



Perusteita kuljetuskonteissa esiintyvien kaasujen turvalliseen käsittelyyn

Tuula Kajolinna | Marja Pitkänen | Tuula Pellikka | Johannes Roine



Perusteita kuljetuskonteissa esiintyvien kaasujen turvalliseen käsittelyyn

Tuula Kajolinna, Marja Pitkänen, Tuula Pellikka &
Johannes Roine

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy



ISBN 978-951-38-8394-2 (URL: <http://www.vtt.fi/julkaisut>)

VTT Technology 246

ISSN-L 2242-1211

ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu)

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8394-2>

Copyright © VTT 2016

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

PL 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

02044 VTT

Puh. 020 722 111, faksi 020 722 7001

Teknologiska forskningscentralen VTT Ab

PB 1000 (Teknikvägen 4 A, Esbo)

FI-02044 VTT

Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 7001

VTT Technical Research Centre of Finland Ltd

P.O. Box 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7001

Alkusanat

Tässä raportissa kuvataan hankkeen ”Työturvallisuutta vaarantavien kaasujen riskienhallintakeinojen tunnistaminen tavarankuljetuskonteissa” tuloksia. Hankkeen rahoittivat Työsuojelurahasto ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy ja sen kesto oli 1.1.2015–31.1.2016. Projektin toteutti Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy.

Projektin johtoryhmään kuuluivat:

Anne-Marie Kurka, Työsuojelurahasto
Markku Hietanen ja Jari Koskela, Tulli
Erika Kähärä, Palvelualojen ammattiliitto PAM
Terhi Kuljukka-Rabb, Kaupanliitto
Tero Hinttaniemi, Helsingin Satama
Juha Teivaala, Inex Partners Oy
Anssi Ihatsu, Lidl Suomi Ky
Kati Kilpeläinen, Keslog Oy
Jari Haapea, Posti Group Oy
Mirva Skyttä, Gasmets Europe Oy
Antti Heikkilä, Gasmets Europe Oy
Jukka Lehtomäki, VTT
Tuula Kajolinna, VTT

Lisäksi johtoryhmän työskentelyä olivat seuraamassa seuraavat edustajat: Anne Suominen, Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus Brahea ja Jyrki Vähätalo, Trafi.

Projektin kokeelliset jaksot, joissa tutkittiin konttien tuulettumisaikoja, tehtiin Keslog Oy:n päivittäistavaravarastolla Vantaan Hakkilassa 27.2.–8.5.2015. Tutkimuksen tekijät haluavat kiittää Keslog Oy:tä mahdollisuudesta tehdä tutkimukset sen varastolla sekä varaston henkilökuntaa kaikesta avusta, jota se antoi mittauksen aikana. Kiitämme johtoryhmää aktiivisesta osallistumisesta projektityöhön.

Espoo 13.1.2016

Kirjoittajat

Sisällys

Alkusanat	3
1. Johdanto	6
2. Tavoite	7
3. Rajaukset	8
4. Konteissa esiintyvät kaasut	9
4.1 Kaasutusaineet.....	9
4.2 Lastista haihtuvat aineet	12
4.3 Työhygieeninen raja-arvo kertoo aineiden vaarallisuudesta.....	13
4.4 Kaasujen esiintymistiheys konteissa.....	15
4.5 Tavaroiden luokittelutiedon käytettävyys.....	18
5. Konttien kaasutustapoja	19
5.1 Kaasuna annosteltavat kaasutusaineet.....	20
5.2 Kiinteänä annosteltavat kaasutusaineet.....	20
5.3 Höyrystettynä annosteltavat kaasutusaineet	21
6. Pitoisuusmittausmenetelmät	22
6.1 Olemassa olevia ohjeistuksia	22
6.1.1 Kansainvälisiä ohjeistuksia.....	22
6.1.2 Kansallisia ohjeistuksia	24
6.2 Konttikaasujen mittauksista.....	26
6.2.1 Käytettyjä näytteenottomenetelmiä	27
6.2.2 Konttikaasujen mittausmenetelmiä.....	27
7. Konttien jälkituulettaminen ennen purkua	30
7.1 Olemassa olevia ohjeistuksia ja tutkimustuloksia	30
7.2 Projektissa tehdyt tuulettumisaikatestit	33
7.2.1 Mittausjärjestely	33
7.2.2 Tulosten tarkastelu.....	40
7.2.3 Koontitalukko eri tuulettumisajoista	47
7.2.4 Tulosten hyödyntäminen tuontikonttien lastin purkamisessa	49

7.2.5	Tuulettumisaikamittausten johtopäätökset ja jatkosuositukset.....	50
8.	Suojautuminen	53
8.1	Kemiallisten aineiden käsittelyyn liittyviä säädöksiä ja ohjeita	53
8.1.1	Kemikaaleja koskeva lainsäädäntö	53
8.1.2	Tuholaistorjunnassa käytettävät kemikaalit ja käyttöä koskevat säädökset	54
8.1.3	Kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteet ja kansainväliset kemikaalikortit.....	55
8.1.4	Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat kemikaalit – OVA-ohjeet.....	56
8.2	Ainekohtaiset suojautumisohjeet	57
9.	Konttien puhdistusmenetelmiä ja jätteiden hävitys	60
9.1	Puhdistusmenetelmiä.....	60
9.2	Jätteiden hävitys.....	61
10.	Riskinarviointi	63
11.	Tärkeimmät tulokset ja yhteenveto.....	66
	Lähdeviitteet	69

Liitteet

Liite A: Alankomaiden kuljetuskonttien käsittely – muistio tutustumiskäynnistä
23.–24.11.2015

Tiivistelmä

Abstract

1. Johdanto

Tavarankuljetuskonteissa on erilaisia kaasuja, jotka ovat peräisin mm. tuholaistorjunnasta, rahtitavarasta haihtuvista yhdisteistä tai kuljetuskonttiin jääneistä epäpuhtauksista. Nämä kaasut muodostavat vakavasti otettavan terveystarpeen logistiikkaketjun työntekijöille, joita ovat mm. lastien purkajat, konttien puhtaudesta huolehtivat henkilöt ja eri viranomaiset. Suomessa tuhannet henkilöt käsittelevät vuosittain kuljetuskontteja logistiikkaketjun eri vaiheissa ja voivat siten altistua konteissa esiintyvälle terveydelle haitallisille kaasuille.

Tuholaistorjunta-aineilla käsiteltyjen konttien merkinnät ovat niitä koskevista kansainvälisistä säädöksistä huolimatta erittäin puutteellisia. Saman tutkimuksen perusteella myös käytöstä poistettuja, kiellettyjä torjunta-aineita esiintyy edelleen. Kuljetuskonteissa esiintyviä kaasuja ei useinkaan voi havaita aistinvaraisesti, joten työntekijöiden työpaikoillaan tuntema omaan terveyteen kohdistuva pelko on aiheellista.

Nykyisin työntekijöiden altistumista yritetään välttää antamalla kontin tuulettua ennen lastin purkamista tai tarkastamista. Tällä pyritään pienentämään haitallisten kaasujen pitoisuudet ihmisille turvalliselle tasolle. Nykykäytännön heikkoutena on, että riittäviä tuuletusaikoja eri olosuhteissa (esim. kontin täyttöaste, lämpötila, tuulettimien käyttö, jne.) ei ole määritetty. Tähän on syynä tutkimustiedon puute. Riittämätön tuulettumisaika tai -tapa voi johtaa kuljetuskonttien kanssa työskentelevien henkilöiden työturvallisuuden vaarantumiseen, mikäli toimenpiteet eivät pienennä kaasupitoisuuksia terveydelle vaarattomalle tasolle.

Kuljetuskonttien kaasupitoisuuksia on pyritty myös arvioimaan erilaisia kaasuilmaisimia käyttäen sekä ennen kontin avaamista että tuulettumisen jälkeen. Nykyisin käytössä olevat mittausmenetelmät eivät kuitenkaan ole osoittautuneet riittävän luotettaviksi. Tällöin on vaarana, että virheellinen mittaustulos vaarantaa konttien kanssa työskentelevän henkilön työturvallisuuden.

Konttien sisältämiä kemikaaleja on aikaisemmin tutkittu jonkin verran, mutta niiden riskiluokittelua tai tarkkoja ohjeita työturvallisista käsittelytavoista ei ole tehty.

2. Tavoite

Työsuojelurahaston ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n rahoittaman hankkeen ”Työturvallisuutta vaarantavien kaasujen riskienhallintakeinojen tunnistaminen tavarankuljetuskonteissa” tavoitteena oli tuottaa luotettavaa tutkimustietoa työturvallisuusohjeiden laatimisen pohjaksi. Projektin tavoitteena oli parantaa eri ammattiryhmien, jotka voivat työssään altistua konteissa esiintyville kaasumaisille kemikaaleille, työturvallisuutta tuottamalla tutkimuksen ja mittausten keinoin perusteita, joiden avulla kuljetuskonttien turvallinen käsittely voidaan ohjeistaa.

3. Rajaukset

Tämä raportti ei ole tarkoitettu ohjeeksi, vaan tässä kootaan erillään olevat tiedot tiiviiksi tietolähteeksi, jota voidaan hyödyntää varsinaisen ohjeistuksen laatimisessa. Ohjeistuksen laatiminen toteutetaan erikseen Turun yliopiston hallinnoimassa ”Kansallinen toimintamalli ja työturvallisuusohjeistus tavarankuljetuskonttien ja maahantuontivarastoinnin kaasuriskeihin varautumiseen” -hankkeessa.

Tässä tutkimuksessa on käsitelty konteissa esiintyvien aineiden ominaisuuksia, jotka voivat vaarantaa konttien parissa työskentelevien henkilöiden työturvallisuuden. Aineiden muut ominaisuudet, esim. herkkä syttyvyys tai räjähdysalttius kipinöinnin vuoksi, on jätetty tämän tarkastelun ulkopuolelle. Nämä tiedot ovat kuitenkin helposti löydettävissä tässä raportissa esitetyistä tietolähteistä, esim. kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteista ja/tai kansainvälisistä kemikaalikortista.

Hankkeessa on keskitytty siihen, mitä riskejä konttien käsittelyyn liittyy ja miten niitä voidaan minimoida. Raporttiin ei ole koottu tietoa erilaisista altistumistapauksista. Konttien mahdollisia kemikaalikoostumuksia ei mitattu projektin aikana, vaan hankkeessa tutkittiin kirjallisuudesta esiintymistietoja ja pitoisuuksia ja konttien tuulettumisaikoja määritettiin malliaineiden avulla. Tuulettumisaikamittauksissa kontit oli pakattu tyhjiällä pahnalaatikoilla eikä oikeilla tavaroilla.

4. Konteissa esiintyvät kaasut

Kuljetuskonttien kaasutukseen käytettäviä kemikaaleja ja lastista haihtuvia kemiallisia yhdisteitä selvitettiin hankkeessa tehdyn kirjallisuusselvityksen avulla. Tutkimuksessa selvitettiin, mitkä aineet aiheuttavat suurimman riskin työntekijöiden turvallisuudelle ja joiden rutiininomainen, säännöllinen analysointi konteista on kiireellisintä työturvallisuuden varmistamiseksi. Aineiden vaarallisuutta tarkasteltiin eri maissa käytettävien työhygieenisten raja-arvojen avulla ja järjestettiin aineet vaarallisuuden mukaan. Aineiden esiintymistiheyden määrittämiseksi kirjallisuudesta koottiin analyysitieto yhteensä 116625 kontista ja/tai kaasumittauksesta. (Pitkänen ym. 2015.)

Konttikaasu muodostuu lastista haihtuvista yhdisteistä ja konttiin tarkoituksella lisätyistä torjunta-aineista (kaasutusaineet).

4.1 Kaasutusaineet

Yleisimmät kansainvälisessä kaupassa käytettävät kaasutusaineet ovat metyylibromidi, formaldehydi, fosfiini, klooripikriini, karbonyylisulfidi ja sulfuryylifluoridi, myös vetysyanidin ja metyleenikloridin käytöstä kaasutusaineena on raportoitu (Safe work of Australia 2012, Johanson & Svedberg 2013, Preisser ym. 2012, Häkkinen & Posti 2013).

Kaasutusaineiden tiedetään olevan erittäin myrkyllisiä. Kontti voidaan käsitellä torjunta-aineella ennen kuljetusta tai kuljetuksen aikana. Ennen kuljetusta tapahtuvassa käsittelyssä kontti käsitellään esim. metyylibromidilla tai sulfuryylifluoridilla ja tuuletetaan ennen kuljetusta. Jos käsittely tapahtuu kuljetuksen aikana, konttiin lisätään kaasutusainetta, esim. fosfiinia muodostavaa magnesiumfosfidia, ennen sen sulkemista. Matkan aikana konttiin vapautuu vaikuttava annos torjunta-ainetta. Torjunta-aineilla käsitellyt tuulettamattomat kontit tulee kansainvälisten merenkulkualan sopimusten mukaisesti merkitä varoitusmerkein, joista ilmenevät käsitelyajankohta ja käsittelyssä käytetty kemikaali. Vastaavat määräykset sisältyvät myös kansainvälisiin vaarallisten aineiden tie- ja rautatiekuljetusmääräyksiin. (Johanson & Svedberg 2013, Häkkinen & Posti 2013). Kirjallisuudessa on raportoitu, että näitä vaatimuksia noudatetaan varsin huonosti. Esimerkiksi Baur ym. (2010)

raportoivat, että heidän tutkimistaan 2113 kontista yhdelläkään ei ollut asianmukaista, IMDG-säännösten (International Maritime Dangerous Goods) mukaista dokumenttia ja että ainoastaan 3,6 % konteista sisälsi edes jonkinlaisen varoituksen mahdollisesta kaasutuksen aiheuttamasta vaarasta. Suidman ym. (2010) havaitsivat tutkimuksessaan, että vain yhdessä kuljetuskontissa 17 kaasutetusta kontista oli käsittelystä varoitava tunnus ja dokumenteissa kerrottiin kaasutuksesta.

Kirjallisuudessa on raportoitu myös muiden kaasutusaineiden käytöstä. Osa niistä, kuten vetysyanidihappo ja etyleenidikloridin ja hiilitetrakloridin seos, ei enää ole käytössä, mutta niitä voi edelleen löytyä konteista (Häkkinen & Posti 2013). Yleisimmät, kirjallisuudessa raportoidut kuljetuskonttien kaasutuksessa käytettävät aineet ja niiden käsittelyn kannalta keskeiset fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Oleelliset kuljetuskonttien kaasutuksessa käytettävät aineet ja niiden keskeiset ominaisuudet aakkosjärjestyksessä. Lähde: Pitkänen ym. (2015).

Kaasutusaine	Yleisimmät synonyymit	CAS No.	Kemiallinen kaava	M (g/mol)	Sulamis-piste (°C)	Kiehumis-piste (°C)	Suhteellinen höyryntiheys (ilma =1)	Höyrynpaine kPa 20 °C:ssa
1,3-Diklooripropyleeni	Diklooripropeneeni , 3-Klooriallyylikloridi, DCP, 1,3-Dichloropropene	542-75-6	C ₃ H ₄ Cl ₂	111,0	180	< 50	3,8	3,7
Etyleenidikloridi	1,2-dikloorietaani, Dikloorietaani, Dikloori-1,2-etaani	107-06-2	C ₂ H ₄ Cl ₂	99,0	-35,7	83,5	3,42	8,7
Etyleenidikloridin hiilitetrakloridin seos	1,2-dikloorietaani, Dikloorietaani, Dikloori-1,2-etaani / tetrakloorimetaani, tetrakloorihiili	107-06-2 / 56-23-5	C ₂ H ₄ Cl ₂ + CCl ₄	99,0 + 153,8	C ₂ H ₄ Cl ₂ = - 35,7; CCl ₄ = -23	C ₂ H ₄ Cl ₂ = 83,5; CCl ₄ = 76,5	C ₂ H ₄ Cl ₂ = 3,42; CCl ₄ = 5,3	C ₂ H ₄ Cl ₂ = 8,7; CCl ₄ = 12,2
Etyleenioksidi	1,2-Epoksietaaani, Oksiraani, Dimetyleenioksidi	75-21-8	C ₂ H ₄ O	44,1	-111	11	1,5	146
Etyyliformiaatti (16,7 %) hiilidioksidi (83,3 %)	Vapormate™; muurahaishappo-eetteri, muurahaishappoetyyliesteri + hiilidioksidi	109-94-4 + 124-38-9	C ₃ H ₆ O ₂ + CO ₂	74,1 + 44,0	-78,5 (CO ₂ sublimoitumispiste)	-78°C (CO ₂); 54°C (C ₃ H ₆ O ₂)	CO ₂ = 1,52; C ₃ H ₆ O ₂ = 2,6	CO ₂ = 5,73; C ₃ H ₆ O ₂ = 261,2
Formaldehydi	Metanaali, Metyylialdehydi, Metyleenioksidi	50-00-0	H ₂ CO	30,0	-92	-20	1,08	-
Fosfiini	Vetyfosfidi, fosforitrihydri	7803-51-2	PH ₃	34,0	-133	-87,7	1,17	4186
Hiilidioksidi*	Hiilihappokaasu, hiilianhydri	124-38-9	CO ₂	44,0	-79 (sublimoitumispiste)	-	1,52	5720
Hiilimonoksidi*	Häkä	630-08-0	CO	28,0	-205	-191	0,97	-
Jodoformi	Trijodimetaani	75-47-8	CHI ₃	393,7	118–121	hajoaa > 120	-	-
Karbonyylisulfidi		463-58-1	COS	60,1	-138	-50	2,07	9034 (21 °C)
Klooripikriini	Trikloorinitrometaani, nitrokloroformi, nitrotrikloorimetaani	76-06-2	CCl ₃ NO ₂	164,4	-64	112	5,7	2,7
Metyleenikloridi	Dikloorimetaani	75-09-2	CH ₂ Cl ₂	84,93	-95,1	40	2,9	47,4
Metyylibromidi	Bromimetaani, monobromimetaani	74-83-9	CH ₃ Br	94,9	-94	4	3,3	1893
Metyyliisyanate	Isosyanaattimetaani	624-83-9	C ₂ H ₃ NO	57,1	-80	39	2	54

Sulfuryylifluoridi	Sulfuryylidifluoridi, Sulfurioksisfluoridi	2699-79-8	SO ₂ F ₂	102,0	-135,8	-55,3	3,5	1,7 • 10 ³ (21,1°C)
Trikloorimetaani	Kloroformi, trikloorimetaani, metaanitrikloridi, formyylikloridi	67-66-3	CHCl ₃	119,4	-64	62	4,12	21,2
Typpi*	Puristettu typpikaasu	7727-37-9	N ₂	28,0	-210	-196	0,97	-
Vetysyanidi	Vetysyanidihappo, sinihappo, vety- syanidi, syaanive- tyhappo, formoni- riili	74-90-8	HCN	27,0	-13	26	0,94	82,6

*) lisätään parantamaan tuotteen säilyvyyttä

4.2 Lastista haihtuvat aineet

Kaasutusaineiden lisäksi kuljetuskonttiin haihtuu yhdisteitä kuljetettavasta lastista sekä niiden pakkauksista. Ne ovat peräisin tuotteiden valmistuksessa käytettävistä raaka-aineista ja niissä olevista komponenteista, kuten liimoista, maaleista, painoväreistä, palonestoaineista jne. Joissain tapauksissa lastista haihtuvien yhdisteiden pitoisuus voi nousta korkeaksi ja ylittää ihmisille turvalliseksi tiedetyn rajan. Koska myös lastista vapautuvat teollisuuskaasut voivat aiheuttaa työntekijöille terveysriskin, tutkimuksessa on varsinaisten kaasutusaineiden lisäksi tarkasteltu myös oleellisimpia lastista vapautuvia aineita ja niiden työturvallisuuden kannalta oleellisia ominaisuuksia.

Projektin kirjallisuusselvityksessä "Kuljetuskonttien sisältämien kaasumaisten aineiden aineominaisuuksia ja esiintyminen" (Pitkänen ym. 2015) on tarkasteltu kuljetuskonttien ilmatilassa havaittuja yhdisteitä. Kirjallisuustietojen perusteella tavallisia tuotteista haihtuvia yhdisteitä ovat esim. aromaattiset hiilivedyt, kuten bentseeni, tolueni, ksyleeni, styreeni, 1,2-dikloorietaani, ja aldehydit, esim. formaldehydi. Kuljetuskonteista on löydetty myös ammoniakkaa, butadieenia, vetysulfidia, erilaisia estereitä ja ketoneja, jotka myös ovat yleisesti teollisuudessa käytettäviä aineita. Jotkin näistä aineista ovat syöpävaarallisia, kuten bentseeni ja formaldehydi, tai niiden epäillään altistavan syövälle, ja monien niistä epäillään suurina pitoisuuksina aiheuttavan vakavia terveysvaikutuksia. Kemiallisia vaaroja aiheutuu myös, mikäli suuria määriä hiilimonoksidia tai hiilidioksidia vapautuu kontin ilmatilaan. Myös matala happipitoisuus sekä suuri määrä syttymis- tai räjähdysherkkää kaasua, esim. vetyä, aiheuttaa vaaran. Teollisuuskaasujen esiintymistä konteissa on käytännössä mahdotonta ennakoita, sillä niille ei ole minäänlaisia merkintävaatimuksia kuten konttien kaasutukseen käytettäville kaasutusaineille.

4.3 Työhygieeninen raja-arvo kertoo aineiden vaarallisuudesta

Aineiden vaarallisuutta tarkasteltiin työhygieenisten raja-arvojen avulla ja aineet järjestettiin vaarallisuuden mukaan. Taulukkoon 2 on eri tutkimuksista koottu kuljetuskonteissa havaittuja kaasutusaineita ja lastista vapautuvia yhdisteitä, yhteensä 80 eri yhdistettä tai kaasutuksessa käytettävää seosta. Aineet on järjestetty työhygieenisten raja-arvojen perusteella vaarallisuusjärjestykseen. Vaarallisuuden kriteerinä käytettiin akuutin työturvallisuusvaaran raja-arvoja seuraavassa järjestyksessä: HTP 15 min -arvo (STM, Sosiaali- ja terveysministeriö), STEL 15 min (ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists), HTP 8 h (STM) ja STEL TWA 8 h (ACGIH).

Taulukko 2. Kuljetuskonttien ilmatilassa havaittuja yhdisteitä (yht. 80 kpl) ja kirjallisuudessa raportoituja pitoisuuksia. Aineet on esitetty vaarallisuusjärjestyksessä työhygieenisten raja-arvojen mukaan (jos asetettu). Vaarallisuuden arviointikriteerit: 1) STM HTP 15 min, 2) ACGIH STEL 15 min, 3) STM HTP 8 h, 4) ACGIH STEL TWA 8 h. Lähde: Pitkänen ym. (2015).

