

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Even – Marten Korberg

TULEOHTLIKE GAASIDE JA HAPNIKUSISALDUSE  
TUVASTAMISE SEADMETE KRITEERIUMID PÄÄSTETÖÖDE  
BAASTEENUSE OSUTAMISEKS

Lõputöö

Juhendaja:

Tarmo Klooster

Kaasjuhendaja:

Tarmo Kull, MA

Tallinn 2014

# ANNOTATSIOON

## SISEKAITSEAKADEEMIA

Kolledž: Päästekolledž	Kuu ja aasta: mai 2014
Töö pealkiri: TULEOHTLIKE GAASIDE JA HAPNIKUSISALDUSE TUVASTAMISE SEADMETE KRITEERIUMID PÄÄSTETÖÖDE BAASTEENUSE OSUTAMISEKS Töö pealkiri inglise keeles: CRITERIA OF INFLAMMABLE GASES AND OXYGEN CONTENT DETECTING DEVICE FOR BASIC SALVAGE SERVICE	
Töö autor: Even-Marten Korberg	Olen nõus oma lõputöö kättesaadavaks tegemisega elektroonilises keskkonnas.  Allkiri:
<b>Lühikokkuvõte:</b> Kuna täna puuduvad baasteenust osutavatel komandodel gaasianalüsaatorid, millega saaks plahvatusohtu hinnata ja mõõta, siis sellest tulenevalt oli käesoleva rakendusliku empiirilise lõputöö eesmärgiks välja selgitada, missuguste sensoritega saab plahvatusohtu mõõta ning mis on olulisemad kriteeriumid, mille alusel hakata neile seadmeid valima. Selleks viidi läbi ankeetküsitlus Päästeameti erinevate piirkondade spetsialistide seas, et välja selgitada, missugustele kriteeriumitele peavad vastama tuleohtlike gaaside ja hapnikusisalduse tuvastamise seadmed baasteenuse osutamisel. Keemiakomandodes kasutatavaid analüsaatoreid standardiks võttes reastati kriteeriumid, millest tuleks lähtuda uute seadmete valikul. Selgus, et sobivate analüsaatorite valikul tuleks lähtuda kasutuslihtsusest, võimalikult lühikesest seadme käivitus- ja reageerimisajast, portide arvust, Ex ja Ec sensorite konfiguratsioonidest, mõõtmistulemuste täpsusest ja muidugi kasutusmugavusest ning seadmete vastupidavusest ekstreemsetes oludes. Samuti on olulisel kohal seadmete valikul päästjate ohutuse tagamine päästetöödel.	
Võtmesõnad: gaaside plahvatusohtlikud piirid, katalüütiline (Ex) ja elektrolüütiline (Ec) andur, sensorite konfiguratsioonid, gaasianalüsaatorite valiku kriteeriumid	
Võõrkeelsed võtmesõnad: explosive limits of gases, catalytic sensor, electrolytic sensor, sensor configurations, selection criteria for the gas analyzers	
Säilitamise koht: Sisekaitseakadeemia	
Kaitsmisele lubatud Kolledži direktor: Ain Karafin	Allkiri:
Vastab lõputöö nõuetele Juhendaja: Tarmo Klooster Kaašjuhendaja: Tarmo Kull	Allkiri: Allkiri:

# SISUKORD

ANNOTATSIOON.....	2
MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU.....	4
SISSEJUHATUS.....	5
1. UURIMUSTÖÖ TEOREETILISED SEISUKOHAD.....	7
1.1. Päästetööde baasteenuse ohutuse tagamine.....	7
1.1.1. Päästeteenistuse väljakutsete statistika.....	7
1.1.2. Seadmete kriteeriumite vajalikkus päästetöödel baasteenuse osutamisel.....	9
1.2. Plahvatusohtlik keskkond ja ohu piirid.....	11
1.2.1. Tule- ja plahvatusohtlikud gaasid.....	13
1.3. Tuleohtlike gaaside ja hapniku tuvastamise seadmed.....	18
1.3.1. Gaasianalüsaatorites kasutatavate sensorite tüübid.....	18
1.3.2. Gaasianalüsaatorid.....	22
2. EMPIIRILINE UURIMUSTÖÖ.....	32
2.1. Uurimustöö metoodika ja läbiviimise kord.....	32
2.2. Uurimustulemuste analüüs.....	34
2.2.1. Võrreldavate seadmete maatriksid.....	34
2.2.2. Ankeetküsitluse tulemuste analüüs.....	35
JÄRELDUSED.....	37
KOKKUVÕTE.....	39
SUMMARY.....	41
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU.....	42
LISAD.....	45
Lisa 1. KÜSITLUSANKEET.....	45
Lisa 2. JOONISED JA TABELID.....	48

## MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU

**Andur** – mõõteahela esmane osa, mis muundab sisendmuutuja mõõdetavaks signaaliks. (Nenova, Ivanov & Nenov 2011)

**Analüsaatori reageerimisaeg** – aeg, mis kulub analüsaatoril mõõtmistulemuse saamiseks. (ibid.)

**Analüsaatori käivitusae** – aeg, mis kulub analüsaatori sisselülitamiseks. (ibid.)

**Leektäpp** – vedeliku madalaim temperatuur, mille juures hakkab vedelikust eralduma auru nii palju, et tekib süttiv auru ja õhu segu. (Sieger 2007)

**LEL** (lower explosive limit) – alumine plahvatuspiir. (Gaasianalüsaator Dräger X-am 7000 kasutusjuhend)

**PID** – plus fotoionisatsioon detektor. (ibid.)

**UEL** – plahvatusohtlikud põlevate ainete aurud. (ibid.)

**VOC** (volatile organic compounds) – lenduvad orgaanilised ühendid. (ibid.)

**Ohuala** – maa-ala, mis hõlmab ohutsooni, evakuaatsiooni ja hoiatusala. (Plahvatusohtliku keskkonna määramise põhimõtted. Tööinspektsioon 04.01.2014)

**Ohutsoon** – maa-ala, kus on oht inimese elule ja tervisele ning keskkonnale, mis on saastunud ohtliku kemikaaliga või võib saastuda ning kuhu sisenedes peab kandma kaitsevahendeid, ning kust väljutakse läbi väljumiskoha. (ibid.)

**PPM** – (part per million) on kontsentratsiooni mõõtühik – miljondikosa. (Polikarpus 2009; Gaasianalüsaator Dräger X-am 7000 kasutusjuhend)

## SISSEJUHATUS

Paljudest ümberstruktureerimistest tingituna on tänase Päästeameti kohalike päästekomandode areng olnud piirkonniti vägagi erinev ja nii on teenust osutavate komandode tehnilise valmisoleku kui ka isikkoosseisu oskuste ja teadmiste tase vabariigi lõikes ebahütlane. Olemas on küll baasteenuse osutamiseks rahuldav kustutustehnika, kuid päästjatel puuduvad individuaalsed mõõteseadmed/analüsaatorid, mis võimaldaksid enne ohualale sisenemist hinnata plahvatusohtu. Seega on siiani sisuliselt eiratud Vabariigi Valitsuse määrusest nr 197 tulenevaid töötervishoiu ja tööohutuse nõudeid töötamisel plahvatusohtlikus keskkonnas. (01.07.2004)

Nagu kinnitab Päästeameti poolt tellitud Tsentraliseeritud Raudteepäästeüksuse moodustamise projekti geograafiline riskianalüüs, on ka keemiaõnnetustele reageerivad ressursid jaotunud üsna ebahütlaselt. Uuringust ilmneb, et reageerimisvõimekust oleks vaja tõsta Tapa, Tartu ja Valga piirkonnas. Kuigi Eesti - Läti päästealases koostöölepingus on sätestatud, et Eesti osutab vajadusel spetsiaalset abi ohtlike ainetega seotud õnnetuste puhul ka Läti linnale Valka, siis tegelikult puudub Valga komandol antud hetkel täielikult selline võimekus. (Valga komandopealik Raivo Pavlovitš) Riskianalüüsi järelduste põhjal tuleks täiendada Päästeameti materiaalseid ressursse kogu Eestis, kuigi Rail Balticu raames kavandatakse tsentraliseeritud raudteepäästeüksust, ei saa jääda lootma, et koos sellega kaoksid tänased kitsaskohad. (Riskianalüüsi raport)

Käesoleva uurimustöö teema valikul lähtuti nii Siseministeriumi Valitsemisala 2014-2017 arengukavast (VAAK), mis näeb ette, et 2015.aastaks tuleb tõsta päästekomandode gaasiavariidele reageerimise võimekust, soetada vajalikud väikevahendid ja õpetada välja päästetöötajad.. Lähtudes VAAK, Lisa 1, 28-32 toodust, kui ka geograafilisest riskianalüüsist ja Vabariigi Valitsuse määrusest 197 „Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded töötamisel plahvatusohtlikus keskkonnas“, kus ptk 2 § 9 (01.07.2004) „Plahvatusohtlikuse ärahoidmise ja plahvatuskaitse nõuded ohtliku koha ohutusseadmetele ning ohtlikus kohas kasutatavatele seadmetele ja töövahenditele“ näeb ette, et (1) seadmed ja ohtliku koha ohutusseadmed, kaitsesüsteemid ja nende ühendusseadmed peavad võimaldama töötajatel ohutult töötada, arvestades plahvatusrisi analüüsi tulemusel määratletud ohte ja riske. Lisaks kahele eelpooltoodule, määrab ära käitumise antud valdkonnas ka Euroopa Parlamendis vastu võetud Euroopa Liidu kemikaale puudutav regulatsioon REACH nr 1907/2006, mis jõustus 1.juunil

2007. Nimetatud määrus reguleerib kümne aasta jooksul (2008-2018) keemiliste ainete riskianalüüsi Euroopa Liidus. (01.07.2007)

Töö põhiprobleemiks on see, et täna puuduvad kriteeriumid, mille alusel valida tuleohtlike gaaside ja hapnikusisalduse tuvastamise seadmeid päästetööde baasteenuse osutamiseks. Sellest tulenevalt on töö eesmärgiks leida kriteeriumid, millele peaksid vastama tuleohtlike gaaside ja hapnikusisalduse tuvastamise seadmed päästetööde baasteenuse osutamiseks.

Põhiprobleemi lahendamiseks ja töö eesmärgi saavutamiseks püstitatakse empiirilise uurimustöö ülesandeks välja selgitada:

1. millised sensori tüübid on võimalised mõõtma tuleohtlike gaase;
2. millised sensori tüübid on võimalised mõõtma hapnikusisaldust;
3. millistele kriteeriumitele peavad vastama tuleohtlike gaaside ja hapnikusisalduse mõõteseadmed (portide ning sensorite arv, mõõtmistäpsus, liikumisandurite olemasolu, kasutuslihtsus ja -mugavus, korpuse tugevus, põrutus-, vee-, tolmukindlus jne).

Käesolev lõputöö koosneb kahest peatükist. Esimeses peatükis „Uurimustöö teoreetilised seisukohad“ käsitletakse plahvatusohtlikku keskkonda ja ohu piire, tule- ja plahvatusohtlike gaase. Järgmisena peatutakse baasteenuse osutamise ülesannetel ja eesmärkidel, tutvustatakse gaasianalüsaatoreid ning sensorite tüüpe. Selleks, et lihtsustada päästetööde baasteenuse osutamiseks vajaminevate seadmete kriteeriumite määramist, koostatakse esmalt tavaliste gaasiohtude, plahvatusohtlike gaaside kontsentratsiooni mõõtmist võimaldavate sensorite vastavuse ning analüsaatorite tehniliste andmete võrdlusmaatriksid.

Teine peatükk hõlmab empiirilist uuringut, kus tutvustatakse uurimismeetodit ja uurimisandmete töötlemise meetodikat. Seejärel kirjeldatakse ja analüüsitakse uurimustulemusi ning tehakse nende põhjal uurimustööst järeldused ning tuuakse ära autori ettepanekud.

Lõpuks tehakse tööst kokkuvõtte, kus antakse hinnang kogu uurimustööle.

# 1. UURIMUSTÖÖ TEOREETILISED SEISUKOHAD

Sageli on mitmete asjaolude kokkulangemisel nii põlengute, kui keemia, gaasi jne õnnetustega koos ka plahvatusoht, mille suurust on vaja hinnata. Aga ilma ohtu määramata ja mõõtmata ei ole seda võimalik teha.

Pidevalt on vaja kõikide elanike turvalisuse huvides inimeste käitumist ohjeldada tuletõrjeohutusosalaste seadustega ja teha elanikele sellealast selgitustööd. Olulisemateks seadussäteteks on Tuleohutuse Seadus (TuOS) ja Siseministri Määrus nr 47 Tuletöö tegemisele esitatavad nõuded (01.09.2010; 07.09.2010)

## 1.1. Päästetööde baasteenuse ohutuse tagamine

Päästetööde ohutuse tagamiseks peavad päästjad olema koolitatud, nende teadmised ja oskused peavad vastama kutsestandardile, neil peavad olema kaitsevahendid ja kaitseülikonnad. Kuigi õnnetuskohal annavad aimu erinevatest ohtudest mitmed meeleeelunditega tunnetatavad muutused nagu ebameeldiv lõhn, keskkonda mitte sobiva värvusega aine, aine kiiresti muutuv olek (aururõhk) ja temperatuuri muutused, ei piisa päästetöödel ohu määramiseks siiski vaid meeleeelunditest, vaid vaja on väga täpseid mõõteseadmeid. Seega peavad päästjad olema varustatud personaalsete analüsaatoritega, mis võimaldaksid määrata plahvatusohtu ohupiirkonnas.

### 1.1.1. Päästeteenistuse väljakutsete statistika

Vaadeldes tabelis 1 välja toodud päästetööde statistikat viimase kolme aasta lõikes selgub, et õnnetuste arv on aasta-aastalt küll vähenenud, kuid aasta jooksul on väljasõitude arv siiski väga suur. Esikohal on naftasaadustega saastumise, gaasiavariide, kemikaalide ja radioaktiivsete ainete saastumisega põhjustatud õnnetused. Seega kinnitab ka tegelik elu seda, et VAAK 2014-2017 arengukava ja Valitsuse määrusest 197-st tulenevad nõudmised tuleb kiiremas korras täita. Esmalt on vaja välja töötada need kriteeriumid, millele peaksid vastama ohupiirkonda määrata aitavad ja ohtu mõõtvad analüsaatorid. (01.07.2004)

Tabel 1. Päästeteenistuse viimase kolme aasta väljakutsete statistika sündmuste liigiti

### Väljakutse statistika 2011

SÜNDMUSE LIIK	IPK	PPK	LÕPK	LÄPK	Eesti
Radioaktiivne saastumine	3	6	1	1	11
Kemikaalidega saastumine	19	16	5	9	49
Naftasaadustega saastumine	53	220	132	57	462
Gaasiavarii	123	70	46	14	253

### Väljakutse statistika 2012

SÜNDMUSE LIIK	IPK	PPK	LÕPK	LÄPK	Eesti
Radioaktiivne saastumine	5	1	2	0	8
Kemikaalidega saastumine	13	40	9	8	70
Naftasaadustega saastumine	58	195	99	53	405
Gaasiavarii	113	106	50	19	288

### Väljakutse statistika 2013

SÜNDMUSE LIIK	IPK	PPK	LÕPK	LÄPK	Eesti
Radioaktiivne saastumine	5	0	0	0	5
Kemikaalidega saastumine	4	20	1	3	28
Naftasaadustega saastumine	79	228	95	52	454
Gaasiavarii	105	98	53	12	268

Allikas: (Päästeteenistuse statistilised andmed)

Baasteenuse osutamine näeb ette: kustutada põlevvedelike tulekahjusid; vähendada süttimisohtu; teostada ohtlike ainete õnnetuste sündmuskohal esmast keemialuuret ning hinnata täiendava abi vajadust; tuvastada väliste tundemärkide teel sündmuse liik ja ulatus transportvahendi ohumärgiste, ohu tunnusnumbri, ÜRO numbri ja pakendi ohusümbolite järgi; kindlustada kodumajapidamises kasutatavate kemikaalide/gaaside (maagaas, vedelgaas, keevitusgaasid, majapidamises kasutatavad kemikaalid (va elavhõbe üle 5g), ruumide ja keskkonna ohutuse tagamine. (Ernst, Young 2011)

Et otsustada, missugustele kriteeriumitele vastavaid gaasianalüsaatoreid baasteenuse osutamisel vajatakse, peab teatama, missugused on tavalisemad gaasiohud, mis võivad õnnetuskohtades üldse esineda. Selleks on alljärgnevalt koostatud tavaliste gaasiohtude maatriks (Tabel 2) Tabelist 2 on näha, et gaasiohtude diapason on baasteenuse osutamisel vägagi lai ja seda tuleb seadmete kriteeriumite määramisel kindlasti arvestada.



