

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Allan Riisenberg

**KRÜOGEENSETE AINETE MAANTEETRANSPORDIST
LÄHTUVAD OHUD**

Lõputöö

Juhendaja:

Stella Polikarpus, MA

Tallinn 2018

ANNOTATSIOON

Kolledž: Päästekolledž	Kaitsmine: 08 juuni 2018
Töö pealkiri: Krüogeensete ainete maanteetranspordist lähtuvad ohud	
Töö pealkiri võõrkeeles: Hazards of cryogenic substances road transport	
<p>Käesolev lõputöö on kirjutatud eesti keeles, eesti- ja inglisekeelse kokkuvõttega teemal „Krüogeensete ainete maanteetranspordist lähtuvad ohud“. Töö põhiosa koosneb kahest osast: teoreetilisest osast ja empiirilisest osast. Lõputöö pikkus on koos lisadega 53 lehekülge. Lõputöö on kokku kasutatud 45 eesti-, vene- ja inglisekeelset allikat. Töös on 4 tabelit, 16 joonist ning 3 lisa.</p> <p>Lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada Eesti siseriiklikes vedudes liikuvate krüogeenseid aineid vedavate tsisternide ja nendes veetavatest ainetest tulenevad ohud. Kvalitatiivses uurimistöös kasutati andmete kogumiseks poolstruktureeritud intervjuusid krüogeenseid gaase käitleva ettevõtte esindajatega. Kokku tehti viis teemaintervjuud, kaks vaatlust ja analüüsi intervjuude käigus kogutud dokumente. Lõputöö esimeses osas uuris autor erinevaid teoreetilisi allikaid, et saada teada, mis krüogeenseid aineid, milliste tsisternidega maanteid pidi transporditakse ning millised on nõudmised autojuhtidele. Töö teises osas uuris autor, milliseid krüogeenseid aineid, milliste tsisternidega veetakse Eestis, ning millised on nõudmised autojuhtide väljaõppele.</p> <p>Eesti ettevõtjad kasutavad kõik krüogeensete ainete transpordiks vaakumtsisterne ja ained, mida veetakse Eestis on LNG-d, hapniku, argooni, lämmastikku ja süsihappegaasi. Autojuhtidelt nõutakse ADR koolitust, autojuhi kutsetunnistust ja ettevõtte ise viivad neile läbi koolitused.</p>	
Võtmesõnad: krüogeensed ained; krüogeense aine tsistern; veeldatud maagaas; veeldatud hapnik; veeldatud süsihappegaas; veeldatud lämmastik; veeldatud argoon.	
Võõrkeelsed: <i>cryogenic substances; cryogenic liquid trailer; liquefied natural gas; liquefied oxygen, liquefied carbon dioxide; liquefied nitrogen; liquefied argon.</i>	
Säilitamise koht: Sisekaitseakadeemia	
Töö autor: Allan Riisenberg	
<p>Olen koostanud lõputöö iseseisvalt. Kõik lõputöö koostamisel kasutatud teiste tööde autorite tööd, seisukohad, kirjalikest allikatest ja mujal allikates saadud info on nõuetekohaselt viidatud. Olen nõus oma lõputöö avaldamisega elektroonilises keskkonnas.</p> <p>Allkiri:</p>	
Vastab lõputöö nõuetele	
Juhendaja: Stella Polikarpus	Allkiri:
Kaitsmisele lubatud	
Kolledži direktor: Ain Karafin	Allkiri:

SISUKORD

ANNOTATSIOON	2
TERMINITE JA LÜHENDITE LOETELU	5
SISSEJUHATUS	6
1. KRÜOGEENSED AINED JA NENDE TRANSPORT	9
1.1. Krüogeensete ainete omadused ja ohud	9
1.1.1. Keemilised ja füüsilised omadused	10
1.1.2. Oht keskkonnale	11
1.1.3. Oht tervisele	12
1.1.4. Tuleohtlikud krüogeensed ained ja õhugaasid	12
1.2. Krüogeensete ainete maanteetranspordiga tegelevad Eesti ettevõtjad	14
1.3. Kürotehnilised anumad maanteetranspordil	16
1.4. Nõuded krüogeenseid aineid tsisternidega vedavatele autojuhtidele ja ettevõtetele	19
2. EMPIIRILINE OSA	20
2.1. Intervjuude kokkuvõte	21
2.1.1. JetGas OÜ tehnikajuht Toivo Ardel	21
2.1.2. AS Eesti AGA rakendusosakonna juht Arvo Kaasik	23
2.1.3. AS Eesti Gaas tehnilise arengu juht Sergei Jefimov	25
2.1.4. AS Alexela Oil projektijuht Artur Dianov	27
2.1.5. Elme Messer Gaas AS logistik Julia Makarova	28
2.2. Vaatluste kokkuvõte	29
2.2.1. AS Eesti Gaas tsistern	29
2.2.2. Elme Messer Gaas AS tsistern	30
2.3. Turvakavade analüüs	31
2.3.1. P&J Transport AS ja VKG Transport AS turvakavad	32
2.4. Järeldused	35

2.5. Ettepanekud.....	38
KOKKUVÕTE.....	39
SUMMARY	41
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU	42
TABELITE JA JOONISTE LOETELU	47
Lisa 1. Teemaintervjuu uurimisküsimused koos täpsustavate küsimustega.....	49
Lisa 2. AS Eesti Gaas avariihaagis ja LNG põleti	50
Lisa 3. Vaatluselt kogutud fotomaterjalid.....	51

TERMINITE JA LÜHENDITE LOETELU

Anum (*Receptacle*) on sulguritega nõu, mida kasutatakse ainete ja esemete hoidmiseks ning paigutamiseks. Klass 2 gaaside anumateks on krüotehnilised anumad, ballooned, torukujulised anumad, survevaadid, balloonikogumid anumad koos erineva sise- või vahepakendis kasutatavate sulguritega (Ohtlike veoste autoveo eeskiri, 2001).

Avatud krüotehniline anum (*Open cryogenic receptacle*) on transporditav, termiliselt isoleeritud anum sügavjahutamisega veeldatud gaasidele, neid gaase hoitakse anumas atmosfäärirõhul ja ventileeritakse pidevalt (Ohtlike veoste autoveo eeskiri, 2001).

CNG (*compressed natural gas*)- kokkusurutud maagaas (Eesti Gaas, 2018).

Krüogeensed ained on madalatel temperatuuridel (alla $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$) veeldatud gaasid 1 atm juures (Talvari, 2006, lk 40).

Krüotehniline anum (*Cryogenic receptacle*) on transporditav, termiliselt isoleeritud sügavjahutamisega veeldatud gaaside anum veemahutavusega 1000 liitrit ja alla selle (Ohtlike veoste autoveo eeskiri, 2001).

LNG (*liquefied natural gas*)- jahutamisega veeldatud maagaas (Talvari, 2006, lk 40).

Punkerdamine- Laeva varustamine kütusega (Eesti Gaas, 2018).

PÄKE- Päästejuhised keemiaõnnetusel.

Soojusvoog on soojushulk, mis kandub ajaühikus läbi vaadeldava pinna pindalaühiku kohta (Artobolevski, 1981).

Surveanum (*Pressure receptacle*) on üldmõiste, mis hõlmab mõistet ballooni, survevaat, krüotehniline anum ja päästesurveanum (Ohtlike veoste autoveo eeskiri, 2001).

USDOT (*United States Department of Transportation*)- Ameerika Ühendriikide transpordiministeerium (Talvari, 2006, lk 40).

Veoüksus (*Transport unit*) on haagiseta või haagisega mootorsõiduk (Ohtlike veoste autoveo eeskiri, 2002).

Õhugaasid on Gaasid, mida sisaldab sissehingatav õhk (AGA Gaasid, 2018).

SISSEJUHATUS

Madalatele temperatuuridele veeldatud gaase nimetatakse krüogeenideks, krüogeenid ehk krüogeensed ained on jahutamisel, alla -90 °C rõhul 1 atm, veeldatud ained (Talvari, 2006, lk 40). Käesolevas töös uurib autor erinevaid krüogeensete ainete transpordiga esinevaid probleeme. Krüogeenseid aineid vedavate veokitega juhtuvaid õnnetusi esineb harva, samas, kui need juhtuvad on päästetööd ajamahukad ning väheste kogemuste ja teadmiste tõttu päästjatele keerulised lahendada.

Krüogeenset ainet vedava veoüksusega avarii näiteks on 2010. aastal Jõgevamaal Raja külas jahutamisel veeldatud maagaasi (LNG- *liquefied natural gas*) toimunud avarii. Tsisternis oli 19 tonni temperatuuril (-138 °C) veeldatud metaani. Sündmuse analüüsist tuleneb, et läbivaks probleemiks oli teadmiste puudumine tsisterni tüübi, veetava aine ja päästetööde läbiviimise kohta. Rõhutatakse, et parema valmisoleku tagamiseks tuleb tihendada koostööd erinevate organisatsioonidega, nii siseriiklikult kui ka rahvusvaheliselt. (Klaos, *et al.*, 2010, lk 58)

Krüogeensete ainete vedu Eesti teedel koosneb nii transiidist kui kohaliku tarbimise tagamiseks vajalikest veostest. Maksu ja tolliameti andmetele tuginedes oli 2010. aastal 8 kuu jooksul Eestist läbinud 59 LNG-d vedavat veokit (Jaagant, 2010). Käesolevas töös püütakse välja selgitada krüogeensete ainete maanteetranspordi maht Eesti ettevõtjate poolt Eesti teedel.

Energiamajanduse arengukavas aastani 2030 on sõnastatud, et toetatakse arendajaid nende püüdluses rajada Eestisse LNG terminal (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2017). Samuti võib Rail Balticu ehitus mõjutada krüogeensete ainete vedu Eestis.

Töö aktuaalsus seisneb selles, et päästeteenistusel puudub ülevaade, milliste erinevate veoauto tsisternidega ja kui suures mahus (tonnides) krüogeenseid aineid nagu õhugaase (lämmastik, hapnik, argoon, süsihappegaas) ja tuleohtlikke gaase (jahutamisel veeldatud maagaas), veetakse Eesti teedel Eesti ettevõtete poolt. Kuigi päästeteenistuses kasutatakse Päästejuhiseid keemiaõnnetusteks (PÄKE), puuduvad teenistuses siiski teadmised krüogeenseid aineid vedavatest tsisternidest, nende tüüpidest ja eripäradest ning ehitusest.

Lõputöö on uudne, sest Eestis ei ole autorile teadaolevalt krüogeensete ainete maanteetranspordi kohta kirjutatud lõputööd ega magistritööd. Seetõttu käsitletakse antud töös autorile teadaolevalt esmakordselt süsteemselt ja päästeteenistusele olulistes aspektides krüogeensete ainete maanteetranspordist tulenevaid ohte. Krüogeensete ainete maanteetranspordist tulenevate ohtude teada saamine aitab paremini läbi väljaõppe valmistuda õnnetusteks nende ainetelega.

Arvestades antud teema vähest käsitlust, on uurimisprobleemiks krüogeensete ainete iseärasused ja ohud maanteetranspordil.

Uurimisprobleemi täpsustamiseks püstitatakse uurimisküsimused:

- 1) Milliseid krüogeenseid aineid Eestis siseriiklikult transporditakse?
- 2) Milliste tsisternidega krüogeenseid aineid Eestis siseriiklikult transporditakse?
- 3) Millised Eestis tegutsevad ettevõtted transpordivad krüogeenseid aineid?
- 4) Milline on Eestis tegutsevate ettevõtete võimekus, abistada Päästametit, nende ainete maanteetranspordil toimunud õnnetuste korral?

Lõputöö eesmärk on välja selgitada Eestis siseriiklikult maanteedel tsisternveokitega veetavatest krüogeensetest ainetest tulenevad ohud.

Lõputöö eesmärgi saavutamiseks püstitab autor järgmised uurimisülesanded:

- Teoreetiliste allikate analüüsi tulemusel tuua välja, milliseid krüogeenseid aineid millistes tsisternides maanteedel transporditakse.
- Teha intervjuud Eesti ettevõtjatega, et saada teada, milliseid krüogeenseid aineid Eesti teedel, kui palju ja milliste tsisternidega transporditakse.
- Vaadelda tsisterni ehitust ja analüüsida dokumente, et välja tuua potentsiaalsed ohukohad ning riskide maandamise meetmed.

Lõputöö uurimismetoodika on kvalitatiivne, sest andmete kogumiseks viiakse läbi poolstruktureeritud teemaintervjuud, kus intervjuu alateemad on ette teada, kuid küsimused pole eelnevalt täpselt sõnastatud ega järjestatud (Hirsjärvi, et al., 2010, lk 195). Intervjueeriti: JetGas OÜ esindajat; AS Eesti AGA esindajat; AS Eesti Gaas esindajat; Elme Messer Gaas AS esindajat; AS Alexela Oil esindajat. Andmete analüüsi meetodiks oli intervjuude sisuanalüüs ja kõrvutamine kirjanduses saadud tulemustega. Lisaks

intervjuudele viis autor läbi vaatluse, mille raames vaadeldi ja pildistati objekti (Hirsjärvi, et al., 2010, lk 203). Vaatlusega sai autor uurida krüogeense aine tsisterni, eesmärgiga fikseerida erinevate tsisternide tehnilised andmed, ehitus ja fotografeerida olulisemaid komponente.

Lõputöö koosneb kahest osast. Esimeses osas kirjeldatakse, mis on krüogeensed ained ja nende ainete omadustest tulenevad ohud tervisele, elule ja keskkonnale ning mis tüüpi krüogeensete ainete tsisterne kasutatakse. Teine osa on empiiriline, kus toimub info kogumine teemaintervjuude ja vaatluste abil erinevate krüogeensete ainete ja koguste kohta, mida Eesti ettevõtted Eestis maanteedel transpordivad ning marsruutide kohta, millel transport toimub.

1. KRÜOGEENSED AINED JA NENDE TRANSPORT

Peatükis antakse ülevaade erinevatest krüogeensetest ainetest, nende keemiliste ja füüsikaliste omadustest, ohust keskkonnale ja ohust inimeste tervisele. Käsitlemist leiavad LNG; lämmastik; hapnik; argoon; süsihappegaas; heelium.

1.1. Krüogeensete ainete omadused ja ohud

Gaase, mis veelduvad madalatel temperatuuridel nimetatakse krüogeenseteks aineteks ehk krüogeenideks. See sõna tuleneb kreekakeelsest sõnast *kyros*, mis tähendab jääkülma. USDOT (*United States Department of Transportation*) defineerib krüogeenset ainet allajahutatud veeldatud gaasina, mille keemistäpp rõhul 1 atm on alla -130°F (-90°C). Teadust, mis tegeleb nende jääkülmade ainetega, nimetatakse krüogeenikaks (sügavjahutustehnika). (Talvari, 2006, lk 40)

Krüogeensetel ainetel on võime veeldada teisi gaase. Äärmiselt külmad ained veeldavad või tahkestavad teisi aineid, millega nad kokku puutuvad. Isegi õhk tahkub krüogeense vedelikuga pikemalt kokku puutudes. Õhu tahkestumine kujutab endast suurt ohtu krüogeensete vedelike käitlemisel, kuna tekkiv „jää“ võib blokeerida läbipääsu ventilatsioonitorudes, mis takistab sisemise rõhu vabanemist. (Meyer, 1990, p. 1)

Klassifitseerimise, märgistamise ja pakendamise (edaspidi CLP-määruse) (EÜ) nr 1272/2008 aluseks on ÜRO ühtne ülemaailmne kemikaalide klassifitseerimise ja märgistamise süsteem (GHS) ning selle eesmärk on tagada tervise ja keskkonna kaitse kõrge tase ning ainete, segude ja toodete vaba liikumine. Krüogeensete ainete omadusi ja ohtusid käsitletakse vastavalt CLP-määrusele ohtlike ainetena. CLP-määrus on kõigile Euroopa Liidu liikmesriikidele õiguslikult siduv ja vahetult kohaldatav kõikides tööstussektorites. See kohustab ainete või segude tootjaid, importijaid või allkasutajaid oma ohtlike kemikaale enne turule viimist asjakohaselt klassifitseerima, märgistama ja pakendama. CLP-määruse ohuklassid hõlmavad füüsikalisi, tervise-, keskkonna- ja muid ohte. (Euroopa Liidu amet, 2018)

1.1.1. Keemilised ja füüsikalised omadused

Antud alapeatükis kirjeldab autor erinevate kriogeensete ainete keemilisi ja füüsikalisi omadusi. Jahutamisel veeldatud heelium (-269°C) on oma keemispunkti poolest peatükis käsitletud ainetest kõige lähemal absoluutsele nullile. Absoluutne null on 0 K, mis teeb Celsius-skaalal -273.15°C .

