



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

Maagaasi odoreerimise võimalused ja lahendused

Possibilities and solutions for natural gas odorization

MASINAEHITUS- JA ENERGIAPROTSESSIDE JUHTIMISE ÕPPEKAVA
LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Sander Truubon

Üliõpilaskood: EDJR178737

Juhendaja: Tatjana Baraškova,
vanemlektor

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"01" juuni 2021

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele
"...." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele

lubatud

"24" mai 2021

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Sander Truubon (sünnikuupäev: 12.05.1989)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Maagaasi odoreerimise võimalused ja lahendused, mille juhendaja on Tatjana Baraškova,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Sander Truubon, EDJR178737

Õppekava, peeriala: Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine, Energiatehnika

Juhendaja(d): Vanemlektor, Tatjana Baraškova, tatjana.baraskova@taltech.ee

Konsultant: Reeno Niinepuu, Gaasitorustike valdkonna koordinaator

Elering AS, +372 5373 2674, Reeno.Niinepuu@elering.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Maagaasi odoreerimise võimalused ja lahendused

(inglise keeles) Possibilities and solutions for natural gas odorization

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Kirjeldada maagaasi odoreerimise vajalikust ja kohustust.
2. Erinevate odoreerimise tehnoloogiate võrdlemine.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Dokumentatsiooni kogumine	15.märts
2.	Maagaasi odoreerimise ettepaneku esitamine, analüüs ning kokkuvõtte kirjutamine	04.aprill
3.	Erinevate odoreerimise tehnoloogiate võrdlemine	30. aprill
4.	Vigade parandused, lõpliku töö koostamine	17. mai

Töö keel: Eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg:

“01” juuni 2021a

Üliõpilane: Sander Truubon

/allkiri/

“25” mai 2021a

Juhendaja: Tatjana Baraškova

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

Konsultant: Reeno Niinepuu

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

Programmijuht: Veroonika Shirokova

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

SISUKORD

EESSÕNA	6
SISSEJUHATUS	7
1. MAAGAAS.....	9
1.1 Maagaas kui energiaallikas	10
2. MAAGAASI ODOREERIMISE VAJALIKKUS JA NÕUDED.....	12
2.1 Odooreerituse vajadus.....	12
2.2 Odooreerituse nõue.....	13
3. MAAGAASI ODOREERIMISE TEHNILISED LAHENDUSED	16
3.1 Taht süsteem	17
3.2 Mõödaviik süsteem.....	18
3.3 Bourdoni süsteem	19
3.4 Tilgutamise süsteem.....	19
3.5 Elektroonilise pumbaga süsteem	21
3.6 Solenoid klappidega süsteem.....	22
3.7 Tehniliste lahenduste võrdlus.....	24
KOKKUVÕTE	26
SUMMARY.....	27
4. KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	28
LISAD	30

EESSÕNA

Lõputöö teema on „Maagaasi odoreerimise võimalused ja lahendused“. Teema tuleb õppeaine „Erialapraktika II“ käigus läbitud maagaasi jaotusjaamade hankedokumentatsiooni koostamise praktika alusel ja selle teema pakkus välja lõputöö konsultant Reeno Niinepuu. See teema annab hea ülevaate maagaasi odoreerimise vajalikkusest ja nõuetest, lisaks selle selgitab erinevaid tehnoloogilisi võimalusi kuidas odoreerimist lahendada. Lõputöö põhjal tekib ülevaade Eestis ja Euroopas laiemalt kasutusel olevatest odoreerimise süsteemidest ja lahenduste sarnasustest ning erinevustest. Informatsiooni on kogutud paljudest gaasialastest allikatest ja kasutatud on näiteks ka Euroopa Gaasitööstuse Tehnilise Assotsiatsiooni uuringuid.

Lõputöö autor soovib tänada eeskätt juhendajat Tatjana Baraškova-t ja konsultanti Reeno Niinepuu-d lõputöö koostamise, abistamise ja suurepärase toetuse ning innustuse eest.

Võtmesõnad: Odoreerimise tehnoloogiad, maagaasi lõhnastamine, gaasilekete tuvastamine, rakenduskõrgharidusõppe lõputöö.

SISSEJUHATUS

Maagaas on tänu kõrgele kütteväärtusele ja madalale süsinikusisaldusele maailmas oluline alternatiivkütus naftale ja kivisöele. Maagaas koosneb põhiliselt metaanist ning on keskkonnasõbralik energiaallikas, mis aitab vähendada globaalset süsinikdioksiidi emissiooni kui kohalikku õhureostust. [1] Maagaas on keskkonnasõbralik kütus, mille põlemisel ei moodustu tuhka ega väevliühendeid. Maagaasi põlemist saab nimetada peaaegu täielikuks ehk põlemisprotsessi tulemusel tekib jääkainetest vähesel määral CO₂-te ja veeauru (vastavalt gaasi koostisele võib põlemise käigus lisaks eralduda minimaalselt SO₂, NO_x, raskemetalle ja tahma) See tähendab, et ka keskkonnale ja inimeste tervisele tekitatav kahju on vähene. [2]

Maagaasi peamine koostisaine on metaan, mis on värvitu ja lõhnatu ning äärmiselt kergesti süttiv gaas- süttimine võib toimuda leegist, sädemest, soojusest. Maagaasi ja õhusegu on plahvatusohtlik. Plahvatusohtliku kontsentratsiooni vahemik võib vähesel määral erineda erinevate gaasi ja õhusegu koostiste korral aga üldjuhul loetakse maagaasi plahvatusohtlikuks kui teda eksisteerib keskkonnas vahemikus 5-15% Maagaas on õhust kergem, mistõttu lekke korral hakkab õhuga segunedes kõrgemale tõusma ning ventilatsioon ja õhuvoolud võivad teda liigutada teistesse ruumidesse. Maagaasi kontsentratsiooni suurenemine õhus avaldub inimestel, teatud piirist alates, peamiselt lämmatava tundena. Metaan pole mürgine, aga tõrjub õhust välja elusorganismidele vajaliku hapniku ja sellega kaasneb hingamisraskus. [3]

Maagaas on looduslik gaas ja suhteliselt kõrge puhtusastmega. Linna võrkudes kasutatav gaas on peaaegu lõhnatu ja kui lekkeid ei märgata aegsasti, moodustub kiiresti kõrge riskiga plahvatusohtlik gaasi/õhu segu. Ohutuse tagamiseks odoreeritakse maagaasi odoranti lisamisega. Oluline nõue on see, et lõhn peab olema vastumeelne ja kergesti eristatav. Lõhn peab toimima hoiatussignaalina inimestele, kes haistavad väljaimbuvat maagaasi. Seejuures peab odorant olema võimalikult väikese toksilise mõjuga ja ei tohi moodustada põlemisprotsessis mistahes keskkonnale ja elusolenditele kahjulikeprodukte. [4]

Eestis kasutatakse maagaasi peamiselt soojusenergia saamiseks, elektri tootmiseks, tootmisettevõtete tehnoloogilistes protsessides ning kodustes majapidamistes. Tänapäeval on võimalik maagaasi ülekandetorustiku kaudu transportida Eestisse Venemaalt, Lätist ja Soomest. Maagaasil on Eesti majanduses kindel positsioon, mida viimaste aastate poliitilised otsused ei ole soosinud, aga vaatamata sellele on see paljude inimeste igapäeva energiatarbimise osa. Paljud elamispiinad on varustatud

erinevate maagaasil töötavate seadmetega, küttekattlad, veesoojendid, pliidid, kaminad, pesukuivatid, kliimaseadmed, õuelaternad jne. [5]

Lõputöö eesmärgiks on vaadelda maagaasi odoreerimise vajalikust, kohustuslike nõudeid. Uurida millised maagaasi odoreerimise nõuded on kasutusel Eestis. Euroopa riikidel põhinevate uuringute alusel tuua riigiti välja kasutusel olevad lahendused. Lisaks uurida ja võrrelda erinevaid odoreerimise süsteemide tehnilisi lahendusi.

