

Antti Tulla

LAIVAMOOTTORIN POLTTOAINEEN VAIHTO
RASKASÖLJYLTA DIESELÖLJYLLE EU-SATAMISSA

Merenkulun koulutusohjelma

Insinööri

2011

LAIVAMOOTTORIN POLTTOAINEEN VAIHTO RASKASÖLJYLTA
DIESELÖLJYLLE EU- SATAMISSA

Tulla, Antti
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkulun koulutusohjelma
Syyskuu 2011
Ohjaaja: DI, lehtori Pauli Rantala
Sivumäärä: 44
Liitteitä: 2

Asiasanat: polttoaineet, polttoainejärjestelmä, ympäristön saastuttaminen, rikki

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää, mitä vaikutuksia laivan koneiden polttoaineen vaihtamisella raskasöljyltä dieselöljylle on päästöihin ja kuinka vaihdos vaikuttaa kokonaiskustannuksiin.

Opinnäytetyö pohjautuu pitkälti Neste Shippingin operoimaan raakaöljytankkeri M/T Masteraan ja sen Euroopan purkaussatamakäyntien aikaiselle pääkoneen polttoaineenvaihdolle. Polttoaineenvaihdon syynä on EU-direktiivi, jonka mukaan Euroopan unionin satamissa saa käyttää enintään 0,1 % rikkiä sisältävää polttoainetta, joka tarkoittaa käytännössä dieselöljykäyttöön siirtymistä.

Työssä selvitetään kuinka polttoaineen vaihdos M/T Masteralla on toteutettu ja mitä asioita käyttäjän on otettava huomioon polttoaineenvaihdoksen yhteydessä. Työssä arvioidaan myös vaihdoksen vaikutuksia polttoainejärjestelmän huoltoon ja polttoaineen vaihdoksesta johtuvia polttoainekustannusten muutoksia.

Opinnäytetyöhön kuuluu osana päästövertailu, jolla selvitetään vaihdoksen vaikutuksia savukaasuihin ja sitä kautta ympäristöön.

USE OF MARINE DIESEL OIL IN EU-PORTS

Tulla, Antti

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Marine Engineering

September 2011

Supervisor: MSc, Rantala, Pauli

Number of pages: 44

Appendices: 2

Keywords: fuel oils, fuel system, environmental pollution, sulphur

The purpose of this thesis was to study what effects ship's fuel oil changeover, switching from heavy fuel oil to marine diesel oil, will have on ship's operation. The main emphasis in this study was on what effects the changeover process will have on ship's emissions and its overall cost.

This thesis presents how the fuel oil changeover process is performed on the Neste Shipping operated crude oil tanker M/T Mastera during its European discharging port visits. Article 4b of EU-directive 2005/33/EC requires that, with effect from January 1 2010 all Member States must take the necessary steps to ensure that ships berthed or anchored in EC ports will not consume marine fuel oils with a sulphur content exceeding 0,1% by mass. This means in practice that ships have to switch from using heavy fuel oil to diesel oil during their stay in port.

Besides explaining the fuel changeover process on M/T Mastera, this thesis also examines the matters the operator must take into consideration when switching from HFO to low sulphur MDO. The study further evaluates the effects the fuel oil changeover might have on the fuel system overhaul, and presents the possible impacts the oil change will have on fuel costs.

This thesis also includes an emission comparison, which helps to examine the impact the fuel oil changeover will have on the exhaust gases and on the environment.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

TERMILUETTELO	5
1 JOHDANTO.....	6
1.1 Yleistä	6
1.2 Ympäristösäädökset	7
1.3 Polttoaineen valinnan perusteet	8
1.4 Opinnäytetyön tarkoitus.....	9
1.5 Tutkimusmenetelmästä	9
2 VAIHDOKSEN VAIKUTUS JÄRJESTELMIIN JA HUOLTOON	10
2.1 M/T Mastera	10
2.2 Raskasöljyn ja dieselöljyn käsiteltävyyden eroavaisuudet	12
2.3 Järjestelmien muutosvaatimukset	14
2.3.1 Putkistomuutokset	14
2.3.2 Tarvittavat apulaitteet.....	17
2.3.3 Automaatiojärjestelmän muutokset.....	19
2.3.4 Vaihdoksen vaikutus raskasöljykäyttöön suunnitellulle koneelle.....	22
2.4 Huoltotarve	23
2.4.1 Suodattimet.....	23
2.4.2 Separointi	26
2.4.3 Syöttö koneille.....	28
3 PÄÄSTÖVERTAILU	30
3.1 Johdanto	30
3.2 Raskasöljy	32
3.3 Dieselöljy	32
3.4 Vertailu ja yhteenveto	33
4 KUSTANNUSTEN ARVIOINTI	36
4.1 Polttoainekustannukset	36
4.2 Polttoaineiden energiasisältö	36
4.3 Polttoaineiden hinta	38
4.4 Huoltokustannusten arviointi	39
4.5 Vaihtoehtoiset polttoaineet	39
5 YHTEENVETO	41
LÄHDELUETTELO	43
LIITTEET	

TERMILUETTELO

BB-puoli	”paapuurin puoli”, laivan menosuunnassa vasen puoli
SB-puoli	”styyrpuurin puoli” laivan menosuunnassa oikea puoli
raskasöljy	raskas polttoöljy
dieselöljy	kaasuöljy, meridiesel, kevytöljy
tynnyri	”barrell” n. 159 l
bunkkeri	laivan polttoaine varastossa
settlingtankki	polttoaineen selkeytystankki
päivätankki	polttoainetankki, josta syöttö käyttöön
kavitointi	neste alkaa kiehua paineen laskun johdosta ja pumpattavaan nesteeseen syntyy luhistuvia kaasukuplia
cSt	kinemaattisen viskositeetin mittayksikkö senttistoki = mm ² /s
pneumaattinen	paineilmalla toimiva
propulsio	laiva kulkee jonkun (esimerkiksi potkurin) avulla
LT- vesi	makea jäähdytysvesi, matalalämpöinen (Low Temp)
HT- vesi	makea jäähdytysvesi, korkealämpöinen (High Temp)
SECA- alue	Itämeren, Pohjanmeren ja Englannin kanaalin käsittävä rikkipäästöjen rajoitusalue

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

Kun laivoissa siirryttiin käyttämään polttomoottoreita, niin polttoaineeksi on valikoitunut raskasöljy yksinomaan sen hankintahinnan takia, sillä se on öljytuotteista ylivoimaisesti halvinta. Alun perin kuitenkin käytettiin dieselöljyä, koska raskasöljyä ei ollut saatavilla ja dieselöljy oli halpaa. Raskasöljyn käyttöön liittyy monia haasteita, sillä se vaatii ensinnäkin laivalla koneistojen kunnossapidosta vastaavilta henkilöiltä erityistä ammattitaitoa ja työpanosta. Myös raskasöljyn käytön aiheuttamat päästöt ovat nousseet esiin ja niitä on ruvettu rajoittamaan.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, millaisia vaikutuksia polttoainelaadun vaihtamisella raskasöljystä dieselöljyyn. Pää tarkoitus tällaisella vaihdoksella on tällä hetkellä rajoittaa rikkidioksidin muodostumista satamakäyntien aikana, mutta oletettavasti pakokaasupäästöt ylipäätään muuttuvat ympäristöystävällisemmiksi.

Päästörajoitukset tulevat tiukkenemaan lähivuosina merkittävästi, ja erityisesti polttoaineen ja sitä kautta pakokaasujen rikkipitoisuutta tullaan rajoittamaan myös meriajon aikana. Polttoainelaadun vaihtaminen on yksi vaihtoehto toteuttaa päästörajoitukset täyttävä alusoperointi. Tätä kautta tällä opinnäytetyöllä on tarkoitus selvittää tällaisen vaihtoehdon kannattavuutta.

Päästörajoitukset voidaan myös saavuttaa raskasöljyä käyttämällä, mutta se vaatii entistä pidemmälle jalostetun raskasöljyn käyttöä ja näin ollen myös hinta nousee lähemmäs dieselöljyä. On myös mahdollista siirtyä pakokaasujen puhdistukseen, tosin tästä on vielä kovin vähän kokemusta ainakin rahtilaivapuolella, mutta tästä aiheesta on tehty selvityksiä. Muihin kuin rikkipäästöihin voidaan myös vaikuttaa eri keinoin laivadieselmoottoritekniikalla, ja tästäkin asiasta on olemassa selvitys. Tässä opinnäytetyössä en tule puuttumaan siis päästöjen muihin kuin polttoaineen vaihdoksella tehtäviin vähennyskeinoihin ja viittaan tarvittaessa jo olemassa oleviin selvityksiin.

Mastera-laivassa, johon tämä työ pohjautuu, on siirrytty Euroopan purkaussatamäkynneissä käyttämään osassa pääkoneita dieselöljyä. Tähänastinen työkokemukseni on suurimmalta osin kyseiseltä alukselta.

1.2 Ympäristösäädökset

Masteralla polttoaineenvaihto perustuu konepäällikön pysyvääsmääräykseen. Se taas perustuu EU-direktiiviin. Kyseisen direktiivin mukaan yhtiö on ohjeistanut laivoja käyttämään dieselöljyä Euroopan purkaussatamissa. Masteran konepäällikön pysyvääsmääräys on liitteenä numero 1. Direktiivi yksinkertaisuudessaan määrää käyttämään EU:n yli kaksi tuntia kestävissä satamakynneissä korkeintaan 0,1 % rikkiä sisältävää polttoainetta tai kytkemään aluksen maasähköverkkoon. Käytännössä raskaalla polttoöljyllä ei päästä tähän rikkipitoisuuteen, eikä maasähköverkkoon kytkeminen Masteran tapauksissa tule kysymykseen. Tämä siksi, että EU-satamat ovat yleensä purkaussatamia. Masteran lastipumput ovat sähkömoottorikäyttöisiä, ja niiden vaatima teho on maksimissaan 4,8 MW, joten maasähköverkosta otettava teho olisi kohtuuton. Toinen ongelma maasähköverkkoon liittymisessä olisi se, että laivan sähköverkko on 60 hertsin taajuinen, ja maaverkot ovat yleensä 50 hertsin taajuisia.

”EU direktiivin 2005/33/EC mukaisesti 1.1.2010 alkaen on EU- satamissa oltaessa koneissa ja kattiloissa poltettavan polttoaineen maksimi rikkipitoisuus 0,1 %. Tämä aiheuttaa raskasöljykäyttöisten laitteiden vaihtamista kaasujyksi (S % max 0,1%).
” /1./

Ismo Kujala ja Niklas Wangel ovat käsitelleet opinnäytetyössään *Rikkipäästöjen vähentäminen laivan pakokaasuista* (KYAMK 2010) nykyisiä ympäristösäädöksiä, kuinka ne tulevat muuttumaan ja mitä alueita ne koskevat. Työ on saatavissa osoitteesta <https://publications.theseus.fi/handle/10024/22902> ja asiaa käsitellään sivuilla 21- 23. Asiaa käsitellään kyseisessä työssä tähänkin työhön sopivalla laajuudella, enkä paneudu siihen tarkemmin.

1.3 Polttoaineen valinnan perusteet

Polttoaineen valinnassa eniten vaakakupissa painavat käyttökustannukset, mutta päästörajoitukset pakottavat osaltaan tekemään kompromisseja. Perinteinen raskasöljykäyttö lisää tarvittavan työpanoksen ja varaosien määrää. Laivalla on kuitenkin koko ajan palkattua ammattitaitoista henkilöstöä sitä varten, että he suorittavat näitä huoltotoimenpiteitä. Henkilöstökuluilla ei siis ole juuri vaikutusta asiaan, joten tässä suhteessa vain varaosat aiheuttavat jonkinlaisen kuluerän.

Dieselöljyn hinta on yli puolitoistakertainen verrattuna raskasöljyyn, kun verrataan polttoaineiden listahintoja. Niinpä polttoaineen hankintahinta on yksittäisistä teki- jöistä tällä hetkellä merkittävin valittaessa polttoainetta. On vaikeaa arvioida poltto- aineiden hintojen kehitystä tulevaisuudessa, mutta jos ajattelee tekniseltä kannalta, niin raskasöljy tulee tulevaisuudessakin olemaan halvempaa kuin dieselöljy. Kuinka suuri tämä hintaero tulee olemaan sen jälkeen, jos raskasöljyn täytyy olla vähärikkis- tä, ja näin ollen pidemmälle jalostettua kuin nykyään, on vaikea ruveta selvittämään ilman tarkempaa tuntemusta öljynjalostuksesta.

Keinoja raskasöljyn rikkipitoisuuden alentamiseksi on kuitenkin alettu kehittää ja yksi tapa on sekoittaa raskasöljyyn dieselöljyä. Tämä keino kuitenkin nostaa oleelli- sesti raskasöljyn hintaa, joten se on luultavasti kestävä ratkaisu. Myös raskasöl- jyn viskositeetti ja leimahduspiste vaihtelevat tämän menetelmän takia huomattavas- ti, aiheuttaen haasteita polttoaineen käsittelyssä.