LNG keemispunkt on -162°C . Õhu või hapnikuga kokkupuutel muutub LNG (ÜRO number 1972) plahvatusohtlikuks gaasiks. Isesüttimistemperatuur 650°C . Alumiseks plahvatuspiiriks on 3,6%-6,5%, ülemiseks plahvatuspiiriks 13%-17% ja maksimaalne plahvatuserõhk on 6.8 kg/mm^2 . LNG suhteline tihedus õhu suhtes on 0,675-0,772. Lekke korral hakkab LNG laiali paiskuma, muutudes süüteallika olemasolu korral väga plahvatusohtlikuks. LNG puhul on tulekahju leviku oht väga suur, kuna leekide temperatuur on väga kõrge ja põlemisega kaasneb tugev soojuskiirgus. (Zeng, *et al.*, 2011, p. 225)

Jahutamisel veeldatud lämmastiku (LIN- *liquid nitrogen*) keemispunkt on -196°C . Jahutamisel veeldatud lämmastik (ÜRO number 1977) on värvitu, lõhnatu ning maitsetu gaas, mis lahustub vees halvasti. Lämmastik on suhteliselt inaktiivne ega ole süttiv. Vedelas olekus on see liikuv nagu vesi, vedel. Lämmastik tõrjub õhust välja eluks vajaliku hapniku. Temperatuuril $-209,86^{\circ}\text{C}$ muutub lämmastik tahkeks lumetaoliseks massiks või suurteks lumivalgeteks kristallideks. (Elme Messer Gaas AS, 2018)

Jahutamisel veeldatud hapniku (LOX- *liquid oxygen*) keemispunkt on -183°C . Jahutamisel veeldatud hapnik (ÜRO number 1073) on lõhnatu, maitsetu ning oksüdeeriv aine. Hapnik ei ole süttiv, kuid soodustab põlemist, sest on tugevalt oksüdeeriv ning reageerib ägedalt süttivate ainetega ja võib põhjustada tulekahju või plahvatuset. (European Chemical Industry Council, 2015) Vedel hapnik on kahvatusinine vedelik, mille erikaal on $1,141 \text{ g/cm}^3$ (Elme Messer Gaas AS, 2018).

Jahutamisel veeldatud argooni (LAR- *liquid argon*) keemispunkt on -186°C . Jahutamisel veeldatud argoon (ÜRO number 1951) on värvitu, lõhnatu ning maitsetu gaas, argoon on äärmiselt inaktiivne ega ole süttiv. Argoon on oma 0,933 mahuprotsendiga Maa atmosfääris kõige sagedamini esinev vääriskaas, mida iseloomustab kõrge keemiliste reaktsioonide inertsus. Argooni inertsed omadused kaitsevad tooteid ja tootmisprotsesse

ebasoovitavate kokkupuudete eest hapnikuga. (Elme Messer Gaas AS, 2018) Seetõttu kasutatakse argooni näiteks keevitusel kaitsegaasina.

Jahutamisel veeldatud heeliumi (LHe- *liquid helium*) keemispunkt on -269°C . Gaasiline heelium on värvusetu, lõhnata ja maitsetu, ta on tehnilistest gaasidest kerguselt teisel kohal. Heeliumi tihedus on seitsmendik õhu tihedusest. Vedel heelium (ÜRO number 1963) on lõhnata ja värvusetu. Ühest liitrist vedelast heeliumist saab umbes 740 liitrit gaasilist heeliumi. Heelium ei ole sööbiv, põlev ega mürgine. (European Chemical Industry Council, 2015)

Jahutamisel veeldatud süsihappegaasi (*liquid carbon dioxide*) keemispunkt on $-78,5^{\circ}\text{C}$ ja USDOT- i definitsiooni järgi ei kuulu krüogeensete ainete hulka, kuid on madala temperatuuri tõttu nendega sarnane. Veeldatud süsihappegaas on värvusetu, pisut hapuka maitse ja lõhnaga gaas. Veeldatud süsihappegaasi ÜRO number 2187, süsihappegaas ei ole sööbiv, põlev ega mürgine. (European Chemical Industry Council, 2015)

Jahutamisel veeldatud õhugaasidel, väljaarvatud jahutamisel veeldatud hapnik, on sarnased omadused (vt Tabel 1), nad lämmatavad ja külmetavad. Hapnikul on lisaks ka omadus soodustada põlemist ning LNG on väga tule- ja plahvatusohtlik gaas.

Tabel 1. Erinevate krüogeensete ainete keemispunktid ja ohud (autori koostatud).

Aine	Keemispunkt $^{\circ}\text{C}$	Ohud
LNG	-162	Tuleohtlik, lämmatab, külmetab
Lämmastik	-196	Lämmatab, külmetab
Hapnik	-183	Lämmatab, külmetab, soodustab põlemist
Argoon	-186	Lämmatab, külmetab
Heelium	-269	Lämmatab, külmetab
Süsihappegaas	-78,5	Lämmatab, külmetab

1.1.2. Oht keskkonnale

Keskkonnaohtlikeks aineteks on süsihappegaas ja metaan, kuna tegemist on kasvuhoonegaasidega ja keskkonda sattudes põhjustavad kliimasoojenemist.

Süsihappegaas ehk CO_2 on kasvuhoonegaas, mida tekib tavalise põlemisprotsessi kaasproduktina (Keskkonnaministeerium, 2018).

Metaan on süsihappegaasiga võrreldes palju suurema kasvuhooneefekti tekitava mõjuga, kuid selle eluiga atmosfääris on kõigest 12 aastat võrreldes süsihappegaasi 30–95 aastaga (Vaidyanathan, 2015).

Õhugaasid N_2 , O_2 ja Ar otseselt keskkonnale ohtu ei põhjusta, kuna on Maad kaitsva atmosfääri koostiselemendid, kuid samas madalad temperatuurid võivad jahutada materjale ja esemeid, mis temperatuuri tõttu võivad muutuda hapraks ja puruneda. Hapniku oksüdeeriv mõju võib esile kutsuda materjalide värvuse muutusi. Veeldatud gaasi ja selle aurudega kokkupuutel, kumm ning paljud metallid muutuvad temperatuuri langedes hapraks ja rabedaks. (Klaos, *et al.*, 2010, lk 37)

1.1.3. Oht tervisele

Kuna krüogeensetel ainetel on aurustumisel suur paisumismäär (jahutamisel veeldatud metaani paisumismäär on ligikaudu 630 kordne). Kui inimene sellise aineleviku korral jääb aurupilve sisse, võib ta ära lämbuda, kuna krüogeenne aine asendab eluks vajaliku hapniku (Meyer, 1990, p. 1). Reaalse kokkupuute korral tuleb arvestada seda, et krüogeensete ainete viskoossus on väga madal, mis tähendab, et nende läbitungimine poorsetest materjalidest ja riietest on kiirem, kui näiteks veel (Bernatika, *et al.*, 2011, p. 1).

Veeldatud gaasi või selle poolt maha jahutatud metalliga kokkupuutel tekivad nahakudede kahjustused kiiremini kui külma gaasiga kokkupuutel (Bernatika, *et al.* 2011, p. 1).

Kui inimene puutub füüsiliselt kokku krüogeense vedelikuga, siis tema koed tahkestuvad. Selle külmumisega ei kaasne tavaliselt valu, kuid tugev valu ilmneb, kui kude hiljem sulab. Kudede tahkestumise põhjustab lokaalselt vereringe peatumine kahjustatud piirkonnas. Mõjutatud kudedes võivad esineda laialt levinud rakulised kahjustused, mis on bakteriaalsete infektsioonide suhtes väga vastuvõtlikud. (Meyer, 1990, p. 68)

Krüogeensete vedelike käitlemisel tuleb silmade kaitseks kanda näokaitset ja käte kaitseks kindaid. Kui juhtub, et kindasse satub vedelikku, tuleb see külmumise vältimiseks kohe käest võtta. (Talvari, 2006, lk 40)

1.1.4. Tuleohtlikud krüogeensed ained ja õhugaasid

Autorile teadaolevalt on ainsaks Eestis kasutatavaks tuleohtlikuks krüogeeniks jahutamiseks veeldatud maagaas (LNG). Õhugaasideks loetakse lämmastiku, hapniku, süsihappegaasi, argooni ja heeliumit.

LNG hoiustamiseks ja vaheladustamiseks kasutatakse krüogeensete ainete hoiumahuteid, mis koosnevad kahest teineteise sees asuvast mahutist. Sisemine (esmane) LNG-hoiumahuti valmistatakse suure niklisisaldusega terasesulamist, mis talub LNG madalaid temperatuure ega muutu rabedaks. Välimise (teise) hoiumahuti ülesanne on kaitsta sisemist mahutit vigastuste eest ning vältida LNG lekkeid, juhuks kui sisemine mahuti peaks hakkama lekkima. (JetGas OÜ, 2016)

Krüogeense lämmastiku tsisterni soojenemine põhjustab rõhu suurenemist ning kui soojenemine on väga suure intensiivsusega, võib tsistern lõhkeda. Vedelikuga kokkupuutumine muudab materjalid rabedaks, sealhulgas isikukaitsevahendid. Samuti veeldatud hapnikuga kokkupuutumine muudab paljud materjalid rabedaks, sealhulgas isikukaitsevahendid. Vedelikuga kokkupuutumine põhjustab külmumist ja silmadele tõsiseid kahjustusi. (European Chemical Industry Council, 2015)

Argoon ei ole mürgine, kuid võib põhjustada lämbumist. Tsisterni soojenemise põhjustab rõhu suurenemist ja piisavalt intensiivse soojenemise tõttu võib tsistern lõhkeda ja tekkida lööklaine. Vedelikuga kokkupuutumine muudab materjalid rabedaks, sealhulgas isikukaitsevahendid. Nii lämmastik, hapnik kui argoon võivad olla silmale nähtamatud ja siseneda kanalisatsiooni või keldrisse, põhjustades seal õhukoostise muutusi. (European Chemical Industry Council, 2015)

Heeliumi tihedus on seitsmendik õhu tihedusest. Jahutamisel veeldatud heelium on lõhnata ja värvuseta ning teadaolevalt kõige külmem aine. Ühest liitrist jahutamisel veeldatud heeliumist saab umbes 740 liitrit gaasilist heeliumi. Heelium ei ole sööbiv, põlev ega mürgine. Heeliumi sisalduse tõus sissehingatavas õhus tekitab lämbumisohtu. Heeliumi sisalduse tõusu ei ole võimalik määrata aistinguliselt. Vedelikuga kokkupuutumine muudab materjalid rabedaks, sealhulgas isikukaitsevahendid. Gaas võib olla nähtamatu. (European Chemical Industry Council, 2015c)

Peatükis anti ülevaade, millised on krüogeensete ainete ohud inimesele ja keskkonnale ning missugused on nende ainete füüsikalised ja keemilised omadused. Kõikide krüogeensete ainete ühised omadused on järgnevad: need on väga külmad ja aurupilve sisse jäämisel lämmatavad. Keskkonnaohtlikeks gaasideks on LNG ja süsihappegaas kui kasvuhooonegaasid, tuleohtlikuks aineks LNG ja tulekahju soodustavaks aineks hapnik.

1.2. Krüogeensete ainete maanteetranspordiga tegelevad Eesti ettevõtjad

Autorile teadaolevalt käitlevad ja transpordivad tsisternides krüogeenseid ained Eestis JetGas OÜ; AS Eesti AGA; AS Eesti Gaas; Elme Messer Gaas AS; AS Alexela Oil. Ettevõtteid keda teenindatakse krüogeensete ainetega ja Auvere krüogeensete ainete tootmise tehas on ära märgitud tabelis (vt tabel 2), mille allikaks on Maa-ameti geoportaali ohtlike ja suurõnnetuse ohuga ettevõtete kaardirakendus (Päästeamet, 2018).

Tabel 2. Krüogeenseid aineid kasutavad ettevõtteid ja Auvere krüogeensete ainete tootmise tehas (autori koostatud).

Ohtlik ettevõtte	Aadress	Kemikaal
Saare Gaas OÜ	Kuressaare linn Kaevu 27	hapnik (2 t)
JetGas OÜ veeldatud maagaasi terminal	Saaremaa Pikk 64/ Ringtee 24	veeldatud maagaas (67,5 t)
Elme Messer Gaas AS Järvakandi hapnikujaam	Järvakandi, Tehase 7	hapnik (199 t)
Eesti AGA AS Maardu täitejaam	Maardu linn, Vana-Narva mnt 28a	veeldatud hapnik (5 t)
Viru Ölu AS	Haljala alevik, Rakvere mnt 7	lämmastik (4 t); süsihappegaas (20 t)
HKScan Estonia AS Rakvere tehas	Rakvere vald, Roodevälja küla	hapnik (3,39 t)
Eastman Specialities AS	Kohtla-Järve linn, Uus-Tehase tn 8	lämmastik (40 t)
Ecometal AS	Sillamäe linn, Kesk 2/26	vedel hapnik (40 t)
Narva Vesi AS	Narva linn, Kulgu 1	hapnik veeldatu (6,6 t)
Elme Messer Gaas AS Gaasitootmistehas	Auvere küla	hapnik (350 t); lämmastik (300 t); argoon (56 t)
JetGas OÜ Võru LNG jaam	Võru linn, Jaama tn 24	veeldatud maagaas (43 t)
Atria Eesti AS Valga tootmistüskus	Valga linn, Metsa 19	hapnik (2,2 t)
Jetgas OÜ Valga LNG jaam	Valga linn, Rükkelgi 1	veeldatud maagaas (43 t)
JetGas OÜ veeldatud maagaasi seade	Paide linn, Tööstuse tn 15a	veeldatud maagaas (35,4 t)
JetGas OÜ Sakreti LNG seade	Mäo küla	veeldatud maagaas (33,6 t)

JetGas OÜ tegeleb veeldatud maagaasi (LNG) impordi ja müügiga Balti riikides. JetGasi klientideks on tööstusettevõtteid ja energiatootjad, kellel ei ole ühendust maagaasitorustikuga ja seni on kasutanud vedelkütuseid. JetGas töötab BOO (*build, own and operate*) põhimõttel, see tähendab, et kliendi juurde paigaldatakse LNG vastuvõtmiseks ja taasgaasistamiseks LNG-jaam, mis koosneb LNG-hoiumahutist ja aurustitest ning mida varustatakse LNG maanteetranspordiga. LNG on võrreldes teiste vedelkütustega küll kõige väiksema erikaaluga, kuid seevastu kõige suurema energiasisaldusega massiühiku kohta. Seetõttu on LNG veokulud konkurentsivõimelised teiste vedelkütuste vedudega. LNG-st taasgaasistatava maagaasi kasutuselevõttuga alaneb tarbija soojusenergia tootmiskulu, väheneb keskkonasaaste. Maagaasiga töötavad katelseadmed on täielikult automatiseeritavad ning vajavad vedelkütuste kasutamisega võrreldes vähem hooldus- ja remondikuludid. (JetGas OÜ, 2016)

