



CHALMERS



Befäl och Bränsleval

Kan befälen påverka bränslevallet ombord?

Examensarbete inom Sjöingenjörsprogrammet

Anton Evensson

Anders Qvist

RAPPORTNR. SI-16/174

Befäl och Bränsleval

Kan befälen styra bränslevallet ombord?

Anton Evensson

Anders Qvist

Institutionen för sjöfart och marin teknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige, 2016

Befäl och Bränsleval

Kan befälen påverka bränslevalen ombord?

Marine Officers and Fuel Choices

Are the Officers Able to Take Part in the Decision of Which Fuels to Use Onboard?

©Anton Evensson och Anders Roy Qvist, 2016.

Rapportnr. SI-16/174

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslag: Visar spektra av olika bränslen som finns.

Credit: PAUL RAPSON/SCIENCE PHOTO LIBRARY / Universal Images Group

Rights Managed / For Education Use Only

Tryckt av Chalmers

Göteborg, Sverige, 2016

Befäl och bränsleval

Kan befälen ombord påverka bränsleval ombord?

Anton Evensson

Anders Roy Qvist

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Den globala sjöfarten arbetar mot att minska belastningen på miljön och samtidigt bli en mer effektiv industri. I ett steg mot en renare framtid sänktes svavelgränsen för fartygs avgasutsläpp inom svavelkontrollområdena (SECA) 2015, vilket medförde att man antingen använder lågsvavligt bränsle (0,1 % svavel) eller har en avgasreningsanläggning ombord. Det finns flera olika lågsvavliga bränslen som kan användas för att uppnå dessa krav. Eftersom det har varit stort fokus på vilka bränslen man kan använda och hur de påverkar miljön, tar istället denna studie upp hur maskinbefälens situation förändras beroende av vilket bränsle som används. Det saknas i nuläget sammanställd information om hur arbetssituationen ombord påverkas av vilket bränsle som används.

Studien beskriver hur arbetssituationen förändras ombord och ifall maskinbefälen aktivt kan påverka bränsleval för att skapa en bättre arbetssituation. För att kunna svara på forskningsfrågorna - intervjuades maskinbefäl från olika fartyg som använde olika bränslen detta kompletterades med information från rapporter och vetenskapliga artiklar.

Resultatet som studien har kommit fram till är att maskinbefälen har det svårt att styra bränsleval ombord och att lågsvavlig tjockolja inte är lika lätt hanterliga som den traditionella tjockoljan. Medan andra bränslen som till exempel flytande naturgas är enklare att hantera och behandla för befälen ombord.

Nyckelord: Befäl, bränsleval, arbetssituation ombord, alternativa bränslen

Abstract

The global shipping strive to leave a smaller environmental footprint and become a more efficient industry. As a step toward a cleaner shipping sector the sulfur emissions from ships is reduced within sulfur emission control areas (SECAs). In SECAs the maximum sulfur content allowed in marine fuels is (0.1% sulfur from 2015). It is also possible to use a scrubber on board which limits the emissions to the equivalent level. Since there has been great focus on what fuels to use, and how they affect the environment, this study investigate how the marine engineering officers' situation changes depending on which fuels that is used. The information about how different fuel choices affect the marine engineering officers work environment is so far limited.

The study shows how the work environment is changes on board and if the marine engineering officers can actively participate in the selection of fuels on board to create a better working situation. In order to answer the research questions, marine engineering officers from different vessels using different fuels were interviewed. This information was complemented with data from previously published reports and scientific papers.

The conclusion of the study is that the marine engineering officers have a very limited possibility to influence the choice of fuel on board. Furthermore results from the interviews also suggest that low-sulfur fuel oils are not as easily manageable as the traditional heavy fuel oil. While other fuels such as liquefied natural gas is easier to manage and treat onboard for the marine officers.

Keywords: officers, fuel selection, workspace environment onboard, alternative fuels

Förord

Författarna skulle vilja tacka den eminenta handledare, Selma Brynolf, som har hjälpt till under hela processen med examensarbetet. Hon har stöttat oss i uppförsbackar och nedförsbackar. Vi vill även tacka de befäl som har tagit sig tid och ställt upp på intervjuer och besvarat på våra frågor.

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
1.1	Syfte	3
1.2	Frågeställning	3
1.3	Avgränsningar	4
2	Bakgrund och Teorier.....	5
2.1.1	SO _x Reglering.....	5
2.1.2	NO _x Reglering	6
2.2	Framställning av bränslen	7
2.2.1	HFO & ULSFO	7
2.2.2	Biodiesel.....	7
2.2.3	LNG.....	8
2.2.4	Metanol.....	9
2.2.5	Destillerade marina bränsle	9
2.3	Användning ombord.....	9
2.3.1	HFO och skrubbers.....	9
2.3.2	ULSFO	10
2.3.3	Biodiesel.....	11
2.3.4	LNG.....	11
2.3.5	Metanol.....	12
2.3.6	Destillerade marina bränslen	12
2.4	Bränslevälskriterier	13
3	Metod	15
4	Resultat.....	17
4.1	Fartyg som använder ULSFO	19
	Intervju fartyg 1.....	19
	Intervju fartyg 2.....	19

Intervju fartyg 3.....	20
Intervju fartyg 4.....	20
4.2 Fartyg som använder HFO och Skrubber.....	21
Intervju fartyg 5.....	21
Intervju fartyg 6.....	21
4.3 Fartyg som använder LNG	22
Intervju fartyg 7.....	22
Intervju med Terntank Rederikontor	23
4.4 Sammanfattning resultat.....	23
5 Diskussion	25
5.1 Metoddiskussion.....	27
5.1.1 Bakgrundsstudie	27
5.1.2 Intervjuer	27
6 Slutsatser	29
Vilka möjligheter har befälen att styra bränslevalt ombord?	29
Hur påverkas befälen arbetssituation av bränslet som används?	29
Fortsatt forskning	29
Referenser.....	31
Bilagor	34
1. Frågeenkät till fartyg	34
2. Frågor till Terntank	35

Figurförteckning

Figur 1 – Det markerade området visar SECA i Nordeuropa från Transportstyrelsen	2
Figur 2- Potentiella nya globala ECA	5
Figur 3 - MAN B&W dual fuel princip med dieselprocessen.....	12
Figur 4 - Graf över bränslepriser av olika bränslena.....	Error! Bookmark not defined.

Tabellförteckning

Tabell 1 olika bränslens egenskaper (ISO 8217 2012) (International Organisation of Standards, 2012).....	3
Tabell 2 Svavelhaltreglering inom SECA och globalt (International Maritime Organization (IMO), 2015)	6
Tabell 3Kväveoxidregleringar över tid (IMO, 2016).....	6
Tabell 4 Fartyg och fartygstyper som tillfrågats under studien	18

Ordlista

Cat-fines – Aluminiumkisel partiklar som blir en förorening i HFO från katalystik krackning

CO₂ – Koldioxid

CNG – Komprimerad naturgas

Dual-Fuel – Förbränningsteknik med två olika bränslen, ett primär och ett sekundärt bränsle

ECA – Utsläppskontrollområde

FAME – Fettsyrametylestrar, biodiesel

FO – Brännolja, Olja som används som bränsle

HDRD – Vätebehandlad biodiesel, även kallad andra generationen biodiesel

HFO – Tjockolja

HVO – Vätebehandlade vegetabiliska oljor, handelsnamn för HDRD

IMO – International Maritime Organization

LNG – Flytande naturgas

LSD – Lågvarvigdieselmotor

MDO – Marin dieselolja

MGO – Marin gasolja

MSD- Medelvarvigdieselmotor

NECA – Kväveoxidkontrollområde

NO_x – Kväveoxider

Pilotbränsle – En liten mängd bränsle som används för tändning vid dual-fuel tekniken.

RME – Rapsmetylester, biodiesel

SCR – ”Selektiv catalytic reduction”, en katalysator som reducerar kväveoxider från avgaserna

SECA – Svavelkontrollområde

Skrubber – En avgasreningsanläggning för att tvätta bort avgasemissioner, framförallt SO_x, med vatten.

SO_x – Svaveloxider

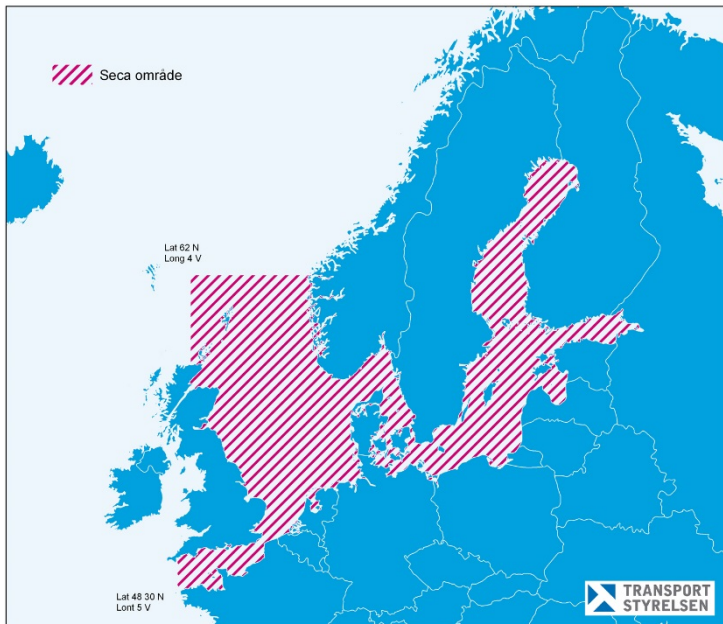
ULSFO – ”Ultra low sulphur fuel oil”, marin olja med låg svavelhalt (<0.1%)

1 Introduktion

Idag står sjötransporter för 90 % av all transport globalt och förbrukar ungefär 20 % av det totala bränslet i världen (McGill, et al., 2013). När nästintill all transport av gods sker med framdrivning av förbränningsmotorer, blir avgasemissionerna stora (Smith, et al., 2015). Globalt sett används främst tjockolja (HFO) som fartygsbränsle och står i dagsläget för ungefär 77 % av bränsleanvändningen vid sjötransporter (McGill, et al., 2013). HFO är en billig restprodukt från oljeraffinering och vid förbränning skapas höga halter av emissioner så som svaveloxider (SO_x), koldioxid (CO_2), sotpartiklar och kväveoxider (NO_x).

Den internationella sjöfarten släppte ut ungefär 940 miljoner ton CO_2 år 2012, och dessa beräknas att öka med 50-250 % till 2050, beroende på hur den ekonomiska tillväxten och energiutvecklingen sker i världen (Smith, et al., 2015). Den internationella handelsflottan släppte även ut 20,9 miljoner ton NO_x och 11,3 miljoner ton SO_x per år uppskattat mellan 2007-2012 (Smith, et al., 2015).

