



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

EESTI MEREAKADEEMIA

Merenduskeskus

Johanna Mõttus

**LAEVAKÜTUSE KÄTTESAADAVUSE JA OMADUSTE
VÄLJAKUTSETEST IMO 2020
VÄÄVLIREGULATSIOONIDE TINGIMUSTES**

Lõputöö

Juhendaja: Karina Vesselova

Kaasjuhendaja: Heino Punab

Tallinn, 2020

Olen koostanud töö iseseisvalt.

Töö koostamisel kasutatud kõikidele teiste autorite töödele,
olulistele seisukohtadele ja andmetele on viidatud.

Johanna Mõttus

.....

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: a166005

Üliõpilase e-posti aadress: johannamõttus@gmail.com

Juhendaja M, Karina Vesselova:

Töö vastab lõputööle esitatud nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: /tiitel, ees- ja perekonnanimi/

Lubatud kaitsmisele

.....

(ametikoht, nimi, allkiri, kuupäev)

Sisukord

Annotatsioon.....	5
Sissejuhatus	6
1 Regulatsioonid ja seadusandlus	9
1.1 Rahvusvaheline Mereorganisatsioon.....	9
1.1.1 IMO 2020	10
1.2 MARPOL.....	13
1.2.1 Heitkoguste kontrolli piirkonnad.....	16
1.3 ISO 8217:2017 standard	17
2 0,5% väävlisisaldusega kütus	19
2.1 Peamise kütuse omadused	20
2.1.1 Külmavoo omadused	20
2.1.2 Stabiilsus.....	22
2.1.3 Viskoossus	24
2.1.4 Happearv.....	25
2.1.5 Leekpunkt	26
2.1.6 Süüte kvaliteet	26
2.1.7 Katalüsaatorolm.....	27
2.1.8 Kokkusobivus	28
2.2 Töötlemisprotsess	29
3 Skruubersüsteem.....	31
3.1 Töö põhimõte.....	31
3.1.1 Märjad skruubersüsteemid.....	33
3.1.2 Kuiv skruubersüsteem	36
3.2 Skruuberi maksumus	36
4 Alternatiivsed kütused	38

4.1	Mere gaasiõli	38
4.2	Mere diislikütus	38
4.3	Veeldatud maagaas	39
4.4	Vedelgaas.....	40
4.5	Biokütus.....	40
4.6	Metanool, päikesepaneelid, tuuletõukejõud ehk purjed	40
5	Kättesaadavuse analüüs	42
5.1	Vastava kütuse mitte kättesaadavus raport	45
5.2	Kütuse hinnad	47
5.3	Skruuberi installeerimine.....	49
6	Metoodiline osa	50
6.1	Eesmärk	50
6.2	Valim	51
6.3	Andmete kogumismeetod	51
7	Kütuse ja tehnoloogia väljakutsete analüüs.....	53
7.1	0,5% väävlisisaldusega kütuse väljakutsed	53
7.2	Skruubersüsteemi eelised ja puudused	53
7.3	Kütteõli kasutus	54
	Kokkuvõte	56
	Võõrkeelne lühikokkuvõte	58
	Viidatud allikad	58
	Lisa 1 Küsimustik ECA alades tegutsevatele ettevõtetele.....	66
	Lisa 2 Küsimustik laevandus ettevõtetele	67

Annotatsioon

Lõputöö pealkiri: „Laevakütuse kättesaadavuse ja omaduste väljakutsetest IMO 2020 väävliregulatsioonide tingimustes“

IMO (ingl. k. *Interational Maritime Organization*) 2020 väävliregulatsioon jõustus 1. jaanuaril 2020, raske kütteõli ehk 3,5% väävlisisaldusega kütuse pardal hoiustamiskeeld anti välja aga 1. märtsil 2020. Edaspidi tohib raske kütteõli oli pardal ainult siis, kui laevale on installeeritud heitgaaside puhastussüsteem ehk skruuber.

Antud lõputöö eesmärgiks on välja selgitada väljakutsed, mis on seotud IMO 2020 väävliregulatsioonidele vastava kütuse kasutusele võtuga. Samuti uurib autor, kas igas sadamas, mida laevad külastavad on tagatud kvaliteedile vastav 0,5% väävlisisaldusega kütteõli. Oma lõputöö kirjutas autor laevandus ettevõtete vaatevinklist.

Eesmärgi saavutamiseks on kasutatud kvalitatiivset andmetöötlusmeetodit ehk küsimustiku laiali saatmist laevandusettevõtetele. Kokku saatis autor küsimustiku 55le laevakompaniile, tagasiside sai autor 6 laevandusettevõttelt. Analüüsitud on erinevaid teadusallikaid ja tehtud järeldusi.

Analüüsi tulemustest selgus, et vastava kütuse kättesaadavuse osas suuri probleeme ei tekkinud. FONAREid on antud välja 24. märtsini 41 ja neist 32 olid jaanuaris, mil nõudlus oli kõige suurem ja rafineerimistehased ei osanud veel ette valmistada. Veebruaris oli valdavalt kõigis sadamates vastav kütteõli saadaval. Kardeti, et 0,5% väävlisisaldusega kütus põhjustab palju väljakutseid. Analüüsist selgus, et erinevate kütuste ühilduvusega probleeme pole, sest ei julgeta kahte kütust ühte tanki punkerdada. Stabiilsuse, kvaliteedi ja viskoossuse suhtes on täheldatud probleeme. Autor eeldas, et paljud ettevõtted panustavad skruuberi istalleerimisse, kuid praegused arvud näitavad, et hetkeline madal kütusehind on pannud paljud laevandusettevõtted mõtlema, kas see on tasuv väljaminek ning on tühistanud skruubersüsteemi installeerimisi.

Võtmesõnad: 0,5% väävlisisaldusega kütus, skruuber, IMO 2020, väävliregulatsioon, kättesaadavus

Sissejuhatus

Laevandus on enamiku kaupade kõige tõhusam ja kulutõhusam vedude viis, pakkudes usaldusväärset ja odavat vahendit kaupade vedamiseks kogu maailmas. Maailm tugineb ohutule, turvalisele ja efektiivsele rahvusvahelisele laevandusele.

Meretranspordist lähtuva atmosfäärireostuse peamine allikas on laevamootori väljalaskegaasid. Lämmastikoksiidid moodustavad suurima osa, keskmiselt poole kõigist kahjulikest lisanditest. NO₂ on gaasilises olekus punakaspruun mürgine gaas, mis õhuniiskuse toimele kondenseerub lämmastikhappe vesilahuseks, põhjustades nn happevihmu, mis tekitab omakorda maapinna hapestumise ning soodustavad veekogude kinnikasvamist. Samuti UV-kiirguse tulemusena tekib sudu, mis kahjustab inimese tervist. Vääveloksiidid on samuti kahjulikud ning väljalaskegaasides on neid palju. Analoogselt NO₃-ga moodustavad SO₂ ja SO₃ õhuniiskuse toimele vastavalt väävlisshappe ja väävelhappe vesilahused, mis kondenseerudes tekitab happevihmu. Tulemuseks on veekogude ning pinnase hapestumine, kivi- ja metallkonstruktsioonide lagunemine ja kahjulik mõju elusloodusele, sh inimese tervisele. (Punab, 2009)

Käesoleva lõputöö teemaks on „Laevakütuse kättesaadavuse ja omaduste väljakutsetest IMO 2020 väävliregulatsioonide tingimustes“. Antud teema on väga aktuaalne, kuna 1. jaanuaril 2020 sätestas IMO 2020 väävliregulatsiooni, mis jõustus 1. märtsil 2020, mis vähendab üle maailma kasutatava kütuse väävliprotsenti seitse korda. Kui enne võis väljaspool ECA-alasid kasutada 3,5% väävlisisaldusega kütust, siis nüüdsest tohib kasutada ainult 0,5% väävlisisaldusega kütust. Juhul, kui laev on varustatud heitgaaside puhastussüsteemiga, siis tohib pardal olla ka 3,5% väävlisisaldusega kütus.

Antud IMO 2020 väävliregulatsioon on suureks väljakutseks nii kütuse müüjatele kui ka tarbijatele. Kuna varem pole kasutatud 0,5% väävlisisaldusega kütust, see on uus, ning ka kütuse külmavoo omadused, stabiilsus ja kokku sobivus teiste sama väävlisisaldusega kütustega vajab veel uurimist.

Lõputöö eesmärgiks on välja selgitada väljakutsed, mis kaasnevad 0,5% väävlisisaldusega kütuse ning ka alternatiivsete kütuste kasutusele võtuga, samuti

huvitab autorit, kuidas saavutatakse nii madala väävlisisaldusega kütuse laialdane kättesaamine kõigile tarbijatele.

Lõputöö eesmärgi saavutamiseks olid autori poolt püstitatud järgmised ülesanded:

- Uurida erinevaid kütuseliike ning nende omadusi
- Viia läbi küsitlus laevandusettevõtetes
- Analüüsida teadusallikaid ja seadusandlust, mis reguleerib väävliregulatsioone
- Uurida erinevate teadusallikate põhjal, kuidas on turul olukord 0,5% väävlisisaldusega kütuse kättesaadavusega.

Käesolev lõputöö koosneb seitsmest osast ning selle ülesehitus on järgmine:

Esimeses osas tutvustab autor seadusandlust ja regulatsioone. Väävliregulatsioonid, mis need on ja miks neid uuendatakse. Samuti tutvustab autor IMO 2020 väävliregulatsioone ja nende eripärasust.

Teises osas kirjutab autor 0,5% väävlisisaldusega kütuse omadustest ja spekulatsioonidest väljakutsetest. Antud kütuse liik on eraldi välja toodud, kuna 1. jaanuarist 2020 peaks see olema enam kasutatav kütteõliliik üle maailma ja antud kütus on ka kõige uuem.

Kolmandas osas keskendub autor skruuberi tehnoloogiale, sest arvata on, et suur osa laevandusettevõteteid panustab skruubersüsteemi installeerimisse, kuna siis on võimalus kasutada kõrge väävlisisaldusega odavamast kütust.

Neljandas peatükis kirjutab autor põgusalt alternatiivsetest kütustest, mille poole liigutakse. Nafta on fossiilne kütus maavarast, mis ei taastu. Oluline on mõelda selle peale, kuidas maavara hoida ja mille poole liikuda, kui maavara varud hakkavad lõppema.

Viiendas peatükis analüüsib autor IMO 2020 väävliregulatsioonidele vastava kütuse kättesaamist, kirjeldades FONARit ja selle väljaandmise põhimõtteid, ning kirjutades ka 2020. aasta alguses toimunud kütusehindade suure languse tagamaid.

Kuuendas osas kirjeldab autor töö metoodikat. Tutvustab küsitluses olnud valimit ning andmete kogumismeetodit. Antakse ülevaade ka küsitluses olnud küsimustest ning küsimustike erinevusest vastavalt sellele, millisesse ettevõttesse küsimustik saadeti.

Seitsmendas osas analüüsib autor küsitlusest saadud vastuseid ja teadusallikatest pärit mõtteid ning leiab üles erinevate kütuseliikide ja tehnoloogiate väljakutsed. Samuti antakse ülevaade kütteõli punkerdamise kogustest erinevate liikide suhtes ning tehakse järeldusi sellest, kui suur protsent laevadest on panustanud skruubersüsteemi installeerimisse.

1 Regulatsioonid ja seadusandlus

Tähtsamad kahjulikud gaasid laevaheidete juures on vääveloksiidid ja lämmastikoksiidid. MARPOLI IV lisas on kavandatud märkimisväärne väävli hulga vähendamine kütteõlis järgmise 10 aasta jooksul. ECA (ingl. k. *Emission Control Area*) alade laienemine ja kütuse väävli sisalduse rangemad piirmäärad pakuvad väljakutset laevandustööstusele ja ka tarnijatele.

Muudeti ka osoonikihti kahandavate ainete, lenduvate orgaaniliste ühendite, laeva pardal jäätmete põletamise, vastuvõtuseadmete ja kütteõli kvaliteedi regulatsioone - lisades määrused kütteõli kättesaadavuse kohta.

Eeldatakse, et muudetud meetmed on märkimisväärne kasulik mõju atmosfääri keskkonnale ja inimeste tervisele, eriti just sadamalinnades ja rannikualadel elavate inimeste tervise jaoks. (*Prevention of Air Pollution, 2020*)

1.1 Rahvusvaheline Mereorganisatsioon

IMO (*International Maritime Organization*) ehk Rahvusvaheline Mereorganisatsioon on ÜRO (Ühinenud Rahvaste Organisatsioon) juures tegutsev merendusorganisatsioon, mis tegeleb just rahvusvahelise koostööga nii valitsuse tasandil kui ka koostöös tööstusharu esindajatega. Eesmärgiks on edendada meresõidu ohutust ja samuti ka vältida merereostust. Eesti on Rahvusvahelise Mereorganisatsiooni liige alates 31.01.1992. (Veeteedeamet, 2020)

Maailm tugineb ohutule, turvalisele ja efektiivsele rahvusvahelisele laevandusele. IMO peamine roll on luua laevandussektorile regulatiivne raamistik, mis on õiglane, tõhus ja rahvusvaheliselt vastuvõetud ning rakendunud.

IMO meetmed hõlmavad kõiki rahvusvahelise laevanduse aspekte - sealhulgas laevade projekteerimist, ehitamist, varustamist, mehitamist ja käitamist - tagamaks, et see elutähtis sektor jääks ohutuks, keskkonnasõbralikuks, energiatõhusaks ja turvaliseks. (IMO, 2020)

Tähtsamad dokumendid, mille IMO on välja andnud ja kehtivad:

- Rahvusvaheline konventsioon inimeste ohutusest merel (SOLAS)
- 1973. aasta rahvusvaheline laevade põhjustatava merereostuse vältimise konventsioon (MARPOL)
- Rahvusvahelise laevakokkupõrgete vältimise eeskirja konventsioon (COLREG 1972)
- Meremeeste väljaõppe, diplomeerimise ja vahiteenistuse aluste rahvusvaheline konventsioon (STCW 1978)
- Rahvusvaheline mereotsingute ja -pääste 1979. aasta konventsioon (SAR 1979)

(Veeteedeamet, 2020)

1.1.1 IMO 2020

Laevade peamine kütusetüüp on raske kütteõli, mis saadakse toornafta destilleerimise jäägina. Toornafta sisaldab väävlit, mis pärast mootoris põlemist eraldub laevade heitmetesse. Vääveloksiid (SO_x) mõjub teadaolevalt inimesele kahjulikult, põhjustades hingamisraskuseid ja kopsuhaigusi. Atmosfääris võib vääveloksiid põhjustada happelihmasid, mis omakorda teevad palju kahju põlluharimisele, metsadele ja veelindudele ning samuti soodustab ookeanide hapestumist. Laevade SO_x - heite piiramine parandab õhukvaliteeti ja kaitseb keskkonda.

Laevade põhjustatud merereostuse vältimise rahvusvahelise konventsiooni (MARPOL Konventsioon) VI lisa kohaselt jõustusid vääveloksiidide heitkoguste vähendamist käsitlevad Rahvusvahelise Mereorganisatsiooni (IMO) määrused esmakordselt 2005. aastal. Sellest ajast alates on vääveloksiidide piirnorme järk-järgult karmistatud.

Alates 1. jaanuarist 2020 vähendatakse väljaspool SECA (*Sulphur Emission Control Area*) piirkondi sõitvate laevade kütuses olevat väävelprotsendi piirmäära 0,50 massiprotsendini. See vähendab märkimisväärselt laevadest eralduvate vääveloksiidide hulka ja sellest on oluline kasu inimese tervisele ja keskkonnale kogu maailmas, eriti just sadamate ja ranniku lähedal elavale elanikkonnale. (IMO, 2020)

Enam levinud alternatiivseteks kütusetüüpideks jäävad:

- VLSF (ingl. k. *very low Sulphur fuel oil*) - hõlmab uut segatud kütust, mille maksimaalne väävlisisaldus on 0,5%, mis teeb sellest kütusest väljaspool ECA alasid kasutatava IMO regulatsioonidele vastava kütuse.
- ULSF (ingl. k. *ultra low Sulphur fuel oli*) - kütus sisaldab maksimaalselt 0,1% väävlit ja seda kasutavad enamjaolt ECA alas seilavad laevad.
- Skruuberid - heitgaaside puhastussüsteem, mida saavad laevaomanikud paigaldada oma laevale selleks, et kasutada edasi HSFO (ingl. k. *high Sulphur fuel oil*) ehk kõrge väävlisisaldusega kütust ning jäädes vastavaks IMO 2020 väävli regulatsioonile.