AS Eesti AGA haldab gaasivarustust ja käitleb gaase, sealhulgas krüogeenseid aineid. AS Eesti AGA käitleb krüogeene ja transpordib neid maanteedel tsisternveokitega. Nendeks

krüogeenideks on õhugaasid argoon; lämmastik; hapnik ja süsihappegaas. Need on levinuimad tööstusgaasid, mida transportitakse, käideldakse ja hoiustatakse veeldatud kujul krüogeensetel temperatuuridel. (The Linde Group, 2018)

Veeldatud õhugaase kasutatakse meditsiinis (lämmastik), toiduainetööstuses, ehituses (lämmastik), elektroonikatööstuses (krüogeenne õhugaas), kalakasvatases (hapnik), keemiatööstuses, keskkonna parandamine reovee puhastamise näitel innovaatiliste tehnoloogiatega (hapnik, lämmastik, süsihappegaas), klaasitööstus (hapnik), kummi- ja plastmassitööstus (lämmastik, süsihappegaas), laevaehitus (hapnik, lämmastik, argoon), metallitööstus, tselluloosi- ja paberitööstus (hapnik). (AGA, 2018)

AS Eesti Gaas on Eesti energiafirma, kus põhiliselt tegeldakse maagaasiga. Maagaas sobib soojatootmiseks, tööstusprotsesside sisendiks ja transportikütuseks. AS Eesti Gaas pakub maagaasi erinevate toodetena: toru- ja surugaasina ning veeldatuna (LNG). AS Eesti Gaas tegeleb veeldatud maagaasi transportiga ja laeva tankimisega ehk punkerdamisega (veokist laeva) Megastari näitel. Eesti Gaas on esimene ja seni ainuke firma Baltimaades, kes on välja arendanud toimiva LNG tarnimise ja punkerdamise võimekuse. Tallinki Megastari laeva punkerdamine on AS Eesti Gaasile andnud kogemuse LNG erinevate tarneallikate, logistika ja tehnoloogiliste lahenduste osas. (AS Eesti Gaas, 2018)

AS Alexela Oil on rajanud Eestisse tanklate võrgu, kuhu kuulub 100 tanklat, neist kahes saab osta ka CNG-d (*compressed natural gas*). AS Alexela Oil ehitas oma esimese CNG tankla Võru linna, selle tankla eripära seisneb selles, et ta ei asu gaasitoru läheduses, vaid sinna veetakse konteinertsisternidega (vt joonis 1) LNG-d, mis ühendatakse tankimisjaamaga, seega on Võrus baltikumi esimene LNG baasil toimiv CNG tankla. (AS Alexela Oil, 2017)



Joonis 1. LNG konteinertsistern Võru Alexela CNG tanklas (Breidaks, 2017).

Elme Messer Gaas AS on Balti regioonis tegutsev gaasiettevõtte, mis tegeleb tööstusgaasidega Baltimaades, samuti Venemaal ja Ukrainas. Elme Messer Gaas AS toodab ja müüb peamiselt tehnilisi ja meditsiinilisi gaase ning toidu- ja erigaase, samuti nende kasutamisel vajaminevaid seadmeid. Ettevõtte toodete hulgas on krüogeenseteks aineteks hapnik, lämmastik, argoon. Neid gaase kasutatakse terase- ja metallitööstuses, keemia-, toiduaine- ja ravimitööstuses, auto- ja elektroonikatööstuses, meditsiinis, keskkonnatehnoloogiates. (Elme Messer Gaas AS, 2018)

1.3. Kütetechnilised anumad maanteetranspordil

USDOT reguleerib transpordiks kasutatavate anumate disaini (silindrid, laeva- ja raudteetankid). Need regulatsioonid määratlevad nõuded rõhukontrollisüsteemide, rõhuventiilide ja torustiku jaoks. (Talvari, 2006, lk 40)

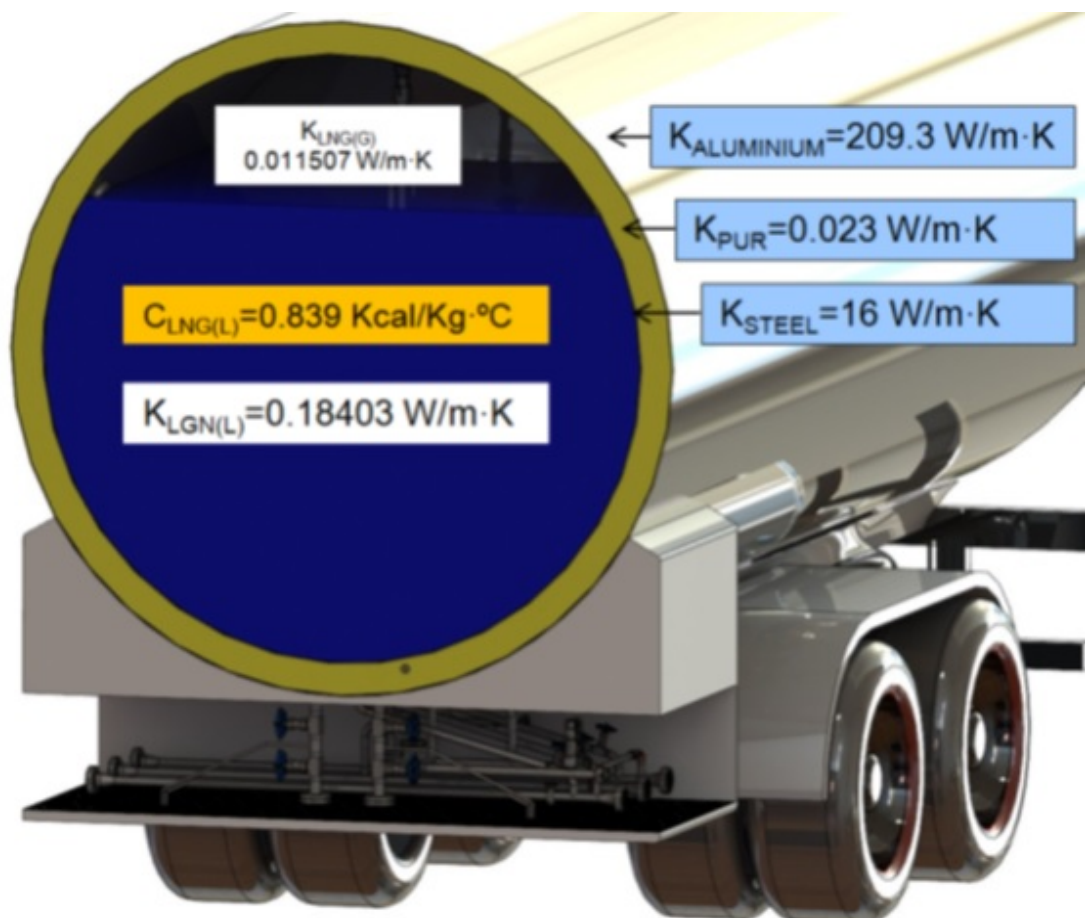
Krüogeenseid aineid veetakse maanteetranspordis kahte tüüpi tsisternidega: vaakum- ja termotsisternidega (Buil, *et al.*, 2013, p. 3).

Erinevat tüüpi krüogeenseid aineid vedavate tsisternide peamine eesmärk on selle sisu soojusisolatsioon. Kui tsisterni projekteeritakse, tuleb teostada üksikasjalikult termiliste nähtuste uurimine ja analüüs, et uurida, mis tegurid mõjutavad tsisterni koos lastiga selle

kasutamise ajal. Termotsisternide puhul on oluline valida õige isolatsioon, mis on õige paksusega tsisterni kahe põhiosa vahel, et vähendada soojusvoost tulenevat kriogeense aine soojenemist ja võimaldada suuremat säilitamisaega. Väiksema soojusvoo tulemusel on transpordi sõidukaugus suurem. (Buil, *et al.*, 2013, p. 1)

Termotsisterniga juhtunud õnnetuse (22.06.2002, Tivissa, Hispaania, LNG tsistern) põhjal avaldatud artiklis, toodi kokkuvõttes välja, et termotsisterni isolatsioonimaterjal polüuretaan (põlev ja isekustuv aine) tuleks asendada mittepõleva isolatsioonimaterjaliga (näiteks mineraalvill) ja alumiiniumist tsisterni välisvooderdus tuleks asendada terasvooderdusega, et suurendada termotsisterni ohutust (Planas- Cuchi, *et al.*, 2004, pp. 315-321).

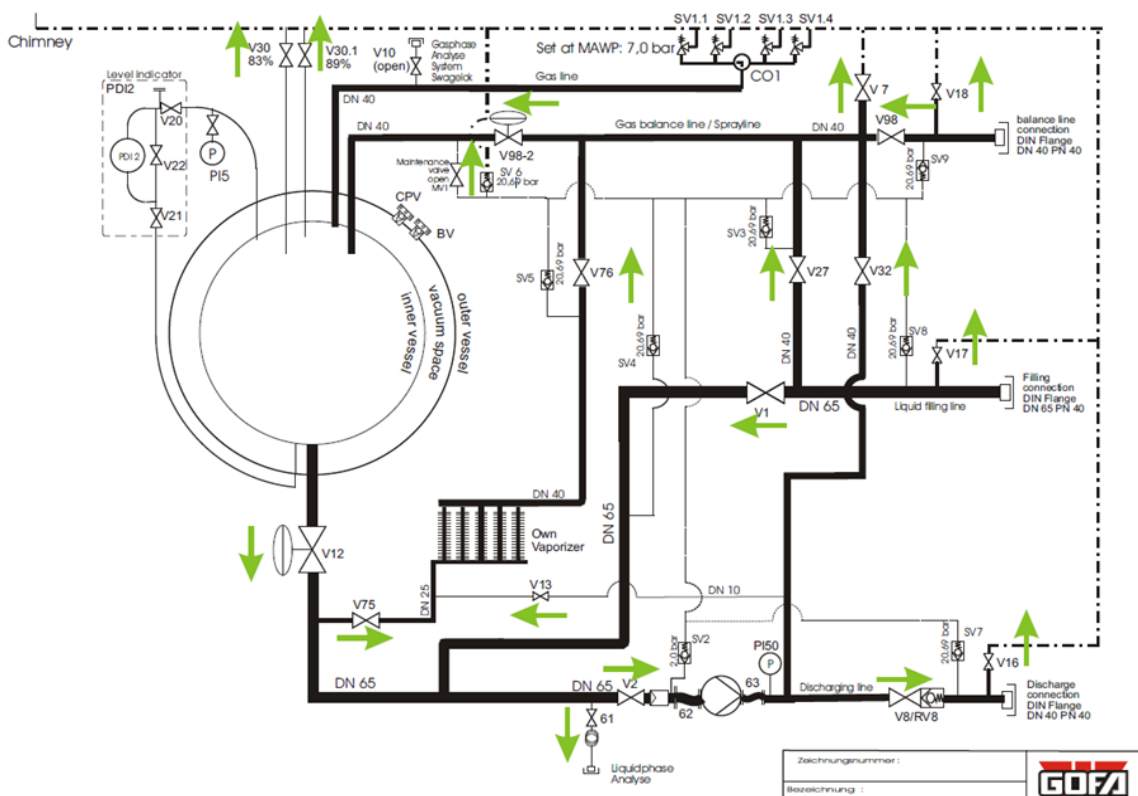
Termotsisterni läbilõige mahutist, kus on ära näidatud sisemise mahuti materjal (teras), isolatsioonimaterjal (polüuretaan) ja välimise mahuti materjal (alumiinium) (vt joonis 1). Lisaks on pildil näidatud erinevate kihtide soojusjuhtivustegur.



Joonis 2. Termotsisterni läbilõige koos erinevate kihtide soojusjuhtivusteguriga (Martinez, 2012).

Vaakumsisterni puhul kasutatakse vaakumit ja isolatsioonimaterjalina perliiti. Perliit on loodusliku silikaadi nimetus, milles on 65-75% SiO₂, 10-20% Al₂O₃ ja 2-5% vett. Tööstuslikuks kasutamiseks tuleb perliiti töödelda, kuumutades kuni 1000°C-ni. Selles protsessis aurustub vesi, materjali sisestruktuur muutub ja perliidi ruumala kasvab 20 korda, muutudes „laienenud“ perliidiks. Perliidi peamiste eelistena võib välja tuua järgmise: tegemist on loodusliku materjaliga, keemiliselt neutraalne, tulekindel ja kõige odavam tööstuslik isolatsioonimaterjal. Perliidi termilised omadused sõltuvad selle aine tera suurusest ja tihedusest. Krüogeensete ainete tsisternide puhul püsiv perliidi tihedus vahemikus 128- 152 kg/m³. Perliidi peamine puudus on tihtipeale see, et ta vajub tsisterni alumisse osasse, mille tulemusena tekib ebahühtlane isolatsioon. (Buil, *et al.*, 2013, p. 3)

Vaakumsisterni ehitus on sarnane võrreldes termotsisterniga, kuid sisemise ja välimise mahuti vahel on lisaks isolatsioonimaterjalile vaakum, isolatsioonimaterjalina kasutatakse perliiti (vt joonis 3). Joonisel on toodud lisaks vaakumsisterni joonisele klappide ja torustiku skeem.



Joonis 3. Vaakumsisterni skeem mahuti, torustiku ja klappidega. (Ardel, 2018)

Levinumateks krüogeensete ainete tsisternide tootjateks on Chart; Gofa; Indox, Linde; Karbonsan, Cryolor.

1.4. Nõuded krüogeenseid aineid tsisternidega vedavatele autojuhtidele ja ettevõtetele

Ohtlike veoste autoveo eeskirja § 4 sätestab rahvusvahelise autoveo korralduse. Rahvusvaheline autovedu peab toimuma ADR nõuete kohaselt, ehk siis autojuhil peab olema kaasas ADR koolituse tunnistus ja sõiduki rahvusvahelisele ohtlike veoste autoveole lubamise tunnistus. (Ohtlike veoste autoveo eeskiri, 2001)

Ohtlike veoste autoveo eeskirja § 7 sätestab siseriiklikult vedaja ohutusalased kohustused. Vedaja peab ohutuse tagamiseks kontrollima: kas veetavad veosed on veoks lubatud; dokumentatsioon veosega kaasas; sõiduk ja veos on tehniliselt korras; sõiduk ei ole üle koormatud; tunnusmärgid ja ohutusmärgid veosele paigaldatud; autojuhi ADR kohased kirjalikud ohutusjuhised, kus on nimetatud, milline varustus peab olema sõidukiga kaasas. (Ohtlike veoste autoveo eeskiri, 2001)

Eestis puuduvad eraldi kriteeriumid, et saada krüogeense veoki autojuhiks. Kuna krüogeenne veos on ohtlik veos, siis kehtivad sellele ADR üldnõuded. Autojuhil peab olema ADR tunnistus, et vedada ohtlike aineid.

Ohtlike veoste eeskirjas § 49 sätestab ohtlikke veoseid vedava autojuhi koolituse. Ohtlikke veoseid vedava sõidukijuht peab läbima põhikoolituse ja gaaside vedajad täiendava erikoolituse ning sooritama sellekohase eksami. (Ohtlike veoste autoveo eeskiri, 2001)

Võrdluseks toob autor näite Suurbritanniast - millised nõuded olid seal juba aastal 1988, et saada krüogeenseid aineid tsisternidega vedava auto juhiks (Blades, 1988, pp. 853- 854):

- Vanus 25- 40.
- Eelnev töökogemus vähemalt 5 aastat haagisega veokiga.
- Tuleb läbida tööintervjuu, proovisõit ja seejärel teine intervjuu.