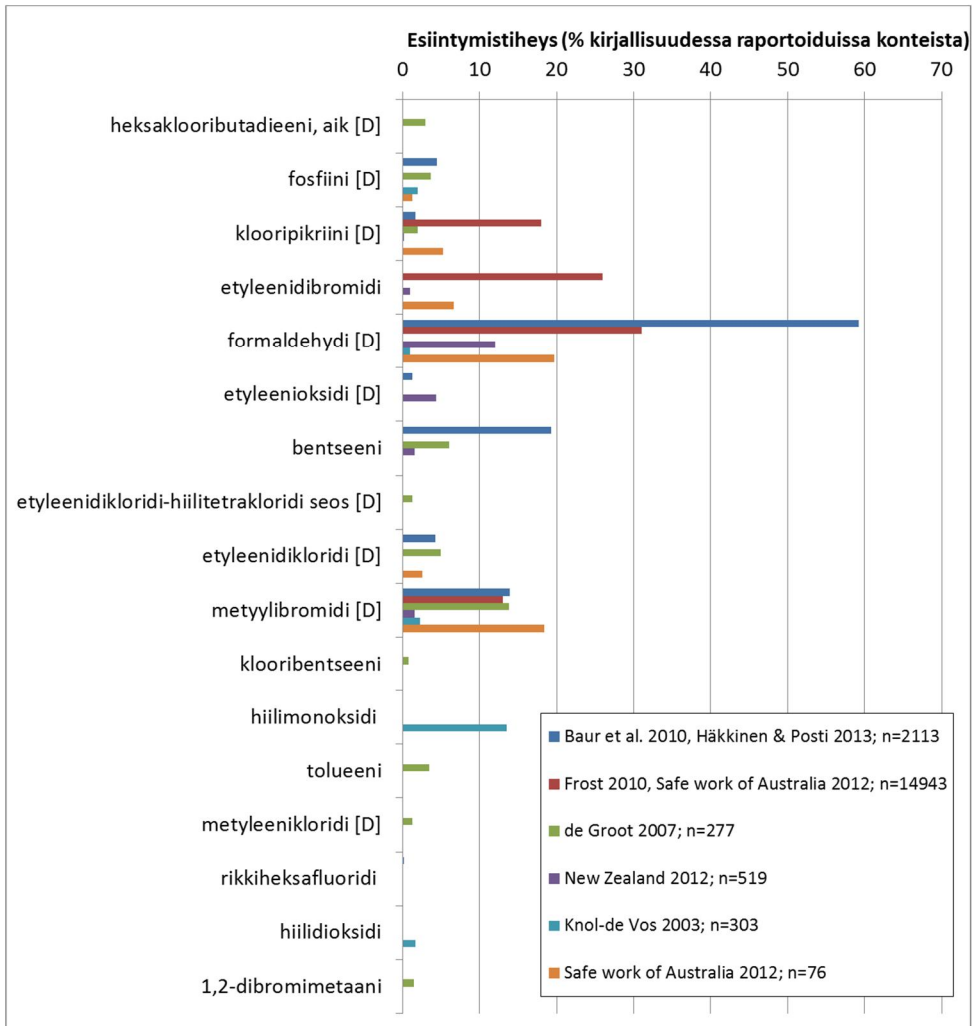
Yhdiste [D] = kaasutusaine	611-14-3 CAS	HTP-arvo (2014)				ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)				Kirjallisuudessa raportoituja pitoisuuksia
		8 h		15 min		TWA 8 h		STEL 15 min		
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
metyyli-isosanaatti [D]	624-83-9			0,02	0,05	0,02		0,06		
heksaklooributadieeni, alk. [D]	87-68-3					0,02				0,1
1,3-Diklooripropyleeni [D]	542-75-6					0,04	0,2	0,08	0,4	
fosfiini [D]	7803-51-2	0,1	0,14	0,2	0,28	0,3		1,0		0,3 / 0,14
klooripikriini [D]	76-06-2	0,1	0,7	0,3	2,1	0,1				0,26 / 0,05
etyleenidibromidi	106-93-4	0,1	0,78			0,5	3,9			3 / 5 / 1,01 / 0,02
jodoformi [D]	75-47-8					0,6	9,8	1	16	
formaldehydi (D)	50-00-0	0,3	0,37	1	1,2	0,3				6,6
etyleenioksidi [D]	75-21-8	1	1,8			5	9,2			16 / 9,7
trikloorimetaani [D]	67-66-3	2	10	4	20	10				
vetyyanidi [D]	74-90-8		1		5			4,7		0,54
bentseeni	71-43-2	1	3,25			1	3,25			2/2,5/40/0,08/0,2/1,6/0,9/3,1
etyleenidikloridin hiilitetrakloridin seos [D]	107-06-2/56-23-5	1	6,3	5	31	5				
tert-kloorimetaani	56-23-5	1	6,30	5	31	5				
karbonyylisulfidi [D]	463-58-1					5				
etyleenidikloridi [D]	107-06-2	1	4	5	20	10				2 / 160 / 0,3 / 1,6 / 2,6 / 5,0
metyyli-isobutyyliketoni	108-10-1	5	21	10	42	30		75		
metyylibromidi (D)	74-83-9	5	20	10	39	1				0,3 / 14,5 / 1,2 / 2,6 / 49,9 /
sulfuryylifluoridi [D]	2699-79-8	5	21	10	42	5				
riikkihiili	75-15-0	5	16			5	15			7 000
vinyyliasetaatti	108-05-4	5	18	10	35	10				
sykloheksanoni	108-94-1	10	41	20	82	20		50		25 / 84 / 570 / 700
korobentseeni	108-90-7	10	47	20	93	10				2,9 / 0,07
1,2,4-trimetyylibentseeni	95-63-6	20	100							
asetaldehydi	75-07-0			25	46					16 / 27 / 28
ammoniakki	7664-41-7	20	14	50	36	25		35		
ilmoreeni	5989-27-5	25	140	50	280					
5-metyyli-2-heksanoni	110-12-3	30	95			50				
metyylikloridi	74-87-3	50	100	75	160	50		100		2,6 / 3,7 / 0,6 / 32,4
hiilimonoksidi	630-08-0	30	35	75	87	25				46 / 50 / 55 / 100 / 125 / 220
t-butanoli	75-65-0	50	150	75	230	100				
styreeni	100-42-5	20	86	100	430	20		40		
tetrahydrofuraani	109-99-9	50	150	100	300	200		100		
m-ksyleeni	108-38-3	50	220	100	440	100		150		2,5 / 2,0 /
o-ksyleeni	95-47-2	50	220	100	440	100		150		
p-ksyleeni	106-42-3	50	220	100	440	100		150		
butanoni	78-93-3			100	300	200		300		
tolueeni	108-88-3	25	81	100	380	20				33/35/42/1,3/5,1/4,7/31/6,8
α-pineeni	80-56-8			125	700					50
β-pineeni	127-91-3			125	700					
γ-terpineeni	99-85-4			125	700					
etyyliformaatti-hiilidioksidiseos [D]	109-94-4 + 124-38-9	100	310	150	460	100				
etyylibentseeni	100-41-4	50	220	200	880	100		125		
metanoli	67-56-1	200	270	250	330	200		250		21 / 70
sykloheksaani	110-82-7	100	350	250	875	100				
metyleenikloridi [D]	75-09-2	100	350	250	880					
isopropanoli	67-63-0	200	500	250	620	200				440
oktaani	111-65-9	300	1400	380	1800	300				
etyyliasettaatti	141-78-6	300	1100	500	1800	400				
2,4-dimetyylipentaani	108-08-7	300	1200	500	2100					
metyylisykloheksaani	108-87-2	400	1600	500	2000	400				
asetoni	67-64-1	500	1200	630	1500	500		750		
3-metyylipentaani	96-14-0	500	1800	630	2300	500		1000		
isopentaani	78-78-4	500	1500	630	1900	600				
pentaani	109-66-0	500	1500	630	1900	600				
heksaani	110-54-3	500	1800	630	2300					
butaani	106-97-8	800	1900	1000	2400	1000				
propaani	74-98-6	800	1500	1100	2000	1000				
etanoli	64-17-5	1000	1900	1300	2500	1000	1920			
riikkiheksafluoridi	2551-62-4	1000	6100	1300	7900	1000				
hiilidioksidi	124-38-9	5000	9100			5000	9150	15000	27400	5000 / 30 000
1,2-dibromimetaani	74-95-3									
2,3,4-trimetyylipentaani	565-75-3									
2,3-dimetyylipentaani	565-59-3									
2,4-dimetyyliheksaani	584-94-1									
2-etyylihekseni	1632-16-2									
3-kareeni	13466-78-9									
cedreeni	11028-42-5									
dekaani	124-18-5									
dimetyylikarbonaatti	616-38-6									
dodekaani	112-40-3									
etyylimetyylibentseeni	611-14-3									
iso-oktaani	540-84-1									
longifoleeni	475-20-7									
metyleeni-bis-terbutyylityylieni	119-47-1									
metyylisyklopentaani	96-37-7									
pentametyyliheptaani	13475-82-6									
syklopentaani-(2-metyylityyliidieeni)	53366-54-4									
tetrametyylibentseeni	488-23-3/527-53-7									
undekaani	1120-21-4									
VOC (ei identifioitu)										

Aineista 16 on varsinaisia torjuntaan käytettäviä aineita ja kolmea niistä lisätään tuotteiden säilyvyyden parantamiseksi. Muut konteissa havaituista aineista ovat lähinnä lastista haihtuvia, kuljetettavien tuotteiden valmistuksessa käytettäviä teollisuuskemikaaleja tai niiden reaktiotuotteita. Kaikille konteissa havaituille aineille ei ole määritelty HTP- tai ACGIH-arvoja.

4.4 Kaasujen esiintymistiheys konteissa

Kaasujen esiintymistiheyttä kuljetuskonteissa tarkasteltiin kokoamalla kirjallisuudesta tietoja niiden esiintymisestä (Pitkänen ym. 2015). Tutkimuksessa todettiin, että kaasujen esiintymistiheyden hahmottamista vaikeuttaa sekä se, että eri tutkimuksissa oli käytetty erilaisia raportointikriteereitä: osassa tutkimuksista oli raportoitu kontit, joissa tutkittavan komponentin pitoisuus ylitti valitun työhygieenisen raja-arvon (esim. TWA, MAC, WES, REL), osassa raja-arvona oli käytetty mittausmenetelmän toteamisrajaa riippumatta siitä, onko kyseinen aine terveydelle haitallinen havaitussa pitoisuudessa. Myös valittu mittausmenetelmä, erityisesti sen selektiivisyys ja herkkyys konttikaasukomponenteille, vaikuttaa.

Kirjallisuudesta löytyi tietoa yli 116 000 kuljetuskontin kaasufaasin kemiallisesta koostumuksesta. Seuraavassa tarkastelussa koko aineistosta (n=116625) poimittiin havainnot, joissa mitattu pitoisuus ylitti työhygieenisen raja-arvon ja siten muodosti vaaran kuljetuskonttien parissa työskenteleville henkilöille. Näissä tutkimuksissa (yht. 6 kpl) havaittiin yhteensä 17 ainetta, joiden määrä kontin ilmatilassa ylitti kriteerinä käytetyn työhygieenisen arvon (kuva 1). Osa havainnoista ylitti työhygieenisen raja-arvon vain satunnaisesti, kuten klooribentseeni (0,75 %) ja rikkiheksafluoridi (0,1 % kyseisen tutkimuksen otannasta).



Kuva 1. Yhdisteet, joiden kontista mitattu pitoisuus ylitti työhygieenisen raja-arvon. Kuudessa eri tutkimuksessa tutkittujen konttien tai tehtyjen kaasuanalyysien kokonaismäärä 18 231 kpl. Aineiden vaarallisuus työhygieenisten raja-arvojen perusteella pienenee ylhäältä alaspäin.

Vaarallisuuden, raportoitujen esiintymistiheyksien ja työhygieenisten raja-arvojen ylittymisen vuoksi mitattavien aineiden joukkoon tulisi kuulua ainakin nämä yht. 17 kaasutusainetta ja teollisuuskemikaalia: heksaklooributadieeni, fosfiini, klooripikriini, etyleenidibromidi, formaldehydi, etyleenioksidi, bentseeni, etyleenidikloridi-hiilitetrakloridi-seos, etyleenidikloridi, metyylibromidi, klooribentseeni, hiilimonoksidi, tolueeni, metyleenikloridi, rikkiheksafluoridi, hiilidioksidi, 1,2-dibromimetaani. Sen sijaan sulfuryylifluoridi, jota nykyisin käytetään varsin yleisesti kaasutusainee-

na, ei tullut esiin tässä tarkastelussa. Siksi sen sisällyttäminen tutkittavien yhdisteiden luetteloon on perusteltua.

Alankomaissa yleisesti sovellettavia kuljetuskonttien käsittelyohjeita laatinut Gezond Transport (2011) nostaa esille 15 yhdistettä, joita on viime vuosina toistuvasti havaittu tutkituissa kuljetuskonteissa ja jotka siten voivat muodostaa vaaran. Ne ovat metyylibromidi, klooripikriini, fosfiini, 1,2-dikloorietaani (etyleenidikloridi), vetysyanidi, sulfuryylifluoridi, formaldehydi, bentseeni, tolueeni, styreeni, ksyleeni, hiilimonoksidi, hiilidioksidi, ammoniakki ja VOC (volatile organic compounds). Näistä yhdeksän on samoja yhdisteitä, jotka tulivat esille Pitkänen ja muut 2015 tekemässä tarkastelussa mitattavien aineiden priorisoimiseksi (kuva 1). Näiden lisäksi Gezond Transport nostaa esiin neljä muuta yhdistettä, nimittäin vetysyanidi, styreeni, ksyleeni ja ammoniakki sekä haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC). Ne eivät nousseet esiin kuuteen eri tutkimukseen (yht. 18 231 kaasuanalyysia) perustuneessa tutkimuksessa (Pitkänen ym. 2015), jossa tarkasteltiin valitut työhygieeniset raja-arvot ylittäneiden yhdisteiden esiintymistä tutkituissa koneteissa. Sen sijaan samassa tutkimuksessa (Pitkänen ym. 2015) tarkastellussa laajemmassa aineistossa ne esiintyivät: tarkastelussa mukana olleista tutkimuksista yhdessä havaittiin tunnistemattomia haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC) lähes 50 %:ssa ja yhdessä ammoniakkia n. 15 %:ssa tutkituista koneteista tai tehdyistä kaasumittauksista. Ksyleenin ja styreenin esiintymisestä oli havaintoja useammassa tutkimuksessa. Vetysyanidin esiintymisestä oli raportoitu vain yhdessä tarkastelussa mukana olevissa tutkimuksessa.

Tuloksia tarkasteltaessa on huomattava, että koneteissa esiintyvien kaasumaisten yhdisteiden aiheuttaman vaaran vakavuus tunnetaan hyvin työhygieenisten arvojen perusteella, mutta ainekohtaista vaaran yleisyyttä (esiintymistiheys) ei kirjallisuudessa raportoitujen esiintymistietojen perusteella voi arvioida luotettavasti. Esiintymistiheysaineisto sinänsä on varsin laaja (analyysitieto yhteensä 116 625 kontista ja/tai kaasumittauksesta), mutta on muistettava, että kaikkia kuljetuskoneteja ei tutkita kemiallisesti. Myös erot eri tutkimuksissa käytetyissä raportointikriteereissä ja mittalaitteiden suorituskyvyissä (selektiivisyys ja herkkyys) vaikuttavat aineistoon. Tämä tulee esiin mm. siinä, että referoiduissa tutkimuksissa ei havaittu kaikkia tunnettuja, käytössä olevia kaasutusaineita eikä tiettyjä, yleisesti käytettyjä teollisuuskemikaaleja. Esiintymistiheystietoa voi vääristää myös se, että osassa tutkimuksista on keskitytty vain tiettyjen, ennalta valittujen aineiden mittaamiseen.

Edellä mainittujen syiden vuoksi tässä ”Perusteita kuljetuskoneteissa esiintyvien kaasujen turvalliseen käsittelyyn” -raportissa on edellä mainittujen, HTP-arvojen ylittymisen vuoksi valittujen 17 aineen lisäksi tarkasteltu myös muiden yleisesti tunnettujen kaasutusaineiden tärkeimmät ainekohtaiset suojautumis- ja ensiapuohjeet (luku 8).

4.5 Tavaroiden luokittelutiedon käytettävyys

Kirjallisuudessa on esitetty yhteenvetoja siitä, mitä eri aineita eri tavararyhmistä voi vapautua kontin ilmatilaan. Monissa tutkimuksissa kengät ja elektroniikka on nostettu esille tavararyhminä, josta on usein todettu vapautuvan runsaasti haitallisia teollisuuskaasuja. Toisaalta tutkimuksissa on myös todettu, että kontista mitatun aineen alkuperä jää epäselväksi (tuote, pakkausmateriaalit, kontin pinnat, kontaminaatio). Tämänhetkisen tiedon perusteella näyttää siltä, että kontin turvallisuuden arviointi pelkän tavararyhmän ja siitä aikaisemmin saatujen mittaustulosten perusteella on varsin epävarmaa. On huomattava, että monet tuotteet koostuvat lukuisista eri toimittajilta tulevista osista, ja ne kootaan tuotteeksi käyttäen esim. erilaisia liimoja, jotka puolestaan ovat seoksia. Tuotteen eri komponenttien valmistuksessa käytettäviä kemikaaleja voidaan aika ajoin vaihtaa esim. raaka-aineiden saatavuudessa, hinnassa tapahtuvien tai niitä koskevien säädösten muuttuessa. Tästä syystä kontin ilmatilaan haihtuvia yhdisteitä tai niiden pitoisuuksia ei voida päätellä pelkästään tämänytyypin tarkastelun perusteella, eikä varsinkaan pois sulkea vaarallisten aineiden esiintymistä kontissa.

Sen sijaan toimitusketjun sisäisen tiedonvaihdon parantaminen voisi merkittävästi lisätä tietoa lastista vapautuvista yhdisteistä, niiden pitoisuuksista, yhteisvaikutuksista, esim. mahdolliset kemialliset reaktiot, ja siten vähentää konttien mittaustarvetta tulevaisuudessa. Tällöin tiedetään, ettei toimitusketjun missään vaiheessa ole tapahtunut muutoksia, jolloin kokemuspohjaista tietoa lastista haihtuvista yhdisteistä voitaisiin hyödyntää konttien mittaustarvetta arvioitaessa.

5. Konttien kaasutustapoja

Kaasutustapoja on monia ja käytettävä kaasutusaine valitaan lastitavaraan sopivaksi. Kaasutuksia voidaan tehdä annostelemalla kaasua suoraan kaasupullosta, höyrystämällä nestettä tai laittamalla kiinteitä ilmankosteuden kanssa reagoivia suoloja käsiteltävään konttiin. Yleisimpiä kaasutustapoja on esitelty seuraavissa kappaleissa, tiedot eivät ole kattavia, koska uusia käsittelytapoja tulee markkinoille jatkuvasti. Tiedot on kerätty FAO:n vuodelta 2015 olevasta julkaisusta.

Kaasutus voidaan tehdä tuotteiden säilytyspaikassa (esimerkiksi siloissa), tilassa, missä tuotteet pakataan tai konttien ollessa terminaalissa. Joskus konttien kaasutus tehdään kuljetuksen aikana (niin kutsuttu in-transit fumigation). Tällöin kiinteässä muodossa oleva kaasutusaine laitetaan joko lastin päälle tai sen sisälle.

Käsitellyn lastin esituuletusta tehdään ainakin Australiassa metyylibromidikäsitelyn jälkeen, jolloin metyylibromidipitoisuuden tulee olla alle 5 ppm ennen kuljetukseen lähtöä. Muualla kaasutettujen ja muiden kaasutusaineiden kanssa esituuletusta ei ole raportoitu yleisesti käytettävän.

Monesti kaasutuksissa käytetään eri aineiden seoksia useiden käytännön syiden vuoksi. Tärkeimpiä syitä käyttää seoksia ovat seuraavat:

- Vähentää paloriskiä pienentämällä räjähdysriskin aineen pitoisuutta tai toinen aine voi ominaisuuksillaan jopa täysin poistaa paloriskin. Esimerkkinä hiilidioksidin lisääminen etyleenioksidiin tai metyyliformaattiin, sekä hiilitetrakloridin lisääminen akrylonitriliin tai rikkihiileen
- Parantaa kaasun leviämistä ja vaikutusta toisella kaasutusaineella. Kaasujen leviämiseen vaikuttaa kunkin aineen diffuusionopeus kyseisessä lastimateriaalissa, joten leviämistä voidaan nopeuttaa ja tasata käyttämällä eri aineita seoksena. Esimerkiksi nestemäisissä höyrystettävissä kaasutusaineissa etyleenidibromidi, etyleenidikloridi, rikkihiili ja/tai hiilitetrakloridi on yhdistetty seokseksi. Toisena esimerkkinä on käyttää trooppisissa lämpötiloissa (yli 38 °C) nopeasti haihtuvan metyylibromidin kanssa hitaammin haihtuvaa etyleenidibromidia, jolloin lastin korkeuden ei pitäisi vaikuttaa käsittelyn tehokkuuteen
- Laimentaa hyvin myrkyllisten aineiden pitoisuuksia

5.1 Kaasuna annosteltavat kaasutusaineet

Kaasupullosta annostellaan kaasuna aineita, joiden kiehumispiste on tarpeeksi alhainen, jotta aine on kaasumaisessa muodossa. Välillä kaasut annostellaan seoksina, jolloin tarkoituksena on yleensä vähentää paloriskiä tai edesauttaa tiheydeltään harvemman kaasun leviämistä myös lastin alaosaan.

Metyyliibromidi annostellaan yleensä kaasupulloista, ja käsittelyssä määrättyä pitoisuutta pidetään vaikuttamassa määräyksien mukaisen ajan. Esimerkiksi Australiassa käsittelyn jälkeen käsiteltyä konttia tuuletetaan, kunnes poistuvan tuuletusilman pitoisuus on alle 5 ppm. Metyyliibromidi voidaan annostella myös laittamalla konttiin pieni kaasutölkki kuljetuksen ajaksi, jolloin jäljelle jää avattu metallitölkki. Metyyliibromidia voidaan annostella myös seoksena, esimerkiksi etyleeniidibromidin kanssa trooppisissa lämpötiloissa ($>38\text{ °C}$), jolloin kaasutusaineiden leviäminen lastiin saadaan tasattua.

Sulfuryylifluoridia käytetään suoraan yksittäisaineena kaasupullosta annostelemalla.

Etyleenioksidia käytetään monesti hiilidioksidin kanssa seoksena, räjähdysvaaran minimoimiseksi.

5.2 Kiinteänä annosteltavat kaasutusaineet

Fosfiini annostellaan kuljetuskontteihin käytännössä aina pussiin pakattuna pelletteinä, rakeina tai jauheena. Isokokoisia pellettejä saatetaan käyttää ilman pussia. Käytetyt kiinteät aineet ovat magnesiumfosfidia (Mg_3P_2) ja alumiinifosfidia (AIP). Fosfidit reagoivat ilmankosteuden kanssa muodostaen fosfiinikaasua. Annostelu tapahtuu lähtösatamassa ennen kuljetusta, fosfiini vaikuttaa kuljetuksen aikana. Käytöstä jää jäljelle vaaleaa jauhetta. Wijdeveld (2010) mainitsee raportissaan, että alumiini- tai magnesiumfosfidin käyttö pitää sisällään suuren riskin. Nämä aineet reagoivat ilman kosteuden kanssa muodostaen fosfiinia, joka toimii tehokkaana kaasutuskaasuna ja reagoituaan täydellisesti, fosfiinista jää jäljelle valkoinen puuterimainen jauhe. (Wijdeveldin mukaan tämä jauhe on vaaratonta, sen sijaan Uuden-Seelannin tiedotteessa [Erma New Zealand 2005] sanotaan, että tätä valkoista jauhetta tulee käsitellä varoen.) Mutta jos lämpötilat ovat alhaiset ($< 10\text{ °C}$) tai jos konttien kosteus on liian alhainen, kyseinen reaktio voi jäädä kesken ja reaktio voi käynnistyä uudelleen silloin, kun kontit avataan, aiheuttaen näin merkittävän vaaratilanteen kontin avaavalle henkilölle.

Vetycyanidi voidaan annostella kalsiumsyamidina ($\text{Ca}(\text{CN})_2$) tai inerttiin materiaaliin imeytettynä. Kalsiumsyanidi reagoi ilmankosteuden kanssa muodostaen vetycyanidia ja sitä käytetään yleensä pussiin pakattuna jauheena tai rakeena. Imeytetty vetycyanidi voidaan laittaa konttiin levyissä, laatikoissa tai tölkeissä. Käsiteltyä konttia ei tuuleteta käsittelyn jälkeen, joten vetycyanidi vaikuttaa kuljetuksen aikana. Käytöstä jää jäljelle pusseja, levyjä, laatikoita tai tölkkejä.

5.3 Höyrystettynä annosteltavat kaasutusaineet

Vetysyanidi voidaan annostella myös höyrystettynä joko nesteliuoksesta tai suolan ja hapon välisestä reaktiosta. Nesteliuos höyrystetään konttiin lähtösatamassa höyrystyskoneella. Suolan ja hapon reaktiosta vapautuu vetysyanidia, yleisimmin käytettyjä suoloja ovat kaliumsyanidi (KCN) ja natriumsyanidi (NaCN). Happona käytetään esimerkiksi rikkihappoa (H_2SO_4).

Etyleenidikloridia käytetään yleensä hiilitetrakloridiseoksessa, jota höyrystetään konttiin. Seosta käytetään yleisimmin viljojen käsittelyssä.

Kloropikriini annostellaan yleensä nesteliuosta höyrystämällä, mutta kloropikriini voi olla myös kaasuseoksissa pienenä pitoisuutena tai sitä voidaan annostella aerosolina metyylikloridin ollessa ponnekaasuna. Nesteseoksissa voi olla mukana esimerkiksi hiiliterakloridia.

Trikloorimetaania käytetään monesti seosaineena etyleenidibromidille ja rikkihiilelle.

Dikloorimetaania käytetään usein seoksissa laimentavana aineena. Dikloori-propyleeniä käytetään esimerkiksi hiiliterakloridin kanssa seoksena.

6. Pitoisuusmittausmenetelmät

Konttien kaasutukseen sekä niiden turvalliseen käsittelyyn on olemassa sekä kansainvälisiä että kansallisia ohjeita. Yleisesti ottaen ohjeistukset käsittelevät lähinnä sitä, kuinka varmistetaan siitä, että konttien kaasutus on tehokasta, kuinka kaasutetut kontit pitää merkitä sekä niissä annetaan ohjeita työturvallisuuteen liittyen. Kaasutusaineiden pitoisuuksien mittaamista on ohjeissa yleensä vain sivuttu lyhyesti, eikä mittalaitteisiin liittyviä toimintavaatimuksia ohjeistuksista myöskään löytynyt.

Seuraavissa kappaleissa kuvataan muutamia projektissa läpikäytyjä ohjeita sekä niiden sisältöä (Kajolinna & Pellikka 2015).

6.1 Olemassa olevia ohjeistuksia

6.1.1 Kansainvälisiä ohjeistuksia

Kansainvälisen merenkulunjärjestö IMO (International Maritime Organisation) on päivittänyt vuonna 2010 ohjeita konttien turvalliseen kaasutuskäsittelyyn liittyen. Ohjeistus löytyy Maritime Safety Committee -dokumentista MSC.1/Circ.1361 "Revised recommendations on the safe use of pesticides in ships applicable to the fumigation of cargo transport units" (IMO 2010). Kyseisessä dokumentissa tiedotetaan se, että konttien käsittelyssä voi olla työturvallisuuteen liittyviä riskejä. Tämän vuoksi työntekijöitä kehoitetaan tekemään riskinarviointi ennen kuin kontteihin mennään sisälle sekä mittaamaan mahdollisten konttikaasujen pitoisuudet.

Kun kaasutettuja kontteja laitetaan laivalle, pitää kontit merkitä asianmukaisesti ja niiden tiiviys tulee selvittää. Ohjeen mukaan laivalla tulee olla koulutetut työntekijät, joille on annettu tietoa kyseisten kaasutusaineiden myrkytysoireista ja ensiavusta, sekä "tarkoituksenmukaiset menetelmät" kaasutusaineiden analysointiin. Ennen laivan tuloa satamaan (tyypillisesti noin 24 tuntia ennen) vastuuhenkilöiden tulisi ilmoittaa satamalle, että satamaan on tulossa kaasutettu kontti, ja kertoa, mikä kemikaali on kyseessä ja milloin kaasutus on tehty.

Dokumentissa suositellaan, että kaasumittaukset tehtäisiin ainakin kahdelle yleisimmin käytetyistä kaasutusaineista eli metyylibromidille ja fosfiinille. Esimerkkinä mahdollisista mittausmenetelmistä mainitaan

- analyysiputket
- fotoionisaatioon perustuvat detektorit (photoionisation detector, PID)
- henkilökohtaiset hälyttimet.

Jokaisesta yllä mainitusta menetelmästä kerrotaan muutama etu ja muutama haitta, mutta tarkempaa vaatimusta esimerkiksi mittausalueille tai herkkyydelle ei esitetä. IMO:n dokumentissa MSC.1/Circ.1265 (IMO 2008) mainitaan myös, että on olemassa henkilökohtaisia hälyttimiä mittaamaan hapen pitoisuutta ilmassa, mutta se, että happipitoisuus näyttää olevan oikealla tasolla, ei takaa sitä, ettei kontissa voisi olla kaasutusaineita.

IMO/ILO/UNECE-dokumentti "Code of Practice for Packing of Cargo Transport Units" (CTU Code) on valmistunut tammikuussa 2014. Dokumentissa annetaan ohjeita konttien turvalliseen pakkaamiseen liittyen ja sen liitteessä 9 kuvataan lyhyesti kaasutuksen aiheuttamien riskien minimointia. Liitteessä korostetaan sitä, että kaasutetut kontit pitää merkitä asianmukaisilla tunnuksilla ja että niiden on annettava tuulettua riittävästi ennen kuin niihin mennään sisälle. Dokumentti ei anna opastusta siihen, kuinka tuuletuksen riittävyys varmistettaisiin kaasujen mittaamisella.

Food and Agriculture Organisation of the United Nations, FAO, on julkaissut vuonna 1989 ohjeistuksen "Manual of fumigation for insect control". Ohjeistus pohjautuu vuonna 1961 tehtyyn ohjeistukseen ja siinä on lueteltu muutamia kaasutusaineiden mittausmenetelmiksi soveltuvia menetelmiä, kuten IR-pohjaiset menetelmät, analyysiputket sekä lämmönjohtokykyyn perustuvat analysaattorit.

Vuonna 2007 FAO:n julkaisemassa ohjeessa "Guide to Fumigation under Gas-Proof Sheets" on annettu ohjeita siitä, kuinka konttien kaasutus tehdään tehokkaasti, huolehtien samalla työturvallisuudesta. Teksti käsittelee yksinomaan fosfiinin ja metyylibromidin käyttöä konttien kaasutuksessa.

FAO:n ohjeiden mukaan sekä fosfiinin että metyylibromidin mittauksia tulee tehdä sellaisilla laitteilla, joiden pitoisuusalue kattaa alhaiset pitoisuudet (näin varmistetaan työturvallisuus), että myös laitteilla, jotka voivat mitata korkeimpia pitoisuuksia, jolloin voidaan varmistua kaasutuksen tehokkuudesta.