Yksi vaihtoehto on öljynjalostusprosessin yhteydessä poistaa rikkiä raskasöljystä, jolloin rikkipitoisuus ei enää riippuisi raakaöljyn laadusta. Tämä vaihtoehto on tullut mahdolliseksi vasta viime vuosina, ja se tapahtuu katalyyttisesti vedyttämällä poltto- aineen sisältämä rikki rikkidioksidiksi korkeassa lämpötilassa. Tämän jälkeen rikki- dioksidi ohjataan pois tuotteesta. Tämä jalostusmenetelmä vaatii jalostamolta suuria investointeja, mutta vähärikkisen raskasöljyn kysynnän takia menetelmä tulee yleis- tymään. Kuitenkin 0,1 % rikkiä sisältävä polttoaine on ainakin tällä hetkellä käytän- nössä aina kevytöljyä. /2./

1.4 Opinnäytetyön tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää polttoainevaihdon aiheuttamat muutokset kustannuksiin ja päästöihin. Nämä asiat kiinnostavat laivoja operoivia tahoja ja ovat oleellinen osa arvioitaessa vaihdon kannattavuutta.

Opinnäytetyötä voi myös käyttää perehdyttämisen- ja opetustarkoituksiin, esimerkiksi uudelle koneistojen käytöstä vastaavalle työntekijälle, kuten laivan konemestarille.

1.5 Tutkimusmenetelmästä

Toiminnallisessa opinnäytetyössä opiskelija osoittaa ammatillista osaamistaan aiheesta. Opinnäytetyössä käytetään alasta riippuen eri tutkimusmenetelmiä. Tässä opinnäytetyössä on käytetty deskriptiivistä eli kuvailevaa ja laadullista eli kvalitatiivista tutkimusmenetelmää, sillä tämä opinnäytetyö voi olla myös ohje.

Tiedot on kerätty laivan dokumenteista ja alan kirjallisuudesta. Myös tekijän työkokemusta on käytetty hyväksi.

2 VAIHDOKSEN VAIKUTUS JÄRJESTELMIIN JA HUOLTOON

2.1 M/T Mastera

Perustan tämän konehuonejärjestelmiä ja niiden muutoksia käsittelevän osuuden M/T Masteran järjestelmille. Masterassa on neljä pääkonetta ja yksi apukone, jotka tuottavat sähköä Azipod-ruoripotkurille. Azipod on suomalaisen sähkölaitevalmistaja ABB:n rekisteröimä tavaramerkki pystyakselinsa ympäri kääntyvälle ruoripotkurille. Azipod-ruoripotkuri kääntyy hydraulipumppujen avulla ja propulsio tuotetaan sähkömoottorilla, joka sijaitsee sisällä laitteessa. Ruoripotkurilla korvataan perinteinen peräsimen ja potkurin yhdistelmä. Pääkoneet ovat tyypiltään Wärtsilä L38B-merimoottoreita, joista kaksi on kuusi- ja kaksi yhdeksänsylinteristä rivimoottoria. Aluksen erikoisuutena voi pitää sen kykyä murtaa jäätä perä edellä kulkien, kuten kuvasta 1. voidaan nähdä. Mastera ja sisarlaiva M/T Tempera ovat maailman ensimmäisiä tämän tyyppisiä aluksia ja ovat ankarina jäätälvinä Itämeren liikenteessä kovassa käytössä.



Kuva 1. Mastera jääajossa (Akerarctic)

Konehuoneen järjestelyt poikkeavat varsinkin pääkoneiden osalta sijainniltaan perinteisistä potkuriakselilla varustetuista laivoista. Tämä siksi että potkurin akselin puuttuminen antaa vapautta laitteiston sijoitteluun. Pääkoneet esimerkiksi sijaitsevat melko korkealla verrattuna perinteisiin laivoihin.

Konehuonetta voi näin ollen pitää dieselmoottorivoimalaitoksena, jonka kokonaisteho on 21,7 MW ja propulsioteho, eli siis teho jolla laiva kulkee 16 MW. Polttoainejärjestelmä, jota käsittelen, on jaettu kahteen osaan, bb- ja sb-puoleen, kuten monet muutkin järjestelmät laivassa käyttövarmuuden takaamiseksi. /3./

Nykyään Euroopan purkaussatamien aikana Masteralla vaihdetaan bb-puolelle polttoaine dieselöljyksi. Vaihdos tehdään siksi, että lastipumput tarvitsevat käyttöönsä niin suuren tehon, ettei apukoneen, joka siis on jatkuvasti dieselkäytöllä, teho riittäisi niille. Laivalla olisi myös mahdollista vaihtaa sb-puoli dieselöljykäytölle, mutta vaihdos on rakennettu suoritettavaksi helpommin bb-puolelle. Tästä on kerrottu enemmän kohdassa 2.3.

Vaihdoksen saa yhtiön ohjeistuksen mukaan suorittaa vasta siinä vaiheessa, kun laiva on kiinnittynyt, ja vaihto on näin ollen turvallista, sillä tällaiseen operaatioon liittyvät aina omat riskinsä. Tämä perustuu siihen, ettei laivan turvallisuutta varsinkaan lasti päällä haluta vaarantaa. Vaihdoksessa kestää vähintään tunti, ennen kuin koko järjestelmän polttoaine on vaihtunut, yleensä jopa kauemmin, riippuen millä kuormilla lastipumppuja ajetaan. Polttoaineen vaihtumisen hitaus johtuu siitä että koneiden täytyy polttaa raskasöljy pois polttoainejärjestelmästä ennen kuin dieselöljy voi korvata sen. Normaalitilanteessa, kun laiva ei pura lastia, laivan tarvitsema sähkö tuotetaan sata-mageneraattorin, eli apukoneen avulla. Apukone on jatkuvasti dieselöljykäytöllä ja tehontarpeen kasvaessa vasta käynnistetään pääkone, jolle aloitetaan polttoaineenvaihdos.

Takaisin raskasöljykäyttöön siirrytään yleensä siinä vaiheessa, kun lähdössä ovat pääkoneet käynnistetty. Tässä tapauksessa vaihdosta ei voisi suorittaa aikaisemmin, sillä purkaus on yleensä loppunut jo joitakin tunteja ennen lähtöä. Kun pääkoneet eivät ole käynnissä, niin polttoaine ei voi vaihtua ilman kulutusta polttoainepiirissä. Takaisin raskasöljykäyttöön siirryttäessä on huomioitava, että lämpötila pysyy raskasöljyn pumpattavuuden alueella. Raskasöljyn lämpötilan vaikutuksen viskositeettiin voi nähdä liitteestä 2.

2.2 Raskasöljyn ja dieselöljyn käsiteltävyyden eroavaisuudet

Raskasöljyllä on erilaiset fysikaaliset ominaisuudet kuin dieselöljyllä, ja niinpä onkin tärkeää ottaa huomioon erot, kun suunnitellaan polttoainelaadun vaihtamista. Tärkeimmät käsiteltävyyteen vaikuttavat seikat ovat viskositeetti ja leimahduspiste, sillä nämä määräävät polttoaineiden käsittelylämpötilan.

Dieselöljyllä on raskasöljyä alempi leimahduspiste, joka on n. 70 °C, kun taas raskasöljyllä se on n. 80 °C. Jos dieselöljy pääsee höyrystymään liian kuumissa putkistoissa, se voi aiheuttaa vaaratilanteen ja pumppujen kavitoimista.

Öljyn leimahduspistelämpötilassa polttoöljystä haihtuu niin paljon kevyempiä komponentteja, että suljetussa tilassa syntyy syttymiskelpoinen seos. Varastoinnissa öljyn lämpötila on syytä pitää selvästi (vähintään 10 °C) leimahduspisteen alapuolella käyttöturvallisuuden ja haihtuvien hiilivetypäästöjen kurissapitämiseksi. /4./ s.25

Masterassa koneelle menevän raskasöljyn säädetty viskositeettiarvo on 23 cSt, jolloin lämpötila on n. 115 °C, kun käytetään IFO 380-raskasöljyä. Tämä viskositeetti on hieman korkea, jos verrataan sitä suurimpaan osaan raskasöljykäytöistä, mutta järjestelmät ovat säädetty toimimaan sillä. Haluttu viskositeettiarvo saavutetaan viskosimetriohjatulla höyrylämmittimellä. Haluttaessa voidaan esimerkiksi viskosimetrin häiriötilanteissa käyttää termostaattiohjausta. Masteralla on kaksi höyryllä toimivaa esilämmitintä molemmilla puolilla rinnakkain, eli jos toinen esilämmitintä vikaantuu, voidaan toinen ottaa käyttöön. Joissakin laivoissa varajärjestelmänä voidaan käyttää myös sähkövastuksella toimivaa esilämmitintä.

Raskasöljyä käytettäessä on myös huomionarvoista, että pitkillä putkistolinjoilla tarvitaan saattolämmitystä, joka on tässä tapauksessa toteutettu höyryllä. Raskasöljypäivätankkien lämpötilat on myös syytä pitää yli 80 celsiusasteessa, jotta esilämmittimien teho riittäisi ja raskasöljy pysyisi pumpattavana. Myös settling-tankkien lämpötiloja on seurattava, ja niiden lämpötila tulisi olla lähellä 80 celsiusastetta, jotta polttoaineseparaattorin toiminta ei häiriintyisi. Polttoaineseparaattorille on oma esi-

lämmitin, jossa polttoaine lämmitetään enintään 98 °C:n lämpötilaan. Separointilämpötila riippuu separoitavan polttoaineen laadusta.

Varastotankkien lämmityksiä on tarkoituksenmukaista pitää päällä silloin kun on suunniteltu bunkkerin siirtoa settling-tankkeihin. Niitä voidaan pitää hieman raollaan muutoinkin, mutta koska lämmityksen säätö tapahtuu ainakin vielä käsin normaalilla istukkaventtiilillä, lämpötilan hallinta voi olla hankalaa. Lämmityksen optimointi on tärkeää, koska silloin kun pääkoneista ei mikään ole käynnissä, niin lämmitys tapahtuu apukattilan tuottamalla höyryllä. Apukattila on satamassa ja nykyään oikeastaan jatkuvasti dieselöljykäytöllä, joten höyryn tuottaminen sen avulla on kallista.

Edellä mainittu asia varmistetaan M/T Masteralla niin, että polttoaineen esilämmitimen höyryventtiili suljetaan heti, kun aloitetaan polttoaineen vaihto piirissä raskasöljyltä dieselöljylle. Siirryttäessä dieselöljykäytöltä raskasöljykäytölle esilämmitystä ei avata ennen kuin polttoaineputkistossa on raskasöljyä.

Kevytöljyllä on myös huomattavasti raskasöljyä alempi viskositeetti, joten se ei laivoaloissa tarvitse lämmitystä, vaan päinvastoin sitä joudutaan jopa jäähdyttämään edellä mainituista syistä.

Myöskään polttoaineen viskositeetti ei saa pudota missään vaiheessa alle 2 cSt:n, koska koneen polttoainepumppujen toleranssit eivät enää riittäisi näin alhaiselle viskositeetille. /5./

Suurimmat erot raskasöljyn ja kevytöljyn käsiteltävyydessä liittyvät siis lämpötiloihin ja tämä on syytä tiedostaa, kun suunnitellaan vaihdosta. Lämpötilojen nopea muuttuminen voi aiheuttaa esimerkiksi polttoaineen kiertopumppujen kiinnileikkäamista ja tämä onkin tällä hetkellä suurin uhka vaihdoksen yhteydessä. Kiertopumput ovat ruuvipumppuja, jotka kierrättävät polttoainetta moottoriin, ja ylimääräinen polttoaine palaa takaisin sekoitustankkiin.

Ongelmia aiheuttaa myös se jos polttoaineputkisto jäähtyy liian nopeasti dieselöljykäyttöön siirryttäessä, kun putkistossa on vielä raskasöljyä. Raskasöljyn jäähtyessä viskositeetti saattaa nousta niin paljon, että virtaus häiriintyy, koska raskasöljyn läm-

pötila ei ole pumpattavuuden alueella. Viskositeetin nouseminen pois pumpattavuuden alueelta aiheuttaa myös pumppujen kavitointia.

Suurin vaaratekijä kuitenkin liittyy juuri dieselöljyn höyrystymiseen, jolloin se synnyttää räjähdyskelpoisia kaasuja.

2.3 Järjestelmien muutosvaatimukset

Yleensä laivoissa polttoainejärjestelmä on rakennettu niin, että tarvittaessa voidaan pääkoneiden polttoainejärjestelmään ajaa dieselöljy sisään. Tällöin käytetään erillisiä diesel- huuhtelupumppuja, jotka kierrättävät dieselin koneen polttoainepiiriin. Pumput ovat tyypiltään samanlaisia kuin polttoaineen kierrätyspumput. Huuhtelua käytetään yleensä silloin, kun laiva on menossa telakkaan tai muutoin tiedetään, että pääkoneet tulevat seisomaan pidemmän aikaa. Silloin ei ole järkevää pitää kierrätystä ja lämmitystä polttoaineputkistossa yllä.