1. märtsist 2020 on keelatud sõita kõrge väävlisisaldusega kütustega, välja arvatud juhul, kui laevale on paigaldatud EGCS (ingl. k. *exhaust gas cleaning system*) puhastussüsteem ehk skruuber (ingl. k. *scrubber*), mis on suunatud vääveloksiidide eemaldamisele enne nende eraldumist atmosfääri. Uus väävlisisalduse piirmäär küll jõustus 1. jaanuaril 2020, kuid veokeeld algab 1. märtsil 2020. Kahekuulise lünga põhjuseks on üksnes IMO uute määruste vastuvõtmise protsess. (DNVL, 2020)

Tabel 1. IMO poolt kehtestatud laevakütuste väävlisisalduse piirnormid SO_x heitekoguses

Rakendamise kuupäev	SO _x heitme piirnorm SECA alas	SO _x heitme piirnorm globaalselt	Skruuberite kasutusala
28.veebruar 2010	1,5 %	4,5%	Ainult SECA alas
1. märts 2010	1,0 %		3,5%
2012			
2015	0,1%	0,5%	
2018			
2020			
2025			

Allikas: (Man Diesel & Turbo, 2020)

Uus piirmäär tähendab laevade üldise vääveloksiidi heitkoguse 77%list langust, mis võrdub umbes 8,5 miljoni tonni vääveloksiidi vähendamist aastas. Sellega seoses muidugi väheneb ka väikeste osakeste eraldumine kütuse põlemisel.

Sellise muutuse tagajärjel on oodata insuldi, astma, kopsuvähi, südameveresoonekonna ja kopsuhaiguste vähenemist. Laevade väävliheidete vähendamine aitab ära hoida ka happevihmasid ja ookeanide hapestumist, tuues kasu põllukultuuridele, metsadele ja veeliikidele.

Uus piirmäär on osa laevade põhjustatud merereostuse vältimise rahvusvahelisest konventsioonist (MARPOL), mis on põhiline keskkonnaleping, mis on tehtud Rahvusvahelise Mereorganisatsiooni egiidi all. Ühinenud Rahvaste Organisatsioon on vastutav reostuste vältimise standardite väljatöötamise ja vastuvõtmise eest laevadel ja samuti ka laevade ohutuse, tõhususe ning meresõidurvalisuse eest.

Otsus alandada laevakütuse väävlisisalduse üldist piirmäära 0,5%ni tehti 2008. aastal ja kinnitati uuesti 2016. aasta oktoobris.

IMO ja erinevad tööstuse huvirühmad on teinud tohutul hulgal ettevalmistustöid, et tagada sujuv üleminek. IMO on andnud välja rea suuniseid, et aidata laevandussektoril ette valmistada antud väävliregulatsiooni kohaldumisele. Sealhulgas on antud ka juhendeid laevade ehitamise ja täiustamise rakendamiste küsimustes, nagu uute kütuste riskihindamine ja tankide puhastamine, ning juhised on ka sadamariigi kontrollile (ingl. k. *Port State Control*).

Nõuetele vastava kütteõli tarnimiseks võivad rafineerimistehased segada kõrgema ja madalama väävlisisaldusega kütteõlisid kokku (ingl. k. *blending*). Lisandeid võib kasutada muude omaduste tõstmiseks, näiteks määrdomaduste parandamiseks. Laevades võib kasutada erinevaid madala või isegi null väävlisisaldusega kütuseid - näiteks veeldatud maagaas või biokütused. Laevapardal siiski ei soovitata kokku segada erinevaid kütuseid. Laevaomanikud peaksid järgima asjakohaseid Rahvusvahelise Standardi Organisatsiooni (ISO) standardeid ning samuti peaksid nad testimata ja kontrollima kasutatavate kütuste kokku sobivust ja ühilduvust ning muid asjakohaseid omadusi.

Õhusaasteaineid on võimalik ka piirata heitgaaside puhastussüsteemiga, tuntud skruuberi nime all. Kuid skruuberi paigaldamine on lubatud ainult siis kui lipuriik kiidab heaks antud alternatiivse vahendi väävlisisalduse piirmäära tabamiseks. Skruuber eemaldab laeva mootori ja katla heitgaasidest liigse vääveloksiidi enne selle eraldumist atmosfääri, võimaldades skruuberiga varustatud laevadel vastavalt IMO juhistele jätkata raske kütteõli kasutamist.

IMO toob välja viis peamist muutust, mille toob kaasa vääveloksiidi limiteerimine laevakütuses.

1. Puhtam õhk - 77%line vääveloksiidi heitekoguse langus, mis võrdub aastas 8,5 miljonit tonni vähem vääveloksiidi.
2. Positiivsed muutused inimese tervises - muutuste tagajärjel on oodata insuldi, astma, kopsuvähi, südameveresoonkonna ja kopsuhaiguste vähenemist.
3. Kõrgema kvaliteediga kütused - suurem osa laevadest hakkab kasutama kõrgema kvaliteediga kütust, madala väävlisisaldusega kütus peab mahtuma IMO poolt kehtestatud piiridesse.
4. Laevaoperaatorid ja omanikud + rafineerimistehased - IMO ja erinevate tööstuste huvirühmad on andnud välja erinevaid juhiseid, et suurendada valmisolekult 2020 väävliregulatsiooni jõustumisele.
5. Muutused täideviivatele asutustele - lipuriigi (ingl. k. *Flag State Control*) ja sadamariigi kontroll peavad veenduma, et ehitatud laevad vastavad nõuetel. (IMO, 2020)

1.2 MARPOL

MARPOL on IMO algatusel Londonis 1973. aastal koostatud ja 1978. aasta protokolliga täiendatud ning parandatud rahuvaheline laevade põhjustatava merereostuse vältimise konventsioon. MARPOL 73/78 on kõige kaalukam regulatsioon, mis on kehtestatud merereostuse vältimiseks laevadelt.

MARPOLil on kuus lisadokumenti, mis käsitlevad:

- I lisa naftareostuse vältimise meetmed;

- II lisa ohtlike ainete põhjustatud reostuse vältimine;
- III lisa pakendatud ohtlikest ainetest põhjustatud reostuse vältimine;
- IV lisa laevade reoveele kohaldatavad nõuded;
- V lisa laevade jäätmete käsitlemisele kehtestatud nõuded;
- VI lisa laevadelt pärineva õhusaaste vältimise meetmed.

Tulevalt vajadusest on peaaegu igal aastal tehtud konventsiooni ja selle lisadesse muudatusi. (Riigiteataja, 2020)

Kütuste ja heitgaaside heitkoguseid kontrollitakse ka rahvusvahelisel, piirkondlikul ja riiklikul tasandil. Kõige olulisem on IMO MARPOLi VI lisa - Laevade põhjustatud õhusaaste vältimise eeskirjad, mida kohaldatakse ka liikuvatel avamere puurimisseedmete ja muude naftatööstusplatvormide suhtes. VI lisa üldine eesmärk on piirata vääveloksiidide ja lämmastikoksiidide sisaldust laeva heitgaasides ning keelata teadlikku osooni lagundavate ainete emissiooni.

MARPOL IV lisa on väljatoodud peatükk III laevade põhjustatava heite seirenõuded, milleks on järgmised punktid:

- reegel 12 - osoonikihti kahandavad ained
- reegel 13 - lämmastikoksiidid (NO_x)
- reegel 14 - vääveloksiidid (SO_x) ja tahked osakesed
- reegel 15 - lenduvad orgaanilised ühendid (LOÜ-d)
- reegel 16 - jäätmepõletus laeva pardal

Antud punktide jaoks on antud välja ka Rahvusvahelise õhusaaste vältimise tunnistuse (IAPP-tunnistus) lisa 13, kus saab näha, milline näeb välja vastav dokument. (Riigiteataja, 2020)

Laevade õhusaaste, eriti heitgaaside, mida laevad eraldavad, kontrollimise teemat arutati 1973. aasta MARPOLi konventsiooni vastuvõtmise eel. Ehkki tol ajal otsustati õhusaastet mitte arvestada, seda probleemi ei osatud veel ette näha. Uuesti tõstatati küsimus 1987. aasta novembris toimunud teisel rahvusvahelisel Põhjamere kaitse konverentsil. Suurim mure oli ökosüsteemide hapestumine ehk happvihmad.

Konverents andis välja deklaratsiooni, milles Põhjamere riikide ministrid leppisid kokku, et tuleb algatada sobivas organisatsioonis, nagu IMO, raskete kütuste kvaliteedistandardite parendamine ja leida moodus, kuidas aktiivselt toetada mere- ja õhusaaste vähendamist. IMO merekeskkonna keskkonnakaitsekomitee järgmisel istungil, mis toimus 1989. aasta märtsis, esitasid erinevad riigid dokumente kütteõli kvaliteedi ja õhusaaste kohta ning lepiti kokku, et laevade õhusaaste vältimine peab moodustama pikaajalise tööprogrammi merekeskkonnakaitsekomitee tegevuses, mis algas märtsis 1990.

MARPOLI VI lisa, mis kehtestati 1997. aastal protokolliga, piirab peamiselt õhku eralduvaid laeva heitgaasis sisalduvaid saasteaineid, sealhulgas vääveloksiidid (SO_x) ja lämmastikoksiidid (NO_x). MARPOLi VI lisa reguleerib ka teatavate osoonikihti kahandavate ainete kasutamist ning reguleerib laeva pardal põletamist ja lenduvate orgaanilisite ühendite (LOÜ) heitkoguseid tankeritest.

Pärast MARPOL VI lisa jõustumist 19. mail 2005 nõustus merekeskkonna keskkonnakaitsekomitee (MEPC) oma 53. istungil (juulis 2005) MARPOLi IV lisa läbi vaatama, et tugevdada märkimisväärselt heitkoguste piirmäärasid, võttes arvesse tehnoloogilisi täiustusi ja rakenduskogemusi. MARPOLi muudetud IV lisa võeti vastu MEPC 58. istungil 2008. aasta oktoobris.

MARPOLI VI lisa võib pidevalt muuta ning selles on vääveloksiidide, lämmastikoksiidide ja tahkete osakeste (PM) sisaldust ka järk-järgult vähendatud, koos kütuse väävlisisalduse järkjärgulise vähendamisega väävli heitkoguste kontrolli piirkondades (ECA).

MARPOLI VI lisa 2008. aasta muudatused hõlmasid kokkulepet väävlisisalduse piirmäära vähendamiseks väljaspool kontrolli piirkondasid. Esialgselt vähendati olemasolevalt 4,5% piirilt 3,5% piirini alates 1. jaanuarist 2012. Seejärel 3,5% piirilt 0,5% alates 1. jaanuarist 2020, tingimusel muidugi, et enne on viidud läbi kütteõli kättesaadavuse ülevaade, mis pidi olema lõpule viidud mitte hiljem kui aastal 2018.

Kütuseõli kättesaadavuse ülevaade, mille eesmärk oli teavitada MARPOL VI lisa osaliste otsustest, viidi lõpule 2016. aastal ja esitati arutamisele MEPC 70. istungil (oktoober

2016). Ülevaates jõuti järeldusele, et saadaval on piisavalt nõuetele vastavat kütteõli ja IMO otsustas, et kütteõli 0,50%-lise väävlisisalduse piirmäär jõustub 1. jaanuaril 2020. MEPC 73. istungil 2018. aasta oktoobris võeti vastu veokeeld, mis nõuab, et laeva pardal kasutatava või veetava kütteõli väävlisisaldus ei tohi ületada 0,50 massiprotsenti laevade puhul, millel puuduvad alternatiivsed vastavusmeetodid (nagu skruuber).

ECA alades kehtivaid kütuse väävlisisalduse piirnorme oli juba varem, 1. jaanuaril 2015 vähendatud 1,00%lt 0,10%ni ning dokumenteeritud kogemused selle ülemineku kohta võisid olla kasulikud, kui valmistati ette ülemaailmselt 3,5% väävlisisaldusega kütuse üleminekul 0,5%le. (Ibia, 2020)

1.2.1 Heitkoguste kontrolli piirkonnad

MARPOLI VI lisa kohaselt on vääveloksiidi protsendi jaoks kehtestatud heitekontrollialad ja nendeks on Läänemere piirkond, Põhjamere piirkond, Põhja-Ameerika piirkond, mis hõlmab Ameerika Ühendriike ja Kanada rannikualade määratud rannikualasid ja Ameerika Ühendriikide Kariibi mere piirkonda, millesse kuuluvad Puerto Rico ja Neitsisaarte ümbrus. (Marine Insight, 2020)



Joonis 1. SECA alad

Allikas: (DNVGL, 2020)

Nendes piirkondades on laevaomanikel võimalik kasutada järgmiseid kütuseid või alternatiive: LNG, destilleeritud kütus 0,1%, ümber ehitada oma laev nii, et sellel oleks skruuberi süsteem või siis valmistada laeva mootor ette kasutamaks kerget laevakütust ehk destilleeritud diislit.

1.3 ISO 8217:2017 standard

ISO 8217:2017 standard on kehtiv alates märtsist 2017. Seda uuendatakse ja vaadatakse üle iga viie aasta tagant. ISO (ingl. k. *International Organization for Standardization*) standard 8217 täpsustab nõuded laevade diiselmootorites ja kateldes kasutatavatele kütustele enne tavapärasel pardal töötamist (setitamine, tsentrifuugimine, filtreerimine). Antud standard määratleb seitset destillaatkütuse kategooriat, millest üks on mõeldud hädaolukorras kasutatavatele diiselmootoritele ning kaheksat raske kütteõli spetsifikatsiooni. Tähtedele järgnevad numbrid tähistavad antud kütuse viskoossust +50°C juures.

Antud standard on heakskiidetud peaaegu kõikide tarnijate ja müüjate poolt.

ISO 8217 standard käsitleb kaheksat peatükki, igas peatükis räägitakse kütuste omadustest. Kõige huvitavam on vast neljas peatükk, kus on välja toodud 17 erinevat testimismeetodit ja räägitakse lubatud kütuste tihedusest, väävlis, leekpunktist, happearvust, määrdeainetest ja paljustki muust, mis on seotud kütuse omadustega. (ISO, 2020)

Tabel 2. Peamised kütusespetsifikatsioonid, mida käsitletakse ISO 8217:2017 standardis

DMX	Kerge laevakütus jõumasinatele, mida hoiustatakse väljapool masinaruumi - kasutatav avariiootstarbeks
DMA	Kerge laevakütus - üldotstarbeline, ei sisalda naftatöötlemisjääke
DFA	Identne DMA-le, lubatud FAME sisaldus kuni 7%
DMZ	Madala viskoossusega kerge laevakütus
DFZ	Identne DMZ-le, lubatud FAME sisaldus kuni 7%

DMB	Destilleeritud diislikütus - üldotstarbeline ning võib sisaldada naftatöötlemis jääke
DFB	Identne DMB-le, lubatud FAME sisaldus kuni 7%
RMA	Kokku segatud diislikütus
RMB	Kerge masuudisegu
RMD	Kerge masuudisegu, sobiv väiksematele laevadele ilma küttesoojendusseadmeta
RME	Raske kütteõli keskmise eksploatatsioonilise kiirusega jõumasinale
RMG	Põhiline kütus kaasaegsete keskmise ja madala eksploatatsioonilise kiirusega jõumasinatele
RMK	Kõrge viskoossuse ja tihedusega kütus, mida kasutavad kaasaegsed konteinerlaevad

Allikas: Dan Bukering, 2020.

Lühendiga DM tähistatakse destillaate ja lühendiga RM rasket kütteõli. Praegu kehtiv ISO 8217 standard on kuues väljaanne. Selles väljaandes on tehtud muudatusi, mis võimaldavad biokütuse segusid ja sünteetilisest või taastuvatest allikates pärit süsivesinike lisamist. Ka üldnõudeid on muudetud ja destillatsioonikütuste lubatud väävlisisaldus on vähenenud.

Kuues versioon toob juurde ühe uue kütuste rühma FAME (ingl. k. *Fatty Acid Methyl Ester*). Sinna kuuluvad DFA, DFB ja DFZ, need spetsifikatsioonid on identsed varem kehtinud DMA, DMB ja DMZile. DF rühma kütuste erinevuseks on see, et seal on lubatud ühendi FAME ehk rasvhapete metüüleetri kuni 7% ühendite sisaldus. DMX kütus, mida kasutatakse hädaolukordades, on FAME-ühendite vaba.

DF klassi kütused on kasutusele võetud sellepärast, et kasutada paremini maanteekütust ka merenduses, mis peaks parandama kütteõli kättesaadavust mõnes sadamas, mis võib muidu vaeva näha laevadele 0,1% väävlisisalduse piirmääraga kütuste pakkumisel. (Einemo 2017)

2 0,5% väävlisisaldusega kütus

Rahvusvaheline Mereorganisatsioon kinnitas 2016. aasta oktoobris laevade pardal kasutatava kütteõli väävli piirnõrmi 0,50 massiprotsendi, mis jõustus 1. jaanuari 2020. Selle määruse rakendamisel on kaugemale ulatuvad tagajärjed kogu laevakütuse tarneahelas. Antud määrus nõuab kõigi kütuse tootmise, jaotamise, ladustamise ja käitlemisega seotud osapoolte põhjalikku teadlikkuse tõstmist. Mõeldaks selle all just 0,5% väävlisisaldusega kütuse ühilduvust, stabiilsust ning kütteõli käitlemise ja ladustamise töötegureid, mis võivad mõjutada ohutust.

Teise võimalusena võivad laevad jätkata kõrgema väävlisisaldusega kütuse kasutamist, kui nad kasutavad samaväärset nõuetele vastavuse meetodit, näiteks heitgaaside puhastussüsteemi (skruuber).

