuhkopöhön. Keuhkopöhön oireet ilmaantuvat usein vasta tuntien kuluttua ja fyysinen ponnistus pahentaa niitä. Lepo ja lääkärin tarkkailu ovat siten tärkeitä. Lääkärin tai muun lääkintähenkilöstön välittömästi aloittaman hengitystä tukevan hoidon tarpeellisuutta tulee harkita. Nesteen nopea haihtuminen voi aiheuttaa myös paleltuman. Aineelle altistumisesta voi seurata myös vaikutuksia keskushermostossa, verenkiertoelimissä, sydämessä, ruoansulatuskanavassa, maksassa ja munuaisissa, jotka voivat johtaa toimintavajeeseen. Altistuminen työhygieenistä raja-arvoa suuremmille pitoisuuksille voi johtaa tajuttomuuteen tai kuolemaan (Työterveyslaitos 2013).

Kroonisissa altistuskokeissa, joissa rottia altistettiin hengitysilman välityksellä fosfiinille 90 päivän ajan 6 tuntia kerrallaan pienillä päiväannoksilla (0; 0,3; 1 tai 3 ppm, ts. 0; 0,4; 1,4 tai 4,2 mg/m³) ei havaittu dramaattisia vaikutuksia. Rotilla todettiin 1 ppm:n pitoisuudella ruokahalun menetystä ja siitä johtunutta painon laskua (Newton et al. 1993). Myös hiirillä tehdyissä toistuvissa altistuksissa todettiin samankaltaisissa koeolosuhteissa alentunutta ravinnonottoa jo 0,3 ppm:n (0,4 mg/m³) vuorokausiannostasoilla (Barbosa et al. 1994). Fosfiinin kroonisista vaikutuksista on olemassa varsin vähän tutkimuksia. Vaikuttaisi siltä, että fosfiini ei ole kovin genotoksinen, ja geneettisiä muutoksia voi esiintyä korkeintaan hyvin korkeilla pitoisuuksilla. Fosfiinin ei myöskään uskota aiheuttavan kehityshäiriöitä. Aineen syöpävaarallisuutta ei ole kunnolla selvitetty (HSDB 2013).

Taulukko 3.3. Fosfiinin toksisuuden raja-arvot, altistuminen hengityksen välityksellä. (IPCS 1988)

ppm	mg/m ³	Vaikutus
7	10	Ei vakavia seurauksia 30–60 minuutissa
100–190	140–260	Vakavia vaikutuksia terveydelle 30–60 minuutissa
290–430	400–600	Hengenvaarallista 30–60 minuutissa
400–600	560–840	Kuolema 30–60 minuutissa
2000	2800	Lyhyt altistuminen johtaa nopeasti kuolemaan

3.3 Etyleenidikloridi

Etyleenidikloridi (C₂H₄Cl₂, CAS nro 107-06-2;) on väritön, öljymäinen, huoneenlämpötilassa syttyvä neste (leimahduspiste 13 °C), jolla on makea kloroformimainen tuoksu. Usein käytetty synonyymi aineelle on 1,2-dikloorietaani. Aineen tärkeimmät fysikaalis-kemialliset ominaisuudet on esitetty taulukossa 3.4. Ympäristön kannalta tärkeitä omi-

naisuuksia ovat suuri vesiliukoisuus, korkea höyrynpaine sekä alhaiset jakautumiskertoimet (OECD SIDS 2002).

Taulukko 3.4. Etyleenidikloridin fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia. (OECD SIDS 2002)

Muuttuja	Arvo
Sulamispiste	-35,5 °C
Kiehumispiste	83,5 °C
Tiheys	1,235–1,253 kg/l
Vesiliukoisuus	8 490 – 9 000 mg/l
Höyrynpaine	8 130 Pa

Etyleenidikloridia voidaan pitää ihmisille haitallisena hengitettynä, nieltynä ja ihon kautta altistuttaessa. Aine on aiheuttanut kuolemantapauksia, kun sitä on vahingossa nieltä. Väestöllinen altistuminen joko työpaikoilla tai esim. onnettomuuden seurauksena on aiheuttanut pahoinvointia, vapinaa, päänsärkyä ja vakavissa tapauksissa kooman. Vakaviin tapauksiin on liittynyt myös maksan, munuaisten ja muiden sisäerityselinten vaurioita. Kuolleisuuden LD50-arvot ovat 400 – 1 000 mg/kg nieltynä, >4 000 mg/kg ihon välityksellä ja noin 4 000 mg/m³ (7 h) – 49 000 mg/m³ (0,5 h) hengitettynä. Rotilla hengityksen kautta altistettaessa 4 tunnin NOAEL-arvo on noin 1 400 mg/m³. Etyleenidikloridin myrkyllisyyteen liittyy jyrkkä annosvasteinen kuolleisuus, jonka uskotaan liittyvän keskushermoston ja verisuonielimistön toimintakyvyn alenemiseen (OECD SIDS 2002).