Tällöin ei tarvitse huolehtia siitä, että raskasöljy ”jämahtäisi” putkistoihin. Myös huoltotyöt ovat helpompia suorittaa dieselöljyn jäljiltä olevissa kohteissa. Tämä mahdollisuus dieselöljyn käyttöön on kuitenkin monesti melko työläs toteutettavaksi toistuvasti, sillä se vaatii hyvää suunnittelua. Jotta se saadaan toteutettua, pitää käydä useita käsikäyttöisiä venttiileitä joko sulkemassa tai avaamassa ympäri konehuonetta.

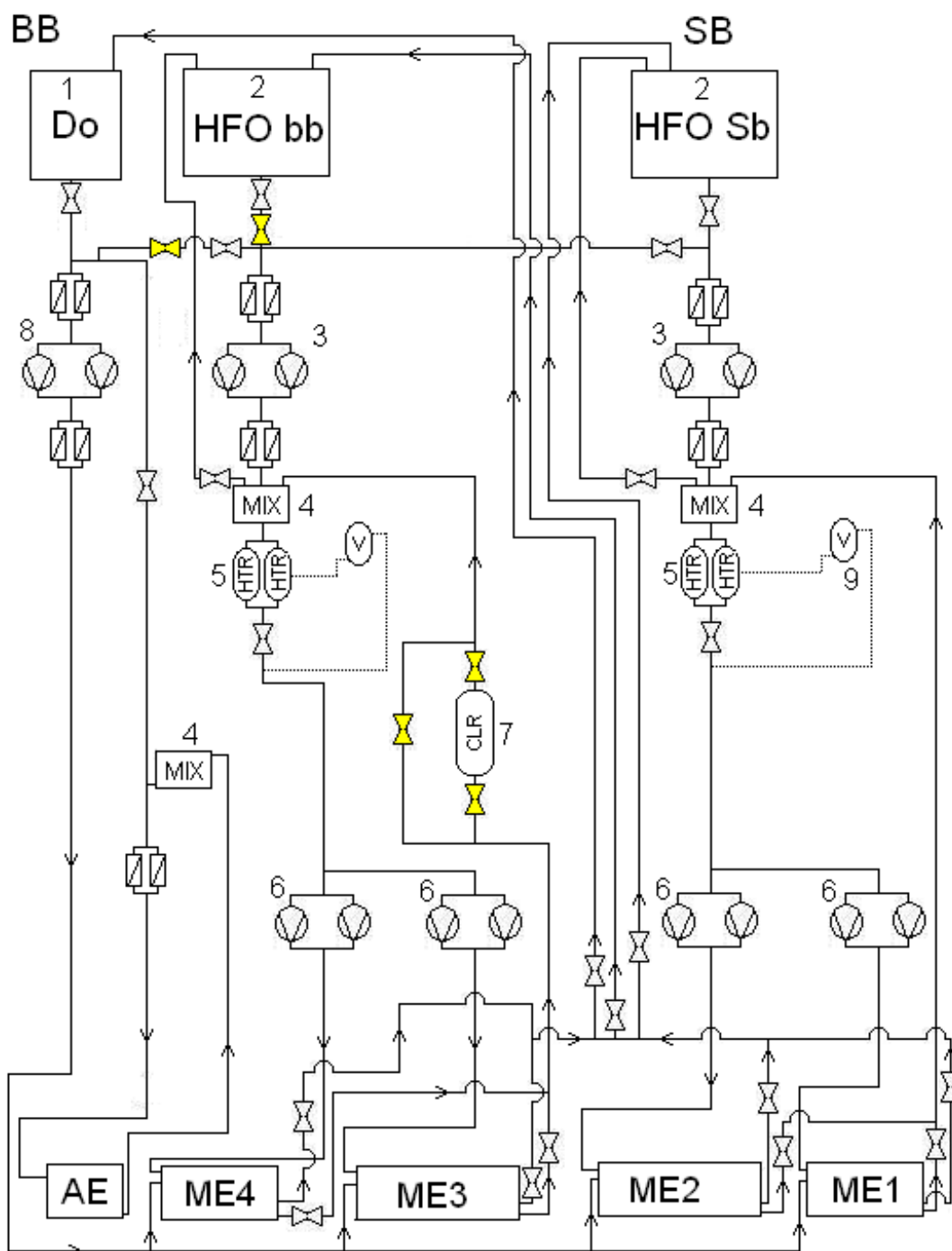
Jos polttoaineenvaihdosta halutaan tehdä rutiininomaista, kuten nykyään M/T Masteran tapauksessa, pitää operaatiota yksinkertaistaa ja selkeyttää, koska esimerkiksi Masteralla vaihdos toteutetaan välillä useita kertoja viikossa. Se miten tämä on toteutettu Mastera-laivassa, kerron seuraavissa luvuissa.

2.3.1 Putkistomuutokset

Putkistomuutosten kannalta polttoaineen vaihdon helpottaminen on toteutettu lisäämällä kauko-ohjattavat pneumaattiset venttiilit polttoainelinjaan. Bb-puolelle on asennettu polttoaineen paluulinjaan sekoitustankin yhteyteen polttoaineenjähdytin.

Varsinaisia putkistomuutoksia tarvitsi vain polttoaineen jäähdyttimen asentaminen, sillä palaavan polttoaineen kierto ennen sekoitustankkia oli saatava kulkemaan jäähdyttimen kautta. Toisaalta jäähdytin tarvitsi toimiakseen myös jäähdyttävän elementin, joka tässä tapauksessa on kiertävä LT-vesi. LT-vesi piti myös saada kiertämään jäähdyttimen kautta. Tämä ei sinällään ollut mikään erityisen vaativa putkistomuutos, eikä uusista putkistolinjoista tullut kovinkaan pitkiä. Polttoaineen jäähdytin asennettiin luonnollisesti separaattorihuoneeseen muiden polttoaineen käsittelylaitteiden kanssa. Tällöin polttoainelinjat, sekoitustankki ja LT-linja olivat myös lähellä.

Kuvassa 2 on esitetty polttoaineen syöttö päivätankeilta koneille M/T Masterassa.



- 1= D.ö. päivätankki
- 2= HFO päivätankki
- 3= P.a. syöttöpumput
- 4= Sekoitustankit
- 5= P.a. esilämmittimet
- 6= P.a. kiertopumput
- 7= D.ö. jäähdytin
- 8= D.ö. huuhtelupumput
- 9= Viskosimetri

Kuva 2. Polttoaineen käyttöpiiri /6./

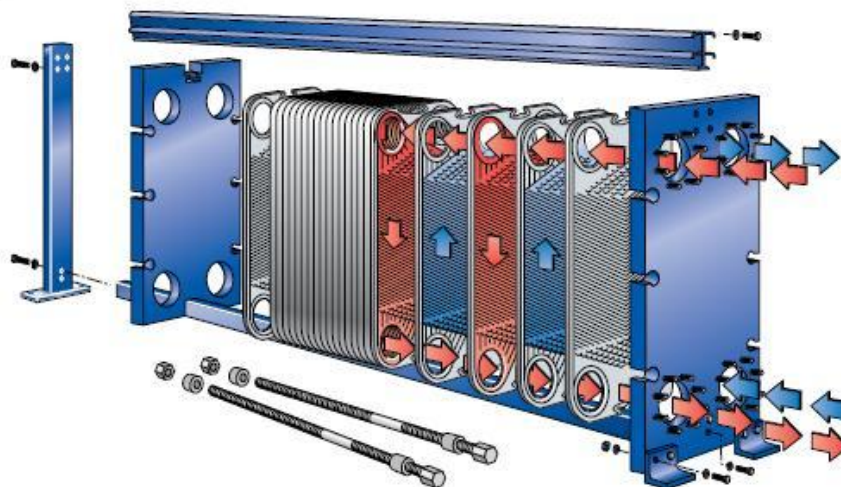
Masteran konehuone on myös kohtuullisen tilava. Vaikka separaattorihuoneessa on paljon laitteistoa, pystyttiin tilaa vaativa polttoaineenjäähdytin ja sen tarvitsemat uudet putkistolinjat asentamaan ilman suurempia muutostöitä.

Putkitöitä vaativat myös pneumaattisten venttiilien asennukset polttoainelinjoihin ja nämä luonnollisesti tarvitsivat paineilmaa ja ohjaussignaalin. Näidenkään töiden toteuttaminen ei sinällään ollut mitenkään vaativaa. Automaattiventtiilit on kuvattu kuvassa 2. keltaisella.

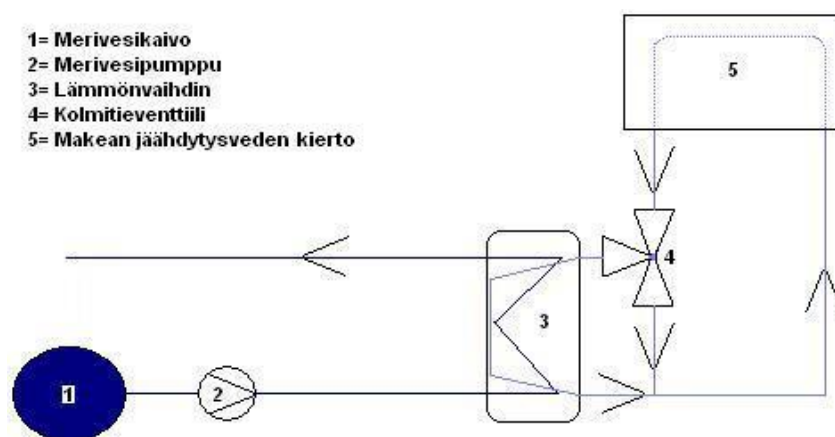
2.3.2 Tarvittavat apulaitteet

Dieselöljyn liiallinen lämpö voi aiheuttaa leimahduspisteen ylittäessään räjähdyskelpoisia kaasuja, ja siksi onkin tärkeää, että tämä lämpötilan ylittyminen estetään. Laivalla saattaa varsinkin kesäaikaan konehuoneen lämpötila nousta niin korkeaksi että dieselöljypäivätankissa oleva polttoaine on jo lähtötilanteessa melko korkea, lähellä leimahduspistettä eli yli 50 °C. Masteralla tämän lisäksi dieselöljyn päivätankki sijaitsee raskasöljyn settling- tankin vieressä, ja koska tankkien välillä ei ole eristystä, niin lämpöä johtuu dieselöljyyn. Kun tätä polttoainetta aletaan syöttää raskasöljyn jäljiltä kuumaan putkistoon, sen lämpötila nousee entisestään pumpuissa ja putkistoissa. Tämä voisi ilman jäähdytystä aiheuttaa dieselöljyn höyrystymistä, joka voisi aiheuttaa pumppujen kavitoimista ja vaaratilanteita räjähdyskelpoisen kaasun takia. Masterassa onkin asennettu polttoaineelle jäähdytin, joka on Alfa Lavalin levylämmönvaihdin, jonka toimintaperiaate nähdään kuvassa 3. Jäähdyttävänä elementtinä lämmönvaihtimessa toimii LT-vesi, joka on lämpötilaltaan n. 30 °C. Levylämmönvaihtimen yhteyteen on rakennettu paineakku laivahenkilökunnan toimesta. Paineakun tehtävänä on tasata paineen nousua, kun lämmönvaihdinta ei käytetä, eli kun ollaan raskasöljykäytöllä. Paineen nousu johtuu siitä että lämmönvaihtimen sisällä oleva polttoaine alkaa lämmitä ilman virtausta lämmönvaihtimessa. Näin tapahtuu kun lämmönvaihtimen polttoainelinjat suljetaan kummaltakin puolelta. Paineakku on yksinkertainen pieni paineastia, jossa painetta tasaavana elementtinä toimii ilma. Silloin tällöin on paineakku syytä ilmata, koska ilma karkaa paineakusta käytön aikana

pikku hiljaa. Ilmaus on yksinkertainen toimenpide, jossa paineakkuun lasketaan normaali-ilmanpaineista ilmaa ja päästetään ylimääräinen polttoaine pois.



Kuva 3. Jäähdyttimenä toimivan levylämmönvaihtimen toimintakuva /7./

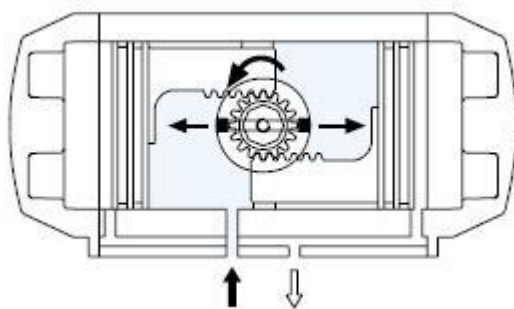


Kuva 4. LT- veden jäähdytys

Kuvassa 4. on periaatekuva laivan jäähdytysveden kierrosta. LT-vettä, joka siis toimii myös dieselöljyn jäähdyttimen jäähdyttävänä elementtinä, jäähdytetään samantyyppisessä, tosin huomattavasti isommassa levylämmönvaihtimessa kuin mitä dieselöljyn jäähdytin on. Jäähdyttävänä elementtinä tässä lämmönvaihtimessa toimii merivesi, jota kierrätetään lämmönvaihtimen lävitse merivesipumppujen avulla. Jäähdytettävänä oleva LT-vesi taas pidetään vakiolämpöisenä termostaattiohjatun kolmitieventtiilin avulla. Tämä kolmitieventtiili ohjaa jäähdyttimen ohi tarvittavan määrän LT-vettä, jolloin jäähdytysteho on oikea. Masteralla myös kolmitieventtiilin ohjaustiedolla ohjataan merivesipumppujen nopeutta, joka sekin vaikuttaa jäähdytys-

tehoon. LT-vettä käytetään laivalla hyvin moneen eri tarkoitukseen, ja jäähtyksen tehontarve riippuu monesta eri tekijästä.