Työhygieenisiin mittauksiin FAO:n ohjeissa on pitoisuusrajat fosfiinille 0,3 ppm (0,42 mg/m³) ja metyylibromidille 5 ppm (19,4 mg/m³). Kun monitoroidaan kaasutuksen tehokkuutta, pitoisuusrajat ovat fosfiinille 0,1–5 g/m³ (70–3500 ppm) ja metyylibromidille 2–100 g/m³ (515–25 700 ppm). Mittaukset tehdään FAO:n ohjeiden mukaan joko analyysiputkilla, sähköisillä kaasudetektoreilla tai dosimetreillä. FAO korostaa ohjeissaan sitä, että mittalaitteiden kunnosta tulee pitää huolta, niitä

pitää käyttää valmistajan ohjeiden mukaisesti sekä kalibroida ne säännöllisin väliajoin.

6.1.2 Kansallisia ohjeistuksia

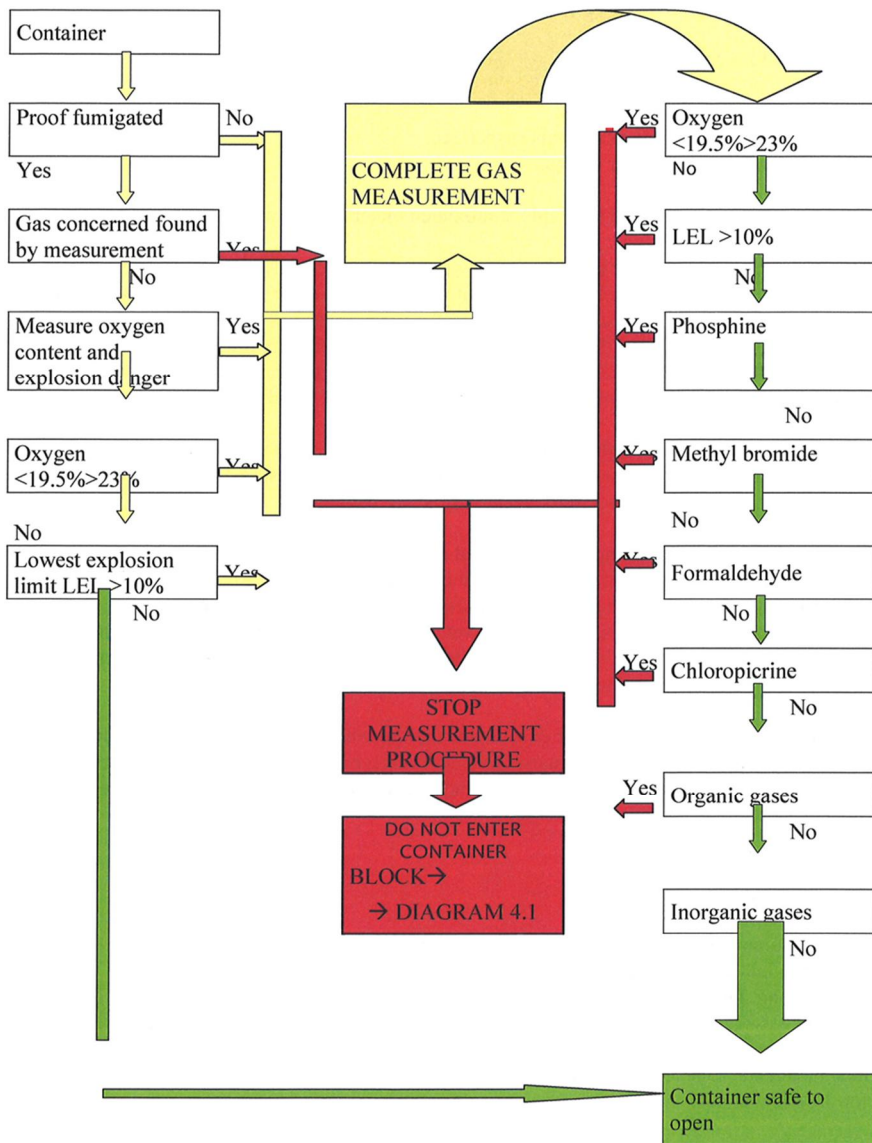
Alankomaissa on virasto nimeltä Inspectie Verkeer en Waterstaat, IVW, antanut ohjeistuksia siitä, kuinka kontit tulisi tarkastaa mahdollisten vaarallisten kaasujen osalta (IVW 2006). Tarkastuslaitos on yksi Alankomaiden hallituksen tarkastuslaitoksista. Vuodesta 2012 lähtien viraston nimi on ollut Ympäristö- ja liikennetarkastusvirasto, De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT).

IVW:n ohjeiden mukaan konttien kaasujen pitoisuusmittaukset lopetetaan ja konttiin ei mennä, mikäli

- happipitoisuus on $< 19\%$ tai $> 23\%$
- pitoisuudet ovat $> 10\%$ alimmasta syttymisrajasta (LEL, lower explosion limit) tai
- mittauksissa käytettyjen adsorptioputkien väri muuttuu.

Mittausten tekijän on oltava sertifioitu. Mittaukset tehdään kolmelta eri korkeudelta kontista. Tarkempaa kuvausta itse mittausmenetelmistä ei tässä esityksessä ole annettu, ainoastaan adsorptioputket sekä henkilökohtaiset hälyttimet on mainittu.

Euro Controle Routen (2005) ohjeissa on kuvattu samanlaiset ohjeet kuin yllä olevissa Alankomaiden ohjeissa. ECR:n kuuluu eurooppalaisia liikenteen tarkastusvirastoja, jotka työskentelevät liikenneturvallisuuden parantamiseksi Euroopassa. Kuvassa 2 on esitetty ECR:n ehdottama vuokaavio konttikaasujen mittauksiin.



Kuva 2. Euro Controle Routen (2005) dokumentissa esitetty vuokaavio kontti-
mittauksiin.

ECR-dokumentissa (Euro Controle Route 2005) korostetaan myös sitä, että koska konteissa esiintyvien aineiden tiheydet eroavat toisistaan, on pitoisuusmittaukset tehtävä usealta eri korkeudelta kontista. Tekstissä kerrotaan myös adsorptio-putkien käytössä esiintyvistä virhetulkinnoista (putket eivät ole selektiivisiä, lämpötila ja paine voivat vaikuttaa värimuutokseen jne.).

Australiassa on tehty standardi (Australian Government 2013) siitä, kuinka varmistetaan, että metyylibromidilla tehtävä kaasutus on tarpeeksi tehokasta. Kyseisen standardin mukaan metyylibromidin pitoisuuden määrittäminen voidaan tehdä millä laitteella tahansa, edellyttäen, että käytettävä laite pystyy mittaamaan luotettavasti metyylibromidin pitoisuuksia alueella 2–200 g/m³. Lisäksi laitteissa on oltava, mikäli mahdollista, kosteuden ja hiilidioksidin poistamiseen suunnitellut suodattimet. Standardissa korostetaan myös sitä, että laitteet pitää kalibroida ja huoltaa säännöllisesti.

Kanadan rajavalvontaa hoitava virasto, The Canada Border Services Agency (CBSA), edellyttää, että kaikista merikuljetuksissa käytettävistä konteista tutkitaan mahdolliset kaasutusaineiden pitoisuudet (Testing and Ventilation of Marine Containers, web-sivut CBSA). Mittaukset tehdään konttien valvontaan erikoistuneissa yksiköissä, (container examination facilities, CEFs) ennen lastin purkamista. Mittauksissa käytetään Syft Voice200 -analysointilaitetta.

Ruotsin merenkulun viranomaiset ovat laatineet vuonna 2008 ohjeistuksen (Safe and Sound – or hidden dangers!) konttikuljetuksiin liittyen. Näissä ohjeissa edellytetään muun muassa seuraavaa:

- Lastin mahdollisista vaaratekijöistä on informoitava.
- Laivalla on oltava asianmukaiset mittausten menetelmät hapen sekä vaarallisten kaasujen mittaamiseen (CO, CO₂, H₂S) ja laivan henkilökunnan on oltava koulutettu näiden laitteiden käyttämiseen.
- USDA (United States Department of Agriculture) esittää ohjeissaan (Treatment Manual 2014) muutamia kaasutusaineiden mittaamiseen soveltuvia mittausten menetelmiä, jotka PPQ (Plant Protection and Quarantine) on hyväksynyt:
 - lämmönjohtavuuteen perustuvat analysointilaitteet (Fumiscope, metyylibromidin ja sulfuryylifluoridin mittaaminen)
 - infrapuna-analysointilaitteet (Spectros, metyylibromidin mittaaminen)
 - analyysiputket (useita valmistajia mainittu)
 - sähkökemialliset sensorit (B16 PortaSens, fosfiinin mittaaminen)
 - fotoionisaatioon (PID) perustuva mittaaminen.

6.2 Konttikaasujen mittauksista

Seuraavissa kappaleissa esitetään kaasutusaineiden näytteenottoon sekä analysointiin käytettyjä menetelmiä.

6.2.1 Käytettyjä näytteenottomenetelmiä

Kaasutusainemittausten näytteenottomenetelmiä ei projektin aikana läpikäydyissä raporteissa tai esitteissä ole kuvattu yksityiskohtaisesti.

Australialaisen Safe work Australia -nimisen työsuojeluun keskittyneen viraston julkaisussa vuodelta 2012 on kerrottu muutamia esimerkkejä näytteenottotavoista (Hazard surveillance: Residual chemicals in shipping containers, 2012). Raportissa on kuvattu, kuinka näyte on imetty kontista etäkäyttöisen näytteenottojärjestelmän avulla (remote activated grab sampler, RAGS) näytepussiin. Näytepussimateriaalina käytettiin joko Tedlaria tai Kynaria ja pitoisuudet analysoitiin laboratoriossa SIFT-MS-tekniikalla.

Tehdyissä mittauksissa havaittiin, että näytepussin materiaali vaikutti tutkittaviin pitoisuuksiin. Tedlar-pusseissa pitoisuuksien vähenemä ajan funktiona oli paljon pienempi kuin Kynar-materiaaleista tehdyissä pusseissa. Lisäksi pitoisuuksien lasku riippui tutkittavasta komponentista, mikä johtuu mitä todennäköisimmin komponenttien erilaisesta diffusiosta näytepussin seinämien lävitse.

6.2.2 Konttikaasujen mittausmenetelmiä

Yleisesti ottaen ohjeistukset käsittelevät lähinnä sitä, kuinka varmistetaan, että konttien kaasutus on tehokasta, kuinka kaasutetut kontit pitää merkitä sekä niissä annetaan ohjeita työturvallisuuteen liittyen. Kaasutusainemittausten ohjeissa yleensä vain sivuttu lyhyesti, eikä mittalaitteisiin liittyviä toimintavaatimuksia ohjeistuksista myöskään löytynyt.

Belgiassa yritys nimeltä EWS on ehdottanut, että kiireellisissä tilanteissa voitaisiin käyttää seuraavia menetelmiä (Baur ym. 2015):

- fotoionisaatioon perustuvat menetelmät VOC-kaasujen mittaamiseen
- IR-menetelmät sulfuryylifluoridin mittaamiseen
- sensorit (CO, CO₂, O₂, PH₃)
- analyysiputket lähinnä metyylibromidin, 1,2-dikloorietaanin, bentseenin, toluenin, klooripikriinin, styreenin ja ksyleenin detektointiin.

Näiden mittausten lisäksi EWS suosittelee myös mittaamaan happea, jotta voidaan nähdä, onko happipitoisuus oikealla tasolla. Näytteenottokohdaksi suositellaan joko konttien keski- tai yläosaa, sillä konttien alaosassa pitoisuudet ovat yleensä alhaisimmillaan.

Baur (2012) on koonnut artikkeliinsa joukon artikkeleita, jotka käsittelevät konttien turvallista käsittelyä. Yhdessä näistä artikkeleista (Svea Fahrenholtz) on esitetty taulukko eri mittausmenetelmistä, joita voidaan soveltaa konttikaasujen mittaamisessa.

Taulukko 3. Konttikaasujen mittausmenetelmiä ja niiden ominaisuuksia (Baur 2012).

Menetelmä	Periaate	Selektiivisyys
Fotoionisaatiidetektorit (PID)	Tutkittavat komponentit ionisoidaan UV-valolla, jolloin ne tuottavat sähköisen signaalin, joka on verrannollinen niiden pitoisuuteen.	Komponentit, joiden ionisaatioenergia on $\leq 10,6$ eV, voidaan havaita, mutta niitä ei voi erotella toisistaan
Adsorptioputket	Värimuutoksen intensiteetti on verrannollinen tutkittavan kaasun pitoisuuteen.	Jokaiselle tutkittavalle komponentille on valittava sille sopiva putki. Lisäksi muut komponentit voivat aiheuttaa ns. "väärä positiivisia" havaintoja.
Metallioksidisensori	Tutkittava komponentti adsorboituu sensorin pinnalle muuttaen sen sähköistä resistanssia pitoisuuden funktiona.	Jokaiselle tutkittavalle komponentille on valittava sille soveltuva metallioksidisensori.
Sähkökemiallinen sensori	Tutkittavan komponentin hapetus-pelkistysreaktiot kennossa tuottavat niiden pitoisuuteen verrannollisen sähköisen signaalin.	Jokaiselle tutkittavalle komponentille on valittava sille soveltuva sähkökemiallinen sensori.
IR-kenno	Tutkittavan komponentin pitoisuus on verrannollinen IR-valon absorboitumiseen tietyllä aallonpituusalueella.	Useita erilaisia kennoja saatavilla eri yhdisteille.
FTIR	Detektointi perustuu komponenttien IR-säteilyn absorptioon kullekin kaasulle spesifisellä aallonpituusalueella.	Komponenteille voidaan tehdä sekä kvantitatiivinen että kvalitatiivinen analyysi.
Ioniliikkuvuuspektrometri (IMS)	Tutkittavien komponenttien analysointi perustuu niiden kulkeutumisaikaan erotteluputkessa detektorille, jossa ne aiheuttavat niiden pitoisuuteen verrannollisen sähköisen signaalin.	Yhdisteet erotellaan toisistaan ennen kvalitatiivista analyysiä, mutta häiritsevät reaktiot voivat aiheuttaa virheellisiä tuloksia.

Termodesorptio- kaasukromatografia (TD- GC)	Tutkittavat komponentit kerätään adsorbenttiin, minkä jälkeen ne desorboidaan siitä lämmön avulla ja johdetaan kaasukromatografiin. Komponenttien erottelu tapahtuu GC:ssä ja detektointi soveltuvalla tekniikalla (esim. FID, MS).	Retentioaikoja hyödyntämällä saadaan tehtyä komponenttien kvantitatiivinen analyysi. Menetelmä ei sovellu epästabiileille yhdisteille, kuten esim. formaldehydi.
Termodesorptio- kaasukromatografi- massaspektrometri (TD- GC-MS)	Pitoisuuden määrittäminen ja komponenttien erittely kuten yllä. Lisäksi identifiointi MS-tekniikan avulla.	Korkea selektiivisyys sekä tarkka pitoisuuden määrittäminen mahdollista. Menetelmä ei sovellu epästabiileille yhdisteille, kuten esim. formaldehydi.
SIFT-MS	Reagenssi-ionit tuetaan ionilähteessä ja ne kuljetetaan virtausputkeen ja kohti analyyttejä. Syntyneet tuoteionit kulkevat erotusputkea pitkin kohti massaspektrometriä. Kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tieto saadaan määritettyä käyttämällä hyväksi erotusputken nopeuksia sekä massaspektrometristä identifiointia.	Hyvä selektiivisyys, edellyttäen, että häiritsevät reaktiot eivät johda signaaliin pienenemiseen.

Kaasutuskaasujen mittausmenetelmät eroavat toisistaan sekä hinnaltaan että tekniikoiltaan suuresti. Esimerkiksi analyysiputkien käyttö on suhteellisen helppoa, sillä ne ovat kooltaan pieniä eivätkä vaadi suuria järjestelyitä näytteenoton suhteen. Toisaalta, niiden antamiin tuloksiin vaikuttavat useat tekijät, joten mittaustulosten luotettavuus on kyseenalainen. Vastaavasti massaspektrometrisillä menetelmillä saavutetaan alhaisemmat määrittämissrajat ja niiden selektiivisyys eri komponenteille on hyvä, mutta kyseiset menetelmät ovat kooltaan suuria ja niiden hinta on korkea.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tällä hetkellä ei ole olemassa valmista, kaupallista laitetta, jolla pystyttäisiin luotettavasti mittaamaan kaikkia mahdollisia konteissa esiintyviä kaasuja ja niiden eri pitoisuuksia. Tämän vuoksi mittaamiseen joudutaan käyttämään rinnakkain useita eri menetelmiä, joilla kaasutusaineiden tunnistamista ja pitoisuuden määrittämistä tehdään.

7. Konttien jälkituulettaminen ennen purkua

Konteissa mahdollisesti esiintyvien kaasujen pitoisuusmittausten lisäksi kehoitetaan monissa maissa ja ohjeissa tuulettamaan kontteja ennen lastin purkamista. Tuulettamisen ohjeistukset ovat melko vaihtelevia tuulettumisaikojen ja -menetelmien suhteen. Tämän kappaleen sisältö on koottu projektissa tehtyjen tuulettumisaikamittausten raportista (Kajolinn & Roine 2015).

7.1 Olemassa olevia ohjeistuksia ja tutkimustuloksia

IMO:n suositusten mukaan (2010) kaasutusaineilla käsiteltäviä kontteja suositellaan tuuletettavan joko puhaltimen avulla tai ovet auki. Tuulettamisajasta dokumentissa on mainittu, että konttien riittävään tuulettumiseen voi mennä muutamasta tunnista moneen päivään, riippuen tavaramateriaaleista ja lastaustavasta.

Uusi-Seelanti on tiedottanut (Erma New Zealand 2005) konttien turvallisesta käsittelystä nimeten neuvojen perustuvan metyylibromidin ja fosfiinin käytön yleisyyteen. Tiedotteessa painotetaan, ettei kontteihin ole välttämättä kiinnitetty vaadittuja merkintöjä käytetystä kaasutuksesta. Jos kontin epäillään sisältävän haitallisia kaasuja, niin riski tulisi identifioida ja käsitellä a) tekemällä riskin arviointi ennen kontin avaamista, b) pyrkimällä arvioimaan, mitä kaasutusaineita kontti mahdollisesti sisältää ja käyttämällä tarvittaessa soveltuvia suojauskeinoja ja c) pitämällä mielessä, että lastista voi haihtua haisevia yhdisteitä, jotka saatetaan virheellisesti sekoittaa kaasutusaineiden kanssa. Tiedotteessa mainitaan, että erityisesti huonekaluista ja muista pintakäsitellyistä tavaroista voi haihtua tällaisia yhdisteitä. Altistusriskillisen kontin avaamisessa suositellaan käytettävän soveltuvia hengityssuojaimia ja lisätuuletus tulee tehdä avonaisella alueella turvallisessa paikassa. Tuuletus ohjeistetaan tekemään käyttämällä puhallinta, jolloin saadaan nopeutettua ilman vaihtumista ja tuulettamisajan tulee olla vähintään kaksi tuntia. Puhallinjärjestelmälle ei anneta teknisiä suosituksia. Henkilösuojainten käytössä suositellaan paineilmalaitteiden käyttämistä. Jos kontin kaasupitoisuus on pystytty mittaamaan ja pitoisuudet ovat alle haitalliseksi määriteltyjen pitoisuuksien, voidaan käyttää kyseisille kaasuille sopivalla suodattimella varustettua kaasunaamaria.

Australiassa on ohjeistettu (WorkSafe Victoria 2009) metyylibromidilla käsiteltujen konttien tuulettamisesta ennen purkua. Ennen purkua ohjeistetaan arvioimaan, onko kontti käsitelty Australiassa vai muualla, tarkistamaan mahdolliset varoitusmerkinät ja tullaustodistus. Tuulettavaksi arvioitujen konttien käsittelyalueeksi neuvotaan avointa paikkaa, alue tulee eristää ja reunoille tulee laittaa tuulettamisesta varoittavat kyltit. Kontin ovien avauksessa tulee välttää altistumista metyylibromidille. Tuulettaminen suositellaan tekemään puhaltimen avulla (puhallus tai imu), ja ajallisesti tuulettumisen arvioidaan kestävän noin 30 minuuttia riippuen tavaralajista ja pakkaustyyppistä. Puhaltimen käyttöä suositellaan eritoten huokoisille materiaaleille (puu, pähkinät, siemenet, vaahtomuovi), ilmataskuille pakkaus tavaroille (laatikot, kuplamuovi), konteille, joiden ympärillä on vähäinen ilmanvaihto ja hyvin tiiviisti lastatuille konteille. Jos puhallinta ei ole käytössä, suositellaan 12 tunnin tuuletusta ovet auki tai sitä, että ennen purkamisen aloittamista varmistetaan mittauksin kontin metyylibromidipitoisuuden olevan alle 5 ppm. Kontin ollessa hyvin tiiviisti pakattu lasti neuvotaan purkamaan pienissä erissä antaen kontin välillä tuulettaa lisää. Ohjeessa mainitaan metyylibromidin mittaamiseen käytettäviä mittalaitteita; halogeenivuotoilmaisoin (halogen leak detector, havaintoraja alle 15 ppm), analyysiputket (havaintoraja alle 5 ppm) ja sähkökäyttöinen ilmaisoin (havaintoraja alle 5 ppm).

Alankomaissa kuljetusjärjestö Gezond Transport (2015) on tehnyt ohjeistuksia konttien turvalliseen käsittelyyn. Ohjeistuksessa käsitellään tilaajayritysten riskinarviointia eri tavara-/konttinvirroille ja varsinaisia toiminnallisia ohjeistuksia kontteja käsitteleville tahoille. Konttien tuuletustavoista ja tuuletusajoista on mainittu ohjeistuksen liitteessä numero 16. Tuulettamisen turvaetäisyydeksi on määritelty 20 metriä. Tuulettamisen jälkeen neuvotaan odottamaan kontin ovet kiinni ennen uusintamittausta vähintään 12 tuntia. Ohjeistuksessa on seuraavia mainintoja eri tuuletustavoista:

- Painovoimainen tuuletus
 - o Jos kontissa on havaittu tuuletustarve vain hiilidioksidille, hiilimonoksidille tai hapelle, voi minimituuletusaikana pitää kahta tuntia.
 - o Muiden kaasujen esiintyessä minimituuletusaikana tulee käyttää 24:ää tuntia.
 - o Ulkoilman lämpötilan ollessa alle +10 °C painovoimaista tuuletusta ei suositella.
 - o Tuulettomalla ilmalla kaasujen tuulettuminen voi olla hyvin hidas.
- Koneellinen tuuletus
 - o Käyttäen tehokkaita puhaltimia.
 - o Käyttäen tuulettamiseen tarkoitettuja erillisovia, joissa on valmiit yhteen puhaltimien kytkemiseksi. Hyvän puoleena on mm. pois-toilman helppo johtaminen aktiivihieillä täytettyyn talteenottoalusteistoon.
 - o Tuulettumisaika todennäköisesti on painovoimaista tuulettamista lyhyempi, mutta tuulettumisen onnistuminen pitää todentaa uusintamittauksella.

Tuuletusaikoja tutkineet Johanson ja Svedberg (2013 ja 2015) testasivat tiiviisti lastattujen tavaralaatikoilla täytettyjen konttien tuulettamista kolmella tavalla; ovet auki tuulettamalla, pitkävartisella huonetuulettimella puhaltamalla ilmaa kontin etuosaan ja puhaltimella imemällä kontin peräosan ilmaa. Tutkittaviin kontteihin oli merkkiaineena syötetty ennen avaamista ilokaasua (N₂O). Johtopäätöksenä oli, että ilman puhaltaminen konttiin ei nopeuttanut tuulettamista, kun taas ilman imu kontin peräosasta nopeutti tuulettamista noin kymmenkertaisesti. Tutkimuksen mukaan tuulettumisaikoja mitattiin vajaan kahden tunnin ajan. Johtopäätöksinä pitoisuusmittauksesta mainittiin, että mittaukset ennen avaamista on hyvä tehdä kontin keskeltä tai ylhäältä, ei alhaalta. Tuulettamistavoista suositeltiin imutuuletusta.

Tarkastelemalla esityksen (Johanson & Svedberg 2015) valokuvia tuulettumistestien järjestelyistä voidaan todeta käytetyn puhaltimen olevan suunnattu suoraan tavaralaatikoita kohti. Tällöin ilmavirtaus on todennäköisesti jakautunut kontin etuosaan, mikä ei välttämättä nopeuta kaasujen vaihtumista lastissa. Imutuuletuksen testauksessa pitoisuusmittaus oli tehty vain perältä, joten imutuuletuksen aiheuttama tehokas kaasupitoisuuden aleneminen voinee johtua myös laimenemisestä.

Tanskassa on selvitetty kansallisia käytäntöjä konttien turvallisista käsittelytavoista (Pedersen ym. 2014). Tuulettumisajoista mainittiin, että käytetyt tuuletusajat ovat tyypillisesti 2–48 tuntia, ovet auki tuulettaen. Minkäänlaisia puhaltimia ei käytännössä käytetä.

Ranskalaisessa tutkimuksessa (Braconnier & Keller 2015) tutkittiin merkkiaineiden ja virtaussimuloinnin avulla konttien tuulettamista. Tutkittuja tuuletusmenetelmiä olivat ovet auki tuulettaminen, perältä imeminen ja perälle puhallus. Konttien pituuksina oli 6 ja 12 metriä. Konttien täyttöasteita oli kolme: täysi, osittain täytetty ja tyhjä. Täyteen lastatussa kontissa lastitavaroiden väliin oli jätetty leveyssuunnassa 30 cm:n väli. Osittain täytetyssä lastitavaroiden väli oli joka suunnassa 10–13 cm. Merkkiaineena oli käytetty rikkiheksafluoridia ja pitoisuusmittaus tehtiin yhdestä mittauspisteestä kerrallaan. Tuulettumisaika oli määritetty merkkiaineen pitoisuuden saavutettua 10 % pitoisuuden lähtöpitoisuustasosta. Mittausten tuloksena 12-metrissä kontissa oli saatu seuraavia tuulettumisaikoja: tyhjä kontti ovet auki tuuletuksella peräosasta mitattuna 4–10 min, täysi kontti ovet auki tuuletuksella peräosasta mitattuna 33–60 min, täysi kontti peräosasta imien ovet auki 4–6 min ja täysi kontti peräosasta puhaltamalla ovet auki 6–13 min. Sivuilta tai peräosasta puhaltamalla ovien ollessa kiinni tuulettumisajat olivat 8–22 minuuttia. Virtaussimuloinnin tuloksena tyhjän, 12-metrisen kontin peräosa tuulettui hitaimmin. Kontin sivuista tuuletetuissa simuloinneissa kontin keskiosa tuulettui hitaimmin 62 %:ssa simuloinneista.

