



SAVONIA

Tekniikka

Palopäällystön koulutus

OPINNÄYTETYÖ

MENETELMÄOHJE PAINEENALAISENA NESTEYTETYN KAASUN
SÄILIÖN PORAAMISEEN

Petri Leppinen

23.11.2015

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU - TEKNIikka, KUOPIO		
Koulutusohjelma Palopäällystön koulutusohjelma		
Tekijä Petri Leppinen		
Työn nimi Menetelmäohje paineenalaisena nesteytetyn kaasun säiliön poraamiseen		
Työn laji	Päiväys	Sivumäärä
Opinnäytetyö	23.11.2015	27 + 9
Työn valvoja	Yrityksen yhdyshenkilö	
vanhempi opettaja Jouni Salminen		
Yritys Pelastusopisto		
Tiivistelmä		
<p>Torjuntatoimet vaarallisten aineiden onnettomuudessa ja erityisesti torjuntavalmius paineenalaisena nesteytettyjen kaasujen siirtokuormaukseen onnettomuustilanteissa ovat aiheita, jotka kiinnostavat eri toimijoita. Liikenne- ja viestintäministeriö teetätti vuonna 2007 aiheeseen liittyvän selvityksen. Sen jälkeen eri työryhmät ovat tarkentaneet aihetta ja nostaneet esiin puutteita siirtokuormaukseen tarvittavasta kalustosta sekä osaamisesta.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli muokata TONISCO RV -poralaitteen käyttöohjeista TOKEVA -ohjeisiin menetelmäohje, joka ottaa huomioon onnettomuustilanteiden erityispiirteet ja riskit. Toisena tavoiteena oli kehittää simulaattori, jolla saadaan aikaiseksi todenmukaiset harjoitusolosuhteet.</p> <p>TONISCO RV -poralaitteen käyttöohjetta hyödynnettiin menetelmäohjeen tekemisessä ja sen lisäksi aineistoa kerättiin laitteen testauksilla sekä asiantuntijoiden haastattelulla.</p> <p>Torjuntamenetelmän valintaan vaikuttaa onnettomuudessa monet asiat: Vuotaako säiliö? Mikä on kemikaali? Mitä torjunta- ja siirtokuormauskalustoa on käytettävissä? Paineenalaisena nesteytetyn kaasun säiliön poraaminen vaatii asiantunte- musta ja se tehdään ainoastaan jos muuta vaihtoehtoa ei ole. TONISCO RV -pora- laitteen käyttäminen onnettomuustilanteessa vaatii osaamisen ylläpitoa.</p>		
Avainsanat paineenalaisena nesteytetty kaasun säiliön poraaminen, menetelmäohje		
Luottamuksellisuus julkinen		

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		
Degree Programme Fire Officer (Engineer)		
Author Petri Leppinen		
Title of Project Method Guide for Drilling Holes in a Pressurized Liquefied Gas Tank		
Type of Project	Date	Pages
Final Project	23 November, 2015	27+ 9
Academic Supervisor	Company Supervisor	
Mr Jouni Salminen, Senior Instructor		
Company The Emergency Services College		
Abstract		
<p>The response methods in case of an dangerous goods accident and in particular accident prevention preparedness of emergency transfer of pressurized liquefied gases are the topics that are of interest to different stakeholders. The Ministry of Transport and Communications launched an external study in 2007, and since then, various working groups have specified the topic and have raised the shortcomings of the necessary equipment and expertise.</p> <p>The objective of this study was to create a method guide for the TOKEVA instructions, the Finnish response guide for chemical accidents. Data was collected by studying the user manual of TONISCO RV emergency drill, by testing the drill as well as interviewing experts. The second objective was to develop a simulator, which will provide realistic training conditions for drilling pressurized tanks.</p> <p>Many factors affect the choice of response method to an accident. For example, if the tank leaks, what a chemical there is in the tank, and what transfer equipment is available. For drilling holes in a pressurized liquefied gas tank requires expertise and it is carried out only if there is no alternative. The use of the TONISCO RV - emergency drill at an accident calls for maintenance of knowledge</p> <p>As a result a method guide to be used with the TOKEVA instructions was created on the basis of the user manual of TONISCO RV. The method guide takes into account the specific characteristics and the risks in the event of an accident involving pressurized liquefied gases.</p>		
Keywords pressurized liquefied gas, drilling, tank, method guide		
Confidentiality public		

ALKUSANAT

Haluan kiittää kaikkia henkilöitä, jotka ovat osaltaan vaikuttaneet opinnäytetyöni muotoutumiseen. Suurin kiitos kuuluu vanhemmalle opettajalle Jouni Salmiselle, joka kärsivällisesti ohjasi opinnäytetyöni. Erityiskiitos kuuluu opettaja Kari Koivistoiselle, joka teki ehdotuksen opinnäytetyön aiheesta, kannusti projektin pitkittyessä ja osallistui viimeiseen poraustestaukseen noin viikkoa ennen kuin jäi ansaitsemalleen eläkkeelle. Kiitokset kuuluvat myös yliopettaja Kyösti Survolle, jolta sain keskusteluissamme näkemyksiä opinnäytetyön tekemiseen sekä kalustonhuoltaja Kari Kovakoskelle, jolta löytyi aina ratkaisu ongelmiini, kun kysymyksessä oli paineistaminen, paineen säätäminen tai mitaaminen. Alipäällystökurssi 37 ansaitsee kiitokset menetelmäohjeiden testauksesta ja laitteistoon liittyvistä kehittämis ehdotuksista.

Kuopiossa 23.11.2015

Petri Leppinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	4
2	SÄILIÖN PORAAMISEEN JA MENETELMÄOHJEESEEN LIITTYVÄ AINEISTO	6
2.1	Paineenalaisena nesteytetyt kaasut ja kuljetussäiliöt	6
2.2	TOKEVA 2012	10
2.2	Onnettomuuden torjuntatoimet	12
2.4	Hot - tap -menetelmä	15
2.5	TONISCO RV-porauslaite	17
3	MENETELMÄOHJE SÄILIÖN PORAAMISEEN JA TYHJENTÄMISEEN	19
4	POHDINTA	24
	LÄHTEET	26
	LIITE 1: OHJE M6F	28

1 JOHDANTO

Liikenne- ja viestintäministeriö teetätti vuonna 2007 Gaia Consulting Oy:llä selvityksen, joka ilmestyi LVM:n julkaisuna 71/2007 Kuljetettavien kaasusäiliöiden onnettomuuksien torjuntavalmius Suomessa ja muualla Euroopassa. Selvitys rajattiin paineenalaisina nesteytettyihin myrkyllisiin ja palaviin kaasuihin. Tavoitteina oli selvittää Suomen torjuntavalmius näissä onnettomuuksissa, selvittää vastaava tilanne Pohjoismaissa ja suurimmissa EU-maissa sekä ottaa kantaa siihen, mikä olisi riittävä torjuntavalmius Suomessa ja miten se tulisi järjestää.

Selvityksessä nousi esille useita ongelmia Suomen nykyisessä torjuntavalmiudessa, ja näille ongelmille esitettiin erilaisia ratkaisuja. Oppinäytetyöni aiheeseen oleellisesti vaikuttanut analyysin toteaa, että Suomessa ei tällä hetkellä ole kokemusta onnettomuustilanteesta, jossa painesäiliöön olisi jouduttu poraamaan uusi yhteys nesteytetyn kaasun siirtokuormaamiseksi.

Sisäasiainministeriö asetti vuonna 2009 teknisen työryhmän, jonka tehtävänä oli selvittää kuljetettavien kaasusäiliöiden siirtokuormauksessa tarvittava siirrettävä kalusto ottaen huomioon sekä maantie- että rautatiekuljetukset, kaluston saatavuus onnettomuuspaikalle ja lisäkaluston hankintatarpeet. Yhtenä jatkotoimenpiteenä ryhmä esitti, että säiliön porauslaitteistolle on hankittava käytännön toimintaohjeet ja tehtävä käyttökokeet todellisissa olosuhteissa. (VR-työryhmä 2011.)

Koska ministeriö ei jatkanut selvitystyötä, VR-Yhtymä Oy päätti jatkaa selvityksen tekemistä nesteytettyjen kaasujen rautatiekuljetusten siirtokuormauslaitteiston hankintatarpeista yhteistyössä asiakasyritysten ja asiantuntijoiden kanssa (VR-työryhmä 2011). Kari Koivistoinen oli Pelastusopiston edustajana mukana kummassakin edellä mainitussa työryhmässä. Keväällä 2011 hän ehdotti minulle oppinäytetyön aiheeksi säiliön porauslaitteiston testausta ja menetelmäohjeen tekoa.

Mielenkiintoni heräsi ehdotettuun oppinäytetyön aiheeseen, koska oma työni Pelastusopistolla vaarallisten aineiden opettajana kohdistuu näiden torjuntatoimien opettamiseen käytännössä ja kyseinen porauslaite kuuluu myös opetuskalustoon. Ajatus tyhjennysatu-

lan kiinnittämisestä kiristysliinoilla ja sen jälkeen porausaukon tekeminen paineiseen säiliöön herättivät seuraavat kysymykset: Kuinka suuret ovat porauslaitteiston käyttöön liittyvät riskit? Minkälainen koulutus tai ohjeistus on riittävä laitteiston käyttäjille?