1. MAAGAAS

Miljoneid aastaid tagasi ladestusid pika aja vältel taimede ja loomade jäänused kihtidena maakoore kurdudesse ning ookeanipõhja, kus need segunesid liiva, muda ja kaltsiumkarbonaadiga. Aegade vältel mattusid need kildid liiva, muda ja kivide alla ning rõhu ja soojuse toimele muutus osa süsiniku- ja vesinikurikkast materjalist kivisöeks, naftaks ja maagaasiks. Erinevate leiu paikade järgi nimetatakse gaasi erinevalt nt maagaasi mis on liikunud suurtesse pragudesse ja kivimikihtide vahele nimetatakse tavaliselt tavapäraseks maagaasiks. Teisalt kui maagaas on kogunenud liivakivi, savikiltkivi või muud liiki settekivimite pisikestesse pooridesse, siis on tegemist kildagaasiga ehk mittekonventsionaalse maagaasiga (vahel nimetatakse ka ebatavaline maagaas). Lisaks leidub maagaasi nafta maardlates, ja sel juhul on tegemist naftagaasiga. Paljud kivimikihtidesse ladestunud maagaasivarud paiknevad avamere põhjas. [6]

Maagaas on fossiilne energiaallikas, mis on tekkinud sügaval maapinna all. Maagaas sisaldab palju erinevaid süsivesinike ja kõige suurem osakaal on metaanil, millel on neli vesiniku ja üks süsiniku aatom. Maagaas võib sisaldada ka vähesel määral vedelikke ja muid gaase (mitte süsivesinikud), näiteks süsinikdioksiidi ja veeauru [6]. Vett sisaldub maagaasis hüdraatide moodustumise tõttu ja hüdraatide moodustamist omakorda soodustavad kõrge rõhk ja madal temperatuur. Samuti on maagaas hüdrofoobne ja ei lahustu vees. [7]

Maagaas on orgaanilise aine lagunemisel tekkinud gaasiliste süsivesinike segu, mis asub maakooretühimikes ja poorseis kihtides. Maagaas koosneb suures osas metaanist (CH₄). Maagaas on lõhnatu, värvitu ja maitsetu gaasisegu. Tabel 1 näitab, et maagaas koosneb neljast põhilisest keemilise ühendi kompleksist ja neid erinevaid osasid kasutatakse erinevates valdkondades. [7]

Tabel 1. Maagaasi keemiline koostis

Ühend	Kasutusvaldkond
Metaan (75-100%)	Kasutatakse otse rõhu all loodusliku gaasina nii kodumajapidamisest kui tööstuses, samuti on kasutus transpordivahendi kütisena kasvutrendis
Etaan (6-10%)	Kasutatakse toorainena või kütusena naftatöötlemistehastes, mis toodavad etüleen
Propaan ja butaan (5-8%)	Vedeldatud gaasid, kasutatakse toorainena või kütusena
Pentaan ja pikema ahelaga süsivesinikud (1-4%)	Kondensaat, kasutatakse toorainena või kütusena
Lämmastik, süsinikdioksiidid, vesiniksulfiid, heelium	Jahutussüsteemid, keemiatööstus

1.1 Maagaas kui energiaallikas

Energia tarbimine kaasaegses ühiskonnas kasvab järjepidevalt, eelkõige arenevate tööstusmaade arvelt. Arenenud riikides kasvab energiatarbimine aeglasemalt, kuid seal tarbitakse suurema osa toodetud energiast. Vaatamata sellele, et taastuv energia valdkonnas toimub kiire areng, jäävad fossiilkütused (sh maagaas, nafta ja kivisüsi) suure tõenäosusega peamiseks energiaallikateks veel paljudeks aastateks [8].

Tänu kõrgele kütteväärtusele ja madalale süsinikusisaldusele on maagaas maailmas tähtis alternatiivkütus naftale ja kivisöele. Maagaasi hinda eeldatakse püsivat pikaajaliselt konkurentsivõimelisena [1]. Maagaasi kasutamisega kaasneb märgatavalt vähem heitmeid ja jäätmeid, kui võrrelda teiste fossiilsete kütuste põletamisega (tabel 2): maagaasi energia allikana kasutamine põhjustab atmosfääris peamiselt CO₂, lämmastikoksiidide ning põlemata jäänud metaani emissioone. [9]

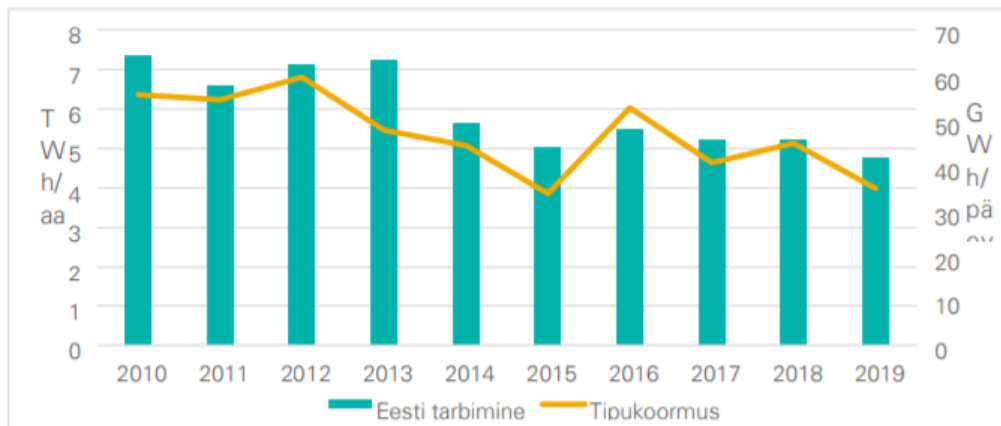
Tabel 2. Saasteühendite emissioonid atmosfääri maagaasi, nafta ja kivisöe põletamisel

Saasteühend	Ühendi hulk kilogrammides 1 miljardi BTU (1 BTU = 1055 J) toodetud energiaühiku kohta		
	MAAGAAS	NAFTA	KIVISÜSI
Süsihappegaas	52 650	73 800	93 600
Süsinikmonooksiid	18	14,85	93,6
Lämmastikoksiidid	41,4	201,6	205,65
Vääveldioksiid	0,45	0,505	1,166
Tahked osakesed	3,15	37,8	1,235
Elavhõbe	0	0,000315	0,0072

Maagaasi tarbimine on aastatega langenud kaugküttes subsideeritud biokütuste suurenenud kasutamisega ja peaaegselt ühe tarnija olemasolu tõttu. Viimasel viiel aastal on maagaasi tarbimine püsinud sarnasel tasemel, jäädes vahemikku 4,8 - 5,5 TWh aastas. 2019. aastal langes maagaasi tarbimine Eestis 2018. aastaga võrreldes ligikaudu 8%. Viimase kümnendi jooksul on maagaasi tarbimine vähenenud ligikaudu kolmandiku võrra (joonis 1). Suuremad gaasitarbimised on energia- ning tööstussektorites, mis moodustavad üle poole Eesti maagaasi tarbimisest. Viimase kahe aasta jooksul on märkimisväärselt tõusnud maagaasi tarbimine transpordisektoris, eriti

meretranspordis. Võrreldes 2010. aastaga on nii osakaalult kui mahult vähenenud suurel määral maagaasi tarbimine energiasektoris. [7]

Joonis 1. Maagaasi tarbimine (TWh/a) ja tippkoormus (GWh/päev) Eestis 2010-2019



2. MAAGAASI ODOREERIMISE VAJALIKKUS JA NÕUDED

Nagu sissejuhatuses on välja toodud on maagaas suhteliselt kõrge puhtusastmega lõhnatu ja värvusetu gaas. Kuna maagaasi koostisest enamik on metaan, siis üldjuhul ei ole gaasi koostises ühendeid mis oleksid üheselt ära tuntava lõhnaga. Sellise lõhnatu gaasi sisestamine mistahes torustiku oleks väga riskantne kuna puuduvad lihtsad ja laialdaselt kasutatavad meetodid gaasilekete tuvastamiseks.