Johtopäätöksenä tutkimuksessa oli, että ovet auki tuulettaessa tuulettumisaika riippuu voimakkaasti ympäristön olosuhteista, eritoten tuulennopeudesta ja -suunnasta. Peräosasta imeminen ovet auki osoittautui erilaisista puhallintesteistä nopeimmaksi. Kontin sivuista tuulettaminen oli riippuvainen puhallusvirtauksen määrästä ja puhalluskohdasta. Puhalluskohtana lastin yläpuolelle sijoitetulla puhalluksella tuulettumisaika oli nopeampi kuin lastin väliin sijoitetulla puhalluksella, ja syyksi tähän esitettiin suurempaa virtausnopeutta ja parempaa ilman sekoittumista.

7.2 Projektissa tehdyt tuulettumisaikatestit

Kuljetuskonteissa esiintyviä kaasuja ei tulisi yrittää havaita aistinvaraisesti. Nykyisin työntekijöiden altistumista yritetään välttää antamalla kontin tuulettaa ennen lastin purkamista tai tarkastamista. Tuulettamisella pyritään pienentämään haitallisten kaasujen pitoisuudet ihmisille turvalliselle tasolle. Nykykäytännön heikkoutena on, että riittäviä ohjeistuksia tuuletusajoista eri olosuhteissa (esim. kontin täyttöaste, lämpötila, tuulettimien käyttö jne.) ei ole määritetty. Tähän on syynä tutkimustiedon puute. Riittämätön tuuletusaika tai -tapa voi johtaa kuljetuskonttien kanssa työskentelevien henkilöiden työturvallisuuden vaarantumiseen, mikäli toimenpiteet eivät pienennä kaasupitoisuuksia terveydelle vaarattomalle tasolle.

Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää kuljetuskonttien tuulettumisajat eri tavoin pakatuille (tiivisti ja harvasti lastattu) konteille eri lämpötiloissa ilman koneellista tuuletusta ja koneellisen tuuletuksen kanssa. Tuulettumiseen eri olosuhteissa kuluvaa aikaa tutkittiin seuraamalla konteissa merkkiaineiden pitoisuuksien pienemistä ajan funktiona. Tulosten perusteella pystytään luomaan helppolukuinen minimituuletusaikataulukko kontin tuuletustavan ja lämpötilan mukaan.

Tutkimus tehtiin käyttäen valittuja merkkiaineita ja tyhjiä pahvilaatikoita. Erilaisten pakkausmateriaalien vaikutusta tuulettumiseen, kuten myös kontin kuljetuskontin tilavuuden vaikutusta tuulettumisaikoihin ei selvitetty. Testauspaikka oli ulkoilmassa sijaitseva lastauslaituri, joten tuuletusolosuhteisiin ei pystytty vaikuttamaan ja tuuletusilman lämpötila oli ulkoilman lämpötila. Testien lukumäärän rajallisuudesta johtuen tuulettumisaikojen toistettavuutta ei voitu selvittää.

Tuulettumisaikatestejä tehtiin yhteensä 16 kpl, joista harvasti lastatussa kontissa 7 kpl ja tiiviisti lastatussa kontissa 9 kpl. Näiden mittausten perusteella tuloksia ei voida täysin yleistää, vaan niihin tulee suhtautua suuntaa antavina.

7.2.1 Mittausjärjestely

Konttien tuulettumisaikoja tutkittiin Keslog Oy:n päivittäistavaravarastolla Vantaan Hakkilassa 27.2.–8.5.2015. Tutkimuksessa käytetyt kaksi konttia oli sijoitettu vierekkäisille lastauslaituripaikoille. Mittalaitteet ja tarvikkeet olivat varaston sisäpuolella.

7.2.1.1 Kontit ja lastit

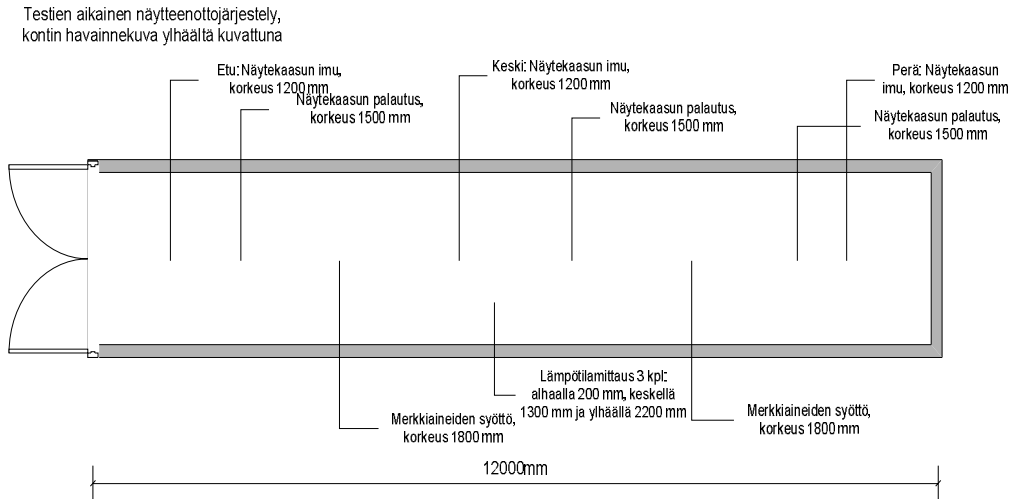
Tutkimuksessa käytettiin kahta lämpötilasäädeltävää konttia, jotka oli pakattu uusilla tyhjillä pahvilaatikoilla. Konttien lämpötilaa pystyi säätämään välillä -30 °C – +25 °C.

Konttien ja näytteenottovarustelujen tiedot on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Konttien ja näytteenottovarustelujen tiedot.

Konttien tiedot	Merkki ja malli: ISO 40' RC Daikin Viileä/pakaste-kontti, 2 kpl
	Sisävuoraus ruostumatonta terästä ja lattia oli T-alumiinikiskoa
	Eristys: polyuretaania. Katto 80 mm, seinät 60 mm ja lattia 140 mm
	Sisämitat: pituus 11588 mm, leveys 2294 mm ja korkeus 2557 mm
	Konttien ilmatilavuus: 67,97 m ³
	Ilmanvaihtoluukut: noin 100*100 mm. Testien aikana kiinni, ei ilmanvaihtoa kontissa
Pahvilaatikat	Isot pahvilaatikat: Mitat: 1185*785*1025 mm, tilavuus 0,953 m ³
	Pienet pahvilaatikat: Mitat: 590*390*450 mm, tilavuus 0,104 m ³
	Pakkausteippi: liuotinvapaa pakkausteippi
Kaasun syöttö	2 kohtaa: pituussuunnassa 1/3 ja 2/3 kontin pituudesta, leveysuunnassa keskeltä ja korkeudella 180 cm
	Polyamidiletkaa, 6 mm ulkohalkaisija
Kaasunäytteiden otto	3 kohtaa: pituussuunnassa noin 1 m peräseinästä, keskeltä ja noin 1 m ovista. Leveysuunnassa keskeltä ja korkeudella 120 cm
	Teflonletkaa, 6 mm ulkohalkaisija. Hiukkassuodattimena oli keraaminen suodatin
Näytekaasun palautus	3 kohtaa: noin metrin päässä kyseisen kontin osan kaasunäytteenottoasteesta. Leveysuunnassa keskellä ja korkeudella 150 cm
	Teflonletkaa ja polyamidiletkaa, 8 mm ulkohalkaisija
Lämpötilamittaus	3 korkeudelta; korkeudet 20 cm, 130 cm ja 220 cm. Pituussuunnassa ja leveysuunnassa keskellä
	Termoelementit K-tyypin NICR-NI 2*0.51-johtoa

Kontteihin asennettiin lastausvaiheessa merkkiainesytön linja, kaasunäytteenottoletkut, näytekaasujen palautusletkut ja lämpötilamittauksen termoelementit. Näytekaasut palautettiin, jotta näytekaasut eivät laimenisi. Kaasulinjat ja johdot saatettiin ovien välistä kontin ulkopuolelle ja siitä edelleen lastausalueen sisäpuolelle. Kaasulinjojen ja lämpötilamittauksen paikat on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Kaaviokuva konttien kaasulinjojen ja lämpötilamittausten paikoista.

Toinen kontti lastattiin harvasti ja toinen tiiviisti. Kuvassa 4 näkyy vasemmalla puolella harvasti täytetty kontti ja oikealla puolella tiiviisti täytetty kontti.



Kuva 4. Harvasti ja tiiviisti täytetyt tutkimuskontit Hakkilassa 27.2.–8.5.2015.

Harvasti täytetty kontti edusti lavoilta pakattua tavaraa sisältävää kuljetuskonttia. Tällaisia tavaroita ovat tyypillisesti painavat kappaletavarat, kuten moottorien osat

ja työkalut. Lastina oli 18 kpl isoa pahvilaatikkoa ja 56 kpl pientä pahvilaatikkoa. Yhteensä täytetty tilavuus oli 22,96 m³. Vapaata ilmatilaa konttiin jäi 45 m³. Kontin täyttöaste oli 34 %.

Tiiviisti täytetty kontti edusti täyteen pakattua kuljetuskonttia, joissa erisuuruisia pahvilaatikoita on mahdollisimman paljon, jolloin vapaata ilmatilaa voi jäädä katon reunaan noin viidestä kymmeneen senttimetriin. Tutkimuskontti pyrittiin lastaamaan vastaavalla tavalla, ja katon rajaan jäi 10 cm vapaata tilaa. Seinien ja pahvilaatikoiden väliin ei jäänyt vapaata tilaa. Lastina oli 58 isoa pahvilaatikkoa ja 18 pientä pahvilaatikkoa. Yhteensä pahvilaatikoilla täytetty tilavuus oli 57,17 m³. Vapaata ilmatilaa konttiin jäi 10,5 m³. Kontin täyttöaste oli 85 %.

7.2.1.2 Merkkiaineet

Terveydelle haitallisten kaasutusaineiden ja muiden konteissa esiintyvien teollisuuskaasujen sijaan tutkimuksessa päätettiin käyttää terveydelle vähemmän haitallisia malliaineita. Malliaineet valittiin siten, että niiden fysikaaliset ominaisuudet vastasivat hyvin tyypillisiä kaasutusaineita ja lastista haihtuvia teollisuuskaasuja ja että niiden pitoisuudet pystyttiin mittaamaan käytettävissä olevilla kolmella analyysaattorilla.

Merkkiaineiksi testeihin valittiin ilokaasu (N₂O) ja butaani (C₄H₁₀), joita johdettiin tutkittaviin kontteihin ennen tuulettumismittausten alkua.

Ilokaasu on kemiallisesti melko inertti kaasu, kiehumispiste -88 °C ja tiheys ilmaan verrattuna 1,6, joten ilokaasun voidaan olettaa käyttäytyvän testeissä kuten esimerkiksi hiilidioksidi. Syötetyn ilokaasun pitoisuus oli 20 til-%. Ilokaasun käytön konttikaasujen tuulettumisen merkkiaineena oli havaittu vastaavan haihtuvien orgaanisten komponenttien tuulettumista ruotsalaisessa tutkimuksessa (Johanson & Svedberg 2013), jossa ilokaasun ja haihtuvien orgaanisten hiilivetyjen tuulettumisen suhdetta oli tutkittu.

Butaani on myös melko inertti kaasu, kiehumispiste -1 °C ja tiheys ilmaan verrattuna 2. Butaanin voidaan olettaa käyttäytyvän testeissä kuten esimerkiksi metyyli-bromidin, jonka kiehumispiste on 3,5 °C ja tiheys ilmaan verrattuna 1,4. Syötetyn butaanikaasun pitoisuus oli 1 til-%.

Molempia merkkikaasuja syötettiin yhtäaikaan kontteihin monikanavaisella massavirtasäätimellä Environics Series 2000. Kontin sisäilman tavoitepitoisuus oli ilokaasulle vähintään 100 ppm (tilavuuden miljoonasosaa, parts per million), butaanille vähintään 50 ppm ja ammoniakille noin 50 ppm.

7.2.1.3 Pitoisuusmittausmenetelmät

Konttien etummaisten ja keskimmäisten mittauspisteiden mittauksissa käytettiin FTIR-tekniikkaan perustuvia Gasmeter Dx4000 -analysaattoreita. peräosan mittauspisteen mittauksessa käytettiin Gasmeter Dx4040 -analysaattoria.

7.2.1.4 Koneellisen ilmanvaihdon testit

Koneellisella tuulettamisella on usein arvioitu olevan nopeuttava vaikutus konttien tuulettumisaikoihin (vrt. kpl 8.1).

Jotta voitaisiin ilmiötasolla todentaa erilaisten koneellisten tuulettamisvaihtoehtojen vaikutukset tuulettumisaikoihin, tässä tutkimuksessa verrattiin kolmea eri tapaa:

- keskipakopuhaltimella tapahtuva ilman puhaltaminen konttien etuyläreunaan
- sivukanavapuhaltimilla tapahtuva ilman puhaltaminen kontin peräosaan
- sivukanavapuhaltimilla tapahtuva ilman imu kontin peräosasta.

Keskipakopuhallin

Keslog Oy:llä on konttien tuulettamiseen laitteisto, jossa on 4 kW:n tehoinen keskipakopuhallin, ilmanjakosuulake ja käsikäyttöinen korkeuden säätö (kuva 5). VTT:n tekemän virtausnopeusmittauksen mukaan virtaus oli poistosuulakkeesta mitattuna 62 m³/min. Sulakkeen ulostulo oli jaettu kolmeen osioon, jotka oli metalliilla jaettu vielä kolmeen osaan. Suurimmat virtaukset olivat suulakkeen ulkoreunoilla. Virtausnopeusmittauksen aikana konttien ovet olivat täysin auki ja puhaltimelle otettiin imuilma ulkoilmasta.



Kuva 5. Konttien tuulettamiseen suunniteltu ja testeissä käytetty keskipakopuhallin.

Sivukanavapuhaltimet

Kahdessa testissä (testit 14 ja 16) tiiviisti lastatun kontin peräosasta tapahtuvan imun ja peräosaan menevän puhalluksen vaikutusta tutkittiin ilmiötasolla käyttäen kahta sivukanavapuhallinta (kuva 6). Ne asennettiin kontin ovien viereen ja letkut asennettiin kontin peräosaan lastin päälle. Molemmissa puhaltimissa oli halkaisijaltaan 50 mm imu- ja poistoletkut. Tutkimuksen aikana molemmat puhaltimet olivat rinnakkain, jolloin ilmavirtaus oli yhteensä 6,2 m³/min.



Kuva 6. Sivukanavapuhaltimet.

7.2.1.5 Testimatriisi

Konttien tuulettumista testattiin eri olosuhteissa (yhteensä 16 eri koepistettä). Muuttuvia parametreja olivat lämpötila, ilmanvaihto- ja lastaustapa. Testiparametrit ja oleellimmat huomiot on esitetty taulukossa 5. Kahdessa testissä olleet alhaiset merkkiaineiden lähtöpitoisuudet alensivat tulosten käytettävyyttä.

Taulukko 5. Tuulettustestien testiparametrit ja huomiot. Merkkiaineina ilokaasu ja butaani.

Testi	Ilmanvaihto		Lämpötila		Lastaustapa		Huomiot
	Puhallin	Painovoimainen	+20 °C	-20 °C	Harva	Tiivis	
1	x			x		x	vain N ₂ O, Alhaiset lähtöpitoisuudet, Keskipakopuhallin
2		x	+2 °C		x		
3		x		x		x	Alhaiset lähtöpitoisuudet
4		x		x		x	
5	x			x		x	Keskipakopuhallin
6	x			x	x		Keskipakopuhallin
7		x		x	x		
8		x	x		x		
9	x		x			x	Keskipakopuhallin
10	x		x		x		Keskipakopuhallin
11		x	x			x	

12		x		x		x	
13		x	x		x		Yksi näytteenotto pahvilaatikon sisällä
14	x					x	vain N ₂ O, sivukanavapuhallin, -5 °C, imu peräosasta
15		x		-11 °C	x		vain N ₂ O
16	x			x		x	vain N ₂ O, sivukanavapuhallin, puhallus peräosaan

7.2.1.6 Tulosten käsittelytapa

Merkkiaineiden pitoisuusmittauksista laskettiin suhteelliset pitoisuusosuudet ja laimennuskertoimet testiajalta. Tulosten tarkasteluissa on käytetty laimennuskertoimia testiajan funktiona.

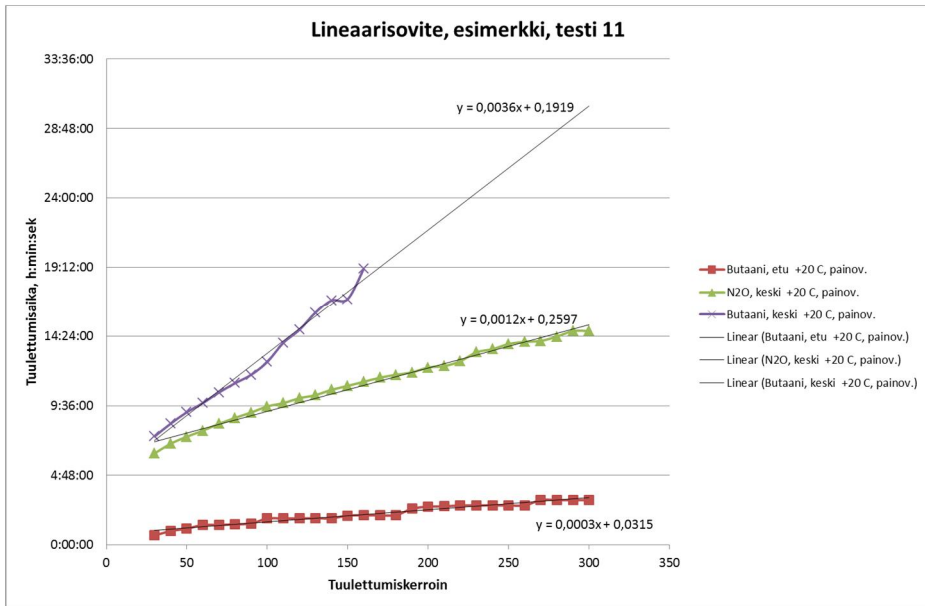
Tuulettumiskerroin eli laimennuskerroin kuvaa, kuinka monta kertaa merkkiaineen pitoisuus on laimentunut aloituspitoisuuteen verrattuna. Laimennuskerroin lasketaan kaavan 2 avulla:

$$\text{Laimennuskerroin} = \frac{c_{\text{alku}}}{c_{\text{loppu}}} \quad (1)$$

jossa c_{alku} = merkkiaineen pitoisuus testin alussa, ppm

c_{loppu} = merkkiaineen mitattu pitoisuus kyseisellä ajanhetkellä, ppm

Tuulettumisaikatuloksiin sovitettiin lineaarisuorat ($y=ax+b$), jotka auttavat tuulettumisnopeuksien vertailussa. Sovitteeseen on otettu huomioon vain tuulettumiskertoimet, joiden arvo on yli 20, jolloin tuulettuminen alkoi käyttäytyä lineaarisesti. Kuvassa 7 on esimerkki lineaarisista sovitteista. Mitä suurempi kulmakerroin a on, sitä enemmän tuulettumiseen kuluu aikaa, jotta saavutetaan sama tuulettumiskerroin.



Kuva 7. Esimerkki lineaarisuoran sovittamisesta tuulettumisaikatuloksiin.

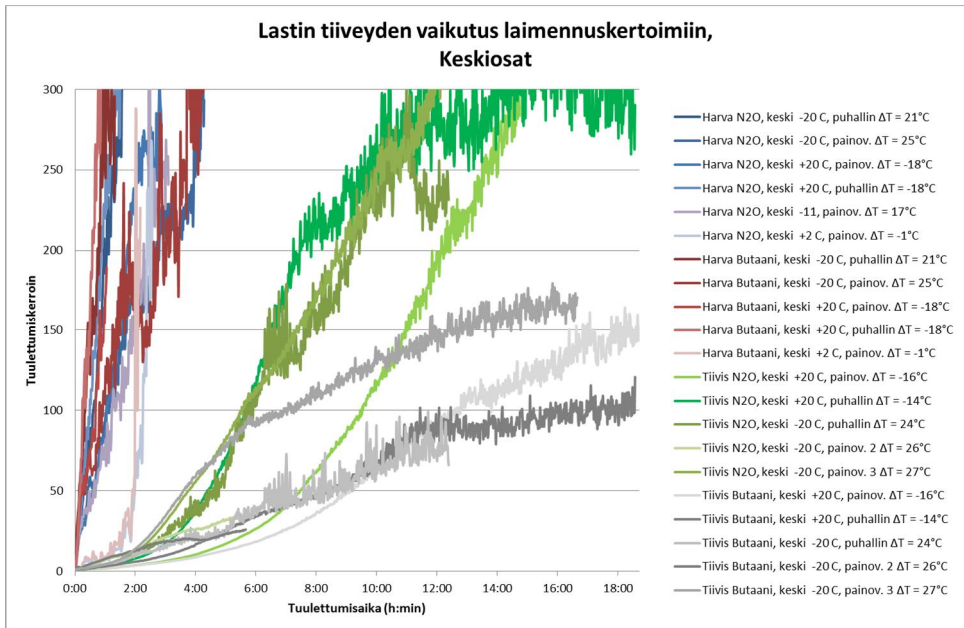
7.2.2 Tulosten tarkastelu

Tuloksista tarkasteltiin erikseen seuraavia asioita:

1. Lastin tiiveyden vaikutus
2. Merkkiaineiden käyttäytyminen testeissä
3. Kontin alkulämpötilan vaikutus
4. Kontin ja ulkoilman välisen lämpötilaeron vaikutus
5. Koneellisen ilmanvaihdon vaikutus
6. Yksittäisen pahvilaatikon tuulettuminen harvasti lastatussa kontissa

7.2.2.1 Lastin tiiveyden vaikutus

Lastin tiiveyden vaikutusta voidaan arvioida monella tavalla tuloksia tarkastellessa. Tässä on esimerkkinä esitetty kuvassa 8 konttien etuosan, keskiosan ja peräosan tuulettumiskertoimet tuulettumisajan funktiona. Kuvassa harvasti lastatun kontin ilokaasun tulokset ovat väritykseltään sinisiä ja butaanin punaisia. Tiiviisti lastatun kontin ilokaasun tulokset ovat väritykseltään vihreitä ja butaanin harmaita.



Kuva 8. Harvasti ja tiiviisti lastattujen konttien keskiosien tuulettumiskertoimet tuulettumisajan funktiona.

Kuvasta 8 havaitaan, että tiiviisti lastatun kontin keski- ja peräosissa tuulettumisajat olivat monikertaisia verrattuna harvan kontin tuulettumisaikoihin. Esimerkiksi harvan kontin peräosissa tuulettumiskerroin 100 oli saavutettu jokaisessa testissä noin kahdessa tunnissa, kun taas tiiviissä kontissa nopeimmillaan saavutettiin sama tuulettumiskerroin noin neljässä tunnissa ja hitaimmillaan kyseistä tuulettumiskerrointa ei saavutettu lainkaan testin aikana.

Riippumatta lastin tiiveydestä, lämpötilasta ja tuuletusmenetelmästä, havaittiin konttien etuosien tuulettuvan nopeimmin. Tiiviisti lastatussa kontissa hitaimmin tuulettuivat yleensä keskiosat. Harvasti lastatussa kontissa tuulettuminen tapahtui hitaimmin peräosassa. Lisäksi havaittiin, että lastin tiiveydestä riippumatta kylmät kontit tuulettuivat hitaammin kuin lämpimät.

Johtopäätöksenä lastin tiiveyden vaikutuksesta tuulettumiseen voidaan todeta tiiviisti pakatun lastin hidastavan tuulettumista jopa 60-kertaisesti. Harvasti lastattu kontti tuulettui puhaltimen kanssa lämpötilasta riippumatta noin tunnissa ja painovoimaisesti tuulettaessa lämpimässä noin kahdessa tunnissa, kylmässä noin kolmessa tunnissa. Tiiviisti pakattu kontti tuulettui vastaavasti puhaltimen kanssa lämpötilasta riippumatta noin 30 tunnissa ja painovoimaisesti tuulettaessa lämpimässä noin 22 tunnissa, kylmässä noin 60 tunnissa.

7.2.2.2 Merkkiaineiden käyttäytyminen

Kun verrattiin butaanin tuulettumista ilokaasun tuulettumiseen, havaittiin, että butaani käyttäytyi harvasti lastatussa kontissa eri tavalla kuin tiiviisti lastatussa kontissa. Harvasti lastatussa kontista butaani tuulettui (12 kpl / 15 kpl) tehdyistä mittauksista nopeammin tai yhtä nopeasti kuin ilokaasu. Hitaammin butaanista tuulettuivat vain kylmät kontit (3/15). Tiiviisti lastatussa kontissa butaani tuulettui 81 %:ssa (13 kpl / 16 kpl) hitaammin kuin ilokaasu. Kolmesta mittauspisteestä, joissa butaanin pitoisuus tuulettui nopeammin kuin ilokaasun, kaksi oli lämpimän kontin etuosia. Edellä mainittujen havaintojen perusteella voidaan todeta, että tiiviisti lastatussa kontissa butaanin tuulettuminen on keskimäärin hitaampaa kuin ilokaasun, mikä johtaa monia tunteja pidempiin tuulettumisaikoihin (esim. tuulettumiskertoimella 300 vaikutus on 10–20 tuntia). Harvasti lastatussa kontissa tuulettumisajat ovat kokonaisuudessaan lyhyempiä kuin tiiviisti pakatuissa konteissa eikä merkkiaineiden käyttäytymisessä ollut havaittavissa suuria eroja.

Harvasti lastatussa kontissa puhaltimen kanssa tehdyissä testeissä kaikki butaanin tuulettumisajat olivat kylmässä kontissa 1–2-kertaiset, samoin kuin oli etuosan ilokaasunkin tuulettuminen. Ainoastaan ilokaasun keski- ja peräosan tuulettuminen oli lämmintä konttia jopa 30 % nopeampaa. Harvasti lastattua kylmää konttia painovoimaisesti tuulettaessa vain peräosan ilokaasu tuulettui lämmintä konttia 20–40 % nopeammin. Kaikissa muissa mittauspisteissä kylmä kontti tuulettui hitaammin kuin lämmin, eron ollessa suurimmillaan noin 5-kertainen. Tiiviisti lastatun kontin tuulettumisessa havaittiin, että puhaltimella tehdyissä testeissä kylmän kontin keski- ja peräosassa tuulettuminen oli nopeampaa tai yhtä nopeaa kuin lämpimässä kontissa. Samassa testissä kontin etuosan tuulettumisaika oli kylmässä kontissa keskimäärin 2-kertainen. Butaanin tuulettuminen oli keskimäärin nopeampaa ja ilokaasun hitaampaa kuin lämpimässä kontissa. Tiiviisti lastattua konttia painovoimaisesti tuulettaessa havaitaan, että kylmässä kontissa ilokaasu tuulettuu perä- ja keskiosissa nopeammin tai yhtä nopeasti kuin lämpimässä kontissa, kun taas etuosassa tuulettuminen oli hitaampaa. Butaanin käyttäytyminen kylmässä kontissa painovoimaisesti tuulettaessa oli vaihtelevampaa, keskimäärin kuitenkin moninkertaisesti hitaampaa kuin lämpimässä kontissa.