För att minska utsläppen från sjöfarten har utsläppskontrollområden (Emission Control Areas, ECA) skapats vid hårt trafikerade områden nära land. De globala reglerna för svavelhalten i bränslet är 3,5 % viktprocent, men inom de utsläppskontrollerade områdena gäller andra krav. De som bestämmer över utsläppskraven på emissioner från handelsfartyg är International Maritime Organization (IMO). Det finns två olika typer av utsläppskontrollområden, svavelkontrollområden (SECA) och kväveoxidskontrollområden (NECA), för SECA skärptes kraven 2015. Detta påverkar många svenska fartyg eftersom det SECA som finns i Nordeuropa omfattar Östersjön, Engelska kanalen samt Nordsjön (se figur 1). I SECA gäller strängare krav på svavelhalten i bränslet än globalt sett. Efter 2015 måste man använda sig av bränsle med maximalt 0,1 % svavel eller motsvarande med hjälp av avgasreningsanläggningar (skrubber) inom SECA.



Figur 1 – Det markerade området visar SECA i Nordeuropa (Transportstyrelsen, 2016)

Fartyg som trafikerar SECA måste använda sig av bränslen som uppfyller SECA-kraven. Ett fartyg som kommer till ett SECA måste därför byta bränsle om inte bränslet redan uppfyller SECA-kraven när fartyget passerar gränsen till området. De bränslen som uppfyller kraven och används mest inom SECA är tjockolja med väldigt låg svavelhalt så kallad "ultra low sulfur fuel oil" (ULSFO), marin dieselolja (MDO), flytande naturgas (LNG) samt HFO med skrubber baserat på personer som kontaktats i denna studie. Idag är det stort fokus på LNG och flera tank- och bulkrederier med kontor i Göteborg eftersom dessa har beställt nya fartyg med just LNG som bränsle (Johansson, 2016).

Beroende på bränsleval förändras befälens arbetssituation på olika sätt. HFO som används mest globalt kräver mycket bränslehantering och behandling. Alternativa bränslen till HFO kräver en helt annan hantering och behandling ombord då de har andra egenskaper se Tabell 1. Inom SECA är LNG och metanol i dual-fuel arrangemang de mest intressanta och innovativa bränslealternativen om man inte vill ha ett råoljebaserat bränsle för framdrivning (McGill, et al., 2013).

Tabell 1 olika bränslens egenskaper (ISO 8217 2012) (International Organisation of Standards, 2012)

Egenskap		Enhet	Gräns	DMA/MGO	DMB/MDO	RMB30/ULSFO	RMG380/HFO	LNG
Kinematiskviskositet vid 40°C		cSt	max./min.	6/2	11/2	-	-	-
50°C		cSt	max./min.	-	-	30/-	380/-	-
Densitet vid 15°C		kg/m ³	max.	890	900	960	991	420 ^a
Svavelhalt globalt		vikt %	max.	1,5 ^b	2 ^b	0,1	3,5 ^b	
flampunkt		°C	min.	60	60	60	60	- 175
flytpunkt	vinterkvalité	°C	max.	- 6	0	0	30	- 161
	sommarkvalité	°C	max.	0	6	6	30	- 161
vatten		Volym %	max.	0	0,3	0,5	0,5	
vanadium		mg/kg	max.	-	-	150	350	

^a vid -162°C (Gabrielii, 2016)

^b Förekommer i lägre svavelhalter efter lokala krav.

Eftersom ingen liknande studie har genomförts innan med befälen i fokus, kommer denna studie att fördjupa sig på hur befälen upplever bränslebytena. Nästintill alla fartyg gjorde bränslebyte inför 2015-01-01 då SECA-kraven skärptes, om dem inte innan detta datum installerat skrubbers för att leva upp till de nya kraven. Rapporten kommer även studera huruvida befälen har möjlighet att styra bränslevallet ombord till sin fördel. På grund av att det finns lite kunskap och få tidigare publicerade artiklar att relatera till kommer studien att intervjua och fråga befäl om hur de upplever sin arbetssituation beroende av vilket bränsle de använder sig ombord av.

1.1 Syfte

Syftet med studien är att se hur befälens arbetssituationer förändras ombord genom att jämföra de olika bränslevalen. Rapporten kommer även undersöka om befälen har möjlighet att påverka sin arbetssituation ombord genom val av bränsle, då befälen är de som får förstahandskontakt med bränslet och får hantera konsekvenserna ombord.

1.2 Frågeställning

Rapporten har sammanställts utifrån följande frågeställningar:

- Vilka möjligheter har befälen att påverka bränslevallet ombord?
- Hur påverkas befälens arbetssituation av det bränslet som används?

Rapporten ska undersöka om befälen ombord har någon möjlighet att påverka bränslevallet, då det är de som kommer hantera konsekvenserna av bränslevallet. Rapporten kommer även undersöka om befälen exempelvis kan få igenom ett bränsleval som innebär mindre konsekvenser för dem men som kostar mer för rederiet.

1.3 Avgränsningar

Undersökningen har begränsats till rederier med svensk anknytning angående intervjuer och frågeenkäter.

Bränslen som rapporten huvudsakligen kommer behandla är de bränslen som redan finns ombord eller som det planerats för i framtiden av rederier med svensk koppling och historia. Därmed ingår inte kärnbränslen, kol, vind- och solenergi.

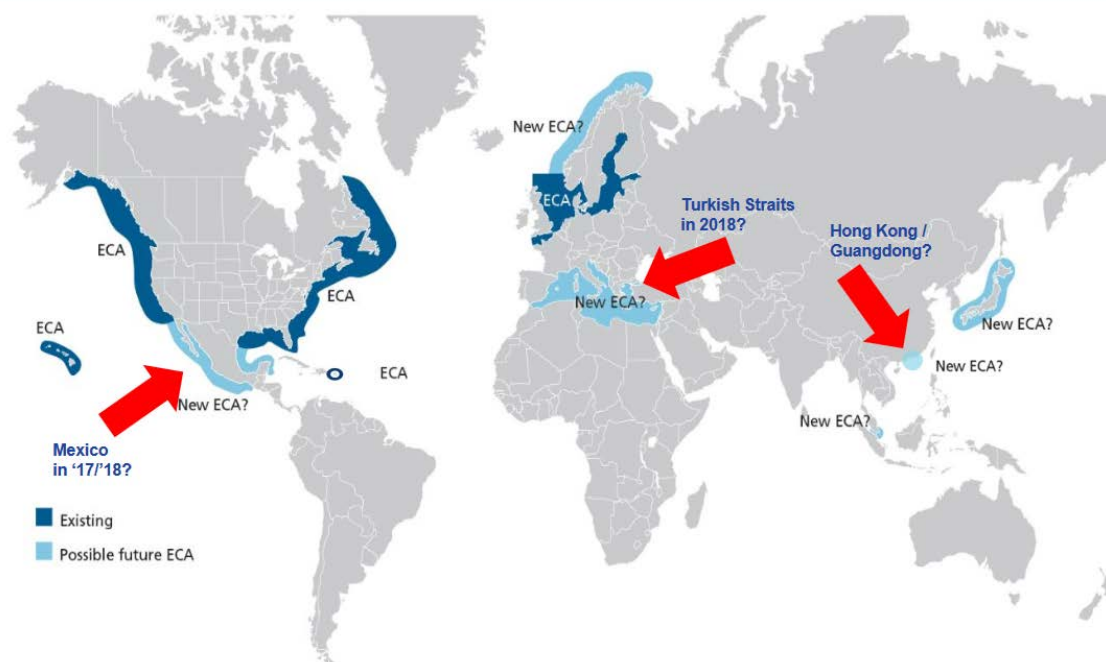
Intervjuerna begränsades till två eller tre befäl ombord per bränsle och fartyg. För att få en bred bas intervjuas maskinbefäl av varierande rang från samma fartyg.

Litteraturstudien har begränsats till vetenskapliga artiklar från 2006 och framåt för att kunna fokusera och ge en relevant bild av dagens bränslen.

2 Bakgrund och Teorier

Den 1 januari 2015 infördes strängare utsläppskrav inom SECA vilket resulterade i ett stort bränslebyte och skrubbers-konverteringar för många fartyg. När rederierna idag ska beställa nykonstruerade fartyg tänker de framåt och på potentiella nya ECA. Bilden nedan visar potentiella nya ECA, enligt Det Norske Veritas & Germanischer Lloyd (DNV GL). DNV GL, som anser att det är högst troligt att nuvarande existerande SECA område i Nordeuropa även blir NECA vid 2021 (Nyhus, 2016).

New ECAs – fact or fiction?



Figur 2 Potentiella nya globala ECA

Vid kontakt med Terntank, planerar de servicetiden för ett tankfartyg till 25 år, vilket gör det högst relevant att vid nykonstruktion tänka på vilket bränsle som skall användas. Beroende på de olika ECA som fartyget kommer trafikera, måste man ta hänsyn till detta vid val av bränsle, samt beakta framtida möjligheter för konverteringar till andra bränslen (Johansson, 2016).

2.1 Regelverk för SO_x & NO_x

Det som påverkar valet av bränsle ombord förutom priset, är vilka emissionskrav fartyget måste leva upp till. De emissionskrav som påverkar bränslevalen är SO_x- och NO_x-kraven.

2.1.1 SO_x Reglering

Idag finns det tre olika ECA som reglerar svavelutsläppen från fartyg: Nordeuropa, samt Nordamerikas kust och USA:s territorium i Karibiska havet. För att se hur regleringen av svavelhalten i bränslet har sänkts under tid se tabell 2.

Tabell 2 Svavelhaltreglering inom SECA och globalt (International Maritime Organization (IMO), 2015)

Datum giltig svavelhalt	Inom SECA	Datum giltig svavelhalt	Utanför SECA
Prior July 2010	1,5 %	Prior 1 January 2012	4,5 %
After 1 July 2010	1,0 %	After 1 January 2012	3,5 %
After 1 January 2015	0,1 %	After 1 January 2020*	0,5 %

*Beroende på utredningen som ska sammanställas 2018 om svavelhalten globalt, kan detta datum uppskjutas till 2025 istället.

2.1.2 NO_x Reglering

Från och med 2016 införde IMO att alla nykonstruerade fartyg som trafikerar redan etablerade NECA måste följa Tier III för NO_x. Regleringen av NO_x är enligt tabell 3. För fartyg som inte trafikerar inom NECA så gäller Tier II för NO_x-utsläpp.