0,5% väävlisisaldusega kütus võib varieeruda alates kergetest destillaatidest kuni raskemate jääkide segudeni. Lisaks on kõrge väävlisisaldusega kütteõli saadaval laevadele, kellel on vastav tehnoloogia, et kasutada antud kütust.

Väävlisisaldust (nagu selleks on 0,5%) reguleerib toornafta allikas, millest antud kütus pärineb, ning lõpptulemuse annab rafineerimistehaste töötlemis- ja segamiskomponentide olemasolu.

Kütuse omadused, eriti tihedus ja viskoossus, on tõenäoliselt sõltuvalt ka asukohast ja tarnijast erinevad. Kütuste keemilise koostise varieeruvuse tõttu arvatakse, et kokku sobimatus erinevate 0,5% väävlisisaldusega kütuste partiide vahel, võrreldes 3,5% väävlisisaldusega kütustega, on probleemiks.

Laevaomanikud ja -ettevõtjad peaksid jätkama kütuse hankimist vastavalt standardile ISO 8217, kuna see standard hõlmab tänapäevaseid kütuseid. Aastal 2020 kütuse segamise osas ei muutu midagi. Segu komponendid peavad olema lubatud vastavalt eelnimetatud standardi rakenduseala ja üldnõuete klauslile, sealhulgas ei tohi kütus sisaldada materjale kontsentratsioon, mis põhjustab kütuse tankimise lubamatuks. Kõigil juhtudel peab kütteõli vastama MARPOLi ja SOLASe konventsioonide kohaldatavatele sätetele.

Enne 2020, kui maksimaalne väävlisisaldus kütuses võis olla 3,5%, oli kütuse viskoossusnorm 380 cSt (*centiStrokes* 1 cSt = 10^{-2} m²/s) temperatuuril +50°C (V50) ja mõnel juhul ulatus viskoossus isegi 700cSt. Siiski on oodata, et tarnitavad kütteõlid, mis vastavad väävlisisalduse 0,5% piirmäärale, ulatuvad kergetest destillaatidest (DM) kuni raskete kütteõlideni (RM), kus on vahepeal palju erinevaid kütteõlisid.

Laevad, mis opereerivad tavaliselt pigem väljaspool ECA ala, kogevad kasutatava kütteõli koostises suuremaid erinevusi, kui nad ehk varem märganud on, sest suurenev nõudlus väga madala väävlisisaldusega kütteõli järele põhjustab varude segamist kergemate kütustega, et viia väävlisisalduse protsent 0,5%ni ja paljud nendest kütustest on eeldavalt destillaadid. Laevade meeskonnad peavad olema keskendunud ennetavatele juhtimispehmoõtetetele just seepärast, et võivad tekkida erinevad ebakindlused laeva juhtimise ja toimimisega. Selleks, et ennetada probleeme, on vaja veenduda, et laeva meeskond tunneb laaditud kütuse omadusi ja on võimeline vastutama ja teadma pardal oleva kütuse hoidmise, käitlemise ja kasutamise nõudeid. (Ibia, 2020)

2.1 Peamise kütuse omadused

2.1.1 Külmavoo omadused

0,5%lise väävlisisaldusega kütuse puhul kehtivad samad pehmoõtted seoses külmavoo omadustega, mis endise 3,5% väävlisisaldusega kütuse puhul.

Kütuse ostjad ja tarbijad peavad teadma järgmist:

- ostetava kütuse külmavoo omadused;
- kavandatav reis ja tõenäolised ümbritsevad õhutemperatuurid, sel ajal, kui antud kütus on pardal;
- mis tahes piirangud, mis laeval võivad olla seoses laeva külmvoo juhtimisvaldkonnaga, näiteks piiratud kütuse soojendamise võimalus.

Mõjukad ekspluatatsioonilised probleemid võivad ilmnedä, kui kütuse jaoks ei ole sobivad tingimused täidetud. Oluline probleem on näiteks, kui laeval puudub piisav

kütuse soojendamise võimekus. Kütuse ostulepingus tuleks kindlasti täpsustada külmavoo omadused.

Vahakristallide moodustumine hakkab kütuse hägustumise temperatuurist (CP - ingl. k. *cloud point*). Pilvpunkt on temperatuur, mille juures vahakristallid hakkavad kütuses nähtavalt moodustuma ja läbipaistev kütus muutub häguseks.

Soovitatakse, et kütteõli müüja edastaks tarnijalt teavet pilvpunkti (CP) ja külmafiltri sulgemispunkti (CFPP - ingl. k. *cold filter plugging point*) temperatuuride kohta, et laeva meeskond saaks tagada punkrikütuse sobiva temperatuuri, kütuse temperatuur ei tohi langeda alla eelnimetatud kraadide.

Külmafiltri sulgemispunkt (CFPP) ehk tardumistemperatuur on madalaim temperatuur, kus kindla mahuga kütus, mis on vakumeeritud läbi standardiseeritud filtri (45 mikronit) kindlaks määratud aja jooksul (60 sekundit) voolab endiselt.

Valamispunkt (PP - ingl. k. *pour point*) on oluline parameeter, mis näitab madalamat temperatuuri, millal kütus jätkab voolamist. Seda kasutatakse kütuste püsiva pumpamise tagamiseks madalatel temperatuuridel ja samuti on juhtnõr kütuse ladustamise temperatuuri teadmiseks. Kui kütust hoitakse temperatuuril, mis on lähedal või isegi madalam kui antud kütuse valamispunkt, siis võib kütuse pumpamine olla keeruline, sest eraldunud vaha ummistab filtreid ning tekitab soojusvahetitesse sademeid. Raskematel juhtudel võib vaha koguneda mahutite põhjale ja kuumutamise mähistele, mis omakorda tekitab probleemi, et kütuse soojenemine ei toimu. Selliste äärmuste puhul ei pruugi vaha lahustuda lihtsalt kuumutusmähiste soojendamise abil, vaid ainsad lahendused võivad olla kütusetankide mehhaaniline puhastamine või siis täiendava aurukütte lisamine.



Joonis 2. Filter on kinni, sest vaha on ette ladestunud

Allikas: Cimac, 2020

0,5% väävlisisaldusega kütuste kasutamisel, varieerudes nii destillaatide kui ka jääkkütteõli kasutamisel, tuleb pöörata tähelepanu külmavoolu omadustele, et tagada pardal oleva kütuse hoidmine piisavalt kõrgel temperatuuril, et vältida eespool kirjeldatud probleeme. Seetõttu tuleks kütust hoida temperatuuril, mis on vähemalt 10°C üle valamispunkti. Selleks, et vähendada riske kütuse hea ringluse jaoks, peaksid kütusefiltrid olema varustatud küttesüsteemiga, mille on piisav maht, et hoida filtri sees temperatuuri kõrgemal kui on kasutatava kütuse külmafiltri sulgemispunkt (CFPP). Vastasel juhul filter ummistub ja kütus ei käi enam ringi.

Võrreldes destillaate raske kütusega, ei ole destillaadid üldjuhul vajanud kuumutamist. Kuid nüüd suurema vajaduse puhul kasutada destillaatide segu komponente kõrgema pilvpunktiga, et saada madala väävlisisaldusega kütust, võib segamiskomponentide kasutamine vajada teatavat kuumutamist kütteõli ladustamiseks, punkerdamiseks ja sissepritseks. Soovitatav on hoida destillaat kütuste temperatuuri alati vähemalt 10°C üle valamispunkti ja kasvõi 1°C üle külmafiltri sulgemispunkti, et tagada filtrite ja separaatorite loomulik tööprotsess. (Cimac, 2020)

2.1.2 Stabiilsus

Kütuse stabiilsust määratletakse selle järgi, kuidas sellel on potentsiaali muuta seisundit nii ladustamise ajal kui ka kasutamisel. Spetsifikatsiooninõuete osas hinnatakse stabiilsust tavaliselt setete koguhulga mõõtmise teel, mis tähistab lahustumatute

orgaaniliste ja anorgaanilise setete summat, mis on eraldunud kütuseproovi põhiosast, filtreerides läbi standardfiltri konkreetsetel tingimustel.

Stabiilsus on seotud peamiselt asfelteenide sadestumisvõimalustega ja sette moodustumisega. Asfelteene leidub enamikes naftamaterjalides ning kõigis rasketes õlides ja õlide bituumenites. Seda materjali määratletakse lahustuvuse järgi: komponendid, mis lahustuvad toluenis ja sadestuvad n-alkaani lahustites, on asfelteenid. Analüütilistel eesmärkidel määratletakse asfelteeni kontsentratsioon toorõlis sadestamisega kas nō-pentaaniga (C5) või n-heptaaniga (C7). (Ualberta, 2020)

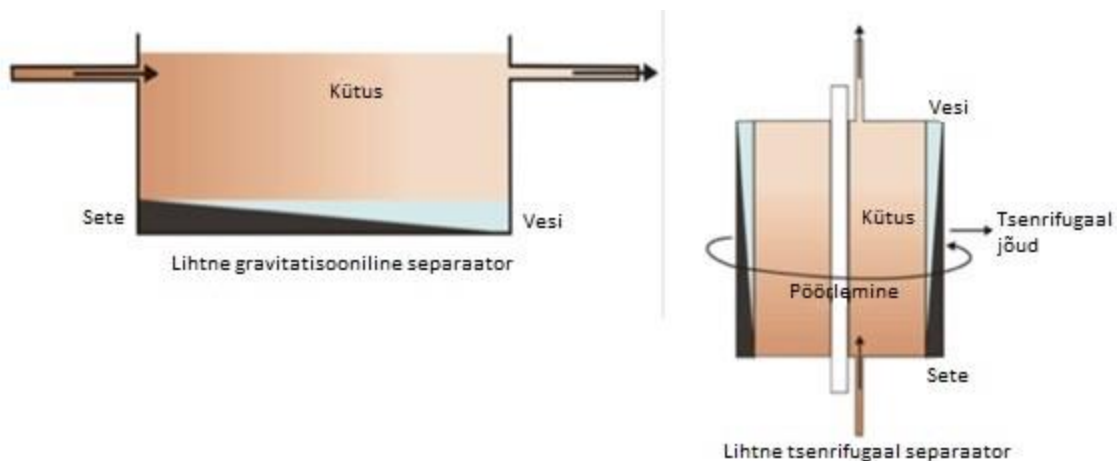
Filtreerimistestid ei tee vahet kütuses leiduva anorgaanilise sette ja orgaanilise sette komponentide vahel. Ehkki on teada, et sette kõrge tase võib laevkütusesüsteemis põhjustada filtreerimis- ja eraldusprobleeme. Eeldatakse, et kütused, mis vastavad ISO 8217 nimetatud standardi nõuetele, on stabiilsed ega põhjusta tööprobleeme.

Lisaks on tekkinud pinnale küsimus kütusetankis kütteõli ladustamise kohta, kuna raskemad komponendid eralduvad kütusest. Selline eraldumine võib olla probleemiks 0,5% väävlisisaldusega segatud kütuse, erinevate kütuste partiide eeldavatest tiheduse ja viskoossuse suurtest erinevustest. Mistahes eraldumise ulatus sõltub antud kütuse omadustest, ladustamistingimustest ja ladustamisajast. Ehkki normaalsel käitlemisel hästi segatud ja homogeense kütteõliga ei tohiks olla kihistumisprobleeme, siis 0,5% väävlisisaldusega kütuse puhul on kihistumine üheks suureks väljakutseks. Seda silmas pidades tuleks kasutada põhimõtet, et üks kütus sisse ja see sama kohe ära kulutada. Kui siiski pärast kütusetankidest võetud proove kahtlustatakse kütteõli kihistumist, võib homogeneerimiseks kasutada võimaluse korral paagi sisu ringlust, kuid laeva meeskond peab olema teadlik kütuse omaduste võimalikust varieerumisest paagis. Sellises olukorras tuleb erilist tähelepanu pöörata tihedusele ja viskoossusele. Varasemalt võib saada märke kihistumise kohta, kui viskoossuse kontrolleri reageerib kütuse sissepritse temperatuuri muutusele.

Filtri standardtestides kindlaksmääratud kogus setete osas pööratakse tänapäevaste kütuste puhul suuremat rõhku pigem orgaanilisele settele kui võimalikule anorgaanilisele materjalile, sest nende madal tase saavutatakse tavapärase käitlemistoimingute käigus, nagu filtreerimine ja tsentrifugaalseparaatorid. Tsentrifugaalseparaatorid suudavad

eraldada vett ning setteid, nagu alumiinium ja räni ning naatriumtuhk, magneesiumtuhk ja kaltsium.

Kuigi 0,5% väävlisisaldusega kütuste tootmisel on lubatud kasutada erinevaid segamiskomponentide varusid, siis anorgaaniliste setete sisalduse suurenemist valmiskütustes ei oodata. (Ibia, 2020)



Joonis 3. Raske sette ja vee eraldamine kütusest lihtsa gravitatsioonilise- ja tsentrifugaalseparaatori abil.

Allikas: IMO, 2020

2.1.3 Viskoossus

Arvestades seda, et 0,5% väävlisisaldusega kütuseid töödeldakse erinevalt, siis samuti selle kütuse viskoos ja tihedus varieerub ning eeldatakse, et 0,5% väävlisisaldusega kütusel esineb suuremaid erinevusi. Kütust punkerdatakse erinevatest geograafilistest asukohtadest, isegi samalt tarnijalt saadud kütused võivad olla erinevate omadustega. Laeva meeskond peab olema tarnivata kütuse omadustest teadlik, et osata seda õigesti ladustada, käidelda ja rakendada õigeid protseduurinõudeid.

Tsentrifugaalseparaatorite võime kütusest vett ja tahkeid aineid eemaldada, sõltub kütuse viskoossusest, mida madalam on viskoossus, seda suurem on eraldamise efektiivsus. +50°C juures mõõdetud viskoossusega üle 180 cSt (*centiStrokes* 1 cSt = 10⁻² m²/s) kütteõlide soovitatav eraldustemperatuur on +98°C. Kergemate klasside puhul tuleks järgida seadme tootja juhiseid, kus tavaliselt soovitatakse madalamaid temperatuure.

Nagu eelmises peatükis autor mainis, siis ka ladustamise paakidesse pumpamise hõlbustamiseks tuleb kütust kuumutada.

Lisaks madala viskoossusega kütuse klassidele tuleb enne põletamist kütuseid kuumutada, et viskoossus oleks seadme tootja poolt ettenähtud piirides, tavaliselt on see vahemik 10 -20 cSt, selles vahemikus olev kütus tagab optimaalse pritsimismustrite saamise. Kui põletatav kütus omab suuremas vahemikus viskoosust, võib kütteõli tekitada probleeme, nagu halb kütuse põlemine, sette moodustamine ja energiakadu ning põlemata kütus võib mõjutada silindreid ning tekitada sissepritsesepumpade ja nukkvõllile ülerõhku ja ülekoormust.

Kui viskoossus on jällegi liiga madal, võib see põhjustada kütuse sissepritseseadme ebapiisavat dünaamilist määrimist ning pihusti ei suuda piisavalt kütust jaotada põlemistuumas. (Ibia, 2020)

2.1.4 Happearv

Antud arv näitab happeliste ühendite olemasolu kütuses. Enamasti on need happelised ühendid nõrgad happelised ühendid, nagu näiteks nafteenhapped, mis esinevad looduslikult toormaterjalides ja mis võivad vähemal määral tuleneda ka kütuse lagunemisest ladustamise ajal. Kuid happearv on peamiselt seotud sellega, kus on pärit antud kütuse saaduse toorallikas. Praegu veel puuduvad teated selle kohta, et 0,5% väävlisisaldusega kütusel oleks 3,5% väävlisisaldusega kütusest märkimisväärselt erinev happesus, kuid sellega kaasneb ka suurenenud operatsioonirisk.

Ehkki see on haruldane, siis siiski on leitud vähesel määral tugevaid happeid kütustest, kuid pigem on see rafineerimistehaste töötlemise tagajärg.

Kütused, mis omavad kõrget happearvu, on teada, et need põhjustavad metallpindadele korrosiooni, eriti teatud tüüpi kütuste sissepritseseadmetesse. Seetõttu on happearvu piirmäärad määratletud nii destillaadi kui ka raske kütuse osas ISO 8217:2017 standardis.

ISO 8217:2017 sisaldab informatiivset lisa happesuse kohta, mille kõrge happearv võib osutada happeühendite ja võimalike muude saasteainete märkimisväärsele kogusele. Naftensetest toornaftadest toodetud kütuste happearvud võivad olla küll maksimumi

lähedal, kuid siiski on nad kasutamiskõlblikud ehk vastuvõetud. Samas ka kindlaksmääratud piiridest madalamat happearvu omav kütus ei taga siiski seda, et ei sisalda happeliste ühendite esinemisega seotud probleeme. (Ibid, 2020)

2.1.5 Leekpunkt

Peale DMX-klassi kütuse, mida kasutatakse hädaolukorras väljaspool masinaruume, on destillaadi ja raske kütuse klassi standardis ISO 8217:2017 määratletud minimaalne leekpunkt $+60^{\circ}\text{C}$, kajastades SOLASe nõuet, et kõik masinates kasutatavad kütused, mis asuvad laeva pardal peavad omama minimaalselt leekpunkti $+60^{\circ}\text{C}$ juures, mis on määratud suletud tassi katsemeetodiga.