Johtopäätöksenä merkkiaineiden käyttäytymisestä testeissä havaittiin, että merkkiaineiden tuulettuminen kylmistä konteista oli hitaampaa kuin lämpimistä konteista. Keskipakopuhaltimen käyttö nopeutti kylmän tiiviisti lastatun kontin peräosan tuulettumista molemmilla merkkiaineilla, mutta samalla se hidasti etuosan tuulettumista. Butaanin käyttäytymiseen lämpötilalla ei ollut yhtä suurta vaikutusta kuin lastaustavalla. Tiiviisti lastatussa kontissa butaani tuulettui selvästi hitaammin kuin ilokaasu. Ilokaasun tuulettumiseen ei lastaustavan havaittu vaikuttavan yhtä selkeästi kuin butaanilla. Lämpötilan vaikutus ilokaasun tuulettumiseen oli keskimäärin päinvastainen butaanin kanssa, eli ilokaasu tuulettui kylmästä kontista nopeammin kuin lämpimästä. Näiden tulosten perusteella korkeampi lämpötila näyttää nopeuttavan tuulettumista. Keskipakopuhaltimen käyttö nopeutti peräosien tuulet-

tumista, joten puhallin nopeuttaa konttien ilmatilan vaihtuvuutta, kunhan kontista poistunutta ilmaa ei päästetä uudelleen sekoittumaan puhallusilman kanssa.

7.2.2.3 Kontin alkulämpötilan vaikutus

Kontin alkulämpötilan vaikutusta konttien tuulettumiseen on osittain käsitelty myös edellisissä tulosten tarkasteluissa. Jokaisen testin alussa konttien lämpötila mitattiin. Testien kuluessa konttien lämpötila tasoittui ulkoilman lämpötilan kanssa, koska testien aikana ei konttien lämpötilaohjausta voitu pitää päällä sen aiheuttaman ylimääräisen ilmanvaihdon vuoksi.

Kontin alkulämpötilan vaikutus – Painovoimainen tuuletus

Harvasti lastatussa -20 °C kontissa painovoimaisesti tuulettaessa ilokaasun tuulettumisessa ei havaittu suuria eroja kylmän ja lämpimän kontin välillä. Butaenin tuulettuminen kylmästä kontista oli keskimäärin kolme kertaa hitaampaa kuin lämpimästä kontista. Suurin tuulettumisaikaero oli 2 tuntia, kylmän kontin ollessa hitaammin tuulettuva kontti. Hitain tuulettumisaika verratuissa testeissä oli 2 tuntia 50 minuuttia.

Harvasti lastatussa +2 °C kontissa painovoimaisesti tuulettaessa pitoisuuksien havaittiin alenevan noin tuntia myöhemmin kuin lämpimässä kontissa. Suurin tuulettumisaikaero oli noin 3 tuntia, kylmän kontin ollessa hitaammin tuulettuva kontti. Pisin tuulettumisaika verratuissa testeissä oli 4 tuntia 20 minuuttia.

Harvasti lastatussa -11 °C kontissa painovoimaisesti tuulettaessa ilokaasun tuulettumisessa ei havaittu suuria eroja kylmän ja lämpimän kontin välillä. Suurin tuulettumisaikaero oli noin 45 minuuttia, kylmän kontin ollessa hitaammin tuulettuva kontti. Hitain tuulettumisaika verratuissa testeissä oli 2 tuntia.

Tiiviisti lastatussa -20 °C kontissa painovoimaisesti tuulettaessa voidaan havaita, että kylmän kontin keskiosa tuulettui 30–40 % nopeammin kuin lämpimän kontin keskiosa, ajallisesti eron ollessa noin 5 tuntia. Suurin tuulettumisaikaero oli 27,5 tuntia, kylmän kontin ollessa hitaammin tuulettuva kontti. Hitain tuulettumisaika verratuissa testeissä oli 36 tuntia. Toisessa olosuhteiltaan vastaavassa testissä havaittiin kylmän kontin etuosan tuulettumisen olleen hyvin hidasta verrattuna +20 °C konttiin. Toistotestissä suurin tuulettumisaikaero oli 55,5 tuntia, kylmän kontin ollessa hitaammin tuulettuva kontti. Hitain tuulettumisaika verratuissa testeissä oli 58,5 tuntia.

Kontin alkulämpötilan vaikutus – Koneellinen tuuletus

Harvasti lastatussa kontissa keskipakopuhaltimella tehdyissä testeissä kontin lämpötila vaikutti selvästi kontin etuosan tuulettumiseen. Kylmän kontin etuosan tuulettumisaajat olivat melkein kaksinkertaisia verrattuna lämpimän kontin tuulettumiseen. Ilokaasulla kylmän kontin keskiosan tuulettumisessa ei ollut havaittavissa

eroa kylmän ja lämpimän kontin välillä, sen sijaan ilokaasun tuulettuminen kylmän kontin peräosasta tapahtui noin 20–30 % nopeammin kuin lämpimästä kontista. Butaanilla kylmän kontin keski- ja peräosa tuulettumisajat olivat noin 1,5-kertaisia lämpimään verrattuna, tuulettumisaikaerojen ollessa enimmillään 20 minuuttia. Suurin tuulettumisaikaero oli 27 minuuttia, kylmän kontin ollessa hitaammin tuulettuva kontti. Hitain tuulettumisaika verratuissa testeissä oli yksi tunti.

Tiiviisti lastatussa kontissa keskipakopuhaltimella tehdyissä testeissä kontin lämpötila vaikutti selvästi kontin etu- ja peräosan tuulettumiseen. Kylmän kontin etuosan tuulettumisajat olivat melkein kaksinkertaisia verrattuna lämpimän kontin tuulettumiseen, kun taas peräosan tuulettumisaika oli noin puolet lämpimän kontin tuulettumisajasta. Suurin tuulettumisaikaero oli 9,5 tuntia, lämpimän kontin ollessa hitaammin tuulettuva kontti. Hitain tuulettumisaika verratuissa testeissä oli 30 tuntia.

Johtopäätöksenä kontin alkulämpötilan vaikutuksesta tuulettumiseen, voidaan havaita kylmien konttien tuulettuvan tuuletustavasta riippumatta yleensä hitaammin kuin lämpimät kontit.

7.2.2.4 Kontin ja ulkolämpötilaeron vaikutus

Lämpötilaerolla on oletettavasti vaikutusta tuulettumiseen, koska kylmempi ilma on tiheämpää kuin lämmin ilma. Jos kylmempään konttiin menee lämpimämpää ilmaa, pyrkii kylmempi ilma poistumaan kontista lattiarajan kautta, lämpimän ilman korvatessa ylhäältäpäin ilmatilaa. Vastaavasti, jos lämpimään konttiin tuuletetaan kylmempää ilmaa, pyrkii lämmin ilma poistumaan kontin yläosan kautta. Testaus-ten aikana ulkoilman lämpötila vaihteli pääosin välillä $-2\text{ °C} - +9\text{ °C}$. Alimmillaan ulkoilman lämpötila oli -2 °C ja ylimmillään $+11\text{ °C}$.

7.2.2.5 Koneellisen ilmanvaihdon vaikutus

Koneellisen ilmanvaihdon vaikutusta konttien tuulettumiseen testattiin kolmella eri tavalla; käyttämällä keskipakopuhallinta ja käyttämällä sivukanavapuhaltimia sekä imulla että puhaltamalla.

Keskipakopuhallin

Harvasti lastatussa, kylmässä kontissa tehdyissä testeissä havaittiin puhaltimen nopeuttavan koko kontin tuulettumista keskimäärin 2,5-kertaisesti. Puhaltimella tuulettedun kontin peräosan ilokaasu tuulettui yhtä nopeasti kuin painovoimaisesti tuulettedun kontin. Suurin tuulettumisaikaero oli noin 2 tuntia, painovoimaisesti tuulettedun kontin ollessa hitaammin tuulettuva kontti. Pisin tuulettumisaika harvasti lastatuissa kylmissä konteissa oli noin 2,5 tuntia.

Harvasti lastatussa, lämpimässä kontissa tehdyissä testeissä havaittiin puhaltimen hidastavan aluksi kontin etuosan pitoisuuksien alenemista. Keskosan tuulettumis-

ta puhallin nopeutti noin 2-kertaisesti verrattuna painovoimaisesti tuuletettuun konttiin. Peräosassa puhallin hidasti tuulettumista noin 30 % verrattuna painovoimaisesti tuuletettuun konttiin. Tulokset peräosan tuulettumisen hidastumisesta puhaltimella voivat johtua kontin etuosassa olleen merkkiaineen siirtymisestä kontin peräosaa kohti.

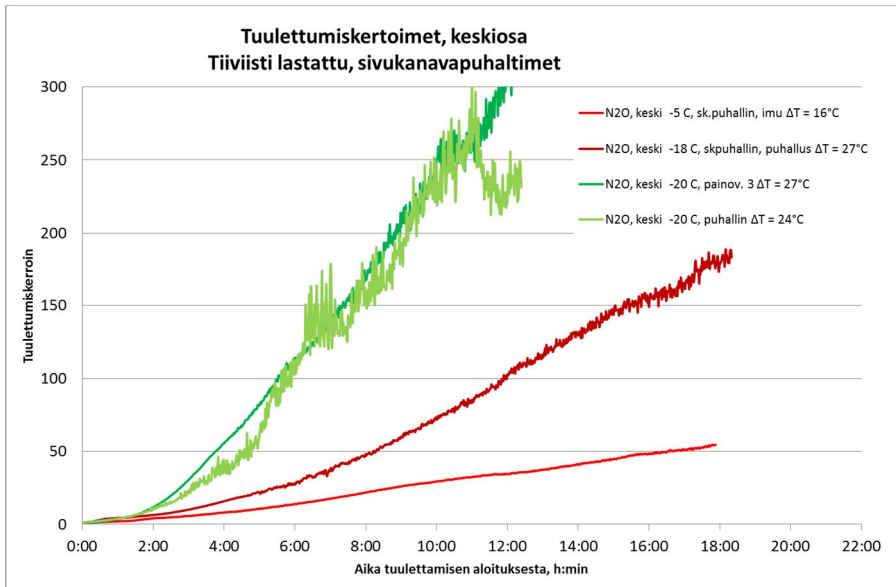
Tiiviisti lastatussa, kylmässä kontissa keskipakopuhallin nopeutti kontin etu- ja peräosan tuulettumista. Kontin etuosa tuulettui noin 2–3 kertaa nopeammin kuin painovoimaisella tuuletuksella. Sen sijaan kontin keskiosasta ilokaasu tuulettui keskipakopuhallinta käyttämällä yhtä nopeasti kuin painovoimaisesti tuulettamalla, kun taas butaani tuulettui kontin keskiosasta painovoimaisesti tuulettaessa noin 50 % nopeammin kuin keskipakopuhaltimella tuulettaessa. Hitain tuulettumisaika testeissä oli 36 tuntia.

Tiiviisti lastatussa, lämpimässä kontissa tehdyissä testeissä puhallin nopeutti kontin etu- ja keskiosan tuulettumista 1,5–3-kertaisesti verrattuna painovoimaiseen tuuletukseen. Peräosan tuulettumisaikaan puhaltimella ei ollut nopeuttavaa vaikutusta, vaan ilokaasulla tuulettumisaika oli sama kuin painovoimaisesti tuulettaessa ja butaanilla peräosa tuulettui noin 30 % nopeammin kuin puhaltimen kanssa. Suurin tuulettumisaikaero testeissä oli 9 tuntia, keskipakopuhaltimella tuuletetun kontin ollessa painovoimaista tuuletusta hitaampi.

Sivukanavapuhaltimet

Kahdella sivukanavapuhaltimella tehtiin tiiviisti lastatussa kontissa kaksi testiä; testi, jossa kaasuja imettiin kontin peräosasta sekä testi, jossa kontin peräosaan puhallettiin tuuletusilmaa. Testeillä pyrittiin ymmärtämään ilmiönä imun ja puhalluksen välinen eroavaisuus, koska yhden tutkimuksen (Johanson & Svedberg 2015) mukaan imutuuletus olisi ollut puhallusta noin kymmenen kertaa tehokkaampi. Näissä testeissä käytetyt sivukanavapuhaltimet olivat kapasiteetiltaan pienempitehoisia kuin käytetty keskipakopuhallin, joten sivukanavapuhallintestien tuloksia on vertailtu sekä keskenään että myös painovoimaisesti tuuletettuihin testeihin.

Kuvassa 9 on esitetty kontin keskiosan tuulettumisen tulokset sivukanavapuhaltimilla, keskipakopuhaltimella ja painovoimaisesti tuuletetuissa tiiviisti lastatuissa kontissa tehdyissä testeissä. Sivukanavapuhaltimilla tehtyjen testien tulokset ovat punasävyisiä ja muilla vihersävyisiä.



Kuva 9. Kylmän, tiiviisti lastatun kontin keskiosan tuulettumiskertoimet tuulettumisajan funktiona. Sivukanavapuhallin, keskipakopuhallin ja painovoimainen tuuletus.

Sivukanavapuhaltimilla havaittiin tuulettumisen tapahtuvan hitaammin kuin painovoimaisessa tuuletuksessa ja keskipakopuhaltimella tuuletettaessa. Lisäksi havaittiin imutuuletuksen olevan hitain tuuletusmenetelmä. Hetkellisesti noin kaksi tuntia testin aloituksesta peräosassa sivukanavapuhaltimella tehdyssä puhallustuuletuksessa tuulettuminen oli lievästi tehokkaampaa kuin painovoimaisessa tuuletuksessa. Havainnosta voidaan päätellä, että peräosan tuulettumista voitaisiin parantaa viemällä suurempitehoinen puhallus kontin peräosaan.

Johtopäätöksenä koneellisesta ilmanvaihdosta havaittiin keskipakopuhaltimen nopeuttavan selvästi konttien sisäilman liikkumista, eritoten konttien etu- ja peräosien tuulettumisnopeuksissa. Keskipakopuhaltimella konttien keskiosan tuulettuminen ei juurikaan nopeutunut verrattuna painovoimaiseen tuulettumiseen. Imu- ja puhallustuuletuksista voitiin näiden testien perusteella sanoa, että puhallustuuletuksella saavutettiin tehokkaampi tuulettuminen kuin imulla tapahtuvalla tuuletuksella. Puhallus- ja imutuuletuksen tulokset osoittavat, että peräosaan puhallettava tuuletusilma tuulettää kontin tehokkaammin kuin vastaavalla teholla imetyinä peräosasta. Tulos on siten päinvastainen Johansonin ja Svedbergin (2015) tuloksiin verrattuna.

7.2.2.6 Pahvilaatikon tuulettuminen harvasti lastatun kontin etuosassa

Harvasti lastatussa kontissa oli yhden testin aikana etuosan näytteenottopiste laitettu ovien vieressä olevan ison pahvilaatikon sisään, kontin lämpötilan ollessa

20 °C. Testi tehtiin käyttämällä merkkiaineena vain ilokaasua ja tuuletusmenetelmänä oli painovoimainen tuuletus. Kun tyhjä pahvilaatikko oli kontin etuosassa, oletettiin laatikon ulkopuolella olevan kontti-ilman vaihtuvan mahdollisimman nopeasti ja siten testin kuvastavan nopeinta mahdollista pahvilaatikon tuulettumisaikaa.

Tyhjän pahvilaatikon sisällä olevat kaasut tuulettuivat laatikosta pois harvasti lastatussa kontissa kahden tunnin viiveellä kontin ilmatilaan verrattuna.

7.2.3 Koontitaulukko eri tuulettumisajoista

Koontitaulukkoon on koottu kaikista tehdyistä testeistä hitain tuulettumisaika, koska lastin purkamisen kannalta on oleellista, että koko purettavan lastin ilmatilavuudessa olevat kaasupitoisuudet ovat alentuneet turvalliselle tasolle. Testien hitaimmat tuulettumisajat on esitetty taulukossa 6, esitysväli on 20 tuulettumiskerrointa. Taulukkoon on järjestelty ensin harvasti lastatun kontin hitaimmat tuuletusajat kylmästä lämpimään ja viimeiseksi tiiviisti lastatun kontin vastaavat tulokset. Ilman alleviivausta on esitetty mitatut tuulettumisajat ja alleviivauksella lineaarisuoran avulla arvioidut tuulettumisajat.

Taulukko 6. Pisimmät tuulettumisajat olosuhteittain esitettyinä.

		Tuulettumisajat (h:min)										
Lastaus-tapa		Harva	Harva	Harva	Harva	Harva	Harva	Harva	Tiivis	Tiivis	Tiivis	Tiivis
Lämpö-tila, °C		-20	-20	-11	3	20	20	-20	-20	20	20	20
Tuuletus-tapa		pu-hallin	paino no-voim.	paino no-voim.	paino no-voim.	pu-hallin	paino no-voim.	pu-hallin	paino no-voim.	pu-hallin	paino no-voim.	paino no-voim.
Tuulettumiskerroin	20	0:04	0:07	0:07	0:51	0:06	0:03	3:38	2:20	4:23	6:14	
	40	0:27	0:11	0:25	1:03	0:11	1:58	6:08	3:12	6:44	8:22	
	60	0:41	0:17	0:45	1:31	0:17	2:11	9:37	4:01	9:25	9:47	
	80	0:55	0:22	1:00	1:49	0:22	2:20	12:24	5:06	10:46	11:09	
	100	1:04	0:29	1:13	2:14	0:29	2:24	15:05	6:55	15:05	12:34	
	120	1:16	0:34	1:45	2:23	0:34	2:38	18:34	8:44	18:34	14:50	
	140	1:23	0:40	1:53	2:36	0:40	2:46	21:16	11:35	21:16	16:54	
	160	1:28	0:45	1:59	2:52	0:45	2:53	22:26	14:48	24:15	18:25	
	180	1:38	0:50	2:13	3:34	0:50	3:01	25:05	14:47	27:13	20:09	
	200	1:43	0:52	2:23	3:40	0:52	3:05	27:43	16:34	30:12	21:53	
	220	1:50	0:56	2:26	5:06	0:56	3:10	30:22	18:20	33:10	23:36	
	240	2:00	1:00	2:26	5:24	1:00	3:25	33:00	20:07	36:09	25:20	
	260	2:45	1:10	3:00	6:00	1:10	3:34	35:38	21:53	39:08	27:04	
	280	2:46	1:14	3:06	6:05	1:14	3:41	38:17	23:40	42:06	28:47	
	300	2:52	1:16	3:06	6:13	1:16	3:47	40:55	25:26	45:05	30:31	

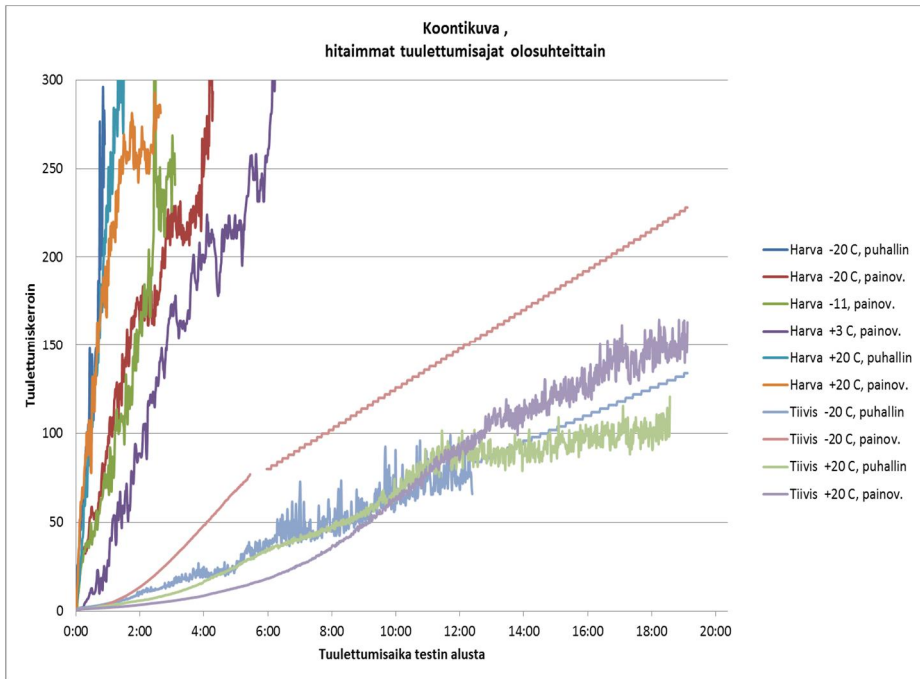
ei alleviivausta = mitattu tuulettumisaika

alleviivaus = arvioitu tuulettumisaika

painovoim. = painovoimainen tuuletus

Taulukosta 6 havaitaan, että tiiviisti lastattujen konttien tuulettumiseen kuluu moninkertaisesti aikaa verrattuna harvasti lastattuihin kontteihin, samoin kuin se, että alhaisimpienkin tuulettumiskertoimien saavuttaminen vaatii useita tunteja.

Pisimmät tuulettumiskertoimet eri olosuhteissa tuulettumisajan funktiona on esitetty kuvassa 10. Tiiviisti lastattujen konttien tulokset on esitetty noin 18 tunnin tuulettumisajalle asti. Kylmien tiiviisti lastattujen konttien tuulettumiskäyriä on jatkettu aiemmin esitettyjen lineaarisovitteiden avulla vertailtavuuden parantamiseksi.



Kuva 10. Tuulettumistestien pisimmät mitatut ja arvioidut tuulettumisajat olosuhteittain. Kylmien tiivisti lastattujen konttien tuulettumiskäyriä on jatkettu aiemmin esitettyjen lineaarisovitteiden avulla vertailtavuuden parantamiseksi.

7.2.4 Tulosten hyödyntäminen tuontikonttien lastin purkamisessa

Vaikka tuulettumistestit tehtiin merkkiaineilla, voidaan tuloksia käyttää arvioitaessa kaasutus- ja konttikaasujen tuulettamistarpeita. Tuulettumiskertoimia ja -aikoja voi hyödyntää arvioitaessa vähimmäistuuletusaikaa. Kuljetuskonttien tuulettamistarve riippuu kontin ilmatilan sisältävistä yhdisteistä ja pitoisuuksista, joten tarvittava tuulettumiskerroin ja -aika voidaan arvioida konttikohtaisesti arvioimalla ensin tarvittava tuulettumiskerroin.

Tarvittavan tuulettumiskertoimen voi arvioida esimerkiksi käyttämällä pitoisuusmittaustulosta ja lastikirjaan merkittyjä kaasutusainetietoja. Pitoisuusmittauksiin käytetyistä menetelmistä on kerrottu enemmän selvityksessä "Konttikaasujen mittausmenetelmät" (Kajolinn & Pellikka 2015). Pitoisuus- ja ainetieto vertailtaessa kontissa todennäköisesti esiintyvien aineiden HTP₁₅-pitoisuusarvoihin, voidaan arvioida tavoitepitoisuus, jonka avulla arvioidaan tarvittava tuulettumiskerroin. Koska HTP₁₅-pitoisuudet kuvastavat akuutteja oireita aiheuttavia pitoisuuksia, on altistumisen minimoimiseksi turvallisempi käyttää tavoitepitoisuutena HTP₁₅-arvoa alempaa pitoisuutta.

Useimmiten turvallisuussovelluksissa käytetään pitoisuuden hälytysrajana 10 % pitoisuusosuutta haitalliseksi tunnetusta pitoisuudesta, esimerkiksi palavien aineiden mittauksissa hälytykset alkavat, kun pitoisuus on 10 % alimmasta räjähdyspitoisuudesta. Tässä tarkastelussa on käytetty samaa lähestymistapaa. Vähimmäistuuletusaika voidaan määrittellä tarkastelemalla tuuletusolosuhteittain pisimpiä tuulettumisaikoja, jotka on koottu raportin taulukkoon 5. Tarvittavan tuulettumiskertoimen arvioinnista esitetään seuraavassa kappaleessa esimerkkilaskelmat metyylibromidille ja fosfiinille. Esimerkeissä oletetaan kontin olevan tiiviisti lastattu ja sen lämpötila on 20 °C.

Esimerkki 1. Kontti tiedetään metyylibromidilla kaasutetuksi ja käsimitari näyttää metyylibromidipitoisuudeksi 8 ppm. Metyylibromidin HTP₁₅-pitoisuus on 10 ppm. Jos voidaan olettaa, ettei kontin ilmatilassa esiinny alhaisempia HTP₁₅-pitoisuuden aineita, voidaan tavoitepitoisuutena arvioinnissa käyttää 1 ppm:ää (=10 ppm * 10 %). Tavoitetuulettumiskertoimeksi saadaan 8 (=mitattu 8 ppm / tavoitepitoisuudella 1 ppm). Vähimmäistuuletusajaksi voidaan arvioida taulukko 6:n avulla noin kuusi tuntia.

Esimerkki 2. Kontti tiedetään fosfiinilla kaasutetuksi ja PID-käsimitari näyttää pitoisuudeksi 5 ppm. Fosfiinin HTP₁₅-pitoisuus on 0,2 ppm. Koska PID-mittaus ei ole millekään aineelle spesifinen, kyseisen mittauksen perusteella ei voida tietää, kuvastaako mittauksen tulos fosfiinia vai muita vähemmän haitallisia aineita, joten tässä vaiheessa tulosta käsitellään fosfiinipitoisuutena. Fosfiinin tavoitepitoisuutena arvioinnissa käytetään 0,02 ppm:ää (=0,2 ppm * 10 %). Tavoitetuulettumiskertoimeksi saadaan 250 (=mitattu 5 ppm / tavoitepitoisuudella 0,02 ppm). Vähimmäistuuletusajaksi voidaan arvioida taulukko 6:n avulla noin 25 tuntia.

7.2.5 Tuulettumisaikamittausten johtopäätökset ja jatkosuositukset

Lastin tiiveyden vaikutuksesta tuulettumiseen voidaan todeta tiiviisti pakatun lastin hidastavan tuulettumista jopa 60-kertaisesti. Harvasti lastattu kontti tuulettui puhaltimen kanssa lämpötilasta riippumatta noin tunnissa ja painovoimaisesti tuulettaessa lämpimässä noin kahdessa tunnissa, kylmässä noin kolmessa tunnissa. Tiiviisti pakattu kontti tuulettui vastaavasti puhaltimen kanssa lämpötilasta riippumatta noin 30 tunnissa ja painovoimaisesti tuulettaessa lämpimässä noin 22 tunnissa, kylmässä noin 60 tunnissa.

Ennen kontin purkua on kuitenkin suositeltavaa mitata kontin kaasujen jäännöspitoisuuksia, jotta voidaan todeta pitoisuuksien vähentyneen turvalliselle tasolle.