Kui juht saab valitud, järgnevad koolitused (Blades, 1988, pp. 853-854):

- I ja II päev: tutvustus ja ülevaade veetavatest ainetest.
- III kuni XIII päev: kogunud autojuhi poolt praktilised juhised ja harjutamine.
- XIV ja XV päev: autojuhi hindamine koolitusosakonna poolt ja veoki tüübi koolitus.

2. EMPIIRILINE OSA

Lõputöös kasutas autor andmete kogumiseks kvalitatiivseid uurimismeetodeid: intervjuud, vaatlust ja dokumendi analüüsi.

Intervjuu liigina kasutati andmete kogumiseks poolstruktureeritud intervjuud ehk teemaintervjuud, kus teemad on ette antud koos abistavate küsimustega, kuid küsimuste järjekord ei olnud ära määratud ja intervjuu läbi viia otsustas, mida ja millal on otstarbekas küsida. (Robson, 2002, p. 270)

Intervjuu valimiks on mitte- tõenäosuslik valim ehk eesmärgipärane valim, kus intervjuueeritavate valimisel lähtutakse uurimisküsimustest (Flick, 2009, p. 120). Tegemist oli individuaalintervjuudega ja intervjuud viis autor läbi: AS AGA Gaaside esindajaga; AS Eesti Gaasi esindajaga; JetGasi OÜ esindajaga; AS Alexela Oil esindajaga; Elme Messer Gaas esindajaga. Autorile teadaolevalt on need firmad Eestis kürogeensete gaaside käitlejad ja transportijad.

Vaatluse liigina kasutab autor osalusvaatlust, mida kasutatakse kvalitatiivse uuringu korral. Osalusvaatluses võib olla ka osaluse aste erinev, kas osaletakse täielikult vaatluses, kus uurija püüab saada näiteks töögrupi täielikuks liikmeks või osalus vaatlejana, kus uurija on näiteks töögrupis vaid vaatlejana. Vaatlejana osaledes suhtleb uurija vaatluse käigus tegevuse läbiviijatega, uurib objekti ja küsib küsimusi. (Hirsjärvi *et al.*, 2010, lk 202-203)

Vaatluse puhul oli tegemist objekti uurimisega. Antud töös oli objektiks krüogeenseid aineid vedav tsisternveok. Vaatluse käigus ei toimunud tegevusi, nagu aine maha- või pealelaadimine, kuid autorile vaatluse läbiviija kirjeldas laadimistegevusi.

Dokumendianalüüsis moodustavad andmestiku ametlikud dokumendid, mis on kogutud uuritavatelt (Hirsjärvi *et al.*, 2010, lk. 203-205). Dokumendianalüüsi andmestiku moodustavad AS Eesti Gaasi esindajalt ja JetGas OÜ esindajalt kogutud kõrge ohuastmega veoste turvakavad.

2.1. Intervjuude kokkuvõte

Autor viis intervjuud läbi ajavahemikus 21. märts 2018-16. aprill 2018 viie intervjuueeritavaga. Intervjuu läbiviimine lepiti kokku isikutega e-maili teel ja helisalvestuseks ning nime avaldamiseks võeti intervjuueeritavatelt kirjalik luba. Kogu intervjuu tekst transkribeeriti andmete analüüsimiseks ja transkribeeritud tekst saadeti intervjuus osalejatele lugemiseks. Intervjuude eesmärk oli välja selgitada hetke olukord krüogeensete ainete maanteetranspordis Eesti ettevõtete poolt, selleks kasutatakse uurimusküsimusi:

- 1) Milliseid krüogeenseid aineid Eestis siseriiklikult transporditakse?
- 2) Milliste tsisternidega krüogeenseid aineid Eestis siseriiklikult transporditakse?
- 3) Millised Eestis tegutsevad ettevõtted transpordivad krüogeenseid aineid?
- 4) Milline on Eestis tegutsevate ettevõtete võimekus abistada Päästeametit nende ainete maanteetranspordil toimunud õnnetuste korral?

Intervjuu valiti uurimismeetodiks seetõttu, et saada vahetult info krüogeensete ainete tegeleva ettevõtte eksperdilt, kes valdab teemat. Intervjuude teemad ja teemasid toetavad küsimused puudutavad otseselt ettevõtete tegevust (vt lisa 1).

2.1.1. JetGas OÜ tehnikajuht Toivo Ardel

Intervjuu toimus 21. märtsil 2018 kell 13:00 Tallinnas. Autor intervjueeris JetGas OÜ tehnikajuhti Toivo Ardelit. Ettevõtte transpordib maanteed pidi krüogeense ainega LNG- d. Aine pealelaadimine toimub põhiliselt Kingissepas (Venemaa), kuid ka Peterhofis (Venemaa) ja vähesel määral ka Klaipedas (Leedu). Sihtkohtadeks kuhu LNG-d transporditakse on Kuressaare, Paide, Mäo ja Võru, ning on lisandumas ka Rapla (aprill-mai 2018). Marsruudid kus liigutakse on ära märgitud joonisel (vt joonis 4).



Joonis 4. JetGas OÜ veomarsruudid, põhjaks kasutatud Delfi kaardirakendust (autori koostatud).

Ettevõtte kasutab kolme tsisterni, koos kolme veokiga, kõik tsisternid on vaakumperliidiga. Kahe tsisterni tootjaks on GOFA, ühe tsisterni tootjaks Indox. Aine laadimine tsisternist toimub rõhkude vahega, kuna Kingissepast toodava LNG kvaliteet on nii halb, et lõhub krüopumba ära. Kingissepast toodud LNG-1 on iseloomulik lõhn, kuna aine ei ole piisavalt puhastatud. Rõhkude vahega tsisterni tühjaks laadimine võtab aega 4-5 tundi. Kingissepa tehase tsisterni laetava LNG rõhk on 5-5,5 baari, ehk soe LNG, kaitseklapid avanivad 7 baari juures. Kõige kauem on aine pidanud olema tsisternis 10 päeva ja siis kaitseklapid ei avanenud. Näiteks Klaipeda terminalist tsisterni laetava LNG rõhk on 2-3 baari.

Jetgas on tegutsenud aastast 2014 ja mahud on stabiilselt kasvanud, ning kasvavad edasi. Tankerlaevadega LNG-d Eestisse ei tooda, kuna mahud on selleks liiga väikesed. Raudteetranspordi LNG vedamiseks Eestis ei kasutata ja Rail Balticu valmimisel tõenäoliselt ei hakata samuti vedama. Kui Eestisse tuleb LNG terminal, hakkab kindlasti toimuma LNG laevadega transport. Kui tuleb terminal, tuleb kindlasti juurde ka LNG-d kütusena kasutavaid laevasid, kuna keskkonnanõuded on muutunud rangemaks.

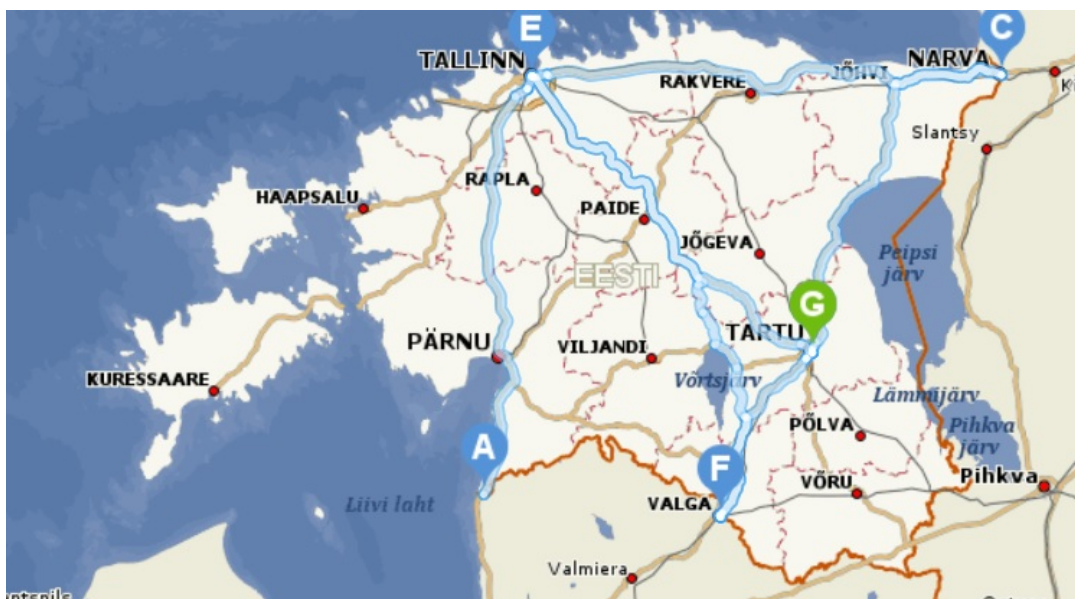
Autojuhtidelt nõutakse ADR tunnistust ja autojuhi kutsetunnistust. Ettevõtte teeb ise krüogeense aine kohta ohutuskoolituse ja kuna autojuhid on ise ka operaatorid, peavad nad kasutama kaitseriietust ja kaitsevarustust laadimise ajal. Ettevõtte plaanib korraldada Kuressaares õppuse, kus mängitakse konkreetne situatsioon läbi. Avarii korral, kui tsistern

on külili lasevad kaitseklapid rõhku välja, nii veeldatud, kui gaasilises olekus. Õnnetuse korral on 24/7 kontaktisikuks Toivo Ardel (524 7761). Õnnetuse korral, kui soovitakse LNG-d ümber pumbata, peab meeles pidama, et selle jaoks kasutatakse roostevabast terasest voolikuid. JetGasil on tsisternidega kaasas voolikud, et neid vajadusel kasutada.

Viimase 5 aasta jooksul on LNG maanteetranspordi maht Eestis tõusnud. Nelja aastaga on JetGasis mahud kahekordistunud. Samas transiiti Venemaalt Poola on läbi Eesti vähemaks jäänud, kuna avati Klaipeda termina, Kaliningradi terminal ja Poola Swinoujscie terminal. JetGas veab aastas umbes 2500 tonni LNG- d. JetGas jagas autorile LNG transportimise turvakava, mida lubati lõputöös kasutada.

2.1.2. AS Eesti AGA rakendusosakonna juht Arvo Kaasik

Intervjuu toimus 22. märtsil 2018 Tallinnas. Autor intervjueris AS Eesti AGA rakendusosakonna juhti Arvo Kaasikut. Ettevõtte transpordib maanteed pidi krüogeensete ainetena tsisternides õhugaase. Porvost (Soome) tuuakse hapniku ja lämmastikku, Valmierast (Läti), kus on AS Eesti AGA-l enda tehas, tuuakse hapniku, lämmastikku ja argooni. Süsihappegaasi veetakse Läti sadamaterminalist, kuhu tuuakse seda tankerlaevadega. Meretranspordina kasutatakse transpordilaevasid, mis toovad tsisternveokid Soomest ja Rootsist Eestisse. Klientide asukohtadest täpsemalt intervjueritav ei soovinud rääkida, kuid väitis, et transpordiks kasutatakse põhiliselt suuremaid põhimaanteid (vt joonis 5).



Joonis 5. AS Eesti AGA veomarsruudid, põhjaks kasutatud Delfi kaardirakendusprogrammi (autori koostatud).

Koguseliselt transporditakse koos Elme Messer Gaasiga kokku umbes 30 000 tonni krüogeenseid aineid aastas. Ettevõtte kasutab ainult Linde tsisternid, mis on ehitatud Linde kontserni poolt, millesse AS Eesti AGA kuulub. Kõik tsisternid on vaakumperliidiga. Linde tsisternid on sarnased GOFA tsisternidega, väikesed erinevused on ventiilide asukohtade osas. Koos Elme Messer Gaasiga liigub Eestis, olenevalt tarbimisest, umbes 20 tsisternveokit. Transpordi mahud on kasvanud viie aasta jooksul umbes viiendiku. Tulevikus õhugaaside osas mahtude kasvu intervjueritav AS Eesti AGA seisukohast ei näe. Ained lähevad toiduainetööstusse, elektroonikatööstusse, keemiatööstusse, metallurgiasse.

Raudteetransporti AGA ei kasuta. Aastaid tagasi prooviti Venemaalt hapniku transportida, kuid see ei toiminud. Põhjuseks oli, et õhugaasid on kiiresti riknev toode ja raudteetranspordi logistika võtab liiga kaua aega. Rail Balticu puhul ei usu, et hakatakse krüogeenseid aineid vedama, kuna kogused ei ole piisavalt suured. Juhul kui on hästi suurt kogust ainet kiiresti vaja, jääb raudteetransport liiga aeglaseks.

Autojuhtidelt nõutakse ADR tunnistust, autojuhi kutsetunnistust, tehakse ohutusalane koolitus ettevõtte poolt ja siis ka ettevõttepoolne väljaõpe. Põhilisteks ohtudeks õhugaaside transpordil ja laadimisel on külmakahjustused, pumpade lõhkumised, kui ei jahuta enne laadimist pumpa maha. Tsisternidega on kaasas voolikud ja autojuhtidel on ümberpumpamise kogemus on olemas. Näiteks, üle 10 aasta tagasi läks Tallinna ringteel Läti hapnikutsisterniga veok külili ja see pumbati ümber. Argooni, hapniku ja lämmastiku puhul saab kasutada õnnetuse korral kontrollitud tsisterni tühjendamist keskkonda, kuna need ained on keskkonnale ohutud. Metaan on näiteks kasvuhooonegaas ja seda niisama keskkonda lasta on „tobe“. AGA tehastes juhitakse LNG ülerõhk korstnasse ja põletatakse ära. 24/7 kättesaadav on tehnikaosakonnas tehnilise teeninduse juht (mobiilinumbrist ei jaga), tööpäevadel saab helistada numbrile 6 504 504. Õnnetuste puhul sõidavad välja tehnikud, kes organiseerivad ümberpumpamised ja kraavist väljatõmbamised.

Tsisterni tühjaks pumpamine võtab aega pool tundi ja pumpamise ajal peab autojuht iga natukese aja tagant vajutama nuppu, muidu pump peatab töö. Nupuvajutus on selleks, kui autojuhiga midagi juhtub, välditakse suurema õnnetuse tekkimist. Pumbad on kõigil Linde haagistel tagaosas. Tsisternides on rõhud õhugaaside puhul 5- 10 baari.

2.1.3. AS Eesti Gaas tehnilise arengu juht Sergei Jefimov

Intervjuu toimus 29. märtsil 2018 Tallinnas. Autor intervjueris AS Eesti Gaas tehnilise arengu juhti Sergei Jefimovit. Eest Gaas transpordib maanteedel krüogeense ainenä LNG-d. LNG tsisterni laadimine toimub enamasti Pihkva terminalist. Lisaks on vajadusel veetud Peterhofist (Venemaa), Kingissepast (Venemaa), Porist (Soome), Klaipedast (Leedu) ja Swinoujsciast (Poola). AS Eesti Gaas veomarsruudid on välja toodud joonisel (vt joonis6).



Joonis 6. AS Eesti Gaas veomarsruudid, põhjaks kasutatud Delfi kaardirakendusprogrammi (autori koostatud).

Mahalaadimine toimub kõik punkerdamise teel Tallinnas parvlaev Megastarile, öösiti vahemikus kell 02:00- 06:00. 2017 aastal veeti 13 300 tonni LNG-d. Eestisse tuleb LNG pealt sõitvaid laevu juurde, kuid mitte järgmise kahe aasta jooksul. Praegu sõidab Euroopas 120 laeva, mis kasutavad kütusena LNG-d ja aastaks 2025 tuleb juurde 114 laeva. Kui laevu tuleb juurde, hakatakse kasutama *terminal to ship* (terminalist laeva) või *ship to ship* (laevast laeva) punkerdamist, kuna autodega ei jõua selliseid koguseid vedada.