Kuigi nüüd on ka spekulieritud, et mõni 0,5% väävlisisaldusega kütuse leekpunkt võib olla alla $+60^{\circ}\text{C}$, kuna toodetakse kütust vastavalt nõudlusele ja võidakse kasutada näiteks madalama leekpunktiga segu komponente. Kuid kuni 2020. aastani ja ka edasi peab kütuse tarnija vastutama selle eest, et tema kütus vastaks minimaalse leekpunkti $+60^{\circ}\text{C}$ nõudele.

Kütteõli leekpunkt ei ole seotud mootori töomadustega ega ka isesüttimisomadustega. See pakub kasulikku kontrolli võimalike saasteainete tuvastamiseks, nagu näiteks bensiini kohta, kuna vaid 0,5% bensiini võib kütuse leekpunkti märkimisväärselt vähendada. Laevade klassifikatsiooni ühingud annavad juhiseid ka kütuse ladustamise lubatud temperatuuride kohta.

Leekpunkti peetakse laevakütuse ladustamisega seotud tuleohu indikaatoriks. Isegi kui kütuseid hoitakse temperatuuril, mis on madalam kindlaksmääratud leekpunktist, võivad paagi pealises ruumis ikkagi tekkida tuleohtlikud aurud. (Ibid, 2020)

2.1.6 Süüte kvaliteet

Süüde ja põlemisjõudlus on mootori töö olulised aspektid. Ehkki mõlemad sõltuvad kütuse omadustest, on ka palju mõjutatavaid tegureid, nagu mootori konstruktsioon, seisund ja seadistused, rakendatud koormus, keskkonnatingimused ja kütuse eeltöötlus. Süüte- ja põlemisomaduste kindlaksmääramine jääb kütusel usaldusväärset viisil on osutunud keeruliseks.

Arvutatud süsiniku aromaatsete ainete indeks (CCAI - ingl. k. *Calculated Carbon Aromaticity Index*) töötati välja just diiselmootorite kasutamisel raske kütuste süttimisjõudluse indikaatorina. See arvutatakse välja mõõdetud tiheduse ja viskoossuse väärtuse põhjal. CCAI väärtused jäävad tavaliselt vahemikku 820 - 870. Mida suurem on väärtus, seda halvem on süütekvaliteet. Antud CCAI väärtus lisati esmakordselt standardisse ISO 8217:2010, see aitab vältida turul selliste kütteõlide kasutamist, millel pole häid tiheduse ja viskoossuse suhteid (näiteks kõrge tihedus ja madal viskoossus) nendel kütustel on enamjaolt halb süttimiskvaliteet.

Eeldatakse, et 0,5% väävlisisaldusega laevakütused võivad omada laiemat tiheduse ja viskoossuse vahemikku, kui 3,5% väävlisisaldusega kütuste puhul, mis tähendab seda, et CCAI väärtuse varieerumine on suurem.

Kütuse nii süüte- kui ka põlemisomaduste käsitlemiseks töötati välja standardne katsemeetod, IP541, milles kütust pihustatakse kõrgendatud temperatuuril ja rõhul teatud kogusel põlemiskambrisse. See meetod on kasulik kütuse iseloomustamiseks, eriti just, kui on esinenud põlemisprobleeme.

Praegusel ajal mõned mootoritootjad määravad oma mootoritel CCAI ja IP541 piirväärtused just sõltuvalt mootori tüübist ja rakendusest, et oleks lihtsam punkerdada sobivat kütteõli. (Ibid, 2020)

2.1.7 Katalüsaatoritorm

See on alumiiniumi ja räni kõvad ja peened ühendid, mida kasutatakse katalüsaatorina toornafta rafineerimistehastes. Antud protsessi nimetatakse katalüütiliseks krakkimiseks (ingl. k. *catalytic cracking*), mis võimaldab suurendada destilleeritud kütuse saaki.

Madala väävlisisaldusega kütteõlides on tavaliselt kõrgem katalüsaatoritormu sisaldus kui kõrge väävlisisaldusega kütustes, kuna torm satub töötlemise käigus kütusesse ja madala väävlisisalduse saavutamiseks segatakse kütteõlisse jääkkütust.

Katalüsaatoritormu jäägid kinnistuvad mootori osadele nagu silindrihülssid ja kolvirõngad ning põhjustavad seal liigset kulumist. On oluline, et jääkkütust eeltöödeldakse enne mootorisse laskmist seetõttu ja tsentrifugaalimise teel, et nii vähendada

katalüsaatoritolmu liigset taset. ISO 8217:2017 standardis on ära piiritletud katalüsaatoritolmu, milleks on alumiinium ja räni, sisalduse piirmäär 60 mg/kg kohta. Mootoritootjad soovivad mootoritesse siseneva kütuse puhul maksimaalset 15 mg/kg kohta, mis on märkimisväärselt madalam kui ISO standardi piirmäär, sellepärast on oluline, et pardal oleks tagatud piisavad kütuse käitlemise ja puhastamise seadmed. (Skuld, 2020)

2.1.8 Kokkusobivus

Jääkütteõlid sisaldavad asfalteene, mis on üldtuntud süsivesiniku struktuurid suure molekulaarmassiga ja kõrge süsiniku/vesiniku suhtega. Kui asfalteene ei ole võimalik nende hõljuvas olekus säilitada, kukuvad nad settena välja ja kütus muutub ebastabiilseks - seda on nimetatud ka kui asfalteeni sademeks. Antud setet on raske eemaldada ja halvimal juhul muutub see kõvaks koksilaadseks materjaliks, mida tuleb mehaaniliselt eemaldada.

Kui stabiilsus on ühe kütuse omadus, siis kokku sobivus on kahe või enama kütuse kokku segamine ilma selleta, et kokku segamisel eralduks asfalteenide sadet. Kaks kütust, mis on eraldi olles stabiilsed, võivad üldse mitte kokku sobida seguna. Samuti ka kaks kütust, mis ühe segamissuhte korral sobivad ilusti, ei pruugi teistsuguse segamissuhte korral üldse kokku sobida.

Sõltuvalt sademe tasemest võib punkrikütuse sette esinemine põhjustada suuri väljakutseid, nagu voolikute, separaatorite ja filtrite ummistumine ning sissepritsepumpade kinni settimine. Lisaks võib kütuse põlemine saastata liigselt silindreid ja nii tekitada kolvirõngastes kleepumise ning silindrite erineva termilise koormuse, mis võib olla põhjuseks mootoririkkele.

Pardal oleva kütuse ebastabiilsuse ohu leevendamiseks soovib CIMAC (ingl. k. *The International Council on Combustion Engines*) osta kõik kasutatavad kütused vastavalt standardile ISO 8217:2017. Lisaks soovib laeva meeskonnal kohaldada kütusevaru põhimõtet „üks kütus sisse ja sama välja“ ning teha endast kõik, et vältida kütuse liigset kuumenemist tankis olnud ajal. (CIMAC Guideline, 2020)

2.2 Töötlemisprotsess

Toornafta füüsikalised omadused olenevad paljustki sellest, millisest geograafilisest asukohast naftat puuritakse. Enamik toornaftasid klassifitseeritakse nende tiheduse ja väävlisisalduse järgi. Vähem tihedatel või kergel toornaftal on suuremal hulgal süsivesinikke, mida saab eemaldada kerge destilleerimise teel. Tihedam toornafta annab suuremal hulgal madala väärtusegaprodukte ja vajab keerulisemat protsessimist, et saada kätte väärtuslikumaid naftaprodukte.

Toornaftat kõrge väävlisisaldusega nimetatakse hapuks naftaks (ingl. k. *sour crude*) kuna antud väävlisisaldus raskendab tooraine töötlemist ja lõplik kvaliteet pole niivõrd hea. Enamus hapu nafta leiukohad hõlmavad suurt osa Mehhiko lahest, Kuveitis ja Venezuelast. Magus nafta (ingl. k. *sweet crude*) sisaldab vähe väävlit, mis tähendab, et seda on kergem ja odavam töödelda. Mõned levinumad leiukohad on Põhjameri, Liibüa ja Lääne-Texas. Magusaks peetakse sellist toornaftat, mille väävlisisaldus ei ületa 0,45%. Sellest suurema väävlisisaldusega toornaftat nimetatakse hapuks.

Rafineerimistehastes toornafta eraldatakse erinevateks fraktsioonideks destilleerimisprotsessis, mis on sarnane alkoholide destilleerimisega, kus toornaftat kuumutatakse. Erinevad komponendid aurustuvad ja kondenseeruvad eri temperatuuridel, võimaldades nii eraldada toornaftat kasutatavateks liikideks. Tavalise destilleerimise käigus saadud fraktsioonid on butaan, bensiin, nafta, petrooleum, destillaadid, raske kütus ja jäägid. (Song, D-W., Panayides, P M. 2015)

Tabel 3 Toornafta töötlemisprotsessil (destilleerimisel) saadud saadused

Toornafta	Destilleerimine Nafta töötlemine	Butaan ja kergemad gaasid (<40°C)
		Bensiin (40°C - 205°C)
		Nafta (60°C - 100°C)
		Petrooleum (175°C - 325°C)
		Destillaadid (250°C - 370°C)
		Rasked kütused (370°C - 600°C)
		Asfalt ja jäägid (>600°C)

Autori koostatud (Science Resources, 2009)

3 Skruubersüsteem

Skruubereid (ingl. k. *Exhaust Gas Cleaning Systems*) kasutatakse merenduses selle jaoks, et eemaldada heitgaasidest kahjulikke ja tahkeid osakesi, nagu väävel- ja lämmastikoksiide, mis tekivad laevamootorites kütuse põlemisprotsessi tagajärjel. Antud puhastussüsteem eemaldab väljaheitest mürgised gaasid, mis kahjustavad inimeste elu ja keskkonda.

Kui laevandusettevõtte soovib oma laevastikus peale 1. jaanuari 2020 jätkata 3,5% väävlisisaldusega kütteõli kasutamist, siis ainuke variant on laevale paigaldada skruubersüsteem, mis tagab rahvusvahelistele eeskirjadele ja standardidele vastava kütteõli heitgaaside puhastamise.

Lipuriigid, kes otsustavad, et nende lipu all sõitvad laevad võivad kasutada skruubersüsteeme, peavad tagama, et installeeritud skruuberid vastavad nõetele, mis on toodud MARPOLi IV lisas.

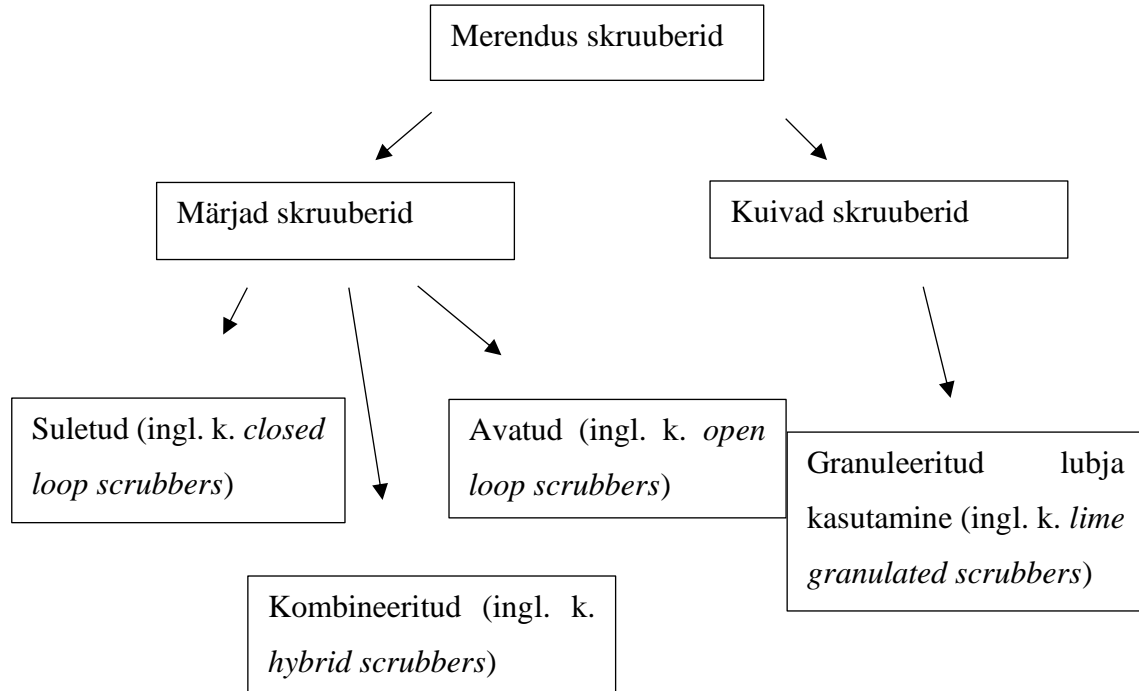
Selleks, et laevandusfirma valiks enda laevale kõige sobivama skruubersüsteemi, tuleb arvestada paljude teguritega, nagu pardal saadavalolevad paigaldusruumid, laeva tööpiirkond, pardal oleva mootori ja boileri võimsus, pardal oleva värske vee olemasolu ja oluline on ka pardal saadaolev võimsus süsteemikäitamiseks erinevates tingimustes. (Latarche 2017)

3.1 Töö põhimõte

Heitgaasivood suunatakse puhastusseadmesse, kus on aluselist puhastusvedelikku, et neutraliseerida heitgaasidest happelisus ja eemaldada heitgaasidest kõik tahked osakesed. Seejärel kogutakse kasutatud puhastusvedelik koos pesuveega, mida võib siis kas säilitada koos heitveega või kohe lasta üle parda. Puhastatud ja regulatsioonidele vastavad heitgaasid juhatatakse süsteemist välja atmosfääri. Liigse väävli eemaldamisel kasutatavad mereskruberid kasutavad töötlemiseks kas lupja või soodat, nii et pärast töötlemist tekiks väävlil põhinevad soolad, mida on lihtne eraldada, sest need ei kujuta ohtu keskkonnale. Skruuberid võivad kasutada oma leeliselise iseloomu tõttu kas merevett või puhast vett, millele on lisatud kaltsium-, naatriumsorbente või hüdraatunud

lubja graanuleid. Selleks, et suurendada seda aega, mil heitgaasid läbivad puhastusprotsessi, kasutatakse gaasi saasteaine eemaldamisel skruuberi reagentidest (näiteks lubjakivist) koosnevaid pakitud kotte. Need pakitud kotid aeglustavad vee vertikaalset voolamist puhastites ning intensiivistavad heitgaaside jahtumist ning happelise vee neutraliseerimise protsessi.

Tööpõhimõtete järgi võib skruuberid jaotada märgadeks ja kuivadeks skruuberiteks. Kuivades kasutatakse aluselise puhastusmaterjalina tahket lubja, mis eemaldab heitgaasidest vääveldioksiidi. Märgade skruuberite puhul kasutatakse sama eesmärgiga vett, mis pihustatakse heitgaasidesse. Märgasid jaotatakse veel omakorda avatud- ja suletud puhastussüsteemideks või siis kombineeritud. Suletud süsteemis võib puhastusvedelikuna kasutada kas merevett või magevett. Kui suletud skruuberis kasutatakse magevett, siis laeva ümbritseva vee kvaliteet ei mõjuta puhasti jõudlust ega heitvee emissiooni. Avatud süsteem kasutab puhastusprotsessis merevett. Kombineeritud skruuberid saavad kasutada nii avatud kui ka suletud töörežiimi või siis mõlemat korraga. (Sethi 2020)



Joonis 4. Skruuberite liigitus

Allikas: Sethi 2020

3.1.1 Märjad skruubersüsteemid

Märjad skruuberid eemaldavad hästi tahkeid osakesi ja tahma, mida küll veel ei ole spetsiaalselt standardis reguleeritud, aga tõenäoliselt tulevikus reguleeritakse. Tavaliselt eemaldab skruuber iga 100 põletatud kütõli tonni kohta vähemalt 500 kg tahkeid osakesis, sõltub sellest kui palju vett kasutati selle protsessi tarvis. Need tahked ained aga tuleb enne vee üle parda juhtimist eemaldada. Selleks, et säästa ruumi peaks süsteemis olema eraldusfaas, mis eemaldaks võimalikult suure osa settest. Hoiustatud sete antakse hiljem sadamas ära.

Märgades skruubertes võib puhastusvedelikuna olla kas merevesi või keemiliste lisanditega magevesi. Kõige sagedamini kasutatavad lisandid on söögisooda (NaOH) või lubjakivi (CaCO_3). Skruuberi puhastusprotsessi käigus juhatakse heitgaasis olevad vääveloksiidid läbi veevoolu, veega reageerides tekib väävelhape, mis eemaldub heitgaasist, normidele vastavad heitgaasid väljuvad süsteemist. Väävelhape on väga söövitav, kuid piisava aluselise mageveega lahjendatult see neutraliseerub. Pesuvett saab pärast separaatorites töötlemist ja setete eemaldamist juhtida avamerre.