Merkkiaineiden käyttäytymisestä testeissä havaittiin, että merkkiaineiden tuulettuminen kylmistä konteista oli hitaampaa kuin lämpimistä konteista. Näiden tulosten perusteella korkeampi lämpötila nopeuttaa tuulettumista. Kontin yläosaan tuulettaavan keskipakopuhaltimen käyttö nopeutti peräosien tuulettumista, joten puhallin

nopeuttaa konttien ilmatilan vaihtuvuutta, kunhan kontista poistunutta ilmaa ei päästetä uudelleen sekoittumaan puhallusilman kanssa.

Tutkittaessa kontin alkulämpötilan vaikutusta tuulettumiseen havaittiin, että kylmät kontit tuulettuivat yleensä hitaammin kuin lämpimät kontit.

Kontin ja tuuletusilman lämpötilaeron vaikutuksesta voidaan suuntaa-antavasti näiden testien perusteella arvioida, että lämpötilaeroilla on tuulettumista nopeuttava vaikutus.

Keskipakopuhallin nopeutti selvästi konttien sisäilman liikkumista. Testeissä tiiviisti lastatun kontin keskiosassa tuulettumisen nopeutumista ei havaittu, mikä voi johtua testausjärjestelyistä.

Imu- ja puhallustuuletuksista voidaan näiden testien perusteella mainita, että puhaltamalla saavutettiin tehokkaampi tuulettuminen. Puhallus- ja imutuuletuksen tulokset osoittavat, että peräosaan puhallettava tuuletusilma tuulettaa kontin tehokkaammin kuin vastaavalla teholla imettynä peräosasta.

Tyhjän pahvilaatikon sisällä olevat kaasut tuulettuivat laatikosta pois harvasti lastatussa kontissa kahden tunnin viiveellä kontin ilmatilaan verrattuna.

On muistettava, että tässä hankkeessa tehdyt tuulettumisaikatestit ovat suuntaa-antavia ja tämän vuoksi ennen kontin purkua on kuitenkin suositeltavaa mitata kontin kaasupitoisuuksia, jotta voidaan todeta pitoisuuksien vähentyneen turvalliselle tasolle. Jotta kontin ilma olisi vaihtunut noin 50-kertaisesti, tulisi tuulettumisaikojen näiden testien perusteella olla

- harvasti lastatulle kontille painovoimaisesti tuulettaessa vähintään 2 tuntia
- harvasti lastatulle kontille keskipakopuhaltimella tuulettaessa vähintään puoli tuntia
- tiiviisti lastatulle kontille painovoimaisesti ja keskipakopuhaltimella tuulettaessa vähintään 10 tuntia.

Tämän tutkimuksen perusteella saatiin määritettyä vähimmäistuuletusaikoja eri tavalla lastatuille 12-metrisille konteille. Konttien tuulettumisaikamittauksia olisi suositeltavaa jatkaa testaamalla erityyppisillä tavaroilla lastattujen tuontikonttien tuulettumista, jotta tuulettamisajoista saataisiin laajempi käsitys.

Tuulettamisolosuhteiden vakioimiseen ja siten tuuletusaikojen hallittavuuteen voi vaikuttaa toteuttamalla erillinen konttien tuulettamispaikka, jossa tuuletusilman lämpötila olisi normaalissa huoneenlämmössä, ilmavirtaukset olisivat hallittavissa ja tarvittaessa puhdistettavissa haitallisista kemikaaleista ennen ulkoilmaan vapauttamista.

Puhaltimia suunniteltaessa puhallus kannattaisi suunnata kontin peräosaa kohti, jolloin yläkautta poistuvat kaasut eivät sekoittuisi puhallusvirtaukseen.

Konttien rakennetta voisi tulevaisuudessa muuttaa tuulettamista nopeuttavalla tavalla, esimerkiksi lisäämällä kontin etuosaan yhteen, josta voisi suuritehoisella puhaltimella puhaltaa ilmaa kontin peräosaan ja ovien ollessa auki tuuletusilma pääsisi poistumaan kontista siten, ettei se sekoittuisi uudelleen sisään menevään tuuletusilmaan.

8. Suojautuminen

8.1 Kemiallisten aineiden käsittelyyn liittyviä säädöksiä ja ohjeita

Työssään kemikaaleja käsittelevillä henkilöillä on yleensä tarpeelliset tiedot käsiteltävien aineiden fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista, niiden mahdollisesti aiheuttamista terveyshaitoista, haitoilta suojautumisesta sekä ensiavusta vaaran tai onnettomuuden tapahduttua. Työntekijät perehdytetään kyseisten aineiden turvalliseen käyttöön, ja tietoa käsiteltävien aineiden ominaisuuksista on saatavilla mm. aineiden käyttöturvallisuustiedotteista (KTT). Sen sijaan kuljetuskontteja käsittelevät ihmiset altistuvat tietämättään erilaisille kemikaaleille, joita siis ovat konttien kaasutuksessa käytetyt aineet sekä lastista mahdollisesti haihtuvat yhdisteet. Puutteellisten konttien käsittelystä kertovien merkintöjen samoin kuin tuotteista mahdollisesti haihtuvia aineita koskevien tietojen puuttuminen johtaa siihen, että joudutaan varautumaan useiden, ominaisuuksiltaan erilaisten haitallisten aineiden mahdolliseen läsnäoloon konteissa. Kappaleessa 4 on käsitelty kirjallisuudessa raportoituja usein konteissa havaittuja haitallisia aineita. Konttien käsittelyn yhteydessä on perusteltua varautua ainakin priorisoinnissa esille nousseiden aineiden esiintymiseen ja hankkia tietoa näiden aineiden työturvallisuuteen vaikuttavista ominaisuuksista. Tämän vuoksi seuraavassa on lyhyt katsaus tärkeimpiin helposti saatavilla oleviin kemikaalitietolähteisiin.

Tietoa kemikaalien ominaisuuksista välitetään kemikaali- tai valmistekohtaisilla käyttöturvallisuustiedotteilla (KTT) tai eri viranomaisten laatimilla turvallisuusohjeilla kuten kansainvälisillä kemikaalikorteilla ja onnettomuuden vaaraa aiheuttavien aineiden turvallisuusohjeilla (OVA-ohjeet).

8.1.1 Kemikaaleja koskeva lainsäädäntö

Euroopassa kemikaaleja säädelään asetuksella (EY) N:o 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH) (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) (REACH 2007). Asetuksen tärkeimpänä tavoitteena on varmistaa terveyden- ja ympäristönsuojelun korkea taso, tehostaa EU:n kemianteollisuuden kilpailukykyä sekä taata tavaroi-

den vapaa liikkuvuus EU:n sisämarkkinoilla. Tullessaan voimaan vuonna 2007 REACH siirsi teollisuudelle entistä enemmän vastuuta riskeistä, joita kemikaalit saattavat aiheuttaa terveydelle ja ympäristölle, mm. vastuun kemikaalien turvallisuuden todistamisesta. REACH-asetusta täydentävä CLP-asetus (EY) N:o 1272/2008 (Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures) (CLP 2008) astui voimaan 20.1.2009.

REACH-asetusta sovelletaan yksittäisiin aineisiin sekä aineisiin seoksissa ja esineissä. Siten REACH-asetus asettaa velvoitteita myös esineiden valmistajille ja maahantuojille. Tällainen on esimerkiksi velvollisuus tiedottaa esineiden sisältämistä erityistä huolta aiheuttavista aineista, niin kutsutuista SVHC-aineista (substances of very high concern). Marraskuussa 2015 tällä listalla on mm. kuljetuskonteistakin havaittu 1,2-dikloorietaani sekä useita eri ftalaatteja, joita on aikaisemmin käytetty esim. muovien pehmittiminä (ECHA 2015) ja joita on aikaisemmin havaittu mm. T-paitojen printeissä. Tuottajien ja maahantuojien ilmoitusvelvollisuus koskee myös ns. kandidaattilistan (candidate list) aineita. Kandidaattilista on luettelo erityistä huolta aiheuttavista aineista, joita on ehdotettu lisättäväksi luvanvaraisten aineiden luetteloon (REACH 2007, liite XIV), jossa tätä kirjoitettaessa on 31 ainetta. Kun aine on lisätty kandidaattilistalle, kyseistä ainetta yli 0,1 p-% sisältävien esineiden toimittajien on annettava esineen vastaanottajille riittävästi tietoa esineen turvallisen käytön mahdollistamiseksi.

REACH-asetuksessa esineen vastaanottajalla tarkoitetaan teollista tai ammattimaista käyttäjää tai jakelijaa. Kuluttajalle on ilmoitettava vähintään kyseisen aineen nimi. Lisäksi kuluttajat voivat pyytää vastaavia tietoja, ja esineen toimittajan on toimitettava tieto määräajan kuluessa maksutta. Kandidaattilistan aineet ovat tyypillisesti karsinogeenisia, mutageenisia tai lisääntymisvaarallisia, niin kutsuttuja CRM-aineita (carcinogenic, mutagenic tai toxic for reproduction) tai pysyviä, biokertyviä ja myrkyllisiä (PBT, persistent, bioaccumulative and toxic) tai erittäin pysyviä ja erittäin biokertyviä vPvB-aineita (very persistent, very bioaccumulative). Näiden ominaisuuksien vuoksi niille pohditaan käyttörajoituksia. Marraskuussa 2015 kandidaattilistalla oli yht. 163 ainetta (ECHA 2015). On myös huomattava, että monet lastista haihtuvat teollisuuskaasut, kuten bentseeni, tolueni ja torjunta-aineenakin käytetty etyleenioksidi, ovat aineita, joiden käyttöä on rajoitettu

REACH-asetuksen nojalla (REACH 2007, liite XVII). REACH-asetuksen mukaan lastin tilaajan pitäisi siis saada tavaran toimittajalta tieto, jos tavara sisältää enemmän kuin 0,1 p-% kyseisiä aineita, kuten etyleenioksidia, bentseeniä tai toluenia.

8.1.2 Tuholaistorjunnassa käytettävät kemikaalit ja käyttöä koskevat säädökset

EU:ssa tuholaistorjunta-aineet on säädelty ns. biosidiasetuksella (EU) N:o 528/2012 (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2012). Suomessa biosidivalmisteet

jaetaan käyttötarkoituksesta riippuen 4 pääryhmään. Näistä yksi ryhmä on tuholaiсторjunta, joka sisältää mm. jyrsijöiden ja hyönteisten torjuntaan käytettäviä aineita. Biosidivalmisteiden tulee olla viranomaisten hyväksymiä ennen kuin niitä voidaan myydä, käyttää, tuoda maahan ja varastoida. EU:ssa biosidivalmisteet hyväksytään jokaisessa jäsenmaassa erikseen ja valmisteiden sisältämät tehoaineet EU-tasolla. Komissio pitää yllä luetteloja hyväksytyistä ja kielletyistä tehoaineista. Kaikki Suomessa biosididirektiivin ja -asetuksen mukaisesti hyväksytyt valmisteet löytyvät TUKESin ylläpitämästä luettelosta, joka sisältää sekä kuluttajatuotteita että vain ammattikäyttöön tarkoitettuja tuholaiсторjunta-aineita. (TUKES 2015.)

Biosidiasetuksessa (artikla 58) käsitellään myös niin kutsuttuja ”käsiteltäviä esineitä” ja niiden markkinoille saattamista. Biosidiasetuksessa, kuten REACH:ssä ja CLP:ssä, esine on tuote, jolle valmistuksessa annettu muoto, pinta tai rakenne määrittää sen käyttötarkoitusta enemmän kuin kemiallinen koostumus. ”Käsitellyllä esineellä” tarkoitetaan kaikkia aineita, seoksia tai esineitä, jotka on käsitelty yhdellä tai useammalla biosidivalmisteella, tai jotka tarkoituksellisesti sisältävät yhtä tai useampaa biosidivalmistetta. Siirtymäajan jälkeen biosideilla käsitellyissä esineissä saa olla vain sellaisia tehoaineita, jotka on EU:ssa hyväksytty kyseiseen valmisteryhmään ja käyttöön. Sama vaatimus koskee EU:n alueella ja sen ulkopuolella tuotettuja käsiteltäviä esineitä. Biosidilla käsittelystä täytyy kertoa asetuksen edellyttämien merkinnöin, jos se on tehoaineen riskinarviossa katsottu tarpeelliseksi ihmisen tai ympäristön mahdollisen altistumisen vuoksi. (TUKES 2015.) Biosidiasetuksen ”käsiteltäviä esineitä” koskevia sääntöjä ei kuitenkaan sovelleta, jos ainoa käsittely on varastointiin tai kuljettamiseen tarkoitettujen tilojen ja kuljetuskonttien kaasutus tai desinfiointi ja joihin ei odoteta jäävän kyseisestä käsittelystä johtuvia jäämiä.

8.1.3 Kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteet ja kansainväliset kemikaalikortit

Euroopassa käyttöturvallisuustiedote (KTT) on asiakirja, jolla välitetään tietoa aineen tai seoksen ominaisuuksista, riskeistä sekä turvallisesta käytöstä teollisuudessa ja eri ammatissa. KTT:stä säädetään REACH-asetuksen tietojen toimittamista koskevassa osassa (REACH 2007). KTT:n laatimisesta ja toimittamisesta vastaanottajalle vastaa ammattikäyttöön tarkoitettujen kemikaalin tai seoksen valmistaja, maahantuoja tai jakelija. KTT pitää laatia kaikista vaaralliseksi luokitelluista aineista mukaan lukien PBT- ja vPvB-aineet sekä aineet luvanvaraisten aineiden käsittelyprosessissa. Vastaanottajan pyynnöstä KTT on toimitettava myös aineista, jotka eivät täytä vaaralliseksi luokittelun kriteereitä, mutta joille on määrätty työperäisen altistumisen raja-arvo, esim. HTP, tai jotka sisältävät terveydelle vaarallista ainetta vähintään yhden painoprosentin. Kaasumaisille ja PBT- ja vPvB-aineille rajat ovat pienemmät, samoin kuin luvanvaraisten aineiden käsittelyprosessissa oleville kandidaattilistan aineille. Kuluttajille KTT:tä ei tarvitse toimittaa. KTT:n sisältö on määritelty kemikaalilaissa (REACH 2007, liite II). KTT sisältää

yksityiskohtaista tietoa aineiden terveydelle ja ympäristölle turvallista käytöstä, altistumisen torjunnasta, onnettomuuksiin varautumista ja kuljetuksista. Näiden lisäksi KTT sisältää tiedot mm. valmistajasta/maahantuojasta, tuotteen käyttötarkoituksesta ja jätteiden käsittelystä.

KTT:n lisäksi tietoa kemikaalien ominaisuuksista välitetään myös kansainvälisten kemikaalikorttien avulla. Niiden tarkoituksena on tuottaa helposti ymmärrettävää ja luotettavaa tietoa työntekijöiden ja työpaikkojen työsuojelusta vastaavien henkilöiden käyttöön. Kemikaalikorteissa on kuvattu lyhyesti puhtaiden kemikaalien ominaisuuksia, terveysvaikutuksia, niiden aiheuttamia palo- tai räjähdysvaaroja, ympäristövaikutuksia ja haittojen torjuntakeinoja. Kansainväliset kemikaalikortit on laadittu eri alojen asiantuntijoiden toimesta. Niiden sisältö on hyväksytty erillisen WHO:n koordinoiman kansainvälinen asiantuntijatyöryhmän toimesta, joka on myös valinnut ne aineet joista kortit on laadittu. Onkin huomattava, että kemikaalikortit eivät välttämättä ole yhteneväisiä EU:n tai Suomen lakien, määräyksien ja luokittelujen kanssa. Alkuperäiset englanninkieliset kemikaalikortit ovat saatavissa kansainvälisen työjärjestön ILO:n kemikaalikorttisivulta (ILO 2015), josta löytyy linkit myös eri kielille käännettyihin kemikaalikortteihin.

Kemikaalikorteissa kemikaalien käsittely ja vaarojen torjuntaohjeet on esitetty hyvin yleisesti. Koska eri työpaikoilla kemikaaleja voidaan käsitellä lukuisilla eri tavoilla, työpaikoilla on yleensä tarpeen laatia yksityiskohtaisemmat käyttöohjeet. Tällöin kansainvälisiä kemikaalikortteja voidaan käyttää tietolähteenä. Suomessa kansainväliset kemikaalikortit löytyvät Työterveyslaitoksen (TTL) ylläpitämästä tietokannasta (TTL 2015a), jossa tällä hetkellä löytyy oleellista tietoa terveyshaitoista ja kemikaalilta suojautumisesta yhteensä 1682 eri aineesta.

Kemikaalikortit ja käyttöturvallisuustiedotteet vaikuttavat pikaisesti katsottuna yhteneväisiltä, mutta sitä ne eivät kuitenkaan ole. Kansainväliset kemikaalikortit antavat tiivistettyä ja oleellista tietoa puhtaiden kemiallisten aineiden terveyshaitoista ja kemikaalilta suojautumisesta. Sen sijaan KTT:n tiedot koskevat aina tiettyä maahantuotavaa kemiallista valmistetta.

8.1.4 Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat kemikaalit – OVA-ohjeet

Suomessa on tehty turvallisuusohjeet yleisesti käytetystä onnettomuuden vaaraa aiheuttavasta kemikaalista (OVA-ohjeet). Ne on tarkoitettu kemikaaliturvallisuuden tiedonlähteiksi pelastuslaitoksille, ympäristönsuojeluviranomaisille, työterveyshenkilöstölle ja kaikille kemikaalien vaaroista kiinnostuneille. OVA-ohjeita on tehty 122 aineesta. Aineen ominaisuuksien ja käytön kuvaamisen lisäksi OVA-ohjeessa on käsitelty aineen aiheuttamaa terveysvaaraa ja ympäristövaikutuksia. Onnettomuustilanteissa toimimiseksi ja vaaran ehkäisemiseksi ennakolta on myös annettu ohjeita. Lisäksi jokaisen aineen OVA-ohjeesta on tehty tiivistelmä, jossa kerrotaan tärkeimmät asiat lyhyesti ja yksinkertaisesti. Ohjeet löytyvät Työterveyslaitoksen TTL:n tietokannasta (TTL 2015b) aineen nimellä. OVA-turvallisuusohjeet on laadit-

tu asiantuntijaryhmässä, johon on kuulunut asiantuntijalaitosten, kemianteollisuuden sekä viranomaisten edustajia. OVA-ohjeita päivitetään säännöllisesti, mutta on huomattava, että turvallisuusohjeiden ja käyttäjän oppaan sisältämät tiedot perustuvat laatimis- tai päivittämishetkellä käytettävissä olleeseen tietoon sekä tällöin voimassa olleisiin määräyksiin. OVA-ohjeiden käytön helpottamiseksi on laadittu käyttäjän opas (TTL 2015c), josta löytyy taustatietoa OVA-ohjeissa käsitellyistä asioista. Osa OVA-turvallisuusohjeista on laadittu Työsuojelurahaston tuella.

Suomessa myös TUKES, joka toimii Suomessa REACH- ja CLP-asetuksen toimivaltaisena viranomaisena, ylläpitää kemikaalikorttitietokantaa (TUKES, Kemikaalikorttitietokanta). Kemikaalitietokorteissa esitellään EU:n riskiarviointien pohjalta tehdyt yhteenvedot kemikaalien ympäristö- ja terveysvaikutuksista sekä riskinhallinnasta. Yhteenvedot perustuvat EU:n aikaisemman kemikaalilainsäädännön mukaisen olemassa olevien aineiden riskinarviointiohjelmaan (Euroopan neuvosto 1993). Yhteenvedossa on esitetty tietoa aineiden luokituksista, haitalliseksi tunnetuista pitoisuuksista (ns. HTP-arvot). Kemikaalikortit on laadittu tyypillisille teollisuudessa käytettäville aineille (yhteensä 72 kpl), kuten bentseeni ja tolueeni, mutta ne eivät sisällä konttien kaasutuksessa käytettäviä aineita.

8.2 Ainekohtaiset suojautumisohjeet

Kuljetuskonttien käsittely eroaa merkittävästi tavanomaisesta kemikaalien kanssa työskentelystä, sillä työntekijöillä ei yleensä ole tarvittavia tietoja tuotteiden sisältämistä kemikaaleista, tai edes niiden esiintymisestä konteissa. Tähän on syynä konttien usein puutteelliset merkinnät kaasutuksesta sekä puutteellinen tieto lastista haihtuvista yhdisteistä. Kemikaaleilta suojautuminen ja henkilökohtaisen altistumisen ehkäiseminen kuitenkin edellyttää tietoa työpaikalla mahdollisesti esiintyvistä kemikaaleista ja niiden keskeisistä, työturvallisuuteen vaikuttavista ominaisuuksista. On huomioitava, että tässä kappaleessa esitetyt suojautumisohjeet perustuvat tämän hetkisiin tietoihin (11/2015). Tiedot päivittyvät vuosittain, joten käyttöturvallisuustietoja ja niiden päivityksiä tulee seurata säännöllisin väliajoin.

Hengityksen suojaus

Jos riskiarviointi osoittaa, että ilmaa puhdistavia kaasunaamareita on tarkoituksenmukaista käyttää, henkilön on käytettävä kokokasvohengityssuojainta, jossa on monikäyttöinen yhdistelmä (US) tai ABEK (EN 14387) hengityspatruunat. Jos kaasunaamarin käyttö osoittautuu ainoaksi mahdolliseksi suojausmenettelyksi, on käytettävä hengityssuojaimia ja osia, jotka on testattu ja hyväksytty asianmukaisen standardien kuten NIOSH (USA) ja CEN(EU) mukaisesti.

Jos tuotetta on hengitetty, potilas on siirrettävä raittiiseen ilmaan. Jos potilas ei hengitä, hänelle on annettava tekohengitystä ja on otettava yhteys välittömästi lääkäriin.

Ihon suojaus

Tuotetta käsiteltäessä on käytettävä tuotteen käsittelyyn soveltuvia suojakäsineitä (ks. taulukko 7). Käsineet on tarkistettava ennen käyttöä, jotta voidaan varmistua niiden olevan ehjät. Käsineitä tulee käyttää ns. oikean käsineen poistotekniikkaa soveltaen, jolloin vältetään ihokosketus kontaminoituneen käsineen ulkopintaan. Kontaminoituneet käsineet tulee hävittää käytön jälkeen voimassa olevien lakien mukaisesti. Kädet pestään ja kuivataan. Valittujen suojakäsineiden tulee olla EU-direktiivin 89/686/ETY ja siitä johdetun standardin EN 374 mukaisia.

Baurin ym. (2015) artikkelissa suositellaan, että henkilökohtaisiin suojautumisvälineisiin kuuluisivat

- kyseisen aineen käsittelyyn sopivat suojakäsineet (huomioitava oikea materiaalivalinta), ja käsineiden tulisi olla kyynärvarteen asti ulottuvat
- haalarit
- kokokasvohengityssuojain, jossa on soveltuva suodatin
- paineilmalaitteisto.

Baur ym. (2015) korostavat myös sitä, että henkilöstö tulee kouluttaa suojavälineiden käyttöön ja suojavälineiden käyttöön tulee laatia ohjeet. Koulutusta on järjestettävä säännöllisin väliajoin, jotta voidaan olla varmoja siitä, että henkilöstö osaa käyttää suojavälineitä. Näistä koulutuksista tulisi ylläpitää koulutusrekisteriä.

Taulukkoon 7 on koottu ihon suojautumisen kannalta keskeiset työturvallisuusohjeet yleisimmille kaasutusaineille ja lastista haihtuville teollisuuskemikaaleille sekä näiden kemikaalien aiheuttamat tyypillisimmät oireet.

Taulukko 7. Yleisimmät kaasutusaineet ja lastista haihtuvat aineet, ihoaltistukselta suojaautuminen sekä tyypillisimmät oireet.