Etyleenidikloridi ärsyttää lievästi ihoa ja silmiä. Aineen allergisoivasta vaikutuksesta ei ole tehty tutkimuksia. Histologisissa tutkimuksissa kemikaalin on havaittu aiheuttavan muutoksia keuhkoihin, maksaan ja munuaisiin ainakin rotilla ja hiirillä, kun niitä altistettiin toistuvasti joko veden tai ilman kautta. Etyleenidikloridi on bakteeri- ja nisäkässoluilla tehdyissä tutkimuksissa osoitettu olevan myös mutageeninen ja genotoksinen aine. Sytokromi-P450- ja glutathionientsyymiriippuvaiset metaboliatiet ovat osallisina reaktioissa, joissa syntyy välituotteita, jotka kykenevät sitoutumaan ja tuhoamaan DNA:ta. Jyrsijöillä tehtyjen kokeiden perusteella etyleenidikloridi on selvästi karsinogeeninen yhdiste, ja se on syöpävaarallinen myös ihmiselle. Hieman yllättäen sen ei ole havaittu vaikuttavan yksilönkehitykseen (OECD SIDS 2002).

Preisser et al. (2011) tutkivat 26 potilastapausta, joissa henkilöt olivat altistuneet konttien desinfiointikaasuille tai kemikaaleille kontissa olleiden tuotteiden välityksellä. Suurin osa myrkytystapauksista johtui metyylibromidista, mutta kahdeksassa tapauksessa etyleenidikloridi oli syynä oireisiin. Kyseinen kemikaali on yhä sallittu konttien kaasuttamisessa Japanissa, Intiassa ja Brasiliassa, mutta kielletty Euroopan Unionissa ja ainakin 15 muussa maassa. Kielloista huolimatta jopa viisi prosenttia konteista voi olla käsitelty etyleenidikloridilla.

4 HAVAITTUJA TERVEYSONGELMIA

Akuutti altistuminen konttien kaasuttamisessa käytettäville torjunta-aineille aiheuttaa tyypillisesti päänsärkyä, huimausta ja pahoinvointia sekä ihon ja limakalvojen ärsytystä. Oireet ilmenevät yleensä joko saastuneiden pakkausten käsittelyn aikana tai pienellä viiveellä hieman varsinaisen altistumisen jälkeen. Myöhemmin saattaa ilmaantua muun muassa hengenahdistusta, rintakipua, keskittymiskyvyn ja muistin ongelmia, alentunutta fyysistä suorituskykyä ja kestävyyttä sekä lihaskrampeja. Krooninen altistumisessa oireet ovat edellä kuvatun kaltaisia, mutta etenevät vähitellen vakavampaan suuntaan (Preisser et al. 2011).

Preisser et al. (2011) kuvasivat yksityiskohtaisesti kuusi eri tapausta, joissa myrkyllisten torjunta-aineiden käyttö konteissa ja tuotteissa on aiheuttanut työntekijöille erittäin vakavia seurauksia. Korkeille fosfiinipitoisuuksille (200 ppm) altistuminen kaasutettujen konttien rutiinitarkastusten yhteydessä aiheutti tarkastuksia suorittaneelle henkilölle paitsi akuutteja oireita (päänsärky, pahoinvointi jne.) mutta myös pysyviä neurologisia oireita sekä astman. Vastaavasti Saksan Westfalenissa kaksi varastotyöntekijää altistui 4,5 tunnin ajan kaasutuksessa käytetyn kemikaalin jäämille purkaessaan koneen osia tuontikonteista. Pian tämän jälkeen miehet alkoivat valittaa päänsärystä, pahoinvoinnista ja iho-ärsytyksestä. Molemmille kehittyi pysyviä neurologisia oireita ja keskittymiskyvyn puutetta sekä toiselle myös keuhkoputken yliherkkyys. Etyleenidikloridi vahvistui syyksi miesten oireisiin.

Yhdessä tapauksessa avustustyöntekijä altistui lastin kaasutuksessa käytetyille kemikaalille, kun hän purki laivalla kuljetettuja muuttolaatikoitaan palattuaan Boliviasta Hampuriin. Hänelle ilmaantui välittömästi akuutteja oireita, kuten päänsärkyä, rintakipua ja kielen polttelua. Kaksi kuukautta myöhemmin hän raportoi keskittymishäiriöistä, puhevaikeuksista, emotionaalisesta epävakaudesta sekä ihon ja hengityselinten ärsytyksestä. Sekä hänen verestään että kuljetetuista tavaroista mitattiin jäämiä metyleenidikloridista (Preisser et al. 2011).