Merevee aluselisis varieerub mitmel põhjusel. Suudmealadel ja mandrile lähedal võib see olla soolasevõitu või neutraalne, kuid mõnes piirkonnas, kui toimub veelune vulkaaniline aktiivsus, võib vesi olla looduslikult kergelt happeline.

Laevandussektoris jagunevad märgskruuberid kahte tüüpi, kas avatud või suletud, need töötati välja eraldi. Olemas on ka kolmas tüüp, kombineeritud, mis võimaldab skruuberit kasutada nii avatud kui ka suletud programmil, olenevalt kumba tehnoloogiat on kõige sobivam kasutada.

Antud märgskruuber süsteemid ei ole kõige kompaktsemad seadmed ja võtavad enda all palju ruumi ning mõjutavad laeva püstuvust ja stabiilsust. (Latarche 2017)

Avatud tehnoloogiaga skruuberites kasutatakse puhastus- (ingl. k. *scrubbing*) ja neutraliseerimisvahendina merevett ning täiendavaid kemikaale pole vaja. Mootori või boileri heitgaas suundub gaasipesurisse ja seda töödeldakse mereveega. Merevee maht sõltub mootori suuruselt ja võimsusest, kuid võrdub umbes 40m³ MWh (ingl. k. *megawatt-hour*), mis tähendab, et on vaja üsna suurt pumpamisvõimet. Süsteem on

umbes 98% efektiivne, et suudab isegi 3,5% väävlisisaldusega kütteõli tarbimisel jääda 0,1% väävlisisaldusega maksimaalse heitmete piirnормi.

Avatud süsteemi saab suurepäraselt kasutada ainult siis, kui puhastamiseks kasutataval mereveel on piisav aluselikus. Magevesi ja soolasevõitu vesi ei ole piisavalt tõhusad. Sel põhjusel ei kvalifitseeru avatud süsteemiga skruuberi tehnoloogiat piisavaks sellises piirkonnas nagu Läänemeri, sest seal pole vee soolustase piisavalt kõrge. MARPOLi määruste kohaselt tuleb enne väljalaskmist heitvett kontrollida, et PH väärtus ei oleks liiga madal.

Eelised:

- Antud süsteemil on vähe liikuvaid osasid ja lihtne disain ning pardale kergelt pagaldatav.
- Peale saasteainete- ja operatiivkontrolli ei vaja süsteem rohkem hooldusi.
- Antud süsteem ei vaja jäätmete hoiustamist.

Puudused:

- Heitgaaside jahutamine on probleemiks.
- Süsteemi tööpõhimõte sõltub ümbritsevast keskkonnast, kus laev seilab, kuna igal pool ei ole saadaval piisava aluselisusega vett, siis süsteemi ei saa kasutada.
- Tõhusa puhastamise jaoks on vaja väga suurt hulka merevett, mistõttu süsteem tarbib palju energiat.
- ECA piirkondades tuleb ikka tarbida 0,5% väävlisisaldusega kütust, sest seal ei ole avatud skruuberi kasutamiseks piisavalt aluseline vesi. (Sethi 2020)

Suletud süsteemiga skruuber töötab sarnaselt avatud ahelaga süsteemile, kuid merevee asemel kasutab see tehnoloogia puhastusvahendina kemikaalidega töödeldud magevett (tavaliselt naatriumhüdrosiidi). See muudab heitgaasivoolust pärit SO_x kahjutuks naatriumsulfaadiks. Erinevalt avatud ahelaga pesurite läbivoolumeetodist suundub suletud ahelaga pesuvesi protsessi mahutisse, kus seda puhastatakse enne uuesti ringlusesse minekut.

Selleks, et vältida naatriumsulfaadi kogunemist süsteemi, liigutatakse korrapärase ajavahemike järel pesuvett laeva küljelt küljele või siis lisatakse magevett hoiupaaki. Suletud ahelaga süsteemis on vajamineva pesuvee maht poole suurem avatud ahelaga versioonist - vaja on rohkem paake. Hoiupaagid, kus hoitakse pesuvett ajal, kui merre heitmine on keelatud, siis on vaja hoiupaake, mis hoiaksid temperatuuri vahemikus 20°C - 50 °C, kus hoiustatakse naatriumhüdroksiidi, mida kasutatakse tavaliselt 50%lise vesilahusena. Samuti peab olema veel eraldatu koht kuiva naatriumhüdroksiidi jaoks.

Eelised:

- Väga vähest hooldust vajav.
- Saab kasutada kõigist tingimustes, ei olene laeva ümbritsevast töökeskkonnast.

Puudused:

- Vaja on erinevaid hoiupaake: reovee jaoks, naatriumhüdroksiidi jaoks, puhta vee jaoks ning ka eralduva sette jaoks - ruumikulukas
- Süsteemi sobitamine, eriti veel kahe eri kütuse tarbimisvõimekusega mootoritele, võib olla keeruline (Andritz, 2020)

Kombineeritud tehnoloogiaga skruuber on mõlema, avatud ja suletud tüübi, märgskruuberi kombinatsioon, mis töötab avatud tehnoloogiaga, kus veetingimused ja väljalaskereeglid seda võimaldavad ning muul ajal suletud süsteemiga. Kombineeritud tehnoloogiaga skruuberid on osutunud kõige populaarsemaks, kuna need saavad hakkama igas olukorras, kasutades 3,5% väävlisisaldusega kütteõli.

Eelised:

- Sobib nii pikkadeks kui ka lühikesteks reisideks kogu maailmas.
- Saab kasutada 3,5% väävlisisaldusega kütust iga aeg.

Puudused:

- Süsteemi toimima saamiseks on vaja rakendada palju muudatusi laeva tehnikas
- Nõuab palju ruumi ning ka lisaruumi kemikaalide ja lisaainete ladustamiseks
- Süsteemi paigaldamine võitab palju aega (Pacific Green Technologies, 2020)

3.1.2 Kuiv skruubersüsteem

Antud tehnoloogia ei vaja puhastamiseks ei vett ega mingit sorti vedelikku. Kuivas skruubersüsteemis kasutatakse väävli eemaldamiseks hüdraatunud lubja graanuleid. Selle eeliseks on see, et skruuberi kõrged temperatuurid põletavad ära tahma ja õli jäägid. Lubja graanulid imavad jällegi väävli ja muutuvad kipsiks.

Ehkki kasutatud graanulid peavad jääma pardale kuni sadama küllastamiseni, sest seal tohib need anda maale, ei loeta neid jäätmeteks, kuna neid saab kasutada nii väetisena kui ka kipsplaadi tootmisel. Kuiva skruubersüsteemi energiatarve on väiksem kui märgsüsteemi puhul, kuna suured pumbad pole vajalikud. Kuid seadme kaal võrreldes märja süsteemi omaga on jällegi palju suurem.

Eelised:

- Lämmastiku-ja vääveloksiidid eemaldatakse tõhusalt.
- Antud tehnoloogia ei tekita vedelat heitvett, mida tuleks üle parda kõrvaldada.
- Pärast heitgaasides puhastamist järele jäänud produkti, kipsi, saab müüa kasutamiseks erinevates tööstustes.

Puudused:

- Protsessiga seotud lähteaine ja produkt vajavad hoiustamist pardal.
- Reagendid on kallid, karbamiid (ingl. k. *urea*) NO_x vähendamiseks ja kaltsiumhüdrosiid SO_x vähendamiseks (Andritz, 2020).

3.2 Skruuberi maksumus

Skruuberi tasuvusaeg sõltub mitmest aspektist:

- antud süsteemi kapitali- ja paigaldamiskulud
- laeva vanus
- destilleeritud ja raske kütuse hinnaerinevus

Skruuberite kasutusmäära võib parandada, kui lipuriigid pakuvad riigiabi või atraktiivseid finantstehinguid. Kuid siiani ei ole teada palju riike, kes tegelevad antud projektile abirahade või -süsteemide pakkumisega. (Latarche 2017)

Tabel 4. Skruubersüsteemide hinnad (hinnad on antud eurodes ja installeerides 20 MW mootoriga laevale)

Skruuberi tüüp	Uuele laevale paigaldus	Vanale laevale paigaldus
Märg skruubersüsteem avatud	2,4 mln	2,1 mln
Märg skruuberüsteem suletud	2,4 mln	1,9 mln
Kombineeritud skruuberüsteem	3 mln	2,6 mln

Allikas: Research Gate, 2020

4 Alternatiivsed kütused

Laevandus on üha suurema surve all, et tegutseda Pariisi kokkuleppe alusel, selleks et vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid. Detsembris 2015 toimunud Pariisi kliimakonverentsil võtsid 195 riiki vastu globaalse, õigusliku siduva kokkuleppe kliima soojenemise pidurdamiseks. Kokkuleppe põhieesmärgiks on kliimamuutuste leevendamine ja heitkoguste vähendamine. Eeldatakse, et järgmiste aastakümnete jooksul saavutatav oluline heitkoguste vähendamine soodustab tehnoloogia arengut ja eriti vähese süsinikdioksiidiheitega kütuse kasutuselevõttu. Lisaks sellele pööratakse üha enam tähelepanu ohtlike NO_x, SO_x ja tahkete osakeste heitkoguste tagajärgedele.

Maavarad on piiratud ja kütus on fossiilse päritoluga ning mitte taastuv. Alternatiive on oluline leida, et vähendada ökoloogilist jalajälge ja leida võimalusi siis kui toornafta saab otsa.

4.1 Mere gaasiõli

MGO (ingl. k. *marine gas oil*) on kerge laevakütus, mis koosneb 100% destillaatidest. Gaasiõli on omadustelt lähedasem autodiiselmootori kütusega kui masuudiga, kuid märksa madalama kvaliteediga kui diislikütus. Värvuselt on mere gaasiõli läbipaistev. Kasutatakse peamiselt kalapüügi mootorpaatides, väikestes praamides ning puksiirides. Meregaasiõli koosneb kergematest destillaatidest ning selle tulemusel on ka viskoossus madalam ja tema pumbatavas küttesüsteemi 20 °C juures lihtsam kui raske kütuse puhul. Meregaasiõli kasutamisel diiselmootorites on heitgaaside hulgas vähem tahkeid osakesi ning tahma. Antud kütust kasutatakse ECA alades kõige rohkem, kuna see vastab IMO poolt kehtestatud normidele. Antud kütuse hind on kallim kui 0,5% väävlisisaldusega kütuse hind, seepärast ka ei ole nii laialdaselt levinud ning madala viskoossuse tõttu võib kütusekulu märgatavalt suurened. (Niinepuu, 2018)

4.2 Mere diislikütus

MDO (ingl. k. *marine diesel oil*) on laeva diislikütus, mis on destilleerimisjäädikudega segatud kerge laevakütus, mis peab sisaldama vähemalt 50% destillaate. Mere

diislikütuste värvus ulatub helepruunist kuni mustani - olenevalt koostisest. Raske kütteõli ladustamisel peab seda ka kuumutama, kuid mere diislikütust ei pea. Kütust müüakse erineva väävlisisaldusega nii 3,5% väävlisisaldusega kui ka alla 1% väävlisisaldusega. Antud kütus on raske kütteõli sisalduse tõttu ka suurema tihedusega kui tavadiislikütus. Mere diislikütust kasutatakse põhiliselt väikestes keskmise kiirusega laevamootorites ja abijõuseadmetes ning väga suurte laevade abimootorite toiteks. Antud kütus on kõrge väävlisisaldusega kütusest ning ka 0,5% väävlisisaldusega kütusest tunduvalt kallim. (Marquard & Bahls, 2020)

4.3 Veeldatud maagaas

LNG (ingl. k. *liquid natural gas*) kui laevakütus erineb radikaalselt traditsioonilisest naftast toodetud vedelkütusest või biovedelkütusest nii omaduste kui säilitamise, käitlemise ja mootorite kasutamise poolest. Maagaas on gaasiline põlev maavara, mis on tekkinud maakoos orgaaniliste ainete biokeemilisel lagunemisel ja muundumisel geokeemiliste tegurite mõjul miljonite aastate jooksul. Koostis sõltub leiukohast ning samast leiukohast saadav gaas on püsiva koostisega, sisaldades põhikomponendina 75-80% metaani ning väheses koguses võib leida etaani, propaani, butaani, pentaani ning süsinikoksiide ja lämmastikku. LNG saadakse maagaasi jahutamisel atmosfääri rõhul veeldumistemperatuurini -162 °C. Võrreldes naftast toodetud vedelkütustega sisaldavad maagaasi põlemisprotsessi tulemusena tekkivad põlemisgaasid oluliselt väiksemates kogustes kahjulikke atmosfääriemissioone, sh vääveloksiide ja tahkete osakeste sisaldus on praktiliselt 0.

Põhilised eelised on seotud keskkonnakaitsenõuete karmistumisega, sest väljalaskegaasides vääveloksiidid ja tahked osakesed praktiliselt puuduvad ning lämmastikoksiidide sisaldus on 90-95% väiksem. Kütteväärtus on 20-25% kõrgem võrreldes naftast toodetud vedelkütusega ning LNG hind peaks jääma kõrge väävlisisaldusega kütusega samasse järku. Mootorite hooldus väheneb puhta põlemisprotsessi tõttu.

Väljakutseteks on aga vastavalt maagaasile töötava mootori installeerimine või ümberehitamine. Laevadel tuleb leida moodus ja koht normaalseks optimeerimiseks

vajaliku gaasikoguse hoidmiseks ja käitlemiseks. Ülimadala temperatuuri tõttu on LNG ülimalt ohtlik käitlemisel ning on kõrgendatud tuleoht - laevapere peab saama vastava väljaõppe. (Kopti, M., Punab, H., Guldenkoh, M., 2015)

4.4 Vedelgaas

LPG (ingl. k. *liquefied petrooleum gas*) on vedelgaas, mis koosneb butaani ja propaani segust, seda toodetakse nafta või maagaasi tootmise kõrvalt ning seetõttu on LPG fossiilne kütus. Põledes eritab LPG sarnaselt bensiinile ja diislile süsihappegaasi, kuid võrreldes teiste fossiilkütustega koguseliselt siiski vähem.

Antud kütuse miinuseks on suur tuleohtlikkus, sest komponendid on õhust raskemad ning gaas ei haju kergesti. Võrreldes LNG kütusega on LPG veeldatav miinus 10C ja miinus 450C juures. Positiivseks küljeks on aga see, et heitgaaside väärtus on madalam ning kuna põlemisel pole praktiliselt väävlit, siis ei teki ka tahma.

4.5 Biokütus

Biodiisliit kutsutakse ka kui FAMEks ehk rasvhappe metüülestriks. Biokütus kütuselisandina võeti kasutusele selleks, et vähendada toornaftast valmistatud kütuse osakaalu. Kütus on saadud taimeõli või loomse rasva lisamisel ehk see on taastuv kütus. Biodiisli määrdevõime mootorites on kõrgem kui fossiilsetel diislikütustel, seega võib biogeenne kütus vähendada kulumist. Fossiilse diislikütusega võrreldes on energiasisaldus liitri kohta madal, mis võib viia tarbimise mahu suurenemiseni kuni 5%. Veel on leitud, et biokütuses on suurem tahkete osakeste arv ja sademe hulk. Positiivseks aspektiks on aga see, et biokütuse kasutusele võtt vähendab oluliselt CO₂ emissioone võrreldes fossiilkütuste kasutamisega. Biokütust on võimalik diiselmootorites kasutada neid ümber **seadistamata**.

4.6 Metanool, päikesepaneelid, tuuletõukejõud ehk purjed

Metanool on ohutu ja tasuv alternatiivne laevakütus, mis aitab laevanduses täita üha rangemaid heitkoguse eeskirju. Toodetakse tavaliselt maagaasist, kuid saab ka toota

taastuvatest allikatest, nagu biomass ja süsinikdioksiid. Metanool vähendab märkimisväärselt väävel- ja lämmastikoksiide ja tahkete osakeste heitkoguseid. Metanool on kogu maailmas saadaval. Uute ja olemasolevate laevade ümberehitamiseks metanoolil töötamiseks on kulu väiksem kui teiste alternatiivsete lahenduste puhul. Positiivseteks eeldusteks on madal heitgaaside emissioon, kütuse ladustamine ja punkerdamine ei nõua palju muutusi ja pole väga kallis. Metanool on selge värvitu vedelik, mis lahustub vees kiiresti. Suure metanooliõnnetuse puhul oleksid mõjud keskkonnale palju väiksemad võrreldes samaväärse õlireostuse keskkonnamõjudega. (Methanex, 2020)

Tuul on suurepärase energiaallikas laeva liikuma panemiseks. Tuule tõukejõudu saab hästi ära kasutada purjede näol, mille saab panna laevale lisaks, et suurema tuule korral hoida kokku kütusekulusid ning lisada taastuenergia näol hoogu.