Tämä opinnäytetyö on toiminnallinen ja tavoitteena on tuottaa TOKEVA-ohjeisiin (toimintaohjeet kemikaalien vaaratilanteille) menetelmäohje paineenalaisena nesteytetyn kaasun säiliön poraamisesta sekä kehittää simulaattori, jolla saadaan aikaiseksi todennukaiset harjoitusolosuhteet. Opinnäytetyö jakautuu kolmeen lukuun. Luvussa 2 käsitellään säiliön poraamisen ja menetelmäohjeeseen liittyvää aineistoa. Luvussa 3 käsitellään laitteiston testausta ja menetelmäohjeen muotoutumiseen vaikuttaneita asioita. Luvussa 4 pohditaan porauslaitteiston käyttöä onnettomuustilanteessa ja menetelmäohjeen käyttöön liittyviä asioita.

2 SÄILIÖN PORAAMISEEN JA MENETELMÄOHJEESEEN LIITTYVÄ AINEISTO

Tämän opinnäytetyön alkulähde on LVM:n selvitys kuljetettavien kaasusäiliöiden onnettomuuksien torjuntavalmiudesta Suomessa ja muualla Euroopassa. Opinnäytetyön aihe on tarkentunut siirtokuormaustyöryhmien käsittelyssä, joten seuraavassa osiossa käsitellään säiliön poraamiseen liittyen paineenalaisena nesteytettyjä kaasuja ja kuljetussäiliöitä, TOKEVA 2012:ta, onnettomuuden torjuntatoimia, hot - tap -menetelmää ja porauslaitteistoa.

2.1 Paineenalaisena nesteytetty kaasut ja kuljetussäiliöt

Tämä opinnäytetyö kohdistuu paineenalaisena nesteytettyihin myrkyllisiin kaasuihin (ammoniakki ja rikkidioksidi) sekä paineenalaisena nesteytettyyn palavaan kaasuun (nestekaasu ja erityisesti propaani). Kuljetettavien kaasusäiliöiden teknisissä tiedoissa huomioon on otettu maantie- ja rautatiekuljetukset.

Vuonna 2012 vaarallisten aineiden tiekuljetusten määrä oli yhteensä 12,0 miljoonaa tonnia ja luokan 2 osuus tuosta kokonaiskuljetusmäärästä noin 6 % (693 300 tonnia). Kuljetusluokan sisällä kuljetusmäärät jakautuivat seuraavasti: palamattomia myrkyttömiä kaasuja 478 872 tonnia, palavien kaasujen osuus oli 165 660 tonnia ja myrkyllisten kaasujen osuus oli 48 768 tonnia.

Vuonna 2012 vaarallisten aineiden rautatiekuljetusten määrä oli yhteensä 5,1 miljoonaa tonnia ja luokan 2 osuus tuosta kokonaiskuljetusmäärästä 19 % (957 700 tonnia). Suurin osa luokan 2 kuljetuksista oli palavia kaasuja 677 049 tonnia, myrkyllisten kaasujen osuus oli 280 617 tonnia ja palamattomien myrkyttömien kaasujen osuus oli 81 tonnia. (Trafi 2013, 2, 5, 28, 30, 36, 37.)

Merkittävimmät erot vuosien 2002 ja 2012 kaasujen kuljetusmäärissä ovat seuraavanlaiset: maantiekuljetuksissa palavien kaasujen kuljetusmäärä on laskenut noin 15 000 tonnia, rautatiekuljetuksissa palavien kaasujen kuljetusmäärä on noussut noin 300 000 tonnia ja myrkyllisten kaasujen kuljetusmäärä on laskenut noin 35 000 tonnia. Aikaisemmissa liikene- ja viestintäministeriön vaarallisten aineiden viisivuotisselvityksissä on eritelty

yksittäisinä aineina: ammoniakki, rikkidioksidi, kloori ja nestekaasu sekä niiden kuljetusmäärät, nykyisessä Trafin tilastoinnista nuo yksittäisten aineiden tiedot puuttuvat. Kaasujen ainekuvaukset ja yleiset fysikaaliset-kemialliset ominaisuustiedot ovat OVA-ohjeista.

Ammoniakki on väritön, voimakkaasti pistävänhajuinen, erittäin ärsyttävä kaasu, joka voidaan helposti nesteyttää värittömäksi nesteeksi. Kun 1 litra nesteytettyä ammoniakkia höyrysty ilmakehän paineessa, muodostuu noin 750 litraa ammoniakkikaasua.

Tiheys	0,68 (-33°C:ssa) ja 0,77 (0°C:ssa)
Kiehumispiste	-33°C
Höyrynpaine 20 °C:ssa	882 kPa (6 600 mmHg)
Höyryn tiheys	0,6 (ilma = 1)
Syttymisrajat	16 - 25 %

Taulukossa 1 on esitetty ammoniakin höyrynpaine säiliössä olevan nesteen lämpötilan mukaisesti. Arvot ovat höyrynpainekäyrästä otettuja ja niissä saattaa olla pieniä epätarkkuuksia.

Taulukko 1. Ammoniakin höyrynpaine (Gas Encyclopedia. Ammonia).

Temp.	Pressure		Temp.	Pressure		Temp.	Pressure
-35 °C	93.19 kPa		-10 °C	290.8 kPa		15 °C	728.3 kPa
-30 °C	119.6 kPa		-5 °C	354.8 kPa		20 °C	857.1 kPa
-25 °C	151.6 kPa		0 °C	429.4 kPa		25 °C	1003 kPa
-20 °C	190.2 kPa		5 °C	515.7 kPa		30 °C	1166 kPa
-15 °C	236.3 kPa		10 °C	614.9 kPa		35 °C	1350 kPa

Rikkidioksidi on väritön, pistävänhajuinen ärsyttävä tai syövyttävä kaasu, joka on kuljetussäiliöissä ja varastosäiliöissä paineenalaisena nesteenä. Kun 1 litra nesteytettyä rikkidioksidia höyrystyy ilmakehän paineessa, muodostuu noin 500 litraa rikkidioksidikaasua. Nestevuodosta höyrystyvä rikkidioksidi muodostaa sumua vuodon lähialueella.

Tiheys	1,4 (neste -10°C:ssa, vesi = 1)
Kiehumispiste	-10°C
Höyrynpaine	330 kPa (2 480 mmHg) 20°C:ssa
Höyryn tiheys	2,3 (ilma = 1)

Taulukossa 2 on esitetty rikkidioksidin höyrynpaine säiliössä olevan nesteen lämpötilan mukaisesti. Arvot ovat höyrynpainekäyrästä otettuja ja niissä saattaa olla pieniä epätarkkuuksia

Taulukko 2. Rikkidioksidin höyrynpaine (Gas Encyclopedia. Sulphur dioxide).

Temp.	Pressure		Temp.	Pressure
-10 °C	100 kPa		15 °C	275 kPa
-5 °C	125 kPa		20 °C	330 kPa
0 °C	160 kPa		25 °C	400 kPa
5 °C	180 kPa		30 °C	445 kPa
10 °C	230 kPa		35 °C	500 kPa

Propani varastoidaan ja kuljetetaan nesteytettyinä kaasupulloissa ja -säiliöissä. Kaupallisen propanin pääkomponentti on propaani. propaani on erittäin helposti syttyvä. Vuodossa muodostuva propanin ja ilman seos on ilmaa raskaampi ja painuu siksi lattian tai maanpinnan läheisyyteen keräytyen esimerkiksi kuoppiin ja kellareihin.

Nesteen tiheys (15 °C:ssa)	0,51 (vesi = 1)
höyrynpaine (20 °C:ssa)	930 kPa (propani 840 kPa)
Tilavuussuhde kaasu/neste	240
Höyryn tiheys	1,5 (ilma = 1)
Kiehumispiste	-45°C (propani -42°C)
Syttymisrajat	2,2 - 9,5 %

Taulukossa 3 on esitetty propanin höyrynpaine säiliössä olevan nesteen lämpötilan mukaisesti. Arvot ovat höyrynpainekäyrästä otettuja ja niissä saattaa olla pieniä epätarkkuuksia.

Taulukko 3. Propanin höyrynpaine (Gas Encyclopedia. Propane).

Temp.	Pressure		Temp.	Pressure		Temp.	Pressure
-42 °C	100 kPa		-15 °C	300 kPa		10 °C	630 kPa
-35 °C	140 kPa		-10 °C	350 kPa		15 °C	750 kPa
-30 °C	160 kPa		- 5 °C	425 kPa		20 °C	930 kPa
-25 °C	200 kPa		0 °C	450 kPa		25 °C	1000 kPa
-20 °C	225 kPa		5 °C	530 kPa		30 °C	1250 kPa

Taulukossa 4 on esitetty kuljetussäiliöiden tekniset tiedot ja ne on kerätty TOKEVA 2012:sta, VR Transpointin asiakkaan oppaasta, maantiekuljetuskaluston valmistajilta Alumatic Oy:ltä ja Eurotank Oy:ltä sekä siirtokuormaustyöryhmän pöytäkirjoista.

Taulukko 4. Kuljetussäiliöiden tekniset tiedot

Ammoniakki	säiliötilavuus	kokonaispaino	säiliövaipan paksuus
Säiliövaunu (FIN)	77 m ³	74 tonnia	15 mm
Säiliövaunu (RUS)	54 – 87 m ³	64 – 90 tonnia	24 – 26 mm
Rikkidioksidi			
Säiliövaunu	43 m ³	78 tonnia	10 mm
Säiliöauto/ peräv.	12/ 18–20 m ³	25 – 27 tonnia	10 mm
Nestekaasu (prop.)			
Säiliövaunu (FIN)	77 – 83 m ³	62 - 68 tonnia	16 mm
Säiliövaunu (RUS)	54 – 75 m ³	58 – 81 tonnia	23 – 28 mm
Säiliöauto/ peräv.	27–35/52 m ³	33 – 36 tonnia	8 – 10 mm

2.2 TOKEVA 2012

TOKEVA 2012 -ohjeet sisältävät torjuntaohjeet kemikaalien ja muiden vaarallisten aineiden vaaratilanteille. Torjuntaohjeet on laadittu TOKEVA-projektissa vuosina 2009 - 2012 Palosuojelurahaston ja Pelastusopiston rahoituksella.