5 EPÄILYS MYRKYTYKSESTÄ

Jos ilmenee epäilyksiä työntekijöiden altistumisesta desinfiointikaasuille, työt saastuneen kontin läheisyydessä pitää keskeyttää välittömästi. Työntekijät on vietävä turvalliselle alueelle, ja lisäksi on harkittava henkilösuojainten käyttöönottoa. Jos henkilö valittaa hengitysvaikeuksia, voimakasta päänsärkyä tai pahoinvointia, hänet on vietävä kii-reellisesti sairaalaan jatkotutkimuksiin. Myrkytyksen vakavuusaste riippuu kaasutusai-neen pitoisuudesta ja altistumisajasta. Myös yksilön herkkyys, aineen jakautumistila-vuus ja aineen farmakokineettiset ominaisuudet vaikuttavat myrkytyksen vakavuuteen. On myös otettava huomioon, että henkilö on voinut altistua useammalle kuin yhdelle kemikaalille. Välittömien ensihoitotoimenpiteiden ohella on aloitettava todisteiden ke-rääminen ja dokumentointi. Tämä tarkoittaa sitä, että kontti on suljettava sekä ilmasta on otettava pitoisuusmittauksia ja rahdista näytteitä kaasutuksessa käytettyjen kemikaa-lien tunnistamista ja pitoisuuden arviointia varten. On myös tärkeää kerätä tietoa vallit-sevista lämpötilaolosuhteista ja tuuletuksesta sekä siitä, onko kaasutuksesta merkintöjä kontissa tai toimitusasiakirjoissa (Preisser et al. 2011).

Altistuneelta potilaalta tutkitaan muun muassa hengitysoireita, keskushermostollisia oireita (esim. motorisiin taitojen tutkiminen) sekä lihasheikkoutta. Lääketieteellisessä altistuksen ja oireiden toteamisessa tutkitaan paitsi akuutteja ja kroonisia oireita mutta etsitään myös muun muassa biomarkkereita verestä ja virtsasta (Preisser et al. 2011).

Ensin on varmistettava, että altistuminen on loppunut ja poistettava henkilöt vaara-alueelta. Myös kemikaalit tulee poistaa iholta ja limakalvoilta. Tilanteissa, joissa väes-tölle haitallisen pitoisuuden oletetaan ylittyvän, myös pelastajien on käytettävä hengi-tyssuojaimia ja muuta suojavaatetusta (hanskat ja saappaat). Erityistä hoitoa tai vasta-myrkkyä desinfiointikaasuille altistuneiden hoitamiseksi ei valitettavasti ole olemassa, vaan hoitoa annetaan oireiden ja kliinisten havaintojen mukaan. Vakava myrkytys voi vaatia tehohoitoa, kuten keuhkopöhön, pahoinvoinnin ja kooman hoitoa sekä intensii-vistä seurantaa. Astman tyyppisten oireiden ilmaantuessa oireita hoidetaan samalla ta-valla kuin tavallisesta astmasta kärsiviä potilaita. Jatkuva päänsärky voi vaatia lausunto-ja neurologian spesialisteilta, jotta löydetään oikea keino kivunlievitykseen. Jos potilaan fyysinen kapasiteetti on alentunut, hänelle saattaa olla välttämätöntä määrätä erityinen kuntoutusjakso. Vakuutusyhtiöt yleensä korvaavat työntekijän saamia haittoja, mutta joissakin tapauksissa työntekijällä on oikeus myös muuhun kompensatioon. Lisäksi altistuneen työntekijän työnkuvaa on muutettava, jos hänen työkykynsä on alentunut (Preisser et al. 2011).

6 KEMIKAALIEN MITTAAMINEN KONTEISTA

Kemikaaleja voidaan määrittää konteista useilla eri menetelmillä esimerkiksi fotoionisaatiodektoreilla, kaasujen tunnistusputkilla, ionivirtaus-massaspektrometrialla ja termodesorptio-kaasukromatografia-massaspektrometrialla. Nämä eroavat toisistaan niin kustannuksiltaan kuin käyttökelpoisuudeltaankin (Bohlin et al. 2009, Widdowson 2012). Valitettavasti ei ole olemassa yhtä täydellistä ratkaisua kemikaalien määrittämiseen konteista. Useissa tapauksissa täytyy käyttää yhtä tai useampaa menetelmää rinnakkain.