2.1 Odoreerituse vajadus

Eelnevast lõigus tulenebki gaasi lõhnastamise ehk odoreerimise kõige olulisem vajadus. Maagaas mida kasutavad väiketarbijad, kodumajapidamised, väiketööstused jms tarbijad, peab olema lõhnastatud, et gaas ja gaasilekked oleksid lihtsalt kõikidele inimestele ühtemoodi arusaadavad. Lõhnastamiseks kasutatakse üldjuhul standardset odoranti, mis on tugeva ebameeldiva lõhnaga ja lõhna haistev inimene saab kohe reageerida.

Maagaasi lõhnastamine on protsess, mille käigus lõhnaaine sisestatakse gaasisüsteemis olemasse gaasivoogu. Tavaliselt kasutatakse maagaasi lõhnastamiseks lõhnaaineid, mis on mitmesuguste väävelorgaaniliste või väävlivaba ühendite segu, et see lõhnaks nagu mädanenud muna või vesiniksulfiid.

Maagaasi lõhnastamiseks kasutatavate odorantide nõuded ja valiku kriteeriumid on kirjeldatud standardis EVS-EN ISO 13734. ISO standard on täiemahuliselt, ilma muudatusteta, üle võetud euroopa standardiseerimise komitee CEN poolt väljastatud Euroopa standardis EN ning mis omakorda on täiemahuliselt, ilma muudatusteta, üle võetud Eestis standardiseerimisega tegeleva ühingu EVS väljastatud Eesti standardis.

Odoreerimise käigus maagaasile lisatav odorandi kogus peab tagama lõhna abil gaasilekke avastamise kui gaasi sisaldus õhus on üks viiendik alumisest plahvatuspiirist või sellest suurem. Lisatav odorant peab olema normaalse kasutamise kontsentratsioonis kahjutu. [10]

Gaasi odoreerituse tuvastamiseks kasutatakse erinevaid tasemeid. Tabel 3s on välja toodud Saksamaal kasutatava standardi VDI 3882-1 odorandi tasemed.

Tabel 3. Odorandi tasemed

0	Lõhn puudub	
1	väga vähene lõhn	haistmismeele lävi
2	vähene lõhn	
3	kergesti tajutav lõhn	tugevalt ebameeldiv ja hoiatav
4	tugev lõhn	
5	väga tugev lõhn	
6	maksimaalne lõhna tase	lõhna tugevuse suurendamine võimatu

Kui odorandi tase on liiga madal on oht, et gaas ei ole piisavalt odoreeritud ja gaasilekkeid ei ole võimalik haistmise teel õigeaegselt tuvastada. Liigne odoreerimine hakkab mõjutama gaasi koostist ja kütteväärtus väheneb. [11]

2.2 Odoreerituse nõue

Kemikaaliseadus § 18. Küttegaasi lõhnastamine punkt 1 ütleb järgmist „*Tootmisjärgselt lõhnatu küttegaasi võib turule viia, kui sellele on lisatud selgelt tajutavat lõhnaainet koguses, mis võimaldab gaasi olemasolu õhus tajuda, kui gaasi on õhus ühe viiendiku ulatuses selle alumisest plahvatuspiirist.*” See on olulisim nõue gaasi odoreerimise kohta Eestis. [12]

Sissejuhatuses sai välja toodud, et maagaas on plahvatusohtlik kui teda eksisteerib keskkonnas vahemikus 5-15%, alumine plahvatuspiir on seega 5% keskkonnast [3]. Kemikaaliseaduse järgi peab olema küttegaas, siinkohal siis maagaas, tajutav alates 1% (üks viiendik maagaasi alumisest plahvatuspiirist) selle olemasolust keskkonnas. Teiste küttegaaside puhul on plahvatuspiirid varieeruvad ja tulenevalt sellest ka nende gaaside haistmis lävi võib erineda maagaasi omast. [12]

Kuna seadustes ei ole täpsemaid nõudeid gaasi odoreerimise kohta kirjeldatud, peame lähtuma Seadme ohutuse seadusest. Täpsemalt peatükk 2. Põhinõuded, § 4. Ohutuse tagamine, punktid 1 ja 2, mis ütlevad järgmist:

„(1) Seadme kasutamisel ja seadmetööl tuleb tagada inimese elu ja tervise, asja ning keskkonna ohutus. Ohutuse tagamiseks tuleb rakendada vajalikke abinõusid ohu ennetamiseks, väljaselgitamiseks, tõrjumiseks ja kõrvaldamiseks ning õnnetusjuhtumi korral negatiivsete tagajärgede vähendamiseks.

(2) Kui õigusaktis ei ole sätestatud täpseid nõudeid rakendatava abinõu kohta, hinnatakse abinõu sobivust hea inseneritava kohaselt. Eldatakse, et abinõu vastab heale inseneritavale, kui seda soovitatakse Eesti, Euroopa või rahvusvahelises

standardis. Standardite puudumise korral hinnatakse abinõu sobivust toote nõuetele vastavuse seaduse § 6 lõikes 3 sätestatud kriteeriumite kohaselt. Abinõu hõlmab ka seadmele esitatavaid nõudeid. [13]

Rahvusvaheline standardiseerimise organisatsioon – ISO on väljastanud 06.11.2013 tehnilise aruande maagaasi odoreerimise kohta. Standardi nimetus on „ISO/TR 16922 Natural gas – Odorization“. Standardit ei ole Eesti keelde tõlgitud.

Eestis on maagaasi ülekandevõrgul vaid üks omanik, Elering AS. Kelle omanduses on lisaks ülekande torustikule, gaasimõõte-, kompressor- ja reguleerjaamadele ka 37 gaasijaotusjaama. Lisaks gaasi ülekandevõrgule on Eestis ka 25 jaotusvõrku ehk linnavõrku, mille kaudu jaotatakse gaas lõpptarbijatele. [14]

Jaotusvõrgud on ülekandevõrguga ühendatud läbi gaasijaotusjaamade. Eestis toimub gaasi odoreerimine gaasijaotusjaamades. Maagaasi odoreerimise puhul lähtutakse Eestis ISO/TR 16922 standardist nii odoreerimise süsteemide valimisel gaasijaotusjaamade omaniku Elering AS poolt kui ka erinevate asutusüksuste gaasijaotusvõrkude omanike poolt.

Lõputöö autorile teadaolevalt toimub jaotusvõrkudes gaasi odoreeritusse taseme mõõtmine vähemalt 1 kord aastas. Mõõtmisi teostatakse kõige kaugemas linnavõrgu punktis, jaotusjaama vaatest (Tallinnas teostatakse mõõdistusi Viimsi ja Kopli linnaosas, maagaasi jaotusjaamad kust maagaas siseneb Tallinna linnavõrku on Lool ja Luigel).

Riigiti võivad odoreerimise lahendused suuresti erineda, nii sisestatava odorandi tüübi, kasutatavate süsteemide, kui ka torustiku poolest kuhu odoranti sisestatakse. Väga hea ülevaate kasutatavatest süsteemidest ja eri lahendustest annab Marcogaz (Euroopa gaasitööstuse tehniline ühendus) „Maagaasi lõhnastamise tavad Euroopas“ uuring mis avalikustati 2020 aastal. Uuringus osales 19 Euroopa riiki ning uuring sisaldab järgmiseid osasid: Seadusest tulenevate odoreerimise nõuete osa, odoreerituse kontrolli osa, odoreerimise süsteemide osa, gaasikoostise analüüsi osa, biometaanis sisestuse osa, lõhnastatuse taseme osa ja odorandi kontsentratsiooni osa. [15]

Uuringust tuleb välja, et Norras sarnaselt Eestiga puuduvad riiklikud seadused ja määrused mis määratleksid konkreetselt nõuded maagaasi odoreerimisele. Samuti tuleb uuringust välja, et sarnaselt Eestile on enamus Euroopa riikides nõutud jaotusvõrgustiku odoreerimine v.a Rumeenias. Uuringus uuriti ka maagaasi odoreeritusse kontrolli mis oli riigiti väga erinev, alates 2-l korral kuus (Poola) kuni 1 kord aastas (Austria)-sarnaselt Eestile. Enamus Euroopa riikides teostatakse kontrolli vastavalt riiklikule regulatsioonile ja kahes riigis (Norras ja Portugalis) sarnaselt Eestile on kontroll vabatahtlik. [15]

Järgnevalt toon välja graafiliselt Marcogaz „Odoreerimine Euroopas“ 2016 aastal avalikustatud uuringu põhjal riigid kus odoreeritakse jaotusvõrkusid, ülekandevõrkusid ja kus odoreeritakse mõlemaid gaasivõrke (joonis 2).