Vaihdon rutiininomaisuuden takia polttoaineputkiston venttiileistä, joita vaihdoksessa tarvitaan, on tehty kauko- ohjattavia. Näiden venttiilien toimilaitteet ovat sähköisesti ohjattuja, pneumaattisia ja toimivat konehuoneautomaatiojärjestelmän kautta. Kuvassa 5. nähdään polttoaineventtiilien pneumaattisen toimilaitteen toimintaperiaate.



Kuva 5. Pneumaattinen toimilaitteen toimintakuva polttoainelinjan venttiilille /8./

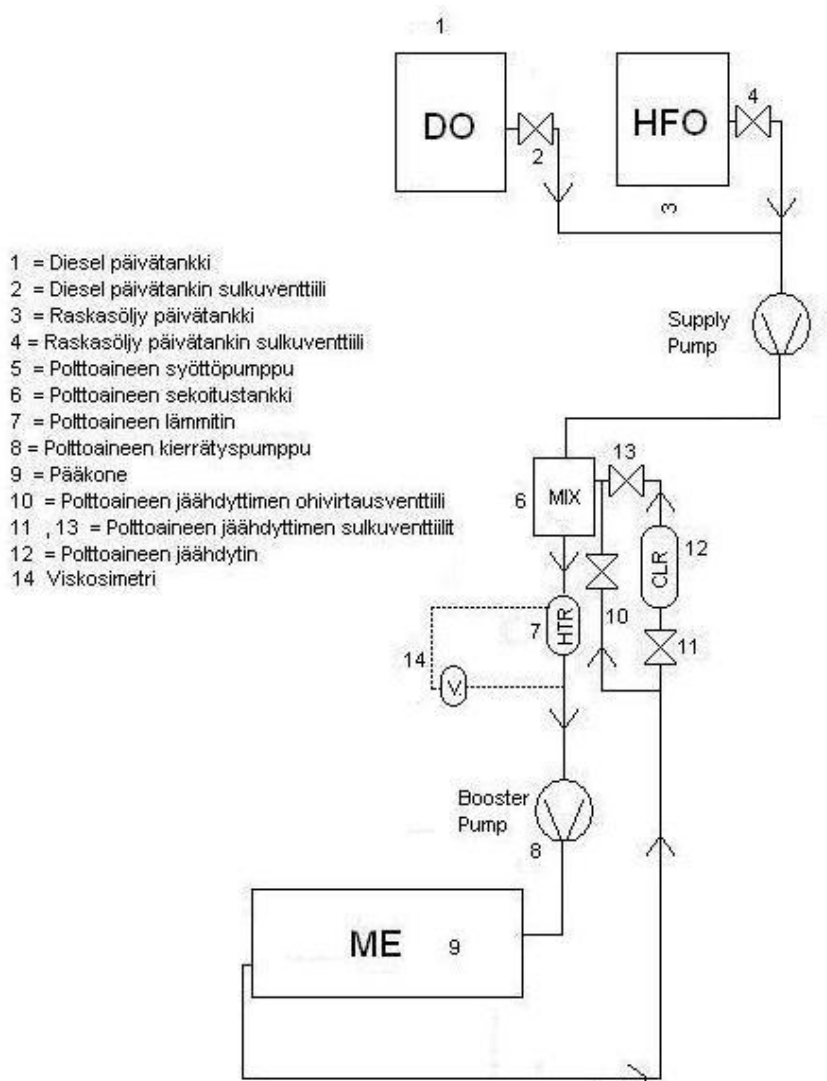
2.3.3 Automaatiojärjestelmän muutokset

Masterassa on Damatic XD-konehuoneautomaatiojärjestelmä, jota ohjataan Valmarine konehuoneautomaatio-ohjelmistolla. Valmarinen ohjelmaan on tehty logiikka, jolla ohjataan pneumaattisia venttiileitä. Periaatteessa polttoaineen vaihdos, niin kuin moni muukin toimenpide, tapahtuu Masterassa ns. nappia painamalla. Käyttäjän täytyy silti ymmärtää mitä toimenpiteitä käskyn antaminen automaatiojärjestelmälle tekee ja miten niitä voidaan hallita.

Polttoaineen vaihdos on suunniteltu Masterassa bb-puolelle, ja satamassa käytetään aina bb-puolta eli pääkoneita 3 tai 4. Polttoaineenvaihdos on valittu tehtäväksi bb-puolelle, koska polttoaineen jäähtytintä asennettaessa putkistomuutokset oli helpompaa suorittaa bb-puolelle kuin sb-puolelle. Sb-puolenkin voi vaihtaa dieselöljykäytölle, tosin se on työläämpää johtuen siitä, että sinne ei ole asennettu automaattiventtiilejä. Polttoainetta ei voi myöskään jäähtyttää sb-puolella. Automaattiventtiilit,

joita käsky polttoaineen vaihdoksesta automaatiojärjestelmälle ohjaa, on sijoitettu polttoainelinjoihin niin, että vaihtoehtoisesti joko raskaan tai dieselöljyn syöttö järjestelmään päivätankista lopetetaan ja polttoaineen jäädytys tai lämmitys aloitetaan.

Polttoaineen syöttö päivätankeilta vaihdetaan välittömästi kun käsky polttoaineen vaihdoksesta annetaan. Polttoaineen jäädytyksen tai lämmityksen aloittaminen tapahtuu viiveellä, koska polttoaineen vaihtuminen järjestelmässä kestää kuormasta riippuen vähintään tunnin. Ei ole hyväksi jäädyttää raskasöljyä tai lämmittää dieselöljyä näiden erilaisen käsiteltävyyksien takia. Tästä on kerrottu enemmän kohdassa 2.2.



Kuva 6. Bb-puolen polttoainepiirin periaatekuva

Kuvassa 6. on esitetty polttoaineen vaihdoksessa käytettävän polttoainepiirin periaatekuva. Kuva on yksinkertaistettu versio esityksen selkeyttämiseksi. Kuvasta on jätetty pois polttoaineen suodattimet, varalla olevat pumput sekä osa polttoainelinjan venttiileistä. Myös pääkone kuvassa tarkoittaa kahta pääkonetta, joille polttoaine voidaan syöttää. Kuvassa näkyvät venttiilit ovat kaikki sähköllä kauko-ohjattuja, pneumaattisia, ja ne on lisätty muutostyön yhteydessä alukselle. Venttiilien ohjaus on kytketty kenttäväylän kautta Damatic XD- automaatiojärjestelmään.

Seuraavana ovat esitetty automaatiojärjestelmän logiikat polttoaineenvaihdoksessa. Numeroilla on viitattu kuvaan 5.

Järjestelmän logiikka on seuraava, kun siirrytään raskasöljykäytöltä dieselöljykäytölle:

- Dieselpäivätankin sulkuventtiili (2) avautuu.
- Raskasöljypäivätankin sulkuventtiili (4) sulkeutuu.
- Polttoaineen jäähdyttimen sulkuventtiilit (11 ja 13) avautuvat, kun vaihdoksen aloittamisesta on kulunut vähintään 40 minuuttia ja paluulinjan lämpötila on alle 85 C, sekä syötettävän polttoaineen viskositeetti on alle 6,5 cSt.
- Polttoaineen jäähdyttimen ohivirtausventtiili (10) sulkeutuu 2 minuutin päästä siitä, kun polttoaineen jäähdyttimen sulkuventtiilit ovat avautuneet.
- Viskosimetrin lämpötilan ohjaus menee kiinni, kun syötettävän polttoaineen viskositeetti on pudonnut alle 21 cSt, viskositeetin alarajahälytys asettuu arvoon 2cSt.
- Lämpötilan säätöhälytykset ja viskositeetin säädön varalla oleva toimintalogiikka (lämpötilaan perustuva) menevät pois päältä.
- Syötettävän polttoaineen lämpötilan ylärajahälytys menee päälle, kun mittausarvo putoaa hälytysrajan alapuolelle.
- Pääkoneeseen syötettävän polttoaineen lämpötilan rajahälytykset menevät pois päältä.

Järjestelmän logiikka kun siirrytään dieselöljykäytöltä raskasöljykäytölle:

- Raskasöljypäivätankin sulkuventtiili (4) avautuu, dieselöljypäivätankin sulkuventtiili (2) menee kiinni.
- Polttoaineen jäähdyttimen ohivirtausventtiili (10) avautuu, polttoaineen jäähdyttimen sulkuventtiilit (11 ja 13) menevät kiinni.
- Syötettävän polttoaineen lämpötilan ylärajahälytys menee pois päältä.
- Kun on kulunut 80 minuuttia vaihdoksen aloittamisesta ja viskositeetti on yli 21 cSt, tapahtuu seuraavaa:
 - Viskositeetin säätö menee automaatile.
 - Viskositeetin säädön lämpötilahälytys ja varalla oleva logiikka (lämpötilaan perustuva) menevät päälle.
 - Viskositeetin alarajahälytys asettuu arvoon 20 cSt.
 - Koneelle syötettävän polttoaineen alarajahälytys menee päälle.
- Polttoaineen höyrylämmittimen (7) lämmitystehoa säädellään viskosimetrin (14) antaman mittaustiedon mukaan ”manuaalisesti”. Käyttäjä voi itse määrittää lämmitysventtiilin avautumista viskositeetin mukaan. Viskosimetrin ohjaus kuitenkin menee automaattiohjaukselle, kun viskositeetti on saavuttanut asetetun arvon.

Kyseiset muutokset ovat myös luokituslaitoksen hyväksymiä. Luokituslaitos valvoo laivojen meritekniisiä ominaisuuksia.

2.3.4 Vaihdoksen vaikutus raskasöljykäyttöön suunnitellulle koneelle

Kun laiva suunnitellaan alun perin raskasöljykäyttöön, sen pääkoneet tehdään ja säädetään toimimaan raskasöljyllä.

Raskasöljykäyttöiset koneet sinällään voivat toimia aivan yhtä hyvin dieselöljylläkin, mutta lähinnä koneen ajoituksista ja säädöistä johtuen niistä ei saada aivan yhtä suurta tehoa irti.

Toisaalta jatkuvaan raskasöljykäyttöön suunnitellut koneet eivät ole tehty käymään pidempiä jaksoja dieselöljyllä.

Edellä mainittu asia aiheuttaakin sen, että vaikka polttoainepumppujen syötöt olisivat maksimi asennossa, koneesta ei saada sille luvattua akselitehoa irti. Käyttäjän on syytä tiedostaa asia, sillä esimerkiksi Masteralla yleensä seurataan generaattoritehoja. Koska kone ei pysty dieselöljykäytöllä antamaan generaattorille sitä tehoa mikä on luvattu, niin maksimitehon tuotto ei ole se mitä generaattorilta saataisiin. Toisin sanoen on seurattava arvioitaessa konetehon riittävyttä polttoaineen syöttötangon asentoa.

2.4 Huoltotarve

Polttoainesysteemi on yksi eniten laivalla huoltoa vaativista järjestelmistä, koska se on erittäin tärkeä koneiden toiminnan kannalta. Eniten työtä sen huollossa aiheuttaa raskasöljyn käyttö, koska se sisältää laadusta riippuen paljon epäpuhtauksia.