Fotoionisaatiodektoarit (PID) ovat pienikokoisia, helposti siirrettäviä laitteita, joiden avulla voidaan määrittää nopeasti, onko kontissa tiettyjä kemikaaleja. Laite pystyy tunnistamaan kuitenkin vain rajallisen määrän kemikaaleja, kuten metyylibromidin ja fosfiinin, eikä se tunnista eräitä muita kaasutuksessa käytettyjä kemikaaleja, kuten trikloorinitrometaania (klooripikriinia), rikkifluoridia tai etyleenidikloridia. Lisäksi PID-laitteisto ei kerro, mikä hiilivety on kyseessä. Tämän vuoksi tunnistamisessa on käytettävä myös muita keinoja ja laitteita, kuten kaasu-massakromatografiaa (Widdowson 2012).

Kaasun tunnistusputket ovat lasiputkia, jotka on täytetty materiaalilla, joka vaihtaa väriään altistuessaan jollekin tietylle kemikaalille. Värireaktion voimakkuuden perusteella voi jollakin rajallisella tarkkuudella arvioida myös kemikaalipitoisuutta. Tätä ei kuitenkaan voida pitää kovinkaan luotettavana arviointiperusteena, sillä värireaktion voimakkuuteen vaikuttavat varsin paljon myös vallitsevat ympäristöolosuhteet. Tunnistusputkia on saatavana monille yleisille kemikaaleille (Bohlin et al. 2009, Widdowson 2012).

Ionivirtaus-massaspektrometria (SIFT-MS) on erittäin tarkka menetelmä kaasun tunnistamiseen ja pitoisuuden mittaamiseen. Menetelmä on nopea, ja kemikaalit voi tunnistaa tarkasti ja luotettavasti vertaamalla niitä koneessa olevaan tietokantaan. Nykyisin massaspektrometrioiden mittaustarkkuus alittavat reilusti eri kemikaalien ihmiselle haitalliset pitoisuudet. Huonona puolena on edelleen laitteiston suurehko koko. Liikuteltavia laboratorioita on kuitenkin jo olemassa (Widdowson 2012).

Termodesorptio-kaasukromatografia-massaspektrometria (TD-GC-MS) on käytössä vakiintunut ja suosittu menetelmä kaasujen analysointiin monissa tilanteissa. Tässä menetelmässä ilmaa kerätään näytepusseihin, jotka lähetään laboratorioon analysoitaviksi. Kemikaalien määritysrajat ovat erittäin pieniä, ja löydettyjä kemikaalien aiheuttamia piikkejä voidaan verrata erittäin laajaan tietokantaan. Menetelmällä on mahdollista tunnistaa ja kvantifioida lähes mikä kemikaali tahansa. Fosfiinin määrittäminen on tällä menetelmällä kuitenkin hankalaa, ja se vaatii menetelmällisiä muutoksia (Widdowson 2012). ERC Secretariat (2005) on laatinut yksityiskohtaisen ohjeen desinfiointikaasujen turvallisesta mittaamisesta tuontikonteista. Ohjeen mukaan ensimmäisenä mitataan kontin happipitoisuus sekä räjähdysvaarallisuus. Siinä tapauksessa, että nämä edellä mainitut muuttujat ovat turvallisella tasolla, mitataan kontista desinfiointikaasuja sekä muita epäorgaanisia kaasuja.

7 ALTISTUMISEN EHKÄISEMINEN

Suurin osa ulkomaisista tavarälähetyksistä käsitellään desinfiointiaineilla. Säännöksistä huolimatta käsittelystä ei valitettavasti useinkaan ole nähtävillä varoitusmerkkejä, ei konteissa eikä laivausasiakirjoissa. Tämän takia meritse kuljetettavien tavaroiden kanssa suoranaisesti tekemissä olevat työntekijät ja muut henkilöt on välttämätöntä kouluttaa tunnistamaan vaara ajoissa. Kaikille kuljetusketjussa toimiville henkilöille tulisi tiedottaa tästä huomaamattomasta vaarasta ja tähän liittyvistä havainnointimenetelmistä, turvallisuuteen liittyvistä vaatimuksista sekä mahdollisesti tarvittavista ensihoitotoimenpiteistä. Henkilöstön tulee tietää tyypilliset oireet ja tunnistaa mahdolliset vaaratilanteet (Preisser et al. 2011).