AS Eesti Gaas kasutab GOFA tsisterni, vaakumklaaskiudisolatsiooniga. Klaaskiudisolatsioon on raskem kui perliidist isolatsioon, kuid soojusvahetus on väiksem. Tootja annab garantii, et LNG võib tsisternis mitu kuud seista, enne kui hakkab ülerõhku välja laskma. Autosid koos tsisternidega on kaheksa ja igal autol kindel autojuht.

Raudteetranspordi LNG puhul Eestis ei kasutata, ning Rail Balticu puhul on see tõenäosus samuti väike. Meretranspordi puhul kasutatakse transportlaevasid, kus LNG tsisternveokeid hoitakse avatud tekil.

Autojuhtidelt nõutakse ADR tunnistust, autojuhi kutsetunnistust, firmasiseselt nõutakse, et peab olema vähemalt kaks aastat kogemust ohtlike veoste vedamisel. Ettevõtte teeb ise autojuhtidele sisekoolituse, kus peavad läbima teooriaosa ja praktilise osa. Autojuhid on ka operaatorid. Autojuhid peavad teooria osa järel tegema punkerdamist koos juhendajaga, nii kaua, kuni juhendaja kinnitab uue juhi iseseisvat hakkama saamist. Koolitused kestavad keskmiselt pool aastat. Kaitsevarustusse kuulub autojuhtidel gaasianalüsaator, külmakindlad kaitseriided, kiiver, prillid, kaelakate, külmakindlad jalatsid.

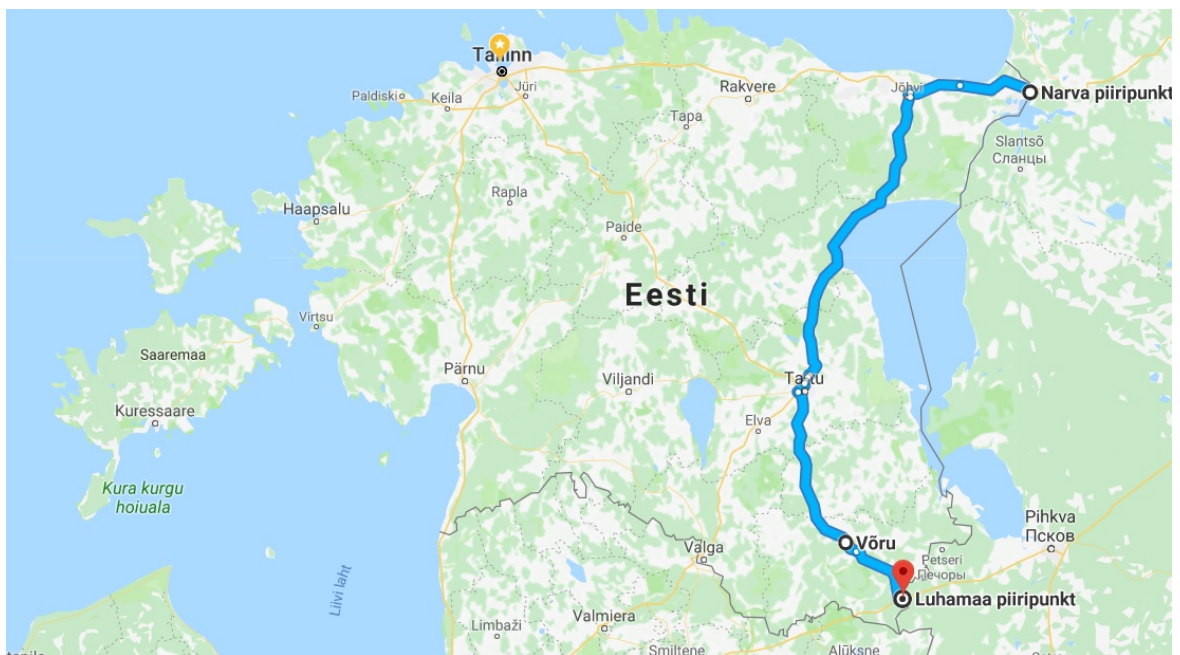
Avariitelefoni kuhu võib 24/7 helistada on 13404. Õppus on tehtud koos Päästeametiga 1,5 aastat tagasi ja 2018 aasta suvel plaanitakse teha uus. Eesmärgiks on teha õppusi igal aastal ja kõikide päästemeeskondadega, kelle piirkonda marsruut läbib. Eesti Gaasis on korduvalt tehtud LNG ümberpumpamist ühest tsisternist teise ja omatakse ka spetsiaalseid tõsterihmasid, millega tsisterni vajadusel tõsta ja kokkuleppel Päästeametiga, organiseerib amet kraanad.

Tsisterni ülerõhuklappidest on kogu aeg aktiivsed vähemalt kaks ja tööle hakkavad 7 baari juures. Kui on vaja, saab ülerõhuklappide kaudu lasta rõhku välja ka madalama rõhu puhul kui 7 baari. Pihkva terminalist veetav LNG on lõhnatu. Tsisternidel on peal ka kaitseautomaatika, mis ei võimalda pumpa käivitada enne, kui selle temperatuur on langenud vähemalt -100°C. Laeva punkerdamise maksimaalne kiirus on Megastari puhul 200 kuupmeetrit tunnis, tavaliselt punkerdatakse kiirusel 120 kuupmeetrit tunnis. AS Eesti Gaas kasutab voolikute ühendamisel kiirühendusi, tänu millele ei teki ühendamise käigus LNG saastet. See on kohustuslik punkerdamise juures. Tsisternidega on kaasas ka 5 meetrine voolik, mida saab vajadusel kasutada. Eesti Gaas komplekteeris *emergency traileri* (hädaolukorra haagis) (vt lisa 2, joonis 9), mis on komplekteeritud kõige hädavajalikuga, mida õnnetuse korral vaja võib minna. Üheks uueks asjaks on avarii *cannon* (põleti)(vt lisa 2, joonis 10), mille abil saab rõhu langetamiseks tsisternist väljalastava gaasi kontrollitult eemal ära põletada. Ülerõhuklapid töötavad nii gaasi kui ka vedeliku puhul olenemata tsisterni asendist. Nagu ADR nõuded ette näevad on ainet tsisternis 83 % vedelikuna ja 17 % gaasina. Transiidina veavad läbi Eesti LNG-d Elme Trans (Eesti), DUON (Poola) ja CMTP (Poola). AS Eesti Gaas võimaldas teha krüogeense

aine tsisterni vaatlust ja jagas LNG vedamise turvakava, mida lubati autoril lõputões kasutada.

2.1.4. AS Alexela Oil projektijuht Artur Dianov

Intervjuu toimus 6. märtsil 2018 Tallinnas. Autor intervjuueeris AS Alexela Oil projektijuhti Artur Dianovit. AS Alexela Oil transpordib krüogeense ainenä maanteedel LNG-d. Pealelaadimine toimub Venemaal Pihkvas, Kingissepas või Peterhofis. Mahalaadimine tsisternist toimub Võrus Alexela tanklas. Marsruudid on välja toodud järgneval joonisel (vt joonis 7).



Joonis 7. AS Alexela Oil veomarsruudid, põhjaks kasutatud Google Maps kaardirakendusprogrammi (autori koostatud).

Aastas transporditakse tsisternidega Võru umbes 150- 200 tonni LNG-d. LNG-d transporditakse ISO konteineritega, mida on kaks ja tootjateks Chart ning Karbonsan. Üks konteiner on vaakumperliidiga ja teine konteiner lihtsalt vaakumiga.

Intervjuueeritava väitel LNG terminali ehitamine Eestisse on ainult aja küsimus ja seejärel hakatakse kasutama LNG meretankereid. Kui tuleb juurde laevasid, mis kasutavad kütusena LNG- d, siis on terminali vajadus olemas, kuna maanteetransporti mitme laeva tankimiseks kasutada ei ole otstarbekas, see on ohtlikum ja logistika on keerulisem. Palju kasutatakse LNG konteinerite transporti laevatranspordis ja raudteetranspordis, näiteks Rootsis. Nendes konteinerites saab gaasi hoida 2-4 kuud, olenevalt konteineri kvaliteedist ja tehnilisest karakteristikast, aga kvaliteetsemad konteinerid on ka kallimad. Rail Balticu

valmimisel ei pea tõenäoliseks, et Eestis hakkab raudteel LNG-d liikuma. LNG kasutamine ja transport on kasvavas trendis.

Autojuhtidelt nõutakse ADR tunnistust, autojuhi kutsetunnistust. Lisaks tehakse ettevõttepoolne koolitus. AS Alexela Oilis ei ole autojuhid operaatorid, nemad toovad LNG kohale ja tehnikud kohapeal Võrus tegutsevad laadimistoimingutega edasi. Õnnetuse korral autojuht sündmuse lahendamisel aidata ei oska, kohale sõidavad tehnikud. 24/7 telefoninumbriks on tehnikajuhi number, kes võtab alati vastu (6290 029).

2.1.5. Elme Messer Gaas AS logistik Julia Makarova

Intervjuu toimus 16. aprillil 2018 Tallinnas. Autor intervjueris Elme Messer Gaas AS logistikut Julia Makarovat. Elme Messer Gaas AS transpordib maanteedel krüogeensetest ainetest lämmastikku, hapnikku, argooni ja süsihappegaasi. Hapnik, argoon ja lämmastik toodetakse enda tehases, mis asub Auveres (avati 5 aastat tagasi) ja sealt transporditakse ained Eestisse, Läti, Leetu, Venemaale. Eestis kasutatakse kõiki suuremaid põhimaanteid, ning teenindatakse ka Saaremaa kliente (vt joonis 8)



Joonis 8. Elme Messer Gaas AS veomarsruudid, põhjaks kasutatud Google Maps kaardirakendusprogrammi (autori koostatud).

Väljastpoolt Eestit tuuakse krüogeenseid aineid Soomest ja Poolast. Soome puhul kasutatakse ADR praamlaevasid, millega tuuakse tsisternveokid üle. Mööda merd tankeritega Eestisse krüogeenseid aineid ei tooda. Rail Balticu valmimisel pigem

raudteetransporti nende ainete puhul kasutama ei hakata. Umbes 15 aastat tagasi transporditi hapnikku raudteetsisternidega, kuid enam mitte.

Ettevõtte kasutab GOFA tsisterne, millest vanemad on vaakum perliidiga ja uuemad vaakum klaaskiud isolatsiooniga. Tsisterne koos veokitega on ettevõttel 16 ja autojuhid roteeruvad. Autojuhtidelt nõutakse ADR tunnistust, autojuhi kutsetunnistust ja ettevõtte poolt koolitatakse, kuidas teha tankimist klientide juures.

Soomes juhtus mõnda aega tagasi Elme Messer Gaas AS hapniku tsisternveokiga avariid, siis lasti hapnik tsisternist keskkonda, kuid ümberpumpamine on parem variant, kui vähegi võimalik, sest siis hoitakse produkti. Ettevõttel on olemas kaks tehnikabussi, mis on varustatud vajalike seadmetega, et õnnetuse korral abistada sündmuse lahendamist. Isik kellele saab õnnetuse korral 24/7 helistada on olemas, kuid numbrit ei jagata.

Elme Trans, kes teostab alltöövõttu Elme Messer Gaasile, teeb alltööd ka välismaa ettevõtetele. 02.03.2018 juhtus Pihkva oblaskis õnnetus Elme Transi veokiga, mis vedas LNG-d. Veok paiskus kraavi külili, LNG- d lekkima ei hakanud ja tsistern tõsteti kraavist välja kettide abiga, mitte rihmadega, kuna ei olnud väidetavalt piisaval tugevaid rihmasid.

Eesti ettevõtetele transporditakse krüogeenseid aineid umbes 18 000 tonni aastas. Elme Messer Gaas AS võimaldas teha ka krüogeense aine tsisterni vaatlust.

2.2. Vaatluste kokkuvõte

Autor viis vaatlused läbi ajavahemikus 29. märts 2018- 16. aprill 2018 kahe erineva ettevõtte krüogeensete ainete tsisternidega. Vaatluste eesmärk oli tutvuda Eesti teedel kasutatavate krüogeensete ainete tsisternide tehniliste omaduste ja eripäradega, ning mõista tehnika tööpõhimõtet. Vaatlus sai valitud uurimismeetodiks seetõttu, et saada vahetult infot krüogeensete ainete tsisternide ehituslike omapärade kohta.

2.2.1. AS Eesti Gaas tsistern

Vaatlus toimus 29 märts 2018 Tallinna sadama veoautode D- terminalis. Autor viis vaatluse läbi AS Eesti Gaasi krüogeensete ainete tsisterni uurides. Tegemist oli GOFA vaakumtsisterniga, mille isolatsioonimaterjaliks on klaaskiud. Tsisterni alusvankriks on poolhaagis, kolme sillaga. Vaadeldava tsisterniga saab vedada kuni -196°C temperatuuriga

krüogeenseid aineid, AS Eesti Gaas kasutab tsisterni LNG transpordiks, kuid lisaks saab vedada argooni ja lämmastikku. Krüopumbaks on Cryostari pump, mille tootlikus on 1000 l/min ja krüopumpa ajab ringi hüdraulikasüsteem (vt lisa 3, joonis 11). Ülerõhuklappe on 4 tükki, ülerõhuklapid töötavad paarikaupa või kõik korraga, seda saab reguleerida käsitsi kolmikkraaniga (vt lisa 3, joonis 12). Ülerõhuklapid on reguleeritud avanema automaatselt 7 baarise rõhu korral. Sisendeid ja väljundeid on tsisternil mõlemaid üks (vt lisa 3, joonis 13). Kaasas on tsisterniga viie meetrine lisavoolik, millega saab vajadusel ainet ühest tsisternist teise pumbata, lisavoolik asetseb tsisterni juhipoosel küljel (vt lisa 3, joonis 14). Kui aine pumpamist hakatakse tegema, tuleb enne pumba kasutust alati rakendada seisupidur, paigaldada tõkisingad rataste fikseerimiseks, operaator peab riietuma kaitseriietusse, tsistern tuleb maandada, krüopump tuleb jahutada vähemalt -100°C (kui pump on soojem, ei lase andur klappe ja kraane avada), alati tuleb kontrollida voolikute ja pumba sisendi ning väljundi puhtust. Lisaks on tsisternil pneumosüsteem, mille abil avatakse ja suletakse klappe. Tsisterni pumbaruumi luugi küljes on andur, mis luugi avanemise korral rakendab automaatselt tsisterni seisupidurid. Tsisterni all asetseb krüogeense aine gaasistamiseade, millega saab tõsta tsisterni rõhku, kui on näiteks krüopump katki, et rõhkude vahega ainet maha laadida. Krüopumbaga kulub tsisterni tühjaks laadimiseks umbes 20 minutit, rõhkude vahega võib kuluda tsisterni tühjendamiseks kuni 5 tundi. Tsisterniga töötamisel kasutatakse dielektrilisi töövahendeid (haamer, liitmikuvõtmed). Pumbaruumis olid näidikuteks: rõhunäidik (baar), tasememõõtur (kg), hüdraulilise süsteemi rõhunäidik (baar), pneumaatilise süsteemi rõhunäidik (baar).

Punkerdamise ajal tsisternist- laeva, on määratud 30 m raadiusega ala, kuhu laadimisega mitteseotud isikud ei tohi siseneda. Punkerdamisel antakse autojuhtidele laeva kiirkinnitusega krüogeensete ainete voolikud, mis ühendatakse väljundavasse. Punkerdamine toimub paralleelselt korraga kahest tsisternveokist.