Taktiset (T-ohjeet) ovat vaaraluokka- tai ainekohtaisia ohjeita. Taktiset ohjeet sisältävät luettelon esimerkkiaineista, keskeiset vaaratekijät, vaara-alueen, henkilönsuojaimet, välineet ja toimenpiteet. Toimenpiteet on luokiteltu 14 kohtaan. (Pelastusopisto 2012.)

Torjuntataktiikan vaiheet ovat Tokeva-ohjeiden mukaisesti seuraavat:

1. Aloita tiedustelu ja lähesty onnettomuuspaikkaa tuulen yläpuolelta.
2. Käytä henkilönsuojaimia.
3. Pelasta onnettomuuden uhrin.
4. Tiedustele vuoto ja määritä vaara-alue. Perusta huuhtelupaikka.
5. Eristä vaara-alue sivullisilta ja liikenteeltä.

6. Miten tilanne kehittyy? Kysy neuvoa asiantuntijalta.
7. Estä tulipalon syttyminen tai sammuta se.
8. Estä aineen leviäminen.
9. Tuki vuodot.
10. Tee vuotanut aine vaarattomaksi.
11. Ilmoita viranomaiselle ympäristövahingosta.
12. Lopeta pelastustoiminta.
13. Poista rajoitukset.
14. Puhdista saastuneet vaatteet ja varusteet.

Menetelmäohjeet (M-ohjeet) täydentävät taktisia torjuntaohjeita (T-ohjeita). Menetelmäohjeet on järjestetty yleisen torjuntataktiikan vaiheiden mukaan. Tietyissä taktiikan vaiheissa voidaan tilanteen mukaan käyttää useita torjuntamenetelmiä. Nämä on merkitty kirjaimin. Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty menetelmäohjeiden kytkeytyminen torjuntataktiikan vaiheisiin. (Pelastusopisto 2012.)

Taulukko 5. **6. Miten tilanne kehittyy? Kysy neuvoa asiantuntijalta.**

Menetelmäohjeen numero ja kirjain	Ohjeen nimi
M6a	Säiliöauton VAK 3 (palavat nesteet) tyhjentäminen ja nosto
M6b	Säiliöauton VAK 2 (jäähdyttämällä tai paineenalaisena nesteytetyt palamattomat kaasut) tyhjentäminen ja nosto
M6c	Säiliöauton VAK 2 (paineenalaisena nesteytetyt palavat kaasut) tyhjentäminen ja nosto
M6d	Säiliöauton VAK 2 (paineenalaisena nesteytetyt myrkylliset kaasut) tyhjentäminen ja nosto
M6e	Säiliöauton VAK 2 (jäähdyttämällä nesteytetyt palavat kaasut) tyhjentäminen ja nosto

Taulukko 6. **10 Tee vuotanut aine vaarattomaksi.**

Menetelmäohjeen numero ja kirjain	Ohjeen nimi
M10a	Siirtopumppaus
M10b	Imeytysaineen käyttö
M10c	Neutralointi

2.2 Onnettomuuden torjuntatoimet

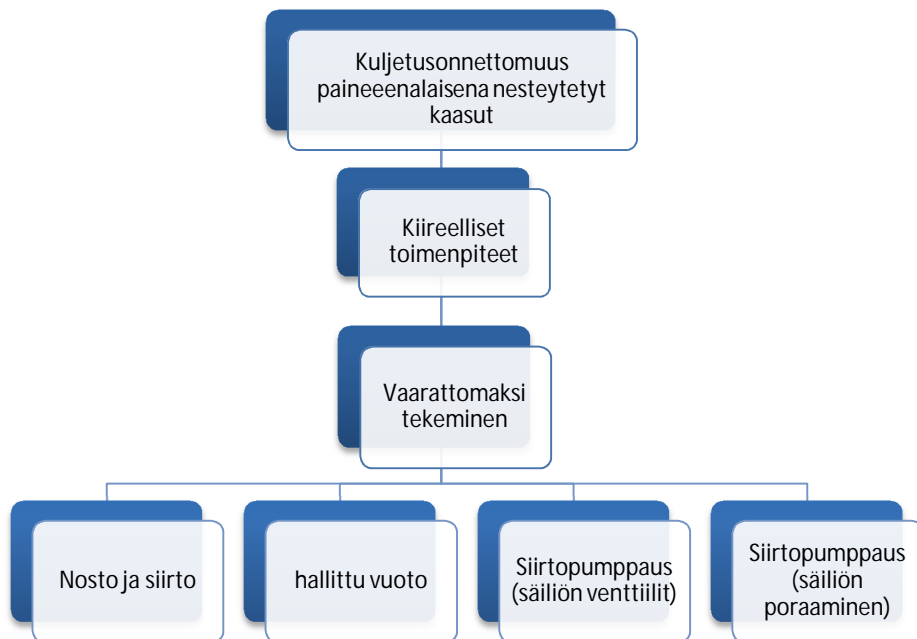
Pelastuslaki 2011/379 määrittelee 32§ Pelastustoimintaan kuuluvaksi:

- 1) hälytysten vastaanottamisen;
- 2) väestön varoittamisen;
- 3) uhkaavan onnettomuuden torjumisen;
- 4) onnettomuuden uhrien ja vaarassa olevien ihmisten, ympäristön ja omaisuuden suojaaminen ja pelastamisen;
- 5) tulipalojen sammuttamisen ja vahinkojen rajoittamisen;
- 6) 1–5 kohdassa mainittuihin tehtäviin liittyvät johtamis-, viestintä-, huolto- ja muut tukitoiminnot.

Pelastuslaitos vastaa pelastustoimintaan kuuluvien tehtävien hoitamisesta, kun tulipalo, muu onnettomuus tai niiden uhka vaatii kiireellisiä toimenpiteitä ihmisen hengen tai terveyden, omaisuuden tai ympäristön suojaamiseksi tai pelastamiseksi ja toimenpiteet eivät ole onnettomuuden tai sen uhan kohteeksi joutuneen omin toimin hoidettavissa tai kuulu muun viranomaisen tai organisaation hoidettavaksi (Pelastuslaki, 2 §).

Torjunta- ja pelastustoimilla on tietty kiireellisyysjärjestyksensä ja voimavaroista riippuvat toteuttamismahdollisuutensa. Torjuntatoimiin onnettomuustilanteessa vaikuttaa suuresti se, onko säiliö vaurioitunut ja ovatko sen venttiilit ulottuvilla, sekä tietenkin se, mikälaista kalustoa ja asiantuntemusta on saatavilla. Jos säiliö vuotaa, torjuntatoimet ovat aina haastavampia ja onnettomuuden seuraukset saattavat olla huomattavasti vakavampia. (Pelastusopisto 2012.)

Kuvassa 1 tarkastellaan toimintaa onnettomuuden jälkeisessä tilanteessa ja tekstissä selitetään toimenpiteet, joilla tilanne tehdään vaarattomaksi.



Kuva 1. Tilanteen vaarattomaksi tekeminen

Valittaessa onnettomuustilanteessa vaarattomaksi tekemisen menetelmää tulee ottaa yhteyttä kaasun lähettäjään ja kuljetusyritykseen ja pyytää asiantuntija-apua. (Pelastusopisto 2012). Paineenalaisena nesteytettyjen kaasujen parissa toimivat yritykset pystyvät tarjoamaan asiantuntija-apua, mahdollisesti torjuntaan ja siirtokuormaukseen tarvittavaa kalustoa sekä osaajia erityiskaluston käyttämiseen (LVM 2007, 28).

Säiliön **Nostamiseen ja siirtoon** liittyy aina suuret riskitekijät, jotka on otettava huomioon. TOKEVA 2012 ohjeistaa menetelmäohjeissa, että säiliö on aina tyhjennettävä ennen nostoa. Nestekaasusäiliötä valmistavan Eurotank Oy:n myyntipäällikkö Henrik Joki vastasi sähköpostikeskustelussamme 5.11.2015, että Eurotank Oy ei anna lupaa säiliöidensä nostamiseen täydessä kuormassa.

Nosto ja siirto voisivat tulla kysymykseen, kun säiliö on lievässä suistumisessa vaurioitumaton ja kuljetettavissa määränpäähän tai vaunu saadaan nostettua tunkilla takaisin raiteille ja siihen ei liity suuria riskejä (LVM 2007, 28). Opinnäytetyön ohjaajan kanssa käydyissä keskusteluissa on mietitty säilin nostoa ja siirtoa mahdolliseksi säiliön osittaisen tyhjennyksen jälkeen, mutta tämäkin tulee arvioida tapauskohtaisesti.

Hallittu vuoto tulee kysymykseen silloin jos siirtopumppaukseen sopivia letkuja ja liittimiä ei ole käytettävissä. Mikäli vuotavaa säiliötä ei saada tyhjennettyä, säiliö voidaan peittää ja höyrystynyt kaasu sitoa ja laimentaa vedellä ja kerätä talteen tai antaa pikku hiljaa haihtua ilmaan. (LVM 2007, 28–29.)

Säiliön poraus tulee kysymykseen, mikäli venttiilit eivät ole ulottuvilla tai ovat vaurioituneet. Säiliön poraus vaatii asiantuntemusta ja se tehdään ainoastaan jos muuta vaihtoehtoa ei ole. Säiliön poraaminen saattaa tulla kyseeseen lähinnä rautateillä, sillä säiliövaunuissa on vähän yhteitä. (LVM 2007, 29.)