Yhdiste	CAS	MSDS/OVA	Kaasutus- aine	Suojautuminen Ihoaltistus/Roiskekosketus	Tärkeimmät oireet
ammoniakki	7664-41-7	22.10.2014	-	Butyylikumi, fluorikumi	Hengitysteiden ja silmien ärsytys, kurkunpään turvotus, keuhkopöho, kuolema
1,2-dibromimetaani	74-95-3	21.5.2015	-	Nitriilikumikasineet.	Sydämen rytmihäiriöt, aikaansaa tukahduttavan vaikutuksen syrjäyttämällä ilman, huimaus, päänsärky.
1,3-diklooripropyleni [D]	542-75-6	4.3.2015	X	Fluorikumikasineet	Keskushermoston lamaaneminen, ärsyttää ihoa ja silmiä, saattaa aiheuttaa ärsytystä hengitysteissä.
bentseeni	71-43-2	28.7.2015	-	Fluorikumikasineet	Pahoinvointi, huimaus, päänsärky, narchoosi.
etyleenidibromidi	106-93-4	21.5.2015	-	Fluorikumikasineet	Yskiminen, hengitysvaikeudet, kurkunpään tulehdus, päänsärky, pahoinvointi, oksentelu
etyleenidikloridi [D]	107-06-2	21.5.2015	X	Butyylikumikasineet.	Aikaansaa tukahduttavan vaikutuksen syrjäyttämällä ilmaa, huumaavia vaikutuksia, hengitysvaikeuksia, päänsärky, huimaus
etyleenidikloridi-hiilitetrakloridi-seos [D]	107-06-2 + 56-23-5		X		Alla kuvattu molemmat komponentit erikseen
hiilitetrakloridi	56-23-5	9.4.2015		Asianmukaiset suojakasineet	Vahingoittaa hengitettyä elimiä (maksat, munuaiset) pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistumisessa. Oksentelu, ripuli, vatsakivut, pahoinvointi, huimaus, päänsärky, silmävauriot.
etyleenioksidi [D]	75-21-8	14.12.2012	X	Butyylikumi	Polttava tunne, yskä, vinkuminen, kurkunpääntulehdus, hengenahdistus, päänsärky, pahoinvointi, oksentelu
etyyliformaatti-hiilidioksidi-seos [D]	109-94-4 /124-38-9	15.10.2014	X	Butyylikumi	Ärsyttää voimakkaasti silmiä. Saattaa aiheuttaa hengitysteiden ärsytystä
formaldehydi [D]	50-00-0	21.5.2015	X	Nitriilikumikasineet	Hengitysteiden ärsytys, ihoa syövyttävä, voi aiheuttaa allergisia ihoreaktioita
paraformaldehydi	30525-89-4	21.5.2015	X	Nitriilikumikasineet	Hengitysteiden ärsytys, ihoa ärsyttävä, voi aiheuttaa allergisia ihoreaktioita
fosfiini [D]	7803-51-2	17.11.2014	X	Fluorikumi	Yskä, vinkuminen, kurkunpääntulehdus, hengenahdistus, päänsärky, pahoinvointi, oksentelu
alumiinifosfidi	20859-73-8	1.6.2006	X	Asianmukaiset, kuivat suojakasineet	Kurkkukipu, yskä, hengenahdistus, päänsärky, huimaus, pahoinvointi, oksentelu
magnesiumfosfidi	12057-74-8	1.3.2004	X	Asianmukaiset, kuivat suojakasineet	Hengitysvaikeudet, yskä, kurkkukipu, pääkipu, huonovointisuus sekä kipu vatsassa.
heksaklooributadieeni	87-68-3	22.5.2015	-	Nitriilikumikasineet	Yskä, vinkuminen, kurkunpääntulehdus, hengenahdistus, päänsärky, pahoinvointi, oksentelu
hiilidioksidi	124-38-9	8.4.2014	-	Kloropreenikasineet.	Pahoinvointi, huimaus, päänsärky, hengitysvaikeuksia, kohonnut pulssi
hiilimonoksidi	630-08-0	3.3.2015	-	Kloropreenikasineet.	Myrkyllistä hengitettyinä
jodoformi	75-47-8	21.5.2015	X	Nitriilikumikasineet	Pahoinvointi, päänsärky, oksentelu, ihotulehdus, heikkous, keskushermoston lamaaneminen
karbonyylisulfidi [D]	463-58-1	30.4.2013	X	Kloropreenikasineet	Pahoinvointi, päänsärky, oksentelu
klooribentseeni	108-90-7	21.5.2015	-	Fluorikumi	Ärsyttää ihoa, haitallista nieltynä tai hengitettyinä
klooripikriini [D]	76-06-2	10.2.2015	X	Asianmukaiset suojakasineet	Ei informaatiota saatavilla
Ksyleeni	215-535-7 ksyleeni 202-422-2 o-ksyleeni 203-576-3 m-ksyleeni 203-396-5 p-ksyleeni	15.8.2014	-	Fluorikumi, polyvinyylialkoholi, PE/PA/PE, PE/EVAL/PE	Reaktioaikojen piteneminen, väsymys, tasapainohäiriöt, päänsärky, huonovointisuus, silmien kirvely, hengityselinten ärsytys, huumaantuminen, tajunnan menetys ja hengenvaara. Keuhkojen, maksan ja munuaisten soluvaurioita.
metyleenikloridi [D]	75-09-2	5.2.2015	X	Fluorikumi	Hengitysvaikeuksia, päänsärkyä, huimaus, pahoinvointi, oksentelu
metyylibromidi [D]	74-83-9	9.7.2014	X	Fluorikumikasineet	Pahoinvointi, huimaus, päänsärky, oksentelu, heikkous, sumentunut näkö, sekavuus, vapina, kouristukset
metyyli-isosyanaatti [D]	624-83-9	3.11.2015	X	Asianmukaiset suojakasineet	Keuhkovauriot, sokeutuminen
riikkiheksafluoridi	2551-62-4	21.5.2015	-	Butyylikumikasineet	Pahoinvointi, huimaus, päänsärky, keskushermoston lamaaneminen
sulfuryylifluoridi [D]	2699-79-8	11.12.2008	X	Asianmukaiset suojakasineet	Uneliaisuus, pahoinvointi, vatsakivut
styreeni	100-42-5	15.8.2014	-	Fluorikumi, PE/PA/PE, PE/EVAL/PE	Limakalvojen ja silmien ärsytystä, päänsärkyä, ruokahalutomuutta, huonovointisuutta, keskushermoston toiminnan häiriöitä, väsymystä, keskittymisvaikeuksia, reaktioaikojen piteneminen, hengityskeskusten lamaaneminen, kuolema
tolueeni	108-88-3	21.5.2015	-	Fluorikumi	Keuhkoärsytys, rintakipu, keuhkoedeema
trikloorimetaani [D]	67-66-3	12.11.2014	X	Fluorikumi	Oksentelu, suoliston ja vatsalaukun häiriöt
vetyyanidi [D]	74-90-8	11.12.2008	X	Asianmukaiset suojakasineet	Rintakipu, päänsärky, sinertävä ihonväri, pahoinvointi, oksentelu, hengenahdistus

9. Konttien puhdistusmenetelmiä ja jätteiden hävitys

Konttien puhdistusmenetelmistä ja jätteiden hävityksestä on olemassa joitakin ohjeistuksia.

9.1 Puhdistusmenetelmiä

Ohjeistuksia

Kuljetuskonttien peseminen tehdään yleisesti vesipesuna painepesurin kanssa. Kansainvälisesti konttien pesemisestä on tehty muistiomuotoinen menetelmälistaus kansainvälisen konttiliikenteen järjestössä ICHCA:ssa (2006). Muistiossa nostetaan tärkeäksi kolme yleistä asiaa konttien pesusta:

- Kaikkia konttiin kuulumattomia aineita tulee käsitellä vaarallisina, esim. myrkyllisenä tai syttymisherkkänä, kunnes toisin on todistettu.
- Kaikki kontin puhdistukseen liittyvät asiat on tehtävä turvallisissa ja kontrolloiduissa oloissa.
- Jokaisen kontin pesutoimenpiteet tulee dokumentoida ja säilyttää mahdollista myöhempää käyttöä varten.

Käytettävistä puhdistusmenetelmistä on mainittu

- pyyhkiminen kuivalla
- imurointi
- adsorptiojauheen levitys ja pyyhkiminen tai imurointi
- matalapaineinen vesipesu. Kylmällä vedellä ilman puhdistusaineita
- raaputus. Hiekkapaperilla tai teräsharjalla
- korkeapaineinen vesipesu. Kylmällä tai kuumalla vedellä pesuaineen kanssa tai ilman pesuainetta
- höyrypesu pesuaineen kanssa tai ilman pesuainetta
- liuotinpesu
- pesu kaasutusaineella.

Muistiossa mainitaan myös, että käytettävien pesuaineiden tulee olla biohajoavia. Jos pesutavasta johtuen hengitysilmaan vapautuu hiukkasia, tulee käyttää hiukkassuodatinta. Höyrypesua käytettäessä on oltava erityisen varovainen kuuman höyryn vuoksi. Liuotinpesua käytettäessä on käytettävä sopivia suojakäsineitä ja

ilmanvaihtoa kontissa on tehostettava. Joillakin mailla, kuten esimerkiksi USA:lla, on kansallisia säädöksiä sallituista pesuaineista.

Käytäntöjä ja laitteistoja

Suomessa konttien sisäpesu tehdään yleensä painepesurilla käyttäen vettä tai laimeaa pesuliuosta. Jos kontin tarkastuksessa on havaittu hajua tai muuta epäilyttävää, voidaan sisäpesu tehdä esimerkiksi työparin kanssa raikasilmahengitysuojaimia käyttäen. Samoin käsitellään IMDG-tarroilla varustettuja kontteja, kuten myös kontteja, joissa on kontin pesuun lähettäjän mukaan ollut mahdollisesti kaasutusaineita. Konttien sisäilman pitoisuuksien mittaamiseen ei yleensä käytetä mittalaitteita.

Yhdellä laitevalmistajalla on tuotteena robotti, joka puhdistaa konttien sisäosat kylmäjäätetekniikalla. Esitteessä 12-metrinen kuljetuskontti puhdistettiin sumuttamalla liikkuvasta robotista kylmäjäättä, eli hiilidioksidia, noin 50 cm:n levyisenä suihkuna. Yhden kontin käsittelyyn kuluva aika oli noin 12 minuuttia. (www.ibcrobotics.se)

Vilkkaiden satamien yhteydessä on maailmalla käytössä konttien ulkopesuun pesulinjasto, jossa kontin ulkopuoli pestään painepesulla.

9.2 Jätteiden hävitys

Kaasutusaineiden käyttöturvallisuustiedotteissa on kuvattu lyhyesti, miten kyseistä kemikaalia sisältävät jätteet tulee hävittää. Yleensä tuotteet neuvotaan viemään hyväksytylle jätehuoltoliikkeelle.

Joissakin ohjeissa on mainittu myös jätteiden polttamisesta laitteistolla, jossa on jälkipoltin ja kaasunpesujärjestelmä. Tässä on huomioitava, että kyse on poltto-tekniisesti hyvin hallitusta poltosta, jossa savukaasut puhdistetaan ammattimaisesti eli poltto tulee tehdä jätteenpolttolaitoksella. Jätteillä on oltava omat, selvästi merkityt keräysastiat.

Kosteudenpoistoon konteista käytetään usein silikageelipusseja, joita lähtösata-masta riippuen pitää laittaa esimerkiksi viisi pussia jokaiseen konttiin. Silikageelin ominaisuuksiin kuuluu, että siihen sitoutuu myös muitakin läsnä olevia kaasuja kosteuden lisäksi. Silikageeliä lämmitettäessä siihen sitoutuneet aineet vapautuvat takaisin ilmaan. Silikageelipusseja ei siten suositella käytettävän uudelleen, vaan ne suositellaan hävitettävän sekajätteen joukossa. Kun otetaan huomioon se, että silikageelissä voi olla sitoutuneena konttikaasuja, on suositeltavaa siirtää keräysastia ulkona olevaan roskakatokseen.

Kaikki konteista löydetty epäilyttävät pussit suositellaan siirtämään viipymättä ulkona sijaitsevaan erikseen merkittyyn vaarallisille jätteille tarkoitettuun jäteasti-

aan, joka sijaitsee sadevesitiiviissä roskakatoksessa. Samoin purkamisen yhteydessä käytetyt kertakäyttöhaalarit olisi hyvä hävittää vaarallisten jätteiden kanssa, koska niissä voi olla suuria pitoisuuksia kaasutuksen sivutuotteita. Vaarallisten jätteiden hävitys suositellaan tehtäväksi ongelmajätelaitoksella.

10. Riskinarviointi

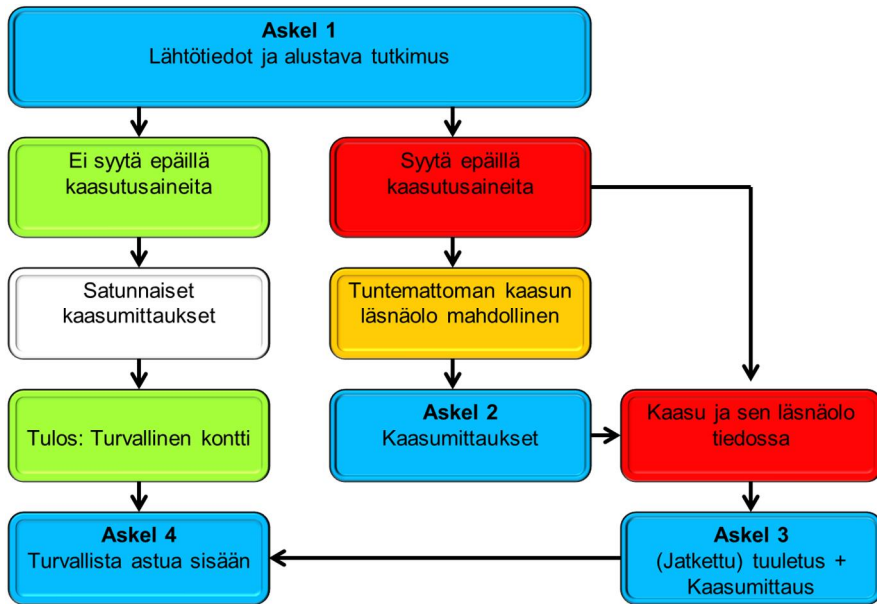
Yleisesti riskien arvioinnin tavoitteena on löytää tehokkaita toimenpiteitä työn turvallisuuden parantamiseksi, vahinkojen ennalta ehkäisemiseksi ja vahinkokustannusten minimoimiseksi. Työympäristön riskien määrittämisessä pyritään tunnistamaan kaikki työssä esiintyvät vaaratekijät, määrittämään niiden aiheuttaman riskin suuruus ja arvioimaan riskin merkittävyys. Vaaratekijöillä tarkoitetaan niitä työssä esiintyviä seikkoja, jotka voivat aiheuttaa vaaraa työntekijöiden terveydelle tai turvallisuudelle. Riski puolestaan on vaaran tai haitan aiheuttama haitallinen tapahtuma (TTK 2015).

Kuljetuskonttien tapauksessa vaaratekijän voivat muodostaa esim. kuljetuskontin mahdollisesti sisältämät kaasutusaineet tai lastista haihtuvat, ihmisten terveydelle haitalliset kemikaalit. Riski voi tällöin olla altistumisesta aiheutuva terveyden heikkeneminen tai sairastuminen. Tyypillisesti riskinarviointi sisältää myös toimenpiteitä riskien poistamiseksi tai, jos niitä ei voi kokonaan poistaa, niiden pienentämiseksi siedettävälle tasolle. Riskin suuruus on vaaran tai haitan aiheuttamien seurausten vakavuuden ja niiden ilmenemisen todennäköisyyden yhdistelmä. Riskin suuruuden määrittämisessä käytetään yleisesti kolmiportaista riskitaulukkoa (taulukko 8). Työpaikan riskien arviointi ja hallinta on työntäjän vastuulla. Työpaikan riskien arvioimiseksi on olemassa selkeitä ohjeita, mm. Työturvallisuuskeskuksen internetsivulla on yksityiskohtaiset ohjeet riskinarvioinnin suunnitteluun ja toteuttamiseen (TTK 2015).

Taulukko 8. Yleinen riskimatriisi vaaran vakavuuden arvioimiseen (TTK 2015).

Todennäköisyys	Seuraukset		
	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	1 merkityksetön	2 vähäinen	3 kohtalainen
Mahdollinen	2 vähäinen	3 kohtalainen	4 merkittävä
Todennäköinen	3 kohtalainen	4 merkittävä	5 sietämätön

Peruseriaatteena voidaan pitää, että kaikkien kuljetuskonttien tulee epäillä sisältävän haitallisia kaasuja. Kuitenkin Suidman ym. (2010) esittivät nelivaiheisen riskinarviointisuunnitelman kuljetuskonttien turvalliseen käsittelyyn. Heidän tarkastelussaan "turvallinen" merkitsee mahdollisimman pientä riskiä tukehtumiseen, myrkytykseen, tulipaloon tai räjähdykseen. Tarkastelussa lähtötietojen ja alustavan tutkimuksen perusteella saapuneet kuljetuskontit jaetaan kahteen ryhmään. Toiseen kuuluvat "turvalliset" (vihreä) kontit. Niiden arvoketjussa arvoketjun kaikki toimijat ovat yhdessä sopineet, ettei kaasutusaineita käytetä, lastista ei haihdu haitallisia aineita kuljetuksen aikana eikä kemiallisia reaktiota tapahdu. Konttien turvallisuus on siis huolellisesti mietitty ja siitä huolehditaan koko arvoketjun toimijoiden kesken. Toiseen ryhmään kuuluvat kontit ovat joko sellaisia, että alustavan tutkimuksen perusteella niiden tiedetään sisältävän tiettyjä, tiedossa olevia kaasutusaineita (punainen), tai sellaisia, joista ei tiedetä, sisältävätkö ne kaasutus- tai muista haitallisia aineita (oranssi). Eri ryhmiin kuuluvien konttien käsittely on esitetty kuvan 11 kaaviossa. Vaikka Suidmanin ym. (2010) riskinarviointisuunnitelmassa osa konteista luokitellaan lähtötietojen ja alustavan tutkimuksen perusteella turvallisiksi, arvoketjun toimintaa tarkastetaan satunnaisissa kaasumittauksissa.



Kuva 11. Nelivaiheinen riskinarviointisuunnitelma kuljetuskonttien turvalliseen käsittelyyn Suidmanin ym. (2010) mukaan.

11. Tärkeimmät tulokset ja yhteenveto

Tavarankuljetuskonteissa on erilaisia kaasuja, jotka ovat peräisin mm. tuholaiсторjunnasta, rahtitavarasta haihtuvista yhdisteistä tai kuljetuskonttiin jääneistä epäpuhtauksista. Nämä kaasut muodostavat vakavasti otettavan terveysriskin logistiikkaketjun työntekijöille, joita ovat mm. lastien purkajat, konttien puhtaudesta huolehtivat henkilöt ja muut työnsä puolesta konteissa asioivat henkilöt. Suomesakin tuhannet henkilöt käsittelevät vuosittain kuljetuskontteja logistiikkaketjun eri vaiheissa ja voivat siten altistua konteissa esiintyville terveydelle haitallisille kaasuille.

Työsuojelurahaston ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n rahoittaman hankkeen ”Työturvallisuutta vaarantavien kaasujen riskienhallintakeinojen tunnistaminen tavarankuljetuskonteissa” tavoitteena oli tuottaa luotettavaa tutkimustietoa työturvallisuusohjeiden laatimisen pohjaksi. Projektin tavoitteena oli parantaa viranomaisten ja muiden ammattiryhmien, jotka voivat työssään altistua konteissa esiintyville kaasumaisille kemikaaleille, työturvallisuutta tuottamalla tutkimuksen ja mittausten keinoin perusteita, joiden avulla kuljetuskonttien turvallinen käsittely voidaan ohjeistaa.

Hankkeessa selvitettiin kirjallisuuden perusteella konteissa esiintyviä kaasuja ja ominaisuuksia sekä niiden mittaamiseen soveltuvia mittaamenetelmiä. Projektin kokeellisessa osassa tutkittiin konttien tuulettumisaikoja Keslog Oy:n päivittäistavaravarastolla.

Konteissa esiintyvät kaasut voivat olla peräisin joko lastista haihtuvista yhdisteistä tai konttiin tarkoituksella lisätyistä torjunta-aineista (kaasutusaineet). Torjunta-aineilla käsitellyt tuulettamattomat kontit tulee kansainvälisten merenkulkualan sopimusten mukaisesti merkitä varoitusmerkein, joista ilmenevät käsittelyajankohdat ja käsittelyssä käytetty kemikaali. Kirjallisuudessa on kuitenkin raportoitu, että näitä vaatimuksia noudatetaan varsin huonosti. Sen sijaan teollisuuskaasujen esiintymistä konteissa on käytännössä mahdotonta ennakoida, sillä niille ei ole pieninä pitoisuuksina merkintävaatimuksia kuten konttien kaasutukseen käytettävillä kaasutusaineilla. Jos konttien käsittelystä kertovat merkinnät ovat puutteellisia eikä ole tietoja tuotteista mahdollisesti haihtuvista aineista, kontteja käsiteltäessä joudutaan varautumaan useiden, ominaisuuksiltaan erilaisten haitallisten aineiden

mahdolliseen läsnäoloon konteissa. Aineiden priorisoimiseksi tutkimuksessa koottiin yhteenveto tyypillisimmistä kuljetuskonteissa havaituista kaasumaisista yhdisteistä ja niiden esiintymistiheydestä konteissa kirjallisuudessa raportoitujen tutkimusten perusteella. Erityistä huomiota kiinnitettiin tutkimuksiin, joissa oli raportoitu työhygieeniset raja-arvot ylittävistä pitoisuuksista. Näiden ja muiden tutkimuksessa esille tulleiden tietojen perusteella valittiin työturvallisuuden kannalta tärkeimmät konteissa esiintyvät aineet, joiden pitoisuudet konteista tulisi pystyä mittaamaan ja joilta suojautumiseen työntekijöiden olisi perusteltua varautua. Koska etukäteen ei ole tiedossa, mitä aineita konteissa esiintyy, eikä niiden fysikaalis-kemiallisista tai terveysvaaraa aiheuttavista ominaisuuksista ole tietoa, raportoitiin sisällytettiin myös lyhyt katsaus tärkeimpiin, helposti saatavilla oleviin kemikaalitietolähteisiin.

Konteissa esiintyviä kaasuja mitataan analyysiputkien, kannettavien käsikäyttöisten mittalaitteiden ja analysaattorien avulla. Menetelmät eroavat toisistaan suuresti sekä hinnaltaan että tekniikoiltaan. Esimerkiksi analyysiputkien käyttö on suhteellisen helppoa, sillä ne ovat kooltaan pieniä eivätkä vaadi suuria järjestelyitä näytteenoton suhteen. Toisaalta niiden antamiin tuloksiin vaikuttavat useat tekijät, joten mittaustulosten luotettavuus on kyseenalainen. Vastaavasti massaspektrometrisillä menetelmillä saavutetaan pienemmät määritysrajat ja niiden selektiivisyys eri komponenteille on hyvä, mutta kyseiset menetelmät ovat kooltaan suuria ja niiden hinta on korkea.

Mitattavien komponenttien kirjo on niin laaja ja pitoisuusalueet niin alhaiset, että tällä hetkellä ei ole olemassa kaupallista laitetta, jolla pystyttäisiin luotettavasti mittaamaan kaikkia mahdollisia konteissa esiintyviä kaasuja ja niiden eri pitoisuuksia. Tämän vuoksi mittaamiseen joudutaan käyttämään rinnakkain useita eri menetelmiä, joilla kaasutusaineiden tunnistamista ja pitoisuuden määrittämistä tehdään. Yhtenä tulevaisuuden ratkaisuna konttien kaasupitoisuuksien mittaamiseen voisi olla keskitetty mittausratkaisu, jolla saataisiin mitattua kattavasti ja luotettavasti kontissa esiintyvät kaasut. Keskitetyn mittaustiedon avulla konttikasujen altistumisriskin määrää voitaisiin arvioida ja riskinvähennystoimet kohdentaa vain niitä tarvitseville konteille.

Hankkeessa tutkittiin tiiviisti ja harvasti lastattujen konttien vähimmäistuuletusaikojä eri lämpötiloissa käyttäen malliaineita ja erilaisia tuuletustekniikoita. Vähimmäistuuletusajat vaihtelivat muutamista kymmenistä minuuteista useisiin kymmeneen tunteihin. Lastin tiiveyden vaikutuksesta tuulettumiseen havaittiin, että tiiviisti pakattu lasti hidasti tuulettumista jopa 60-kertaisesti ja että kylmät kontit tuulettuivat yleensä hitaammin kuin lämpimät kontit. Näissä testeissä puhaltamalla tehtävä tuuletus oli tehokkaampaa kuin imutuuletus.

On muistettava, että tässä hankkeessa tehdyt tuulettumisaikatestit ovat alustavia ja vielä tässä vaiheessa vain suuntaa antavia. Tämän vuoksi ennen kontin purkua on erittäin suositeltavaa mitata kontin kaasupitoisuus uudelleen, jotta voidaan varmistua pitoisuuksien vähentyneen turvalliseen tasolle. Konttien tuulettumisaika-

mittauksia olisi suositeltavaa jatkaa testaamalla tässä tutkimuksessa käytettyjen malliaineiden lisäksi kemiallisilta ja fysikaalisilta ominaisuuksiltaan erilaisia malliaineita ja erityyppisillä tavaroilla lastattujen tuontikonttien tuulettumista. Näin tuuletamisajoista saataisiin laajempi käsitys.

Tämä hanke tuotti arvokasta tietoa konttien turvallisesta käsittelystä ja siihen liittyvistä haasteista, ja tutkimuksessa saatuja tuloksia ja havaintoja voidaan hyödyntää taustatietona laadittaessa ohjeistuksia kuljetuskonttien turvalliseen käsittelyyn. Tutkimuksen tulosten perusteella havaittiin, että kaikkien saapuvien kuljetuskonttien turvallisuutta tulee epäillä ennen kuin ne on osoitettu turvallisiksi, sillä kaasutuksesta kertovat merkinnät ja dokumentit voivat olla puutteellisia ja teollisuuskaasujen osalta ne voivat puuttua kokonaan. Toimitusketjun sisäisen tiedonvaihdon parantaminen voisi merkittävästi lisätä konttien parissa työskentelevien henkilöiden turvallisuutta koko toimitusketjun osalta aina konttien puhdistukseen saakka. Kokemuspohjaiseen tietoon lastista haihtuvista yhdisteistä ei myöskään tule sokeasti luottaa, sillä kuljetettavat tuotteet koostuvat tyypillisesti lukuisista eri osista, joista jonkin raaka- ja/tai valmistusaineissa on voinut tapahtua raportoimaton muutos. Lastista riippumatta kontti voi myös sisältää jäämiä aikaisemmista kuljetuksista, sillä konttien puhdistustavat vaihtelevat suuresti. Edellä mainitun toimitusketjun sisäisen tiedonvaihdon laajentaminen kontin mukana kulkevaksi historiatiedoksi mahdollistaisi myös mahdollisen kontaminaation huomioon ottamisen tulevaisuudessa.

Tutkimuksen tulosten perusteella todettiin myös, että konttien tuulettumiseen vaikuttavat useat eri muuttujat, kuten lastin tiiveys, lämpötila ja tuulettettava kaasu. Tämän vuoksi onkin suositeltavaa varmistaa tuulettamisen jälkeen, että haitallisten aineiden pitoisuudet ovat alentuneet vaarattomalle tasolle. Varmistus tulee tehdä käyttäen luotettavia ja riittävän herkkiä mittausten menetelmiä. Riskien systemaattisella arvioinnilla ja konttien suunnitelmallisella tarkastelulla kuljetuskonttien käsittelyyn liittyviä riskejä voidaan hallita ja erityisesti kehittää toimenpiteitä ja menettelytapoja riskien pienentämiseksi turvalliselle tasolle.

Lähdeviitteet

- Australian Government. 2013. DAFF methyl bromide fumigation standard. Australian Government, Department of Agriculture, version 2.1. 58 s.
- Baur, X. 2012. International Workshop 2011: "How to handle import containers safely". *Int Marit Health* 2012; 63, 3: 140–147.
- 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* 2010; 67: 207–212. doi:10.1136/oem.2008.043893
- Baur, X. et al. 2015. Health risks in international container and bulk cargo transport due to volatile toxic compounds. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 2015; 10: 19.
- Braconnier, R.; Keller, F.-X. 2015. Purging of Working Atmospheres Inside Freight Containers. *Ann. Occup. Hyg.* 1–14. doi:10.1093/annhyg/meu116.
- CLP. 2008. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1272/2008 aineiden ja seosten luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta sekä direktiivien 67/548/EY ja 1999/45/EY muuttamisesta ja kumoamisesta ja asetuksen (EY) N:o 1907/2006 muuttamisesta. EUVL L 353 31.12.2008, s. 1. Viitattu 15.12.2015: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:02008R1272-20150601&qid=1450252770484>
- Code of Practice for Packing of Cargo Transport Units (CTU Code). January 2014. 127 s. IMO/ILO/UNECE.
- Erma New Zealand. 2005. Safety Precautions for Fumigated Freight Containers. Information Sheet, Number 27. Environmental Risk Management Authority of New Zealand.
- Euro Controle Route. 2005. Gas measurement of containers. Work instructions, formad draft. 11 s.
- Euroopan neuvosto. 1993. Neuvoston asetus (ETY) N:o 793/93 olemassa olevien aineiden vaarojen arvioinnista ja valvonnasta. EYVL L 84, 5.4.1993, s. 1. Viitattu 15.12.2015: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:01993R0793-20031120&qid=1450259363253&from=EN>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 528/2012, biosidivalmisteiden asettamisesta saataville markkinoilla ja niiden käytöstä. EYV L 167, 27.6.2012, s. 1. Viitattu 15.12.2015: <http://eur-lex.europa.eu/legal->

content/Fl/TXT/?uri=CELEX:02012R0528-
20140425&qid=1450254932139

- FAO. 2015. <http://www.fao.org/docrep/x5042e/x5042E07.htm#6.%20Chemicals%20used%20as%20fumigants>. Viitattu 16.10.2015.
- Gezond Transport. 2011. Information card 9 Measurement report, September 2011. 4 s. Viitattu 15.12.2015:
http://www.pgic.nl/images/stories/pointer_card_9_fin.pdf
- Gezond Transport. 2015. Safe handling of gasses in shipping containers. Viitattu 2.12.2015: <http://www.pgic.nl/index.php/produkten>
- Hazard surveillance: Residual chemicals in shipping containers. 2012. Safe work Australia. 101 s.
- Häkkinen J, Posti A (2013) Tuontikonttien desifointi kaasuttamalla – terveystriski logistiikkaketjun työntekijöille. Turun Yliopiston Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen julkaisuja B193. Turku 2013, 32 s.
- ICHCA. 2006. Safe Cleaning of Freight Containers. BP 7. International safety panel briefing pamphlet no 7. 19 s.
- ILO 2015. Kansainvälisen työjärjestön ILO:n kemikaalikorttisivu. Viitattu 18.1.2016. [http://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_324858/lang--en/index.htm](http://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_324858/lang-en/index.htm)
- IMO. 2008. Recommendations on the safe use of pesticides in ships applicable to the fumigation of cargo transport units. MSC.1/Circ.1265, June 2008. 12 s.
- IMO. 2010. Revised recommendations on the safe use of pesticides in ships applicable to the fumigation of cargo transport units. MSC.1/Circ.1361, ref. T3/1.01. International Maritime Organization.
- IVW (Inspectie Verkeer en Waterstaat). 2006. Transport and Water Management Inspectorate, Freight Transport Inspectorate, Netherlands. By Gérard Schipper, Senior Advisor project leader, Power point -esitys, Riika 2006.
- Johanson, G.; Svedberg, U. 2013. Work Inside Ocean Freight Containers – Personal Exposure to Off-Gassing Chemicals. Ann. Occup. Hyg., Vol. 57, No. 9, pp. 1128–1137.
- Johanson, G.; Svedberg, U. 2015. VOCs in containers arriving in Sweden Occurrence, personal exposure, and sampling and ventilation strategies. Conference paper. IOHA London 2015, 25–30 April 2015.