Tabel 2. Esineda võivad gaasihud valdkondade kaupa

Valdkond/gaasihud	LEL	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub>	ClO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	HCN	NO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	Ph <sub>3</sub>
Põllumajandus	*	*	*	*		*			*			*	*		*
Lennukihooldus	*	*	*						*						
Keemiatööstus	*	*	*	*	*	*	*			*		*	*		
Ehitus	*	*	*	*								*	*		
Elektrirajatised	*	*	*	*	*									*	
Tuletõrje	*	*	*	*							*				*
Toidu- ja joogit.	*	*	*	*		*			*		*				*
Gaasirajatised	*	*													
Majutusteenus		*							*						
Nafta, kütus	*	*	*	*		*									
Naftakeemia	*	*	*	*		*				*					
Paberitööstus	*	*	*	*	*	*	*	*							
Ravimitööstus	*	*		*	*	*	*								
Elektijaamad	*	*	*	*	*					*					
Laevatehased	*	*	*	*					*			*			
Vee ja reovee käit.	*	*	*	*	*	*								*	
Keevitustööd	*	*	*									*	*	*	
Kodumajapidamine	*	*	*	*		*	*		*						

Allikas: (autori koostatud AGA Eesti ohutusjuhiste põhjal)

### 1.1.2. Seadmete kriteeriumite vajalikkus päästetöödel baasteenuse osutamisel

Täna puuduvad baasteenuse osutajatel mõõteseadmed, millega mõõta õnnetuskohal plahvatusohtu. Puuduvad ka kriteeriumid, mille alusel uusi seadmeid valida ning nii on käesoleva lõputöö ülesandeks need kriteeriumid välja töötada.

Võõrsõnastik defineerib kriteeriumi kui eristamise tunnust, otsustamise alust (2006:402).

Kriteeriumid sõltuvad sellest, mida igal konkreetsel juhul oluliseks pidada. Käesolevas lõputöös lähtutakse uute gaasianalüsaatorite kriteeriumite välja töötamisel Vabariigi Valitsuse määrusest nr 197 ja Siseministeeriumi Valitsemisala 2014-2017 arengukavast (VAAK), kus esikohal on ohutus.

Tuleohtlike gaaside ja hapnikusisalduse tuvastamise seadmete kriteeriumid saab jagada:  
tehniliste andmete kriteeriumid;  
turvalisuse kriteeriumid;  
kasutuslihtsuse kriteeriumid;  
kasutusmugavuse kriteeriumid.

Tehniliste andmete kriteeriumitest tuleb esile tõsta seadmete kiirust, mis koosneb kahest täiesti erinevast mõõdetavast kiirusest: käivitusae – kui kiiresti seade on tööks valmis ja reageerimisaeg – kui kiiresti on seade suuteline andma mõõtmistulemust. Kindlasti tuleb esile tõsta ka seadmete mõõtmistäpsuse kriteeriumit. Tehniliste andmete kriteeriumiteks on veel ka mõõteseadmete portide arv, sensorite arv, sensorite konfiguratsioonid jne.

Turvalisuse kriteeriumite alla kuuluvad: liikumisanduri olemasolu juhuks kui päästja on sisenenud ohutsooni ja ta on sattunud ohtu, ei suuda enam ise liikuda, siis annab liikumisandur sellest ohusignaaliga märku, mille heli tugevus on omakorda üks turvalisuse kriteeriumeid; samuti on veel turvalisuse kriteeriumiks ka valgussignaal jne.

Kasutuslihtsuse kriteeriumiks on seoses Päästeametis baasteenuse osutamiseks töötavate vanema generatsiooni esindajate ülekaaluga vajalik seadmetele eesti keelsete menüüde olemasolu.

Kasutusmugavuse kriteeriumid saab jagada praktilisteks ja visuaalseteks. Praktilised kasutusmugavuse kriteeriumid on seadmete mugavad kinnitused tööriietele ja nuppude suurus kasutamiseks tuletõrjekinnastega ning seadmete võimalikult väike kaal. Visuaalseteks kasutusmugavuse kriteeriumiteks on ekraani suurus ja valgustus.

Antud peatükis väljatoodud kriteeriumid on aluseks tuleohtlike gaaside ja hapnikusisalduse tuvastamise seadmetele baasteenuse osutamisel, mille eesmärk on tagada päästesündmuste puhul esmane kiire reageerimine ja ohu lokaliseerimine. Uurimustöös on edaspidi lähtunud kriteeriumite väljatöötamisel kolmest põhilisest printsiibist:

1. Mida on vaja seadmetega mõõta.
2. Kuidas ja missuguste seadmetega saab mõõtmisi teostada.
3. Missuguseid oskusi on päästjatel selleks vaja.

## 1.2. Plahvatusohtlik keskkond ja ohu piirid

Atmosfääri õhk koosneb lämmastikust, hapnikust ja teistest gaasidest, seega on meid ümbritsev õhk gaaside segu, mis ei ole keemiliselt omavahel seotud. Gaaside segud on ka põlemisel tekkivad gaasid, kus esinevad lämmastik  $N_2$ , süsihappegaas  $CO_2$ , väävlioksiidid  $SO_2$ ,  $SO_3$ , veeaur  $H_2O$ , hapnik  $O_2$ . Ka looduslikus gaasis on peale metaani  $CH_4$  veel etaani  $C_2H_6$ , propaani  $C_3H_8$ , vesinikku  $H_2$ , mis õhuga segunedes võivad moodustada plahvatusohtlikke segusid. Seega tekib põlemine, kui kütus/põlevaine seguneb õhuga, s.t et on piisavalt hapnikku ning on olemas süüteallikas. Iga põlemine ei kutsu aga veel esile plahvatust. Plahvatus on ülikiire põlemine, millega kaasneb suure energiahulga vabanemine, temperatuuri tõus ja lööklaine. Plahvatus saab tekkida vaid teatud tingimustel ja plahvatusohtlike ainete osavõtul, kusjuures protsessi kiirendab temperatuuri tõus. Plahvatusohtlike ainete hulka kuuluvad lõhkeained (nitroglütseriin); plahvatuslikult lagunevad ebapüsivad keemilised ühendid (peroksiidid), pürotehnilised segud (must püssirohi); kergesti süttivad gaasid:  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $NH_3$ ; vedelikud, mille aurud moodustavad õhuga segunedes plahvatava segu: atsetoon, benseen, dietüüleeter; bensiin; mitmesugused orgaanilised ja anorgaanilised tolmu: kivisöe-, puidu- teraviljatolmu, peeneteralised pulbrid ja kiud. (Past; Tamm 2001). Seega võivad aerosoolid, tolmu ja gaaside segud õhuga saada plahvatusohtlikeks, kui nende kontsentratsioon õhus saavutab teatud taseme. (Tabel 3). Ainete koguste/kontsentratsioonide vahemikku, kus võib toimuda plahvatus, nimetatakse plahvatusohtliku kontsentratsiooni alumiseks ja ülemiseks piiriks.

Tabelis 3 väljendatakse plahvatusohtliku kontsentratsiooni alumisi ja ülemisi piire gaasidel ja vedelikel mahuprotsentides, tolmul aga grammides kuupmeetri ( $g/m^3$ ) õhu kohta.

- plahvatusohtliku kontsentratsiooni alumine piir – on gaasi, auru või tolmu minimaalne kontsentratsioon õhus, mille puhul võib tekkida plahvatus;
- plahvatusohtliku kontsentratsiooni ülemine piir – on gaasi, auru või tolmu maksimaalne sisaldus õhus, mille juures segu on võimeline veel plahvatama. Suurema kontsentratsiooni korral ei ole segu õhuga enam plahvatusohtlik, küll aga eksisteerib tuleoht. (Sieger 2007)

Tabel 3. Olulisemate gaaside ja vedelike ülemised ja alumised plahvatusohtlikud piirid

Aine	Alumine plahvatuspiir LEL (mahu %)	Ülemine plahvatuspiir (mahu%)
Ammoniaak NH <sub>3</sub>	16,0	27,0
Atsetoon CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	2,6	13,0
Atsetüleen C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1,5	85,0
Aviobensiin	0,6	8,0
Butaan C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,5	5,0
Benseen C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1,3	7,9
Bensiin	1,4	7,6
Etanool C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	3,3	19,0
Metanool CH <sub>3</sub> OH	6,7	36,0
Metaan CH <sub>4</sub>	5,3	15,0
Petroolium	0,6	6,5
Propaan C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,5	9,5
Süsinikoksiid CO	12,5	74,0
Vesinik H <sub>2</sub>	1,5	75,0

Allikas: (koostatud autori poolt aluseks võttes Köstner 2005; Karik 2009)

Plahvatuspiire on võimalik muuta, kas rõhu alandamisega või kaitsegaaside kasutamisega. Põlemist takistavate kaitsegaasidena kasutatakse CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> ja CC<sub>4</sub> (ibid.). Lisaks gaaside ja ainete plahvatusohu hindamisele, peavad päästetehnikud teadma ka seda, kuidas käituvad ained omavahel otsesel kokkupuutel. Nii näiteks reageerib tsink väävelhappega. Reaktsioonil eraldub rohkesti vesinikku, mis on põlemis- ja plahvatusohtlik gaas (1,5-75%). Vask aga ei reageeri toatemperatuuril väävelhappega, kuid reageerib energiliselt lämmastikhappega, alumiinium käitub aga vastupidiselt - reageerides väävelhappega, kuid lämmastikhappega mitte. Arvestama peab ka, et reaktsioonide kiirust soodustab temperatuuride tõus. (Meyer 2010:165-169) Lämmastikhappe reageerimisel metallidega ei eraldu vesinikku mistahes kontsentratsiooni juures. Nii tekib kontsentreeritud HNO<sub>3</sub> reageerimisel metallidega väga toksiline NO<sub>2</sub>. Lahjendatud lämmastihappe reageerimisel vähem aktiivsete metallidega tekib NO ja nõrga meeldiva lõhnaga naerugaas N<sub>2</sub>O, mis väiksemate koguste juures tekitab elevust, suuremate koguste puhul aga narkoosi. HNO<sub>3</sub> aurude segunemisel õhuniiskuse/veeaurudega tekib aga happepiiskadest mürgine sudu. (Plahvatusohtliku keskkonna määramise põhimõtted. Tööinspektsioon 04.01.2014)

Seega tuleb arvestada päästetöödel, et lisaks põlemisel tekkivatele mürgistele gaasidele valitseb alati ka plahvatusoht. Nagu eespool on käsitletud, võivad plahvatusohtlikud olla nii

tuleohtlikud gaasid, põlevad vedelikud leektäpiga üle 30° C (bensiin, lahustid), mis võivad tulekahju korral kuumeneda üle leektäpi ja põlevad vedelikud, mis võivad esineda õhus auruna (aerosoolid, bensiin).

Leektäpp on vedeliku madalaim temperatuur, mille juures hakkab vedelikust eralduma auru nii palju, et tekib süttiv auru ja õhu segu. Plahvatusohtlikke segusid ei teki, kui temperatuur on allapool leektäppi: puhastel ainetel on see 5°C ja muudel kemikaalidel 15°C. Vedelike disperseerimisel tilkadeks, nt pihustamisel, võib moodustada plahvatav keskkond leektäpist isegi madalamal temperatuuril. Kui kõrgsurvel süttivate vedelike anumad pihkavad, võib vedelik, sõltuvalt lekke suurusest, ülerõhust ja materjali tugevusest, pritsida välja ja moodustada udu, millest võivad moodustuda plahvatavad aurud. Kõiki neid loetletud asjaolusid tuleb päästetöödel arvestada ja hinnata ohu võimalikku suurust. (Soodla 2010)

### **1.2.1. Tule- ja plahvatusohtlikud gaasid**

Tule ja plahvatusohust lähtudes klassifitseeritakse gaasid: 1.tule- ja plahvatusohtlikud gaasid – C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, HCN, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>3</sub>Cl, C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>; 2. mittepõlevad – CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Ar, He, Ne ja 3. põlemist soodustavad gaasid – O<sub>2</sub>, Br ja õhk. (Köstner 2005: 25-27)

Plahvatusohtlikud gaasid on kergesti süttivad, seega tuleb päästetöödel tagada nende tuvastamine võimalikult varajases staadiumis, kui nende kogus õhus on veel allapoole plahvatusohtlikku piiri.

Plahvatus on tugev eksotermiline reaktsioon, kus on tegemist energia kiire vabanemise protsessiga, millega kaasneb ruumala ja/või temperatuuri ülikiire kasv ning aine või tema oleku ülimalt kiire muutumine. Tulenevalt vabaneva energia liigist võib eristada füüsikalisi, kus aine muutub ainult füüsiliselt ning keemilisi plahvatusi. Keemiline plahvatus on keemilise reaktsiooniga kaasnev ülikiire energia vabanemine, millega kaasneb lööklaine. Tavaliselt põhjustab tugevajõulise plahvatuse ahelreaktsioon – lagunemine/põlemine, kus esineb kogu massi ruumala järsk suurenemine suure hulga kuumade gaasiliste produktide tekke tulemusena. Väga ohtlikud on pooltühjad või peaaegu tühjad bensiini või muu lenduva vedeliku hoidmiseks kasutatud nõud ja mahutid. Kergestisüttivate gaaside ja õhuhapniku segu plahvatuslikul põlemisel moodustuvad külmadest põlevatest gaasidest kuumad gaasilised

oksiidid. Oluline faktor on gaaside järsk soojuspaisumine nt vesiniku ja hapniku segu plahvatusel  $2 \text{ mooli } \text{H}_2 + 1 \text{ mool } \text{O}_2$  annab 2 mooli veeauru. Plahvatuse põhjustab siin temperatuuri järsk tõus ja sellest tulenev gaaside järsk paisumine. (Plahvatusohtliku keskkonna määramise põhimõtted. Tööinspeksioon. 04.01.2014)

Keemilise plahvatuse reaktsioonides, mille vallandab mingi initsiaator, on enamasti tegu hapniku osalusel moodustuvate gaasiliste oksiidide tekkega kiireltkulgevas ahelreaktsioonis. Seejuures täieliku põlemise kõrval esineb ka mittetäielik oksüdatsioon, mille tulemusel võivad moodustuda olenevalt ainest elusorganismidele ohtlikud või mürgised  $\text{CO}_2$  ja  $\text{NO}_2$  kui ka CO ja NO. (Meyer 2010)

- Hapnik  $\text{O}_2$ , kui põlemist soodustav gaas

Päästetöödel ohutuse tagamisel on õhus oleva hapnikusisalduse tuvastamiseks ja mõõtmiseks vajalike sensorite üheks kriteeriumiks reageerimiskiirus. See on vajalik päästjate tervise kahjustuste ennetamiseks ja plahvatusohu vältimiseks.