2.2.2. Elme Messer Gaas AS tsistern

Vaatlus toimus 16.aprill 2018 Tallinnas Kopli 103. Autor viis vaatluse läbi Elme Messer Gaas AS krüogeensete ainete tsisterni uurides. Tegemist oli GOFA vaakumtsisterniga, mille isolatsioonimaterjaliks on perliit. Tsisterni alusvankriks on poolhaagis, kolme sillaga. Vaadeldava tsisterniga saab vedada kuni -196°C temperatuuriga krüogeenseid aineid, Elme Messer Gaas AS kasutab tsisterni lämmastiku, hapniku ja argooni transpordiks.

Krüopumbaks on Cryostari pump ja krüopumpa ajab ringi elektrimootor (vt lisa 3, joonis 15). Ülerõhuklappe on 2 tükki. Ülerõhuklapid olid reguleeritud avanema automaatselt 3 baarise rõhu korral (viimati transporditi tsisterniga lämmastikku). Sisendeid ja väljundeid on tsisternil mõlemaid üks (vt lisa 3, joonis 16). Kaasas on tsisterniga lisavoolik, millega saab vajadusel ainet ühest tsisternist teise pumbata, lisavoolik asetseb tsisterni juhipoolsel küljel. Kui aine pumpamist hakatakse tegema, tuleb enne pumba kasutust alati rakendada seisupidur, paigaldada tõkisingad rataste fikseerimiseks, operaator peab riietuma kaitseriietusse, tsistern tuleb maandada, krüopump tuleb jahutada vähemalt -107°C kui pump on soojem, ei lase andur peakraani avada (töötab pneumosüsteemi abil), alati tuleb kontrollida voolikute ja pumba sisendi ning väljundi puhtust. Tsisterni all asetseb krüogeense aine gaasistamiseade, millega saab tõsta tsisterni rõhku, kui on näiteks krüopump katki, et rõhkude vahega ainet maha laadida. Pumbaruumis olid näidikuteks: rõhunäidik (baar); tasememõõtur, erinevate skaaladega lämmastiku, hapniku ja argooni jaoks (kg); pneumaatilise süsteemi rõhunäidik (baar).

2.3. Turvakavade analüüs

Turvakavasid nõutakse vedajatelt, kui on tegemist kõrge ohuastmega veostega. AS Eesti Gaasi puhul omab ettevõtte krüogeensete ainete tsisterne, kuid vedusid teostab alltöövõtjana P&J Transport AS. JetGas OÜ puhul omab ettevõtte krüogeensete ainete tsisterne, kuid vedusid teostab alltöövõtjana VKG Transport AS. AS Eesti Gaas ja JetGas OÜ esindajad jagasid turvakavasid vedajate nõusolekul, ning lubasid kasutada dokumendianalüüsiks antud lõputöös.

Teede- ja sideministri 14. detsembri 2001. a määruse nr 118 „Ohtlike veoste autoveo eeskiri” lisa 12 järgi on LNG puhul, kui veetakse üle 3000 liitri, tegemist kõrge ohuastmega veosega (Teede- ja sideministerium, 2011).

Turvakava eesmärk on anda töötajatele konkreetsed juhised LNG veo ohutuse tagamiseks. Turvakavas määratakse ära turvakorraldus, sealhulgas töö ja veo turvalisuse eest vastutaja, turvakava eest vastutaja on ohutusnõunik, kes vastutab, et kõik tegevused ja veovahendid on kooskõlas kehtivate nõuetega.

2.3.1. P&J Transport AS ja VKG Transport AS turvakavad

Mõlemas turvakavas tuuakse välja aine füüsilised ja keemilised omadused, aine identifitseerimiseks vajalikud andmed, metaani ohud sealhulgas keskkonnamõjud ja tervisemõjud. Turvakavade põhjal ei ole metaani klassifitseeritud keskkonnale ohtlikuks aineks, kuid on märgitud, et metaan on kasvuhooonegaas ja selle sattumist atmosfääri on vaja takistada. (P&J Transport AS, 2017; Roolikool OÜ, 2014)

Tervisemõjudest on turvakavades välja toodud, et LNG aurude sissehingamisel võib tekkida hingamisteede ja -elundite külmakahjustusi, otsene kokkupuude tekitab naha ja silmade külmakahjustust. Paljas nahk võib kinni jääda maha jahtunud metalli külge ja lahti tõmmates rebeneda. Põlema süttinud gaasipilv tekitab selle sisse jäänud inimestele raskeid põletusi. Esmaabi LNG sissehingamisel on viia kannatanu värske õhu kätte ja kutsuda kiirabi. Kui LNG satub silma, tuleb seda loputada ohtra veega ja kutsuda kiirabi. Samuti LNG kokkupuutel nahaga tuleb kutsuda kiirabi. Autojuhi tegevuseks õnnetuskohal on kõigepealt tagada iseenda turvalisus, kasutada isikukaitsevahendeid ja eemalduda ohtlikust alast, seejärel helistada Häirekeskusesse. (P&J Transport AS, 2017; Roolikool OÜ, 2014)

Tulekahju ja plahvatuse korral tuleb võimalusel käskida inimestel lahkuda ohutsoonist, takistada ligipääs ohutsooni ja püsida ülevalpool tuult. Jahutamisel veeldatud metaanitsisterni kokkupuutel leegiga halveneb tsisterni isoleerimise võime, seega mahuti siserõhu tõusmisel avanevad selle kaitseklapid, pikaajalise kuumenemise tagajärjel välimine anum kuumeneb. Isolatsioonikiht kaitseb sisemist anumad soojuskiirguse eest. (P&J Transport AS, 2017; Roolikool OÜ, 2014)

Ohud lekke puhul ilma tulekahjuta, (ohtliku ala raadius 200 m) (P&J Transport AS, 2017; Roolikool OÜ, 2014):

- Gaasi süttimisohu
- LNG on väga külm. Võib tekkida kaitseriiete rebenemise oht.
- Külma õhu sissehingamine võib tekitada kopsude ja hingamisteede kahjustusi.
- Hingamisaparaadi maskiventili jäänud niiskus võib tekitada toimehäireid (seadmed ei tööta korralikult)

- Hapnikutaseme langus- leke vähendab õhu hapnikutaset lekkimiskoha vahetus läheduses.

Ohud lekke puhul tulekahjuga (ohtliku ala raadius 450 m) (P&J Transport AS, 2017; Roolikool OÜ, 2014):

- Paagi rebenemine- Kui leegi intensiivsus on suur ja krüogeense aine rõhk tõuseb kiirelt, võib tsistern rebeneda.
- Tulepall- rebenenud tsisterni sisu põleb pallikujulise leegiga ja selle soojuskiirgus võib tekitada põletusi 300 m kaugusel. Tsisterni tükid võivad paiskuda 300 m kaugusele.

Ohud liiklusavarii korral (ohtliku ala raadius 450 m) (P&J Transport AS, 2017; Roolikool OÜ, 2014):

- Gaasi süttimisoht
- Külmapritsmed
- Hapnikutaseme alanemine

Ülerõhuklapid ei tööta juhul, kui asuvad vedeliku pinna all, sel juhul on paagi sisetemperatuuri ja rõhu kiire tõus ebatõenäoline, kuid võimalik. Ülerõhuklapid on vedeliku pinna all juhul, kui autorong on õnnetuse tõttu rattad ülespoole. (Roolikool OÜ, 2014, lk 15)

Kui tsisterni isolatsioon rebeneb, võib sooja ilmaga anuma sisu temperatuur tõusta kontrollimatult. Temperatuuri tõus tekitab tsisterni sisesurve tõusu ja tekib oht, et paak võib rebeneda. (Roolikool OÜ, 2014)

Turvakoolitus viiakse läbi: autojuhtidele; müügijuhtidele; ohutusnõunikule. Turvakoolitus viiakse läbi enne esmakordset tööde alustamist ja vähemalt iga 5 aasta tagant.

Autojuhtidelt nõutakse ADR tunnistuse olemasolu ja haagise opereerimise koolituse läbimist LNG punkerdamisel (P&J Transport AS, 2017).

Marsruudi planeerimise eest vastutab vedaja ettevõtte müügijuht. Autojuht peab kasutama etteantud marsruuti, kui on liikluskorralduse muudatus, peab autojuht kohe teavitama veomarsruudi kõrvalekalletest. Veomarsruut planeeritakse töö- ja puhkeajaseaduses ettenähtud pauside jaoks nii, et autojuhil oleks võimalik kasutada turvalisi peatumiskohti. Peatumisel tuleb eelistada valgustatud alasid, kus veoüksuse valvet on kergem korraldada. (P&J Transport AS, 2017; Roolikool OÜ, 2014)

LNG-d tarnitakse Pihkvast (Venemaa). Tehas asub Eesti piirist umbes 65 km kaugusel. LNG transporditakse Pihkvast Tallinna Vanasadamasse kaile number 5, kus see punkerdatakse Tallinkile kuuluvale Megastar laevale. Pihkva ja Tallinna Vanasadama vahemaa on umbes 350 km, see tähendab et edasi-tagasi reisi pikkus on umbes 700km ja võtab aega keskmiselt 48h (sh LNG tankimine Pihkvas ja Luhamaa piiripunkt ületamine). Tallinnas enne punkerdamise protsessi on esimene peatuspunkt Gaasi tänav 5 (AS Gaasivõrkude) territooriumil. Sealt edasi liigutakse Vanasadama lähistele ja edasi kahe tsisternveoki kaupa kai nr 5 juurde. (P&J Transport AS, 2017, lk 14-16)

Merevedu, Virtsu - Kuivastu - Virtsu, puudutavad juhised (Roolikool OÜ, 2014, lk 18-21):

- Ohtlike veoste merevedu toimub ainult vedajaga kooskõlastatult.
- Eelnevalt kooskõlastatud mereveo peab ettevõtte logistik registreerima üleveoks vähemalt 24 tundi enne reisi väljumist, deklareerides veose liigi, koguse ja veoki pikkuse meetrites.
- Ohtlike veostega reisid toimuvad ohtlike veoste praamiga.
- Gaasid ja kergelt süttivad vedelikud (3. ohuklass), mille leekpunkt on alla 61 °C, toimub ülevedu erireisidega ohtlike veoste üleveoks ja reisidega, kus reisijate koguarv ei ületa 1 inimest laeva pikkuse 1 meetri kohta. Mürgiste gaaside ja jahutamisel veeldatud gaaside ülevedu toimub ainult erireisidega ohtlike veoste üleveoks.

Lisavarustus LNG veol autos on tõkiskingad, kaks toestatud ohutähist ja vedelik silmade loputamiseks. Autojuhi või operaatori isikukaitsevarustuseks on ohutusvest, ADR nõuetele vastav taskulamp, kuuma ja külmakindlad kaitsekindad ja kaitsemask või kaitseprillid. (P&J Transport AS, 2017; Roolikool OÜ, 2014)

LNG vedu toimub ADR nõuete kohaselt. Kui tekib kahtlus, et veost jälitatakse, peab autojuht koheselt informeerima ettevõttes veo eest vastutavat isikut. Veo ajal on peatumine mitte kokkulepitud kohas keelatud. Selline peatumine tekitab lisariske (näiteks teepeenral seistes võib keegi tagant sisse sõita). Kui on tegemist olukorraga, kus inimesed on ohus tuleb peatuda. Liiklusõnnetuse korral tuleb peatuda. Peatumisel tuleb arvestada sellega, et olukorrad võivad olla fiktiivsed. Puhkepausideks kasutatakse eelnevalt planeeritud ohutuid parklaid. Kui autojuhti ähvardatakse vägivallaga, peab autojuht põgenema sõiduki juhikabiini ja lukustama seestpoolt ukсед ning teavitama koheselt politseid. Enne aine mahalaadimist tuleb paluda kõrvalistel isikutel laadimiskoha juurest lahkuda. Enne pealelaadimist ja pealelaadimise ajal kontrollitakse ümbruskonda ja kahtlaste asjaolude

korral informeeritakse laomeeskonda ning vajadusel ka veoettevõtte logistikut. Kauba saatjal on õigus kontrollida veoüksuse varustust. Autojuhil on kohustus laadimisest keelduda, kui veoüksuses ei ole piisavalt lisavarustust. Kontrollitakse, et veoüksus on tähistatud õigesti. Veoüksust peab tähistama ka tühja ning puhastamata paagi veol sarnaselt täis paagi veoga. (P&J Transport AS, 2017; Roolikool OÜ, 2014)

2.4. Järeldused

Krüogeensete ainete maanteetranspordis on Eesti ettevõtjate poolt õhugaase transporditud AS AGA Eesti poolt 1991 aastast, seega on kogemused pikaajalised. Tuleohtriku gaasina hakkas LNG- d Eesti ettevõtetest Eesti klientidele esimesena transportima JetGas aastal 2014, kui valmis Saaremaal nende esimene LNG katlamaja. LNG maanteetranspordi on seega Eesti ettevõtete poolt tehtud ainult 4 aastat, sellest tulenevalt on ettevõtete kogemus ajalises mõttes väike. Uurimuses selgusid õnnetused, mis on autorile teadaolevalt juhtunud krüogeensete ainetega Eestis ja Eesti ettevõtetel välismaal (vt tabel 3). Umbes 10 aastat tagasi juhtus Eestis Läti tsisternveokiga õnnetus, mis vedas jahutamisel veeldatud hapnikku, veok sõitis kraavi ja vajus külili, AS Eesti AGA pumpas kohapeal aine ümber teise tsisterni (Kaasik, 2018). Aastal 2010 31 märts sõitis Mustvee lähisel kraavi Poola tsisternveok, mis vedas LNG- d, tsistern ja veok tõsteti tagasi tee peale ja transporditi asendusveokiga edasi Poola (Klaos 2010, lk 33). Aastal 2018 02 märts sõitis Pihkva lähisel kraavi Elme Transi tsisternveok, mis vedas LNG- d, tsisternveok tõsteti kraanade abil kraavist välja kasutades rihmade asemel kette (Nevskie Novosti, 2018). Aastal 2007 25 november said päästjad väljakutse Tartus Mõisavahe tänavale, kus lekkis jahutamisel veeldatud hapnikkutsistern, mis päästjate arvates endast ohtu ei kujutanud (Tartu Postimees, 2007). 2016 06 juuli sõitis Vändra vallas Lüüste küla lähisel kraavi jahutamisel veeldatud hapnikku tsisternveok, päästjad aitasid tsisternveoki tagasi teele (Pärnu Postimees, 2016). Elme Messer Gaas AS esindajaga intervjuud tehes, rääkis intervjuueeritav, et umbes 10 aastat tagasi lekkis nende ettevõtte jahutamisel veeldatud hapnikku vedav tsisternveok, antud sündmusel lasti hapnik keskkonda (Makarova, 2018). Õnnetusi ei ole palju juhtunud ja tagajärjed tõsisid tagajärgi pole esinenud, kuid järjest suureneva krüogeensete ainete maanteetranspordi mahuga seoses kasvab tõenäosus, et juhtub rohkem õnnetusi.