Siirtopumppaus/siirtokuormaus säiliön venttiileistä tai poratun reiän kautta tapahtuu siten, että säiliö paineistetaan kaasulla, jolloin nesteytetty kaasu saadaan "ajettua" siirtokuormaussäiliöön. Ammoniakin ja nestekaasun siirtoon käytetään tyypeä ja rikkidioksidin siirtoon voi käyttää paineilmaa. Mikäli kaasun siirto paineistettuna ei ole mahdollista, säiliöiden nestepuolet yhdistetään letkulla ja siirrettävä kaasu imeytetään toiseen säiliöön, jossa on sopivaa imeytysainetta (esim. vettä tai lipeää). (LVM 2007, 27–28.)

Pelastusopisto on antanut vuonna 2001 lausunnon vaarallisten aineiden siirtokuormauslaitteistojen hankinnasta ja siitä, minkälaisissa tilanteissa siirtokuormaus kuuluu välittömiin pelastustoimenpiteisiin. Jos säiliössä ei ole ollut lainkaan vuotoa tai sillä ei ole repeytymisen tai vuodon vaaraa, ei siirtokuormaus tällöin kuulu kiireellisesti suoritettaviin toimenpiteisiin. Siirtokuormaus kuuluu yksiselitteisesti kiireellisesti suoritettaviin tehtäviin, jos sillä onnettomuustilanteessa voidaan rajoittaa tai estää lisävahinkojen syntyminen tai muuten pienentää onnettomuuden aiheuttamaa välitöntä uhkaa. Esimerkiksi tilapäisesti tukitun vuodon kiinnipysymiseen ei onnettomuustilanteessa voida koskaan luottaa, jolloin tukkimisen välittömänä jatkotoimenpiteenä on säiliön tyhjennys siirtokuormauksineen. Tilanne on vastaavanlainen myös säiliön saatua suurenergisen iskun tai altistuttua riittävästi lämmölle, jolloin on olemassa säiliön repeytymisen vaara. Vaarallisten

aineiden ja varsinkin nesteytettyjen kaasujen onnettomuuksissa siirtokuormaus edellyttää aina palokunnan läsnäoloa. Pelkkä nesteytetyn kaasun siirtokuormaus onnettomuuspaikalla on sinänsä jo riittävä vaaratekijä. (Pelastusopisto 2001.)

2.4 Hot - tap -menetelmä

Hot-tap-hitsaus on erityistekniikka putkistoyhteiden (kun materiaali on hiiliterästä) liittohitsaukseen, joka tapahtuu prosessin ollessa käynnissä. Puikkohitsaamalla liitetään ensin yhteysputki kehähitsein paineenalaiseen emäputkeen ja tämän jälkeen porataan emäputkeen yhteysputken kautta reikä tähän tarkoitukseen valmistetulla painetta kestäväällä porauslaitteistolla. (Nevasmaa ja Järvinen 1997, 33–34.)

Koska hitsaus tapahtuu kenttäolosuhteissa ja emäputkessa voi virrata paineenalainen, paloarka neste tai kaasu, menetelmän käyttöön sisältyy ilmeisiä riskejä. Terästen korkeahko hiilipitoisuus yhdessä virtaavan väliaineen jäähdytysvaikutuksen kanssa voimistaa emäputken muutosvyöhykkeen karkenemista, mikä lisää vetyhalkeilu- ja jännityskorroosiohalkeiluvaaraa. Toisaalta putkien verrattain ohuiden seinämänpaksuuksien (alle 6 mm) sekä käsin tapahtuvan asentohitsauksen paikallisten lämmöntuontivaihtelujen (jos emäputken seinämän sisäpinnan huippulämpötila hitsauskohdan alla ylittää noin 1 000°C) takia läpipalamisvaara on ilmeinen. Tästä syystä hot-tap-hitsauksessa on yleisesti käytetty pieniä puikkokokoja (1,6... 2,25 mm), pientä hitsausvirtaa ja useita palkokerroksia (4 - 5). (Nevasmaa ja Järvinen 1997, 33–34.)

VTT ja Neste Oy ovat yhdessä toteuttaneet vuonna 1997 tutkimushankkeen, jonka tavoitteena oli hot-tap-menetelmän käytön ohjeistaminen siten, että vältetään sekä emäputken läpipalamisriski että muutosvyöhykkeen liallinen karkeneminen. (Nevasmaa ja Järvinen 1997, 33–34.) Neste Oyj:n ohjeistus koskee putkistoihin tehtäviä hot-tap-töitä, mutta säiliöille hot-tap-ohjeistusta ei ole, koska prosessiolosuhteissa oleviin säiliöihin ei saa lisätä mitään kuormitusta, jota ei ole huomioitu alkuperäisen laitteen suunnittelussa.

Norjan Lilleströmissä sattui huhtikuussa 2000 säiliövaunuonnettomuus, jossa kaksi tavarajunaa törmäsi asemalla. Toiseen veturiin oli kytkettynä kaksi propaanisäiliövaunua, ja törmäyksen seurauksena kummankin vaunun säiliö alkoi vuotaa. Vuotava propaani paloi vaunujen välissä. Palokunta arvioi säiliöiden räjähdysvaaran suureksi, minkä seurauksena

aseman ympäristö eristettiin. Säiliöitä päätettiin vaelle runsaalla vedellä, jotta niiden lämpötila ei nousisi ja repeämisvaara pienenesi. Liekit kuitenkin kasvoivat ja repeämisvaara lisääntyi, joten alue evakuoitiin 800 m:n säteeltä. (Solbakken 2000.)

Pelastustoimi otti yhteyttä kemikaaliasiantuntijaluettelonsa kaasuasiantuntijaan, ja kyseisen propaanilastin omistajalta pyydettiin asiantuntijoita. Myös Ruotsin Statoililta, jossa vaunut oli kuormattu, saapui asiantuntijoita. Pelastustoimi teki päätöksen toimenpiteistä asiantuntijoiden kanssa käytyjen neuvottelujen perusteella. (Solbakken 2000.)

Paloa ei saatu sammutettua, joten ensimmäisen vaunun säiliön sisältö päätettiin tyhjentää säiliön venttiileistä ja polttaa samaan aikaan, kun vuotava kaasu paloi. Toisen vaunun tyhjentämiseksi säiliöön porattiin reiät tyhjennyspolttimien letkuja varten ja propaani poltettiin. (Solbakken 2000.) Kuvassa 2 on tyhjennysyhde hitsattu kiinni säiliöön ja porauslaite on paikoillaan.



Kuva 1. Yhteysputki hitsattu ja porauslaite paikoillaan. Säiliön paksuus 12,2 mm (NOU 2001, 41, 66).

2.5 TONISCO RV-porauslaite

TONISCO System Oy on tamperelainen perheyritys - yritys on perustettu vuonna 1969. Toiminta-ajatus on kehittää ja myydä laitteita ja palveluja paineputkistojen käytön aikaiseen kunnossapitoon. TONISCO System Oy palvelee suoraan tai edustajien välityksellä asiakkaita yli 20 maassa. Vuoteen 2007 mennessä on toimitettu noin 1700 haaroitusjärjestelmää ja haaroitusten tekemiseen yli 100 000 porausventtiiliä. Yritys valmistaa porauslaitteet paineellisiin haaroituksiin ja tekee haaroituksia: kaukolämpö putkistoihin (virtausaine 60 - 110°C asteinen vesi, paine 5 - 15 Bar), vesijohtoihin, jäähdytyslinjaputkistoihin ja kaasuputkistoihin, joissa paine noin 40 bar. (TONISCO System Oy.)

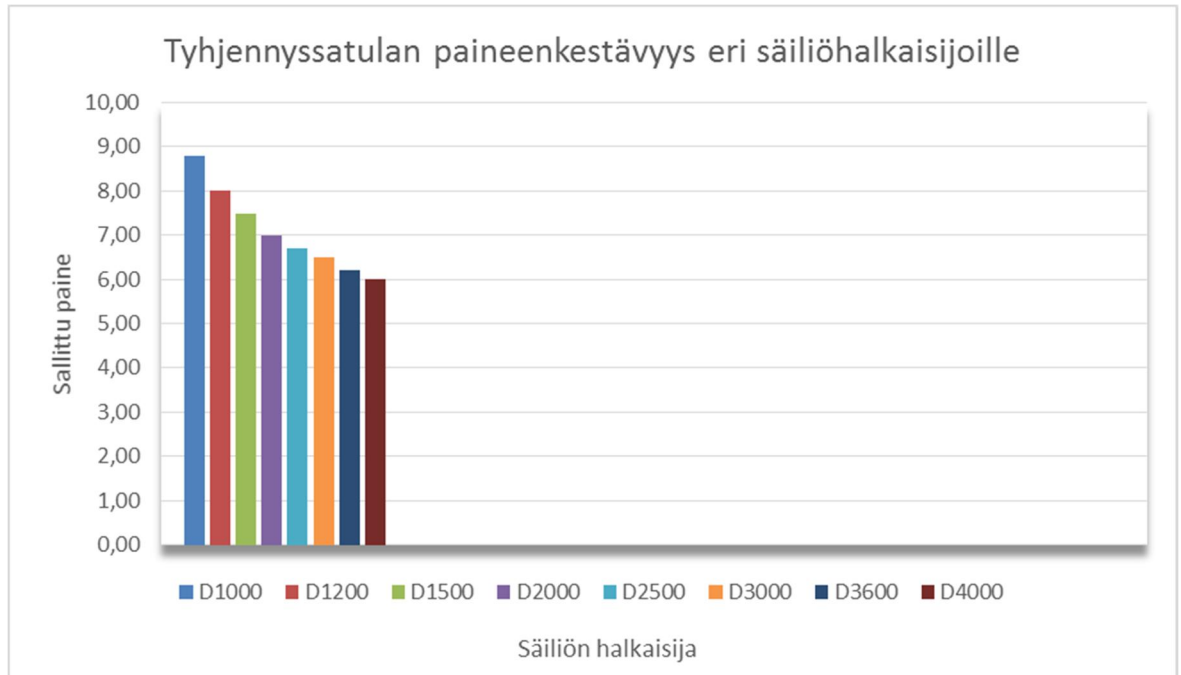
TONISCO RV-porauslaitteisto on kehitetty vaarallisia, myrkyllisiä tai tulenarkoja nesteitä tai kaasuja sisältävien paineellisten säiliöiden tai putkien tyhjentämiseksi katastrofitilanteissa. Laitteen avulla on mahdollista suorittaa niiden erittäin nopea tyhjentäminen vaaran uhatessa. (TONISCO System Oy.)