Samuti kasutatakse päikesepaneele tänapäeval juba elektri tootmiseks majades, siis on täiesti võimalik ka laevadele panna peale päikesepaneelid ning kasutada ära päikesest tulevat energiat. Patareid võimaldavad salvestada elektrienergia jõuseadme jaoks. Hiljutised arengud akutehnoloogias ja kulu langus vastavalt nõudlusele muudavad antud tehnoloogia laevaehituse jaoks atraktiivseks. (DNVGL, 2020)

5 Kättesaadavuse analüüs

Kõigil laevadel peaks olema kindel laevapõhine kütteõlivahetuse kava, mis tagab selle, et 1. jaanuarist 2020 ja pärast seda põletatakse ainult nõuetele vastavat kütust. Plaan peaks kajastama kõiki ülemineku protseduuride punkte. Samuti peaks kava sisaldama ka nõuetele mittevastava kütuse maha laadimise või tarbimise meetmeid. Enne 0,5% väävlisisaldusega kütuse tankimist paakidesse on rangelt soovitatav puhastada tankid eelmiste kütuste jääkidest, et vältida nii riske ja komplikatsioone.

Kütteõli tarnijad tõenäoliselt ei tooda ega tee kättesaadavaks suures koguses 0,5% väävlisisaldusega kütteõli enne, kui nende järele on nõudlus. Seetõttu soovitati, et laevakompaniid juba eelnevalt alustaksid nõuetele vastava kütuse tellimist, et kaardistada oma vajadusi ja tagada 1. jaanuariks nõuetekohane kütus.

3,5% väävlisisaldusega kütuselt nõuetekohasele ülemineku edasilükkamine viimasele hetkele võib tunduda küll majanduslikult mõistlik, aga sellegipoolest on soovitatav minna varem üle, sest siis on aega lahendada käitamis- ja tarneprobleeme, mis võivad tekkida. Kütus võib küll standardtestidele vastata, kuid siiski on võimalus, et sisaldab lisandeid, mis vajavad üksikasjalikumat analüüsi.

Pärast 1. jaanuari 2020 on endiselt olemas täielik ebakindlus nõuetele vastava kütuse ülemaailmse kättesaadavuse osas ja samuti peab olema valmis selleks, et mõnes piirkonnas võib ka nõuetele vastav kütus puududa. Laevaomanikud ja -operaatorid võivad ka kaaluda nõuetele vastava 0,1% väävlisisaldusega kütusele üleminekut ajaks, millal paraneb 0,5%lise kättesaadavus ja usaldusväärsus. (International Chamber of Shipping, 2020)

Autor eeldab, et arengumaade jaoks võivad osutada IMO 2020 vastavate kütuste kulud liiga suureks. Samuti ka riikide jaoks, kus on tugev mere- või jõekaubandus, nagu näiteks India, Filipiinid ja Indoneesia ning Tai.

Jaanuarikuus oli India sadamatel mitmete allikate väitel probleeme ISO standardile vastava kütuse pakkumisega. Rafineerijad ei olnud valmistunud niivõrd suureks nõudluseks. Toodang oli 80 000 - 90 000t kuus, kuid nõudlus üle 150 000t kuus. 0,5%

väävlisisaldusega kütteõli puudus ähvardas India idaranniku vedu, kus laevad ei kasuta MGO (ingl. k. *Marine Gas oil*) ning ei ole ka varustatud skruubersüsteemidega, et saaksid kasutada kõrge väävlisisaldusega kütust. Lahendusena pakuti diislikütuse tarbimist seni, kuni on ammendatud madala väävlisisaldusega kütteõli varud, kuid laevaomanikud leidsid, et see oli neile opereerimiseks liiga kallis ning neil pole muud võimalust, kui peatada laevade liiklus.

Riigile kuuluv naftatöötlemistehas on andnud teada, et nende võimekus on toota aastas 1 miljon tonni kütust, mis on võrdne India sisenõudlusega. Probleem on eskaleerunud just idarannikul, kus kütuse kättesaadavus on piiratud ja keerukas, kuna seal leidub ainult kõrge väävlisisaldusega tooret. (Aliyev 2020)

Samuti ka Indoneesia ei olnud veel detsembris valmis minema uuest aastast täielikult üle madala väävlisisaldusega kütusele, põhjendades seda sellega, et peamine probleem on tootmise vähesuses ning et riigisisised laevad on vanuses 15-30 aastat ja nende kütteõliks on peamiselt kõrge väävlisisaldusega kütteõli. Indoneesias on kõrge väävlisisaldusega kütusevarusid palju, mistõttu tarbimine kestab kaua, nende kõige suurem rafineerimistehas toodab 55 000 tonni kütust kuus. Juulis 2019 lubas transpordiministeerium territoriaalvetes kasutada neil nõuetele mittevastavat kütust, põhjendusega, et nad ei saa endale lubada kallimat kütust, kuid antud reegel siiski ei jõustunud.

Edaspidi võib laevadele pakkuda B20 toodet, mis on Indoneesia kohalikul turul laialt levinud väävlivaba biodiislisegu (20% taimeõli, 80% nafta), et täita IMO 2020 norme juhul, kui laevaomanikud ei suuda hankida piisavalt nõuetele vastavat kütust. Kuid antud segu võib tekitada muid probleeme, nagu filtrite ummistumine. (ArgusMedia, 2020)

Hiina impordib madala väävlisisaldusega kütust peamiselt piirkondlikelt tarbijatelt ja sealhulgas Singapurist ja Lõuna-Koreast. Põhjuseks, miks Hiina kütust sisse ostab, on see, et riigil endal puudub või on vananenud vastav tehnika, et eemaldada kütusest liigne väävel. Hiina rafineerimistehased peavad oma tehaseid täiustama just uute torustike ja naftamahutite poolest ja loodavad ise hakata rohkem madala väävlisisaldusega kütust pakkuma teises kvartalis. Aasta alguses ei tekkinud nende sadamates probleeme madala väävlisisaldusega kütuse pakkumisega. 2020. aasta alguses käivitati Malaisias ja Koreas

rafinerimistehased, mis suurendavad ka piirkondlikku kütuse pakkumist. (Kahsawneh, Muyu 2020)

Suurimad sadamad, kus toimub punkerdamine, nagu Singapur, Houston ning Amsterdam-Rotterdam-Antwerpen on maininud, et neil ei ole probleeme vastava kütuse pakkumisega ning on valmis vastavalt nõudlusele teenindama.

Jaanuarikuus tõusis Singapur punkerdamise mahu poolest esimeseks sadamaks maailmas. Kogumahust 83% müüdi 0,5% väävlisisaldusega kütust, mis tegi kokku 3,743 miljonit tonni. Ainult 17% müüdi kõrge väävlisisaldusega kütust, mis tähendab ka seda, et skuuberite kasutamine ei ole niivõrd laialt kasutatav süsteem. Kokku punkerdas Singapuri sadamas 3591 laeva, mis on peaaegu seitsme aasta kõige kõrgem tulemus. Singapuri punkerdamiskeskuse (ingl. k. *hub*) head tulemust võis ka mõjutada samal ajal Hiinas liikuv COVID-19 viiruse laienemine ning ka see, et Hiina ise ostab Singapurilt madala väävlisisaldusega kütteõli sisse. (Khasawneh 2020)

Ladina-Ameerikas on suurimaks kütuse pakkujaks Brasiilia keskus, kus on ka üks kõige odavam kütteõli. Enamik rafineerimistehaseid töötlevad seal madala väävlisisaldusega tooret, millest on kergem saada 0,5% väävlisisaldusega kütust. Brasiilia on eksportinud 2019. aasta lõpus Hiinale peaaegu poole oma toodangust.

Samuti ei leidnud infot selle kohta, et Põhja-Ameerika suurimal kütusekeskusel Houstonis oleks olnud probleeme vastava kütuse pakkumisega.

Nafta levik on kahanenud pärast droonirünnakuid, mis tehti 14.09.2019 kahele Saudi-Araabia naftarajatistele. See omakorda pidurdas toorproduksiooni ja vähendas ka rafineerimistehaste tootlikkust. Antud rünnak mõjus halvasti Saudi-Araabia ettevalmistusteks IMO 2020 väävliregulatsioonidele vastava kütuse pakkumise suhtes. Nad ei suutnud jaanuariks oma rafineerimistehaseid täisvõimsusel tööle saada ja selle tõttu tuli ka teateid, et Saudi-Araabial ei ole pakkuda madala väävlisisaldusega kütust. Kuid eeldatakse, et kui Aramco Jazani rafineerimistehas Saudi-Araabias käivitub, siis suurendab see ka Lähis-Ida kütteõli kättesaadavust ning vähendab impordinõudlust.

Veebruari alguses oli kinnitatud probleeme IMO 2020 reeglitele vastava kütuse kättesaamisega Vahemeremaades, nagu Itaalia ja Hispaania, kuid seda oli juba varem ennustatud, et kui Euroopas ilmneb probleeme, siis seda Vahemeremaades.

5.1 Vastava kütuse mittekättesaadavus raport

FONAR (ingl. k. *fuel oil non-availability report*) ehk vastava kütuse mittekättesaadavuse raport on asjakohane nii laevaomanikele kui ka lipuriikidele. IMO on töötanud välja kütteõli mittekättesaadavuse aruande vormi. MARPOLi VI lisas, reegel 18.2, kirjeldatakse, mida tuleb teha juhul, kui laev ei saa IMO 2020 nõuetele vastavalt kütust kätte:

- tuleb teavitada nii lipuriiki kui ka järgmist sadamat, kuhu saabute;
- kirjeldada meetmeid, mille võtsite kasutusele, et saada nõuetele vastavat kütust;
- tuleb esitada tõendid, et üritasite osta vastavalt planeeritud reisile kütteõli ja kui seda ei leidnud, siis püüdsite leida alternatiivseid allikaid, kuid hoolimata pingutustest nõuetele vastava kütuse leidmiseks, ei leidnud te sobivat.

Laevadelt ei tohi nõuda, et nad kalduksid kavandatud reisilt kõrvale sellepärast, et saada nõuetele vastavat kütust. Kütus peab olema tagatud igas sadamas. Täites ära FONAR, ei anna see siiski laevale täielikku vabadust, et kasutada nõuetele mittevastavat kütust. FONARi ja esitatud tõendid vaatab üle sihtsadam ning otsustab siis, kas määrata trahv laevale või mitte. Nii mõnelgi juhul võib algne odavama kütuse kasutamine tunduda kasulik, kuid halvimal juhul peab sihtsadam laeva ebasobivast kütusest tühjaks punkerdama ja tankid puhastama, mis võib osutuda kulukaks ja aeganõudvaks.

Kuni 24. märtsini 2020 on täidetud 41 nõuetele mittevastava kütuse kättesaamisraportit. Nendest 34 jaanuaris, kuus veebruaris ja ainult üks märtsis.

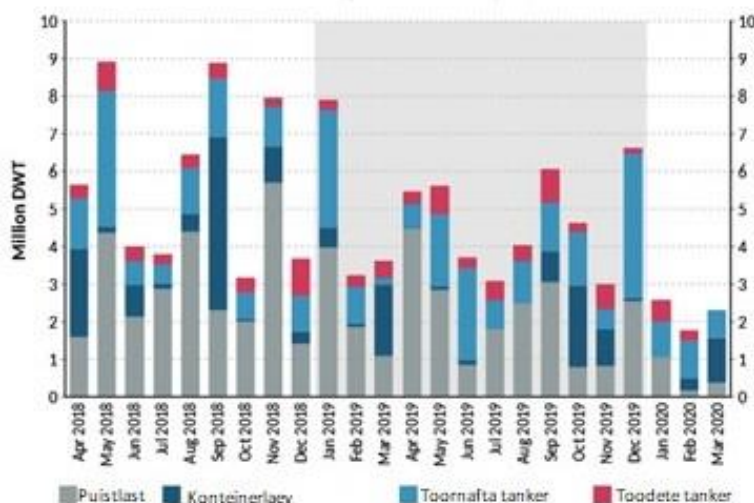
Kõige rohkem tuli FONAREid Saudi-Araabia sadamatest ja Egiptusest ning Indiast. Samuti tuli veel raporteid Lõuna-Aafrikast ja Sri Lankalt. BIMCO (ingl. k. The Baltic and International maritime council) on ütelnud, et vähene FONARite arv ei pruugi anda täieliku tagasisidet kättesaadavuse kohta, sest see ei hõlma seda, kui sadamas oodatakse

kütust või kui laev võtab ette reisi lähedal asuvasse sadamasse, et hankida IMO regulatsioonidele vastavat kütust.

Nõuetele mittevastavat kütust polnud näiteks aasta alguses Singapuris ja Malaisias, aga ühtegi FONARit sealt ei ole, sest laevad lihtsalt ootasid 8-9 päeva õige kütuse järele.

Samuti testiti jaanuarikuus punkrites olevat nõuetele vastavat kütust ning leiti, et Maltal ja Panama Cristobali sadamas ei olnud väävlisisaldus kütuses piisavalt madal, kuid need kaks näidet olid jaanuarikuus ja edaspidi ei ole leitud nõuetele mittevastavat kütust testimise käigus. (DNVGL, 2020) (Hoffmann 2020)

Praegusel ajal on raske teha ennustusi, kuidas võib edaspidi nõuetele vastava kütuse nõudlus ja pakkumine käituda. 2020. aasta mais võib autori arvates eeldada, et kättesaadavus vastava kütuse järele on olemas, kuidas samas seda eelarvamust on kõvasti mõjutanud ülemaailmne pandeemia. Kütusenõudlus on langenud, kuna paljud laevad seisavad ja riikides valitseb eriolukord, globaalne majandus läheb alla. Samuti on langenud nõudlus uute laevade ehitamise järele ja on ka ära tühistatud uute laevade tellimusi. IEA (ingl. k. *International Energy Agency*) eeldab, et koroonaviiruse pandeemia tagajärjel väheneb ülemaailmne naftanõudlus aprillis 29 mln barreli peale päevas, 2019. aastal oli selleks arvuks 70 mln barreli päevas.



Joonis 5. Laevastiku lepingute sõlmimis aktiivsus

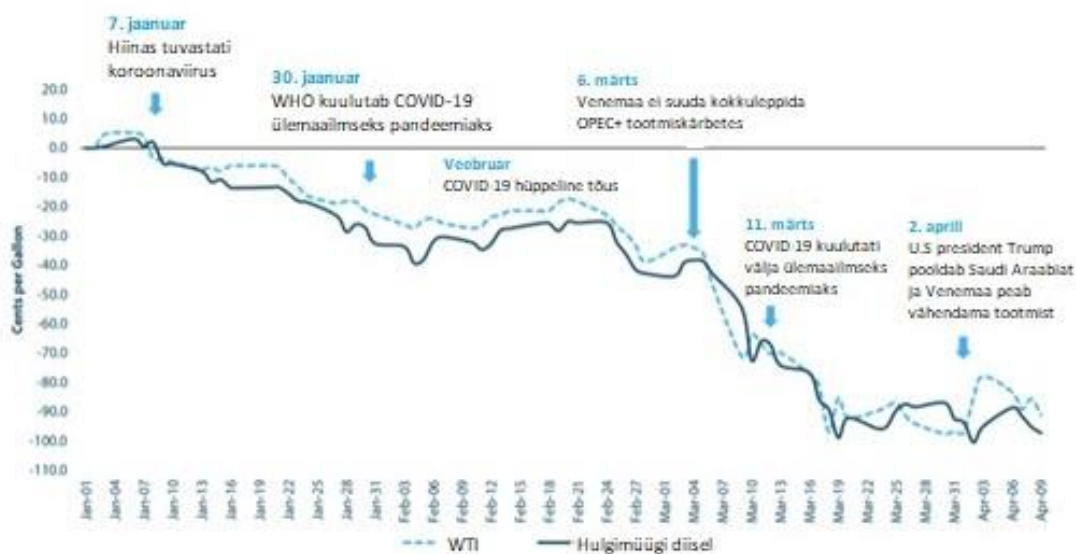
Allikas: Sand 2020

5.2 Kütuse hinnad

Keegi ei osanud ette näha, et 2020. aasta alguses toimuvaid enneolematuid sündmusi nagu COVID-19 ülemaailmne levik ning Venemaa ja Saudi Araabia alustatud turuosasõda. 12.04.2020 sõlmisid OPEC+ riigid kokkuleppe, et vähendada naftatoodangut 9,7 miljoni barreli võrra päevas. Antud sundused mõjutasid dramaatiliselt nii majandust kui ka toornafta ning rafineeritud toodete hindade langust I kvartalis. Analüütikute hinnangul on praegune nafta tarbimine 20 miljonit barreli ööpäevas, aga tootmisest moodustab see ainult viiendiku ehk siis toimub ületootmine ja nõudlus ei jõua pakkumisele järgi.

Olgu mainitud, et eelmise aasta lõpus tehtud ennustused näitasid, et madala väävlisisaldusega kütteõli saab olema tunduvalt kallim kui kõrge väävlisisaldusega kütus.

Singapuri 0,5% väävlisisaldusega kütus oli jaanuaris keskmisel 298 dollarit tonn, veebruaris 192 dollarit tonn ja märtsis 107 dollarit tonn - kolme kuuga on hind langenud rohkem kui poole võrra.