Tabell 3 Kväveoxidregleringar över tid (International Maritime Organization (IMO), 2016)

Tier	Ship construction date	Nitrogen Oxides emission limit (g/kWh), n = rpm)		
		n < 130	n = 130-1999	n ≥ 2000
I	1 January 2000	17	45xn ^(-0,2)	9,8
II	1 January 2001	14,4	45xn ^(-0,2)	7,7
III	1 January 2016	3,4	45xn ^(-0,2)	2

Kväveoxidregleringarna ställer krav på motortillverkarna och rederierna som måste följa kraven. Vid användning av traditionell HFO och diesel, måste man rena avgaserna med olika processer och reningsanläggningar, för att leva upp till dessa krav. På grund av detta har stort fokus hamnat på alternativa bränslen, som inte producerar lika mycket NO_x som HFO och diesel, inom ECA.

2.2 Framställning av bränslen

För att förstå för- och nackdelar med de olika bränslena kommer här en kort bakgrundsinformation om framställning av de olika bränslena, följt av information kring hur de olika bränslena hanteras ombord.

2.2.1 HFO & ULSFO

HFO är en restprodukt från oljeraffinaderier där man förädlat råolja för att få ut finare bränslen som till exempel bensin, diesel och fotogen. De lättare kolvätena i oljan stiger vid upphettning och de tyngre och längre kolkedjorna sjunker beroende av densitetskillnaden mellan de olika kolkedjorna. Slutligen får man kvar restprodukter som bitumen (asfalt) och tjockoljor. För att öka produktionen av de lättare bränslena använder man sig av krackning för att bryta ner långa kolkedjor till kortare kolkedjor vilket resulterar till sänkt viskositet. Resultatet blir en reducerad mängd restprodukter men som då får en sämre kvalitet, men framställning av mer utav de lättare bränslena. De två vanligaste typerna av krackning är termisk och katalytisk krackning (Parkash, 2003) . Vid termisk krackning bryts kolkedjor ner under mycket höga temperaturer, över 500°C. Trycket hålls runt 2-3 MPa. Vid den andra typen av krackning, katalytisk krackning, får oljan reagera med aluminium-kiselpellets under atmosfärstryck och lägre temperaturer än termisk krackning. Aluminium-kiselpelletsen fungerar som en katalysator och bryter ner många långa kolkedjor till kortare kolkedjor. Under denna process kommer även en förorening in i HFO, som kallas cat-fines. Cat-fines är mycket små partiklar av aluminium-kisel som kommer med oljan från pelletsen. Efter krackningen bildas kolkedjor med ungefär 12-14 kolatomer och ett energivärde runt 42MJ/kg. Energivärdet varierar beroende på blandningen som görs för att uppnå korrekt viskositet, men påverkas även av råoljans kemiska sammansättning (Larsson, 2015).

Den huvudsakliga skillnaden mellan ULSFO och HFO är att man avsvavlat ULSFO hårdare för att uppfylla miljökraven inom SECA. För att få fram ett bränsle som uppfyller SECA-kraven kan svavelhalten antingen sänkas genom inblandning med lågviskositetsbränslen med låg svavelhalt eller med vätgasbehandling vilket resulterar i en stor mängd svavelväten (Alhassan & Andersson, 2015).

2.2.2 Biodiesel

I rapporten ”*Alternative Fuels for Marine Applications - Future Marine Fuels study*” beskriver (McGill, et al., 2013) behovet av att använda inblandningsbränslen upp, eftersom utbudet av de alternativa bränslena inte räcker till för att täcka marknaden. Dessa bränslen måste kunna blandas in i de befintliga bränslena utan att medföra problem och extra arbete ombord. Dessa inblandningsbränslen är biologiska och blandas in i fossila bränslen för att minska miljöpåverkan eftersom biodieseln kan anses som CO₂ neutral, det vill säga att biodieseln inte tillför mer CO₂ till atmosfären än vad råvaran har bundit i sitt kretslopp (Bengtsson, et al., 2012). Av de biologiska bränslena är det mest intressanta för sjöfarten biodiesel på grund av sin kompatibilitet till bränslesystemen ombord. Biodiesel kan tillverkas av flera olika råvaror.

De vanligaste råvarorna är vegetabiliska oljor, animaliska fetter eller alger (McGill, et al., 2013). Biodiesel som inblandningsbränsle är i Sverige mest uppmärksammat av Preem, med sin ”Preem Evolution Diesel”, där de idag blandat in 50 % talloljebaserad diesel i den fossila dieseln för att minska miljöpåverkan (Fagher, 2016).

Om man jämför de olika biodieselbränslena som finns på marknaden, kan man dela in dem i 2 olika framställningsprocesser: esterbildning eller vätebehandling. Till esterbildningarna tillhör biodieselbränslena som Fettsyrametylestrar (FAME) och Rapsmetylestrar (RME). Till de vätebehandlade biodieselbränslena tillhör vätebehandlad förnyelsebar diesel (HDRD) eller vätebehandlad vegetabilisk olja (HVO) som det också kallas (Neste, 2016).

HDRD eller HVO behöver inte som det låter i namnet vara ifrån vegetabiliska resurser utan kan också vara ifrån animaliska resurser, som slaktavfall och matavfall. Man behandlar HDRD med väte för att ta bort syret som är bundet i triglyceridmolekylerna.

Triglyceridmolekylen bryts då isär till 3 skilda kolkedjor som har liknade egenskaper som fossilt diesel vilket möjliggör blandning utav fossil och förnyelsebar diesel (Neste, 2016).

Inom den marina transportsektorn har de biologiska bränslena inte haft lika stort genomslag på grund av att man har använt sig av ett billigare bränsle än vad man har använt sig av på land (Fagher, 2016). Ett annat problem som också nämns är kvantiteten av bränsle som behöver produceras, på grund av att det råvaran till biodiesel oftast är grödor, blir det komplicerat med att odla den mängd som behövs för att framställa bränsle samtidigt som det ska finnas markyta kvar till att odla grödor till föda för djur och människor (Bengtsson, 2011).

2.2.3 LNG

Majoriteten av all LNG framställs idag ifrån naturgas. Upptagning av naturgas sker via borrhning i jordskorpan, där gasen finns i gasfickor. När man har tagit upp naturgasen förädlar man den i två steg. I första steget kyls naturgasen ner till -40 °C för att kondensera bort majoriteten av tyngre gaser som propan och butan. De gaser som där efter inte har kondenserat är huvudsakligen 87 % metan och 6 % etan, resterande procent är kvävgas och en liten del tyngre gaser som propan som följer med i processen. För att få naturgasen flytande behöver den kylas ner till -162 °C. Detta görs i flera steg och är energikrävande (Nezhad, et al., 2012).

LNG består till största delen av metan som är ett enkelt kolväte och vid förbränning nästan fritt från partiklar och sot i avgaserna (Anderson, et al., 2015), eftersom det bara är en kolatom i kolkedjan. Detta gör att kolatomerna lätt blandas stökiometriskt och ger en ren förbränning utan sot. LNG har också mer kemiskt bundet väte i sig än råoljeprodukter, vilket vid förbränningen bildar vattenånga och mindre koldioxid som slutprodukt (Choi & Philips, 2011).

I dagsläget kommer majoriteten av LNG från naturgas som är ett fossilt bränsle, precis som råolja. Man kan även producera metangas i form av biogas vid anaerob förgasning av biologiska ämnen.

Detta har större framgång på land med komprimerad biogas för bilar och bussar. Problemet med att få biogas till fartyg är att det inte finns tillräcklig tillverkning idag samt att biogasen för tillfället är något dyrare än naturgasen (Göthe, 2016).

2.2.4 Metanol

Metanol kan framställas på många olika sätt men den metanol som nu börjat användas för framdrift av fartyg är framställd från naturgas. Man kan även framställa metanol med trämassa, biomassa och koldioxid som råvaror (ScandiNAOS AB, 2016). Metanol har precis som LNG fördelen med låg halt av partiklar vid förbränning, låga nivåer av SO_x och kraftigt reducerat NO_x-utsläpp jämfört med HFO (Stojcevski, 2015).

2.2.5 Destillerade marina bränsle

Till destillerade bränslen hör många olika bränslen med varierande kvalitéer. Alla de olika varianter av bränslena kommer från lättare kolväten som har stigit uppåt i raffineringsprocessen som beskrivs i stycket 2.2.1. De vanligaste destillerade bränslena är bensin, fotogen och diesel oljor av varierande kvalité. Inom den marina sektorn används mestadels MDO och marin gasolja (MGO) som bränsle.

Skillnaden mellan de två bränslena är att MDO har lägre kvalitetskrav och får innehålla HFO. MGO däremot är ett rent destillerat bränsle som har högre kvalité än MDO (International Organisation of Standards, 2012). Beroende på vad man har specificerat i beställning av bränsle kan MDO och MGO innehålla varierande svavelhalt. Men inom SECA är det vanligast att man beställer lågsvavligt som uppfyller SECA-kraven för att kunna använda det inom SECA där avgasemissionerna är strängare. För maximalt svavelinnehåll se tabell 1.

2.3 Användning ombord

Detta avsnitt ska ge läsaren de kunskaper som behövs för att förstå behandlingen av bränslet man gör ombord för att kunna använda det som bränsle till motorerna.

2.3.1 HFO och skrubbers

För att HFO skall vara pumpbart måste den vara över 50°C beroende på viskositetklassen, vilket gör att man måste tillföra värme under hela tiden den är ombord. För att rena bränslet ombord är det vanligast att man använder sig av separering via separeringstankar och separatorer. För att få bort stora partiklar och föroreningar används filter. Med korrekt filtrering och separering kan man ta bort majoriteten av partiklar och andra föroreningar som har följt med HFO. Föroreningarna kan vara sand och vatten från råoljan men även cat-fines från oljeraffinaderierna. Cat-fines skapar stora problem och slitage på grund av att aluminium-kiselpartiklarna är mycket hårda och får effekten av slipmedel på komponenterna i bränslesystemet samt motorerna (Kuiken, 2012).

Vid användning av så kallad högsavlig HFO (>0,1 % svavel) inom SECA använder man sig av skrubber. Dessa tvättar avgaserna i öppet eller slutet system. Skrubbers med öppet system arbetar med kontinuerligt flöde av havsvatten som tvättar avgaserna från SO_x. Genom ett flöde av nytt havsvatten som tvättmedie blir tvättvattnet mindre surt än i closed-loop eftersom SO_x är mindre koncentrerade och man använder sig av havets stora buffertförmåga för att hålla vattnet på ett neutralt pH-värde (Wärtsilä, 2015).

Med ett slutet system använder man sig av en viss mängd vatten som blir surt av SO_x och måste neutraliseras med basiska kemikalier. Tvättvattnet måste även kylas för att det inte ska börja koka, och renas sedan från SO_x och andra föroreningar som följer med från avgaserna (Wärtsilä, 2015).