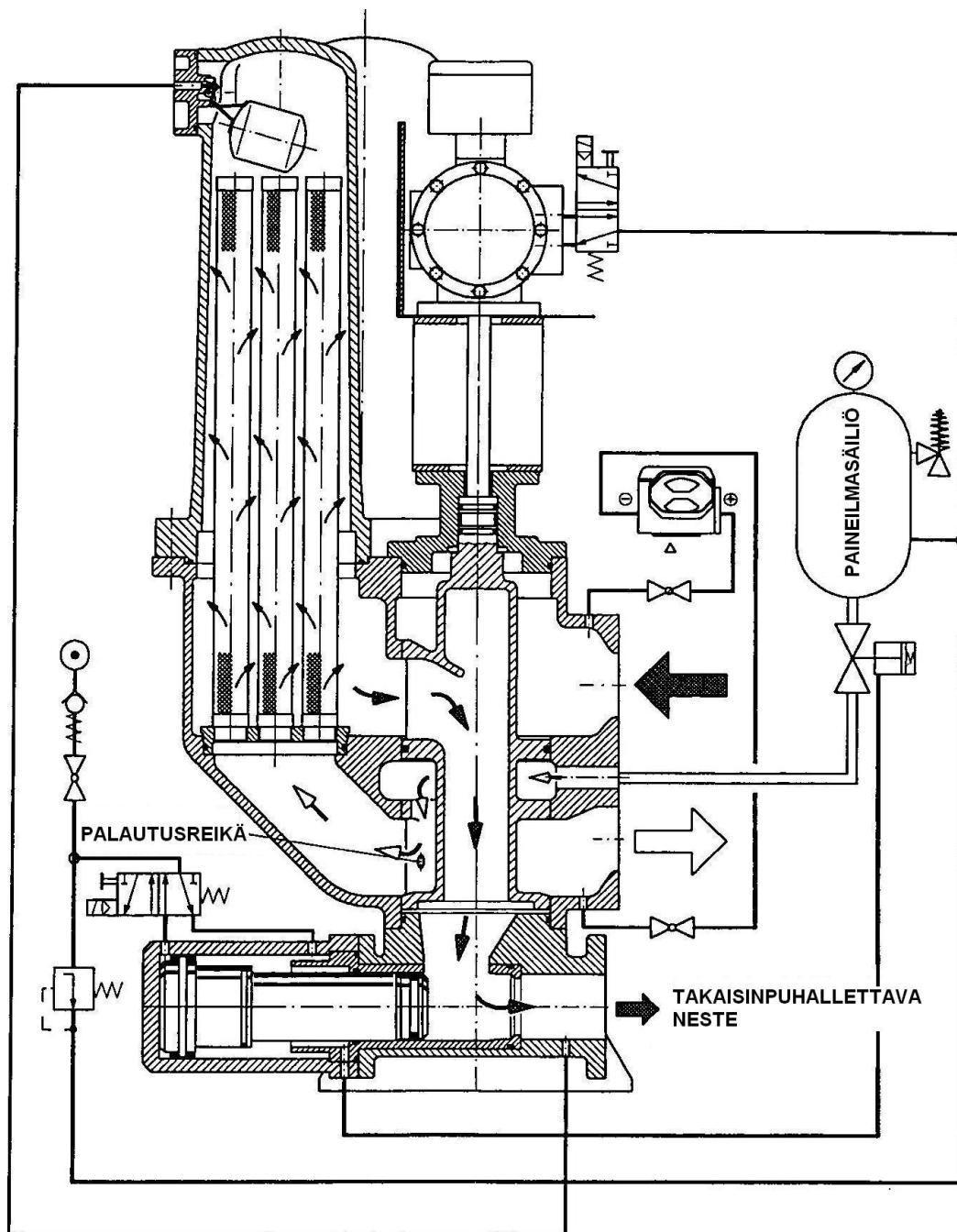
Polttoaineen käsittelylaitteistoon kuuluvat polttoaineseparaattorit, erilaiset suodattimet ja esilämmittimet. Näiden virheetön toiminta takaa koneelle syötettävän polttoaineen riittävän laadun.

2.4.1 Suodattimet

Masteralla on muun muassa ”perinteisiä” suodattimia ja automaattisesti takaisin ampumalla, eli vastavirtahuuhtelun avulla puhdistavia automaattifilttereitä. ”Perinteiset” suodattimet on käsin puhdistettava, ja yleensä rinnalla on puhdas suodatin, joka otetaan käyttöön, kun toista puhdistetaan. Pääsääntö kaikissa polttoainejärjestelmän suodattimissa on, että niitä voidaan huoltaa polttoaineen syötön katkeamatta tai häiriintymättä. Raskasöljy tukkii suodattimia, ja joitakin suodattimia on puhdistettava huonon bunkkerilaadun takia jopa päivittäin.

Masterassa ovat automaattisuodatinyksiköt polttoaineen kierrätyspumppujen painepuolella, ennen polttoaineen syöttöä koneille. Automaattiset suodattimet puhdistuvat

paineilman avulla 10–20 kertaa vuorokaudessa. Automaattisuodatinyksikössä on oma paineilmasäiliönsä, josta vapautetaan paineilmaa takaisinampumista varten. Automaattisuodatinyksikössä on kaksi erillistä suodatinpatruunaa, joista toinen on käytössä ja toinen valmiina käyttöön. Suodatinpatruunassa on sisällä suodatinkynttilöitä, joiden kautta polttoaine kulkee. Vastavirtahuuhtelun tarve perustuu paine-eroon, jonka kasvaessa vastavirtahuuhtelu alkaa. Takaisinampumisessa suodatinkynttilöihin kerääntynyt lika irtoaa takaisinvirtausperiaatteella ja ohjautuu likaöljytankkiin. Kun laite alkaa puhdistaa toista suodatinpatruunoista, se ottaa toisen käyttöön ja jättää ampumisen jälkeen puhtaan suodatinpatruunan käyttövalmiiksi. Tällä tavoin polttoaineensyöttö ei häiriinny laitteen puhdistuessa itseään. Suodattimien takaisinampumiskertoja seurataan päivittäin, ja mikäli ampumiskerrat kasvavat, joudutaan automaattisuodatin huoltamaan. Automaattisuodattimen huolto on lähinnä suodatinkynttilöiden puhdistamista. Jotta huollon aikana polttoaineensyöttö ei häiriintyisi, on automaattisen suodatusyksikön rinnalla myös perinteinen suodatin, jonka kautta polttoaineensyöttö voidaan ohjata. Kuvassa 7. nähdään automaattisen suodatinyksikön toiminta.



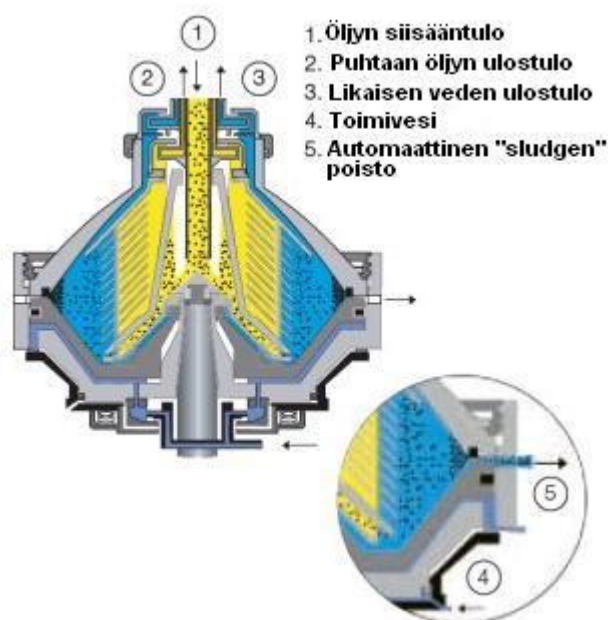
Kuva 7. Automaattisuodattimen toimintakuva /9./

Dieselöljy on puhtaampaa kuin raskasöljy ja koneen suodattimet, jonka kautta dieselöljykin kulkee purkaussatamassa käytettäessä dieseliä. Näin diesel puhdistaa suodattimia osaltaan luottamalla raskasöljyn jäämiä.

Myös automaattifilttereiden huollontarve vähenee dieselöljykäytön myötä, sillä suodatinkynttilöihin ei jää niin paljon hiiltojäännöksiä dieselöljystä kuin raskasöljystä. Voidaankin todeta, että suodattimien huoltotarve vähenee radikaalisti dieselöljyn käytön takia, jos sitä käytettäisiin jatkuvasti.

2.4.2 Separointi

Polttoaineseparaattoreita huolletaan erityisen huolto-ohjelman mukaisesti tai vikaantumisen yhteydessä. Huollon laajuudesta riippuen separaattorin ja sähkömoottorin laakerit uusitaan, kytkin huolletaan, kuula puhdistetaan ja tiivisteet uusitaan. Suurin työ separaattorin huollossa on puhdistaminen, ja tämä johtuu raskasöljystä irtoavista likapartikkeleista, jotka kiinnittyvät varsin tiukasti separaattorin osiin. Separaattori saattaa myös tukkeutua likapartikkelien ansiosta, jolloin se on avattava ja huollettava. Masteralla on kaksi polttoaineseparaattoria, joista toisella voidaan tällä hetkellä ajaa myös dieseliä. Normaalisti vain toinen separaattoreista on käynnissä ja toinen varalla huollettuna.

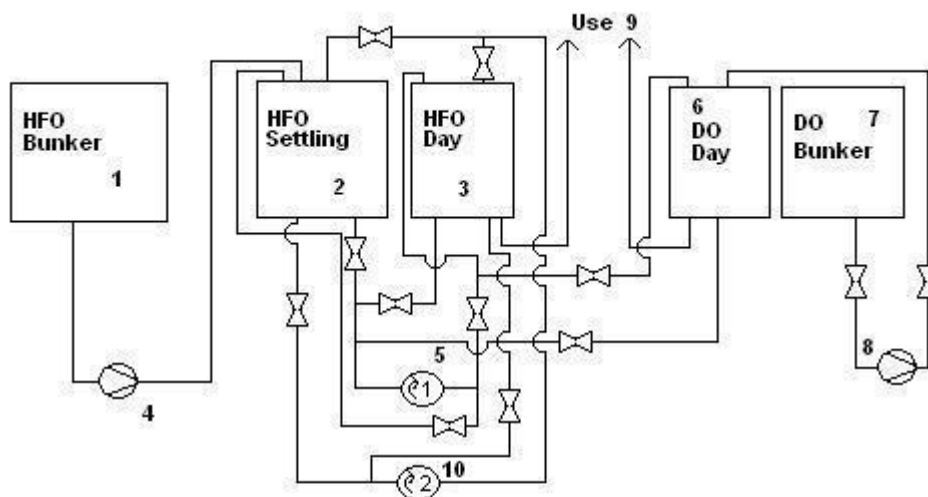


Kuva 8. Separattorin toiminta /10./

Separattorin toiminta perustuu keskipakoisvoiman avulla tehtävään käsiteltävän aineen eri osien erotteluun. Polttoaineseparaattorissa separattorin kuula, eli osa missä separointi tapahtuu, on kiinnitetty pystyakselille, jota pyöritetään sähkömoottorin avulla pyörimisnopeuden ollessa n. 5000 1/min. Kuulassa on sisällä levypakka, joka koostuu toisistaan erillään olevista kartiomaisista lautasista. Polttoaine syötetään separattorin sisääntulosta levypakkaan. Polttoaineen raskaammat osat, kuten likapartikkelit ja vesi, erottuvat keskipakoisvoiman ansiosta uloimmalle kehälle. Kuulassa on toimiveden aikaan saama vesikerros, jonka läpi puhdistettava öljy kulkee. Kevyempi puhdistettava aine johdetaan kuulun keskiosan suuntaan ja poistopumpun

avulla pois separaattorista. Levypakka lyhentää erottuvien öljypisaroiden vesikerroksen läpi kulkemaa matkaa. Kuula tyhjentyy automaattisesti lika- ja vesipartikkeleista, eli ns. ”sludgesta”. Tyhjennyksessä kuulan ”sludgen” poistokanava avautuu vedenpaineen avulla. Tällöin keskipakoisvoiman ansiosta ”sludge” sinkoutuu pois kuulasta ja valuu jäteöljytankkiin. Kuvassa 8. nähdään separaattorin toimintaperiaate. /11./

Dieselöljyn laadusta riippuen se ei välttämättä tarvitse separointia, mutta mikäli sitä halutaan separoida, niin separaattoreiden huoltoihin käytetty työmäärä pienenee oleellisesti puhdistustarpeen melkein poistuessa. Diesel on tehokas pesuaine, eikä siitä juuri irtoa kiinnijääviä partikkeleita. Ainoiksi huoltotöiksi jäisivät näin ollen tiivisteiden uusinta, kytkimen ja sähkömoottorin huolto sekä separaattorin pysty akselin laakerien uusiminen.



- 1= Raskasöljy bunkkeritankki
- 2= Raskasöljy settling- tankki
- 3= Raskasöljy päivätankki
- 4= Raskasöljyn siirtopumppu
- 5= Polttoaineen separointiyksikkö 1
- 6= Dieselöljy päivätankki
- 7= Dieselöljy bunkkeritankki
- 8= Dieselöljyn siirtopumppu
- 9= Polttoaine käyttöpiirille
- 10= Polttoaineen separointiyksikkö 2

Kuva 9. Polttoaineen separointikaavio

Kuvassa 9. nähdään, kuinka Masteralla polttoaineen separointi ja siirto on järjestetty. Kuvassa separointiyksiköt kuvaavat itse polttoaineseparaattoria, separaattorin esilämmitintä, separaattorin syöttöpumppua, separaattorin imusuodatinta ja separaattorin poistopumppua. Kuva 10. näkyy yhden polttoaineseparaattorin kuva. Raskasöljy siis pumpataan bunkkeritankista settling- tankkiin ja separoidaan sieltä

raskasöljyn päivätankkiin. Polttoainetta voidaan separoida myös kierrättämällä polttoainetta settling- tai päivätankissa separaattorin kautta. Masteralla raskaöljyn bunkkeritankkeja on neljä, settlingtankkeja kaksi ja raskasöljyn päivätankkeja kaksi. Dieselöljylle on puolestaan kaksi bunkkeritankkia ja yksi päivätankki. Dieselöljy pumpataan suoraan bunkkeritankista päivätankkiin. Tankkien täyttö ja tyhjennys tapahtuvat aina tilanteen mukaan ja laivalla saattaa olla useita eri bunkkerilaatuja samaan aikaan, eikä näiden sekoittaminen ole suotavaa, sillä jotkut bunkkerilaadut saattavat sakkautua sekoittuessaan.