Joonis 2. Torustiku odoreerimine

Roheline: Odoreeritakse nii jaotus kui ka ülekandetorustiku

Oranž: Odoreeritakse jaotustorustiku ja osaliselt ka ülekandetorustiku

Sinine: Odoreeritakse vaid jaotustorustiku



Ning sama uuringu alusel toon graafiliselt välja odoreerimiseks kasutusel olevad süsteemid mis on kujutatud joonisel 3.

Joonis 3. Odoreerimiseks kasutatavad süsteemid riigiti

Kollane kasutusel on elektroonilised süsteemid

Roheline kasutusel on pneumaatilised süsteemid

Oranž kasutusel on pneumaatilised ja möödaviigu süsteemid

Lilla kasutusel on kõik ülal nimetatud süsteemid

[11]



3. MAAGAASI ODOREERIMISE TEHNILISED LAHENDUSED

Maagaasi lõhnastamise peamiseks probleemiks on see, et torustik mida tuleb odoreerida võib olla kümneid, kui mitte sadu km pikk ja odoreerituse tase peab vastama nõuetele ka torustiku kõige kaugemas punktis. Teiseks on gaasisüsteemid rõhu all ja nendesse millegi lisamisel peab lisatav aine olema kõrgema rõhuga. Lisaks peavad kogused olema täpselt reguleeritud ning need on väga väikesed (milligrammides). Et ei toimuks alaga üle doseerimist, peab olema teada hetkeline gaasi tarbimine. [16]

Gaasi odoreerimisega alustamiseks üks olulisemaid samme on valida õige süsteem. Peamised aspektid millega arvestada tuleb on gaasi tarbimise režiimid, normaal-, miinimum- ja maksimum tarbimine, tarbimise stabiilsus ning odoreerituse tase. Lisaks tuleb arvestada elektri- ja side võrgu olemasoluga ning veenduda, et kasutusel olev odorant ei kahjustaks gaasiseadmeid, torustiku jms taristut.

Tehnilisest lähenedes on odoreerimise süsteemi võimalik jagada kahte gruppi vastavalt meetodile kuidas odoranti gaasi süsteemi sisestatakse:

- Aurustumise teel
- Sissepritse teel

Aurustumise põhised süsteemid töötavad odorandi aurude loomulikul difusioonil gaasi keskkonnas. See tähendab, et gaasivoog peab otseselt läbima aurustunud odorandi keskkonda kus nad segunevad. Näiteks võib tuua taht ja möödaviik tüüpi süsteemid. Selliste odoreerimise süsteemide suurimateks eelisteks on nende töökindlus ja kasutamise lihtsus ning nad ei vaja elektritoite olemasolu töötamiseks. Üldiselt on võimalik neid kasutada otstarbekalt vaid väikeste ja stabiilsete gaasitarbimiste korral. Aurustumise põhised odoreerimise süsteemid peavad vastu pidama maksimaalsele gaasisüsteemi rõhule (gaas liigub läbi odoreerimise süsteemi). [17]

Sissepritse põhised odoreerimise süsteemid on ühenduses gaasitoruga vaid läbi ühendus otsiku ning odoreerimise süsteemi ise võib asetseda näiteks teises ruumis. Ettenähtud odorandi kogus pritsitakse otse gaasivoogu, läbi ühendus otsiku. Selliseid kontrollitud odorandi sissepritse süsteeme saab kasutada laialdaste ja muutuvate gaasitarbimiste puhul. [16-93]

Lahendust kus odoreeritakse maagaasi ülekandevõrgustiku (odoranti lisatakse riigipiiril olevates gaasimõõtejaamades) nimetatakse tsentraliseeritud odoreerimiseks. Lahenduse eeliseks on see, et keerulisi odoreerimis seadmeid on vähem (hooldus odavam), ohtliku keemilist ainet kasutatakse tiheasustustega aladest eemal, kogu riigis olev gaasitorustik on odoreeritud. Puudusteks aga on see, et suuremates

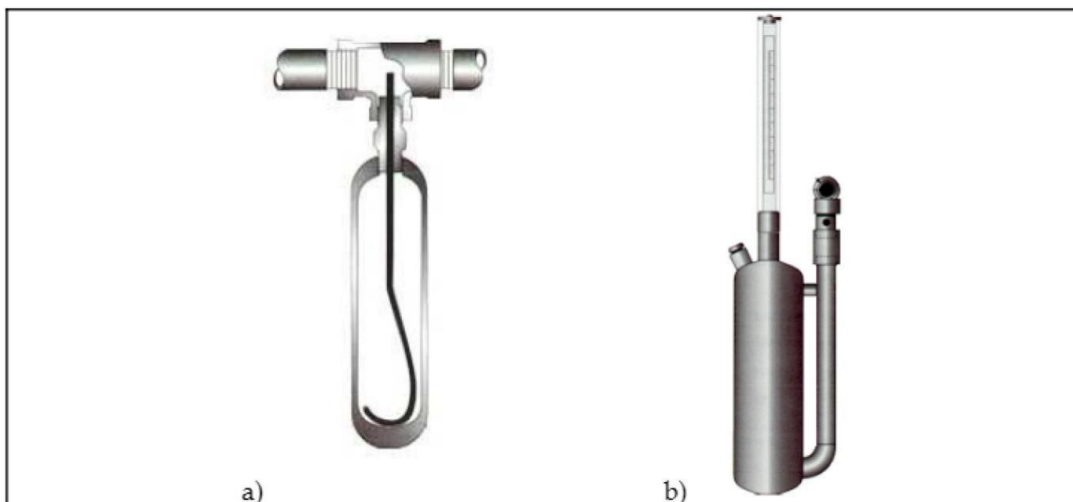
jaotusvõrkudes võib odoreeritusse tase olla eba piisav ning on lisaks vaja lokaalset odoreerimise süsteemi. Tööstus kliendid, kes ei soovi odoranti peavad seda vajadusel eraldama. [17]

Jaotustorustiku maagaasi odoreerimist (odorant lisatakse gaasisüsteemi gaasijaotusjaamades vahetult ennem jaotusvõrku) nimetatakse mitte tsentraliseeritud odoreerimiseks. Eelisteks tsentraliseeritud odoreerimise lahenduse ees on jaotusvõrgu põhine odoreerimine (odoreeritusse tase on täpsemalt seadistatav), odorandis sisalduvad sulfur ühendid ei sega tööstus objektide gaasitarnet, maagaasi hoidlates ei segune odorant teiste ühenditega. Puudusteks võrreldes ülekandetorustiku odoreerimiseks on paljude odoreerimissüsteemide käitamine, odorandi logistika ja transport, ning suurem hulk inimesi puudub kokku odorandiga. [17]

3.1 Taht süsteem

Taht odoreerimise süsteemide abil gaasi lõhnastamine on üks vanimaid ja lihtsamaid meetodeid. Meetod põhineb odorandi vabal aurustumisel tahtpulgal mis asub ühe otsaga gaasitorus. Sellist lahendust kasutati ja kasutatakse siiani väga väikeste gaasi koguste odoreerimiseks. Seadmel on paak kus sees asub odorant. Odorant kantakse üle gaasitorru taht pulga kaudu, mille üks ots ulatub gaasitorru ja teine paagis oleva odorandi sisse. Erineva odoreerituse taseme saavutamiseks kasutatakse erineva läbimõõduga taht pulkaid. Suurim puudus sellisel süsteemil on ebatäpne odoreeritus gaasi tarbimise kõikumisel ning taht pulga ummistumine kui gaas ei ole filtreeritud. Kui gaasitarbimine on tava tarbimisest madalam (näiteks kuumadel suvepäevadel) on oht gaas üle odoreerida (gaasi kompositsioon muutub ja kütteväärtus väheneb). Samamoodi kui gaasitarbimine on tavalisest tunduvalt kõrgem (näiteks külmadel talvekuudel) on oht gaasi ala odoreerida (gaasilekkeid ei ole võimalik enam inimese haistmismeelega tuvastada). Joonisel 2 on välja toodud Ameerika Ühendriikides laialdaselt kasutuses olevad taht odoreerimisesüsteemid, mis on kasutust leidnud üksikute eraldi seisvate majapidamiste küttegaasi odoreerimiseks. [16-94] Eestis antud süsteemi ei kasutata jaotusvõrgust sõltumatute tarbijate puudumise tõttu.