2.3.2 ULSFO

Hanteringen av ULSFO är den samma som för HFO, skillnaden är som tidigare nämnt lägre temperaturer och ändring av parametrar för bränslehanteringssystemen som viskositet och temperaturer.

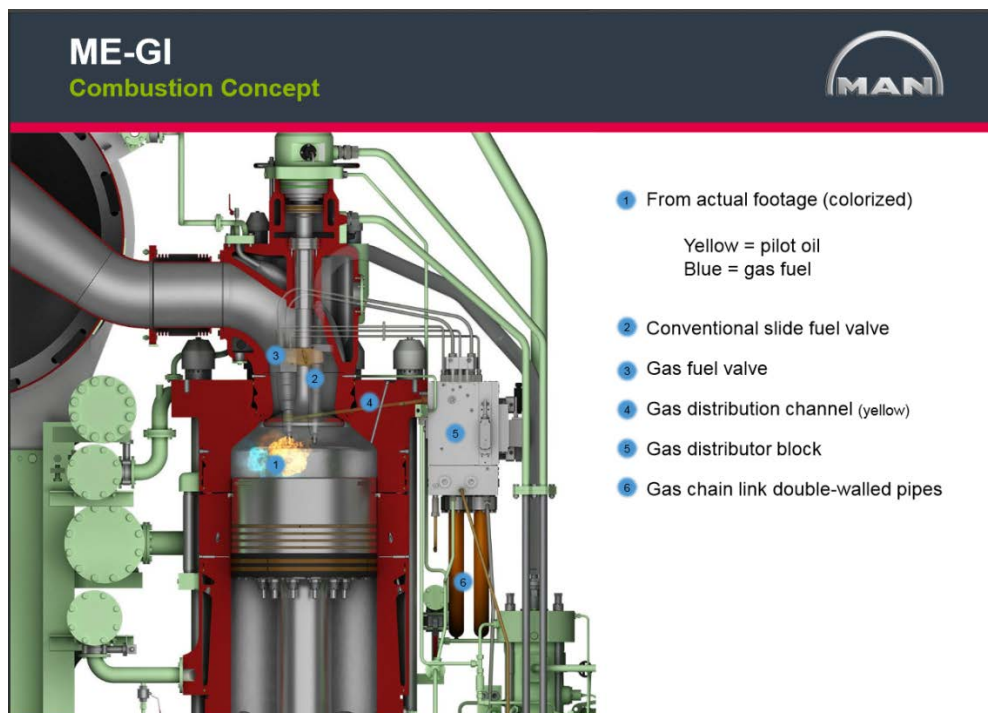
2.3.3 Biodiesel

Ren biodiesel och biodiesel som inblandningsbränsle har testats i flera försök. Det har dock avskräckt många eftersom problem med bakterieutfällningar och beväxningar i bränslet uppstått. Exempelvis fick ett fartyg från U. S Coast Guard stora problem med utfällningar i form av emulsion i tankarna när de mixade FAME med vatten (McGill, et al., 2013). Detta resulterade i bogsering och total rengöring i de berörda tankarna, samt bränslesystemet som även det kontaminerades. Dessa problem kan man undvika om man använder sig av HDRD eller HVO. Dessa är andra generationens biodieselbränslen som är vätebehandlad är stabilare och mer kompatibla med andra dieselsorter vid mixning och inblandning. Den största fördelen är att man kan blanda in HDRD och HVO i fossildiesel, för att minska tillförseln av CO₂ till atmosfären. Genom användning av förnyelsebara bränslen som anses vara CO₂ neutrala tillförs därför inte mer CO₂ till atmosfären. HDRD och HVO är kemiskt sett identiskt med fossil diesel (McGill, et al., 2013).

2.3.4 LNG

Problematiken med infrastrukturen för LNG är att bränslet måste hållas nedkyllt till -162 °C för att bli ekonomiskt gynnsamt att transportera, eftersom dess volym minskar med förhållandet 600:1 vid kondensering (Choi & Philips, 2011). För att hålla LNG flytande under en transport kan man använda sig av välisolerade tankar och av kaskadkylanläggning eller kvävecykelkylanläggning. Kaskadkylanläggning är inte lika energikrävande som kvävecykelkylanläggningen men tar mycket mera plats än kvävecykelanläggningen. Båda anläggningar kräver underhåll och tillsyn (Gabrielii, 2016).

LNG används ofta tillsammans med ett annat bränsle i så kallade dual-fuel motorer. Det finns flera typer av LNG dual-fuel motorer. För att minimera metanutsläpp genom oförbränt bränsle så används dieselprocessen med hög kompression av förbränningsluften. Detta innebär förtändning med diesel som pilotlåga och sedan injektion av LNG vid etablerad flamma i förbränningskammaren. Antändningen sker med en liten mängd diesel och sedan sker huvudförbränningen av LNG (se figur 3). Eftersom det redan finns en etablerad flamma i förbränningskammaren så antänds LNG-ångorna direkt och nästan inget bränsle släpps ut via avgaserna. Bilden nedan visar hur MAN dual-fuel princip fungerar. Denna princip tillämpas även vid dual-fuel med metanol (MAN Turbo & Diesel, 2015).



Figur 3 - MAN B&W dual fuel princip med dieselprocessen.

Man kan även använda Ottoprocessen vid dual-fuel, denna process komprimerar en gasblandning av bränsle och förbränningsluft. På grund av att kompressionen sker med bränsle närvarande kan inte kompressionstrycket bli lika högt som med dieselprocessen. Detta är för att förhindra att gasblandningen antänds för tidigt i kompressionen. Dieselprocessen som bara komprimerar ren förbränningsluft undviker således detta problem (Jarlros, 2015).

Ottoprocessens tändning kan ske på två olika sätt, antingen med tändstift som bestämmer när tändningen ska ske med gnistbildning, eller med hjälp av pilotlåga som i dieselprocessen (Jarlros, 2015).

2.3.5 Metanol

Metanol ombord har stora fördelar i och med att det är enklare att förvara än LNG. Befintliga tankar kan användas och mindre modifikationer behöver göras för den låga flampunkten i maskinrummet. Dessutom blir det mindre miljöpåverkan vid utsläpp i naturen av metanol än HFO på grund av att metanol bryts ner enklare. En annan stor fördel med metanol är att metanolen neutraliseras om den späds ut det med 2 delar vatten till 1 del metanol (Stojcevski, 2015). Forskning pågår om metanol kan bli framtidensbränsle, när det som sagt har låga emissioner och lätt kan hanteras jämfört med LNG (Chakarov, 2016).

2.3.6 Destillerade marina bränslen

Dessa dieseloljor kräver väldigt lite hantering ombord, bara de allra sämsta kvalité klasserna behöver värme för att inte vaxutfällningar skall uppstå. MDO och MGO kräver ingen värme men man brukar behandla dem med separeringstankar och separatorer för att få bort eventuella partiklar och vatten i bränslet.

Bränslebyten mellan HFO, ULSFO och MDO/MGO är inte helt riskfritt. Det finns 3 viktiga parametrar som man måste hålla under uppsikt. För att minska riskerna med bränsleproblem vill man helst använda sig av samma bränsle men ibland måste man byta bränsle eller vid bunkring blir det ett naturligt bränslebyte men ny brännolja (FO)

- Temperaturgradient
- Viskositetsförändring
- Inkompatibilitet

Vid hög temperaturgradient är risken stor att bränslepumpar och bränsleventiler skär och havererar, vilket sker när man till exempel byter ifrån het HFO till ULSFO, MDO eller MGO med lägre temperatur. Ett riktvärde är max 2°C per minut.

Vid viskositetsfall blir det interna bränsleläckaget stort i bränslepumparna och de klarar därför inte av att leverera tillräcklig mängd bränsle till motorn vilket resulterar i effektbortfall. I extrema fall kan även bränslepumpen skära och totalhaverera som vid för stora temperaturgradienter.

Blandning av olika bränslen kan ge utfällningar och kemiska reaktioner som gör att filter sätter igen och bränslet inte blir pumpbart.

Desto fler bränslebyten man gör, desto högre blir risken för att något av ovanstående ska inträffa vilket kan skapa kraftiga driftstörningar och sluta med bortfall av motorer. Detta måste befälen vara observanta på och kunna parera tidigt innan problemet blir för stort (The international Council on Combustion Engines (CIMAC), 2013).

2.4 Bränslevalskriterier

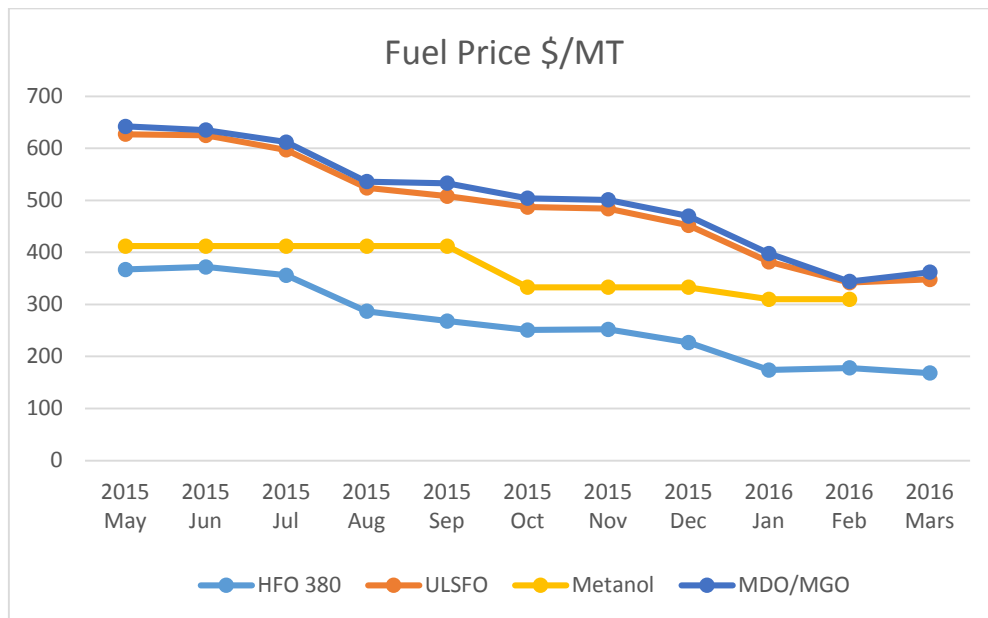
Vid valet av fartygsbränsle måste man ta hänsyn till vilka krav som ställs på avgasemissionerna sedan måste även prisaspekten kunna vara konkurrenskraftig. Vid valet av LNG som bränsle ombord är den mest avgörande punkten för LNG-drift hur oljepriset står. Idagens läge när oljan är relativt billig är det inte lika lönsamt att konstruera ett dyrare fartyg för LNG-drift, se figur 4. Men om oljepriset stiger så kommer det löna sig mer att driva sitt fartyg på LNG. Det låga oljepriset som är idag gör att det inte är lika attraktivt att konvertera eller beställa LNG-fartyg. Men eftersom många tror att oljepriset kommer stiga igen som det var vid maj 2015, vilket gör att LNG blir en stark konkurrent till HFO-drift (Johansson, 2016).