Kuva 10. Polttoaineseparaattori

2.4.3 Syöttö koneille

Esilämmittimiä huolletaan harvoin, ja huolto on yleensä puhdistamista. Puhdistaminen voidaan suorittaa laittamalla lämmittimen sisään dieseliä, joka liuottaa ja pesee sisällä olevat raskasöljyjämmät. Dieselöljyä käytettäessä ei tarvita erityistä esilämmitystä, joten voidaan sanoa, että tämä huoltotyö jää kokonaan pois dieselöljyikäytöllä.

Suurin osa polttoainejärjestelmän polttoainetta siirtävistä pumpuista on ruuvipumppuja, ja näiden kuluminen aiheuttaa lähinnä pumppujen hyötysuhteen pienenemistä. Huolloille on laivalla oma ennakkohuolto-ohjelmansa, jonka mukaan pumppujen huollot normaalisti tapahtuvat. Pumppuja joudutaan kuitenkin huoltamaan, jos niissä havaitaan vuotoja, ylimääräisiä ääniä tai värinää. Pumpattavan aineen ominaisuudet vaikuttavat tietenkin jossain määrin pumppujen huollontarpeeseen. Raskasöljy kuluttaa pumppuja, jolloin niiden välykset kasvavat. Toisaalta dieselöljy ei välttämättä

voitele pumppuja toivotulla tavalla. Ainakaan vielä ei ole havaittu, että polttoaineen vaihdos olisi juuri vaikuttanut näiden pumppujen toimintaan. Polttoaineen paine tosin saattaa vaihdella dieselöljykäytön myötä alhaisemman viskositeetin takia.

Masteralla on ns. hajautettu polttoainejärjestelmä, eli siellä ei ole erillistä keskitettyä ns. booster-yksikköä, vaan telakka on toimittanut järjestelmät koneiden suodattimille asti. Kuvassa 2. on esitetty polttoaineen syöttö koneille.

Raskaan polttoöljyn mukanaan tuomat epäpuhtaudet aiheuttavat kulumista, ja polttoaineen käsittelylaitteiston huoltotarve on suurempi kuin dieselöljykäytössä. Silti esimerkiksi raskasöljykäyttöön suunnitellun meridieselmoottorin polttoainepumppujen huoltovälit ovat raskasöljykäytöllä pääsääntöisesti pidemmät kuin dieselöljykäytöllä. Polttoainepumppujen huoltovälien toteutuminen tietysti vaatii korkeaa laatua koneeseen syötettävältä polttoaineelta.

Huoltovälien lyheneminen aiheuttaa lisäkustannuksia varustamolle ja työllistää sekä laivahenkilökuntaa että Neste Shippingin tapauksessa myös huoltosopimuksen kautta ulkopuolista työvoimaa. Huoltosopimuksesta kerrotaan enemmän kohdassa 4.4.

Raskasöljykäyttöisissä laivoissa on myös tarvetta separoida koneiden voiteluöljyä, koska raskasöljyn palaessa hiiltojäänteitä ja likapartikkeleita kulkeutuu myös voiteluöljyn sekaan. Näitä epäpuhtauksia on hankalaa saada ilman separointia poistumaan. Tätä kautta myös voiteluöljyseparaattoreiden huoltotarve pienenesi jatkuvassa dieselöljykäytössä. Koneissa on myös automaattisuodatin kiinteiden partikkelien poistoon voiteluöljystä, automaattisuodatin puhdistaa itsensä takaisinpuhalluksella paineilman avulla. Automaattisuodattimen puhdistuksessa syntynyt likaantunut öljy johdetaan koneen öljynpaineella pyörivän keskipakois-paperisuodattimen läpi takaisin kiertoon. Näiden suodattimien huolto ei kuitenkaan ole kovin työlästä eikä kallista.

3 PÄÄSTÖVERTAILU

3.1 Johdanto

Päästöihin on ruvettu kiinnittämään huomiota kasvihuoneilmiön myötä, mutta tärkeimpänä vähennyskohteena meriliikenteen osalta ovat olleet rikkipäästöt. Rikistä pakokaasuissa muodostuu rikin oksideja, jotka happamoittavat ympäristöä. Muita oleellisia kohteita ovat typen oksidien ja hiukkaspäästöjen vähentäminen.

Hiilidioksidi, CO_2 , on merkittävin kasvihuonekaasu, mutta se on silti ns. luonnon kaasu, ja sitä syntyy aina palamisen yhteydessä.

Rikkidioksidi, SO_2 on ympäristön kannalta tällä hetkellä suurimman mielenkiinnon kohteena laivaliikenteen päästöissä, mutta kasvihuoneilmiöön sillä ei ole vaikutusta. Se happamoittaa maaperää ja vesistöjä sekä aiheuttaa kohtuullisissa määrin rehevöitymistä. Pieni osa polttoaineen sisältämästä rikistä hapettuu myös rikkitrioksidiksi, SO_3 , mutta rikkitrioksidi on myös ympäristön happamoitumisen ja savusumun muodostumisen takia ympäristölle haitallista. Polttoaineen sisältämä tuhka sitoo hieman rikkiä itseensä palamistapahtumassa, mutta sen sitoman rikin määrä ei ole merkityksellinen. Hiukkasten sitomat sulfaatit ovat myös ympäristölle haitallisia. Rikkipäästöt ovat syy siihen, miksi runsasrikkisen raskasöljyn käyttöä on rajoitettu ja siirrytty jossain määrin dieselöljyn käyttöön.

Typen oksidit, NO_x , muodostuvat sekä ilman että polttoaineen sisältämän typen vaikutuksesta. Typen oksidit lisäävät savusumun muodostusta, kasvihuoneilmiötä ja maaperän happamoitumista. Typen oksideista typpimonoksidia syntyy polttomoottorissa eniten, ja sen muodostumiseen voidaan vaikuttaa moottorinohjauksella teknisin keinoin. Keinoina voidaan käyttää esimerkiksi pakokaasujen takaisinkierrätystä tai veden lisäämistä polttoaineen ruiskutukseen eri keinoin.

Yhteispaineruiskutuksella eli ns. Common Rail -moottoreilla on päästy hyviin tuloksiin päästöjen suhteen. Common Rail -koneessa polttoaineen syöttöä ohjataan sähköisesti ja näin ruiskutuksen alkamis- ja loppumisajankohta voidaan optimoida ihan-

teelliseksi. Common Rail -koneen polttoaineen jakoputkistossa vallitsee koko ajan ruiskutusaine, joka luodaan erillisellä korkeapainepumpulla. Tällä tekniikalla saadaan päästöt putoamaan monilta osin huomattavasti. Erityisesti typen oksidipäästöt vähenevät tämän tekniikan myötä.

Tuhka sisältää kaikki polttoaineen palamattomat osat kuten raskasmetallit. Näistä osa voidaan poistaa polttoaineen esikäsitelyssä, mutta tuhkan koostumus ja määrä riippuvat polttoaineen laadusta. Tuhkan määrä siis vaikuttaa pakokaasun hiukkaspäästöihin, eli moottorista vapautuu pakokaasujen mukana sama määrä palamattomia hiukkasia kuin sinne syötetään. Niitä voidaan poistaa esimerkiksi hiukkassuodattimen avulla, mutta ne ovat vielä aika harvinaisia rahtilaivoissa.

Hiilimonoksidia eli häkää, CO, syntyy polttomoottorissa. Sen määrä on tosin vähäinen johtuen siitä, että polttomoottorin ilmakerroin on aina yli yhden, ja näin ollen hiilimonoksidi hapettuu hiilidioksidiksi.

Polttomoottorissa syntyy myös palamattomia, usein pitkäketjuisia hiilivetyjä. Näiden yhdisteiden toteaminen on vaikeaa, mutta osan niistä on todettu olevan terveydelle haitallisia. Syntyvien palamattomien hiilivetyjen määrään voidaan vaikuttaa moottorin ohjauksella optimoimalla moottorin kierrosnopeutta ja kuormitusta. Palamattomia hiilivetyjä on todettu syntyvän eniten pienillä kuormilla ja polttoaine-ilmaseoksen puutteellisen sekoittumisen johdosta. Myös ruiskutuspuuttimen neulan alle jäävä pieni tila edistää palamattomien hiilivetyjen syntymistä, sillä siihen jää ruiskutuksen jälkeen polttoainetta, joka haihtuessaan ei osallistu palamiseen. Myös ruiskutuspuuttimen suutinkärjen muotoilulla voi siis vaikuttaa palamattomien hiilivetyjen määrään pakokaasuissa. /11./

Lähtökohdaksi päästövertailussa otan tyypillisen Euroopan purkaussataman, jossa purkauksessa käytettävän pääkoneen polttoaineena on dieselöljy. Keskimäärin Masteran purkauksessa käytettävä pääkone kuluttaa purkauksen aikana noin 10 t dieselöljyä, ja arvioin, mitä vaikutusta päästöihin on sillä, että polttoaineena käytetään dieselöljyä raskasöljyn sijaan.

3.2 Raskasöljy

Nykyään Itämeren liikenteessä saa käyttää enintään 1,0 prosenttia rikkiä sisältävää raskasöljyä. Raskasöljyssä on myös mukana raskasmetalleja, ja ne vaikuttavat koneen ja järjestelmien kulumiseen. Itse polttotapahtumaan ne eivät vaikuta, sillä ne menevät prosessin lävitse sellaisenaan ja ovat ns. tuhkaa. Raskasöljyssä on myös typpeä, ja näin ollen siitä muodostuu helposti typen oksideja (NO_x).

HFO		DO	
C	(88,33%)	C	(85,96%)
H	(10,10%)	H	(13,96%)
S	(0,95%)	S	(0,08%)
N_2	(0,40%)		
O_2	(0,19%)		
Tuhka	(0,03%)		

Kuva 11. Raskasöljyn ja dieselöljyn pääasialliset komponentit C= hiili, H= vety, S= rikki, N_2 = typpi, O_2 = happi

3.3 Dieselöljy

Dieselöljyllä tarkoitan tässä yhteydessä tuotteita marine gas oil (meriliikenteen kaasuoilja, MGO) ja marine diesel oil (meridiesel, MDO), sillä ne ovat yleisimmin laivalla käytössä olevat kevytöljyt eli dieselöljyt. Nämä tuotteet sisältävät luonnostaan vähän rikkiä (<0,1%) ja raskasmetalleja, myös typen osuus on pienempi, kuin raskasöljyssä, ja siksi niistä ei muodostu typen oksideja (NO_x). Toisaalta palamisilman sisältämä typpi hapettuu osin palamistapahtumassa, muodostaen typen oksideja.

Kuvassa 11. nähdään raskasöljyn ja dieselöljyn alkuainekoostumuksen eroavaisuus.

3.4 Vertailu ja yhteenveto

Käytettävän polttoaineen rikkipitoisuus on suoraan verrannollinen savukaasujen rikkidioksidimäärään, ja näin ollen dieselöljykäytöllä syntyy huomattavasti vähemmän rikkidioksidipäästöjä kuin raskasöljykäytöllä.

Typen oksidien määrä savukaasuissa vaihtelee koneen kuormituksen ja käytettävän polttoaineen mukaan. Polttoaineessa oleva typpi hapettuu palamistapahtumassa ilman sisältämän typen kanssa typen oksideiksi. Tästä johtuen välittömästi ympäristölle haitalliset typen oksidipäästöt pienenevät dieselöljykäytön myötä. Pääosa palamistapahtumassa syntyvistä typen oksideista ovat typpimonoksidia, joka myöhemmin hapettuu typpidioksidiksi. Polttoaineessa oleva typpi osallistuu tehokkaasti typen oksidien muodostumiseen, eikä tähän vaikuta lämpötila, toisin kuin palamisilman sisältämän typen hapettumiseen. Voidaankin todeta, että koska ainoastaan raskasöljy sisältää merkittävässä määrin typpeä, niin dieselöljykäytön myötä myös typenoksidipäästöt vähenevät.

Tuhkan eli hiukkaspäästöjen määrä savukaasuissa riippuu hyvin monesta eri tekijästä, ja osaltaan myös rikkipitoisuuden vähentäminen polttoaineessa vaikuttaa niiden syntyyn. Polttoaineen sisältämä tuhka menee suoraan palotapahtuman läpi savukaasuihin, mutta polttoaineen esikäsittelyllä voidaan vaikuttaa sen määrään. Kuitenkin on todettu, että dieselöljykäytöllä syntyy vähemmän hiukkaspäästöjä.

Hiilidioksidin määrä ei juuri muutu dieselöljykäytön myötä, sillä sen määrä pakokaasuissa on enemmänkin kiinni polttoaineensyötöstä, sillä esimerkiksi yhteispaineruiskutuksella eli ”Common Rail” -tekniikalla hiilidioksidipäästöjä on saatu vähennettyä.