Hapnik on värvusetu, lõhnatu, õhust raskem gaas ning keemiliselt aktiivne. Ta on väga vajalik komponent elusorganismide poolt sissehingatavas õhus, moodustades sellest 21%. See on elutegevuseks optimaalseim kontsentratsioon: kui hapnikusisaldus väheneb 9%-ni, siis tekivad eluohtlikud seisundid. Kuid ka suurem hapnikusisaldus on ohtlik. Hingamiseks on puhas hapnik liiga intensiivne oksüdeerija ja seetõttu mürgine. Kui terve inimene hingab 15 minutit puhast hapnikku, tunneb ta peapööritust ja võib hakata oksendama. Kauemaajal puhta hapniku sissehingamisel tekivad bronhiit ja nägemishäired.

Juba tavalisel temperatuuril reageerib hapnik aeglaselt paljude ainetega, temperatuuri tõusul aga reageerivad paljud liht- ja liitained hapnikuga ning sellega kaasneb põlemine. Lihtainete põlemisel tekivad nende elementide ühendid hapnikuga – oksiid. Seega soodustab ja kiirendab hapnik põlemist ning tõstab leegi temperatuuri, samas hapnikusisalduse suurenedes süttimistemperatuur langeb. Rõhu all olev hapnik põhjustab plahvatusohtliku põlemise. Eriti ohtlik on vedel hapnik. Põlevained moodustavad vedela hapnikuga segus lõhkeaineid. Näiteks vedela hapnikuga märjaks saanud asfald võib detoneeruda ülesõitmise või pealeastumise tagajärjel ning tekib plahvatus.

Kuna aga väljaspool organisme toimuvad põlemisprotsessid vajavad ka õhku, siis on hapnik sellekski vajalik. Samas võivad paljud õhus mittepõlevad materjalid puhtas hapnikus ise

süttida ja suur osa õhuhapnikuga kokkupuutuvaid gaase muutuvad teatud kontsentratsiooni juures põlemis- ja plahvatusohtlikeks segudeks. Seda hapniku omadust tuleb arvestada tuletõrje- ja päästetöödel, sest gaas võib moodustada kokkupuutel ümbritseva õhuga süttimisohtliku segu ning viia väga suurte tulekahjude ja/või plahvatusteni. Seetõttu on päästetöödel vaja määrata ohukolletes nii hapniku, kui ka ohtlike gaasisegude kontsentratsioone. (Plahvatusohtliku... Tööinspektsioon. 03.01.2014)

- Ammoniaak  $\text{NH}_3$

Värvusetu, terava lõhnaga, õhust ligi kaks korda kergem gaas, mis suuremate kontsentratsioonide korral on mürgine, kahjustades silmi ja põhjustades hingamislihaste krampe. Ammoniaak moodustab õhuga segunedes plahvatusohtliku segu, kui tema kontsentratsioon õhus jääb vahemikku 16- 27 mahuprotsenti.

Ammoniaagi mõju tervisele: 20-25 ppm ( $14\text{-}18 \text{ mg/m}^3$ ) tekivad hingamisteede kahjustused ja silmade ärritus; 400-700 ppm ( $280\text{-}500 \text{ mg/m}^3$ ) tekivad rasked hingamisteede kahjustused ja ülitugev silmade ärritus; 5000 ppm ( $3600 \text{ mg/m}^3$ ) on surmav. Vedel ammoniaak tekitab söövitust nahale ja külmakahjustusi ning silma sattunud pritsmed kahjustavad silma sarvkesta ja teevad pimedaks. (Köstner 2005:58-77)

- Atsetüleen  $\text{C}_2\text{H}_2$  (etüün)

Tegemist on värvitu, küüslaugulõhnalise gaasiga, mis on õhust veidi kergem. Atsetüleen on kergesti süttiv ja põlev gaas. Atsetüleeni ja õhu või hapniku segu on väga plahvatusohtlik. Temperatuuril  $500\text{-}550^\circ\text{C}$  ja rõhul  $0,2\text{Mpa}$  võib atsetüleen iseeneslikult lagunedes plahvatuda, kiirel temperatuuri tõusul suureneb plahvatusoht aga veelgi. Segu hapnikuga plahvatab temperatuuril  $300^\circ\text{C}$ .

Kuna atsetüleeni ja hapniku segu põlemisel on leegi temperatuur väga kõrge, siis kasutatakse seda omadust ära gaasikeevitusel. Süttimispiirid õhus atmosfääri rõhul on 1,5% -85% mahuprotsendi vahel. Süttimiseks kuluv algenergia on väga väike, sellepärast on võimaliku süttimisohu kindlaks määramiseks vaja kindlasti kasutada gaasidetektorit. (Ohutusjuhis; Tuulmets 2000:134)

Madala kontsentratsiooni juures on narkootilise toimega, mille sümptomiteks on uimasus, peavalu ja iiveldus. Kõrge kontsentratsioon võib põhjustada lämbumise, mille esmasteks sümptomiteks võivad olla liikumisvõimetus ja teadvuse kaotus.

- Butaan  $C_4H_{10}$

Tegemist on nelja süsiniku aatomiga alkaaniga, mis on värvusetu ja kergesti süttiv gaas. Butaani keemistemperatuur on  $-0,5\text{ }^\circ\text{C}$ , tahkumistemperatuur  $-138,3\text{ }^\circ\text{C}$ .

Butaan on laialdaselt kättesaadav kui välgumihkligaas, mis on ka vedelgaasi üheks komponendiks. (Ohtusjuhis; Tuulmets 2000)

Mittepõleva lekke korral võib kinnistes ruumides välja tõrjuda hapniku ja tekitada peavalu, uimasust, hingamisraskusi, teadvuse kaotust.

- Divesiniksulfiid  $H_2S$

Värvusetu, ebameeldiva mädamuna lõhnaga õhust raskem väga mürgine gaas, mille juba väikeste koguste sissehingamine võib põhjustada eluohtliku mürgistuse ja surma. Madala kontsentratsiooni juures on divesiniksulfiidi lõhn organoleptiliselt kergesti tuvastatav, kõrgemate kontsentratsioonide puhul võib aga lõhnataju kaduda. Divesiniksulfiid on tugev redutseerija, s.t et gaasiline  $H_2S$  põleb õhuhapniku toimet sinaka leegiga, oksüdeerudes mürgiseks gaasiks vääveldioksiidiks –  $SO_2$ . (Past, Tamm 2001:34-39)

- Metaan  $CH_4$

Metaan on värvitu ja lõhnatu gaas, mis põleb sinise leegiga. Leekpunkt on  $-188\text{ }^\circ\text{C}$ , süttimistemperatuur  $+537\text{ }^\circ\text{C}$  ja maksimaalne põlemistemperatuur  $2148\text{ }^\circ\text{C}$ . Metaan reageerib plahvatuslikult oksüdeerijate, halogeenide ja veel mõne halogeene sisaldava ainega. Metaan lahustub etanoolis ja atsetoonis. Tema lahustuvus vees on  $35\text{ g/l}$ .

Metaani puhul on tegemist väga kergesti süttiva ja õhuga segunedes väga plahvatusohtliku seguga. (ibid.) Sissehingamine suurtes kogustes põhjustab lämbumise.

- Metanool  $CH_3OH$

Metanooli kasutatakse keemia-, puidu-, farmaatsia-, gaasitööstuses. Samuti ka kütusena ja toormena biodiisli tootmisel, veepuhastuskemikaalina ja veel paljudes teistes tööstusharudes. Tegemist on väga tuleohtliku vedelikuga, mille leekpunkt on  $11\text{ }^\circ\text{C}$ , lahtine tuli võib tulekahju või plahvatuse põhjustada, aurud moodustavad õhuga kergestisüttiva segu. Reageerib tormiliselt oksüdeerijatega põhjustades tule- ja plahvatusohu. Kustutamisel kasutada pulber- või alkoholikindlat vahtkustutit, süsinikdioksiidi või suures koguses pihustatud vett. Väikeses koguses vesi võib põlemist laiendada. (Talvari 2009; Ohutusjuhis) Sissehingamisel, nahale sattumisel ja allaneelamisel tugevalt mürgine vedelik, mis kahjustab elundeid ja võib küllalt väikeste koguste puhul põhjustada pimedaks jäämist ja/või surma.



- Propaan  $C_3H_8$

Propaan on põlev, värvitu ja tugevalt lõhnastatud gaas, mille keemispunkt/aurustumine on  $-42\text{ }^\circ\text{C}$ . Propaan on 1,5 korda õhust raskem. Ühend ei ole otseselt mürgine, kuid suurtes kogustes uimastava toimega, isegi surmav. Propaani ja õhu segu süttib, kui propaani mahuprotsent õhus jääb vahemikku 1,5-9,5. (Tuulmets 2000:38)

- Vedelgaas ( propaan  $C_3H_8$ +butaan  $C_4H_{10}$ )

Tegemist on gaasiseguga, milles on 95% propaani ja 5% butaani. Butaani kasutatakse segus selleks, et vähendada aururõhku balloonis. Balloonis on vedelgaas rõhu all ning veeldatud kujul. Vedelgaasi rõhk on sõltuv ümbruskonna temperatuurist,  $20\text{ }^\circ\text{C}$  juures on see ca 7 baari. Kokkusurutult on tegemist vedelikuga, mida kasutatakse küttegaasina. Vedelgaas on väga kergesti süttiv, värvuseta õhust raskem terava lõhnaga gaas, mis õhuhapnikuga segunedes moodustab süttiva ja plahvatava segu, mille plahvatusohtlikud piirid on 1,5 ja 9,5% vahel. Temperatuuri tõusmisel üle  $40\text{ }^\circ\text{C}$  tõuseb gaasi plahvatuse oht väga suureks. Kontrollimatul gaasi balloonis välja pääsemisel võib järgneda plahvatus.

- Vesinik  $H_2$

Vesinik on tule- ja plahvatusohtlik gaas, mille põlemisel eraldub palju soojust. Atmosfäärirõhul süttib vesinik kontsentratsioonil 1,5-75%.

Vesinik võib süttida  $+550\text{ }^\circ\text{C}$ . Vesinik on tule- ja plahvatusohtlik gaas, mille põlemisel eraldub palju soojust. Atmosfäärirõhul süttib vesinik kontsentratsioonil 1,5-75% juures ilma väliste süüteallikateta nagu on seda suitsetamine, hooletu ringikäimine lahtise tulega ja sädemed. (Talvari 2009)

- Bensiin

Läbipaistev, aromaatsed ja eetrit meenutava lõhnaga kergesti aurustuv eriti tuleohtlik vedelik, mille ohtlikkus seisneb põlengus tekkivas soojuskiirguses ja suitsus, mahutite lõhkemisel tekib ülerõhk ja laialipaiskuvad killud.

Alapeatükis 1.2.1. käsitletud gaaside ja õhu segu ning plahvatusohtlike vedelike aurude tekke korral tuleb alati arvestada plahvatusohuga. Ka on aurustunud vedelike gaasidel ja vedelgaasi leekidel väga kõrge temperatuur: nt. propaanileegil 2155°C, butaanileegil 21300°C, mis juba sekundi murdosa vältel põhjustavad keha pinnal raskeid põletusi, mittesüttivad metall- või raudbetoonkonstruktsioonid purunevad ja kaitsmata metallkonstruktsioonid võivad laguneda juba 15-20 minuti jooksul. (Talvari 2009) Kõiki neid ohte peavad päästjad oskama hinnata ning selleks peavad ka baasteenust osutavatel päästekomandodel olema vajalikud ohtu määrata aitavad analüsaatorid.

### 1.3. Tuleohtlike gaaside ja hapniku tuvastamise seadmed

Euroopa Liidu Põhiõiguste Harta artikkel 31 lõige 1 tulenevalt on igal töötajal õigus töötingimustele, mis on tema tervise, ohutuse ja väärkuse kohased.<sup>1</sup> Seega on päästetöötajatele tuleohtlike gaaside ja hapniku tuvastamise otsenäidumõõteriistasid vaja nii VAAK-ist, Valitsuse määrusest nr 197 kui ka põhiõiguste hartast tulenevalt. (01.07.2004) Järgnevas alapeatükis vaadeldakse just neid tule- ning plahvatusohtlike gaaside ja hapniku tuvastamise analüsaatoreid, mis võimaldavad eelpooltoodud seadusi päästetöödel järgida. Gaasianalüsaatorites kasutatakse plahvatusohu määramiseks katalüüs- ja elektrokeemilisi andureid/sensoreid, millel on erinevad tööpõhimõtted.

#### 1.3.1. Gaasianalüsaatorites kasutatavate sensorite tüübid

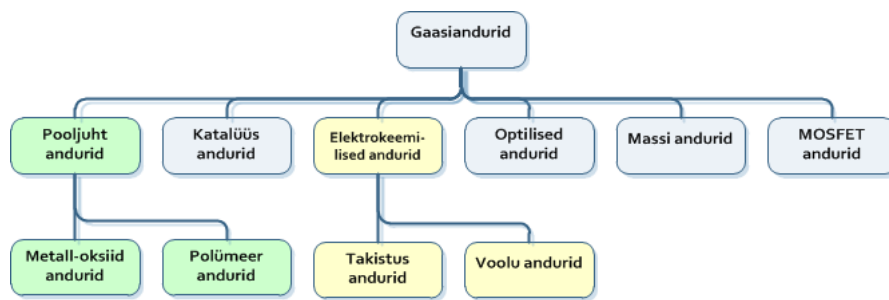
Andurid on seadmed, mis muundavad füüsilised või keemilised suurused mugavalt kasutatavateks elektrisignaalideks. Rahvusvahelise Elektrotehnika Komitee (IEC) poolt antud anduri definitsioon: andur on mõõteahela esmane osa, mis muundab sisendmuutuja mõõdetavaks signaaliks. Gaasiandurite omaduseks on, et tundlik element taastub pärast seda, kui gaasi enam ei esine. Praktikas kasutatavate gaasiandurite põhimõttelised tüübid on esitatud järgmisel joonisel:

---

<sup>1</sup> Euroopa Põhiõiguste Harta

Euroopa Parlamendi ... seisukoht (Euroopa Liidu Teatajas seni avaldamata) ja nõukogu ... otsus.(04.01.2014)

Joonis 1. Gaasiandurite tüübid



Allikas: (Nenova, Ivanov & Nenov. Andurid.....2011, 04.01.2014)

Gaasiandurid on keemilised andurid, kus mõõdetava suuruse muutused muundatakse elektrisignaalideks keemiliste imendumiste, elektrokeemiliste reaktsioonide jne tulemusena. Joonisel 1 toodud anduri tüüpidest kasutatakse gaasianalüsaatorites plahvatusohtlike gaaside ja hapniku tuvastamiseks katalüüsandureid ja elektrokeemilisi andureid:

- KATALÜÜTILINE SENSOR-Ex- mõõdab tuleohtlikke gaase;

Katalüütilisi gaasiandureid kasutatakse peamiselt plahvatusohtlike gaaside kindlaks tegemiseks. Katalüütiliste gaasiandurite pinnal vabaneb soojust katalüütiliste reaktsioonide tulemusena. See soojus põhjustab gaasianduri temperatuurimuutuse, mida mõõdetakse temperatuurianduriga. Neid nimetatakse ka pellistoriteks. Oksiidmaterjalist plaati on manustatud platinamähis. Tundlik oksiidmaterjal on kaetud poorse plaatina või pallaadiumkatalüsaatoriga. Mähis talitleb takistusliku temperatuurianduri kütteseadmena. Kui uuritav gaas reageerib, siis vabaneb soojus anduri katalüütilisel pinnal, tõstes plaadi ja sellesse manustatud mähise temperatuuri. Selle tulemusena mähise takistus suureneb ja seda registreeritakse elektroonikaskeemiga.