Joonis 6. Nafta hinna kõikumine

Allikas: Breakthrough, 2020

Praegune ülemaailmne kriis ning nõudluse puudumine naftaturul on pannud kõik hoidlad juba praegu (22.04.2020) toornaftat täis.

20.04.2020 on naftaturul nõ. must päev - laastav päev globaalsele naftatööstusele. Päeva lõpuks kukkus USA toornafta WTI (ingl. k. West Texas Intermediate) mailepingute hind 17,85 dollarilt miinus 37,63 dollarini barrel. See tähendab, et nafta müüjad on nõus maksma peale, et nafta ära viiakse, sest nende mahutid on pilgeni täis ja naftat ei ole kusagil hoiustada. 02.01.2020 oli naftabarreli hind 45,15 dollarit. Ameerika Ühendriikide kütusehinna madalseisu võrreldes Euroopaga põhjustab ka USAs toodetava kildanafta ülepakkumine ning praegusel juhul ei ole võimalik isegi mitte eksportida. 2.04.2020 esitas esimene suur USA kildanaftatootja pankrotikaitseavalduse. 21.04.2020, kui algas nafta kauplemine Aasia turgudel, kerkis WTI mailepingute hind siiski väikesesse plussi - 1,35 dollarit barrel. Viimaseks madalpunktiks oli aastal 1946 hind 1,67 dollarit barrel, mis sai löödud nüüd aastal 2020.

Brenti nafta hind jäi siiski 20.04.2020 plussi 26,17 dollarit barreli kohta. Kuid 02.01.2020 oli selleks hinnaks 54,91 dollarit barrel. Ka Brenti nafta hinnale ennustatakse langust, kuid kas nii suurt, seda ei osata prognoosida.

Nafta kui geopoliitiline tooraine - Venemaa on naftast müügist väga sõltuv, sest kolmandik nende riigi eelarvest tuleb nafta tuludest. Venezuela nafta on olnud USAs Texasas asuvale naftatöötlemise kompleksile põhiline allikas, kui allikas ära kukub, on siis lähim koht, kus saada rasket naftat, on Venemaa. Hiinale on praegune olukord soodne, sest nemad jõuavad ainult kolmandiku toornaftast toota enda tarbeks ja muu peavad sisse ostma. Samuti ka Indiale on soodne, sest nemad toodavad ise kuuendiku vajaminemast toornaftast. Naftaturu suurimad kaotajad on praegu eksportijad ja võitjad, odavate hindade tõttu, importijad. Veel saavad kasu tankerid, kuna langenud nõudluse tõttu on maailma naftahoidjad täis saanud ning lisanduvat kütus pole kusagil ladustada, siis on ajutiste ladudena võetud käiku tankerid. Hoidlatena tulu teenimine on laevafirmadele eriti kasulik, kuna ankrus seistes ei pea tanker ise kütust tarbima ning kulud on seetõttu kordades madalamad kui naftat vedades. On laevu, mida renditakse välja ujuvate hoidlatena hinnaga 230 tuhat dollarit päev.

5.3 Skruuberi installeerimine

Veebruari lõpu seisuga on installeeritud 2520 skruubersüsteemi. See aasta on kavandatud veel 2000-2500 installeerimist. Praegu paigaldatakse vastavalt lubatud ajale ainult üks skruuber kolmest ehk siis laev seisab kauem dokis kui lubatud, tavaline aeg installeerimiseks on 40 - 50 nädalat.

Kuid praegusel ajal venib installeerimine, kuna koroonaviiruse tõttu on laevatehased kinni ja ei installi või siis laevaomanike arvates on madala ja kõrge kütuse hinnavahe jäänud nii väikeseks, et ei tasu installeerida. Näiteks Alpha Tanker on öelnud uuringutes, et kui on võimalus, siis ta tühistab pärast COVID-19 levikut skruuberite installatsioonid, kuna praegusel juhul läheb skruuberi tasuvuseks aega üle nelja aasta. Samuti skruuberite installeerimine võib venida sellepärast, et on mereveepumpade puudus ja hiline tarneaeg ning vajaminevate kvalifitseeritud oskustöölise puudus, kes paigaldaksid laevadele seadmeid. (Hickin, Russel-Webster, Flaws, Washington, Goldburn 2020)

6 Metoodiline osa

Käesoleva lõputöö uuritavaks teemaks on laevakütuste kättesaadavuse ja omaduste väljakutsetest IMO 2020 väävliregulatsioonide tingimustest. Antud lõputöö on kirjutatud keskendudes laevandusettevõtete vaatevinklile. Eesmärgiks on leida väljakutseid, mis kaasnevad 0,5% väävlisisaldusega kütuse ning ka alternatiivsete kütuste kasutusele võtuga. Samuti huvitab autorit, kuidas ja kas saavutatakse laialdaselt madala väävlisisaldusega kütuse kättesaamine kõigile tarbijatele.

Antud peatükk kirjeldab autori poolt kasutatud andmete kogumisviise ja analüüsimeetodeid. Andmete kogumiseks kasutati internetis olevaid artikleid, kogulehekülgi, seaduseid ning ka raamatuid. Tööraames oli autor koostanud küsimustiku, mille saatis e-kirja teel laiali laevandusettevõtetele. Küsimustiku vastuseid kasutas autor sellele teema analüüsiks.

Antud lõputöö keskendub kvalitatiivsele uurimismeetodile. Kvalitatiivses uurimismeetodis kogutakse andmeid suulisel ja kirjalikul kujul. Andmete kogumiseks kasutatakse avatud lõpuga küsimusi. Autor koostas küsimustiku seitsme avatud küsimusega, mille saatis e-kirja teel laiali nii eesti kui ka inglise keeles.

6.1 Eesmärk

Käesoleva lõputöö eesmärk on välja selgitada, milliste väljakutsete ees seisavad laevandusettevõtted seoses IMO 2020 väävliregulatsioonide jõustumisega. Autor eeldab, et paljud ettevõtted teevad valiku skruubersüsteemide kasuks. Lisaks soovib autor saada teada 0,5% väävlisisaldusega kütuse kättesaadavuse kohta, kas igas külastatavas sadamas pakutakse väävliregulatsioonile vastavat kütust kvaliteedisertifikaadiga. Autor pidas oluliseks oma töös keskenduda suuresti 0,5% väävlisisaldusega kütuse ja skruubersüsteemi väljakutsetele, sellepärast et suur üleminek 0,5% väävlisisaldusega kütusele toimus selle aasta (2020) alguses ja antud teema on värske ja aktuaalne. Eesmärgi lahenduseni jõudmist toetavad algallikatele tuginev teoreetiline osa, teadusallikate ja läbi viidud küsimustiku vastuste analüüs.

6.2 Valim

Valimi koostamisel valis autor laevanduseettevõtteid ülemaailmselt, et tagada erinevad vastused ja arvamused. Valimis olid nii Skandinaavias, Venemaal, Euroopas kui ka Aasias ja Ameerikas tegutsevad ettevõtted.

Lähtuvalt teemast olid valimiks laevandusettevõtted nii ECA alas kui ka ECA ala väliselt.

Kokku saadeti küsimustik 55le laevandusettevõttele, kes tegelevad konteineritega, reisijatega, puitlastiga ja vedellastiga. Küsimustikule vastas kuus ettevõtet. Kuna küsimustiku laiali saatmisaeg kattus COVID-19 ülemaailmse pandeemiaga, siis vähene vastuste arv võib-olla sellest mõjutatud.

6.3 Andmete kogumismeetod

Andmete kogumiseks kasutas autor valdavalt kodulehekülgi, internetis leiduvaid artikleid ja raamatuid ning IMO 2020 väävliregulatsioonidega soetud uuringuid, seaduseid ja temakohaseid materjale.

Küsitlus on levinud kvalitatiivse infokogumise meetod. Erinevalt intervjuust kasutatakse küsitlust siis, kui soovitakse teada suurema grupi arvamust. Küsitluse läbiviimismorme on kolm: näost-näku, kirja või interneti teel või telefoni teel. Autor valis teise variandi, nii on vastuseid kõige lihtsam analüüsida ning saab moodustada tabeleid ja diagramme. Samas ei saa vastuse õigsust kontrollida, sest vastust lugedes võib seda valesti mõista ning e-kirja teel saadetud küsimustikule võib vastata keegi, kes ei ole autori arvates piisavalt kompetentne. (Intervjuu, 2020)

Lõputöö raames viis autor läbi küsimustiku nii eesti kui ka inglise keeles (mille leiab antud töö lisadest), mis esitati üle maailma laevandusettevõtetele. Küsitluses olud küsimusi kohaldati vastavalt vajadusele, olenedes sellest, kas küsitlus saadeti peamiselt ECA alas või ECA alast väljas tegutsevatele laevanduskompaniile. Küsimustik koosnes seitsmest küsimusest, milleks olid mõned järgmistest: „Millist kütust kasutasite laevadel kuni 01.01.2020?“, „Millist kütust kasutate nüüd peale 2020 väävliregulatsioonide jõustumist?“, „Kas olete kokku puutunud väljakutsetega, mis on seotud üleminekuga

teisele kütusele? Kui jah, siis millistega?“ ja „Kuidas on mõjutanud väävliregulatsioonide jõustumine prahimäärasid?“. Küsimustiku eesmärgiks oli välja selgitada väljakutsed, mis kaasnesid IMO 2020 väävliregulatsiooniga. Küsitlus viidi läbi e-kirja teel saadetuna laevandusettevõtete meilile.

7 Kütuse ja tehnoloogia väljakutsete analüüs

7.1 0,5% väävlisisaldusega kütuse väljakutsed

Palju on spekuleeritud, et 0,5% väävlisisaldusega kütusel on probleeme stabiilsuse ja ühilduvuse ning kokku sobivusega. Väävlisisaldust reguleerib toornafta allikas, millest antud kütus pärineb ning lõpptulemuse annab rafineerimistehas. Omadused, nagu tihedus ja viskoossus erinevad toore asukohast.

On arvatud, et üheks väljakutseks antud kütusega saab olema tema mittekokkusobivus keemilise koostise varieerumise tõttu. Antud väide sai uurimuse jooksul kinnitust ainult Euroopa turul. Vähene kinnituste arv võib ka olla sellepärast, et praegu ei julge laevad võtta ühte tanki erinevat sorti kütust, kasutatakse üks kütus sisse ja see sama kütus välja moodust ja meetodit. Üks küsitluses osalenud laevandusettevõtte mainis, et neil on olnud probleeme, segades kahte erinevast punkrist pärit 0,5% väävlisisaldusega kütust kokku. Samal ettevõttel on olnud probleeme ka kütuse kvaliteedi ja stabiilsusega, mis lõppes kütuse välja pumpamisega. Viskoossus on osutunud väljakutseks ka teistel küsitluses osalenutel. Veel on täheldatud, et madala väävlisisaldusega kütuses on suurem sette hulk kui 3,5% väävlisisaldusega kütuses.

Küsitluses toodi välja ka hinna erinevust kõrge- ja madala väävlisisaldusega kütuse juures, kus 2020. aasta alguses ja 2019. aasta lõpus pidi palju rohkem maksma kui praegu, tänasel päeval on hind langenud OPEC + kütusesõja ja üle maailma koroonaviiruse leviku tõttu. Peale seda, kui suur nõudlus rahunes, langes ka hind. Veel täheldati, et enam ei võta laev kütust täitsa täis, vaid ainult niivõrd palju, et saaks järgmise sadamani turvaliselt sõita.

7.2 Skruubersüsteemi eelised ja puudused

Küsitluses ei saanud autor ühtegi vastust selle kohta, et ettevõtte kasutab skruubersüsteeme. Kuid Hapag-Lloyd's lasi enda 200 + laevastikust ainult 10 laevale, mahutavusega 13 000 TEUd, installeerida skruuberi, nemad on öelnud, et liiguvad oma laevastikuga LNG poole. MSC on öelnud, et nemad pooldavad IMO 2020

väävliregulatsioone ja see on positiivne panus õhusaaste vähendamisse ülemaailmselt ning kasutavad nii skruubereid kui ka regulatsioonidele vastavat 0,5% ja 0,1% väävlisisaldusega kütust.

Skruuber on oma installeerimise poolest väga kulukas ettevõtmine. Uuele laevale on süsteemi kasulikum paigaldada kui vanale, sest tasuvusaeg on vanal laeval pikem, aga kasutusiga lühem. Tihti peale skruuberi installeerimiseks vajaminev aeg pikeneb ning lubatud 30 päeva asemel seisab laev pikema perioodi dokis ilma sissetulekuallikata.

Skruubersüsteemi protsessid võtavad aset agressiivses keskkonnas, mis tekitab korrasiooni, millega laevaomanikud peavad vastakuti seisma. Skruubersüsteemi saab installeerida enamus laevatüüpidele, kuid süsteemi paigaldamine juba sõitvale laevale mõjutab antud laeva stabiilsust ja püstivust, sest algsete jooniste kohaselt pole skruubersüsteemiga arvestatud. Süsteem paigaldatakse laeva korstnasse ja masinaruumidesse ning kaalub palju. Veel võtab skruuber enda alla laeva kasulikku kaubavedamisruumi, mahutades sinna tanke, kus hoiustatakse skruuberis kasutatavaid keemilisi aineid ja jäätmeid. Autor ei saanud küsitluses vastust küsimusele, kas igas külastatavas sadamas on võimalik ära anda skruuberi jäätmeid.

Antud süsteemi positiivseks küljeks on muidugi see, et saab jätkata 3,5% väävlisisaldusega kütuse kasutamist, kuid mõningate allikate põhjal suureneb kütuse tarbimine 2-3%.

7.3 Kütteõli kasutus

Autori huviks oli teada saada, kas skruuberite installeerimine tõuseb hüppeliselt selleks, et kasutada odavamat kütust. Ameerika turul jagunes jaanuaris 2020 kütuse tankimine järgnevalt: 8% punkerdati kõrge väävlisisaldusega kütust, 60% 0,5% väävlisisaldusega kütust ja 32% destilleeritud kütust MGOd. Siit võib autor teha järelduse, et väga väike protsent on oma laevasid varustanud skruuberitega. Muidugi see protsent võib veel tõusta, kuna paljud laevakompaniid seisavad veel skruuberi installimise järjekorras.

Aasia turul punkerdati oktoobris 2019 70% kõrge väävlisisaldusega kütust ja 30% madala väävlisisaldusega. Kuid jaanuaris 2020 olid protsendid drastiliselt muutunud: 80%

madala väävlisisaldusega kütust ja 20% kõrge väävlisisaldusega. Järeldusi tehes võib autor väita, et Aasias liigub rohkem skruuberitega varustatud laevu kui Ameerika turul.

Euroopas kasutatakse pealmselt 0,1% väävlisisaldusega kütust ECA alas ning kui võrrelda 0,5% väävlisisaldusega ja 3,5% väävlisisaldusega kütuse punkerdmise protsente, siis valdav enamus – 90% kasutatakse madala väävlisisaldusega kütust ja ainult 10% laevadest on varustatud skruuberiga ning kasutavad kõrge väävlisisaldusega kütust.

Kokkuvõte

IMO 2020 väävliregulatsioonide põhieesmärk on viia ECA alade väliselt laevade kütuses oleva väävelprotsendi piirmäär 0,50 massiprotsendini, vähendades nii märkimisväärselt laevadest eralduvate vääveloksiidise hulka ja tehes heateo inimese tervisele ja keskkonnale.

Naftast toodetud vedelkütuse väävlisisaldus sõltub kahest faktorist: toornafta väävlisisaldusest ja kütuse põhiliigist, kas on tegemist destilleeritud või raske kütusega. Naftaleiukohti, kus toornafta väävlisisaldus on alla 0,5%, on maailmas väga vähe ja see tekitabki madala väävlisisaldusega kütuste kättesaadavuse probleemi.

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada väljakutsed, mis on seotud IMO 2020 väävliregulatsioonidele vastava kütuse kasutuselevõtuga ning kättesaadavusega, samuti uuriti skruubersüsteemi kasutusele võtu positiivseid ja negatiivseid külgi.

Kättesaadavuse analüüsist leidis autor, et FONAREid väljastati kuni 24. märtsini 41 ning kõige suuremad kättesaadavuse probleemid esinesid Saudi-Araabias, Egiptuses, Indias ning Lõuna-Aafrikas. FONAR ei sisalda kättesaadavuse probleeme, kui laev ootab sadamas vastavat kütust või kui laev võtab ette reisi lähedal asuvasse sadamasse, et punkerdada vastavat kütust. Singapuris ja Malaisias FONAREid ei esitatud, aga laevad ootasid kuni kaheksa päeva kütteõli. Suuremad puudused tekkisid sellepärast, et rafineerimistehased ei osanud nii suurt nõudlust ette näha ning ei jõudnud toota nii palju kütust kui vaja.