Joonis 2. a) mitte seadistav ja b) seadistatav tüüpi taht odoreerimise süsteem



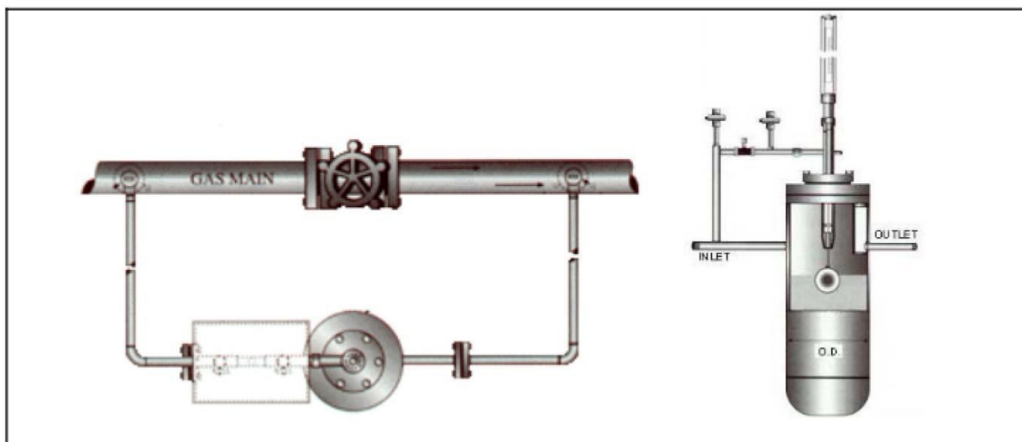
3.2 Möödaviik süsteem

Nagu taht odoreerimise süsteemid on ka möödaviigu süsteemid oma olemuselt väga lihtsad. Samuti ei ole odoreerimise süsteemi töötamiseks vaja välist elektritoite allikat. Kasutatakse nii gaasijaotusjaamades linna gaasivõrkude odoreerimiseks kui ka väiketarbija võrkude odoreerimiseks, näiteks tehastes. Gaasitorule tekitatakse gaasivoogu piirav takistus (kasutatakse gaasivoogu piiravaid elemente näiteks kraan, voolu piiraja, toru läbimõõdu muutus jms). Takistusega kohakuti paigaldatakse odorandi paak. Takistus tekitab rõhulangu ehk hõrenduse ja selletõttu hakkab osa gaasivoost liikuma läbi möödaviigul asetsevast odorandi paagist. Odorandi paaki läbides küllastub gaas odorandi aurudega ning liigub sealt tagasi gaasitorusse. Odoreerituse taset seadistatakse gaasitorul oleva takistuse ava suurust muutes (mida suurem on takistus (läbilaske ava põhi torul väga väike), seda rohkem gaasil liigub läbi möödaviigu). Odoreerituse taset mõjutavad temperatuur ja gaasi tarbimine ning seetõttu on odoreerimise tase üsna varieeruv. Võrreldes taht süsteemidega on möödaviik odoreerimise süsteeme võimalik kasutada kuni 10 000m³/h gaasi tarbimiseni. [16-94]

Erinevalt tahtsüsteemist töötab möödaviigu süsteem peakraani hõrenduse tekitamisel ja odorandi doseerimise taset on lihtsam muuta (kraani sulgemise ja avamisega). Samas sarnaselt tahtsüsteemile on möödaviigu süsteem väga lihtsa ehitusega ja seetõttu ebatäpne. Oma lihtsuse ja töökindluse tõttu on varasemalt kasutatud möödaviik süsteeme laialdaselt Eesti maapiirkondade gaasijaotusjaamades. Siiski viimastel aastatel on möödaviik süsteeme ümber ehitatud elektroonilistele süsteemidele, et oleks tagatud odoreerimise kaugelt jälgitavuse võimalus.

Joonisel 3 on kujutatud möödaviik odoreerimise süsteem (põhitorul oleva takistava sulgekraani tõttu, osa gaasi liigub möödaviigu torustiku kaudu läbi odorandi paagi).

Joonis 3. Möödaviik odoreerimis süsteemid.



3.3 Bourdoni süsteem

Erandjuhtudel kasutatakse odoreerimise süsteemi kus peamiseks seadmeks on Bourdoni toru. Rõhu andur jälgib gaasitorule paigaldatud voolu piiraval düüsil rõhulangu ja selle järgi juhib Bourdoni toru tööd. Vastavalt rõhuanduri etteantud signaalile sisestab Bourdoni toru vastava koguse odoranti gaasitorusse. [16-95] Seda süsteemi on võimalik kasutada tehastes ja laborites mikro tarbimiste korral, sisemiste gaasisüsteemide odoreerimiseks ning üldiselt leiab väga harva kasutust.

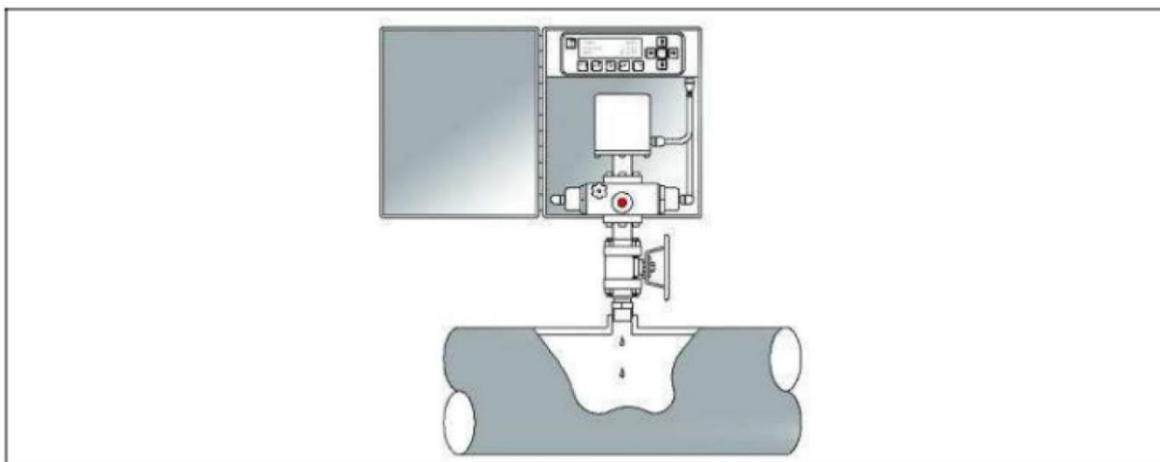
3.4 Tilgutamise süsteem

Tilgutamise odoreerimise süsteeme kasutatakse suurte stabiilsete gaasivoogude korral mis on ühtlase temperatuuri ja rõhuga. Odorandi tilgutamist gaasi torusse juhib nõelventiil ja protsessi saab visuaalselt jälgida vaateava kaudu. Võrreldes eelnevate süsteemidega on tilgutamise süsteem märgatavalt täpsem ja ehituse poolest keerulisem. Seda tüüpi odoreerimise süsteemid nõuvad regulaarset järelevalvet nõelventiili sagedase ummistumise tõttu. Ummistusi tekib gaasi viskoossuse või tiheduse muutumine ja odorandi ladestumine.