Työnantajan velvollisuus on huolehtia työntekijöidensä turvallisuudesta. Tämä koskee myös konttien kaasutuksesta syntyvää riskiä. Ennen kontin avaamista työnantajan vastuulla on varmistaa, ettei työntekijä mene konttiin, joka sisältää terveydelle vaarallisia aineita suurina pitoisuuksina. Yritysten turvallisuusohjeissa ja asenteissa on havaittu selviä eroja tutkittaessa niiden työohjeita konttien desinfiointikaasutuksen varalta. Alankomaissa suoritettussa tarkastuksessa havaittiin, että vuonna 2008 tutkituista 405 yrityksestä 62 (15 %) noudattivat konttien tarkastamiseen liittyviä työsuojeluasetuksia (säätelevät menemistä tiloihin, joissa saattaa olla vaarallisia aineita) riittämättömällä tasolla. Tarkastetuista yrityksistä 343 (85 %) eivät täysin noudattaneet turvallisuudesta annettuja asetuksia. Monien yritysten osalta havaittiin riittämätöntä testausta avattaessa ja purettaessa kontteja, joissa oli tai saattoi olla vaarallisia aineita. Mistä seurasi, että protokollat, prosessit ja mittaukset olivat puutteellisella tasolla. Yritykset olivat tietoisia desinfiointikaasutuksen riskeistä, mutta eivät osanneet laatia riittävää ohjeistusta riskien välttämiseksi. Monet pienemmät yritykset turvautuivat ulkopuolisiin mittausasiantuntijoihin, mutta usein kontteja käsittelevillä suuremmilla yrityksillä mittaustoiminta hoidettiin usein itse (Project Fumigated Containers 2009).

ERC Secretariat (2008) on laatinut ohjeistuksen mahdollisesti kaasutettujen konttien turvallisesta avaamisesta. Ohjeen mukaan on aina syytä huomioida kaasutuksen mahdollisuus, sillä oikein merkattujen, kaasutettujen konttien osuus on todella pieni. Tästä huolimatta kannattaa rahtausasiakirjoista etsiä merkintöjä mahdollisesta desinfiointikaasutuksesta ja konteista kaasutuksesta kertovia tarroja tai merkkejä. Tämän ohjeen mukaan kontin teippaus on usein merkki desinfiointikaasujen käytöstä. Lisäksi jos konttia avattaessa tuntuu pistävää tai epämiellyttävää hajua, se pitää sulkea ja kutsua ammattilaiset suorittamaan ilmanlaadun mittauksia. Selviä merkkejä desinfiointikaasujen käytöstä ovat myös tyhjästä kaasutukseen liittyvät pakkaukset, tuhkamainen pöly sekä kuolleet hyönteiset tai jyräjät. Jos kontissa on puisia lastauslavoja tai muuta puumateriaalia, jotakin kemikaalia on hyvin suurella todennäköisyydellä käytetty tuholaisien poistamiseksi. Jos työntekijä tuntee olonsa huonovointiseksi lastin purkamisen tai tarkastamisen yhteydessä, työnteko kontin läheisyydessä on keskeytettävä välittömästi.

Monissa maissa on laadittu turvaohjeistusta konttien kaasutuksen varalta. Niissä painotetaan, että lastia käsittelevien henkilöiden tulisi pystyä tunnistamaan mahdollinen konttien kaasutus osana normaalia työturvallisuutta. Tämä tarkoittaa sitä, että konteille tulisi suorittaa riskinarviointi ennen niiden avaamista. Esimerkiksi Uuden-Seelannin turvaoh-

jeissa todetaan (ERMA 2005), että jos konttien desinfiointikaasutuksesta on pieninkin epäily, konttia avaavan henkilön tulisi käyttää riittävää henkilösuojavarustusta ja tämän lisäksi noudattaa erityistä varovaisuutta. Jos kontissa on kaasua, kontin riittävästä tuuleuksesta on huolehdittava turvallisessa paikassa, johon muilla työntekijöillä tai ihmisillä ei ole pääsyä. Tuuleuksessa on syytä käyttää tuulettimia, jotta mahdolliset lastin väleihin jäävät ”taskut” saadaan puhdistettua kaasuista (ERMA 2005). Joskus parin tunnin tuuletus voi riittää, mutta esimerkiksi FAO:n ohjeissa mainitaan myös, että joissakin tapauksissa lastia tulisi tuulettaa jopa viisi päivää (FAO 2003). Kontteja avattaessa on aina syytä huomioida kaasutuksen mahdollisuus, ja se, että kontit saattavat sisältää myös muita kemikaaleja. Vaikka tuulettaminen hoidetaan asianmukaisella tavalla vaatimuksia noudattaen, kontteihin tai lastiin voi silti jäädä terveyttä uhkaavia pitoisuuksia kemikaaleja. On myös syytä huomioida, että vaikka kontti olisi matkan aikana jo kerran avattu ja tuuletettu, mutta seisoo ovet kiinni esimerkiksi vuorokauden, konttiin voi edelleen erittyä vaarallisia pitoisuuksia kemikaaleja. Tällöin tuuletus tulisi toistaa ennen purkamisen aloittamista.