Kütuse ja tehnoloogia analüüsist leidis autor, et 0,5% väävlisisaldusega kütusel on probleeme viskoossusega, samuti ka kvaliteedi ja stabiilsusega. Ühilduvusprobleemi on täheldanud vähesed, sest et praegu ei julgeta veel ühte tanki punkerdada erinevatest allikatest pärit kütust. Kasutatakse meetodit üks sisse, sama välja. Küsitluse vastajad mainisid, et setete hulk on madala väävlisisaldusega kütuses suurem kui 3,5% väävlisisaldusega.

Skruubersüsteemide installeerimises on tekkinud praegusel ajahetkel seisak COVID-19 tõttu ning seoses mainitud ülemaailmse pandeemia ja OPEC+ kütusesõjaga on

kütusehinnad märkimisväärselt langenud. See on pannud laevaomanikud mõtlema, kas skruuberite installeerimine tasub ära. Praegusel juhul selgus analüüsist, et nii mõnedki ettevõtted sooviksid skruuberi intalleerimise tühistada ja kasutada edasi 0,5% väävlisisaldusega kütteõli. Uuringud näitasid, et see aasta on kirjas veel 2000-2500 süsteemi paigaldust, selleks, et kasutada odavamast ja kõrge väävlisisaldusega kütteõli.

Nafta on mittetaastuv maavara, tehnoloogia areneb ja iga päev panustatakse uute alternatiivsete kütuste peale, et säästa keskkonda. IMO 2020 väävliregulatsioonid vähendavad vääveloksiidi heitkoguse määra 77%, mis teeb aastas 8,5 miljonit tonni vähem vääveloksiidi keskkonnas.

Võõrkeelne lühikokkuvõte

The challenges regarding ship fuel availability and properties in terms of IMO 2020 sulphur regulations.

Johanna Mõttus

Keywords: 0,5% sulphur fuel, scrubber, IMO 2020, sulphur regulation, availability

This thesis is written in Estonia, on 59 pages. It includes 6 plots, 4 tables, 2 annexes and 45 different sources.

This topic is topical and important, because on the 1st of January 2020 IMO 2020 regulation was laid down. This regulation came into force on the 1st of March 2020 and it globally reduced marine fuel sulphur content 7 times. Before that, outside of the Emission Control Area, the ships were able to use high sulphur fuel 3,5%, but now they can use only 0,5% sulphur content fuel. If the ship is equipped with a scrubber system, 3,5% sulphur content fuel can be used and stored on board. The new 0,5% sulphur content fuel is newly developed and due to that, a major challenge to fuel buyers and sellers, because it has not been used so extensively before.

The aim of this thesis is to find out the challenges associated with the 0,5 sulphur fuel and with the introduction of alternative fuel usage in shipping. Also the author is interested in how to achieve widespread availability of low sulphur fuel oil to all consumers. The author thinks that most shipping companies invest in scrubbers.

In order to achieve the goal of the thesis the author has set the following tasks:

- Investigate different types of fuels and their properties
- Conduct a survey of shipping companies
- Analyse scientific sources and legislation governing sulphur regulations
- On the basis of various scientific sources, examine how the market situation is with the availability of 0,5% sulphur fuel oil.

For the availability analysis the author found that until the 24th of March 2020, 41 FONARs were issued. The biggest availability problems were in Saudi Arabia, Egypt, India and South Africa ports. FONARs do not include availability issues when a ship is waiting for fuel in port or when the ship is sailing to a nearby port for bunker fuel. In Singapore and Malaysia no FONARs were submitted, but ships waited up to 8 days for fuel oil. The major shortages were due to the fact that the refineries could not anticipate such a high demand and could not produce as much fuel as needed.

From the analysis of fuel and technology the author found that the 0,5% sulphur fuel has problems with viscosity as well as quality and stability. The compatibility problem has been observed by few because as of now, the professionals do not dare to store the same tank fuel from different sources. They use method one in and same out. Respondents mentioned that the amount of sludge in low sulphur fuel is much higher than in high sulphur fuel.

The installation of scrubber systems is currently at a standstill due to COVID-19. As a result of the global pandemic and the OPEC + fuel war, the fuel prices have fallen significantly. This has made shipowners wonder if installing scrubbers is worthwhile. In the present case, the analysis showed that some companies would like to cancel the installation of the scrubber and continue to use fuel oil with a sulphur content of 0,5%. Studies have shown that in 2020 there are another 2000-2500 scrubber system installations, in order to use cheaper and higher sulphur content fuel oil.

Oil is a non-renewable resource. Technology is evolving and new alternative fuels and technologies are being discovered and implemented every day to save the environment. The IMO 2020 sulphur regulation will reduce sulphur oxide emissions by 77%, leading to 8,5 million tonnes less sulphur oxide being released in the environment per year.

Viidatud allikad

Aliyev, E. (2020). Indian ports run low on IMO compliant fuels. ArgusMedia, 16.01.2020
<https://www.argusmedia.com/en/news/2052148-indian-ports-run-low-on-imocompliant-fuels> (8.04.2020)

Andritz. Sea SO_x dry technology

Kättesaadav:<https://www.andritz.com/productsen/environmentalsolutions/environmental-solutions/air-pollution-control/seasox-exhaustgascleaning/drydesulphurizationprocess>, 10.04.2020

Andritz. Sea SO_x wet technology

Kättesaadav:<https://www.andritz.com/productsen/environmentalsolutions/environmental-solutions/air-pollution-control/seasox-exhaustgascleaning/wetdesulphurizationprocess>, 10.04.2020

ArgusMedia. Indonesia to maintain HSFO use in challenge to IMO

Kättesaadav: <https://www.argusmedia.com/en/news/1950023-indonesia-to-maintain-hsfo-use-in-challenge-to-imo>, 18.04.2020

Breakthrough. How 2020 Sulphur regulations will impact diesel prices

Kättesaadav:<https://www.breakthroughfuel.com/blog/sulfur-2020-diesel-prices/>, 20.04.2020

CIMAC. Colf Flow Properties Marine Fuel Oils

Kättesaadav:https://www.cimac.com/cms/upload/workinggroups/WG7/CIMAC_WG7_2015_01_Guideline_Cold__Flow_Properties_Marine_Fuel_Oils_final.pdf, 28.02.2020

CIMAC Guideline. Marine fuel handling in connection to stability and compatibility

Kättesaadav:https://www.cimac.com/cms/upload/Publication_Press/WG_Publications/CIMAC_WG07_Guideline_Stability_and_Compatibility_Nov_2019.pdf, 05.04.2020

Dan Bunkering. (2020) ISO 8217 2017 fuel standard for marine distillate fuels
03.04.2020

DNVGL. Alternative fuels and technologies.

Kättesaadav:<https://www.dnvgl.com/maritime/alternative-fuels-and-technologies-in-shipping/fuels-technology.html>, 25.04.2020

DNVGL. Fuel oil non availability report (FONAR) - what you need to know

Kättesaadav: <https://www.dnvgl.com/news/fuel-oil-non-availability-report-fonar-what-you-need-to-know--159146>, 19.04.2020

DNVGL. Sulphur Cap 2020 - HSFO carriage ban only weeks away.

Kättesaadav:<https://www.dnvgl.com/news/sulphur-cap-2020-hsfo-carriage-ban-only-weeks-away-166293>, 04.04.2020

Einemo, U. (2017) ISO 8217:2017 - what's new and why. Ibia, 24.03.2017
<https://ibia.net/iso-82172017-whats-new-and-why/> (01.04.2020)

Hickin, P., Russel-Webster, B., Flaws, S J., Washington T., Glodburn, J. (2020) Analysis marine fuel price squeeze to test scrubber appetite. S&P Global Platts, 26.03.2020
<https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/shipping/032620-marine-fuel-price-squeeze-to-test-scrubber-appetite> (22.04.2020)

Hoffmann, E. (2020). IMO compliant fuel more available in ports. ArgusMedia, 24.03.2020 <https://www2.argusmedia.com/en/news/2089932-imocompliant-fuel-more-available-in-ports> (19.04.2020)

Ibia. The supply and use of 0,50%-sulphur marine fuel.

Kättesaadav:<https://ibia.net/wp-content/uploads/2019/08/Joint-Industry-Guidance-on-the-supply-and-use-of-0.50-sulphur-marine-fuel-1.pdf>, 05.02.2020

IMO. Introduction to IMO

Kättesaadav: <http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>, 02.02.2020

IMO. IMO 2020 - cleaner shipping for cleaner air.

Kättesaadav:<http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/34-IMO-2020-sulphur-limit-.aspx> , 08.02.2020

IMO. „IMO 2020“ Sulphur Limit - Regulations

Kättesaadav:https://www.md.go.th/central/maritime_regulatory/admin/images/upload/news/760-001.pdf, 04.04.2020

IMO. Sulphur 2020.

Kättesaadav:<http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>, 29.01.2020

International Chamber of Shipping. Compliance with the 2020 „Global sulphur cap“

Kättesaadav:<https://www.ics-shipping.org/docs/default-source/resources/guidance-for-compliance-with-the-2020-global-sulphur-cap-july-2019.pdf?sfvrsn=24>, 18.04.2020

International Maritime Organization. Prevention of Air Pollution from Ships.

Kättesaadav:<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx>, 21.02.2020

Intervjuu. Küsitluse läbiviimise vormid.

Kättesaadav: <http://intervjuu.weebly.com/kuumlsitluse-laumlbiviimise-vormid.html>, 12.04.2020

ISO. ISO 8217:2017 standard.

Kättesaadav: <https://www.iso.org/standard/64247.html>, 03.04.2020

Khasawneh, R. (2020) Singapore marine fuel sales hit tow year high amid new shipping rules. Reuters, 14.02.2020 <https://www.reuters.com/article/us-singapore-bunker/singa>

pore-marine-fuel-sales-hit-two-year-high-amid-new-shipping-rules-idUSKBN2080UA
(19.04.2020)

Khasawneh, R., Muyu, X. (2020). China tax changes unlikely to boost marine fuel supply until Q2. Reuters, 23.01.2020 <https://www.reuters.com/article/china-oil-imo-tax/china-tax-changes-unlikely-to-boost-marine-fuel-supply-until-q2-idUSLAN29J1ZL> (19.04.2020)

Kopti, M., Punab, H., Güldenkoh, M. (2015) Veeldatud maagaasi laevakütusena kasutuselevõtu tehnilise ja majandusliku teostatavuse uuring.

Latarche, M. (2017) How do scrubbers on ship really work? Ship Insight, 03.10.2017 <https://shipinsight.com/articles/scrubbers-ships-work> (07.04.2020)

MAN Diesel & Turbo. Exhaust Gas Emission Control Today and Tomorrow.
Kättesaadav:<https://marine.mandieselturbo.com/docs/librariesprovider6/technical-papers/exhaust-gas-emission-control-today-and-tomorrow.pdf?sfvrsn=22>, 01.02.2020

Marine Insight. FAQs: Sulphur Limits In Emission Control Areas From 1st January 2015.
Kättesaadav:<https://www.marineinsight.com/maritime-law/faqs-sulphur-limits-emission-control-areas-1st-january-2015/>, 11.02.2020

Marquard & Bahls. Marine Diesel Oil (MDO) & Intermediate Fuel oil.
Kättesaadav:<https://www.marquard-bahls.com/en/newsinfo/glossary/detail/term/marine-diesel-oil-mdo-intermediate-fuel-oil-ifo.html>, 25.04.2020

Methanex. About Methanol.
Kättesaadav:<https://www.methanex.com/about-methanol/methanol-marine-fuel>,
25.04.2020

Niinepuu, A. (2018). Diiselkütused Eesti Vabariigi turul.

Pacific Green Technologies. How do choose right scrubber for IMO 2020.

Kättesaadav:<https://www.pacificgreentechnologies.com/articles/how-choose-right-scrubber-imo-2020/>, 11.04.2020.

Punab, H. (2009). Laevandussektori ökoloogilisest jalajäljest.

Research Gate. Estimated installation cost for diferent types of scrubbers.

Kättesaadav: https://www.researchgate.net/figure/Estimated-installation-cost-for-different-types-of-scrubbers_tbl2_273632553, 07.04.2020

Riigiteataja. MARPOL-i muudetud VI lisa. Laevade põhjustatava õhusaaste vältimise reeglid I.

Kättesaadav:https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/2290/4201/4002/MARPOL_lisaVI.pdf#, 08.02.2020

Riigiteataja. 1978. aasta protokolliga muudetud 1973. aasta rahuvaheline laevade põhjustatava merereostuse vältimise konventsioon.

Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/13199975>, 08.02.2020

Sand, P. (2020). Coronavirus is disrupting the supply of ships as well as demand. BIMCO, 06.04.2020 https://www.bimco.org/news/market_analysis/2020/20200403_coronavirus_is_disrupting_the_supply_of_ships_as_well_as_demand (20.04.2020)

Sethi, S. (2020). A Guide to scrubber system on ship. Marine Insight, 17.03.2020 <https://www.marineinsight.com/tech/scrubber-system-on-ship/> (07.04.2020)

Shell. Lower Emission Partner

Kättesaadav:https://www.shell.com/businesscustomers/marine/fuel/marinenetwork/_jcr_content/par/textimage_1253347556.stream/1569544176637/7ab6883caa274810e14c68ca34ff602871ac85e0/imo-2020-brochure-single-page.pdf, 03.04.2020

Science Resources. Fractional distillation of crude oil.

Kättesaadav: http://scienceresources.co.uk/KS3/Chemistry/Chemical_Reactions/Hydrocarbons/Distillation.htm, 30.04.2020

Skuld. Cat fines causing claims.

Kättesaadav: <https://www.skuld.com/topics/ship/bunkers/cat-fines-causing-claims/>, 07.04.2020

Song, D-W., Panayides, P M. (2015) Maritime Logistics - A guide to contemporary shipping and port management. 2nd edition.

Ualberta. What are asphaltenes in petroleum, oilsands and heavy oil?

Kättesaadav: <https://sites.ualberta.ca/~gray/Links%20&%20Docs/Asphaltenes%20web%20page.pdf>, 14.03.2020

Veeteedeamet. IMO.

Kättesaadav: <https://veeteedeamet.ee/et/meresoiduohutus-oigusaktid/imo>, 02.02.2020

Veeteedeamet. Rahvusvahelised merenduskonventsioonid.

Kättesaadav: <https://veeteedeamet.ee/et/ametist-ja-kontaktid/menuupunktid-ohus/rahvusvahelised-merenduskonventsioonid>, 08.02.2020

Lisa 1 Küsimustik ECA alades tegutsevatele ettevõtetele

Tere

Olen Johanna Mõttus, Eesti Mereakadeemia IV kursuse tudeng. Praegu töotan oma rakenduskõrghariduse uurimistöö kallal, mille teemaks on „Laevakütuse kättesaadavuse ja võimalike alternatiivide probleemidest väävliregulatsioonide rakendamise tingimustes“.

Seoses sellega töötasin välja küsimustiku, mis aitaks mul kirjutada lõputööd. Oleksin tänulik, kui leiaksite aega all olevale küsimustikule vastamiseks.

Kõigile küsimustele vastamine pole kohustuslik.

Küsimustiku leiata siit:

1. Kuidas/kas teid puudutab IMO 2020 väävliregulatsioonile vastavate kütuste nõue?
2. Millist kütust kasutasite laevadel kuni 01.01.2015ni?
3. Millist kütust olete kasutanud peale 2015a väävliregulatsioonide jõustumist?
4. Kas olete rahul antud kütuse kasutamisega?
5. Kas olete kokku puutunud väljakutsetega (kättesaadavus, tehnoloogia) mis on seotud üleminekuga teisele kütusele? Kui jah siis millistega?
6. Kuidas on mõjutanud väävliregulatsioonide jõustumine prahimäärasid?
7. Kas teie laev on varustatud skruubersüsteemiga? Kui jah siis kas iga sadam, mida külastate, võtab vastu skruuberijäätmed?

Täna teie panuse eest.

Anonüümsus on garanteeritud.

Lugupidamisega,

Johanna Mõttus

Taltech Eesti Mereakadeemia

Tallinn, Eesti

Lisa 2 Küsimustik laevandus ettevõtetele

Good day,

My name is Johanna Mõttus, I am a student of Estonian Maritime Academy currently working on the thesis „Problems of the availability of ship fuels and possible alternatives with sulphur regulation implementation circumstances“ to get the diploma of applied higher education.

I fully respect your valuable time and understand that answering to this kind of questionnaire might be dull work. It is not necessary to answer all the questions, but any kind of feedback would be highly appreciated.

I would be thankful if you find any time to for answering.

Please find the questionnaire below:

1. Does/How the IMO 2020 sulphur regulation have an impact on Your company?
2. What kind of fuel did you use on Your vessels until the 01.01.2020?
3. What kind of fuel does Your company use now, after 2020 sulphur regulation came into force?
4. Is Your company satisfied using this kind of fuel?
5. Has Your company encountered any challenges (availability, technology) related to the use of new fuel, and if so which ones?
6. How has the IMO 2020 sulphur regulations affected the freight rates?
7. Is Your company's fleet equipped with scrubber system? If so, does every port that You visit take in the scrubber waste?

Thank you for your support!
Confidentiality is guaranteed.

With gratitude,
Johanna Mõttus
TalTech Estonian Maritime Academy
Tallinn, Estonia