Hiilidioksidi ei ole siis välittömästi ympäristölle haitallista. Maalaitokset tuottavat huomattavasti enemmän hiilidioksidia kuin laivaliikenne. Meriliikenteen päästöjen vähennyskohteena hiilidioksidi ei ole merkittävässä asemassa tällä hetkellä.

Myös palamattomia hiilivetyjä syntyy vähäisiä määriä laivadieselmoottorissa, eikä niiden määrä ole niinkään kiinni polttoaineesta vaan polttoaineensyötöstä ja koneen kuormituksesta.

Esimerkitapaus, kun Mastera on purkanut Porvoon Kilpilahden öljysatamassa 5.5.–6.5.2011 n. 100 000 tonnia raakaöljyä. Purkaukseen käytetty dieselöljyn määrä oli 11 020 litraa eli noin 9,6 tonnia. Purkaukseen käytetty energiamäärä 43 MWh ajassa 18,5 h jolloin keskimääräiseksi tehoksi saadaan 2,3 MW. Purkaukseen käytetty energia tuotettiin pääkoneella 4 eli Wärtsilä 6L38B- merimoottorilla. Arvioin päästöjä siltä osin kuin se on merkityksellistä ja järkevää. Esimerkiksi hiilidioksidin ja hiilimonoksidin määrän arvioinnin jätän tekemättä, koska se vaatisi huomattavan määrän tutkimustyötä ja laajempia päästömittauksia, jotta päästäisiin edes tyydyttävään tarkkuuteen. Kummankaan hiilen oksidin määrä ei merkittävästi muutu polttoainevaihdon myötä.

Arvioidut päästöt raskasöljykäytöllä:

SO₂ eli rikkidioksidipäästöt:

Arvioidaan, että purkaukseen käytetty raskasöljyn määrä olisi ollut noin 10 250 litraa, jolloin tuolla hetkellä laivassa käytettävän raskasöljyn ominaispainolla 0,89 kg/l saadaan raskasöljyn massaksi 9123 kg. Arvioidaan, että tällainen määrä raskasöljyä sisältää n. 87 000 g rikkiä, jolloin tuosta määrästä rikkiä muodostuisi noin 85 kg rikkidioksidia.

NO_x eli typenoksidipäästöt:

Wärtsilä W38:n ominaistypenoksidipäästöt raskasöljykäytöllä ovat valmistajan ja päästömittausten mukaan n. 13 g/kWh. Tällöin 43 MWh:n tuottaminen koneella aiheuttaisi 559 kg typenoksidipäästöjä.

Hiukkaspäästöt:

Päästömittausten mukaan raskasöljykäytöllä koneen tyypilliset hiukkaspäästöt ovat n. 0,12 mg/kWh, jolloin 43 MWh:n tuottaminen olisi aiheuttanut noin 5,2 g hiukkaspäästöjä.

Arvioidut päästöt dieselöljykäytöllä:

SO₂ eli rikkidioksidipäästöt:

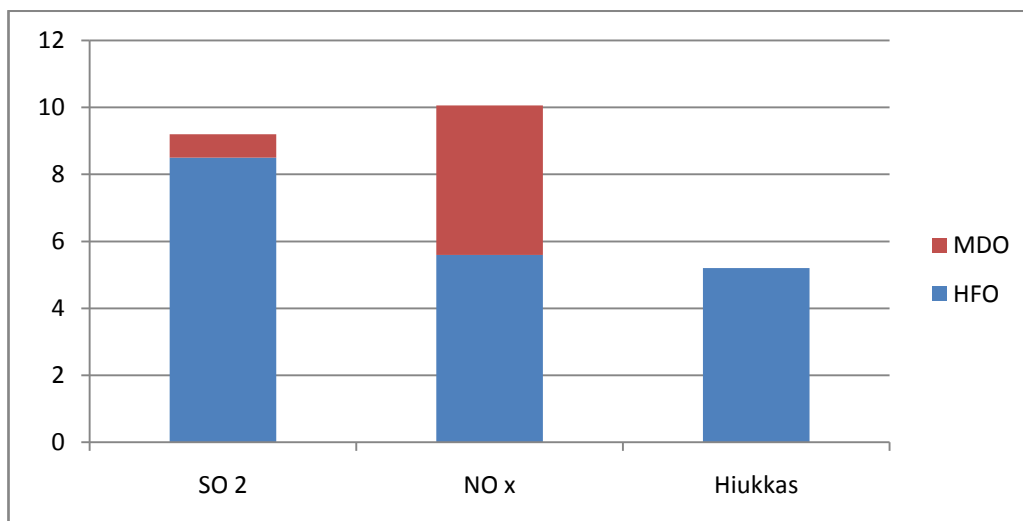
Rikkidioksidipäästöjen määrä on suoraan verrannollinen polttoaineen sisältämän rikin määrään. Esimerkkitapauksessa raskasöljy sisältää 11,875- kertaista määrän rikkiä verrattuna dieselöljyyn. Näin ollen dieselöljykäytöllä syntyy $85 \text{ kg} / 11,875 = 7 \text{ kg}$ rikkidioksidia.

NO_x eli typenoksidipäästöt:

Typenoksidien määrään voidaan vaikuttaa polttoaineen vaihdolla siltä osin, kuin raskasöljyn sisältämän typen puuttuminen palamistapahtumasta pienentää typenoksidipäästöjä. Tässä esimerkkitapauksessa tuo raskasöljyn sisältämä typpimäärä on n. 36 kg. Jos oletetaan, että tämä polttoaineen sisältämä typpi hapettuu kokonaisuudessaan typpidioksidiksi, NO₂, syntyisi 36 kg:sta typpeä n. 112 kg typpidioksidia hapettumisreaktion $\text{N}_2 + 2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2$ mukaisesti. Typenoksidipäästöt ovat siis arviolta pienentyneet tuon 112 kg eli typenoksidien määrä dieselöljykäytöllä on noin $559 \text{ kg} - 112 \text{ kg} = 447 \text{ kg}$. Jäljelle jäävät typenoksidipäästöt syntyvät kun palamisilman sisältämä typpi hapettuu palamisreaktiossa.

Hiukkaspäästöt:

Dieselöljykäytöllä ei hiukkaspäästöjä synny merkittävässä määrin ollenkaan.



Kaavio 1. Päästöjen suhteellinen osuus HFO ja MDO käytöllä

Kuten kaaviosta 1. voidaan todeta, rikkidioksidi, sekä typen oksidi- ja hiukkaspäästöt pienenevät merkittävästi dieselöljykäytön myötä /12./.

4 KUSTANNUSTEN ARVIOINTI

4.1 Polttoainekustannukset

Kokonaiskustannuksia arvioitaessa on otettava huomioon hyvin monia seikkoja, sillä pelkkä polttoaineen hinta on vain osa kokonaisuutta. Selvää on kuitenkin, että kustannukset tulevat nousemaan yhä tiukentuvien ympäristösäädösten myötä. Se miten nämä päästötavoitteet saavutetaan mahdollisimman taloudellisesti ja järkevästi, asetavat varustamolle ja laivahenkilökunnalle haasteita.

Tässä opinnäytetyössä käsittelen päästörajoitusten aiheuttaman polttoaineen vaihdon raskasöljyltä dieselöljylle aiheuttamia kustannuksia EU- satamissa.

Dieselöljykäytöllä saavutetaan päästötavoitteet, eikä se vaadi kovinkaan suuria teknisiä muutoksia. Dieselöljy on varsinkin runsasrikkiseen raskasöljyyn verrattuna kallista. Tosin tietyiltä osin huoltokustannukset pienenevät dieselöljykäytön myötä, mutta sillä ei kuitenkaan ole merkitystä arvioitaessa kokonaisuutta.

4.2 Polttoaineiden energiasisältö

Polttoaineiden energiasisältö ilmoitetaan yksikössä joulea kilogrammassa (J/kg), mutta tässä yhteydessä käytän yksikköä megajoulea kilogrammassa (MJ/kg), koska se on helpommin ymmärrettävissä tässä yhteydessä, koneistojen tehot ilmoitetaan kilowateissa tai megawateissa, jotka taas tarkoittavat kilo- tai megajoulea sekunnissa.

Ylempi lämpöarvo eli kalorimetrinen lämpöarvo on se energiamäärä, joka vapautuu, kun 1 kg kiinteää tai nestemäistä tai 1 m³ normaalipaineista kaasumaista polttoainetta palaa täydellisesti ja palamistuotteet jäähtyvät lämpötilaan 25 °C. Energiasisällöllä tarkoitan tässä yhteydessä kuitenkin alemmaa eli tehollista lämpöarvoa, jota käytetään polttoaineiden kaupankäynnissä. Alempi lämpöarvo poikkeaa ylemmästä siten, että polttoaineen sisältämä vesi, sekä palamisessa muodostunut vesi ovat vesihöyryinä.

Dieselöljyllä on hieman korkeampi energiasisältö kuin raskasöljyllä, eli massaltaan samasta määrästä raskasöljyä ei saada teoriassakaan niin suurta energiamäärää kuin dieselöljyllä. Toisaalta dieselöljy on niin paljon kevyempää kuin raskasöljy, että tilavuudeltaan samasta dieselöljymäärästä ei saadakaan niin suurta energiaa kuin raskasöljystä. Myös polttoaineiden erilainen käsittelylämpötila vaikuttaa energiasisältöön tilavuusyksikköä kohden. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että koska raskasöljyn ruiskutuslämpötila on huomattavasti suurempi kuin dieselöljyllä, on myös energiasisältö suurempi tilavuusyksikköä kohden. Jätän kuitenkin lämpötilavaikutuksen huomiotta laskuissa, koska raskasöljy kuitenkin lämmitetään sen luovuttamalla lämpöenergialla. Erilainen energiasisältö tilavuusyksikköä kohden näkyy polttomoottorin yhteydessä erityisesti hieman alentuneena akselitehona dieselöljyllä, kun verrataan samalla polttoaineen syöttömäärällä saavutettuun tehoon raskasöljyllä.

Raskaan polttoöljyn energiasisältö ja tiheys ovat noin 41 MJ/kg/1005 kg/m³ lämpötilan ollessa 15 °C, kun taas dieselöljyn noin 43 MJ/kg/890 kg/m³, lämpötilan ollessa 15 °C. Yksinkertaisella laskutoimituksella energiasisällön ja tiheyden tulona saadaan kummallekin energiasisältö kuutiometriä kohden, jotka ovat raskasöljylle 41 205 MJ/m³ lämpötilan ollessa 15 °C ja dieselöljylle 38 270 MJ/m³ lämpötilan ollessa 15 °C. Dieselöljyn energiasisältö tilavuutta kohden 15 celsiusasteen lämpötilassa on siis noin 7 % pienempi kuin raskasöljyn.

Taulukko 1: Polttoaineiden energiasisällön vertailu

	HFO	DIESEL
Energiasisältö/massayksikkö (MJ/kg)	41	43
Tiheys (kg/m ³) 15°C	1005	890
Energiasisältö/tilavuusyksikkö (MJ/m ³) 15°C	41 205	38 270

Laivalle polttoaine ostetaan massayksiköissä eli tonneina, joten tonnista dieselöljyä saa irti vajaan viisi prosenttia suuremman energian kuin tonnista raskasöljyä. Tämä myös kompensoi hieman polttoaineiden hintaeroa.

4.3 Polttoaineiden hinta

Laivan polttoaineiden markkinahintoja eli bunkkerien hintoja voi seurata osoitteesta www.bunkerworld.com. Niissä tapahtuu jonkin verran vaihtelua, mutta Marine Gas Oil ja Heavy Fuel Oil IFO (Intermediate Fuel Oil) 380, joiden hintoja tässä lähinnä vertailen, pysyttelevät suunnilleen samassa suhteessa toisiinsa nähden. Meriliikenteen dieselöljy (MDO) on hieman halvempaa kuin meriliikenteen kaasuöljy (MGO) hintaero ollessa n. 30 Amerikan Yhdysvaltojen dollaria tonnilta. Valitsin kuitenkin kaasuöljyn vertailukohteeksi raskasöljylle, koska Bunkerworld- sivustolta ei ole Euroopan eli tässä tapauksessa Rotterdamin hintaa meriliikenteen dieselöljylle ilmoitettu. Toisaalta Masteralla käytetään dieselöljynä sitä polttoainetta, mitä on saatavilla, ja nykyään se on usein kaasuöljyä.

Raskasöljyn ja dieselöljyn hintaero johtuu siitä, että kumpienkin hinnat seuraavat raakaöljyn maailmanmarkkinahintaa. Tätä seuranta olen toki tehnyt vain muutaman kuukauden aikajänteellä, ja on hyvin vaikea mennä arvailemaan, miten hinnat tulevaisuudessa tulevat kehittymään. Vertailupaikaksi olen ottanut Rotterdamin, sillä sen hinnat seuraavat yleistä eurooppalaista hintatasoa, ja ainakin alkuvaiheessa päästörajitukset tulevat koskemaan Eurooppaa.