Tabel 3. Krüogeensete ainetega juhtunud õnnetused Eestis ja Eesti ettevõtetel välismaal. (autori koostatud)

Õnnetus	Aine	Aeg	Tegevus	Asukoht
Läti tsisternveok külili (AS Eesti AGA intervjuu põhjal)	Hapnik	u 10 aastat tagasi	Pumbati ümber	Tallinna ringtee
Poola LNG veok kraavis külili	LNG	2010	Tõsteti teele	Mustvee
Elme trans LNG veok kraavis külili	LNG	2018	Tõsteti teele	Pihkva (Venemaa)
Tsisternveokist veeldatud hapniku leke	Hapnik	2007	Ei tehtud midagi	Tartu
Tsisternveok kraavis	Hapnik	2016	Tõmmati teele tagasi	Vändra vald, Lüüste küla
Elme trans tsisternveoki veeldatud hapniku leke	Hapnik	u 10 aastat tagasi	Hapnik lasti atmosfääri	Soome

Eesti ettevõtted Elme Messer Gaas AS ja AS Eesti AGA transpordivad Eesti klientidele krüogeenseid õhugaase: lämmastikku; hapniku; argooni; süsihappegaasi. Tuleohtlikest ainetest transporditakse LNG- d AS Eesti Gaas, AS Alexela Oil ja OÜ JetGas poolt Eesti klientidele.

Krüogeensete ainete tsisternidena kasutatakse Eesti ettevõtjate poolt Eestis vaakumtsisternerne, isolatsioonimaterjalideks on perliit ja klaaskiud. Uuringu tulemusena sai autor teada, et Eesti ettevõtted kasutavad umbes 34 tsisterni, tsisternide arv võib muutuda seoses klientide vajadustega, seda just AS Eesti AGA kohapealt, kes ei osanud täpset kasutatavate tsisternide arvu öelda. Koguseliselt veetakse Eesti ettevõtete poolt Eestis aastas kokku ca 46 000 tonni krüogeenseid aineid, arvestades näitlikult ühe koorma massiks keskmiselt 15 tonni, sõidab aastas terminalist või tehasest kliendi juurde Eesti teedel 3067 tsisternveokit krüogeense ainega ehk ca 8- 9 veost päevas. Krüogeensete ainete ettevõtted kasutavad kõiki suuremaid Eesti põhimaanteid: Tallinn- Tartu; Tartu- Jõhvi; Tallinn- Narva; Tallinn- Pärnu. Sõidetakse ka üle lahe Saaremaale.

Intervjuudest saadud info põhjal ei prognoosita õhugaaside transpordimahu kasvu, aga LNG puhul oli arvamus, et mahud kasvavad tulevikus. See olukord viitab sellele, et mahu kasvades kasvab ka tõenäosus, et juhtub krüogeenset ainet vedava tsisterniga õnnetus, kuhu tuleb reageerida päästjatel.

Raudteetransporti on kasutatud jahutamisel veeldatud hapniku transpordiks umbes 15 aastat tagasi Elme Messer Gaas AS ja AS Eesti AGA poolt, kuid raudteetransport on liiga ajamahukas ja logistiliselt keerukas, ning kogused, mida Eestis tarbitakse liiga väikesed. Intervjuude käigus uuris autor Rail Balticu valmimisel raudteetranspordi kasutusele võtmise kohta, siis vastati, et teoreetiliselt on see võimalik, kuid praktikas pigem ei usuta, et see teoks saab. Tõenäoliselt lähiajal krüogeensete ainete transpordiks raudteed kasutama ei hakata.

Meretranspordis tankerlaevadega Eestisse krüogeenseid aineid ei veeta. Meretranspordis kasutatakse ADR praamlaevasid, millega transporditakse Soomest ja Rootsist Eestisse krüogeenseid aineid vedavaid tsisternveokeid. Kui Eestisse ehitatakse LNG terminal, hakkavad siin käima ka LNG tankerlaevad.

Kõikides krüogeensete ainete transpordi ettevõtetes on nõuded autojuhtidele standardsed (ADR tunnistus ja autojuhi kutsetunnistus), lisaks teevad ettevõtted omalt poolt autojuhtidele koolitusi. Ainus ettevõtte, kus autojuhid ei ole operaatorid on Alexela Oil AS, kuna autojuht peab viima konteiner tsisterni tanklasse, kus see ühendatakse süsteemiga, millega tegelevad kohapeal tehnikud. Seega saab järeldada, et kui on vajadus maanteel krüogeenset ainet ümber pumbata saavad tänu kogemusele ja väljaõppele sellega hakkama: JetGasi; AS Eesti AGA; AS Eesti Gaasi ja Elme Messer Gaas AS autojuhid.

Peale JetGasi on kõikidel ettevõtetel tehnikud, kes vajadusel reageerivad sündmusele. Elme Messer Gaasil on kaks tehnikabussi vajaliku varustusega reageerimiseks, AS Eesti Gaas komplekteeris endale hädaolukorra haagise, kus on peal spetsiaalsed tõsterihmad ja põleti, millega saab tsisternis rõhku alandada, ilma, et keskkonda kahjustaks. Kui juhtub õnnetus krüogeenset ainet vedava tsisternveokiga ja päästjad jõuavad sündmuskohale, on vaja tuvastada transpordi ettevõtte ja ühendust võtta ettevõtte kontaktisikuga, et koos sündmust lahendada hakata. Ettevõtted, kes transpordivad jahutamisel veeldatud aineid on hea ettevalmistusega õnnetusteks.

Turvakavade analüüsist tulenevalt saab väita, et ettevõtted on läbi mõelnud erinevad võimalikud sündmuste stsenaariumid, kuidas kaitsta autojuhti ja sündmuse lähedal olevaid isikuid ning lisanud stsenaariumid, milles saab üldist ohualast infot.

Turvakavade ja intervjuude võrdlemisel oli info ülerõhuklappide töö kohta erinev. AS Eesti Gaas esindaja ja JetGas esindaja väitsid, et ülerõhuklapid töötavad igas asendis, nii gaasilises kui vedelas olekus aine puhul. Turvakavades väideti, et vedeliku puhul ülerõhuklapid ei tööta. Sellest tulenevalt ei saa olla täiesti veendunud, et krüogeense aine tsisternveoki ümberpaiskumise korral ülerõhuklapid töötavad.

Kõikide krüogeensete ainete transpordiavariide korral, kui esineb aine leke, ilma tulekahjuta tsisternist on külmakahjustuste oht ja aine „pilve“ sisse jäädes lämbumisohu.

Kõikide krüogeensete ainete transpordiavariide korral kui ei esine aine leket tsisternist, kuid on tulekahju, esineb tsisterni BLEVE oht. LNG ja hapniku puhul tsisterni rebenemise tagajärjel intensiivistub tulekahju.

2.5. Ettepanekud

Intervjuudest saadud kontaktid (vt tabel 4) tuleks lisada Häirekeskuse, Päästkeskuste ja operatiivkorrapidajate tööks vajalike kontaktide hulka. Kontaktide olemasolul ja õnnetusse sattunud tsisterni omava ettevõtte tuvastamisel korral, saaks kiirest koguda lisainfot ekspertidelt.

Tabel 4. Krüogeenseid aineid vedavate Eesti ettevõtete kontaktid avarii korral. (autori koostatud)

Ettevõtte	Vedaja	Kontakt	Telefoni number
JetGas OÜ	VKG Transport	Toivo Ardel	5 247 761
AS Eesti AGA	AGA	Avariitelefoni	6 504 504
AS Eesti Gaas	P&J Transport	Avariitelefoni	13 404
Alexela Oil AS	Ei jagatud infot	Avariitelefoni	6 290 029
Elme Messer Gaas AS	Elme Trans		Ei jagatud infot

Uuringust tuli välja, et kõikide krüogeenseteid aineid transportivate ettevõtete autojuhid ei ole autojuht/ operaatorid (Alexela Oil AS autojuhid ei opereeri tsisterniga), see tähendab, et autojuht ei tegele aine peale- ja mahalaadimisega, võib tekkida sündmusel olukord, kus autojuht ei oska päästjaid sündmuskohal nõustada aine ümberpumpamisel. Soovituslikult võiks olla kõik autojuhid laadimisoperaatori pädevusega.

Uuringu põhjal selgus, et koostöös Päästametiga on AS Eesti Gaas läbi viinud ühe õppuse aastal 2016, LNG transpordi ja punkerdamise kohta Tallinnas. Aastal 2018 planeerib AS Eesti Gaas korraldada järjekordse õppuse Tallinnas ja OÜ JetGas soovib korraldada õppust Kuressaares. Aastaks 2018 on uuringust tulenevalt korraldatud ainult üks õppus. Tuleohtlike- ja õhugaase transporditakse üle eestiliselt, seega oleks vajalik teha õppusi kõikidele komandodele, kelle piirkonda krüogeensete ainete transport läbib.

Järgnevas uurimisteamaks pakub autor „Krüogeensete ainete maanteetransport transiidina läbi Eesti“, et saada ette tervikpilt mida ja kui palju Eestis nende ainete näol liigub. Transiidina veavad läbi Eesti LNG-d Elme Trans (Eesti), DUON (Poola) ja CMTP (Poola).

KOKKUVÕTE

Lõputöö „Krüogeensete ainete maanteetranspordist lähtuvad ohud“ eesmärgiks oli välja selgitada Eestis siseriiklikult maanteedel tsisternveokitega veetavatest krüogeensetest ainetest tulenevad ohud. Töö eesmärgini jõudmiseks uuris autor välja, et peamisteks ohtudeks krüogeensete ainete tsisternveokite puhul avarii korral lämbumisoht, külmakahjustused, tulekahju korral bleve ja intensiivne põlemine. Tulekahju korral on eriti raskete tagajärgede oht tsisterni rebenemisel ja LNG puhul tuleohtliku gaasi plahvatusel. Krüogeensete ainete maanteetranspordi mahud on viimase 5 aastaga kasvanud, seega mahtudega kasvuga kasvab ka oht, et juhtub liiklusõnnetus või avarii laadmisel.

Eesti ettevõtted, kes transpordivad Eesti teedel krüogeenseid on JetGas OÜ (LNG), AS Eesti AGA (hapnik, lämmastik, argoon, süsihappegaas), AS Eesti Gaas (LNG), Elme Messer Gaas AS (hapnik, lämmastik, argoon), AS Alexela Oil (LNG).

Ainsaks krüogeensete ainete tehaseks Eestis on Elme Messer AS hapniku, lämmastiku ja argooni tootmise tehas. Ülejäänud ettevõtted impordivad krüogeensed ained Soomest, Lätist, Leedust ja Venemaalt. Kliendid on ettevõtetel üle Eestiliselt erinevates kohtades mandril ja saartest Saaremaal Kuressaares. Tulenevalt klientide asukohtades, kasutatakse Eestis kõiki suuremaid põhimaanteid.

Ettevõtted kasutavad Eestis erinevate tootjate tsisterne (Gofa, Linde, Indoxi, Charti ja Karbonsani), kõik tsisternid on oma tüübilt vaakumtsisternid, perliit isolatsiooniga ja klaaskiudisolatsiooniga. Vaakumtsisternides säilivad krüogeensed ained oluliselt pikema perioodi, kui termotsisternides, seega õnnetuse korral ilma lekke ja tulekahjuta on aega tegutseda rohkem. Eestis ettevõtted kasutavad olenevalt tarbijate vajadusest 34 ja enam tsisterni.

LNG transpordi mahud on viimase viie aastaga kasvanud, kuna neli aastat tagasi alustas tegevust JetGas, aastal 2017 hakkas LNG-d transportima AS Eesti Gaas, aastal 2017 hakkas LNG-d transportima AS Alexela Oil. Õhugaaside transpordimahud on AS Eesti AGA hinnangul viie aasta jooksul kasvanud viiendiku, AS Elme Messer Gaas avas viis aastat tagasi Auvere krüogeensete ainete tootmistehase, mille tõttu on mahud samuti kasvanud.

Uuringust selgus, et mere- ja raudteetransporti Eestis krüogeensete ainete vedamisel ei toimu.

Ettevõtete valmisolek Päästeameti abistamiseks sündmusel on hea, kuna peale JetGas OÜ on kõikidel vedajatel olemas tehnikute meeskonnad, kes reageerivad samuti sündmusele, koos tehnikaga. Ettevõtete spetsialistid saavad abistada sündmuse lahendamist nõustajatena. Kuna krüogeensete ainete tsisternide pumbasüsteemid on väga keerulised, tuleb ümberpumpamise korral kaasata autojuhti või ettevõtte spetsialisti.

Uurimuses selgus, et ettevõtted on teinud päästeteenistusega koostööõppuse teadaolevalt ühel aastal (2016), tulevikus neid planeeritakse, kuid arvestades võimaliku sündmuse keerukust, peaks neid õppuseid kindlasti rohkem tegema ja mitte ainult Tallinnas, vaid terves riigis, kuna krüogeensete ainete transport toimub üleriigiliselt.

SUMMARY

The thesis title is “*Hazards of cryogenic substances road transport* “. This thesis is written in Estonian, with summary both in Estonian and in English. The main part of the work consists of two parts: the theoretical part and the empirical part. The thesis research and its appendixes on 53 pages. A total of 45 sources in Estonian, Russian and in English have been used. The thesis includes 4 tables, 16 figures and 3 appendixes.

The goal of the thesis was to identify the dangers, arising from the cisterns carrying cryogenic substances, moving on Estonian roads. The qualitative semi- structured research method is used in the work. For data collection five interviews were conducted, two observations completed and analyzed documents. In the first part of the thesis, the author examined various theoretical sources to find out what cryogenic substances and which type of tanks enterprises using, to transport cryogenic substances on the road and what are the demands of drivers. In the second part of the study, the author examined which cryogenic substances, which tanks are transported in Estonia, and what are the requirements for drivers.

Estonian companies use vacuum containers for transportation of cryogenic substances and substances that are transported in Estonia are LNG, oxygen, argon, nitrogen and carbon dioxide. Drivers are required to receive ADR training, a driver's professional certificate, and companies themselves carry out trainings.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

Bernatika, A. Senovskaya, P. Pittb, M., 2011. LNG as a potential alternative fuel - safety and security of storage facilities. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24(1), p. 8.

AGA Gaasid, 2018. *Õhugaasid*. [Võrgumaterjal]
Leitav: http://www.aga.ee/et/products_ren/atmospheric_gases/index.html
[Kasutatud 04 03 2018].

AGA, 2018. *The Linde Group*. [Võrgumaterjal]
Leitav: http://www.aga.ee/et/industries_ren/index.html
[Kasutatud 07 04 2018].

Ardel, T., 2018. *Pipe system*, Tallinn: JetGas.

Artobolevski, I., 1981. rmt.: *Tehnikaleksikon*. Tallinn: Valgus.

AS Alexela Oil, 2017. *AS Alexela Oil*. [Võrgumaterjal]
Leitav: <https://www.alexelaoil.ee/est/uudised.n/baltikumi-esimene-lng-baasil-toimiv-tankla-sai-kasutusloa>
[Kasutatud 07 04 2018].

AS Eest Gaas, 2018. *LNG annab hoogu tootmises ja transpordis*. [Võrgumaterjal]
Leitav: <http://www.gaas.ee/arikliendile/toostus/>
[Kasutatud 17 01 2018].

Blades C. J., 1988. Safe transport of cryogenic liquids by road. *Air Products Limited*,
Köide 28, pp. 853-854.

Breidaks, A., 2017. *Lõunaestlane*. [Võrgumaterjal]
Leitav: <https://lounaestlane.ee/alexela-avas-vorus-uudse-kutustetankla/#jp-carousel-8627>
[Kasutatud 2 Mai 2018].

Buil, R. M., Hernando D. V., 2013. Comparison of Heat Insulations for Cryogenic Tankers Using Analytical and Numerical Analysis. *Advances in Mechanical Engineering*, p. 1.

Bukholdin, Y. S., Sukhostavets, S. V. & Petukhov, I. I., 2007. CRYOGENIC PLANT FOR NATURAL GAS LIQUEFACTION. *Chemical and Petroleum Engineering*, kd 43, pp. 3-4.

Eesti Gaas, 2018. *Eesti Gaas on regiooni juhtiv LNG tarnija ja punkerdaja*. [Võrgumaterjal]

Leitav: <http://www.gaas.ee/arikliendile/lng/>
[Kasutatud 07 03 2018].