TONISCO RV-porauslaitteisto perustuu jo vuosia käytettyyn haaroituslaitteeseen, se on vuosien varrella kehittynyt varmatoimiseksi ja erittäin helppokäyttöiseksi mahdollistaen työskentelyn vaihtelevien putkistomateriaalien sekä eri virtausaineiden kanssa myös hankalissa olosuhteissa ja korkeissa paineissa. (Tonisco System Oy.)

Poikkeuksena hot-tap-menetelmään kumitiivisteellä varustettu tyhjennysatula kiinnitetään säiliön pintaan neljällä sidontaliinalla (yhden liinan vetolujuus 25 000 N), joissa on kiristimet. Tämä asettaa rajoitteita paineenkestolle, joka riippuu säiliön kaarevuudesta, koska mitä suurempi on säiliön halkaisija, sitä suurempi on myös hinnan muodostama kulma ja kiristyshihnoihin kohdistuva jännitys kasvaa. (TONISCO RV Porauslaite.)

Kaaviossa 1 on esitetty porauslaitteiston ohjeista löytyvä kuvaaja, joka esittää säiliöhal- kaisijan mukaisen maksimipaineen. Toisaalta käyttöohjeen suositus maksimipaineesta porattavassa säiliössä on noin 6 bar. TONISCO System Oy:n edustajat ovat laatineet kuvaajan, joka perustuu empiiriseen aineistoon kiinnittämällä satula erilaisiin pintoihin li- säten painetta kunnes vuotamista on esiintynyt. Kuvaajan perusteella on valittu 6 bar raja- arvoksi, joka tuntuu mahdolliselta saavuttaa kaikilla kyseeseen tulevilla kaarevuuksilla, kunhan kiristäminen on tehty huolellisesti. Kyseistä laitteistoa on käytetty esimerkiksi

Ruotsissa polttoöljysäiliöiden poraamiseen, eli säiliö on ollut lähes paineeton ja porausreikä on tehty säiliön höyrytilaan. (Tonisco RV Porauslaite.) Minulla ei ole tietoa, että kyseistä laitteistoa olisi käytetty paineellisten kaasusäiliöiden poraamiseen onnettomuustilanteessa.



Kaavio 1. Tyhjennysatulan paineenkestävyys eri säiliöhalkaisijoille (Tonisco RV Porauslaite).

3 MENETELMÄOHJE SÄILIÖN PORAAMISEEN JA TYHJENTÄMISEEN

Toiminnallisen opinnäytteen tarkoituksena oli muokata Tonisco RV poralaitteiston seikkaperäisestä käyttöohjeesta TOKEVA 2012:n mukaisen menetelmäohjeen, joka ottaa huomioon onnettomuustilanteiden erityispiirteet ja porauslaitteiston turvalliseen käyttöön liittyvät vaatimukset. Toisena tavoitteena oli luoda todenmukaiset harjoitusolosuhteet, joilla porausta voidaan harjoitella paineelliseen säiliöön vaarattomalla aineella.

Toiminnallisen opinnäytetyön taustatyö alkoi jo opiskelujeni alkuvaiheessa ja keskittyi porauslaitteiston teknisten tietojen sekä paineenalaisena nesteytettyjen kaasujen siirto-kuormaukseen liittyvien asioiden omaksumiseen. Varsinaisten menetelmäohjeiden muokkaamiseen ja porauslaitteiston testaamisen aloitin 2014. Aluksi testasin laitteiston asentamista kiristysliinoilla säiliön pintaan ja huomioin asioita, jotka vaikeuttivat tyhjennysatulan tiivistymistä säiliön pintaan.

Tyhjennysatulan asentamista kiristysliinoilla säiliön pintaan vaikeuttavat tai kokonaan estävät kuljetussäiliöön liittyvät muut rakenteet kuten säiliön päällä olevat kulkusillat tai kaapit säiliön alasuissa, kuten kuvan 3 esimerkissä.



Kuva 2. Esimerkki sivukaapistoista, jotka estävät tyhjennysatulan käytön (Alumatic Oy).

Tyhjennyssatulan asennuksissa huomioin myös kiristysliinojen tasaisen kiristyksen tärkeyden. Tämä tuli esille myös TONISCO System Oy:n edustajan Kari Nisson kanssa 9.11.2015 käydyssä sähköpostikeskustelussa, jossa hän painotti että paineen kasvaessa on kiristysliinojen oikea, symmetrinen asento huomioitava, samoin niiden sopiva ja tasainen kiristys.

Säiliön pinna epätasaisuus johtuen epäpuhtauksien, maalipinnan tai ruosteen takia estävät tyhjennyssatulan tiivistymisen säiliön pintaan. Ratkaisuna tiiveysogelmille on epäpuhtauksien puhdistaminen ja tarvittaessa säiliöpinnan varovainen hiominen kohdasta, johon tyhjennyssatula asennetaan. Kuvassa 4 on tyhjennyssatula ja kumitiiviste, joka tiivistää tyhjennysatulan säiliön pintaan.

Tiiveyskoetta paineilmalla tehdessäni kumitiiviste tuli muutamia kertoja osittain pois urastaan. Tämä voi johtua myös kiristysliinojen epätasaisesta kiristämisestä, mutta kun



Kuva 3. Tyhjennyssatula.

vaihdoin halkaisijaltaan 10 mm kumitiivisteeseen halkaisijaltaan 12 mm, halkaisijaltaan suurempi kumitiiviste antoi kiristämiseen vähän enemmän varaa.

Ensimmäisen menetelmäohjeluonnoksen tein syksyllä 2014. Menetelmäohjeen paikan ratkaiseminen oli ensimmäinen tehtäväni. Palavallilla nesteillä säiliön poraaminen ja tyhjentäminen menetelmänä on sisällytetty ohjeeseen M6a Säiliöauton tyhjentäminen ja nosto. Samalla tapaa tämän ohjeen olisi voinut laittaa osaksi kahta menetelmäohjetta, jotka ovat M6c Säiliöauton (paineenalaisena nesteytetyt palavat kaasut) tyhjentäminen ja nosto sekä M6d Säiliöauton (paineenalaisena nesteytetyt myrkylliset kaasut) tyhjentäminen ja nosto.

Oma ajatukseni on alusta asti ollut, että Kuljetussäiliön VAK 2 (paineenalaisena nesteytetyt palavat kaasut), (paineenalaisena nesteytetyt myrkylliset kaasut) Säiliön poraaminen ja tyhjentäminen tehdään omaksi menetelmäohjeeksi M6f. Ohjeiden M6c ja M6d kohdassa *3 Menetelmät* ja sen alakohtaan *valmistautuminen* lisätään teksti: jos säiliötä ei saada tyhjennettyä muulla tavoin, voidaan säiliön vaippaan tehdä reikä poraamalla ja tyhjentää säiliö sitä kautta. katso ohje M6f (josta linkki ohjeeseen).

Tonisco RV-poralaitteen käyttö- ja huolto-ohjeet ovat erittäin seikkaperäiset, ja sellaisenaan ne eivät sovellu onnettomuustilanteen aikana luettavaksi. Tehdessäni menetelmäohjetta pyrin supistamaan alkuperäistä ohjeistusta ja löytämään sieltä oleelliset tiedot, mutta kumminkin niin, ettei porauksen turvallisuus kärsi. Jaotuksessa käytin seuraavia otsikoita: tilanteet, säiliön poraaminen tyhjennysatulalla, jonka alaotsikoina ovat määritä porauskohta, tyhjennysatulalan asentaminen, säiliön poraaminen säiliöön hitsattavalla tyhjennysyhteellä poralaitteen asentaminen, painekokeen suorittaminen ja poraus.

Alipäällystökurssi 37 pääsi testaamaan syksyllä 2014 laitteistoa ja menetelmäohjetta. Pidin aluksi noin 45 minuutin oppitunnin laitteistosta ja menetelmäohjeesta, minkä jälkeen menimme kouluttajajohtoisesti asentamaan laitteiston harjoitusalueella sijaitsevaan venäläiseen ammoniakkivaunuun. Tiiveyskoe ja poraus tehtiin onnistuneesti. Harjoituksesta saatu koulutuskokemus ja alipäällystökurssin rakentava palaute ja kehittämissuhteet antoivat merkin siitä, että olen menossa ohjeistuksen kanssa oikeaan suuntaan.