Ruotsin ohjeistuksen mukaan on syytä noudattaa systemaattista lähestymistapaa, kun työntekijöitä halutaan suojata vaikeasti havaittavalta tai tuntemattomalta vaaratekijältä. Monissa satamissa noudatetaan tiukkoja turvallisuusohjeita, jotka voivat taata kohtuullisen turvallisuustason niitä noudatettaessa. Tällaisten turvallisuusohjeiden mukaan kontit tulee tarkastaa ennen purkamisen tai lastauksen aloittamista. Tällöin on varmistettava, että tila ei sisällä vaarallisia kaasuja tai edes kiinteitä vaarallisia yhdisteitä. Jos herää epäily vierasaineista, työt on keskeytettävä välittömästi ja paikalle on kutsuttava tällaisia tapauksia varten koulutettu asiantuntija riippumatta siitä, onko kyseinen kontti lastattu vai tyhjä. Merkki desinfiointikaasujen käytöstä voi olla esimerkiksi se, että kontti on teipattu tiiviisti umpeen, jotta kaasu on vaikuttanut paremmin mahdollisiin tuholaisiin. Kontissa voi olla myös pakkauksia, joista kaasua on päästetty haihtumaan. Kontti on tällöin esimerkiksi tuuletettava niin hyvin, että työtä on turvallista jatkaa ilman henkilösuojavarusteita (TYA 2009).

Logistiikkaketjussa voidaan pyrkiä työntekijöiden ja kuluttajien altistumisen ehkäisemiseen myös kansainvälisillä toimenpiteillä (Preisser et al. 2011):

- Maahantuojien on vaadittava kontteihin selkeitä ja oikeita merkintöjä desinfiointikaasujen käytöstä. Lisäksi heidän tulisi vaatia tarpeettomien torjuntatoimenpiteiden välttämistä ja vaihtoehtoisten tapojen etsimistä tuholaisongelman välttämiseksi. Myös tavaroiden valmistajilta pitäisi vaatia luopumista intensiivisestä kemikaalien käytöstä, esimerkiksi lenkkikenkien suojaamista matkan rasiuksilta.
- Pistävän tai pahan hajun tarkoituksellinen lisääminen näihin enimmäkseen hajutomiin desinfiointikaasuihin voisi toimia varoituksena logistiikkaketjun työntekijöille. Ongelmana on edelleen varsinaisten mittalaitteiden vähäinen määrä ja niiden kalleus.
- Tuontikonteille ja niiden sisältämille tavaroille tulisi suorittaa ilmanlaadun analysointia. Tätä varten tulisi kiinnittää erityistä huomiota työnkulun organisaatioon, työsuojeluun ja työntekijöiden kouluttamiseen.
- Epäilyttävistä konteista tulisi pystyä vaihtamaan ilma koneellisella poistolla ennen niiden avaamista.

- Vaihtoehtoisia menetelmiä tuholaiistorjuntaa varten tulisi edelleen kehittää. Nykyään käytössä olevat vaihtoehtoiset menetelmät perustuvat lähinnä lämpökäsittelyihin tai hapen poistamiseen lastista.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Desinfiointikaasutus on yksinkertainen ja tehokas tapa poistaa konteista tuholaiset ja estää näiden aiheuttamat lastivauriot. Valitettavasti desinfiointikaasujen käyttäminen samalla salakavalasti vaarantaa kontteja käsittelevien työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden. Desinfiointikaasulle altistuminen on aina vakava asia, sillä kyseiset kaasutteen ovat vaarallisia mille tahansa elävälle olenolle – olipa sitten kyseessä sallittu tai Euroopan Unionissa jo kielletty kemikaali. Tehdyn kirjallisuusselvityksen perusteella vaikuttaa siltä, että kaasutetut kontit jätetään valitettavan usein merkitsemättä asianmukaisesti, eikä tietoa desinfiointikaasutuksesta löydy myöskään lähetyksiäkirjoista. Niin kauan kuin varmasti toimivia vaihtoehtoisia tuholaiistorjuntamenetelmiä ei ole saatavilla, ainoat käytössä olevat keinot työntekijöiden turvallisuuden varmistamiseksi ovat riittävä työntekijöiden koulutus, konteista otettavat näytteet ja turvallisuusohjeet.

Paras tapa vaarallisten kemikaalien, kuten konttien desinfiointikaasujen, muodostaman terveysriskin välttämiseen olisi altistumislähteen eliminointi kokonaan. Tämä voi kuitenkin olla mahdoton vaihtoehto maailmanlaajuisissa toimitusketjuissa ja niiden merikuljetuksissa. Tavaratoimituksia vastaanottavien satamien ja kuljetustoimijoiden täytyy muilla tavoin tehdä parhaansa, jotta kaasutuksista ei aiheudu riskiä henkilöstölle ja kuluttajille. Tämä vaatii jatkuvaa olemassa olevan vaaran tiedostamista, omistautunutta asennetta kemikaalitasojen tarkkailuun sekä riittäviä toimenpiteitä konttien tekemiseksi vaarattomiksi.