Viimastel aastatel on turule hakanud ilmuma „Targad-tilgutamise“ süsteemid (joonis 4). Sellised süsteemid koosnevad vanadest laialt kasutusel olevatest tilgutamise tehnoloogiatest, millele on lisatud kaasaegsed mõõteseadmed, automaatika seadmed

ja tagasiside elektroonika. Tulemuseks on täpne odoreerimise süsteem, mis on suuteline odoreerima laias vahemikus gaasi tarbimist. [16-95/96]

Joonis 4. Tark tilgutamise süsteem



Klassikalisele raskusjõul töötavale tilgutamise odoreerimise süsteemile lisatakse elektriliselt juhitud klappid. Klappe lülitatakse sisse ja välja vastavalt läbi tilgutus toru liikuva odorandi koguse vajadusele. Klappide töötsükli ja lülitumise kiirust muudetakse vastavalt gaasi tarbimise ja gaasitorus oleva rõhu muutmise järgi, et gaasitoruga vahetus kontaktis olevas tööpaagis oleks õige kogus odoranti. Tilgutustoru asub roostevabast terasest mõõtekambris, mis on varustatud optiliste anduritega. Optilised andurid edastavad elektrilisi signaale iga väljastatud odorandi tilga kohta.

Tilga suurus sõltub aine massist, pindpinevusest ja tilgutustoru otsiku suurusest. Odorandi pindpinevus on vähesel määral sõltuv tema temperatuurist ja on seetõttu muutuv väärtus. Kuna aine mass ja tilgutustoru otsiku suurus on muutumatud suurused on tilga suuruse leidmiseks vajalik leida vaid odorandi temperatuur. Eeldatavasti on aga odorandi temperatuur võrdne ümbritseva kambri temperatuuriga. Arvestades aine massi, tilgutustoru otsiku suurust ja mõõdetud mõõtekambri temperatuuri on võimalik väga täpselt kontrollida gaasitorru sisestatava odorandi kogust.

[16-95/96]

Kui eelnevad süsteemid olid mehhaanilise juhtimisega ning gaasisüsteemi sisestatava odorandi kulu oli võimalik vaid teoreetiliselt arvutada siis tilgutamise süsteemid on elektroonilise juhtimisega. Sellisel meetodil gaasitorru sisestatava odorandi koguse mõõtmine on palju täpsem kui odorandi mahu mõõtmine ja selle massiks teisendamine. Möödaviik ja taht odoreerimise süsteemide ees on tilgutamise süsteemi suurimaks eeliseks täpsus, gaasisüsteemi odoreeritakse väga täpselt. Elektrooniliste andurite tõttu võimaldab süsteem anda ka tagasisidet kui süsteem ei tööta või on ummistunud.

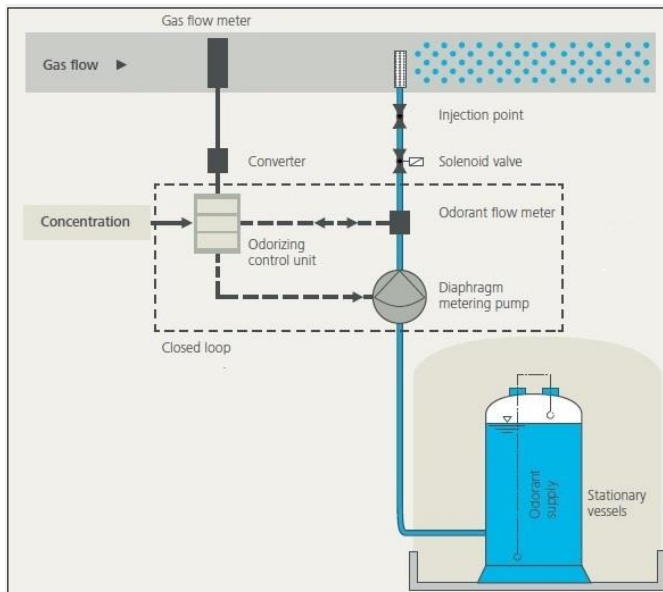
Tilgutamise süsteemidega on võimalik gaasisüsteemi odoreerida väga suures tarbimise vahemikus. Keerulise ülesehituse ja elektrooniliste lahenduste tõttu tuleb süsteemi tihemini hooldada ja rikete tõenäosus on ka suurem. Elektritoite puudumisel tilgutamise süsteem iseseisvalt gaasisüsteemi odoreerida ei suuda.

3.5 Elektroonilise pumbaga süsteem

Elektroonilise pumbaga odoreerimise süsteemi tööorganiks on elektrijõul töötav pump. Tavaliselt on tegemist membraan pumbaga. Membraanpump pumpab alati ühesuguse koguse odoranti ning seetõttu gaasitorru doseeritav odorandi kogus on konstantne. Et odorandi kontsentratsioon oleks õige erinevate gaasi tarbimiste korral, muudetakse odoreerimise tsükli kiirust (suurema tarbimise juures odoreeritakse odoranti tihemini ja madalate tarbimiste puhul sisestatakse odoranti harvemini). Odoreerimise süsteemi juhib kontrollerr. Odorandi kontsentratsiooni arvutamiseks saab kontrollerr gaasitarbimise hetkeväärtuse gaasiarvestist. Kontrollerr kontrollib peale igat odoreerimise tsükli reaalselt gaasitorru sisestatud odorandi kogust (odorandi kulumõõtjaga) ning vastavalt vajadusele muudab järgmise tsükli ajaintervalli. Tänu tagasisidele suudab elektroonilise pumbaga süsteem gaasisüsteemi odoreerida täpselt ka suures vahemikus kõikuva gaasi tarbimise puhul. Häirete korral edastab kontrollerr signaalid odoreerimise süsteemist välja hooldus tehnikutele. [18]

Eelnevalt välja toodud süsteemidega võrreldes suurimaks puuduseks on katkematu elektritoite vajadus. Suurimaks eeliseks on süsteemi kaugjälgitavus. Lisaks ei pea odoreerimise süsteem olema gaasitorustiku vahetus läheduses, vaid võib paikneda teises ruumis, hoones vms. Gaasitorustikuga peab olema ühendatud vaid odorandi sisestuspunkt. Kuna süsteem kontrollib ka iga odoreerimise tsükli teostust on süsteem väga turvaline ning täpne. Euroopas on väga levinud LEWA GmbH elektroonilise pumbaga odoreerimise süsteemid (Joonis 5).

Joonis 5. Elektroonilise pumbaga odoreerimise süsteem.



3.6 Solenoid klappidega süsteem

Sarnaselt elektroonilise pumbaga odoreerimise süsteemile on solenoid klappidega süsteem kontrolloriga juhtiv elektrooniline süsteem, mis saab sisend signaali gaasiarvestilt. Suurim erinevus elektroonilise pumbaga süsteemiga võrreldes on protsessi gaasi kasutamine odoreerimise süsteemi tööks. Elektroonilise pumba asemel on kasutusel klapid, mida kontroller juhib vastavalt töö tsüklile.