Katalüütiliste pellistorandurite mõõtmistulemused on ebausaldusväärsed, siis kui tuleohtlike gaaside kontsentratsioon on umbes 120% LEL, sest katalüütiline sensor vajab toimimiseks hapnikku. Anduri läbipõlemise vältimiseks kasutatakse pellistori kaitseseadet pellistoranduri voolutoite katkestamiseks, seda juhul kui tuleohtlike gaaside sisaldus ületab anduri mõõtmisulatuse (üle 100% LEL). See funktsioon lülitab pellistoranduri 200 sekundiks (3,3 minutiks) välja. (Nenova, Ivanov & Nenov 2011; Halit 2006; Annus, Lind, Tarma 1968)

- ELEKTROKEEMILINE SENSOR-Ec- mõõdab mürgaase ja O<sub>2</sub>;

Elektrokeemilised gaasiandurid kuuluvad mitmeotstarbeliste gaasiandurite hulka. Igal elektrokeemilisel gaasianduril on vähemalt kaks elektroodi - anood ja katood, mille vahel tekib keemiline reaktsioon. Elektroodid on valmistatud katalüütilisest metallist nagu plaatina ja pallaadium. Sõltuvalt tööpõhimõttest jagunevad elektrokeemilised gaasiandurid potentsiomeetrilisteks ja ampermeetrilisteks:

- Ampermeetrilised andurid ehk voolu andurid – andurit läbiva voolu amplituud sõltub membraani läbiva gaasi kontsentratsioonist uuritavas keskkonnas. Ampermeetriline meetod on aluseks tahkele elektrolüüdile põhinevatele gaasianduritele, mida kasutatakse hapniku ja vääveldioksiidide sisalduse määramiseks. Elektrolüüdina kasutatakse tsirkooniumdioksiidi erinevate doonorlisanditega. Tundlik element (tahke elektrolüüt) talitleb temperatuuril üle 300 °C. (Halit 2006)
- Potentsiomeetrilised andurid ehk takistusandurid – põhinevad reagenti kontsentratsiooni efektile, mis mõjub oksüdatsiooni-reduktsiooni reaktsioonide vahelisele tasakaalule elektrokeemilise elemendi elektroodi ja elektrolüüdi vahel. Elemendi potentsiaali mõõtmine tehakse praktiliselt nullise vooluga. Selleks mõõtmiseks on vaja väga suure sisendtakistusega mõõteriista. (Fraden 2004; Nenova jt. 2011)

Joonisel 1 on lisaks katalüüs- ja elektrokeemilistele anduritele välja toodud ka teised gaasiandurite tüüpe, mis ei kuulu uurimisele antud uurimustöö raames: pooljuhtandurid (heitgaaside mõõtmisel); optilised andurid (tulekolde asukoha tuvastamisel); massi andurid (kaalumisel); MOSFET andurid (väga täpsete temperatuurivahemike mõõtmisel).

Tabel 4. Gaasiohtu mõõta võimaldavate sensorite vastavuse maatriks analüsaatorite lõikes

seade/sensorid	LEL	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	HCL	CH <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Testo 316-1** (1gaasi detektor lekete tuvastam.)	*										kalib.		
Accuro käsipump (kalorim. torud 300 eri gaasile)	*			*		*	*						*
Dräger CMS(kassetid)	*		*		*	*	*	*	*	*			
Dräger Pac -Ex O <sub>2</sub>	*	*									*		
Dräger X-am 2000,2500	*	*	*	*							kalib.		
Dräger X-am 7000	*	*	*	*	*	*	*	*			kalib.		
G-TESTA SG **	*	*	*	*			*	*			*		

(1gaasi detektor, 28 andurit)													
G-TESTA SG2** (1 ja 2 gaasi detek.7andurit)		*	*	*		*	*						
G-TESTA 4G (3porti,14andurit)	*	*	*	*	*	*		*	*		*	*	
G-TESTA4GP (4porti,26andurit)	*	*	*	*	*	*			*		*		
TETRA 3	*	*	*	*				*			*	*	
Entry RAE	*	*	*	*									
Multi RAE IR	*	*	*	*	*	*	*	*					
ALTAIR 4X	*	*	*	*									
Toxi RAE Pro			*	*		*	*						

seade/sensorid	HNO3	ketoonid	O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub>	PH <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	HCN
Testo 316-1**												
Accuro käsipump	*	*				*	*					
Dräger CMS		*					*					
D Pac -Ex O <sub>2</sub>												
D X-am 2000												
D X-am 7000										*	*	
G-TESTA SG ** (ühe gaasi det.)				*	*							
G-TESTA SG <sub>2</sub> **			*					*				
G-TESTA 4G 4gaasi detek.		*	*				*	*				
G-TESTA4GP			*					*				
TETRA:3						*	*	*	*			
Entry RAE												
Multi RAE IR					*							

Allikas: (koostatud autori poolt maaletoojate juhendite põhjal)

\*\* märgitud detektorid on võimelised mõõtma korraga vaid üht gaasi, nad on kalibreeritud CH<sub>4</sub>-le, teiste tundmatute gaaside puhul tuleb tulemusi korrutada kolmega.

Kõik tabelis 3. toodud gaasid võivad õnnetuskohal olla potentsiaalse plahvatusohu allikaks, sellepärast on päästetöödel ohust aimu saamiseks, ohuala ja ohu tuvastamiseks ning ohtliku kontsentratsiooni määramiseks vaja teostada mõõtmisi, milleks omakorda on vaja mõõteseadmeid.(Polikarpus 2009; Häire 2010/1)

Õnnetusjuhtumitega kaasnevatest võimalikest plahvatusohtudest ja töö eesmärgist lähtuvalt tutvustatakse järgmises alapeatükis 1.3.2. maaletoojate poolt pakutavaid analüsaatoreid: Testo 316-1, Dräger- am 2000, 2500, 7000, G-TESTA SG, G-TESTA 4G, G-TESTA 4GP, TETRA 3, Entry Rae ja ALTAIR 4X ning nende sensoreid ja sensorite konfiguratsioone, et siis võrdlusmaatriksite abil otsustada, mis oleksid kõige olulisemad näitajad, millest lähtuvalt

tuleks baasteenuse osutajatele analüsaatoreid valima hakata. Võrdlusstandardiks on võetud PEPK keemiapäästevõimekuse tase.

### 1.3.2. Gaasianalüsaatorid

- Gaasidetektor Testo 316-1

On mõeldud põlevgaaside lekke tuvastamiseks. Seade on kalibreeritud metaanile. Testo 316-1 ei sobi töötamiseks pihustatud joas või keskkonnas, kus õhuniiskus on üle 95% RH. Kui tegemist on põlevgaasi lekkega, siis hakkab kostma signaal, mis tiheneb kontsentratsiooni kasvades. Alarmi puhul 200-10000 ppm ehk kuni 10% kontsentratsiooni puhul, muudab signaallamp värvi rohelisest kollaseks, üle 10% muutub see punaseks ning kostab järjest tihedam helisignaali. Seadmepaneelil on vaid üks katalüütiline Ex sensor, mis on aga tundlikum, kui Pac-Ex O<sub>2</sub> või X-am 2000 omad.

- Dräger Accuro käsipump

Dräger Accuroga saab mõõta: ainete auru ja gaase; aineid mille määramiseks on olemas kalorimeetriselised mõõtetorud ehk indikatsioonitorud (H<sub>2</sub>S, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, bensiin). Dräger Accuro käsipumba komplekt koosneb: pumbast; voolikutest; indikatsioonitorust ja kolme-, kümne- ja viieteistmeetrilistest pikendustorudest, kuuma õhu sondist, väljaheitegaasi sondist, indikatsioonitorude avajast. Õhk imetakse pumba abil läbi toru ja loetakse näit otse torul olevalt skaalalt. Torusid on rohkem kui 500 gaasile. Dräger Accuro arvutused lineaarse mõõtediapasooni korral: 10 korda pumbatakse ja kui näit on 5, siis need arvud korrutatakse ja saadakse vastus 50 ppm. See on ümbritsevas keskkonnas mõõdetava gaasi kontsentratsioon.

- Gaasidetektor G-TESTA SG

Tegemist on ühe gaasi detektoriga, mis kaalub vaid 90 grammi. Seadmepaneelil on 28 erinevat sensorit, mis on kergesti vahetatavad.

Tabel 5. G-Testa SG juurde tellitavate sensorite mõõteulatused

Anduri tüüp	mõõtmisulatus
(LEL) metaan <sup>1</sup>	0-100%
(LEL) propaan <sup>1</sup>	0-100%
(LEL) pentaan <sup>1</sup>	0-100%
(LEL) butaan <sup>1</sup>	0-100%
(LEL) etüleen <sup>1</sup>	0-100%
(LEL) vesinik <sup>1</sup>	0-100%
(LEL) tuleohtlikud alkoholid <sup>1</sup>	0-100%
(LEL) ketoonid, lahustid <sup>1</sup>	0-100%
(O <sub>2</sub> ) hapnik <sup>1</sup>	0-25%
(O <sub>3</sub> ) osoon <sup>2</sup>	0-1ppm
(CO) süsinikmonooksiid <sup>2</sup>	0-500ppm
(H <sub>2</sub> S) vesiniksulfiid <sup>1</sup>	0-100ppm
(H <sub>2</sub> S) suurema ulatusega <sup>1</sup>	0-500ppm
(SO <sub>2</sub> ) vääveldioksiid <sup>2</sup>	0-10ppm
(NO <sub>2</sub> ) lämmastikdioksiid <sup>2</sup>	0-10ppm
(H <sub>2</sub> ) vesinik <sup>2</sup>	0-1000ppm
(PH <sub>3</sub> ) fosfiin <sup>2</sup>	0-5ppm
(Cl <sub>2</sub> ) kloor <sup>2</sup>	0-20ppm
(HF) vesinikfloriid <sup>2</sup>	0-10ppm
(F <sub>2</sub> ) fluor <sup>2</sup>	0-1ppm

Allikas: (koostatud autori poolt kasutusjuhhis 04.01.2014)

- Gaasidetektor G-TESTA SG<sub>2</sub>

Tegemist on lihtsalt käsitletava, 90g kaaluva, ühe gaasi detektoriga, mis vastab IP65 standardile. Seadmel on taskuklamber, millega saab teda tasku külge kinnitada. Analüsaatoril on olemas seitse erinevat sensorit: olemas eraldi ühe gaasi andurid hapnikule, vesiniksulfiidile, vääveldioksiidile, kloorile, ammoniaagile ja süsinikmonooksiidile ning kahe gaasi andur süsinikmonooksiidile ja vesiniksulfiidile. Ekraan on suur, kust on selgelt ja suurelt näha, missugust sensorit parajasti kasutatakse.

- Gaasidetektor G-TECTA 4G

Tegemist on 4gaasi detektoriga, millel on 14 andurit. Seade on vastupidav, kompaktne, vastab IP65 ning IP67 standarditele ja on lihtsalt kasutatav. Seadmel on suur valgustatav ekraan, näidik on suunatud ülespoole, mis võimaldab hästi jälgida mõõtmistulemusi ja lihtsustada kasutamist kitsastes ja suletud ruumides.

Seadmel G-TESTA 4G on 3 anduriporti ja 14 andurikonfiguratsiooni. Võimalik kohandada hapniku, tuleohtlike gaaside ning mürgaaside anduritega ning seadmele on võimalik tellida lisaks mitmeid gaasitüüpide andureid. (Tabel 5:23).

Tabel 6. Gaasidetektor TESTA 4G juurde tellitavate sensorite gaasitüübid

Tuleohtlikud gaasid ja hapnik	Mürgaasid
LEL metaan	osoon
LEL propaan	süsinikmonooksiid
LEL pentaan	vesiniksulfiid
LEL butaan	vääveldioksiid
LEL etüleen	ammoniaak
LEL vesinik	süsinikdioksiid
LEL alkoholid,ketoonid,lahustid	
Hapnik	

Allikas: (koostatud autori poolt kodulehekülje põhjal)

Lisaks on seadmel veel 1-meetrine proovivõtuotsik ASGTSP, millega on võimalik kontrollida ruumi gaasitaset enne sellesse sisenemist. (Kasutusjuhend)

- Gaasidetektor G-TESTA 4GP

Tegemist on vastupidava, kompaktse ja lihtsalt kasutatava mitme gaasi detektoriga, millel on olemas 1-meetrine proovivõtuotsik. Seadmel G-TESTA 4GP on 4 anduriporti ja 26 andurit. Seadet saab kohandada hapniku, tuleohtlike gaaside ning mürgaaside anduritega ning lisaks on võimalik tellida juurde erinevaid gaasitüüpide andureid. (Kasutusjuhend)

- Dräger CMS (Chip Measurement System)

Dräger CMS tööpõhimõte on sama, mis indikatsioonitorudel, kuid kõik toimub automatiseeritult ja ekraanile kuvatakse tulemus digitaalselt. CMS analüsaatoril on kaasas ka lisaseadmed: pump, millega saab kasutada voolikut ja kera, mis võimaldavad mõõta kanalisatsioonis vedeliku pinnalt gaase; kolmemeetrine pikendusvoolik; ujuvsond; teleskoopiline skaneerimiskepp.

Seade on lihtsalt kasutatav, sest ei vaja kalibreerimist. Seadmesse on võimalik salvestada mõõtetulemusi.



- Gaasidetektor Dräger Pac Ex O<sub>2</sub>

Dräger Pac Ex O<sub>2</sub> mõõdab plahvatusohtlike aurude, gaaside ja hapniku sisaldust ümbritsevas õhus. Seade on kalibreeritud metaanile ja seepärast tuleb teiste gaaside ning aurude mõõtmisel tulemused korrutada kolmega. Katalüütiline Ex sensor reageerib põlevatele gaasidele ja aurudele. Ohtlikust olukorrast annab seade märku vibreerimise, valguse ja häälega (piiksumisega).

Alarmi tasemed hapniku sensoril on:

A1 = 19 vol% ja A2 = 23vol%

Alarmi tasemed Ex sensoril on: A1 = 10% ja A2 = 20%. Alarmi A1 Ex sensoril saab OK nupuga vaigistada A2 alarmi vaigistada ei saa.(Polikarpus 2009)

- Gaasidetektor Dräger X am 2000 Ex, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO

Dräger X-am 2000 on uue generatsiooni gaasianalüsaator, mis on kohandatud personaalse mõõtmise nõuetele. Uus, väike ja kõrgkvaliteetne Dräger XXS sensor annab mõõtetulemuse 10 sekundiga. Võimaldab komplekteerida 1-4 sensoriga, mõõtmaks plahvatusohtlikke gaase ja aure ning samuti O<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S. Ergonoomiline disain, tavalise mobiiltelefoni mõõtmed ja kerge kaal teevad seadme kasutamise kergeks. Usaldusväärne mõõtetehnoloogia, pikk sensori eluiga (enam kui 5 aastast) ja lihtne kasutamine garatneerivad maksimaalse ohutuse. Ex sensor on kalibreeritud metaanile. Seadmega töötamise temperatuurivahemik on -20<sup>0</sup>C kuni 50<sup>0</sup>C, õhuniiskus 10-95%. Sensorid töötavad difusiooni põhimõttel, s.t et gaas imendub sensorisse ja mõõdavad pidevalt, samaaegselt, sõltumatult.

Alarm 1 on eelalarm. Alarm 2 korral tuleb viivitamatult piirkonnast lahkuda, sest seal valitseb eluohtlik olukord. Alarm 2 on isekustuv ja seda ei saa kinnitada või tühistada. Hapniku puhul tähendab Alarm 1 hapnikuvaegust ja Alarm 2 hapnikuliigsust.