Jos kontissa tiedetään olevan myrkyllistä kaasua, kontti tulee tuulettaa ennen lastin purkamista. Toistaiseksi on kuitenkin olemassa hyvin vähän tutkittua tietoa siitä, kuinka tehokas toimenpide konttien tuuletus on, jos alun perin käytetyt kemikaalipitoisuudet ovat olleet erityisen korkeita. Tuuletuksen jälkeen voisi olla tarpeen varmistua sen tehosta ja suorittaa mittauksia kontin ilmanlaadusta. Monissa tapauksissa yksinkertaisella toimenpiteellä eli konttien tuuletuksella saavutetaan haluttu lopputulos, mutta jos kemikaalia erittyy lastista, ongelma voi ilmaantua uudelleen esimerkiksi tavaroiden kotiin kuljetuksen aikana.

Usein on vaikeaa saada luotettavaa tietoa siitä, mitä kemikaaleja kontissa on käytetty. Parhaimman havaitsemismetodin ja -laitteiston löytämiseksi onkin syytä kääntyä ammattilaisten puoleen. Monissa tapauksissa joudutaan käyttämään rinnakkain useampaa kemikaalien havaitsemiseen ja mittaamiseen tarkoitettua menetelmää. Toivottavaa on, että samaan aikaan, kun tietoisuus kemikaalien riskeistä logistiikkaketjuissa kasvaa, myös saatavilla olevat kemikaalien tunnistamismenetelmät kehittyvät pienikokoisemmiksi, halvemmiksi ja käyttäjäystävällisemmiksi, jotta haitalliset desinfiointikaasut ja muut mahdolliset kemikaalit voidaan tunnistaa konteista ajoissa. Ongelmiin tulisi pyrkiä puuttumaan myös konttien lähtösatamissa ja jopa tehtaissa, mutta myös vastaanottajien on syytä edelleen käyttää riittävästi resursseja konttien ilmanlaadun mittaamiseen työntekijöiden suojelemiseksi riittävällä tasolla.

Preisserin et al. (2011) ehdotusten (kappale 7) lisäksi voidaan perustellusti kysyä, olisiko mahdollista kehittää pikatestejä kaasujen havaitsemiseksi tai varustaa kontit kaasuja ja kemikaaleja tunnistavilla mittareilla? Entä olisiko jakelukeskusten työntekijät syytä

varustaa riittävin henkilösuojaimin aina, kun kontti avataan ensimmäisen kerran? Monet kemikaalit ovat toistuvasti altistuttaessa muun muassa syöpävaarallisia sekä aiheuttavat keskushermosto-oireita ja astmaa. Lisäksi monet kansainväliset esimerkit ovat osoittaneet, että kaasujen pitoisuus saattaa aivan yllättäen joissakin yksittäisissä konteissa olla ihmiselle hengenvaarallisella tasolla, eikä esimerkiksi haju varoita vaarasta. Konttien desinfiointikaasutus voi siis muodostaa vakavan riskin logistiikkaketjujen henkilöstölle. Riski voi ulottua jossain määrin jopa aina kuluttajille asti.

Tämä kirjallisuuteen perustunut esiselvitys osoitti, että konttien desinfiointikaasut ovat vakavasti otettava terveysongelma kuljetusketjujen työntekijöille. Tulevaisuudessa Suomessakin tulisi tutkia todellinen altistumistilanne kuljetusketjussa suorittamalla mittauksia tuontikonteista ja mittaamalla työntekijöiden altistumista analysoimalla esimerkiksi veren biomarkkereita. Lisäksi olisi tärkeää selvittää, ovatko Suomessa toimivien kuljetus- ja varastointiyriytysten turvallisuusohjeistukset riittäviä, ja miten hyvin konttien desinfiointiriskit suomalaisissa yrityksissä ylipäättänsä tunnetaan.

LÄHTEET

Barak, A.V., Hamilton, B., Wang, Y.J., Wang, X. & Chen, Z. 2003. Fumigation as a quarantine treatment for solid wood packing. Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emission Reductions. November 3–6, 2003, San Diego, California. Methyl Bromide Alternative Outreach, Fresno, California. Pp. 83–1—83-4.

Barbosa, A., Rosinova, E., Dempsey, J. & Bonin, A.M. 1994. Determination of genotoxic and other effects in mice following short term repeated-dose and subchronic inhalation exposure to phosphine. *Environ. Mol. Mutag.* 24:81–88.