Vid kontakt med Skangass, som är den närmaste leverantören för LNG, blev responsen

”Enkelt uttryckt kan du anta att LNG kostar något mindre än MDO, ca 10 % mindre per energienhet. LNG prissätts dock annorlunda än oljeprodukter och följer inte oljeprisutvecklingen slaviskt. Du kan anta att ju dyrare oljan är desto bättre konkurrenskraft för LNG och tvärt om.” – Roger Göthberg

För att se hur bränslena står prismässigt emellan varandra över det senaste året se figur 4.

Om man jämför LNG med metanol drift, är konstruktionskostnaden lägre för metanol men med tiden blir det billigare att driva ett fartyg på LNG. På grund av att bränslekostnaden blir lägre med LNG än med metanol. När man framställer metanol ur naturgas är framställningsverkningsgraden bara 70 % och när man framställer LNG ur naturgas blir framställningsverkningsgraden 93 % LNG (Taljegard, et al., 2014).



Figur 4 - Graf över bränslepriser av olika bränslena.
A) HFO, ULSFO & MDO/MGO priser (Bunkerworld, 2016)
B) Metanol priser (Marine Methanol, 2016)

Även innan 2015 då det var tillåtet med 1 % svavelhalt till havs men bara 0,1 % svavelhalt i hamn var man tvungen att göra bränslebyten in och ur hamn (Ivanov, 2010). Denna 1 % svavelhaltiga HFO var mindre behandlad än dagens ULSFO och verkar fungera mycket bättre om man kollar intervjuresultatet. I rapporten "Risk focus: Loss of power" från (P&I Club UK, 2012) tas det nämligen upp att det fanns problem innan 2015 med den då lågsavliga HFO:n. Detta måste man också ta hänsyn till vid valet av fartygsbränsle, att man har ett återkommande riskmoment med att byta bränsle (The international Council on Combustion Engines (CIMAC), 2013) eller om man väljer att använda sig av ett bränsle som uppfyller alla kraven inom operationsområdet för fartyget för att minimera denna risk. De risker man utsätter sig för vid byten tas upp i stycket 2.3.6 *Destillerade marina bränslen*.

3 Metod

Först gjordes en genomgång av den litteraturen som fanns inom området som tycktes vara relevant för studien. För att få en uppfattning av vilka bränslen som skulle kunna användas och deras för- respektive nackdelar. Denna litteraturgenomgång baserades på vetenskapliga artiklar och rapporter.

För att kunna svara på syftet gjordes sedan en datainsamling via semi-strukturerade intervjuer och frågeformulär. För att komma i kontakt med befäl ombord på olika fartyg användes mailkonversationer med bifogade frågeformulär. Detta gjordes för att kunna bredda undersökningen något eftersom tillräckligt med personliga intervjuer var svårt att samordna och utföra. För att komma i kontakt med befäl ombord på olika fartyg användes mailkonversationer med bifogade frågeformulär. Detta gjordes för att kunna bredda undersökningen eftersom tillräckligt med personliga intervjuer var svårt att samordna och utföra.

Frågeformulär lämpar sig bra när man är ute efter kvantitativ data. Därför är det mycket viktigt att formulera frågeformuläret för att inte data från formuläret blir olämplig för analysen (Denscombe, 2016). Fördelar med frågeformulär är att de är kostnadseffektiva, lättare att arrangera och standardiserade svar kontra intervjuer. Nackdelarna blir dock att man måste kontrollera sanningshalten i respondenternas svar, dåligt formulerade eller ofullständiga svar samt dålig svarsfrekvens (Denscombe, 2016). Datainsamlingen beror givetvis på hur bra respons som ges och hur aktiva de kontaktade är, både från rederier och fartyg. Resor ut till fartygen för direktkontakt, hands-on undersökningar och observationer var inte genomförbart på grund av begränsad tid, men detta hade varit den bästa metoden om för att få en realistisk avspeglning av hur arbetssituationen ser ut ombord. Detta bidrog till en begränsad datainsamling. Mailkontakt med befäl ombord riskerar att bli något kortfattad och begränsad.

I slutändan gjordes en kvalitativ studie där den insamlade informationen sammanställdes och resultat kunde framföras genom gemensamma nämnare. Studien speglar hur den allmänna arbetssituationen ser ut ombord och hur arbetssituationen förändras vid val av konvertering till ett annat bränsle.

Information om hur befälen ombord ser på frågan angående bränsleval och hur deras arbetssituation förändras beroende på bränslena samlas via intervjuer, därför att intervjuer lämpar sig i synnerhet bra för att samla in information som åsikter, uppfattning, känslor och erfarenheter (Denscombe, 2016).

Information samlades främst in via kontakter med arbetslivet för en närmare och personligare kontakt. Vilket troligtvis ger en högre svarsfrekvens samt ett bättre underlag av data vid insamlingen.

Under studiens gång har personliga intervjuer gjorts och intervjuer via telefon då maskinbefälen har varit ombord vid tidstillfället. Andra fartyg har svarat på mail och svarat på en frågeenkät. Frågeenkäten är standardiserad men med viss avvikelse för att passa in varje fartygstyp och olika frågor angående bränslet ombord. Se bilaga 1- Frågeenkät till fartyg.

Intervjuerna var av typen semi-strukturella då semi-strukturella intervjuer är att föredra eftersom det skapar en öppen intervju som håller sig inom vissa ramar. En semi-strukturell intervju består i grunden bara av lista med ämnen som ska behandlas. Intervjuaren måste vara flexibel och denna typ av intervju kan skapa mer att anteckna än en strukturerad intervju. Fördelarna med en semi-strukturerad intervju är att den som blir intervjuad får mer plats att utveckla sina idéer och mer utförligt svara på frågorna utan att bli låst med specificerade frågor (Denscombe, 2016). Dokumentationen av intervjuerna föredras att göra via inspelning enligt (Eliasson, 2010) och (Bengtsson & Bengtsson, 1995) men vissa personer som blev intervjuade kände sig mindre bekväma med denna dokumentation vilket ledde till att det fördes anteckningar under intervjuerna som sedan renskrevs i efterhand. De befäl som har blivit intervjuade är avpersonifierade och bara nämnda vid befattning (Eliasson, 2010).

4 Resultat

Intervjuerna är redovisat i efter de olika kontakttillfällena med olika maskinbefäl. Beroende på vad befälen tyckte var enklast blev valet av informationsinsamling enligt deras önskemål. Bakgrundsdata över fartygen och kontaktad person enligt tabell 4.

Tabell 4 Fartyg och fartygstyper som tillfrågats under studien

Fartyg som har intervjuas	1	2	3	4	5	6	7
Bränsle innan 2015	HFO/MDO	HFO/MDO	HFO/MDO	HFO/MDO	HFO/MDO	HFO/MDO	LNG
Bränsle efter 2015	ULSFO	ULSFO	ULSFO	ULSFO	ULSFO	ULSFO	LNG
Fartygstyp	Tanker	Tanker	Ro-Ro	Ro-Pax	Ro-Pax	Ro-Ro	Ro-Pax
Huvudmaskin	LSD	MSD	MSD	MSD	MSD	MSD	MSD
Reningsanläggning	X	SCR	X	X	Skrubber	Skrubber	X
Intervjuperson	Förste fartygsingenjör	Teknisk Chef	Teknisk Chef	Teknisk Chef	Teknisk Chef	Teknisk Chef	Teknisk Chef
Typ av intervju	intervju	telefon-intervju	enkät	enkät	enkät	enkät	enkät
Övrigt	trafikerar utanför SECA och innanför SECA	trafikerar bara SECA, charterkontrakt	trafikerar bara SECA, charterkontrakt	trafikerar bara SECA	trafikerar bara SECA	trafikerar bara SECA, charterkontrakt	trafikerar bara SECA
Möjlighet att påverka bränsleval ombord	starkt nedsatt förmåga att styra valet ombord	starkt nedsatt förmåga att styra valet ombord	starkt nedsatt förmåga att styra valet ombord	starkt nedsatt förmåga att styra valet ombord	starkt nedsatt förmåga att styra valet ombord	starkt nedsatt förmåga att styra valet ombord	starkt nedsatt förmåga att styra valet ombord

4.1 Fartyg som använder ULSFO

Intervju fartyg 1

De stora förändringarna som blev efter bränslebytet 2015, är sänkt temperatur på FO och att man slipper bränslebytena in och ut ur hamn. Innan 2015 var man tvungen att använda sig av bränsle med 0,1 % svavel i hamn vilket man nu slipper då man använder sig av 0,1 % svavligt bränsle inom hela SECA (Ivanov, 2010). Andra fördelar med ULSFO är att det luktar mindre än HFO och enklare att rengöra maskindelar som har varit i kontakt med bränslet. ULSFO kräver mindre värme vilket krävde injustering av separatorer och booster-enheten. Idag har de lite problem men den lägre temperaturen, som gör att läckoljerör sätter igen på grund av att ULSFO stelnar i dem.

Vilket har gjort att de har fått installera fler värmeslingor längs alla läckoljerör, dessutom får de göra rent läckoljerören manuellt inom ett tätare intervall. Det har blivit mindre arbete med att byta filter och viskositetslarm på grund av att man slipper bränslebytena mellan HFO och MDO. Innan 2015 var man tvungen att byta från HFO till MDO och tillbaka vid ankomst respektive avgång från hamn inom Europa, på grund av att det inte var tillåtet med bränslen med högre svavelhalt än 0,1 % inom europeiska hamnar. Bränslebytena gjorde att smuts och partiklar släpper från rörväggarna som finns i bränslesystemet vilket resulterade i igensatta filter och tätare filterbyten. Bränslebytena gjorde också att viskositeten inte blir stabil när inhomogen blandning av de olika bränslena finns i systemet. En stor arbetsmiljöfördel med ULSFO är att den kräver mindre värme, vilket gör att man bränner sig mindre i maskinrummet på bränslerör än tidigare med HFO drift. HFO behövs ibland hettas upp till 130 °C innan huvudmaskin och med ULSFO när upplevs högre och stabilare än med HFO då kvalitén kunde variera mera mellan bunkringar. De följer fortfarande motortillverkarens anvisningar för underhållsintervall och instruktioner även om de nu kör med finare bränsle vilket teoretiskt sett skulle förlänga serviceintervallet för bland annat bränsleventiler och bränslepumpar.