Tabel 7. Gaasidetektor Dräger X-am 2000 Ex LEL,CO, H<sub>2</sub>S,O<sub>2</sub> konfiguratsioonid

Sensor	CatEx125 (%LEL)	XXS O2 (mahu%)	• XXSCO	XXS H2S (ppm)
			• (ppm)	

mõõtmisvahemik	0-100	0-25	• 0-2000	0-200
ALARM 1	20	19	• 30	10
ALARM 1	40	23	• 60	20

Allikas: (koduleht 04.02.2014)

- Gaasidetektor Dräger X-am 2500 ja 2500 Flex

Tegemist on vee ja tolmukindla gaasianalüsaatoriga, millel on tugev ja põrutuskindel ümbris, suur vedelkristallekraan. Kuna analüsaator on kerge, kaaludes vaid 220-250g, siis on teda mugav kanda nt. rinnatasku külge kinnitatuna. Analüsaatoril on uuenduslik katalüütiline Ex sensor, mis on väga tundlik tuleohtlikele gaasidele ja O<sub>2</sub>. Ex sensor ei ole tundlik elektromagnetilisele kiirgusele, kasutusiga on 5 aastat. Dräger X-am 2500 Flexil on võimalik erinevad konfiguratsioonid: Dräger X-am 2500 Ex O<sub>2</sub>,CO,H<sub>2</sub>S LC; Dräger X-am 2500 Ex O<sub>2</sub>,CO; Dräger X-am 2500 Ex O<sub>2</sub>; Dräger X-am 2500 Ex; Dräger X-am 2500 O<sub>2</sub>,CO,H<sub>2</sub>S; Dräger X-am 2500 O<sub>2</sub>, CO; Dräger X-am 2500 O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S LC; Dräger X-am 2500 Ex O<sub>2</sub> CO,NO<sub>2</sub>; Dräger X-am 2500 Ex O<sub>2</sub>,H<sub>2</sub>S LC,SO<sub>2</sub>

Tabel 8. Dräger X-am 2500 sensorid

DRÄGER sensorid	mõõtmisvahemik	resolutsioon	Reag.aeg	kasutusaeg
Cat Ex 125 PR	0-100% LEL 0-5 vol.% CH <sub>4</sub>	1% Lel	10sek	>4 aastat
XXS O <sub>2</sub>	0-25 vol %	0,1 vol %	10sek	>5 aastat
XXS CO	0-2000ppm	2ppm	15sek	>5 aastat
XXS H <sub>2</sub> S LC	0-100ppm	0,1ppm	15sek	>5 aastat

Allikas: ( koduleht 04.02.2014)

- Gaasidetektor Multi-Gas Monitor Dräger X-am 7000

Uue põlvkonna gaasianalüsaator, mis sobib üheaegseks ja pidevaks kuni viie gaasi mõõtmiseks. Kaasaskantav/vööle kinnitatav gaasimõõtmisseade viie toksilise gaasi (olenevalt installeeritud Drägeri sensoritest) ja/või hapniku kontsentratsioonide pidevaks jälgimiseks. Seadet võib kasutada ainult põlevate gaaside ja aurude mõõtmiseks, mis on segunenud õhuga. Seadmel on olemas kuni kaks Dräger Sensorit IR(infra punane), ja/või; kuni kaks Dräger Sensorit CAT Ex (katalüütiline); kuni kolm Dräger Sensorit EC (Elektrokeemiline)

Alarm hakkab tööle, kui: 1. mõõdetud tulemus ületab lubatud kontsentratsiooni piiri (O<sub>2</sub> puhul ka siis, kui tulemus on alla lubatud piiri); 2. kui mõõdetud tulemus ületab hädaohualarmi piiri; 3. kui aku hakkab tühjaks saama; 4. kui seade on pumbameetodi peal ja

labilase on alla limiidi; 5. kui esineb seadme või sensori viga. (Dräger X-am 7000 kasutusjuhend.

Tabel 9. Toksiliste gaaside või hapniku mõõtmise sensorid

X-am 7000, Dräger sensoriga	Mõõtmisvahemik	Standardid
Smart CAT Ex (68 10 410)	0-100% UEG C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ja CH <sub>4</sub>	EN 61 779-1, EN 61 779-4.
Smart CAT Ex (68 10 710)	0-100% UEG C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ja CH <sub>4</sub>	EN 61 779-1, EN 61 779-4.
XS EC O <sub>2</sub> , LS (68 09 130)	0-25 mahu% -% O <sub>2</sub>	EN 50 104
Smart IR Ex (68 10 460)	0-100% UEG C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ja CH <sub>4</sub>	EN 61 779-1, EN 61 779-4.

Allikas:(koostatud autori poolt Dräger X-am 7000 kasutusjuhendi põhjal 04.02.2014)

Dräger X-am 7000 on kaks HPP sensoriporti, kuhu võib paigaldada kolm IR sensorit. Seadmel on kolm elektrokeemilist porti, milles saab kasutada 20 elektrokeemilist sensorit. Tegemist on eelkalibreeritud seadmega, millega saab kasutada samaaegselt viit sensorit. Saadaval on sensorid: IR, Cat Ex, PID, XS R. XS EC, XS – kokku 34 erinevat sensorit.

Tabel 10. Dräger X-am 7000 sensorite konfiguratsioonid

sensorid	mõõtmisvahemik
IR Ex	0-100 % LEL
IR Ex	0-100 vol%CH <sub>4</sub>
IR CO <sub>2</sub>	0-5 vol%
IR CO <sub>2</sub> HC	0-100 vol%
Cat Ex sensor	0-100% LEL
Cat Ex sensor HC	0-100% LEL 0-100 vol CH <sub>4</sub>
PID sensor	0-2000ppm
XS R CO	0-2000ppm
XS R H <sub>2</sub> S	0-100ppm
XS R O <sub>2</sub>	0-25vol%
XS EC EC CO	0-2000ppm
XS EX EC H <sub>2</sub> S 100	0-100ppm
XS EC EC H <sub>2</sub> S HC	0-1000ppm
XS EC EC O <sub>2</sub> ,LS	0-25 vol%
XS EC EC NO	0-200ppm
XS EC EC SO <sub>2</sub>	0-100ppm
XS EC EC NO <sub>2</sub>	0-50ppm

XS EC EC COCL <sub>2</sub>	0-3ppm
XS EC EC NH <sub>3</sub>	0-200ppm
XS EC EC HCN	0-50ppm
XS EC EC CL <sub>2</sub>	0-20ppm
XS EC EC CO <sub>2</sub>	0-5 vol%
XS EC EC H <sub>2</sub> S HC	0-2000ppm
XS 2 CO	0-2000ppm
XS 2 H <sub>2</sub> S	0-100ppm
XS 2 O <sub>2</sub>	0-25vol%

Allikas:(koostatud autori poolt Drägeri kodulehe andmete põhjal 04.02.2014)

- **Gaasidetektor Toxi RAE Pro**

Tegemist on tõeliselt multifunktsionaalse gaasianalüsaatorite perekonna ühe esindajaga, mille sensorid võimaldavad määrata H<sub>2</sub>S – vesiniksulfiidi (kuni 100 ppm), CO – süsinikmonooksiidi (kuni 500 ppm), SO<sub>2</sub> – vääveldioksiidi, NO – lämmastikoksiidi, NO<sub>2</sub> – lämmastikdioksiidi, Cl<sub>2</sub> – kloori, HCN – vesiniktsüaniidi, NH<sub>3</sub> – ammoniaagi, PH<sub>3</sub> – phosphine (kuni 20 min), ClCO<sub>2</sub> kloor süsinikdioksiidi, CO – süsinikmonooksiidi (laiendatud valikut – kuni 2000 ppm), O<sub>2</sub> hapnikku, CO – vingugaasi, H<sub>2</sub> – vesiniku, CH<sub>3</sub>-SH merkaptani. Olemas etüleenoksiidi (ETO-) sensor (0-100 ppm; 1 ppm res.), etüleenoksiidi (ETO-B) sensor (0-100 ppm; 0,1 ppm res.) etüleenoksiidi (ETO-C) sensor (0-500 ppm; 10 ppm res.), H<sub>2</sub> vesiniku, PH<sub>3</sub> Phosphine laiendatud valiku sensor (kuni 1000 ppm) ja HCHO formaldehüüdi mõõtev sensor.(ibid.)

- **Individuaalne gaasidetektor Gasman**

Tabel 11. Tuleohtlike, toksiliste gaaside ja hapniku mõõtmine Gasman detektoriga

Gaasi tüüp	Mõõtmisvahemik	Alarm 2	Alarm 1
Tuleohtlik gaas LEL	0-100%	20%	10%
Hapnik	0-25 %	19.5/23.5 %	19,5 %
Vesiniksulfiid	0 – 50ppm	5ppm	10ppm
Vingugaas	0 – 500ppm	30ppm	35ppm
Vääveldioksiid	0-10ppm	1 ppm	2ppm
Kloor	0 – 5ppm	0.5ppm	0.5ppm
Lämmastikdioksiid	0 – 10ppm	1 ppm	3ppm
Ammoniaak	0 – 50ppm	25ppm	25ppm
Osoon	0-1ppm	0,1 ppm	0,1 ppm
Vesinik	0 – 1000 ppm	N/A	N/A
Vesiniktsüaniid	0 – 25ppm	5ppm	5ppm
Vesinikkloriid	0 – 10ppm	1 ppm	1 ppm
Vesinikfluoriid	0 – 10ppm	5ppm	5ppm

Phosphin	0 – 5ppm	0.2ppm	
Fluor	1 ppm	0,1 ppm	0,1 ppm
Etüleenoksiid	0 – 10ppm	5ppm	5ppm
Lämmastikoksiid	0 – 100ppm	25ppm	50ppm

Allikas: (koostatud autori poolt Gasman kodulehe materjalide põhjal 04.02.2014)

- Crowcon gaasidetektor TETRA-3

Tegemist on detektoriga, millel on olemas sensorid O<sub>2</sub>, CO, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>, LPG, C<sub>6</sub>H<sub>12</sub> taseme mõõtmiseks ohupiirkonnas.

Tabel 12. Gaaside mõõtmine Crowcon TETRA 3 gaasidetektoriga

Gaasi tüüp	LEL %	UEL %	mõõtmisvahemik
O <sub>2</sub>			0-25%
CO <sub>2</sub>	0,5%	1,5	0-2 või 0-5%
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2,7(2,3)	36(36)	0-100 lel
CH <sub>4</sub>	5(4,4)	15(17)	0-100 lel
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2,2(1,7)	10(10,9)	0-100 lel
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	50	9(9,3)	0-100 lel
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	3,3(3,1)	19(19)	0-100 lel
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	1,2(1,0)	7,4(8,)	0-100 lel
LPG	2	10	0-100 lel
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	1,5(1,4)	8(7,8)	0-100 lel
H <sub>2</sub> S			0-100ppm

Allikas: (Koostatud autori poolt kodulehekülje andmete põhjal 07.02.2014)

- Multi RAE

Selle detektoriga on võimalik mõõta ja määrata O<sub>2</sub>, LEL, CO, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, HCN ja PH<sub>3</sub> olemasolu ja kogust ohupiirkonnas.

- 4-gaasi detektor EntryRAE

Tabel 13. Entry RAE spetsifikatsioon

Sensor	Mõõtmisvahemik	Resolutsioon
PID	0-999 ppmVOC	1ppmVOC
O <sub>2</sub>	0-30%	0,1%
LEL	0-100% 0-5%	1LEL 1%Volume
CO	0-500ppm	1ppm
H <sub>2</sub> S	0-100%	1ppm

Allikas: (autori koostatud Entry Rae kodulehekülje põhjal 07.02.2014)

Tegemist on nelja sensoriga gaasidetektoriga, millega saab mõõta CO, H<sub>2</sub>S, LEL ja O<sub>2</sub> kontsentratsiooni ohupiirkonnas. Kasutustemperatuurid -20 kuni +45<sup>0</sup> C <95% RH

- ALTAIR 4X

Tegemist on uue põlvkonna seadmega, kus igas sensoris on mikrokiip, mis kindlustab täpsed mõõtetulemused. MSA Cell sensorite reageerimisaeg on lühem – alla 15 sek, kui eelmise põlvkonna sensoritel. Pumbatest alla 15 sekundi, kalibreerimisaeg alla 60 sekundi. Äärmuslikes tingimustes on signaal sagedasem ja tugevam, kaks toksilise gaasi sensorit CO/H<sub>2</sub>S ei sega teiste sensorite mõõtmisi. Sensorite digitaalväljundid kindlustavad selle, et raadiolained (RF) ei mõjutaks seadme töökindlust.

Olemas järgmised sensorid: X Cell Ex, X Cell O<sub>2</sub>, kahe toksilise gaasi sensor X Cell CO/H<sub>2</sub>S, X Cell CO ja X Cell H<sub>2</sub>S sensor. Enamlevinud konfiguratsioonid on Ex, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S ja CO (nt. 10110453 ALTAIR 4X LEL Pent/0-30% O<sub>2</sub>/0-1999PPM CO/0-200PPM H<sub>2</sub>S)

Sensorite arvu ja konfiguratsioone on võimalik muuta vastavalt tellija soovile. Väga tähtis on ka seadmel olev liikumisandur, mis annab helisignaali, kui kasutaja on olnud liikumatu 30 sekundit. Sensorite garanteeritud tööaeg on 4 aastat, kuid see võib ka pikem olla.

Altair 4X gaasidetektoritel on: 3 aastane täisgarantii, mis katab kogu gaasidetektori koos sensorite ja akuga; võimalik tellida pimedas helendava korpusega; IP67 korpus (tolmu ja veekindel); põrutuskindel (tehtud kukkumisel 6 m kõrguselt betoonile).

ALTAIR 4 kasutavad osa põhjamaade, suurem osa EL liikmesriikide, Venemaa , Austraalia ning mitmed Aafrika, Aasia ja Ladina Ameerika riikide päästeteenistused.

Tabel 14. Gaaside mõõtmine ALTAIR 4 analüsaatoriga

Gaas	Mõõtmisvahemik	Resolutsioon
LEL	0-100%	1%
O <sub>2</sub>	0-30% vol	0,1%
CO	0-1999ppm	1ppm
H <sub>2</sub> S	0-200ppm	1ppm

Allikas: (ALTAIR 4X kodulehekülg 04.02.2014)

Nagu alapeatükist 1.3.2. nähtub, on gaasidetektorite valik üsnagi lai ning seega peaks nende seast olema võimalik leida just need seadmed, mis tagaksid baasteenuse ohutu osutamise. Kriteeriumite välja töötamisel lähtutakse nii VAAK-ist, kui Vabariigi Valitsuse määrusest nr 197, seega peab seadmete valiku esmaseks kriteeriumiks olema tingimus, et uued analüsaatorid peavad aitama tagada päästetööde maksimaalse ohutuse. Selleks hakatakse lõputöö empiirilises osas koostatud maatriksite põhjal hindama turulolevaid seadmeid võttes, standardiks keemiakomandode varustuse ja spetsialistide kogemused.

## 2. EMPIIRILINE UURIMUSTÖÖ

Uuringu läbiviimisel lähtutakse Turundus- ja ühiskonnauuringute läbiviimise rahvusvahelistest eeskirjadest, milles on ette nähtud, et: infoandmine on vabatahtlik ja saadud infot ei tohi kasutada uuringuvälisteks eesmärkideks ega avaldada andmeid uuringuga mitteseotud subjektidele (1994).

### 2.1. Uurimustöö metoodika ja läbiviimise kord

Metodoloogiliselt on tegemist kvalitatiivse uuringuga, kus uuringu protsessiks on andmete kogumine, võrdlemine, kirjeldamine, saadud tulemuste tõlgendamine ja nende põhjal järelduste ja ettepanekute tegemine. Põhiprobleemi uurimiseks kasutatakse nn välisinstrumenti – ankeetküsitlust, kus Päästeameti spetsialistidel tuleb ära määrata need analüsaatorite omadused, mis nende arvates on kõige olulisemad uute seadmete valikul.

Tegemist on nn sihipärase valimiga (*purposive sample*), kus ankeedile vastavad keemiapääste võimekusega komandode pealikud, baasteenuse spetsialistid ning spetsialistid, kellel on pikaajaline kogemus Päästeametis kasutatavate keemiapääste seadmetega. Protseduuriliselt viiakse küsitlus läbi esmalt pilootuuringuna, et täpsustada ankeedist aru saamist ning otsustada, kas küsimustikus on vaja teha olulisi muudatusi. Pilootuuringust, millest võttis osa kolm inimest, selgus et küsimused on arusaadavad ning väga olulisi muudatusi küsimustikus ei olnud vaja teha.