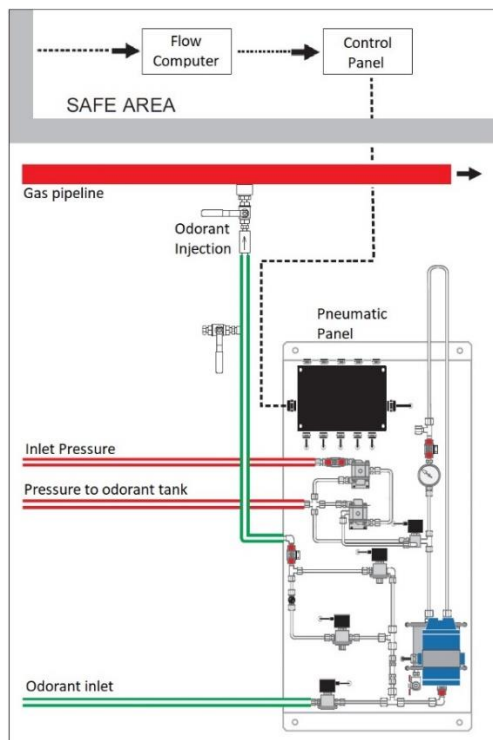
Gaasisurvega surutakse odorant mahutist odoreerimise süsteemi. Kontrolleri arvutab vajaliku odorandi koguse ning klappide õigeaegse avamise ja sulgemisega suunatakse odorant kontrolltorusse. Kontrolltorus kontrollib taseme andur odorandi koguse õigsust ning edastab signaali kontrolleriisse. Õige odorandi koguse korral sisestatakse odorant gaasi süsteemi. Erinevalt elektroonilise pumbaga süsteemist, klapp süsteemi puhul muudetakse gaasitorustiku sisestatava odorandi kogust mitte sisestamise tihedust. Süsteemi töökindluse suurendamiseks on võimalik süsteemis kasutada topelt klappe (klapile lisatakse paralleelselt teine klapp). [19]

Antud süsteemi suurimaks puuduseks on protsessi gaasi kasutamine odoreerimise süsteemis. Seetõttu tuleb odoreerimise süsteemi võtta kui gaasi paigaldist ning ehitamisel ja kasutamisel järgida vastavaid nõudeid (võimalikud gaasilekked, plahvatusoht vms ohud). Võrreldes elektroonilise pumbaga süsteemiga on solenoid klappidega süsteem keeruline ning mitmete klappide kasutamine vähendab töökindlust.

Tänu odorandi koguse elektroonilisele kontrollile on klappidega süsteem sarnaselt elektroonilise pumbaga ja tilgutamise süsteemile väga täpne, ning tänu kontrolleri-

mida on võimalik kaugelt jälgida, ka usaldusväärne. Laialdaselt kasutatav Tartarini DO200 solenoid klappidega odoreerimise süsteemi pneumaatiline paneel (vt joonis 6). [19]

Joonis 6. Membraan pumpadega sissepritse süsteem.



Lisa 1 on välja toodud Tartarini Dosador DO200 hüdraulika ühendus skeem, mille lisaks on paigaldatud avarii möödaviigu odoreerimise süsteem. Möödaviigu süsteem tagab jätkuva gaasi odoreerimise kui solenoid süsteem on avariiliselt seiskunud või ei ole süsteemil elektri toidet. Möödaviigu süsteemi olen kirjeldanud punktis 3.2.

Tartarini odoreerimise süsteem töötab solenoid klappidel ja odoranti liigutab sisend gaasirõhk, mis võetakse enne gaasiregulaatoreid jaama sisendi poolelt (Upstream Pressure). Sisend gaasirõhk suunatakse doseerimis paneeli, kus rõhku redutseeritakse madalamale rõhule. Madalam gaasirõhk juhitakse odorandi mahutisse. Gaasirõhu tõttu tekib mahutisse surve ja odorant surutakse mahuti põhjas oleva väljavõtte kaudu doseerimise paneeli. Doseerimise paneeli liikuva odorandi puhtuse tagamiseks on mahuti ja paneeli vahele paigaldatud filter.

Odorandi mahuti täitmiseks kasutatakse tavaliselt 50L või 200L transpordi vaate. Vaadist odorandi mahutisse pumpamiseks, tuleb mahuti kõigepealt rõhu alt vabastada. Selleks on odorandi mahutil peal tuulutuse väljavõtte mida saab avada/sulgeda käsitsi juhitava kraaniga. Kui mahuti on rõhuvaba, suunatakse protsessi gaas läbi transpordi vaadi mis surub vaadis oleva odorandi mahutisse. Täitmiseks vajalikud kraanid suletakse ja töö režiim taastatakse.

Solenoid klappidega doseerimise paneeli juhivad kontrollid mis saavad sisendsignaali gaasiarvestilt. Odorandi koguse mõõtmiseks on paneelil diferentsiaal rõhku mõõtev andur, millega on võimalik ka odorandi taset mahutis reaalselt jälgida. Nii on võimalik edukalt planeerida mahuti täitmist. Antud joonisel on kaks solenoid klappi mis suunavad odorandi gaasitorustiku. Klappid on erineva läbilaske võimsusega ning üks klapp on väikese gaasi tarbimise ja teine suure gaasi tarbimise jaoks. Doseerimis paneeli tühjendamiseks on süsteemil solenoid klappid millega on võimalik kogu paneelis olev odorant suruda tagasi odorandi mahutisse. Kõik doseerimise paneelil olevad seadmed (klapid, regulaatorid, koguse ja taseme andur) on elektroonilised ja nende signaalid liiguvad odoreerimise süsteemi kontrollidesse.

Kuna odoreerimise seadmes on kasutusel nii gaasi kui ka odorandi rõhk on tegemist plahvatusohtliku süsteemiga. Seetõttu paigaldatakse üldjuhul odoreerimise süsteemi kontrollid kõrval olevasse elektri või automaatika ruumi. Kontrollidelt on võimalik jälgida süsteemi korrasolekut, muuta töö parameetreid ja teha süsteemile diagnostikat. Lisaks on võimalik kontrollid luua side ühendus ja sellega tagada kaug ligipääs süsteemile.

Kui aga puudub odoreerimise süsteemil elektri toide, või kontrollid avastab süsteemis rikke, mille tõttu ei ole võimalik odorandi gaasitorustiku edastada on süsteemile lisatud paralleelselt avarii mõõdaviigu odoreerimise süsteem. Mõõdaviigu süsteemi on lisatud solenoid klapp mis on elektri signaali olemasolul suletud. Kui aga peaks elektri toide ära kaduma (kontrollid signaali maha võtma) avaneb solenoid klapp ja gaasitorul tekkiva rõhulanguga hakkab gaas läbi mahuti liikuma. Selline lahendus annab hooldustehnikutele piisavalt aega, et elektrooniline süsteem remontida.

3.7 Tehniliste lahenduste võrdlus

Maagaasi odoreerimise tehnilisi lahendusi on mitmeid ning väga erinevaid. Kui mõõdaviik odoreerimise süsteemi puhul ei ole vaja mitte midagi muud peale odorandi paagi mis on torudega ühendatud gaasi torustikule, siis solenoid klappidega süsteemi puhul on vaja odoreerimise süsteemile katkematu elektri toidet ja side ühendust. Mõõdaviik süsteemi lihtsusega on tagatud gaasisüsteemi odoreeritus aga samas ei ole süsteem kaugelt jälgitav ning hooldus tehnikutel tuleb süsteemi sagedasti kontrollimas käija. Gaasisüsteemi sisestatava odorandi kogust ei ole võimalik arvutada, vaid tuleb jaotusvõrgu lõpust mõõta. Seetõttu on odorandi kontsentratsioon maagaasis ebaühtlane. Mõõdaviik süsteem on ideaalne lahendus väikese ja stabiilse gaasitarbimise puhul, näiteks väiksemad katlamajad ja tehased kus on gaasi tarbimine ette ennustatav.

Elektroonilised (tilgutamise, elektroonilise pumbaga ja solenoidklappidega odoreerimise) süsteemid on palju keerulisemad, ning seetõttu nõuavad ka rohkem hooldust. Et tagada katkematu gaasisüsteemi odoreerimine on elektroonilistes süsteemides kasutusel erinevad andurid, tagasisided ja dubleeritud seadmed. Tänu süsteemi kaugjälgimisele on võimalik hinnata süsteemi olukorda ja hooldus vajadust. Odorandi kontsentratsiooni arvutab ja kontrollib (tagasiside abil) odoreerimise süsteemi kontrollier, mistõttu on lihtsasti kontrollitav ja muudetav gaasisüsteemi sisestatava odorandi kogus. Tänu suutlikkusele odoreerida väga suures vahemikus muutuvat gaasi tarbimist kasutatakse neid süsteeme laialdaselt.