När det kommer till om befälén ombord själva kan välja bränslet ombord, kändes det som att de fick det som var det billigaste alternativet mellan ULSFO och MDO. Om ULSFO finns i den hamnen där de ska bunkra får de inte MDO istället. Även om MDO är ett renare och finare bränsle som kan förlänga underhålls intervallet och skapa mindre problem med bränsle behandlingen ombord. Några andra bränslealternativ är inte realistiska ombord för nuvarande utan omfattande konverteringar.

Intervju fartyg 2

Vid byte till ULSFO av typen RMD-80 2015 började separatorerna sätta igen och skapade problem. Den nya ULSFO verkade inte vara kompatibel med de oljor som fanns kvar i bränslesystemet vilket resulterade i problem främst med separatorerna. Då bränslet reagerade med gammalt bränsle i bränslesystemet och vattnet som fanns i separatorerna.

Bränslet fick en geléliknande konsistens och kunde inte lämna separatorn vilket blockerade bränsleflödet genom separatorn. Den nya ULSFO var också tvungen att hålla minst 50° C annars föll bränslet isär och det gick inte att blanda ihop bränslet igen. Men vid dagsläget verkar de fått bättre kvalitet på ULSFO och den skapar inte lika mycket problem som vid början på 2015. Vid skiftet av bränsle klarade sig filter och huvudmaskin sig bra, en mindre modifikation fick göras på returbränsleröret från maskin för att den nya finare oljan tappade viskositet när den blev för varm efter att ha cirkulerat i bränslesystemet ett tag. För att lösa detta problem fick de installera en bränslekylare.

Eftersom fartyget går på charter för ett oljebolag, ingår det i avtalet att oljebolaget ska betala bränslet. När det är ett oljebolag som producerar egna marina bränslen köper de in sitt eget bränsle till fartyget. Vilket gör att de ombord har väldigt lite att säga till om vid val av bränsle och olika leverantörer.

Fartyget har även en katalysator för NO_x (SCR) som minskar utsläppet av kväveoxider från avgaserna. Denna katalysator omvandlar NO_x till kvävgas igen med hjälp av tillförsel av UREA (Wärtsilä, 2014). Vid nyinstallation fanns det vissa barnsjukdomar på grund av felinställningar men nu när den är rätt inställd fungerar den bra, utan att tillföra någon belastning för de ombord enligt tekniska chefen.

Intervju fartyg 3

De ombord har upplevt bränslebytet som blev efter 2015 som negativt. Sämre effekt ifrån motorerna när de gick från HFO (RMG-380) till ULSFO (HDME-50) som har lägre värmevärde än det tidigare bränslet. Fartyget har även haft problem med bränslebehandlingen med ULSFO, igensatta filter och läckoljerör. Länsvattenseparatorn har även börjat krångla mer med ULSFO än med tidigare bränslen. Men det största problemet med den ULSFO de har fått ombord är att den inte är kompatibel med andra produkter vilket skapar problem och mycket arbete med bränslebyten mellan olika bränslen och mellan leverantörer. Den tekniska chefen känner att de har ingen möjlighet att styra bränslevallet ombord på grund av att de går på charterkontrakt.

Intervju fartyg 4

Fartyget har inte upplevt några större problem med bränslebytet vid årsskiftet till 2015 då de gick ifrån HFO (RMG-380) till ULSFO (RMD-80). Det de har ändrat sen tidigare HFO-drift är sänkt temperatur på bränslet med ULSFO eftersom den har lägre viskositet och inte behöver lika mycket värme för att hålla samma viskositet som HFO. Inga större skillnader med bränslebehandlingen eller motorerna med ULSFO-drift jämfört med HFO-drift, förutom problemet med igensatta bränslerör med ULSFO-drift enligt den tekniska chefen.

4.2 Fartyg som använder HFO och Skrubber

Intervju fartyg 5

Innan 2015 användes RMG-380 1 % svavelhalt som bränsle, men efter årsskiftet 2015 användes MDO och MGO, vilket skapade nya problem med för höga temperaturer i bränslesystemet och att viskositeten sjönk. Temperaturökningen berodde på friktionen i bränsleledningarna som ökades med tunnare bränsle, värst var det vid tomgångskörning och manövrering i hamnen då lite bränsle förbrukades och majoriteten av bränslet cirkulerade runt i systemet och blev för varmt. När fartyget gick med last fungerade det bättre då bränslet förbrukades och nytt kallt bränsle kom in i bränslesystemet. För att lösa problematiken med viskositetfall installerades två nya bränslekylare som kopplades till booster-enheten för att kyla ner bränslet till korrekt viskositet. Idag med den erfarenhet som finns ombord fungerar bränslebytena snabbt och ganska problemfritt. Vid bytet till MDO och MGO uppstod också omfattande läckage i hela bränslesystemet, alla o-ringar fick bytas i bränsleventilerna och packningar till bränslerörflänsarna.

I nästa steg upptäcktes att bränslepumparna började svikta i leverering av bränslemängd, vilket kräver tätare underhåll av såväl bränsleventiler som bränslepumpar ombord.

Under våren 2015 installerades skrubberanläggningar för att kunna använda sig av bränslen med hög svavelhalt igen, testkörning av skrubberanläggningen påbörjades under sommaren 2015 och besiktning samt certifiering av anläggningen pågår fortfarande Mars 2016. Eftersom det finns skrubberanläggning ombord kan de använda sig av HFO med upp till 3,4 % svavel i men nu finns det bara HFO med svavelhalt på 2,6 %. Bränslebytena idag sker vid hamnankomst och avgång från hamn då MDO och MGO används i hamn och HFO används vid överfarterna mellan hamnarna.

Dagens färjenäring får inte sina vinster som förut genom enbart bara ökade last volymer, utan från bränslepris skillnaden och dess investeringar. Detta skapar fokus på att använda sig av så billigt bränsle som möjligt. Eftersom det svenska rederiet ingår i en mycket större rederikoncern där alla beslut kommer uppifrån, känner de ombord att det är cheferna som styr bränslevallet över alla fartygen i koncernen har en klar bild av vilka bränslen som ska användas och vilka fartyg som ska konverteras eller installera skrubbers. Endast bränsleprotester när bränslet inte uppfyller specifikationerna och driftstopp kan ändra beslut som kommer ovanifrån och ge lite rum för beslut ombord vid bränsleval.

Intervju fartyg 6

Fartyget använde sig av HFO-typen IF-380 med svavelhalt på 1,5 % innan 2015, efter 2015 använder de ULSFO typ RMB-30 med en svavelhalt på 0,1 %. Vid bränslebytet till RMB-30 upplevdes högre sedimentinnehåll och förhållande hög stelningstemperatur för sin viskositetklass. Andra problem som uppstod vid bränslebytet var stelning i returledningar och bunkertankar, kontinuerlig cirkulation och värmning av bränslet samt större läckage i läckoljerörsystemen.

Problemen med stelning av bränslet uppstår också vid kall väderlek och mycket ventilation igång. Behandling av bränslet är i stort sett samma som innan 2015, dock så behövs ingen värmning på bränslemoduler och större behov av fungerande värmeslinga på alla bränsleledningar. Generellt svårt att få bränsle som följer specifikationerna vid bunkring.

Arbetsförändringar med den nya ULSFO är ökad frekvens av rengöring av FO autofilter och läckoljerör. Sedimentering i bunkertankarna måste tas bort manuellt och problem med kraftig sedimentering i spilloljetankarna från separatorerna. Spilloljan är ej pumpbar på grund av den kraftiga sedimenteringen. När oljan ej är pumpbar behövs igensatta filter och tanken rengörs manuellt. Även om det har uppstått problem med det nya bränslet har befälen ombord kraftigt begränsad möjlighet att styra bränsleval. Eftersom detta fartyg går på charter, och charterbeställaren söker alltid det billigaste bränslet.

Fartyget har även två skrubbrar av typen open loop under installation, för två av de fyra huvudmotorerna. Eftersom dessa inte är i drift ännu används ULSFO, men tanken är att man sedan ska återgå till HFO-drift på de två huvudmotorerna när skrubbrarna är installerade och klara. Detta görs för att täcka baseffekten som krävs av fartyget som då kan köras på ett billigare bränsle och sedan använda sig av ULSFO på de två andra motorerna ifall de skulle behövas.

4.3 Fartyg som använder LNG

Intervju fartyg 7

Vid kontakt med fartyget konstaterades att de använder sig av otto-processen med pilotlåga med diesel för att tända LNG. Personalen ombord i maskin var generellt väldigt positivt till LNG drift istället för HFO drift.

Arbetsskillnader mellan traditionell HFO- och LNG-bunkring är att man måste förkyla bunkerlinan innan man börjar för att inte rören ska spricka av temperatur differensen. Ombord på Fartyg 7 testar de även säkerhetsfunktionerna för LNG tanken samt bunkerlinan med gasläckage, tryck med mera och avspärningar på däck vid bunkring av LNG. För att få kunskap om LNG fick de utbildning från Wärtsilä som levererar motorerna och gjorde interna övningar. Vad som skiljde sig med driften men LNG var att bränsle behandlingen är mycket enklare. Det behövs exempelvis inga separatorer. Istället har man bara en förångare och en överhettare i bränslehanteringsrummet som är nära LNG tanken. Den flytande naturgasen förångas och värms upp till 40-45 °C sedan är gasen klar för förbrukning. LNG som är ett renare bränsle har förlängt kolvöverhållningsintervall vilket är ett komplex och krävande arbete i maskin. Den tekniska chefen hade ett klart bättre intryck av LNG drift än av HFO drift. Eftersom fartyget är konstruerat för LNG drift så finns det inte direkt alternativa bränslen att byta till. Dessutom är leverantörerna av LNG i Stockholm kraftigt begränsade.

Intervju med Terntank Rederikontor

Vid kontakt med Terntank om deras framtids visioner, blev det klart att de tänker satsa stort på LNG drivna fartyg. De påpekade också att med LNG som bränsle behöver man inte installera kringutrustning som skrubber och avgasrecirkulering (EGR). Terntank tror också att LNG kommer att bli ett starkt bränslealternativ om några år. Det sker en ständig utbyggnad av LNG distributionen och exempelvis planerar Swedegas att bygga en LNG terminal i Göteborgshamn. Flera bunkerfartyg har specialbyggts för just LNG bunkring vilket ökar möjligheten för fler LNG drivna kommersiella handelsfartyg.