Seuraavana oli vuorossa paineellisen simulaattorin kehittäminen. Simulaattorin rakennetta esiteltä kuvissa 5 ja 6. Säiliön vesipaineistus oli tavoitteeni alusta asti, koska vesi aineena on vaaraton. Ongelma olikin se, kuinka saan paineistettua sopivan kokoisen säiliön, johon voi harjoitella myös tyhjennyssatulan asentamista. Useat keskustelut kollegoideni kanssa herättivät ajatuksen piensimulaattorista, joka on asennettavissa venäläiseen ammoniakkivaunuun, ja paineistus saadaan aikaiseksi joko painepesurilla tai sammutusauton pumpulla. Simulaattori valmistui kesällä 2015, ja testaukset tein lokakuussa 2015. Simulaattorin paineistus onnistui, ja tein koeporauksen säiliöön, jossa paine oli 3,2 bar. Tämän jälkeen korotin paineen 5,2 bar:iin ja lopuksi 7 bar:iin, joilla testasin vielä liinosten kestävyys sekä tyhjennyssatulan tiiveyden. Simulaattorina toimivan venäläisen ammoniakkivaunun halkaisija on 3230 mm, joten tyhjennyssatulan paineenkestävyys kyseisellä säiliöllä on noin 6,5 bar, ja testauksessa tuo paineenkesto täyttyi.



Kuva 4. Poraussimulaattori säiliön pinnassa (porauskohta ympyrän keskellä, teräslevyn paksuus 3 mm).



Kuva 5. Poraussimulaattori säiliön sisältä (paineistettu).

Lopussa täydensin ohjeeseen vielä yleisen toimintaperiaatteen ja säiliön poraaminen säiliöön hitsattavalla tyhjennysyhteellä, koska ammoniakilla ja nestekaasulla tyhjennysatulan käyttöalue on sääolosuhteisiimme nähden kapea. Molemmilla kaasuilla 6 bar säiliöpaine täyttyy, kun nesteen lämpötila säiliössä on noin 9°C tienoilla. Toinen lisäykseni oli painekokeen tekeminen, koska se on ainut mahdollisuus todentaa, että tyhjennysatula tai tyhjennysyhte on tiivis, ennenkuin säiliöön porataan reikä.

4 POHDINTA

Opinnäytetyöni tavoitteena oli tuottaa TOKEVA-ohjeisiin menetelmäohje paineenalaisena nesteytetyn kaasun säiliön poraamisesta sekä kehittää simulaattori, jolla saadaan aikaiseksi todenmukaiset harjoitusolosuhteet. Tavoitteeni oli muokata laitteiston seikkaperäisistä käyttö- ja huolto-ohjeista menetelmäohje, joka istuu aikaisempien menetelmäohjeiden joukkoon. Tavoitteeni testata laitteistoa todenmukaisissa olosuhteissa antoi varmuuden laitteiston toimivuudesta, vahvisti oikeita toimintatapoja ja auttoi havainnoimaan asioita, joita tulisi ottaa huomioon harjoitusohjeita tehdessä.

Liikenne- ja viestintäministeriö teettämä selvitys kuljetettavien kaasusäiliöiden onnettomuuksien torjuntavalmiudesta Suomessa ja muualla Euroopassa antoi hyvän pohjan opinnäytetyölleni, ja pyrinkin tuomaan viitekehykseen opinnäytetyöni kannalta olennaiset asiat. Alun perin ajatukseni oli selvittää maan rajojen ulkopuolella toimivien tietoisuutta liittyen hot-tap-menetelmään ja säiliön poraukseen onnettomuustilanteessa, mutta oman ajankäytön hallinnan vuoksi tämä jäi tekemättä. Tausta-aineistona käytin jo tehtyjä selvityksiä sekä eri työryhmien ja viranomaisten raportteja.

Menetelmäohjetta testasivat ja kommentoivat ulkopuolisina alipäälystökurssi 37 opiskelijat. Menetelmäohjeen toimivuutta olisi voinut testata enemmänkin esimerkiksi laittamalla opiskelijat tilanteeseen, jossa he saavat onnettomuuspaikalla tämän porauslaitteiston käyttöönsä ilman käyttökokemusta ainoana apuna vain tekemäni menetelmäohje. TOKEVA-ohjeiden ajatus onneksi on se, että menetelmäohjeet toimivat tukena ja muistin virkistäjinä aikaisemmin harjoitelluille torjuntamenetelmille.

Tällä hetkellä Pelastusopistolla ei ole mekanismia, joka päivittäisi tietoa olemassa olevaan TOKEVA 2012:een. Tämän menetelmäohjeen ja monen muunkin vaarallisiin aineisiin liittyvän tiedon saaminen paikalleen TOKEVA-ohjeisiin saattaa viedä pitkän ajan. Huonoimmassa tapauksessa hyvästä työkalusta on taas tulossa käyttöön soveltumaton antiikkiesine puuttuvien päivitysten vuoksi. Puutelistalla ovat esimerkiksi kevään 2013 julkaisuajankohdan jälkeen tulleet OVA-ohjeet ja YK-aineluetteloon numeroidut vaaralliset aineet.

Tyhjennyssatulalla tai tyhjennysyhteellä tehtävät poraukset ovat vaativia, ja molemmissa menetelmissä riskit ovat suuret. Menetelmien tekeminen vaatii asiantuntemusta ja ne tehdään ainoastaan, jos muuta vaihtoehtoa ei ole. Jos pelastuslaitokset tai teollisuuslaitokset näkevät tarpeelliseksi hankkia RV-porauslaitteiston, laitteiston käyttäjät pitää kouluttaa käyttämään laitetta ja taitojen ylläpitoa on harjoiteltava. Mielestäni nyt kehitelty simulaattori antaa mahdollisuuden todenmukaisiin ja turvallisiin harjoitusolosuhteisiin.

Porauskalusto, porauskaluston käyttäjät ja teknisten toimenpiteiden osaamisen ylläpito vaativat tahtotilan varautua nesteytettyjen kaasujen onnettomuustilanteisiin niin viranomaisilta kuin alan toimijoilta. Mielestäni hot-tap-menetelmä ja tyhjennyssatulan käyttö onnettomuustilanteessa vaativat neljän osaajan yhteistyön. Pelastusviranomainen turvaa toiminnan, hitsauksesta vastaa yritys, joka tekee putkistoihin hot-tap-liitoksia, poraamisesta vastaa yritys, joka tekee porauksia paineistettuihin putkistoihin, ja siirtokuormauksesta vastaa kemikaalin käyttäjä tai valmistaja. Jokainen tekee osaamaansa työtehtävää, mutta yhteistoimintaa onnettomuustilanteessa tulee harjoitella.

Opinnäytetyön verkkaisesta etenemisestä huolimatta oma osaamiseni kehittyi ja antoi uskoa siihen, että tekemällä oppii. Kehitystyö simulaattorin osalta laajensi osaamistani ja muistutti siitä, että kaikissa asioissa ei tarvitse itse olla erityisasiantuntija, vaan tärkeää on tietää, keneltä erityisosaamista löytyy.

LÄHTEET

Gas Encyclopedia. www-dokumentti. <http://encyclopedia.airliquide.com/Encyclopedia.asp?LanguageID=11&CountryID=19&Formula=ch&GasID=2&UNNumber=#VaporPressureGraph>. 25.10.2015.

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2004. *Vaarallisten aineiden kuljetukset 2002 Viisivuotisselvitys*. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 47/2004. www-dokumentti. http://www.lvm.fi/fileserver/47_2004.pdf. 25.10.2015.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2007). *Kuljetettavien kaasusäiliöiden onnettomuuksien torjuntavalmius Suomessa ja muualla Euroopassa*. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 71/2007. www-dokumentti. https://www.lvm.fi/fileserver/LVM71_2007.pdf. 25.10.2015.

Nevasmaa, P., Järvinen, T. 1997. *Putkistojen liitosyhteiden käytönaikainen hitsaus hot-tap tekniikalla prosessiolosuhteissa*. Lehtiartikkeli Hitsaustekniikassa Vol. 47 (1997) No: 2, 33 – 41.

NOU 2001. Lillestrøm-ulykken 5. april 2000. Oslo: Statens forvaltningstjeneste. (Norges offentlige utredninger NOU 2001:9). www-dokumentti <https://www.regjeringen.no/contentassets/c912a779f8de4220bebd56e71a0b235f/no/pdfa/nou200120010009000ddd-pdf.pdf> . 25.10.2015.

OVA-ohjeet. www-dokumentti <http://www.ttl.fi/ova/index.html>. 25.10.2015.

Pelastuslaki 29.4.2011/379.

Pelastusopisto 2001. *Vaarallisten aineiden siirtokuormauslaitteistot*. Lausunto. Dnro 89/6.1.2/01; 5.11.2001.

Pelastusopisto 2012. *TOKEVA-ohje*. Kuopio

Solbakken, L. 2000. *Norjan propaanipalo johti ihmisten evakuointiin 800 metrin*

säteellä. Pelastustieto 6/2000. s. 44–46. Käännös: Risto Lautkaski.

Trafi 2013. Vaarallisten aineiden kuljetukset 2012. Trafin julkaisuja 20/2013. www-dokumentti. http://www.trafi.fi/tietopalvelut/julkaisut/2013_julkaisut/vak-kuljetukset_2012. 25.10.2015.

Tonisco RV Porauslaite. *Käyttö- ja huolto-ohjeet*.

Tonisco System Oy. www-dokumentti. <http://www.tonisco.fi/tonfin4.htm>. 25.10.2015.

VR Transpoint. www-dokumentti. <https://www.vrtranspoint.fi/fi/vr-transpoint/asiakkaan-opas/vakohjeet/>. 25.10.2015.

VR-työryhmä 2011. *kuljetettavien kaasusäiliöiden siirtokuormaus*. 5/2011. Muistio 11.4.2011. VR-Yhtymä Oy, Turvallisuusyksikkö. Asiakirja VR-Yhtymä Oy:n.