Kuna teoreetilises osas Tabelis 2 (lk 9) ära toodud gaasid on õnnetuskohal potentsiaalse lahvatusohu allikateks, siis on vaja päästetöödel ohu tuvastamiseks, ohuala määrmiseks ning ohtliku kontsentratsiooni määramiseks teostada mõõtmisi, milleks omakorda on vaja mõõteseadmeid - plahvatusohtlike gaaside tuvastamiseks ja kontsentratsiooni mõõtmiseks katalüütilisi ning hapniku kontsentratsiooni mõõtmiseks elektrolüütilisi andureid.

Baasteenuse jaoks vajalike analüsaatorite valiku kriteeriumite välja töötamisel võetakse võrdlusstandardiks PEPK keemiapäästevõimekuse (Kääparin) tase, kus gaasianalüsaatoritena kasutatakse: Dräger Accuro (KL,LK), Dräger CMS (KL,LK), Dräger PacEx2 (KL,LK), Dräger X-am 7000 (KPB) ja Testo 316-1 (KL,LK) ning võrdlusmaatriksites kõrvutatakse nende ja uute turulolevate seadmete TETRA3, Multi RAE ja ALTAIR 4X tehnilisi võimekusi.



Keemiapäästehaagised ja keemiakonteiner on komplekteeritud vastavalt Päästeameti peadirektori käskkirjale ja kuna kasutusesolevad mõõtevahendid võimaldavad suhteliselt täpselt määrata aine "tüübi" e. mis ohud selle ainega kaasnevad ning monitoorida hapniku kontsentratsiooni õhus, ammoniaagi, väävelvesiniku olemasolu, tuleohtlike ainete gaase ja aure ning otsida tuleohtlike gaaside lekkeid, siis peaksid antud seadmed sobima ka baasteenuse osutajatele. (16.04.2009 KK nr 56, 14.05.2009 KK. nr 19; 20.04.2010 kk nr 24) Eelnevast lähtuvalt võrreldakse seadmete tehnilisi näitajaid ning praktilistele kogemustele toetudes selekteeritakse välja neist olulisemad ja parimad. Nii palutaksegi ankeedis ära märkida analüsaatorid, mille sensorid ning nende konfiguratsioonid on seni osutunud sobivamateks plahvatusohtliku keskkonna ja ohu piiride määramisel ja mõõtmisel. Lisaks sellele hinnatakse seadmete reageerimiskiirust, kasutamise lihtsust, mugavust, ekraani suurust, ohusignaalide tugevust, liikumisanduri olemasolu ja muidugi mõõtmistäpsust. Lõpus vaagitakse, kas seadmete tehniliste maatriksite ja uurimustulemuste põhjal töö autori poolt välja pakutud kriteeriumid on intervjuus osalevate spetsialistide arvates piisavad, mida peaks uute seadmete valikul silmas pidama.

Uurimustöö empiiriline osa on jaotatud eraldi alapeatükkideks, kus erinevate seadmete tehnilisi näitajaid autori poolt võrreldakse, analüüsitakse ja süstematiseeritakse maatrikstabelite abil. Tehakse kokkuvõte, mis on oluliseimad näitajad, millest tuleks lähtuda uute seadmete muretsemisel.

Protseduuriliselt viiakse pilootuuring läbi 12.-14. märtsil ning põhiküsitlus 17-28. märtsil, mille käigus küsitlusankeedid saadetakse eelnevalt antud peatükis nimetatud sihipärase valimi alusel välja valitud spetsialistidele.

## 2.2. Uurimustulemuste analüüs

Esmalt koostatakse võrdlusmaatriksid analüsaatorite kaupa, et neid siis kasutada abivahendina empiirilise uurimustulemuste analüüsil ja järelduste tegemisel.

### 2.2.1. Võrreldavate seadmete maatriksid

Maatrikseid võrreldes selgub, et mõõtmispiirid on kõikidel võrreldavatel analüsaatoritel, peale ALTAIR 4X, ühesugused. Erinevused ilmnevad ohusignaalide tugevuses, kus G-Testa, Dräger X-am 2000, 2500 ja 7000 on see 90dB, TETRA3 ja ALTAIR 4X aga 95dB. Ka on kaks viimast seadet väga tugevate korpustega ja suure põrutuskindlusega, ning nende LCD ekraanid on kõrge kontrastsusega ning nende nuppe on kinnastatud käega hea vajutada. Kui võrrelda praegu keemiakomandodes kasutusel olevaid analüsaatoreid ja põhjamaades, Venemaal ja suuremas osas Euroopa liikmesriikides kasutatavat ALTAIR 4X, siis on viimasel rida eeliseid keemiakomandodes kasutatavate analüsaatorite ees. (Lisa 2, Tabel 18:50)

Tabelist 16 ja 17 ilmneb, et ALTAIR 4X reageerimisaeg on vaid 5sek. liikumisandur annab alarmi 30 sek jooksul, kui päästja ei ole selle aja jooksul liikunud (man down) ja tema 4 sensorit mõõdavad samaaegselt, üksteisest sõltumatult ning mõõtmistulemused on tänu igas sensoris olevale mikrokiibile täpsemad. MSA XCell sensorite reageerimisaeg on lühem kui eelmise põlvkonna sensoritel. Ka vastavad ALTAIR X 4 levinumad konfiguratsioonid Ex, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S ja CO baasteenuse osutamise vajadustele ning võimaldavad mõõta plahvatusohtlike gaaside ja hapniku sisaldust ohupiirkonnas ning tuvastada ka leket. Ka majanduslikust küljest lähtudes on ALTAIR 4X parem, kuna nt Dräger X am 7000 vajab kord aastas kallist kalibreerimist ja ei ole spetsialistide hinnangul väga töökindel. ALTAIR 4X analüsaatoril on aga 3 aastane täisgarantii, mis hõlmab kogu seadet koos sensorite ja akuga. Lisaks on analüsaatorile võimalik tellida pimedas helendavat, tolmu-, vee- (IP67) ja põrutuskindlat korpust, mille vastupidavust on testitud 6m kõrguselt betoonile kukutamiseiga. Analüsaatorite ja sensorite kasutusvõimalustest ülevaatlukuma pildi saamiseks koostatakse võrdlustabel, kus on ära toodud erinevate analüsaatorite tugevad ja nõrgad küljed, mis on samuti abiks kriteeriumite pingerea koostamisel. (Lisa 2, Tabel 18:50)

### 2.2.2. Ankeetküsitluse tulemuste analüüs

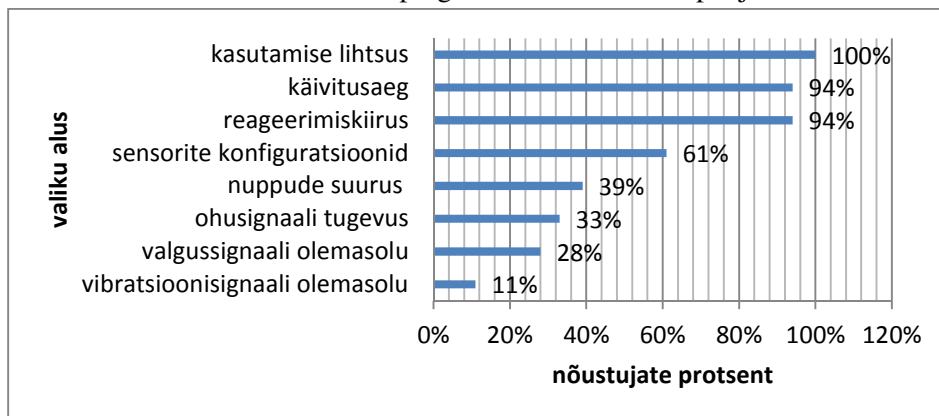
Vastanute arvates selgus spetsialistide üsna üksmeelne arvamus, et igal baasteenust osutaval päästemeeskonnal peab olema nii lekke tuvastamist kui ka gaasi tuvastamist ja plahvatusohu mõõtmist võimaldavad analüsaatorid. Samas märgitakse, et piisaks vaid ühte tüüpi gaasianalüsaatorist, millega saaks mõõta nii gaasi leket kui ka tuvastada plahvatusohtu, et hoida kokku koolituskuludelt ning tagada, et kõik meeskonnaliikmed oleksid võimelised seadmega töötama. Uurimustulemustest parema pildi saamiseks on seadmete soovituslikud kriteeriumid esitatud joonisel 2 diagrammi kujul (lk35).

Esimeseks kriteeriumiks järjestatakse ankeedis kasutamise lihtsus. Kõikide uuringus osalenute arvates peab seadmel olema eestikeelne menüü ja seade peab olema maksimaalselt lihtne käsitleda, mis on ka arusaadav, sest baasteenust osutavaid komandosid on palju ning keeruliste seadmete väljaõpe oleks omaette probleem. Nt tuuakse, et Accuro käsipumba kasutamine on lihtne, aga arvutuste tegemine võib osutada baasteenuse meeskonnale problemaatiliseks ja seepärast ei peeta seda seadet vajalikuks. Ka Dräger CMS analüsaatorit ei soovitata baasteenust osutajatele, sest kassetide kasutamine on küll lihtne, aga tulemuste kättesaamine keerukas, ka ei peeta üsna täpseid kasutusoskusi nõudvat Pac Ex O<sub>2</sub> perspektiivikaks.

Järgmiseks kriteeriumiks järjestatakse ankeedis seadmete võimalikult lühike käivitus- ja reageerimisaeg: 17 uuringus osalenut (94%) peab seda väga oluliseks. Ka taoline valik on igati loogiline ja põhjendatud, sest nagu näeb ette Valitsuse määrus 197 ptk 2 § 9, peab ohtlikus keskkonnas töötamisel olema inimestele tagatud maksimaalne ohutus.

Kolmandaks oluliseks valiku kriteeriumiks on 11 vastaja arvates (61%) portide ja konfiguratsioonide sobivus plahvatusohu ja hapniku kontsentratsiooni määramisel, s.t et oluline on nii Ex, kui Ec sensorite olemasolu. Seitse vastajat 18-st (39%) peab järgmiseks valiku kriteeriumiks analüsaatorinuppude suurust, et oleks kinnastatud käega võimalik kiiresti vajutada, järgmisena hinnatakse kuue vastaja poolt (33%) tähtsaks ohusignaali tugevust, viie vastaja poolt (28%) peetakse oluliseks analüsaatori valgussignaali ja vaid kaks vastajat (11%) peab tähtsaks vibreeriva alarmi olemasolu.

Joonis 2. Seadmete kriteeriumite pingeriida ankeetvastuste põhjal



Allikas: ( autori koostatud uurimustulemuste põhjal)

Kui võtta aluseks uuringus saadud kriteeriumite pingeriida ja võrrelda seda analüsaatorite tehniliste maatriksitega, siis selgub, et kõige paremini vastaks eelpooltoodud kriteeriumitele ALTAIR 4X analüsaator. (Lisa 2, Tabel 18) Arvesse võttes, et ka osa põhjamaid, suur naaberriik Venemaa ja paljud maailmariigid kasutavad ALTAIRX 4X, mille reageerimisaeg on vaid 5sek, sest seadmel on olemas liikumisandur, hooldus on odav, kaal vaid 222g, seade on põrutuskindel, sensoritel on mikrokiibid- seega on ka mõõtmistulemused väga täpsed; konfiguratsioonid võimaldavad mõõta LEL ja hapnikku kontsentratsiooni samaaegselt, üksteisest sõltumatult. Tegemist on uue põlvkonna väga täiusliku analüsaatoriga, mida on üsna lihtne käsitleda, siis sellepärast soovitatakse uuringus osalenute poolt muretseda seade ka Eesti päästeteenistusele ja seda mitte ainult baasteenust osutavatele komandodele, vaid välja soovitatakse vahetada ka keemiakomandodes kasutusel olevad Dräger Xam 7000, mille hoolduskulud on väga suured ja ka töökindlus jätab soovida. (Lisa 2, Tabel 18:50)

# JÄRELDUSED

Uurimustöö põhjal selgusid tuleohtlike gaaside ja hapnikusisalduse tuvastamise seadmete/sensorite valiku põhialused/kriteeriumid, mille järgi peaks valima päästetööde baasteenuse osutamiseks vajalikke seadmeid. Et kriteeriumite välja töötamise aluseks on nii VAAK, kui Vabariigi Valitsuse määrus nr 197, siis peab seadmete valiku juures esmaseks tingimuseks olema just ohutus. Kuna muretsetavad analüsaatorid peavad tagama päästetööde maksimaalse ohutuse, siis tuleb kõikide kriteeriumite määramisel just sellest lähtuda. Kuigi kriteeriumite väljatöötamisel on standardiks võetud keemiakomandode varustus gaasianalüsaatoritega, ei peaks baasteenust osutavate päästekomandode varustus, sh gaasianalüsaatoritega varustus, dubleerima keemiakomandode oma. Arvestama peaks vaid sellega, et põhiteenust osutavad komandod oleksid võimelised plahvatusohtu tuvastama ja plahvatus ära hoidma tavaõnnetuste puhul, kuna suuremate keemiaõnnetuste ja katasroofide korral kutsutakse nagunii välja keemiakomandod. Seega on baasteenuse komandode jaoks seadmete peamised valikud kriteeriumid järgmised:

1. Seadmed peavad olema võimalikult lihtsad kasutada ja eestikeelsete menüüdega;  
Dräger Pac Ex<sub>2</sub>  
Dräger CMS  
Dräger Accuro on keerulised kasutada, vaja on teha ümberarvutusi ja kasutaja peab olema saanud väga korralku väljaõppe.
2. Analüsaatorite käivitamise- ja reageerimisajad peavad olema võimalikult lühikesed, kuna esmajärjekorras on tähtis päästetööde ohutus; ALTAIR 4X reageerimisaeg on vaid 5sek, teiste seadmete käivitus- kui ka reageerimisajad jäävad 10-20sek vahemikku.
3. seadmetel peab olema võimalikult suur elektrokeemiliste ja katalüütiliste portide arv ja Ec ja Ex sensorite konfiguratsioonid peavad võimaldama teha samaaegset LEL, UEL ja hapniku kontsentratsioonide üksteisest sõltumatuid mõõtmisi; Nt. ALTAIR 4X on 4 porti, enamikel teistel seadmetel vaid 2 -3 porti.
4. mõõtmistulemused peavad olema täpsed ja kohe selgesti nähtavad ilma ümberarvutusi tegemata. Nt. Dräger am 7000 ekraan on 35 mm, ALTAIR 4X 60mm, mõõtmistulemused mõlemal nähtavad

5. võimalik peab olema mõõta nii gaasi leket, kui ka plahvatusohtu; seda võimaldavad toodud valikust nii Dräger am 7000 kui ALTAIR 4X
6. seadmete nupud peavad olema kinnastatud käega lihtsalt vajutatavad;  
Nupud on ALTAIR 4X pea kaks korda suuremad, kui Dräger am 7000
7. tähtis on ohusignaalide tugevus Mitte ühelgi teisel seadmel ei ole nii tugevat alarmi, kui ALTAIR 4X: 95 dB+väga ere LED valgussignaal. Võrdluseks Dräger am 7000 90dB +valgussignaal. Lisaks on ALTAIR 4X man down sensor.
8. seadmed peavad olema töökindlad: tugeva korpusega, tolmu-, niiskuse – ja põrutuskindlad. ALTAIR 4X väga tugev korpus ja suur põrutuskindlus, testitud 6m kõrguselt betoonile kukutamisel.