Edellä mainituilla tiedoilla olen päätenyt siihen, että dieselin hinta on noin 1,6 kertaa raskasöljyn hinta, eli raskasöljy maksaa noin 550 USD tonni ja dieselöljy 870 USD tonni (19.2.2011). Näin ollen voidaan todeta, että satamakäytössä pelkästään koneiden polttoaineiden hintaero aiheuttaa varovaisesti arvioiden reilun parinsadantuhannen USD lisäkustannukset vuositasolla Masteran tapauksessa. Tämä reilu parisaatauhatta USD on siis vain koneiden lähinnä purkauksessa käyttämän polttoaineen hintaeron lisäkustannus. Laivan kattiloiden polttama dieselöljymäärä on samaa luokkaa, sillä niissäkin harvemmin voidaan käyttää raskasöljyä päästörajitusten vuoksi.



Kuva 12: Raakaöljyn maailmanmarkkinahinnan kehitys (USD/ tynnyri) /14./

4.4 Huoltokustannusten arviointi

Yleisesti ottaen laivalla huolloissa maksavat varaosat suurimman osan, jos huolto tehdään laivan omalla henkilöstöllä, sillä laivalla on palkattuna koko ajan riittävä määrä ammattitaitoista henkilökuntaa suorittamaan huoltoja. Neste Shippingillä on huoltosopimus Wärtsilän kanssa, ja se kattaa Masteralla pää- ja apukoneiden isommat huollot. Jos koneiden huoltoväli jostain syystä lyhenee, se aiheuttaa myös osaltaan joissain tapauksissa huomattaviakin kustannuksia. Masteralla tosin normaalioloissa voidaan yhtä pääkonetta huoltaa laivan ajossakin ollessa, ja niinpä yleensä laiva ei joudu olemaan poissa liikenteestä yhden pääkoneen vikaantumisen takia, mikä tarkoittaisi huomattavaa kustannuserää.

4.5 Vaihtoehtoiset polttoaineet

Vaihtoehtoisista polttoaineista tällä hetkellä varteen otettavin vaihtoehto lienee nesteytetty maakaasu. Sen käyttö toki vaatii laivan tekniikalta paljon, lähinnä varastoinnin osalta. Maakaasu palaa erittäin puhtaasti polttomoottorissa, sillä siitä ei juuri synny muuta kuin hiilidioksidia ja vesihöyryä. Varustamon suunnitellessa uudisrakennuksia maakaasun käyttö laivaliikenteessä on hyvä vaihtoehto. Suomessa ei vielä ole yhtään bunkraus- eli tankkausasemaa, mistä sitä saisi, ja siksi hintakysymykset ovat vielä avoinna. Wärtsilä on rakentanut polttomoottorivoimalaitoksia, jotka toimivat maakaasulla ja kaasutankkereissa polttoainetta saisi lastista. Tekniikka on siis olemassa, kunhan se saadaan valjastettua laajempaan käyttöön.

Myös raskasöljyllä voitaneen päästä melko alhaisiinkin päästöihin, jos laivaan asennetaan pakokaasupesurit. Laivakäyttöön soveltuvat pakokaasupesurit ovat joko kuiva- tai märkäpesureita. Märkäpesurit toimivat joko makealla tai merivedellä tai näiden yhdistelmällä. Merivedellä toimiva märkäpesuri on hankintahinnaltaan pienin ja pesureista yksinkertaisin. Merivedellä toimivan märkäpesurin haittapuolina ovat suuri energiankulutus ja poistoveden puhdistuksen vaativuus. Makealla vedellä toimivan pakokaasupesurin haittapuolina ovat korkea hankintahinta, makean veden saatavuus ja kemikaalien kulutus. Merivedellä toimiva pakokaasupesuri on soveltuvin valtameriliikenteessä oleville aluksille. Kuivapesuri on taas hankintahinnaltaan märkäpesureita kalliimpi, mutta se ei kuluta niin paljon energiaa ja kemikaaleja eikä myöskään vettä kuin märkäpesurit. Pakokaasupesureista laivakäyttöön on tehty useita selvityksiä, joista tämän opinnäytetyön lähdeluettelossa on pari. /15./

5 YHTEENVETO

Ympäristösäädökset ovat pakottaneet varustamoita vähempirikkisen polttoaineen käyttöön ja joissain tapauksissa tämä tarkoittaa raskasöljyn vaihtamista dieselöljyyn. Säädökset tulevat tiukkenemaan tulevaisuudessa, ja tämä tarkoittaa käytännössä kokonaan dieselöljykäyttöön siirtymistä ainakin SECA -alueilla, ellei aluksiin asenneta pakokaasun puhdistuslaitteistoja. Vähärikkisen raskasöljyn ja erityisesti dieselöljyn korkeasta hinnasta johtuen pakokaasujen puhdistuslaitteistot luultavasti yleistyvät laivakäytössä.

Vaihdon helpottamiseksi on tässä opinnäytetyössä käsiteltyyn raakaöljytankkeri Masteraan rakennettu järjestelmä niin, että toimenpide voidaan suorittaa konevalvomosta. Raskasöljyn ja dieselöljyn erilaisten ominaisuuksien takia on käyttäjän tiedettävä, mitä vaihdos vaikuttaa koneen ja järjestelmien toimintaan.

Ympäristösäädökset koskevat laivojen polttoaineiden osalta tällä hetkellä lähinnä rikkiä, koska palamistapahtumassa syntyvien rikin oksidien on todettu happamoittavan ympäristöä ja edistävän savusumun muodostumista. Rikkipäästöt ovat suoraan verrannollisia polttoaineen sisältämän rikin määrään, joten on ollut luonnollista rajoittaa käytettävän polttoaineen rikkipitoisuutta. Osaltaan myös muut päästöt, kuten typen oksidit, hiukkaspäästöt ja palamattomat hiilivedyt vaikuttavat välittömästi ympäristöön. Näistä typen oksidit ja hiukkaspäästöt myös pienenevät dieselöljyn käytön myötä.

Vaikka dieselöljykäyttöön siirtyminen on polttoainekustannusten osalta kallista, se ei vaadi kovinkaan suuria muutostöitä laivalla ja on helppo tapa täyttää ympäristömääräykset.

Tulevaisuudessa ympäristömääräysten yhä tiukentuessa Masteran kaltaisessa laivassa jatkuva dieselöljykäyttö tuskin tulee kysymykseen, joten pakokaasujen puhdistus noussee ainoaksi vaihtoehdoksi, ellei järkevän hintaista vähärikkistä polttoainetta ole saatavilla.

Neste Shipping ja Wärtsilä ovatkin tehneet yhteistyötä, ja Wärtsilän pakokaasupesuria on koekäytetty M/T Suula – tuotetankkerissa, ja sieltä saadut tulokset ovat erittäin hyviä. Rikkipitoisuus pesurin jälkeen savukaasuissa on saatu lähelle nollaa riippumatta polttoaineen rikkipitoisuudesta. Pakokaasupesurien investointi- ja käyttökustannukset kuitenkin vaikuttavat varsinkin vanhempien alusten kohdalla hankintapäätöksiin.

Varsinkin uudisrakennuksia tilattaessa varustamojen todennäköisesti kannattaa myös harkita maakaasun käyttöön siirtymistä. Tässä on vielä ongelmana maakaasun tankkauspisteiden puute.

Dieselöljykäyttöön siirtyminen aiheuttaa varustamoille taloudellisia paineita. Kiristynyt kilpailutilanne suhteessa vallitseviin rahtihintoihin pakottaa tekemään ratkaisuja. Päästöjen vähentäminen on silti todellisuutta tulevaisuudessakin, joten tekniikan kehittyessä operaattoreiden ja varustamoiden johdon on oltava ajan tasalla tilanteesta.

Varsinaisesti opinnäytetyön tekeminen alkoi tammikuussa 2011, vaikkakin aiheeseen tutustuminen oli tapahtunut työn ohessa jo aiemmin. Aiheen valinta ja rajaus oli haasteellista, sillä läheltä liippaavia töitä on tehty useita. Suureksi avuksi kuitenkin oli varustamon myötämielisyys opinnäytetyön tekemiselle, joten sain aineiston kaasaan melko helposti. Suurin osa opinnäytetyöraportista on työn ohessa opittua aiemmin dokumentoimatonta tietoa. Osaltaan suuntaa antavien päästölaskelmien tekeminen ja kustannusten arviointi antoivat näkökulmaa polttoaineenvaihdon kannattavuudesta.

LÄHDELUETTELO

1. Konepäällikön pysyväismääräys 29.12.2009, Rauno Pousi
2. Hernandez, Jose, Opinnäytetyö, Kyamk 2011, Merenkulun koulutusohjelma, Dieselmoottorin pakokaasujen puhdistus rikin ja pienhiukkasten osalta M/s Ailalla
3. Kaartinen, Joni, Opinnäytetyö, Kyamk 2010 Merenkulun koulutusohjelma, Ennakkohuolto-ohjelman analysointi määräaikaishuoltojen perusteella
4. Huhtinen, Markku, Neste Oil Oyj, Raskaan polttoöljyn käyttöopas, 2006, Savion Kirjapaino Oy, ISBN 952-5656-02-0
5. Project guide, Wärtsilä W38
6. Valmarine-ohjelmisto
7. www.alfalaval.com
8. Air Torque actuator manual
9. Boll & Kirch automatic filter manual
10. www.directindustry.com
11. Korpela, Tommi, Nykyaikaisen laivadieselmoottorin pakokaasupäästöjen vähentäminen, Opinnäytetyö, Samk 2005, Tekniikka Porin yksikkö, Energia- ja laivakonetekniikan koulutusohjelma, Laivakonetekniikan suuntautumisvaihtoehto
12. Emission report, M/T Mastera 25.- 27.8.2010, Finas, Kyamk, Piispa, Marko, Nykänen, Mikko

13. Antila, Anna- Maija, Karppinen, Maarit, Leskelä, Markku, Mölsä, Heini, Pohjakallio, Maija, Tekniikan kemia, Edita Prima Oy, Helsinki 2007, 7.-9. painos, ISBN 978-951-37-3738-2

14. www.bunkerworld.com

15. Kujala, Ismo, Wagnel, Niklas, Rikkipäästöjen vähentäminen laivan pakokaasuis-
ta, Opinnäytetyö, Kyamk 2010, Merenkulun koulutusohjelma / merenkulkualan insi-
nööri

LIITE 1

Masteran konepäällikön ohjeistus polttoaineenvaihdosta

NESTE OIL**MT Mastera****Käyttöohje
E 56**

47

DE polttoaineen vaihto HFO → MGO → HFO

Main engine Fuel oil service system.

Purifier room booster unit

NESTE OIL**Shipping****MT Mastera****DG polttoaineen vaihto HFO → MGO → HFO**

EU direktiivin 2005/33/EC mukaisesti 1.1.2010 alkaen on EU-satamissa oltaessa koneissa ja kattiloissa poltettavan polttoaineen maksimi rikkipitoisuus 0,1 %. Tämä aiheuttaa raskasöljykäyttöisten laitteiden polttoaineen vaihtamista kaasuoilyiksi (S% max 0,1%).

EU-satamaan saavuttua vaihto HFO->MGO aloitetaan, kun laiva on laituroitu, ja vaihdon katsotaan olevan turvallista toteuttaa.

Apukoneiden polttoaineen HFO -> MGO vaihtamisen aloittamisesta kuluu 2 tuntia ennen kuin systeemit ovat puhdistuneet raskasöljystä ja ollaan siirrytty täysin kaasuoilykäyttöön.

EU-satamasta lähdettäessä vaihto MGO->HFO aloitetaan ennen laivan lähtöä kuitenkin siten, että voidaan olla täysin varmoja, että systeemin polttoaineen laatu on kokonaan vaihtunut ennen laiturista irrottautumista, ja vaihdon katsotaan olevan turvallista toteuttaa.

Apukoneiden polttoaineen MGO -> HFO vaihtamisen aloittamisesta kuluu 2 tuntia ennen kuin systeemit ovat puhdistuneet kaasuoilystä ja ollaan siirrytty täysin raskasöljykäyttöön

Kaikki polttoaineiden vaihtoajat tulee kirjata konepäiväkirjaan.

Tämän ohjeen liitteenä on putkistokaavio, jossa näkyy ohjeessa mainittavat putkistokomponentit.

Tämän ohjeen liitteenä on riskinkartoitus, jossa vaihto-operaatioon liittyvät riskit on kartoitettu ja niiden alentamistoimenpiteet lueteltu.

DE 3 ja 4 HFO → MGO

EU-satamaan saavuttua vaihto HFO->MGO aloitetaan, kun laiva on laituroitu, ja vaihdon katsotaan olevan turvallista toteuttaa.

- 1 Servicetankkien erotusventtiili OM-009 on oltava kiinni.
- 2 Sulje DE 3 / 4 saattohöyrylinja
- 3 Valmarinen sivulta 2.10 valitaan MGO mode
- 4 Varmistetaan että DO servicetankin venttiili (V-OM-104) aukeaa ja HFO / P servicetankin venttiili (V-OM-102) menee kiinni

Hyväksyjä Konepäällikkö
Laatija R.Pousi
© 2008 Neste Shipping Oy

Versionumero 1
Päivämäärä
15.12.2009

LIITE 2

Wärtsilä- polttoaineen viskositeetti- lämpötila diagrammi