LIITE 1: OHJE M6F

Kuljetussäiliön VAK 2

(paineenalaisena nesteytetyt palavat kaasut), (paineenalaisena nesteytetyt myrkylliset kaasut) Säiliön poraaminen ja tyhjentäminen

1. tilanteet

- paineenalaisena nesteytetyn myrkyllisen kaasun (rikkidioksidi ja ammoniakki) maantiekuljetusonnettomuus tai raideliikenneonnettomuus
- paineenalaisena nesteytetyn palavan kaasun (Propaani) maantiekuljetusonnettomuus tai raideliikenneonnettomuus
- Jos säiliötä ei saada tyhjennettyä muulla tavoin, voidaan säiliön vaippaan tehdä reikä poraamalla ja tyhjentää säiliö sitä kautta
- Tehtävän suorittaminen vaatii asiantuntemusta ja se suoritetaan ainoastaan jos muita vaihtoehtoja ei ole.
- Jos säiliöpaine on alle 6 bar, poraamisessa voidaan käyttää Tyhjennysatulaa ja Tonisco RV- poralaitetta
- Jos säiliöpaine on yli 6 bar, tyhjennysyhde hitsataan säiliöön sähköhitsauksella

Huom. Reikä tulee tehdä mahdollisimman alas säiliöön, jotta kaikki aine saataisiin nestemäisenä ulos.

2. Voimavarat, suojaimet ja välineet

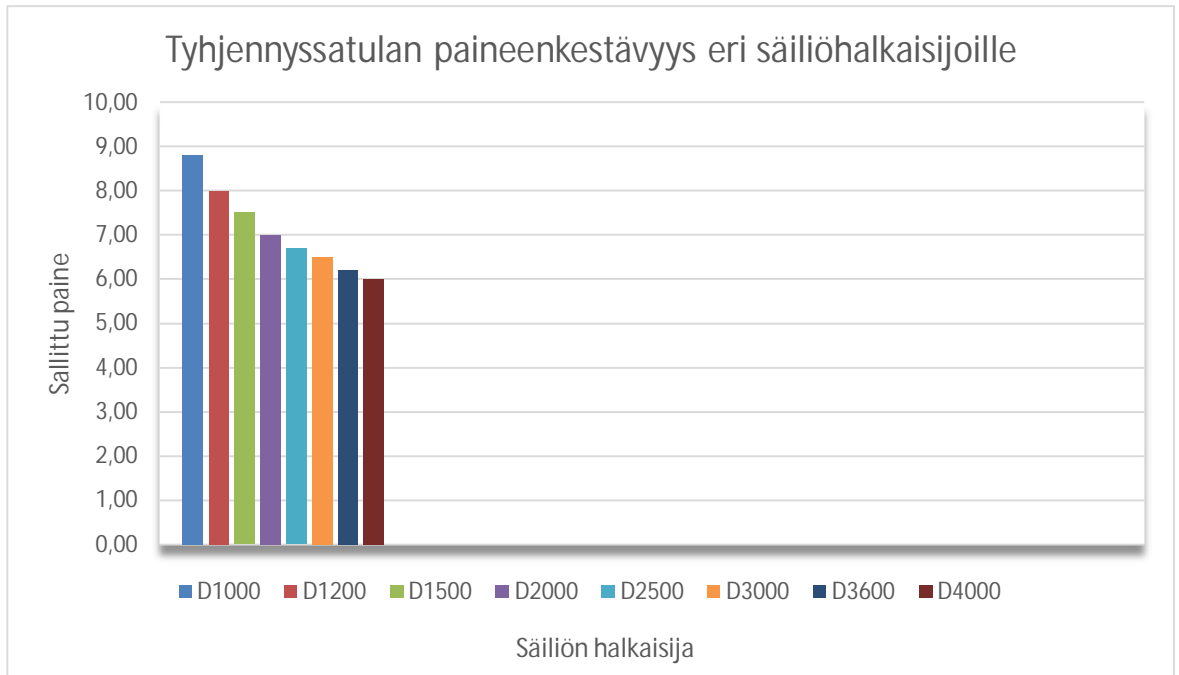
Voimavarat	Välineet
Pelastusryhmän johtaja	RV poralaite, tyhjennysatula
Pelastusryhmä	Hitsaamalla kiinnitettävä tyhjennysyhde
Suojaimet	
Paloasu, työhaalarit	
Kaasutiivis kemikaalisuojapuku	
Kylmäsuojapuku nestemäisissä vuotoissa	
Lämpöä eristävät käsiineet	
Suodatinsuojain, joka soveltuu ko. kaasulle	
kemikaalinkestävät kumisaappaat	

3. Menetelmä

Palokunnan tehtäviin kuuluvat pelastustehtävät (mm. pelastaminen, sammuttaminen, nesteen leviämisen estäminen, vuotavien säiliöiden tyhjentäminen ja syttymisvaaran poisto). Nesteytettyjen kaasujen onnettomuuksissa säiliön poraus ja siirtokuormaus edellyttää aina palokunnan läsnäoloa.

Valmistautuminen

- Käytä asiantuntijoita. Jokainen toimenpide on harkittava tilannekohtaisesti.
- Ota yhteys kaasun lähettäjään ja kuljetusliikkeeseen (turvallisuusneuvonantaja) ja säiliön valmistajaan.
- Ota huomioon säiliön tekniset tiedot, säiliössä oleva paine ja nesteytetyn kaasun yleiset fysikaaliset-kemialliset ominaisuustiedot, mistä tärkeimmät:
(säiliön halkaisija, säiliövaipan paksuus, säiliötilavuus, ja nesteytetyn kaasun höyrynpaine säiliössä).
- Arvioi säiliöpaineen ja säiliön teknisten tietojen perusteella käytetäänkö säiliön tyhjentämiseen tyhjennysatulaa vai hitsattavaa tyhjennysyhdetä. Tyhjennysatulan paineenkestävyys eri säiliöhalkaisijoille. (vasemmalla sivulla aktiivinen ikkuna)
- Arvioi kuka tekee tyhjennysatulan asentamisen tai tyhjennesyhteen hitsaamisen säiliöön ja säiliön poraamisen.



Yleinen toimintaperiaate

- Määritä mahdollinen vuoto kaasunilmaisimella ja pH-mittauksella.
- Määritä happipitoisuus happipitoisuusmittarilla.
- Eristä vaara-alue.
- Katkaise virta ajoneuvosta.
- Poista sytytyslähteet.
- Suojaa ympäristö.
- Säiliön lämmitessä ota huomioon paineastian repeämisen aiheuttama vaara-alue.
- Jäähdytä säiliötä vesisuihkuin.
- Tarkkaile säiliön paineen mahdollisia muutoksia, valmistaudu paineen nousuun.
- Tyhjennä säiliö ennen sen nostamista.
- Tyhjentäminen vaatii erikoiskaluston. Vaurioitunutta säiliötä ei saa nostaa/siirtää ennen sen tyhjentämistä.
- Varo painopisteen muuttumista tyhjennyksen aikana.
- Irrota perävaunu vetoautosta.
- Käännä ajoneuvo pyörilleen (iso nosturi).
- Nosta/siirrä ajoneuvo tielle (iso nosturi, hinausauto).
- Puhdista ja siivoa onnettomuusalue.

Säiliön poraaminen tyhjennysatulalla

❖ Määritä porauskohta

- mahdollisimman alas (HUOM. tyhjennysatulan ja poralaitteen vaatima tila 990 mm) (tarvittaessa maa-aineksen poisto poralaitteiston kohdalta)
- vältä hitsaussaumoja ja muita vaikeasti työstettäviä alueita
- säiliön pinta pitää porauskohdalta puhdistaa ja tarvittaessa hioa
- poista mahdolliset eristeet
- kiristysliinujen tulee olla suorassa linjassa tyhjennysatulaan nähden ja kiristysten tulee olla tasainen
- kiristysliinat eivät saa altistua teräville särmille (tarvittaessa terävän särmän ja liinan väliin on laitettava pehmentävä kumi, puu tms.)

Säiliön poraaminen säiliöön hitsattavalla tyhjennysyhteellä

- ❖ varmista, että säiliön seinämänpaksuus on vähintään 6 mm
- ❖ säiliön seinämän voi halutessaan tarkastaa ultraäänellä, jos epäiltävissä säiliön sisäpinnan syöpymiä
- ❖ Määritä porauskohta
 - mahdollisimman alas (HUOM. tyhjennysatulan ja poralaitteen vaatima tila 990 mm) (tarvittaessa maa-aineksen poisto poralaitteiston kohdalta)
 - vältä hitsaussaumoja ja muita vaikeasti työstettäviä alueita
 - poista mahdolliset eristeet riittävän laajalta alueelta
 - merkitse porauskohta säiliön pintaan
 - piirrota säiliön kaarevuus hitsattavaan tyhjennysyhteeseen
 - tyhjennysyhteen keskiviiva tulee olla tarkalleen kohtisuorassa säiliön pintaa vasten

- tyhjennysyhteen suunta suoraan alas tai maksimissaan 45 asteen kulmassa sivulle
- tyhjennysyhdetä ei saa kuumentaa liikaa tiivisteiden vaurioitumisvaaran takia
- käytä pieniä puikkokokoja (1,6... 2,25 mm), pientä hitsausvirtaa ja useita palkokerroksia (4-5)
- hitsattavan yhteen ja säiliön pinnan väliin tulee jättää ilmarako (1 – 3 mm)