## KOKKUVÕTE

Teema valikul lähtuti Valitsemisala Arengukavast 2014-2017 ja Vabariigi Valitsuse määrusest nr 197 tulenevatest töötervishoiu- ja tööohutuse nõutest plahvatusohtlikus keskkonnas töötamisel, mis mõlemad kohustavad päästeteenistuses parandada tööohutust. Kuna aga täna puuduvad päästeteenistuses baasteenust osutavatel töötajatel plahvatusohtu ja ohu suurust määrata aitavad seadmed, siis on käsitletava teema puhul tegemist mitte üksnes aktuaalse, vaid ka praktilist lahendust ootava valdkonnaga.

Töö eesmärgiks oli välja selgitada, missuguste sensoritega saab plahvatusohtu mõõta ning mis on oluliseimad kriteeriumid, mille alusel hakata uusi seadmeid valima. Et iga valiku puhul on vaja standardit, millega valitavat võrrelda, siis on käesoleva uurimustöö aluseks võetud keemiakomandodes kasutatavad gaasianalüsaatorid. Seadmete omadusi ei hinnatud aga mitte üksnes teoreetiliselt, vaid kasutati ka spetsialistide praktilisi kogemusi. Taoline metoodika võimaldas võrrelda nii seadmete tehnilisi näitajaid kui ka seda, kuidas seadmed vastavad päästjate tegelikele vajadustele.

Esmalt on töö teoreetilises osas käsitletud plahvatusohtlike gaase ja hapniku omadusi ning sensorite tüüpe, millega nende gaaside kontsentratsiooni ja plahvatusohtu saab määrata. Järgmisena on toodud ära eluvaldkonnad, kus taoline oht võib õnnetuse korral tekkida ning seejärel on tutvustatud gaasianalüsaatoreid ning nende sensorite konfiguratsioone, mis võimaldavad ohtu tuvastada ja selle suurust – gaasi kontsentratsiooni, ümbritsevas keskkonnas mõõta.

Rakendusliku uurimustöö empiirilises osas on esmalt koostatud ülevaatlikuma pildi saamiseks uuritavate seadmete kohta mitmesuguseid matrikstabeleid. Alles seejärel korraldati ankeetküsitlus Päästeameti erinevate piirkondade spetsialistide seas. Selleks saadeti erinevatele päästeteenistuse spetsialistidele 20 küsitlusankeeti, kus paluti reastada seadmete tähtsamad omadused, mis nende arvates on olulised uute seadmete valikul ning lisada ka lõpuks oma arvamus, missugused analüsaatorid sobiksid nende arvates baasteenust osutavatele komandodele. Ankeetküsitlusele laekusid vastused ja ettepanekud 18 spetsialistilt, seega oli vastamisprotsent 90%. Nii reastati uutele analüsaatoritele esitatavad kriteeriumid olemasolevate seadmete tehnilisi andmeid, kui ka spetsialistide arvamus analüüsides.

Taolise metoodikaga selgus, et baasteenust osutavatele komandodele sobivate analüsaatorite valikul tuleks lähtuda kasutuslihtsusest ja et seade annaks kohe vastuse ilma täiendavaid arvutusi tegemata, ka seadme võimalikult lühikesest käivitus- ja reageerimisajast, portide arvust, Ex ja Ec sensorite konfiguratsioonidest, mõõtmistulemuste täpsusest ja muidugi kasutusmugavusest ning vastupidavusest ekstreemsetes oludes. Mitte üldse või vähemoluliseks peeti seadmete kaalu, vibreeriva alarmi olemasolu ja seadme helendavat korpust.

Kuna enamuses Euroopa Liidu liikmesriikides ja põhjamaades, meie naabrite juures Venemaal, Austraalias ja ka mõningates Ameerika riikides kasutatakse uue põlvkonna analüsaatorit ALTAIR 4X, siis selgus uuringu põhjal, et see seade sobiks oma lihtsuse, tugevuse, mõõtmistulemuste kiiruse ja täpsuse (sensorites on mikrokiibid) poolest kasutusele võtta ka Eestis. ALTAIR 4X võib nimetada kaks ühes seadmeks, kuna sellega saab tuvastada ka gaasileket. Seega tasuks ALTAIR 4X kasutuselevõtmist kaaluda mitte ainult baasteenust osutatavates komandodes vaid, et välja võiks vahetada ka keemiakomandodes kasutuses olevad Dräger X am 7000, mille kalibreerimiskulud on väga kõrged ja kasutuskindlus jätab soovida. Ettepanek on igati põhjendatud, sest et ALTAIR 4X on kolmeaastase täisgarantiiga, mis tagab seadmele minimaalsed ülalpidamiskulud.

Seega on uurimustöö andnud panuse töö põhiküsimuse reaalsele lahendamisele kui ka täitnud püstitatud eesmärgi, selgitades välja need kriteeriumid, millele peaksid vastama seadmed, mis võimaldaksid päästjatel baasteenust ohutult osutada.



## SUMMARY

As today commandos that provide basic salvage service have no gas analyzers which help detecting and measuring the degree of explosive hazard, then the purpose of this applied empirical study was to find out which sensors can measure the explosive hazard and which criteria are the most important in choosing new devices.

Thereupon a questionnaire was arranged among experts in different regions of Rescue authority to find out which devices salvors who provide the basic salvage service actually need.

Taking gas analyzers, which are being used by chemistry commandos, as a standard the important criteria in choosing new devices were ranked. Received ranking was verified with the help of experts from Lilleküla chemistry commando by arranging a focus group interview with them.

It was identified that by choosing suitable analyzers it is important that the device was easy to use, that it would have possibly short run-up time and reaction rate, that it would have suitable number of ports, Ex and Ec sensor configuration, precision of the measuring results and, surely, that it would be convenient to use and that the device would be durable in extreme conditions.

## VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

- Annus, A., Lind, H., Tarma, M. (1968) *Andurid* Tallinn: Valgus
- Halit, E. (2006) *Wireless sensors and instruments : networks, design, and applications* [etc.] : CRC/Taylor & Francis, 297 lk. : ill.
- Fraden, J. (2004) *Handbook of modern sensors : physics, designs, and applications* . New York [etc.] : Springer : AIP Press, xvii, 589 lk. : ill.
- Ernst, Young 2011 *Päästetöö teenus* (baasteenus), Päästeamet
- Karik, H. (2009) *Keemia*. Tallinn: Kirjastus Ilo
- Köstner, A. (2005) *Keemia*. Tallinn: AS Koolibri
- Meyer, E. (2010) *Chemistry of hazardous materials*. Upper Saddle River (N.J.)
- Nenova, Z., Ivanov, S., Nenov, T. (2011) *Andurid tööstusautomaatikas*. Tallinna TÜ Kirjastus
- Past, V., Tamm, J., Tamm, L. (2001) *Üldine ja anorgaaniline keemia*. Tallinn: AS Koolibri
- Randoja, P. *Keemiaõnnetused ja nende likvideerimisega seotud probleemid*. Häire 2010/1 lk42-43
- Sieger, A. (2007) *Tuleohutus*. Tallinn: Teabekirjanduse OÜ
- Soodla, H. (2010) *Päästejuhised tulekustutustöödel*. Väike-Maarja: Tartu trükikoda Greiff
- Talvari, A. (2009) *Põlevainete omadused*. Tallinn: Sisekaitseakadeemia
- Tuleohutuse Seadus* (TuOS) RT I 2010, 24, 115
- Tuulmets, A. (2000) *Orgaaniline keemia*. Tallinn: AS Koolibri
- Võõrsõnastik (2006) Ellert, L., Hallik, T., Norvik, M., Raid, V., Taurum, Ü. Tallinn: Tea Kirjastus

### Võrguteavikud:

- Euroopa Põhõiguste Harta* 2007/C 303/01  
<http://eur-lex.europa.eu/et/treaties/dat/32007X1214/htm/C2007303ET.01000101.htm>  
(välja otsitud 14.02.2014)
- I.C.C./E.S.O.M.A.R.i *Turundus- ja Ühiskonnauuringute Läbiviimise Rahvusvahelised Eeskirjad* 1994  
<https://www.riigiteataja.ee/akt/13314859> välja otsitud kodulehelt 04.01.2014
- Gaasianalüsaator Toxi RAE Pro kasutusjuhend*  
[http://www.equipcoservices.com/sales/rae/toxirae\\_pro\\_series.html](http://www.equipcoservices.com/sales/rae/toxirae_pro_series.html) välja otsitud kodulehelt 07.01.2014
- Dräger Acuro Käsipumba kasutusjuhend DVD*  
<https://www.youtube.com/watch?v=vOm2dxjZ7YU> välja otsitud 04.02.2014
- Gaasianalüsaator Dräger X-am 7000 kasutusjuhend*  
<http://www.draeger.net/media/10/00/91/10009143/x->(välja otsitud kodulehelt 07.01.2014
- Dräger analüsaatorid*  
[http://www.draeger.net/media/10/01/09/10010961/portable\\_gas\\_detection\\_br\\_9044824\\_en.pdf](http://www.draeger.net/media/10/01/09/10010961/portable_gas_detection_br_9044824_en.pdf) välja otsitud 04.02.2014

*Gaasianaliisaator G-Testa kasutusjuhendid*

[http://www.evikon.ee/catalog/download.php?doc=crowcon/DS\\_ENG\\_Xgard.pdf](http://www.evikon.ee/catalog/download.php?doc=crowcon/DS_ENG_Xgard.pdf) välja otsitud kodulehelt 10.01.2014

[http://www.linde-gas.com/en/products\\_and\\_supply/welding\\_safety\\_products/gas\\_detection/g-tecta\\_sg.html](http://www.linde-gas.com/en/products_and_supply/welding_safety_products/gas_detection/g-tecta_sg.html) välja otsitud kodulehelt 07.01.2014

*Testo- 316 kasutusjuhend*

[http://www.testolimited.com/Content/downloads/testo316-1-manual-0632\\_0316.pdf](http://www.testolimited.com/Content/downloads/testo316-1-manual-0632_0316.pdf) välja otsitud kodulehelt 04.02.2014

*TETRA 3 kasutusjuhend*

[http://www.evikon.ee/catalog/download.php?doc=crowcon/DS\\_EN\\_Gasman.pdf](http://www.evikon.ee/catalog/download.php?doc=crowcon/DS_EN_Gasman.pdf) välja otsitud kodulehelt 04.02.2014

*Mehhatroonikaseadmed*

[http://www.tthk.ee/MEH/Andurid\\_9.html](http://www.tthk.ee/MEH/Andurid_9.html) välja otsitud kodulehelt 04.01.2014

*ALTAIR 4X kasutusjuhend*

<http://s7d9.scene7.com/is/content/minesafetyappliances/ALTAIR%204X%20Operating%20Manual%20-%20GB> välja otsitud kodulehelt 07.02.2014

*ALTAIR 4X kasutusõpetus DVD*

<https://www.youtube.com/watch?v=O16l4RwmJsA&noredirect=1> 07.02.2014

**Ohtusjuhised:**

*Ohutusjuhised: Argoon Ar (PDF 64 KB)*

*Ohutusjuhised: Atsetiileen (PDF 72 KB)*

*Ohutusjuhised: Hapnik (PDF 72 KB)*

*Ohutusjuhised: Heelium He (PDF 62 KB)*

*Ohutusjuhised: Kuivjää (PDF 312 KB)*

*Ohutusjuhised: Lämmastik (PDF 64 KB)*

*Ohutusjuhised: Süsihappegaas (PDF 64 KB)*

*Ohutusjuhised: Vedelgaas (propaan, butaan või nende segu) (PDF 74 KB)*

*Ohutusjuhised: Vesinik (PDF 63 KB)*

välja otsitud 04.01.2014 kodulehtedelt

*Plahvatusohtliku keskkonna määramise põhimõtted. Tööinspektsioon.*

[http://www.ti.ee/public/files/Plahvatusohtliku\\_keskkonna\\_maaramise\\_pohimotted\(1\).pdf](http://www.ti.ee/public/files/Plahvatusohtliku_keskkonna_maaramise_pohimotted(1).pdf) välja otsitud kodulehelt 04.01.2014

*Polikarpus, S. Ohu tuvastamine ja mõõtmine. Päästekool 2009*

<http://stud.sisekaitse.ee/Tahevali/M%C3%B5%C3%B5teseadmed.pdf> välja otsitud kodulehelt 07.01.2014

*Päästeameti põhimäärus RT I, 29.12.2011, 142*

<https://www.riigiteataja.ee/akt/129122011142> välja otsitud kodulehelt 07.01.2014

*REACH määrus (EÜ) nr 1907/2006*

<http://www.terviseamet.ee/kemikaaliohutus/reach.html> välja otsitud kodulehelt 07.01.2014

*Tuletöole esitatavad nõuded. Ministri Määrus nr 47, RT I 2010, 64, 473*

<http://www.tuletorjeliit.ee/?page=14> välja otsitud kodulehelt 04.02.2014

*Töötervishoiu ja tööhutuse nõuded töötamisel plahvatusohtlikus keskkonnas. Vabariigi Valitsuse määrus 197 vastu võetud 15.07.2003, jõustunud 01.07.2004 RT I 2003, 54, 368*

<https://www.riigiteataja.ee/akt/610347> välja otsitud kodulehelt 05.01.2014

Kikas, Ü.; Kimmel, V. Õhk ja tema tähtsus elule,  
[http://ael.physic.ut.ee/KF.public/Huvilistele/ohus\\_on\\_koike.htm](http://ael.physic.ut.ee/KF.public/Huvilistele/ohus_on_koike.htm) (07.02.2014)

*VAAK 2014-2017(2020) Siseministri valitsemisala RES POV 9: siseturvalisus*

[https://www.siseministeerium.ee/public/2013\\_03\\_01\\_VAAK\\_2014-](https://www.siseministeerium.ee/public/2013_03_01_VAAK_2014-)

[2017\\_2020\\_POV\\_9\\_Siseturvalisus\\_Siseministeerium.pdf](https://www.siseministeerium.ee/public/2013_03_01_VAAK_2014-2017_2020_POV_9_Siseturvalisus_Siseministeerium.pdf) välja otsitud kodulehelt 06.01.2014

## LISAD

### Lisa 1. KÜSITLUSANKEET

#### **Va. Päästeteenistuse spetsialist**

Teen oma lõputööd teemal :

#### **TULEOHTLIKE GAASIDE JA HAPNIKUSISALDUSE TUVASTAMISE SEADMETE KRITERIUMID PÄÄSTETÖÖDE BAASTEENUSE OSUTAMISEKS**

Empiirilise uurimuse osas otsin vastust, missugustele kriteeriumitele peaksid vastama baasteenuse ohutuks osutamiseks vajalikud gaasianalüsaatorid ja sensorid. Kuna valiku tegemisel on väga tähtsad praktilises elus kogutud teadmised ja kogemused, siis palun, et Te neid minuga jagaksite. Selleks olge kena ja vastake allpooltoodud küsimustele.

Olen väga tänulik kõigi Teie poolt tehtud tähelepanekute ja paranduste eest.

Ette tänades Even-Marten Korberg

## ANKEETKÜSIMUSED

1. Palun nummerdage/reastage tähtsuse järgi analüsaatori omadused, mis oleksid olulised uute seadmete muretsemisel (ebaolulised kriipsutage maha):

Kalibreerimislihtsus.....  
Käivitusaeg.....  
Reageerimiskiirus.....  
Praktiline ja mugav kinnitus.....  
Ekraani suurus.....  
Ekraani valgustus.....  
Seadme värvus(helendav korpus).....  
Et oleks võimalik põhilisi ohualal ettetulevaid gaase ja O<sub>2</sub>  
kontsentratsioone määrata sõltumatult ja samaaegselt.....  
Sensorite konfiguratsioonid.....  
Ohusignaali heli tugevus.....  
Vibratsioonsignaali olemasolu.....  
Valgussignaali olemasolu.....  
Võimalus saada mõõtmistulemus, ilma ümberarvutamisi  
tegemata.....  
Liikumisanduri olemasolu.....  
Nuppude suurus, et oleks kindaga hea vajutada.....  
Kasutamise lihtsus .....  
Lisage puuduvad, kuid olulised  
kasutusomadused.....  
.....