Terntank har även utbildat sin personal under hela hösten angående LNG driften och hanteringen av LNG. Utbildningen skedde i Danmark, skräddarsydd för deras fartyg och utbildningen konstruerades av flera konsulter från Fjordline. Fjordline är ett norskt rederi med ett stort antal LNG drivna fartyg. Terntanks utbildning för sin personal finns i 2 olika grader. En baskurs som all som tjänstgör ombord på fartygen skall genomgå. Men även en mer avancerad och djupare kurs för de befäl som skall ha direkt hantering utav LNG.

4.4 Sammanfattning resultat

De fartyg som studien har kommit i kontakt med, svarade att bränslekvaliteten var stabilare innan 2015. Efter att de strängare svaveldirektiven infördes inom SECA blev földeffekten en rad barnsjukdomar med den nya ULSFO. Många fartyg som använde sig av HFO gick över till de olika leverantörerna som kunde leverera ULSFO, om de inte hade installerat fungerande skrubbers ombord. De fartyg som inte hade installerat skrubbers eller fått tag i ULSFO fick då gå över till destillerade marina dieseloljor. Skillnaden från tidigare användning av HFO är att det har blivit mer problem med kvalitén och med olika bränslesystemkomponenter. Beroende av vilken leverantör det är av bränslet, får man problem med olika komponenter i bränslesystemet. Av de sex fartyg som studien har kontaktat har bara ett fartyg problem med gelébildning i separatorerna. Ett annat fartyg har stora problem med sedimentering i tankarna. Gemensamt för alla fartyg som använder sig av ULSFO är problem med igensatta läckoljerör på grund av den låga temperaturen på FO. Fyra av de sex fartygen upplever stora problem med att få rätt kvalitet och kompatibilitet med andra bränslen vid mixning av ULSFO. Om prisskillnaden mellan ULSFO och MGO/MDO inte fanns skulle det inte finnas någon vinst med att välja ett sämre bränsle framför ett bättre (se Figur 4). Även om prisskillnaden kan tyckas liten blir det stora prissummor när volymerna vid bunkring är stora. Eftersom rederierna strävar mot att minska sina utgifter, väljs oftast det billigaste bränslet.

Andra fartyg med bränslen som LNG och metanol som har speciella bränslesystem just för ändamålet. När fartyg är konstruerat för ett specifikt bränsle som inte kommer i kontakt med något annat bränsle undviker man problematiken med bränslebyten och dess riskmoment enligt (The international Council on Combustion Engines (CIMAC), 2013). Traditionella fartyg som kan använda sig av HFO, ULSFO och destillerade dieseloljor hamnar i de riskerna med bränslebyten och reaktioner med gammalt bränsle kvar i systemet vid bunkring.

När det kommer till huruvida de tekniska cheferna kan styra bränslevalet ombord är de klart starkt begränsade. Tre av de fartyg som vi har kontaktat går under charterkontrakt där beställaren av chartern står för bunkern. Chartraren bara betalar för en transporttjänst och behöver inte ta hänsyn till hur arbetssituationen blir ombord på grund av det bränsleval de gör. Chartraren väljer då det billigaste bränslet som går att få tag i för att maximera sin egen vinst, är den generella uppfattningen ombord enligt de tekniska cheferna. Andra rederier är uppköpta i stora koncerner där besluten kommer uppifrån och befälen är bara ansvariga för driften ombord och att fartyget skall vara i funktionellt skick. Vid kontakt med en teknisk chef ombord på ett fartyg med charterkontrakt, är den enda gången de själva kan styra bränslevalet då de har fått ombord ett bränsle som inte håller specifikationerna, det vill säga så kallade bränslekvalitetsprotester. Vid dessa fall har de möjlighet kräva annat bränsle istället för det de har fått ombord.

De befäl ombord på fartyg som studien har kommit i kontakt med, som inte går på charterkontrakt, känner att de också har väldigt begränsad befogenhet att styra bränslevalet ombord. Intervjuerna pekar mot att det är väldigt hierarkiskt styrt ifrån rederiet eller rederiets ägare. Om det däremot framkommer uppenbara problem vid bunkring av ett bränsle kan man via protest få använda sig utav ett annat bränsle ombord precis som charterfartygen uppgav.

Eftersom många fartyg inte har en bestämd rutt, trafikerar de både SECA och icke SECA. Detta kan resultera i frekventa bränslebyten. Även om befälen och de ombord har kunskap och erfarenhet är bränslebytet inte helt riskfritt (The international Council on Combustion Engines (CIMAC), 2013). Detta medför ett orosmoment och om det går fel kan det skapa stora problem och kraftiga driftstörningar med stort bränsleflöde.

5 Diskussion

Resultatdiskussionen fokuserar på om det egentligen har blivit bättre med bränslehanteringen ombord för befäl, och om de har någon möjlighet att styra val av bränsle. I metoddiskussion granskas om rätt metod valts för denna studie och om resultatet hade förändrats vid val av annan metod.

Den uppfattning som vi har fått ifrån frågeformulären och intervjuerna med maskinbefäl, är att bränslehanteringen verkade fungera bättre innan 2015, 5 befäl utav 6 tillfrågade som använder sig av ULSFO nu uppger att det fungerade bättre tidigare. Maskinbefäl verkar vara överens om att när man behandlar HFO till ULSFO så kraftigt som oljeraffinaderierna gör, är de inte förvånade över att produkten blir instabil vid mixning med annat bränsle.

Problematiken med krånglade bränslen bör därför inte bara vara kopplat till svenska fartyg. Eftersom denna studie bara har kontaktat svenska fartyg som opererar inom SECA kan även andra fartyg från andra länder antags utsättas för liknanden problem när de använder sig av ULSFO. Den uppfattning som vi har fått ifrån frågeformulären och intervjuerna med maskinbefäl, är att bränslehanteringen verkade fungera bättre innan 2015, 5 befäl utav 6 tillfrågade som använder sig av ULSFO uppger att det fungerade bättre. Maskinbefäl verkar vara överens om att när man behandlar HFO till ULSFO så kraftigt som oljeraffinaderierna gör, är de inte förvånade över att produkten blir instabil vid mixning med annat bränsle. Problematiken med krånglade bränslen bör därför inte bara vara kopplat till svenska fartyg. Eftersom denna studie bara har kontaktat svenska fartyg som opererar inom SECA kan även andra fartyg från andra länder antags utsättas för liknanden problem när de använder sig av ULSFO.

”När ULSFO i Nordeuropa levereras från ett fåtal oljebolag, bör därför alla fartyg utsättas för samma problem oberoende av flagg” - Förste fartygsingenjör.

Om man läser den sammanställda rapporten ”Risk Focus – Loss of Power” från P & I Club UK uppger de att vid 13 % av tillfällena som fartygen tappar styrförmåga, är orsaken blockerat bränsleflöde såvida inte en tredje part är inblandad i händelsen. Rapporten tar också upp att 11 % (28st) av de tillfrågade tekniska cheferna uppger att de har problem med lågsvavligt bränsle redan 2012 då gränsen var 1 % svavel i lågsvavligt bränsle. Blockerat bränsleflöde kommer huvudsakligen ifrån inkompatibla bränslen som sätter igen filter och värmeväxlare (P&I Club UK, 2012). Detta är som sagt innan 2015 och innan ULSFO börjades användas vilket motbevisar att det fungerade problemfritt mellan bränslebytena innan 2015.

Arbetssituationen ombord har dock blivit mer ansträngd för befäl med ULSFO som bränsle efter 2015 även om det fanns problem innan. Högre frekvens på igensatta filter och läckoljerör som kräver att personalen ombord måste göra rent dem manuellt. Detta arbete som egentligen skall sköta sig självt utan tillsyn under en längre tidsperiod, skapar en onödig arbetsbelastning på de ombord som då måste prioritera bort andra arbetsuppgifter.

Ifall man ser över en längre tidsperiod med ULSFO-drift ombord på fartyg som är inte är konstruerade för lågviskositetsbränslen, exempelvis ULSFO-drift istället för HFO-drift, så ser man att det kan skapa mer arbete med ULSFO som bränsle än HFO. Exempelvis kan bränslepumparna, som är konstruerade för högviskositetsbränsle, få ett förkortat serviceintervall på grund utav internt läckage och sämre smörjning med lågviskositetsbränslet (The international Council on Combustion Engines (CIMAC), 2013). Detta motsäger också att man skulle kunna förlänga serviceintervallen med finare och renare bränslen som ULSFO marknadsförs som. De studier som gjordes inför 2015 angående lågsvavliga bränslen fokuserades på MGO och MDO eftersom ULSFO helt enkelt inte fanns på marknaden ännu. Dessa studier visar att serviceintervallen skulle kunna förlängas, eftersom MGO och MDO inte innehåller några cat-fines som agerar som slipmedel. Dessvärre innehåller ULSFO cat-fines som gör att slipmedelseffekten finns kvar. En annan aspekt på slitaget är att dessa lågsvavliga bränslen som bara har en svavelhalt på 0,1 % ger dåliga smörjningsegenskaper då svavel fungerar som smörjningsmedel (Vestman, 2011). När man har avsvavlat bränslet måste additiv tillsättas för att återfå korrekta smörjningsegenskaper och om dessa additiv överdoseras kommer det att resultera i kraftiga föroreningar i form av partikelbildningar (Man Diesel & Turbo, 2009). Kraftiga partikelbildningar och sot sätter igen turbin och avgaspannorna om sådana finns, vilket förkortar servicetiden även här.

Befälen som studien har kontaktat uttryckte att det möjligtvis är vid framtagning av nybyggen som de kan bli tillfrågade om vad deras synpunkter är på utformning och egenskaper. Men oftast gäller det hur man ska designa maskinrummet för att enkelt kunna arbeta ombord. Även Terntank uppgav att de använder sig av kompetensen och kunskapen deras befäl har vid konstruktion av fartyg men själva bränslevalet är styrt utifrån rederiers ägare.