Baur, X., Yu, F., Poschadel, B., Veldman, W. & Vos, T.K. 2006. Health risks by bromomethane and other toxic gases in import cargo ship containers. *Int. Marit. Health* 57: 46–55.

Baur, X., Poschadel, B., Budnik, L.T. 2010. High frequency of fumigants and other toxic gases in imported freight containers – an underestimated occupational and community health risk. *Occup. Environ. Med.* 67:207–212.

Bohlin, L., Rittfeld, L. & Åstot, C. 2009. Gasningskemikalier i importcontainrar. Swedish Defence Research Agency. Umeå. pp 28.

Budnik, L.T., Kloth, S., Velasco-Garrido, M. & Baur, X. 2012. Prostate cancer and toxicity from critical use exemptions of methyl bromide: Environmental protections helps protect against human health risks. *Environmental Health* 11(5): 1–12.

ERC Secretariat 2005. Work instructions: Gas measurement of containers. Formad Draft. Benelux General Secretariat, Brussels, Belgium. pp. 11.

ERC Secretariat 2008. Work instruction fumigated containers. Benelux General Secretariat, Brussels, Belgium. pp. 7.

ERMA (Environmental Risk Management Authority, New Zealand) 2005. Safety Precautions for Fumigated Freight Containers. Information Sheet 27.

European Commission 1998. Recommendation from the Scientific Committee for Occupational Exposure Limits for phosphine.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2003. International standards for phytosanitary measures. Guidelines for regulation wood packaging material in international trade. Rome: FAO, 2003 (Publication No. 15).

HSDB 2013. Hazardous Substances Data Bank. Saatavissa: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB> (viitattu 6.2.2013).

Igwe, O.J., Que Hee, S.S. & Wagner, W.D. 1986. Inhalation pharmacokinetics of 1,2-dichloroethane after different dietary pretreatments of male Sprague-Dawley rats. *Arch. Toxicol.* 59:127–34.

IPCS (International Programme on Chemical Safety) 1988. Environmental Health Criteria 73, Phosphine and selected metal phosphides. World Health Organisation. Geneva.

Misra, U.K., Bhargava, S.K., Nag, D., Kidwai, M.M. & Lal, M.M. 1988. Occupational phosphine exposure in Indian workers. *Toxicol. Lett.* 42:257–263.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) 2005. Pocket guide to chemical hazards, 2005. Saatavissa: <http://www.cdc.gov/niosh/npg> (viitattu 6.2.2013).

Newton, P.E., Schroeder, R.E., Sullivan, J.B., Busey, W.M. & Banas, D.A. 1993. Inhalation toxicity of phosphine in the rat: acute, subchronic, and developmental. *Inhal. Toxicol.* 5:223–239.

OECD SIDS 2002. 1,2-dichloroethane CAS No: 107-06-2. UNEP Publications.

OECD SIDS 2001. Methyl bromide Cas No: 74-83-9. UNEP Publications.

Preisser, A.M., Budnik, L.T., Hampel, E. & Baur, X. 2011. Surprises perilous: toxic health hazards for employees unloading fumigated shipping containers. *Sci. Total Environ.* 409:3106–3113.

Project Fumigated Containers 2009. Labour Inspectorate project, Report A870, Utrecht, Netherlands.

Roaldnes, J. 1982. Fosfinforgiftning ved maskinering af sergjern. *Norsk bedr.h.tj.* 1, 12–16.

Suidman, D., Houweling, F. & Bonewit, J. 2010. Handbook toxic gases and vapours in cargo. Published by NT Publishers B.V. Rotterdam, The Netherlands.

Työterveyslaitos 2013. Kansainväliset kemikaalikortit. Saatavissa: <http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/> (viitattu 6.2.2013).

TYA 2009. Safe and sound – or hidden dangers! A report on the risks of ill-health when working in fumigated containers and confined cargo spaces. Saatavissa: http://www.tya.se/tya/produkter/material_i_pdf/safe_and_sound.pdf (viitattu 6.2.2013).

Vähätalo, J. 2011. Trafi muistuttaa desinfiointikaasuja sisältävien konttien oikeasta käsittelystä. Saatavissa: http://www.trafi.fi/tietoa_trafista/ajankohtaista/1611/trafi_muistuttaa_desinfiointikaasuja_sisaltavien_konttien_oikeasta_kasittelysta (viitattu 6.2.2013).

Widdowson, C. 2012. Chemicals in containers – problems and risks. *Port Technology International* 56:46–48.



Turun yliopisto
MERENKULKUQUALAN KOULUTUS- JA TUTKIMUSKESKUS

FI-20014 TURUN YLIOPISTO

<http://mkk.utu.fi>



Turun yliopisto
University of Turku