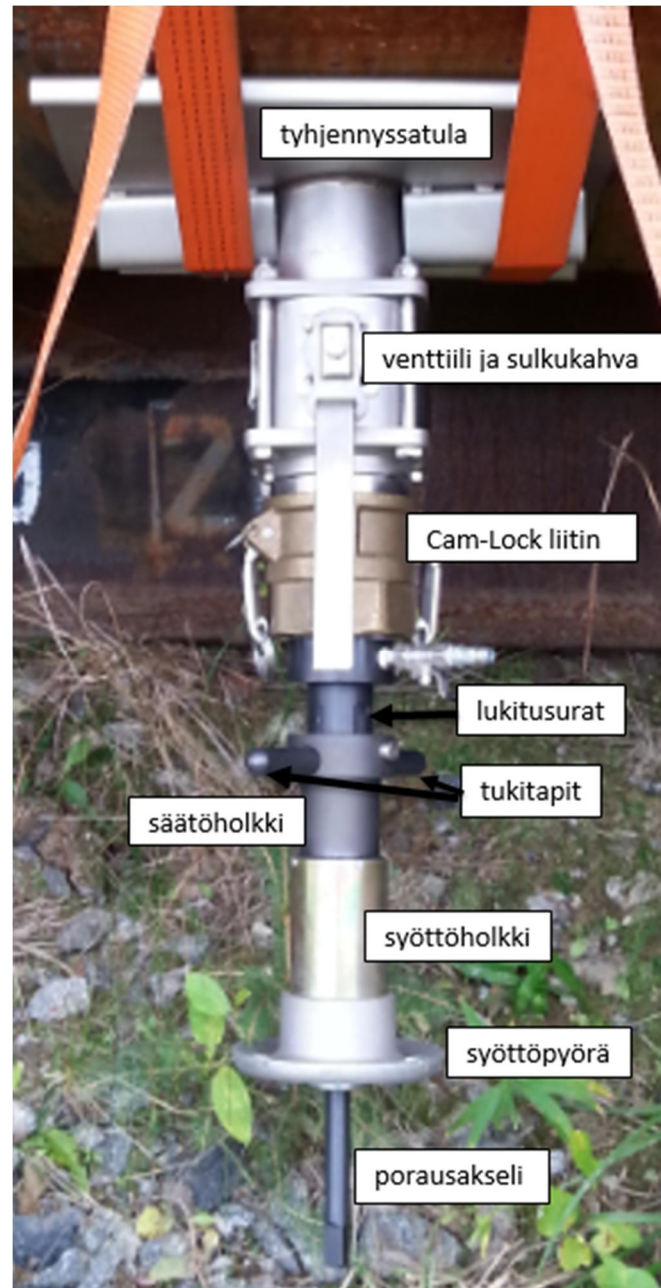
Tyhjennysatulan asettaminen

- voitele tyhjennysatulan kumitiiviste TONISCO sealant tiivisteöljyllä
- kiristä tyhjennysatula sidontaliinoilla paikalleen (kiristysliinat porausyhteen molemmin puolin ja kiristys tasaisesti)
- aseta molemmin puolin vielä yhden liinan varmistamaan tyhjennysatulan pysyminen tiiviisti säiliön pinnassa.



❖ Poralaitteen asentaminen

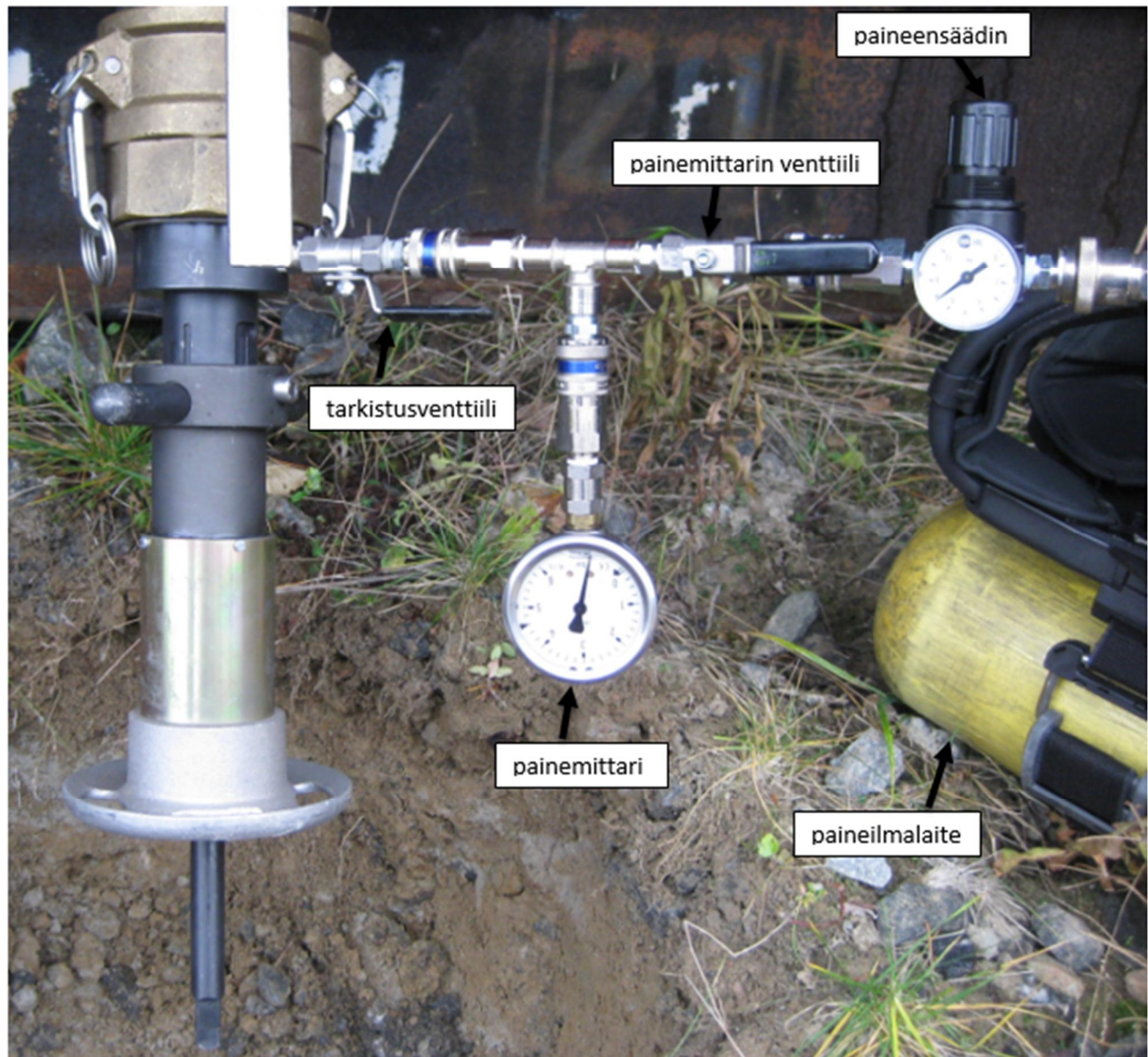
- kiinnitä poralaite Cam-Lock liittimellä tyhjennussyhteeseen
- varmista, että poralaite on asennettu tyhjennussyhteeseen oikein (terä liikkuu taka-asentoon ja säiliön seinään) ja taka-asennossa venttiili voidaan sulkea.
- syöttöholkki ruuvataan mahdollisimman taakse kiertämällä syöttöpyörästä vastapäivään
- aseta syöttölaite paikalleen siten, että säätöholkin ohjausruuvit liukuvat rungon urissa kunnes syöttöholkin painelaakeri vastaa akselin olakkeeseen ja keskiterän kärki koskettaa säiliön seinämää.
- lukitse säätöholkki seuraavaan vapaaseen lukitusuraan ja ylimääräinen vällys poistetaan syöttöpyörästä, kunnes vällys on noin 1 mm
- tee painekoe



❖ Painekekeen tekeminen

Paine nostetaan muutamaksi minuutiksi vastaamaan tyhjennettävän säiliön sisällä vallitsemaa painetta

- kiinnitä painemittari tarkistusventtiin pikaliittimeen
- kiinnitä paineensäädin painemittariin
- kiinnitä paineilmalaitte paineensäätimeen
- avaa tarkistusventtiili ja painemittarin venttiili
- avaa paineilmapullo ja säädä paineensäätimestä tarvittava paine
- sulje painemittarin venttiili ja seuraa painemittaria



*Tarvittaessa tyhjennysatula siirretään toiseen paikkaan tai säiliön pintaa esim. hio-
taan.*

❖ Poraus

- valitse käyttölaite: pneumaattinen-, sähkö- tai käsikäyttölaite
- kiinnitä käyttölaite porausakseliin pultilla
- sähkökäyttölaitteessa tartuntaporaus suurimmalla pyörintänopeudella ja reikäporalla materiaalin mukainen (taulukko, teräs 55-80 U/min)
- ensin porataan tartuntapora säiliön seinämän läpi (tartunta pienillä kierroksilla ja kun keskiterä on varmuudella lähtenyt poraamaan säiliötä, kierroksia voidaan nostaa)
- Syöttöholkillä syötetään terää eteenpäin



- tartuntaporan läpäistessä säiliön nousee painemittarissa paine
- jos säätöholkissa ei ole tarpeeksi syöttöä syöttöholkki ruuvataan taakse kiertämällä syöttöpyörästä vastapäivään ja lukitaan säätöholkki seuraavaan lukitusuraan
- porauksen alussa ja loppuvaiheessa momenttivoimat ovat suurimmillaan ja sen vuoksi poraa tulee syöttää varovasti, ote tulee olla tukeva ja käyttölaite ei saa olla lukittuna jatkuvalla käynnillä

- kun poraus on suoritettu poran akseli päästetään perääntymään tukemalla syöttöholkin tukitapeista ja akseli päästetään ulos kokonaan
- venttiili suljetaan
- venttiilin sulkeutuminen voidaan varmistaa painemittarista tai kiinnittämällä riittävän pitkä huuhteluletku, jolla porauslaitteessa oleva kaasu johdetaan alueelle missä siitä ei ole haittaa, tarkistusventtiiliin ja avaamalla se varovasti
- porauslaite poistetaan ja sen tilalle liitetään siirtoletku ja aloitetaan siirtokuorma