Eestis on lõputöö autorile teadaolevalt kasutusel möödaviik, elektroonilise pumbaga ja solenoid klappidega odoreerimise süsteeme. Eri süsteemide kasutamine on tingitud enamjaolt piirkonniti erineva gaasitarbimisega ning maagaasi jaotusvõrkude (sh gaasijaotusjaamade) ehituse vanusest. Kuna gaasijaotusjaamad enamjaolt asuvad tiheasustusest kaugel, kasutati varasemalt rohkem möödaviik odoreerimise süsteeme. Elektri ja sidevõrkude arenguga on ka odoreerimise süsteemid (sh gaasijaotusjaamad) muutumas elektroonilisteks. Suurim põhjus on kaugjälgimise võimaluse teke, millega suureneb maagaasi tarne kindlus ja optimaalsem süsteemide hooldus.

KOKKUVÕTE

Maagaas on suhteliselt kõrge puhtusastmega looduslik gaas, tänu millele saab maagaasi põlemisprotsessi nimetada peaaegu täielikuks. Põlemisprotsessi tulemuse eraldub vahesel määral vaid üksikuid ühendeid, mistõttu on maagaas üks keskkonnasõbralikemaid energiaallikaid. Maagaasil on kõrge kütteväärtus, mille tõttu saab gaasi nimetada üheks suurima energiahulgaga kütuseks, mahuühiku kohta.

Tänu nendele eelistele on maagaas kindlasti üks olulisemaid ülemineku kütuseid tänapäeva Euroopa taastuenergia poliitikas. Erinevad biogaaside ja vesiniku lahendused ei paku veel majanduslikult ega ka tehnoloogiliselt sarnaseid võimalusi maagaasile.

Kuna aga maagaas on looduslikult lõhnatu, on suur oht, et gaasileke puhul võib tekkida plahvatusohtlik keskkond. Lisaks plahvatus ohule on maagaas lämmatava toimega (tõrjub õhust hapniku välja). Et gaasilekked oleksid varakult avastatavad lisatakse maagaasile lõhnaainet ehk odoranti. Euroopas on mitmeid seaduseid ja standardeid mis käsitlevad maagaasi odoreerimist ning muidugi toimub ka Eestis maagaasi torustike odoreerimine.

Lõputöö käigus uuritud odoreerimise vajalikus ja nõuded koondavad kokku ühte töösse olulised seadused, määrused ja standardid mida odoreerimise puhul tuleb jälgida nii Eestis kui ka Euroopas laiemalt. Seaduslik kohustus maagaasi odoreerida Eestis tuleneb maagaasiseadusest ja seadme ohutuse seadusest.

Lõputöö mahus kirjeldatud tehnilised lahendused annavad hea ülevaate maagaasi odoreerimise süsteemidest. Välja on toodud süsteemide eelised ja puudused ning olulised parameetrid mida arvestada odoreerimise süsteemide valikul. Lõputöö alusel on võimalik valida tehniliselt õige odoreerimise süsteem vastavalt jaotusvõrgu gaasisüsteemi nõuetele. Lõputöö mahtu ei kuulunud kasutatavate odoreerimise süsteemide maksumuste uurimine.

Lõputöö on koostatud kasutades erinevaid rahvusvahelisi allikaid ning tuginedes Eesti seadustele. Võrdluste toomiseks on kasutatud gaasialaseid uuringuid. Lisaks on infot ja materjale kogutud ka maagaasi ülekandevõrgu ja jaotusvõrgu gaasialastelt ekspertidelt ja spetsialistidelt.

Lõputöö tulemusel on autoril selge arusaamine, miks ja kuidas Eestis ja Euroopas laiemalt odoreerimine toimub. Lõputöö alusel on võimalik koostada uuring Eesti riigis kasutatavate odoreerimise süsteemide optimeerimiseks.

SUMMARY

I, Sander Truubon, have written bachelor final thesis about possibilities and solutions for natural gas odorization.

Natural gas is very pure and has high calorific value. Natural gas combustion process releases only small amount of few compounds what makes natural gas one of the most enviromentally friendly energy source. That's one of the reasons why natural gas is widely used.

Odorizing natural gas is very important topic, because raw natural gas (from wells) is usually very pure gas and does not have many compounds. Natural gas is an odorless, colorless and tasteless gas mixture, usually consist of 75-100% methane (CH₄). Without smell, color or taste it would be very difficult to detect gas leakages. Because of that natural gas have to be odorised.

My coal was to study about needs and obligations about odorizing natural gas. And to point out different tehcnologies what can be used to odorize natural gas.

As a result of final thesis, the author has a clear understanding of why and how odorization takes place in Estonia and Europe in general.

It is possible to say that electronic odorization systems are more used nowadays, but simpler mechanical systems for odorization of low and stable gas consumption have not disappeared.

4. KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Eesti Gaas, "Puhas energia" [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.gaas.ee/arikliendile/maagaas/> [Kasutatud 21.04.2021].
2. Ohutugaas, "Miks gaasiküte", 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <http://ohutugaas.ee/> [Kasutatud 21.04.2021].
3. Päästeamet, "Mis on maagaas", 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.rescue.ee/et/juhend/gaasilekked/mis-on-maagaas> [Kasutatud 21.04.2021].
4. Patendiamet, "Gaasi odoreerimise meetod", 2002. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www1.epa.ee/patent/kirjeldus/P200100095.pdf> [Kasutatud 21.04.2021].
5. Kork, K., Maagaasi osatähtsus Eesti majanduses ja meie sõltuvus Venemaa ekspordist. 2014. [Bakalaureusetöö].
6. U.S. Energy Information Administration, „Natural Gas Explained,“ 09.12.2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/> [Kasutatud 30.04. 2021].
7. Majandus- ja kommunikatsiooniministerium. Eesti gaasisüsteemi energiatõhususe suurendamine. 2020. Lõpparuanne. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.mkm.ee/sites/default/files/1_lopparuanne_-_gaasisusteemi_energiatohususe_suurendamine.pdf [Kasutatud 30.04. 2021].
8. L. Doman, „EIA projects 28% increase in world energy use by 2040,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=32912> .[Kasutatud 30.04.2021].
9. Velling, S., Vaasma, T. Energiaallikas maagaas. 2013 [Võrgumaterjal]. Available: <https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/31289/index.html> [Kasutatud 30.04 2021].
10. Elering AS. Gaasi ülekandevõrguga liitumise tingimused. 2017, [Võrgumaterjal]. Available: <https://elering.ee/sites/default/files/public/Gaas/Teenused/Liitumine/Elering%20AS%20gaasi%20%C3%BClekandev%C3%B5rguga%20liitumise%20tingimused%2007.12.2017.pdf> [Kasutatud 09.05. 2021].
11. E. Salati, W. Borghols jt. 2016. Odorisation in Europe: the MARCOGAZ overview [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.marcogaz.org/publications/odorisation-in-europe-the-marcogaz-overview-presentation/> [Kasutatud 30.04. 2021].

12. Riigikogu. Kemikaaliseadus. 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/106042021004?leiaKehtiv> [Kasutatud 10.05. 2021].
13. Riigikogu. Seadme ohutuse seadus. 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/123032015004?leiaKehtiv> [Kasutatud 10.05. 2021].
14. Majandus- ja kommunikatsiooniministerium. Gaasiturg. 2020. Lõpparuanne. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.mkm.ee/et/tegevused-eesmargid/energeetika/gaasiturg> [Kasutatud 15.05. 2021].
15. Marcogaz. Natural Gas Odorisation practices in Europe. 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.marcogaz.org/wp-content/uploads/2021/04/GI-OD-09-04.pdf> [Kasutatud 10.05. 2021].
16. Tenkrat, D., Hlincik, T., Prokes, O. Natural gas odorization. 18.08.2010. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.intechopen.com/books/natural-gas/natural-gas-odorization> [Kasutatud 30.04. 2021].
17. Natural gas – Odorization. ISO/TR 16922:2013. Šveits. [Standard]
18. LEWA GmbH. LEWA Odorizing systems. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.lewa.de/fileadmin/0_downloadcenter/2_product_information/D6-180_LEWA_Odorizing-systems_en.pdf [Kasutatud 19.05.2021].
19. Emerson Process Management. Odorant injection system – Dosaodor DO200. 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.emerson.com/documents/automation/instruction-manual-odorant-injection-system-tartarini-en-en-7516078.pdf> [Kasutatud 19.05.2021].