Eesti Gaas, 2018. *Surugaas*. [Võrgumaterjal]
Leitav: <http://www.gaas.ee/kodukliendile/gaas-autole/>
[Kasutatud 11 02 2018].

Elme Messer Gaas AS, 2018. *Elme Messer Gaas*. [Võrgumaterjal]
Leitav: http://www.elmemesser.ee/et_ET/elme-messer-gaas
[Kasutatud 02 04 2018].

Elme Messer Gaas AS, 2018. *Elme Messer Gaas*. [Võrgumaterjal]
Leitav: http://www.elmemesser.ee/et_ET/liquid-gas/argon
[Kasutatud 05 04 2018].

Elme Messer Gaas AS, 2018. *Elme Messer Gaas AS*. [Võrgumaterjal]
Leitav: http://www.elmemesser.ee/et_ET/liquid-gas/nitrogen
[Kasutatud 04 04 2018].

Euroopa Liidu amet, 2018. *European Chemicals Agency*. [Võrgumaterjal]
Leitav: <https://echa.europa.eu/et/regulations/clp/understanding-clp>
[Kasutatud 05 Aprill 2018].

European Chemical Industry Council, 2015. *ERICards*. [Võrgumaterjal]
Leitav: <http://www.ericards.net/>
[Kasutatud 23 01 2018].

Flick, U., 2009. *An introduction to qualitative research*. 4 toim. London: SAGE Publication ltd, p. 120

Jaagant, U., 2010. *Päevaleht Online*. [Võrgumaterjal]
Leitav: <http://epl.delfi.ee/news/eesti/eesti-teedel-soidab-keskmiselt-uks-plahvatusohtlik->

gaasiveok-nadalaas?id=51194419

[Kasutatud 07 04 2018].

Jefimov, S., 2018. *E- kiri Allan Riisenbergile [E-kiri]* (02 aprill 2018).

JetGas OÜ, 2016. *JetGas*. [Võrgumaterjal]

Leitav: <https://jetgas.ee/jetgas>

[Kasutatud 14 01 2018].

JetGas OÜ, 2016. *LNG hoiustamine*. [Võrgumaterjal]

Leitav: <https://jetgas.ee/lng/lng-vaartusahel/lng-hoiustamine>

[Kasutatud 01 12 2017].

Kaasik, A., 2018. *Intervjuu Arvo Kaasikuga [Intervjuu]* (22 märts 2018).

Keskkonnaministeerium, 2018. *Keskkonnaministeerium*. [Võrgumaterjal]

Leitav: <https://www.envir.ee/et/kasvuhoooneefekt>

[Kasutatud 30 03 2018].

Klaos, M. & Kriisa, K., 2010. Veeldatud maagaasi maanteetranspordi riskid ja päästetööde analüüs Kasepää valla gaasiveoki avarii näitel. *Sisekaitseakadeemia toimetised*, lk 33-59.

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2017. *Energiamajanduse arengukava aastani 2030*. [Võrgumaterjal]

Leitav: <https://www.mkm.ee/et/arengukavad>

[Kasutatud 03 19 2017].

Makarova, J., 2018. *Intervjuu Julia Makarovaga [Intervjuu]* (11 aprill 2018).

Martinez, J. M. B., 2012. Liquefied natural gas road tanker explosion. *Seguridad Sy Medio Ambiente*, Issue 127, pp. 10-29.

Meyer, E., 1990. *Chemistry of Hazardous Materials*. Second Edition toim. New Jersey: Brady, p. 1.

Nevskie Novosti, 2018. *В Псковской области перевернулась автоцистерна*. [Võrgumaterjal]

Leitav: <https://nevnov.ru/region/Pskov/538948-v-pskovskoi-oblasti-perevernuilas->

avtocisterna

[Kasutatud 02 05 2018].

Ohtlike veoste autoveo eeskiri (2001), RT I, 28.06.2017, 30.

P&J Transport AS, 2017. *P&J Transport AS turvakava*. Tallinn: P&J Transport AS, lk 14-16.

Planas- Cuchi, E., Gasulla, N., Ventosa, A. & Casal, J., 2004. Explosion of a road tanker containing liquified natural gas. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Issue 17, pp. 315-321.

Pärnu Postimees, 2016. *Hapnikku vedanud tsisternauto sõitis kraavi*. [Võrgumaterjal]
Leitav: <https://parnu.postimees.ee/3756485/hapnikku-vedanud-tsisternauto-soitis-kraavi>
[Kasutatud 25 04 2018].

Päästeamet, 2018. *Ohtlikud ja suurõnnetuse ohuga ettevõtete kaardirakendus*.
[Võrgumaterjal]

Leitav:

http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGis?app_id=MA11A&user_id=at&bbox=305933.3333333333.3.6375000,799066.6666666667,6635000&LANG=1

[Kasutatud 04 05 2018].

Robson, C., 2002. *Real World Research: A Resource for Social Scientists and Practitioner-Researchers*. 2 toim. Oxford: Blackwell, p. 270.

Roolikool OÜ, 2014. *VKG Transport, Turvakava*. Tallinn: Roolikool OÜ, lk 15.

Sirkka Hirsjärvi, Remes, P., Sajavaara, P., 2010. *Uuri ja Kirjuta*. Tallinn: Medicina, lk 195-205.

Zeng, J., Wang, M., Liu, Y. & Qian, Y., 2011. *Characteristics and Prevention of Road Transport Liquefied Natural Gas (LNG) Accidents*. *Ettekanne*. Beijing 22.10.2011, Advanced Forum on Transportation of China, p. 225

Talvari, A., 2006. *Ohtlikud ained*. Teine, täiendatud trükk toim. Tallinn: Sisekaitseakadeemia, lk 40.

Tartu Postimees, 2007. *Lõuna-Eesti päästekeskuse operatiivsündmuste ülevaade 23.-26.november.* [Võrgumaterjal]

Leitud: <https://tartu.postimees.ee/1731611/louna-est-apaastekeskuse-operatiivsundmuste-ulevaade-23-26-november>

[Kasutatud 28 04 2018].

Teede- ja sideministeerium, 2011. „*Ohtlike veoste autoveo eeskiri*” lisa 12. Tallinn: RT I, 10.06.2011, 1.

The Linde Group, 2018. *Krüogeensete ainete ohutus.* [Võrgumaterjal]

Leitav: http://www.aga.ee/et/safety_health_ren/cryogenic_liquid_safety/index.html

[Kasutatud 22 01 2018].

Vaidyanathan, G., 2015. *How Bad of a Greenhouse Gas Is Methane?*. [Võrgumaterjal]

Leitav: <https://www.scientificamerican.com/article/how-bad-of-a-greenhouse-gas-is-methane/>

[Kasutatud 01 04 2018].

TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Joonis 1. LNG konteinertsistern Võru Alexela CNG tanklas (Breidaks, 2017).	16
Joonis 2. Termotsisterni läbilõige koos erinevate kihtide soojusjuhtivusteguriga (Martinez, 2012).	17
Joonis 3. Vaakumtsisterni skeem mahuti, torustiku ja klappidega. (Ardel, 2018)	18
Joonis 4. JetGas OÜ veomarsruudid, põhjaks kasutatud Delfi kaardirakendust (autori koostatud).....	22
Joonis 5. AS Eesti AGA veomarsruudid, põhjaks kasutatud Delfi kaardirakendusprogrammi (autori koostatud).....	23
Joonis 6. AS Eesti Gaas veomarsruudid, põhjaks kasutatud Delfi kaardirakendusprogrammi (autori koostatud).....	25
Joonis 7. AS Alexela Oil veomarsruudid, põhjaks kasutatud Google Maps kaardirakendusprogrammi (autori koostatud).....	27
Joonis 8. Elme Messer Gaas AS veomarsruudid, põhjaks kasutatud Google Maps kaardirakendusprogrammi (autori koostatud).....	28
Joonis 9. AS Eesti Gaas emergency trailer. (Jefimov, 2018)	50
Joonis 10. LNG põleti. (Jefimov, 2018)	50
Joonis 11. AS Eesti Gaasi tsisterni krüopump ja seda käitav hüdraulikasüsteem. (autori pilt).....	51
Joonis 12. AS Eesti Gaasi tsisterni ülerõhuklappide kolmikkraan. (autori pilt).....	51
Joonis 13. AS Eesti Gaasi tsisterni pumbasüsteemi väljund (vasakpoolne) ja sisend (parempoolne). (autori pilt).....	52
Joonis 14. AS Eesti Gaasi tsisterni lisavoolik. (autori pilt)	52
Joonis 15. Elme Messer Gaas AS tsisterni krüopump, mille ajamiseks on elektrimootor. (autori pilt).....	53
Joonis 16. Elme Messer Gaas AS tsisterni pumbasüsteemi väljund (vasakpoolne voolikuga) ja sisend (parempoolne). (autori pilt)	53
Tabel 1. Erinevate krüogeensete ainete keemispunktid ja ohud (autori koostatud).	11
Tabel 2. Krüogeenseid aineid kasutavad ettevõtted ja Auvere krüogeensete ainete tootmise tehas (autori koostatud).....	14

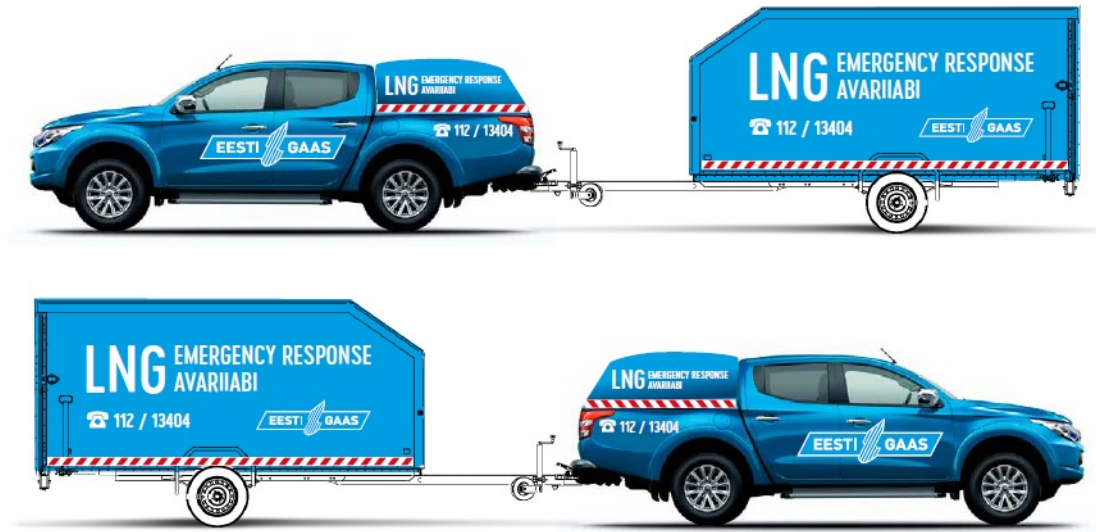
Tabel 3. Kriogeensete ainetega juhtunud õnnetused Eestis ja Eesti ettevõtetel välismaal. (autori koostatud).....	36
Tabel 4. Kriogeenseid aineid vedavate Eesti ettevõtete kontaktid avarii korral. (autori koostatud).....	38

Lisa 1. Teemaintervjuu uurimisküsimused koos täpsustavate küsimustega

K r ü o g e e n s e t e a i n e t e m a a n t e e t r a n s p o r d i s t l ä h t u v a d o h u d	Uurimisküsimused	Intervjuu küsimused
	Milliseid krüogeenseid aineid ettevõttes transporditakse?	Mis ained, peale- ja mahalaadimiskohad
		Milliseid krüogeenseid aineid veetakse?
		Kus toimub pealelaadimine?
	ettevõttes transporditakse?	Kus toimub mahalaadimine?
		Mis marsruute kasutatakse?
		Tsisternide tootjad, -tüübid.
	Milliste tsisternidega ettevõttes	Mis tootja tsisterne kasutatakse?
		Mis tüüpi tsisterne kasutatakse?
		Kui palju krüogeensete ainete tsisternidega veokeid ettevõtte kasutab?
	krüogeenseid aineid transporditakse?	Kui palju on nende ainete transpordi maht maanteedel suurenenud u 10 a jooksul?
		Teadmised, mere- ja raudteetranspordist?
		Teadlikus ohtudes, koolitused, väljaõpe
	Millised on ettevõtte teadmised	Millised nõuded on autojuhtidele?
Millist väljaõpet töötajad saavad?		
krüogeensete ainete ohtudest?	Käitumine õnnetuse korral (ümberpumpamise võimalused, kaitseklapid), koostöö Päästeametiga?	
	Kas ettevõttes on isikuid, kes õnnetuse korral on 24/7 kättesaadav.	

(autori koostatud)

Lisa 2. AS Eesti Gaas avariijaagis ja LNG põleti



Joonis 9. AS Eesti Gaas *emergency trailer*. (Jefimov, 2018)



Joonis 10. LNG põleti. (Jefimov, 2018)

Lisa 3. Vaatluselt kogutud fotomaterjalid



Joonis 11. AS Eesti Gaasi tsisterni krüopump ja seda käitav hüdraulikasüsteem. (autori pilt)



Joonis 12. AS Eesti Gaasi tsisterni ülerõhklappide kolmikkraan. (autori pilt)



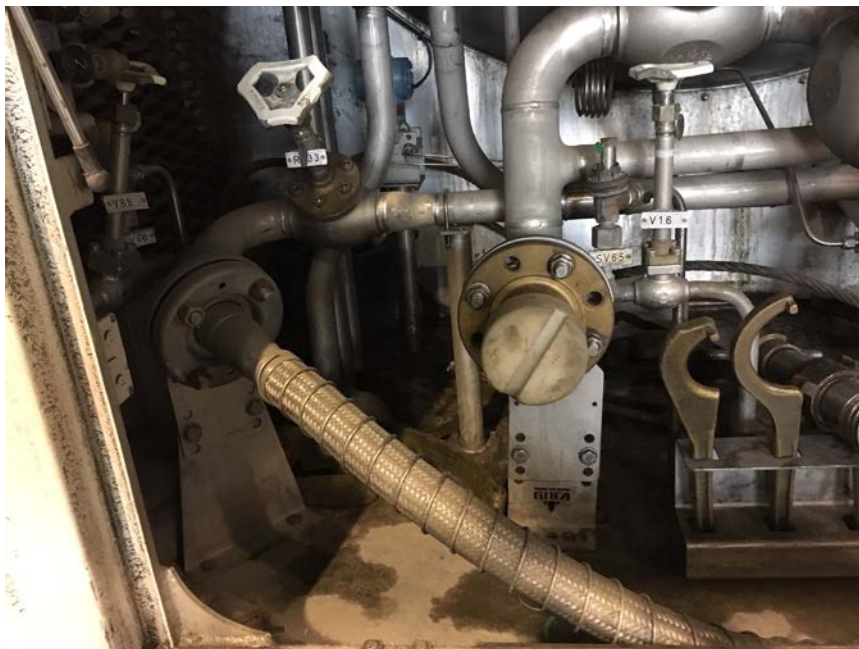
Joonis 13. AS Eesti Gaasi tsisterni pumbasüsteemi väljund (vasakpoolne) ja sisend (parempoolne). (autori pilt)



Joonis 14. AS Eesti Gaasi tsisterni lisavoolik. (autori pilt)



Joonis 15. Elme Messer Gaas AS tsisterni krüopump, mille ajamiks on elektrimootor. (autori pilt)



Joonis 16. Elme Messer Gaas AS tsisterni pumbasüsteemi väljund (vasakpoolne voolikuga) ja sisend (parempoolne). (autori pilt)