- Kajolinna, T.; Pellikka, T. 2015. Kuljetuskonttikaasujen mittausten menetelmät. 26 s. VTT-R-01420-15. Espoo: VTT.
- Kajolinna, T.; Roine, J. 2015. Kuljetuskonttien tuulettumisaikojen mittaukset. 56 s. VTT-R-04957-15. Espoo: VTT.
- Pedersen, R. N. F.; Jespen, J. R.; Ádám, B. 2014. Regulation and practice of workers' protection from chemical exposures during container handling. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, Vol. 9: 33.
- Pitkänen, M.; Kajolinna, T.; Wemberg, A. 2015. Kuljetuskonttien sisältämien kaasumaisten aineiden aineominaisuudet ja esiintyminen. 30 s. VTT-R-03144-15. Espoo: VTT.
- Peisser A M, Budnik L T, Baur X (2012) Health effects due to fumigated freight containers and goods: how to detect, how to act. *Int Marit Health* 2012; 63, 3: 133–139. ISSN 1641-9251.
- REACH. 2007. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH), Euroopan kemikaaliviraston perustamisesta, direktiivin 1999/45/EY muuttamisesta sekä neuvoston asetuksen (ETY) N:o 793/93, komission asetuksen (EY) N:o 1488/94, neuvoston direktiivin 76/769/ETY ja komission direktiivien 91/155/ETY, 93/67/ETY, 93/105/ETY ja 2000/21/EY kumoamisesta. EUVL L 396 30.12.2006, s. 1. Viitattu 15.12.2015: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:02006R1907-20151227&qid=1450252453112&from=EN>
- Safe and Sound – or hidden dangers! 2008. Work in environments with risks of dangerous gases or oxygen deficiency. Swedish Transport Worker's Union, TYA, Sweden. 12 s.
- Suidman, D. (ed.); Houweling, F.; Bonewit, J. 2010. Handbook Toxic Gases and Vapours in Cargo. Netherlands: NT Publishers B.V. 143 s.
- Testing and Ventilation of Marine Containers. Canada Border Services Agency, webpage, updated 31.1.2014.
- Treatment Manual. 2014. United States Department of Agriculture, 07/2014. 912 s.
- TTK. 2015. Työturvallisuuskeskus. http://www.ttk.fi/tyosuojelu/vaaratekijoiden_tunnistaminen_ja_riskien_arviointi
- TTL 2015 a-c. Työterveyslaitos. Viitattu 18.1.2016. <http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/index.php?page=kortitvskt.html>

- TUKES. 2015. Kemikaalikorttitietokanta. Viitattu 15.12.2015:
[http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kemikaalitietolahteet/Kemikaalitietokortit-/-](http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kemikaalitietolahteet/Kemikaalitietokortit-/)
- Wijdeveld, E. 2010. Unseen dangers in freight containers. International safety panel briefing pamphlet series #20. ICHCA International Limited.
- WorkSafe Victoria. 2009. Fumigated shipping containers – Venting prior to unpacking (by end user). HSS0116/01/10.09. Victorian WorkCover Authority, Australia.

Liite A: Alankomaiden kuljetuskonttien käsittely **– muistio tutustumiskäynnistä 23.–24.11.2015**

VTT:n projektiryhmä tutustui Rotterdamissa 23.–24.11.2015 paikallisten konttien käsittelyyn erikoistuneiden yritysten toimintaan ja Alankomaiden lainsäädäntöön asiaan liittyen. VTT:ltä tutustumiskäyntiin osallistuivat Tuula Kajolinna, Marja Pitkänen ja Tuula Pellikka. Tutustumiskohteena oli 23.11. Reaktie Safety Shops BV, joka on turvallisuusvarusteiden ja mittalaitteiden jälleenmyyjä. Isäntänä oli Peter Broesma, joka on toiminut konttikaasujen parissa yli kymmenen vuotta ja on ollut mukana myös aiheeseen liittyvissä julkaisuissa. 24.11. tutustumiskohteena oli EWS Groupin Oosterhautissa sijaitseva konttiterminaali. EWS on Alankomaiden suurin konttien kaasutuksia, mittauksia ja tuuletuksia yms. konttien käsittelyä tekevä yritys. Isäntinä olivat Terence Carnegie, Joeri Vercammen ja yli 30 vuotta kaasutuksia tehnyt Peter Meeus.

Alankomaiden lainsäädännöstä ja ohjeistuksista liittyen kuljetuskonttien turvalliseen käsittelyyn

Alankomaissa työturvallisuuden lainsäädäntö velvoittaa mittaamaan kaasupitoisuudet, jos on syytä epäillä konttien sisältävän myrkyllisiä kaasuja. Minimissään konteista on tällöin mitattava happi ja räjähtävät pitoisuudet (LEL), lisäksi tulee mitata kaikki myrkylliset kaasut, jos on olemassa riski niiden esiintymiselle. Myrkyllisiä kaasuja ei ole eritelty eikä annettu niille esim. mittausepävarmuutta tai -menetelmiä.

Paikallinen kuljetusjärjestö Gezond Transport (1.7.2014 alkaen sektori-instituutti Transport ja Logistics) on tehnyt ohjeistuksia konttien turvalliseen käsittelyyn. Ohjeet ovat englanniksi ja ne ovat melko seikkaperäiset. Ohjeistus on saatavilla nettisivuilla <http://www.pgic.nl/index.php/produkten>. Ohjeistuksessa käsitellään tilaajayritysten riskinarviointia eri tavara-/konttivorroille ja varsinaisia toiminnallisia ohjeistuksia kontteja käsitteleville tahoille.

1. Kontit pyritään luokittelemaan johonkin seuraavista kategorioista jatkokäsittelyä varten:
 - o A: Kontti sisältää haitallisia kaasuja. Kaasut ja niiden pitoisuudet ovat tiedossa (kontrolloitu riski).
 - o B: Ei tiedetä, sisältääkö kontti haitallisia kaasuja (määrittelemätön riski).
 - o C: On epätodennäköistä, että kontti sisältää haitallisia kaasuja (vähäinen riski).
2. Tilaajayrityksillä on omat toimintaperiaatteet, toimintatavat ja koulutus-suunnitelma jokaisen edellä mainitun kategorian konttien käsittelyyn. Lisäksi, jos on mahdollista, kuljetusketjun välisissä voidaan pyrkiä pienentämään konttien avaamiseen liittyvää altistumisriskiä.

3. Mittaus selvitys. Kontista mitataan määritellyt kaasut. Mittaajana toimivan henkilön tulee olla koulutettu kolmipäiväisellä koulutuksella. Mittausten tulokset ja johtopäätökset tulee esitellä mittaus selvityksessä (esimerkiksi voiko kontin purkaa vai pitääkö se tuulettaa).
4. Mittaus selvityksessä edellytetyt toimenpiteet (esimerkiksi uusintamittaukset, tuuletus) tehdään.
5. Kontin turvallinen avaaminen ja lastin purkaminen.
6. Kontin tietojen tallennus. Vähintään tallennetaan konttien määrä, niiden kategoriat (A, B tai C), mittaus selvitys ja tehdyt toimenpiteet.

Gezond Transportin mittausraporttiohjeessa esitetään listaus tyypillisistä konteissa esiintyvistä kaasuista, joita tulisi mitata happipitoisuuden ja LEL-mittauksen (Lowest Explosion Limit) kanssa. Näitä aineita ovat metyylibromidi, kloropikriini, fosfiini, 1,2-dikloorietaani, vetysyanidi, sulfuryylifluoridi, formaldehydi, bentseeni, tolueni, styreeni, ksyleeni, häkä (hiilimonoksidi), hiilidioksidi, ammoniakki, haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC).

Alankomaissa virallisia mittauksia tai ”turvallisen kontin” sertifikaatteja saavat myöntää vain sellaiset henkilöt, joilla on konttikaasujen mittaamiseen henkilökohtainen diplomi. Mittaajien käyttämiä mittausvälineistöä ei ole määritelty lainsäädännössä eikä ohjeistuksissa, eikä niille ole siten olemassa yhteneviä tarkastuskäytäntöjä.

Alankomaissa on 5–6 konsulttiyritystä, jotka mittaavat konttien kaasupitoisuuksia ja tuulettavat kontteja päätoimenaan. Tullilla on omia mittauslaitteita, mutta niistä ei ollut tarkempaa tietoa. Myös tavaroiden tilaajat tekevät jonkin verran mittauksia omissa konttiterminaaleissaan, mutta heillä olevat mittausmenetelmät ovat yleensä indikoivia laitteita. Kaasumittattujen konttien määrää ei tilastoida yhteisesti.

Käytännön toimenpiteisiin tutustuminen, EWS Group

EWS on perustettu noin 7 vuotta sitten, ennen tätä yritys toimi kaasutusfirmana noin 15 vuoden ajan (MeBr). Yrityksellä on Alankomaissa 19 teknikkoa ja yhteensä noin 60 henkilöä töissä, toimintaa yrityksellä on Belgiassa, Espanjassa, Itävallassa, Tanskassa, Isossa-Britanniassa sekä Saksassa, ja se suunnittelee toimistoa myös Puolaan ja Ranskaan.

EWS mittaa/käsittelee päivittäin 250–300 konttia, joista ehkä 15 % on positiivisia. Näistä 90 %:ssa syynä ovat rahdista vapautuvat kaasut (yleensä 1,2-dikloorietaani, formaldehydi ja tolueni), eivät kaasutusaineet.

Konttien kaasutus

Yritys tekee kaasutuksia kaikissa toimipisteissään, mutta eniten Belgiassa, koska siellä kaasutusten tekeminen ei ole yhtä säänneltyä kuin esimerkiksi Alankomais-

sa, jossa kaasutuksista pitää tehdä ennakoilmoitus viranomaisille ja turvaetäisyys on 100 metriä. Belgiassa turvaetäisyys on 10 metriä.

Eniten EWS kaasuttaa Euroopasta lähteviä puulasteja sulfuryylifluoridilla, noin 50 konttia päivässä. Sulfuryylifluoridikaasutukset tehdään pääasiassa erillisessä terminaalissa, jossa kontit ovat vierekkäin ja kaasutusaine annostellaan kontteihin samanaikaisesti kaasunjakoverkoston avulla. Yhteen konttiin annostellaan esimerkiksi 2 kg sulfuryylifluoridia, joka kaasutuksen jälkeen kerätään vähintään 75-prosenttisesti talteen ja voidaan käyttää uudelleen.

Viranomaiset ovat määritelleet, että kaasutuksen aikana pitoisuuksia mitataan joko Spectros-laitteen tai Fumiscope-laitteen avulla. Yrityksellä on käytössään Spectros-laitteet, koska Fumiscope-laitteen käytössä oli ilmennyt epäselvyyksiä tulosten luotettavuudessa.



Kuva 1. EWS:n mainoksesta, jossa näkyy sulfuryylifluoridin kaasutuskäytäntöä.

Mittausmenetelmistä

EWS:llä on kahdeksan Syft-MS-analysaattoria. Yritys testaa parhaillaan kahta Gasmetin FTIR-laitetta ja vertaa niiden näyttöjä Syft-MS-laitteeseen sekä analyysiputkiin. Yrityksellä on oma toimintatapa konttikaasujen mittaamiseen, koska Alankomaissa ei ole yleistä käytäntöä tai ohjeistusta mittausten tekemiseen. Fumiscopesta on saatu huonoja kokemuksia, samoin IUT Berlin -mittalaitteesta.

Kaasumittaustoiminnassa analyysit tehdään pääasiassa Syft-MS-analysaattorilla, analyysiputkilla ja käsimitareilla. Syft-analysaattoreita on yhteensä kahdeksan, joista kolme on asennettu laboratoriomaisiin olosuhteisiin terminaalialueille ja loput pakettiautoihin rakennettuihin kenttälaboratorioihin.

Normaali toimintatapa kaasujen mittaukseen on mitata ensin käsimitarilla happi-, häikä-, hiilidioksidi- ja räjähdysherkkien (LEL) aineiden pitoisuudet ja toiseksi kontista otetaan noin yhden litran kaasunäyte Tedlar-pussiin, joka analysoidaan terminaalin kiinteällä analysaattorilla SYFT-analysaattorilla. Kaasutusainepitoisuudet

pyritään varmentamaan toisella mittausmenetelmällä, esimerkiksi indikatiivisesti analyysiputkilla.

Yhden kontin mittaamiseen menee aikaa kontin luona noin 2–5 minuuttia (käsimitalla mittaaminen ja kaasunäytepussin täyttö) ja laboratoriossa noin 10 minuuttia. Tulokset kirjautuvat tietokantaan, johon myös kontin omistajilla ja tilaajilla on pääsy.

Yhden analyysin hinta on Alankomaissa keskimäärin noin 60–70 euroa, ja analysoinnit on liitetty konttien käsittelyyn ja tuuletusten kanssa samoihin sopimuksiin. Yksittäinen mittaaminen sopimuksien ulkopuolisille maksaisi enemmän.

EWS hakee lähitulevaisuudessa akkreditointia ISO17025:n mukaan. Tällöin siitä tulisi ensimmäinen laboratorio, jolla olisi testauslaboratorion status konttien mittaamiseen.



Kuvat 2 a–c. a) EWS:n terminaalin laboratorioon kiinteästi asennettu Syft-MS-analysaattori tarvittavien kaasupullojen kanssa, b) käsikäyttöisiä mittareita happipitoisuuden ja LEL-pitoisuuden mittaamiseen, c) analyysiputkia.

Konttien tuuletuksesta

Jos mitatut pitoisuudet ylittävät yhdenkään havaitun kaasun haitallisena pidetyn pitoisuuden (esim. Suomessa HTP₁₅-arvo), menee kontti tuuletukseen. Konttien tuuletus tehdään tilanteesta ja paikasta riippuen yleensä ulkokentällä erikseen merkityllä alueella. Tuuletustarpeesta riippuen tuuletettavaan konttiin asennetaan joko irto-ovi, jossa on valmiiksi kaasuyhteitä ylhäällä ja alhaalla, tai kontin ovien väliin asennetaan ohut suulake, josta tuuletusta voidaan tehdä.

Yleisimmin tuuletus tehdään imemällä kaasua kontin alareunasta ovien ollessa tiiviisti kiinni. Imemällä konttiin tulee lievästi alipainetta, koska kontin sisälle menevä korvausilma tulee vain kontin omien tuuletusaukkojen kautta.

Jos kontissa on havaittu kaasutusaineita, johdetaan kontista imetty ilma puhaltimen jälkeen aktiivihiihen läpi ulkoilmaan. Aktiivihiihtynnyrit sijaitsevat konttien tuuletusalueella erillisessä kontissa, jossa on kolme aktiivihiihtynnyriä sisällä. Aktiivihiihtynnyriä (n. 70 kg/tyunnyri) käytetään tuotetta Envirocarb 207C 4x8. Uusi kaasupitoisuusmittaus tehdään aikaisintaan kahden tunnin kuluttua kontin tuuletuksen loppumisesta, jolloin oletetaan jäljellä olevien kaasupitoisuuksien tasaantuneen kontissa. Sama käytäntö on myös muiden tuuletettavien konttien kanssa. *VTT:n huomautus:* Gezond Tinransportin ohjeistuksissa neuvotaan odottamaan 12 tuntia ennen uusintamittausta.



Kuvat 3 a–c. a) Tuuletuksessa käytetty suulake, b) käytetty irto-ovi, c) käytetty tuuletinmalli.



Kuvat 4 a ja b. a) Erillinen kontti, jossa kaasutusaineiden talteenotto tehdään aktiivihillitynnyreihin, b) fosfidipellettien keräysastia.

Kokemuksia eri aineiden tuulettumisesta

Bentseenin, formaldehydin, alfa-pineenin ja ammoniakkin tuulettaminen kestää EWS:n mukaan kauan, usein jopa neljä päivää. Tyypillisissä tuuletuksissa tuuletus tehdään puhaltimen kanssa puhaltamalla kontin yläosaan ja se on kestoaltaan noin 24 tuntia. Kylmällä ilmalla tuulettaminen on hitaampaa, ja tuuletuksia ei tämän vuoksi tehdä lämpötilan ollessa pakkasella.

Tuuletuspaikan lämmityksestä ei EWS:n mielestä ole selvää hyötyä, koska lämmittämiseen menee enemmän rahaa kuin ajansäästäminen tuo.

Ammoniakin näytteenotto on hankalaa, koska ammoniakki pidättyy pintoihin. Raja-arvo ammoniakille on 20 ppm. Kaasutusaineet ovat useimmiten ilmaa raskaampia, joten niiden pitoisuudet pyritään mittaamaan lattianrajasta, mutta ammoniakki nousee kattoon ja se on mitattava kontin yläosasta.

Fosfidipusseja/-pellettejä on joskus jopa jokaisessa kontin pahvilaatikossa, jolloin ne pitää poistaa ensin käsineen suojavarusteiden kanssa.

Kaasuriskin arvioinnista

Sekä EWS että Reaktie olivat havainneet, että riippuu tavarantoimittajan tilanteista yrityksestä, kuinka paljon he haluavat testauttaa konttejaan. Yleensä suuret toimijat toimivat esimerkillisesti ja testauttavat paljon kontteja. Tarve mittaukseen tulee asiakkailta, ei viranomaisilta. Riskinarviointia tilaajayritykset tekevät omien sisäisten toimintatapojen mukaan.

Viranomaiset eivät anna tarkkoja ohjeita, esimerkiksi siitä, mitä aineita tulee tutkia, mutta asiakkaat esittävät listan, mitä haluavat kontista määrittettävän. Tilaajayrityk-

set määrittävät itse mittaustarpeiden yksityiskohdat oman riskinarvioinnin perusteella. Yleinen ohjeistus on, että kaikkien yritysten on tehtävä oma riskinarviointi.

Kaikki lastit, joissa on riisiä, kaakaopapuja, bambua, puutuotteita ja muita ruoka-aineita on EWS:n kokemuksen mukaan kaasutettu, mutta niissä ei ollenkaan aina esiinny jäännöspitoisuuksia kaasutusaineista.

Reaktien ja EWS:n mukaan vuosia kestävä vähäisen altistuksen määrää ei arvioida nykyään Alankomaissa. Keskusteluissa ei käynyt ilmi, pidetäänkö Alankomaissa kattavaa rekisteriä konttienkäsittelyssä työskentelevistä henkilöistä ja käsitellyistä konteista. Haastateltujen henkilöiden mielestä on miltei mahdotonta osoittaa mahdollisen sairastumisen olevan seurausta konttien kanssa työskentelystä.

Nimeke	Perusteita kuljetuskonteissa esiintyvien kaasujen turvalliseen käsittelyyn
Tekijä(t)	Tuula Kajolinn, Marja Pitkänen, Tuula Pellikka & Johannes Roine
Tiivistelmä	<p>Työsuojelurahaston ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n rahoittaman hankkeen "Työturvallisuutta vaarantavien kaasujen riskienhallintakeinojen tunnistaminen tavarankuljetuskonteissa" tavoitteena oli tuottaa luotettava tutkimustietoa työturvallisuusohjeiden laatimisen pohjaksi. Projektin tavoitteena oli parantaa viranomaisten ja muiden ammattiryhmien, jotka voivat työssään altistua konteissa esiintyville kaasumaisille kemikaaleille, työturvallisuutta tuottamalla tutkimuksen ja mittausten keinoin perusteita, joiden avulla kuljetuskonttien turvallinen käsittely voidaan ohjeistaa.</p> <p>Hankkeessa selvitettiin kirjallisuuden perusteella konteissa esiintyviä kaasuja ja ominaisuuksia sekä niiden mittaamiseen soveltuvia mittaamenetelmiä ja kokeellisessa osassa tutkittiin konttien tuulettumisaikojia.</p> <p>Konteissa esiintyvät kaasut voivat olla peräisin joko lastista haihtuvista yhdisteistä tai konttiin tarkoituksella lisätystä torjunta-aineista (kaasutusaineet). Kaasuja mitataan analyysiputkien, kannettavien käsikäyttöisten mittalaitteiden ja analysaattorien avulla. Mitattavien komponenttien kirjo on laaja ja pitoisuusalueet alhaiset, että tällä hetkellä ei ole olemassa yksittäistä kaupallista laitetta, jolla pystyttäisiin luotettavasti mittaamaan kaikkia mahdollisia konteissa esiintyviä kaasuja ja niiden eri pitoisuuksia. Tämän vuoksi mittaamiseen joudutaan käyttämään rinnakkain useita eri menetelmiä.</p> <p>Tutkimuksen tulosten perusteella todettiin, että konttien tuulettumiseen vaikuttavat useat eri muuttujat kuten lastin tiiveys, lämpötila ja tuuletettava kaasu. Tämän vuoksi onkin suositeltavaa varmistaa tuulettamisen jälkeen, että haitallisten aineiden pitoisuudet ovat alentuneet vaarattomalle tasolle käyttäen luotettavia ja riittävän herkkiä mittaamenetelmiä. Riskien systemaattisella arvioinnilla ja konttien suunnitelmallisella tarkastelulla kuljetuskonttien käsittelyyn liittyviä riskejä voidaan hallita, ja erityisesti kehittää toimenpiteitä ja menettelytapoja riskien pienentämiseksi turvalliselle tasolle.</p>
ISBN, ISSN, URN	ISBN 978-951-38-8394-2 (URL: http://www.vtt.fi/julkaisu) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu) http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8394-2
Julkaisuaika	Tammikuu 2016
Kieli	Suomi, englanninkielinen tiivistelmä
Sivumäärä	72 s. + liitt. 7 s.
Projektin nimi	Työturvallisuutta vaarantavien kaasujen riskienhallintakeinojen tunnistaminen tavarankuljetuskonteissa
Rahoittajat	Työsuojelurahasto ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
Avainsanat	kuljetuskontti, turvallisuus, kaasu, kaasutusaine
Julkaisija	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111

Title	Foundations for safe handling of gases found in transport containers
Author(s)	Tuula Kajolinna, Marja Pitkänen, Tuula Pellikka & Johannes Roine
Abstract	<p>The objective of the project "Identification of risk management methods for gases that compromise occupational health and safety in the handling of transport containers", financed by the Finnish Work Environment Fund and VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, was to produce reliable research data to be used as a foundation for drawing up occupational health and safety guidelines. The aim of the project was to improve the occupational health and safety of authorities and other occupational groups that might be exposed to gaseous chemicals found in containers.</p> <p>The literature review part of the project studied the gases found in containers and their properties, as well as measuring methods suited for measuring the concentrations of such gases. The experimental part of the study, on the other hand, focused on examining the ventilation times of containers.</p> <p>The gases found in containers can originate from either the compounds that evaporate from the cargo or fumigation agents added intentionally to the container. Gas concentrations are measured using analysis tubes, handheld measuring devices and analysers. The range of components to be measured is wide and the concentration ranges low, so there is no single commercial device that could reliably measure all potential gases found in containers and their concentrations. Therefore, several parallel measuring methods need to be used.</p> <p>The results of the experimental study showed that there are several variables affecting the ventilation rate of containers, including the compactness and temperature of the cargo as well as the gas being ventilated. For this reason, after ventilation it is advisable to check using reliable and sufficiently sensitive measuring methods that the concentration of hazardous substances has fallen to a safe level. The risks associated with the handling of transport containers can be managed by means of systematic risk assessment and methodical inspection of containers. In particular, such steps help develop measures and operating methods for reducing the risks to a safe level.</p>
ISBN, ISSN, URN	ISBN 978-951-38-8394-2 (URL: http://www.vttresearch.com/impact/publications) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Online) http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8394-2
Date	January 2016
Language	Finnish, English abstract
Pages	72 p. + app. 7 p.
Name of the project	Identification of risk management methods for gases that compromise occupational health and safety in the handling of transport containers
Commissioned by	the Finnish Work Environment Fund and VTT Technical Research Centre of Finland Ltd
Keywords	container, freight, safety, fumigation, gas
Publisher	VTT Technical Research Centre of Finland Ltd P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland, Tel. 020 722 111

Perusteita kuljetuskonteissa esiintyvien kaasujen turvalliseen käsittelyyn

Työsuojelurahaston ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n rahoittamassa hankkeessa "Työturvallisuutta vaarantavien kaasujen riskienhallintakeinojen tunnistaminen tavarankuljetuskonteissa" tuotettiin luotettavaa tutkimustietoa työturvallisuusohjeiden laatimisen pohjaksi. Hankkeessa selvitettiin kirjallisuuden perusteella konteissa esiintyviä kaasuja, niiden ominaisuuksia ja mittaamiseen soveltuvia mittaamenetelmiä. Projektin kokeellisessa osassa tutkittiin konttien tuulettumisaikoja.

Tutkimuksen tulosten perusteella todettiin, että konttien tuulettumiseen vaikuttavat useat eri muuttujat, kuten lastin tiiveys, lämpötila ja tuuletettava kaasu. Riskien systemaattisella arvioinnilla ja konttien suunnitelmallisella tarkastelulla kuljetuskonttien käsittelyyn liittyviä riskejä voidaan hallita ja erityisesti kehittää toimenpiteitä ja menettelytapoja riskien pienentämiseksi turvalliselle tasolle.

ISBN 978-951-38-8394-2 (URL: <http://www.vtt.fi/julkaisut>)
ISSN-L 2242-1211
ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu)
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8394-2>