2. Missuguseid ja kui palju analüsaatoreid oleks vaja Teie arvates baasteenust osutavale meeskonnale, et määrata plahvatusohtu ja monitoorida hapnikutaset

Lekke tuvastamise analüsaatorit.....tk  
Ühe gaasi ja O<sub>2</sub>.....tk  
Mitme gaasi ja O<sub>2</sub>.....tk  
Muud .....

3. Kui oluline on analüsaatorite kaal?

Väga oluline.....  
Mitte eriti.....  
Üldse mitte .....

4. Kui oluline on analüsaatori käsitluse lihtsus?

Väga oluline.....  
Mitte eriti.....  
Üldse mitte.....

5. Palun märkige, missugused nendest analüsaatoritest on keemiapäästetööl kõige rohkem vaja. Kui, siis missugune neist võiks aga olemata olla?

Palun põhjendage mõne sõnaga oma valikut.

Testo 316-1
Accuro käsipump(kassetid)
Dräger CMS
D Pac -Ex O2
D X-am 7000

6. Kas Testo 316-1 on mingid eelised, teades et Dräger X-am 7000-ga saab ka leket tuvastada?  
.....
7. Kas mõni nendest punkt nr. 5 mainitud analüsaatoritest vajaks modernsema vastu välja vahetamist? Kui jaa, siis palun põhjendage miks või nimetage olulisemad puudused  
.....
8. Teades, et suurem osa põhjamaid, Venemaa ja paljud maailmariigid kasutavad ALTAIRX 4 X ( reageerimisaeg on vaid 5 sek, sellel on liikumisandur, hooldus on odav, kaal vai 222g, on põrutuskindel,sensorid mõõdavad samaaegselt, üksteisest sõltumatult),siis kas ka Eestis ei peaks selle analüsaatori kasutusele võtma?  
.....
9. Teie ettepanekud, mida peaks kindlasti arvestama baasteenuse komandodele gaasianaüsaatorite muretsemisel.  
.....

Tänan vastamast!

## Lisa 2. JOONISED JA TABELID

### JOONISED:

Joonis 1. Gaasiandurite tüübid .....	18
Joonis 2. Seadmete kriteeriumite pingerida ankeetvastuste põhjal .....	35

### TABELID:

Tabel 1. Päästeteenistuse viimase kolme aasta väljakutsete statistika .....	8
Tabel 2. Esineda võivad gaasihud valdkondade kaupa .....	9
Tabel 3. Olulisemate gaaside ja vedelike ülemised ja alumised plahvatusohtlikud piirid .....	12
Tabel 4. Gaasiohtu mõõta võimaldavate sensorite vastavuse maatriks analüsaatorite löikes.....	20
Tabel 5. G-Testa SG juurde tellitavate sensorite mõõteulatused .....	23
Tabel 6. G-Testa SG juurde tellitavate sensorite gaasitüüpid .....	24
Tabel 7. Dräger X-am 2000 Ex LEL,CO, H <sub>2</sub> S,O <sub>2</sub> konfiguratsioonid .....	25
Tabel 8. Dräger X-am 2500 sensorid .....	26
Tabel 9. Toksiliste gaaside või hapniku mõõtmise sensorid .....	27
Tabel 10. Dräger X-am 7000 sensorite konfiguratsioonid .....	27
Tabel 11. Tuleohtlike, toksiliste gaaside ja hapniku mõõtmine Gasman detektoriga .....	28
Tabel 12. Gaaside mõõtmine Crowcon TETRA 3 gaasidetektoriga .....	29
Tabel 13. Entry RAE spetsifikatsioon .....	29
Tabel 14. Gaaside mõõtmine ALTAIR 4 analüsaatoriga .....	30
Tabel 15. Seadmete mõõtmispiiride maatriks .....	48
Tabel 16. Analüsaatorite töörežiimide kasutusmaatriks .....	49
Tabel 17. Tehniliselt täiuslikemate analüsaatorite kasutusmaatriks .....	49
Tabel 18. Analüsaatorite ja sensorite kasutusvõimaluste plussid ja miinused .....	50



Tabel 15. Seadmete mõõtmispiiride maatriks

Seade/mõõdetavad ühendid / mõõtmispiirid	O <sub>2</sub>	mõõtmispiirid	mürkgaasid, plahvatusohtl.	mõõtmispiirid	LEL	mõõtmispiirid
Testo-316-1, EX sens(1 s.)	ei		CH <sub>4</sub>	200-10000ppm >10000ppm	ei	
Dräger indikats.torud	ei		NH <sub>3</sub> , bensiin	5-70ppm	ei	
Dräger CMS(kassetid)	ei	kassetid 54 ainele, mõõtmisp.1,000ppm-25,000ppm				
Dräger Pac Ex <sub>2</sub>	jah	0-25%			Ex sensor	0-100%
Dräger X-am 2000	jah	0-25%	CH <sub>4</sub> (cat Ex.)	0-100%	Ex sensor	0-100%
Dräger X-am 2500	jah	0-25%	Ex, H <sub>2</sub> S, CO	0-100%	Ex sensor	0-100%
Dräger X-am 2500 Flex	jah	0-25%	Ex CO, H <sub>2</sub> S, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	0-100%	Ex sensor	0-100%
Dräger X-am 7000(kuni 5gaasi mõõtm korraga)	jah	0-25%	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (Cat Ex)	0-100%	Ex sensor	0-100%
G TESTA SG(ühe gaasi)	jah	0-25%	Ec sensor	0-1000ppm	Ex sensor	0-100%
G-TESTA SG <sub>2</sub> (ühe gaasi)	Jah	0-25%	Ec sensor CO, H <sub>2</sub> S	0-1000ppm	Ex sensor	0-100%
G TESTA 4G(mitme gaasi)	jah	0-25%	Ec sensor.	0-100%	Ex sensor	0-100%
G TESTA 4GP (mitme gaasi)	jah	0-25%	Ec sensor.	0-100%	Ex sensor	0-100%
TETRA 3	jah	0-25%	Ec sensor	0-100%	Ex sensor	0-100%
MULTI RAE	jah	0-25%	Ec sensor	0-100%	Ex sensor	0-100%
ENTRY RAE	jah	0-25%	Ec sensor	0-100%	Ex sensor	0-100%
ALTAIR 4X	jah	0-30%	Ec CO sensor	0-1999ppm	X cell Ex	0-100%
			Ec H <sub>2</sub> S sensor	0-200ppm		

Allikas: (autori koostatud seadmete kasutusjuhendite põhjal)

Tabel 16. Analüsaatorite töörežiimide kasutusmaatriks

Analüsaator	Kaal	Reageerimisaeg			Käivitusaeg	Töötemp. vahemik C	alarm
		LEL	hapnik	mürkgaasid			
G TESTA	90-295g	20sek	10sek	20sek	20 sek	-20...55°C	Kõik alarmid 90dB
Dräger X-am2000	200-250g	8sek	6sek	6sek	3sek	-20...50°C	90dB +valgussign.
Dräger X-am 2500	220-250g	10sek	10sek	15sek	9sek	-20...50°C	>90dB +valgussign.
Dräger X-am7000	600g	puuduvad andmed				-20...60°C	90dB +valgussign.
TETRA3	295g	20sek	10sek	20sek	10sek	-20...55°C	95dB
ALTAIR 4X	222g	reageerimisaeg alates 5 sek. LIIKUMISANDUR annab 30sek jooksul alarmi				lühiajal. -40...60°C	>95dB +valussign.

Allikas: (Autori koostatud seadmete kasutusjuhendite põhjal)

Tabel 17. Tehniliselt täiuslikemate analüsaatorite kasutusmaatriks

Analüsaator	Andmed/ salvestamine	Ekraan	korpus
G –TESTA analüsaatorid	900tundi/4800 episoodi	128x64pikslit, mitme gaasi analüsaatorite näidikud on ülesse poole suunatud	tugev
Dräger X-am2000	900tundi/4800 episoodi	128x64pikslit	tugev
Dräger X-am 2500	USB liide	360 nähtav	tugev, vee ja tolmukindel IP67 korpus
Dräger X-am 2500, Flex	USB liide	360 nähtav	tugev, vee ja tolmukindel
Dräger X-am7000	andmed nähtavad, ei pea arvutusi tegema	suur, kõik näidud kogu aeg näha, kiirmenüü	tugev, kukkumis- ja veekindel
TETRA 3	andmed nähtavad, USB	128x64 pikslit, LCD	tugev IP67 korpus (tolmu ja veekindel)
ALTAIR 4X	andmed nähtavad USB liides	LCD, kõrge kontrast-susega	põrutuskindel, 6m kõrguselt kukkumisel

Allikas: (Autori koostatud seadmete kasutusjuhendite põhjal)

Tabel 18. Analüsaatorite ja sensorite kasutusvõimaluste plussid ja miinused

Analüsaator	Plussid	Miinused
TESTO 316-1	1.väga tundlik EX sensor, tundlikum kui teistel analüsaatoritel.	O <sub>2</sub> mõõta ei saa, saab mõõta vaid tuleohtlike gaase ja aurusid. Mõõtetulemusi tuleb võrrelda piirarvudega. Seade ei sobi töötama pihustatud joas ja 95% õhuniiskuses
Dräger Accuro	300 aine mõõtmise võimalus	1.kasutamine ei ole mugav;klaaskolvid võivad puruneda- sisaldavad söövitavat ainet; 1. ei saa mõõta O <sub>2</sub> 2. peab tegema arvutusi Dräger Accuro arvutused lineaarse mõõtediapasooni korral: N(10) :kokku surutud kordade arv (5) X näit (50) = kontsentratsioon (100ppm)
Dräger CMS	1.seade ei vaja kalibreerimist, lihtne kasutada; 1.olemas 54 kassetti erinevatele ainetele.(chip) 2.ujuvsond ja 3 meetrine pikendusvoolik, mis võimaldavad mõõta kanalisatsioonis vedeliku pinnalt gaase; teleskoopiline skaneerimiskepp.	1.ei mõõda O <sub>2</sub> ; 2. kasutamine tülikas, peab kassette vahetama
Dräger Pac Ex <sub>2</sub>	1.Nõuab väga täpset seadme tundmist; Katalüütiline Ex sensor reageerib põlevatele gaasidele ja aurudele ning O <sub>2</sub> . Seade on kalibreeritud metaanile ja seepärast tuleb teiste gaaside ning aurude mõõtmisel tulemused korrutada kolmega..	vaja mitut eri seadet
Dräger X-am 2000	1.mõõdab LEL, O <sub>2</sub> ja mürggaase(4 sensorit); 2. sensorite pikk eluiga(4-5aastat) 3. aktiveerub 3 sekundiga; 4. ekraanil kuvatakse iga gaasi mõõteväärtused; 5.häire puhul 3-alarmi korraga 6. LEL näit tuleb korrutada kolmega kui tegemist on mõne muu gaasiga; 7. sensorid mõõdavad samaaegselt, sõltumatult	1.Cat Ec sensori näit hapnikuvaeguses ei ole täpne, 2. Aku tööiga vaid 20 min.; 3. Ex sensor kalibreeritud metaanile, teisi gaase ei näita täpselt, LEL näit x 3-ga; 4.kalibreerimist ei tohi ise teha; 5. katalüsaatorimürgid võivad Cat Ex 125 sensori hävitada.
DrägerX-am 2500	1. Analüsaatoril on uuenduslik katalüütiline Ex sensor, mis on väga tundlik tuleohtlikele gaasidele ja O <sub>2</sub> .Olemas Ex, O <sub>2</sub> ja mürggaaside erinevad konfiguratsioonid (1-4 gaasi konfiguratsioonid) 2.sensorite pikk eluiga(4-5aastat) 3.sensorid mõõdavad pidevalt, samaaegselt, sõltumatult.	1.ei ühildu teiste Drägeri sensoritega
Dräger X - am 2500 Flexi	1. konfiguratsioone on võimalik muuta; 2. olemas 10 erinevat sensori	

	<p>konfiguratsiooni</p> <p>3. Ex sensori eluiga 4 aastat ja rohkem;</p> <p>4. ühildub teiste Drägeri sensoritega</p>	
Dräger X-am 7000	<p>1.võimalik kasutada viit sensorit samaaegselt. Tegemist on eelkalibreeritud seadmega, Saadaval sensorid IR, Cat Ex, PID, XS R. XS EC, XS (Kaks Ex ja 3 Ec/või IP või Cat Ex(kuni kaks) või IP Ec (kuni kolm)</p> <p>2.mitmekesisus, saadaval üle 34 eri sensori(üle 100 erineva gaasi)</p> <p>2.kiirmenüü, suured nupud,</p> <p>3.võimalik otsida ka leket;</p> <p>4.katalüütiline sensor on väga põrutuskindel; sensoreid saab ise vahetada, eelkalibreeritud, ise vahetatavad nn.plug-play sensorid (25 erinevat)</p> <p>5. kõik sensori näidud displeil nähtavad;</p> <p>6.kalibreerimisvajadus vaid kord aastas</p> <p>8. pikk sensorite eluiga</p> <p>9. lisavalikus sisemine pump</p> <p>10. töötamisaeg 7 tundi</p> <p>11. madalad kasutuskulud</p>	<p>Seadme kalibreerimine on väga kallis</p> <p>Seade ei ole väga töökindel</p>
G-TESTA SG	<p>1.ühe gaasi analüsaator, 28 sensoriga</p> <p>2 väga lihtne kasutada;</p> <p>3. automaatne nullkalibreerimine;</p> <p>4.ühe nupuga kalibreerimine;</p>	<p>1.Katalüütiline pellistor andur lülitab seadme üle 100 % LEL puhul 200 sek (3,3min) välja. Madala hapnikusisaldusega keskkonnas ei ole mõõtmistulemused usaldusväärsed;</p> <p>2.Mürkgaase ja O<sub>2</sub> mõõtvad andurid sisaldavad kemikaale ja seepärast kardavad need andurid niiskust.</p> <p>3. suured mürkgaasi kogused kahjustavad metalloosi ja muudavad andurite mõõteväärtused aja jooksul ebatäpseks;</p> <p>4.LEL anduri seadmed ei tööta leelispatareidiga.</p>
G- TESTA 4 G	<p>1. kolme pordiga mitme gaasi detektor, mida on võimalik opereerida ühe nupuga;</p> <p>2. täielik andmete haldamine;</p> <p>3.ergonoomiline korpus;</p> <p>4. 1-meetrine proovivõtuotsik ASGTSP</p> <p>5. võimalus valida 14 anduri vahel</p>	<p>1. võimalik tellida vaid eritellimusel ekraanile taustvalgustus ning pimedas helendava korpusega analüsaatorit</p>
TETRA 3	<p>1.nullkalibreerimine;</p> <p>2. nelja gaasi näiduga ekraan;</p> <p>3. hääl-, vibratsioon - ja visuaalalarm.</p>	
ALTAIR 4X	<p>1. eraldi sensorid tuleohtlikele gaasidele, O<sub>2</sub>, ja mürkgaasidele, mis mõõdavad samaaegselt ja sõltumatult; Igal sensoril mikrokiip- eriti täpne mõõtmistulemus. Enim levinud konfiguratsioon on Ex, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S ja CO.</p>	

<p>2.liikumisandur "man down" s.t et kui päästja 30 sek jooksul ei liigu, siis annab seade alarmi; 3.nupud, mida saab hästi kinnastega vajutada; 4.sensori tööaeg 24 tundi, eluiga 4 aastat 5.95 + db alarm ja ultra-ere LED valgusignaal. 6. Cell sensorite reageerimisaeg on lühem – alla 15 sek 7. Raadiolained ei sega mõõtmisi</p>	
---	--

Allikas: (autori koostatud seadmete kasutusjuhendite põhjal)