När det kommer till att styra bränslevalet ombord fick vi det klart för oss att befälen inte kan styra valet under normala omständigheter. Dock kan man undra hur mycket befälen kan styra bränslevalet ombord fartyg som använder sig av LNG och metanol? De fartyg som är byggda för ett specifikt bränsle kan inte byta bränsle i den grad som man kan göra ombord ett traditionellt byggt fartyg med dieselmotorer. De traditionellt byggda fartygen kan välja mellan HFO, ULSFO eller destillerade dieseloljor som bränsle. I Sverige är utbudet av etablerade leverantörer av LNG och metanol starkt begränsade inom den marina sektorn, eftersom det saknas LNG-bunkerfartyg i nästan alla svenska hamnar. Samma gäller för metanolleveranserna. Fartyg x som använder sig av metanol får den levererad med tankbilar då det helt enkelt inte finns några bunkerfartyg för metanol än (ScandiNAOS AB, 2016). Befälen har alltså ingen möjlighet alls att styra bränslevalet när det bara finns en leverantör i hamnen man är i eller kontoret har förhandlat fram avtal med leverans av bunker specifikt för fartyget. Med den expanderande av LNG-distributionsnätet som pågår med allt fler LNG-driva fartyg som kommer ut på marknaden, ökar också intresset av att bygga LNG-bunkerfartyg och fasta LNG-bunkeranläggningar. Samma utveckling sker inte med metanoldistributionen då fartyg som använder sig av metanol som bränsle saknas. En möjlig hypotes är att i framtiden kommer man kunna välja mellan biologisk framställd metanol och LNG för att minska CO₂ utsläppen. För nuvarande är all marin metanol framställd från naturgas som också står för majoriteten av LNG-framställning (Gabrielli, 2016).

Vid undersökningen av om det finns användning av biodiesel ombord på fartyg har resultatet blivit negativt. Vid djupare diskussion med en förste fartygsingenjör, var han positiv inställd till biodiesel som inblandningsbränsle i den befintliga dieseln. Exempel på detta är Preems diesel för fordon på land, "Preem Evolution Diesel", som innehåller max 30 % biodiesel för att minska den totala globala påverkan av växthusgaser (Preem AB, 2016).

Studiens resultat behöver inte vara rättvisande eftersom ett stort antal av fartyg som trafikerar SECA, inte har blivit kontaktade. Eftersom studien bara har kontaktat fartyg med svensk anknytning, vilket innebär fartyg med svensk flagg eller rederier med kontor i Sverige, blir det ett stort bortfall av fartyg bara i Östersjöområdet. Det finns dessutom ett ECA längs Nordamerikas kust, där inga fartyg blivit kontaktade om hur deras arbetssituation ser ut eller vilka bränslen de använder sig av. Det kan mycket väl förekomma att vissa rederier ger befäl större inflytande över bränslevalen än de rederier som kontaktats för den här studien.

5.1 Metoddiskussion

Metoddiskussionen innehåller en diskussion kring om rätt metod blev vald för att uppnå ett bra resultat i denna forskningsstudie. Den kommer även diskutera vad som kunde ändrats för ett bättre resultat.

5.1.1 Bakgrundsstudie

För att bakgrundsstudien ska bli relevant och spegla verkligheten krävdes, att tillräckligt med vetenskapliga artiklar hittades om användningen av de olika bränslena ombord på fartyg. Svårast var att hitta relevanta artiklar om biodiesel och dess användning inom marina miljöer. Bakgrundsstudien fokuserades på de olika bränslenas teoretiska bakgrunder, för att förstå varför man måste behandla bränslena ombord innan de förbränns i motorerna och eventuell efterbehandling av avgaserna.

Litteratur angående arbetsmiljö ombord är begränsad. Forskning har påbörjats om den psykosociala miljön och hur trivselen är ombord men vetenskapliga artiklar om arbetsmiljön och arbetssituationen relaterat till bränsle ombord verkar inte finnas att tillgå. Sådana hade berikat och gett en djupare analys i diskussionen.

5.1.2 Intervjuer

Att få befäl att ställa upp på intervjuer var både tids- och energikrävande. Det var svårt att få kontakt med vissa rederier samtidigt som andra rederier var betydligt mer tillmötesgående. Att befäl idag har en redan hög arbetsbelastning försvårar när man vill skicka ut frågeformulär som tar tid att fylla i. Väl ifyllda frågeformulär från tillfrågade fartyg skulle ge en bra faktabas till rapporten.

Nackdelarna med intervjuer är att de är resurs- och tidskrävande, eftersom man behöver hitta tider som passar både intervjuaren och den som ska bli intervjuad och analysera data då svaren inte är standardiserade. Det tar även tid att behandla rådatan ifrån intervjuer även om man har en bandspelare eller videokamera som hjälpmedel.

Dessa hjälpmedel kan bidra till den så kallade "intervjuareffekten", som innebär att personerna säger vad de tycker de ska säga, istället för vad de egentligen tycker när de vet att de blir dokumenterade (Denscombe, 2016). Eftersom vi bara använde oss av inspelning vid ett tillfälle, vilket var telefonintervju, borde det inte påverka trovärdigheten i undersökningen. Då antalet intervjuer bara blev sju stycken, blir det dock en ganska stor del av informationsinsamlingen procentuellt sett (14 %).

Arbetet hade förenklats om möjligheterna funnits att kunna komma ut till fartygen och personligen träffa befälen än att göra intervjuerna via mailkonversationer. Trots detta var mailintervjuerna ett bra komplement till de två personliga intervjuerna som genomfördes. Svarsintensiteten var väldigt låg på frågeformulären. Studien har kontaktat 55 fartyg och har fått 5 svar som har varit möjliga att använda för att besvara studiens forskningsfrågor, vilket ger en svarsintensitet på 9 %. Denna låga svarsintensitet gör att man kan ifrågasätta om denna studie avspeglar en korrekt verklighet. Ambitionen för denna studie var att flera personer från samma fartyg skulle intervjuas för att fånga upp fler aspekter från samma situation ombord. Flera fartyg som studien ville kontakta valde att inte svara, vilket gjorde att till exempel saknar fartyg som använder sig av metanol som bränsle. Om fartyg som använder sig av metanol som bränsle hade berikat denna studie och man hade kunnat försöka dra slutsatser om metanol är bättre arbetsmässigt för befälen ombord.

Detta kunde tyvärr inte uppfyllas på grund av låg svarsintensitet och de befäl som valde att ställa upp på intervju tyckte det var tillräckligt att en person talade för fartyget. Oftast blev det den tekniska chefen som ställde upp på intervju eftersom denne har mest administrativa uppgifter ombord och har den högsta positionen utav maskinbesättningen. Den tekniske chefen bör veta hur det är ombord på fartyget, men ifall man hade fått intervjuat flera personer från samma fartyg hade fler aspekter och åsikter uppfångas. Oftast är det lägre befäl och manskap som gör rent och underhåller separatorer, filter och läckoljerör. Här kunde mycket information insamlas som hade bidragit till en bättre och djupare studie.

6 Slutsatser

Vilka möjligheter har befälen att styra bränslevalt ombord?

De kontaktade befälen upplever att de har en väldigt begränsad möjlighet att påverka bränslevalt. De lyfter också fram den hårt pressade ekonomiska situationen för sjöfartsnäringen som en aspekt som bidrar till deras begränsade möjlighet att påverka. Befälen upplever att rederierna inte ser dem som en extra kostnad eftersom de redan finns ombord. Mer eller mindre arbete spelar därför ingen större roll utifrån rederiernas synsätt. Endast om en större omfattande driftstörning skulle uppstå vid bränslehanteringen ombord, upplever befälen att de kan få spelrum i frågan om bränslevalt.

Om befälen ombord ska styra bränslevalt måste det finnas ett annat bränsle att byta till. De LNG och metanol drivna fartygen har idag inget annat bränsle att byta till. Där det finns potential att byta till bättre bränsle är de HFO-drivna fartygen och där blir bunkerpriserna för stora om man skulle byta ut det tyngre bränslet till ett destillerat bränsle som till exempel MDO.

Hur påverkas befälen arbetssituation av bränslet som används?

Med den informationen som studien har samlat in är svaret komplicerat. Vid årsskiftet 2015 och det första året var det stor problematik med kvalitén och kompatibiliteten med ULSFO. Men idag verkar det fungera bättre och man slipper bränslebyten ombord vid hamnarna vilket är en stor positiv följd effekt. Problemen med ULSFO verkar minska med tiden men problem med läckoljerör som blir igensatta kvarstår. Om man gör en likande undersökning om några år tror vi att problematiken med ULSFO är löst, och att det kommer fungera lika problemfritt som innan 2015 med bränslehanteringen ombord. När det kommer till de LNG-drivna fartygen verkar arbetssituationen blivit bättre där jämfört med HFO- eller ULSFO-drift med mindre bränslehantering och renare bränsle används ombord.

De fartyg som har skrubber som blivit kontaktade, håller fortfarande på med installation, inkörning och certifiering vilket gör att ingen riktigt vet hur arbetssituationen kommer att påverkas med skrubbers och hur krävande det kommer vara arbetsmässigt. Bränslehanteringen kommer troligtvis vara samma som tidigare med HFO, fast med bränslebyte i hamn till lågsvisligt bränsle som uppfyller SECA kraven. Vilket skapar mer arbete för befälen med bränslebyten och kan skapa problem med temperaturfall och viskositetsfall. Eftersom man inte väljer att använda skrubbrarna i hamn då de kräver stort vattenflöde är det enklare att gå över till bränsle som uppfyller SECA-kraven.

Fortsatt forskning

Vidare forskning inom detta område angående befälens arbetssituation och om befälen kan styra bränslevalt ombord är att kontakta fartyg utan svensk anknytning.

Det är också av intresse att undersöka hur det ser ut för de fartyg som trafikerar andra ECA, exempelvis Nordamerikas och se hur de befälens arbetssituation ser ut kontra bränslevalet ombord. Bästa val av metod för efterforskning är personliga intervjuer med befäl helst ombord på fartygen.

Annan fortsatt forskning med fokus på befäl och bränsleval kan fördjupa sig inom dessa forskningsfrågor.

- Vilket bränsle hade befälen valt om de själva får välja?
- Se hur befälen upplever bränslet kontra manskapet upplever?
- Hur delaktiga befälen får vara vid konvertering till ett annat bränsle ombord på ett gammalt fartyg?
- Om andra rederier i andra länder låter befälen bestämma mera över bränslevalet ombord?

Referenser

- Alhassan, A. & Andersson, J. T., 2015. *Effect of Storage and Hydrodesulfurization on the Ketones in Fossil Fuels*, Muenster: Institute of Inorganic and Analytical Chemistry.
- Anderson, M., Salo, K. & Fridell, E., 2015. Particle- and Gaseous Emissions from an LNG Powered Ship. *Environmental Science & Technology*, Volym 49, pp. 12568-12575.
- Bengtsson, B.-A. & Bengtsson, H., 1995. *Forskningsboken om konsten att arbeta på ett undersökande och kunskapande sätt*. 1 red. Stockholm: A&W.
- Bengtsson, S., 2011. *Life cycle assessment of present and future marine fuels*, Gothenburg: Chalmers University of Technology Department of Shipping and Marine Technology.
- Bengtsson, S., Andersson, K. & Fridell, E., 2011. A comparative life cycle assessment of marine fuels: liquefied natural gas and three other fossil fuels. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for maritime Environment*, 225(2), pp. 97-110.
- Bengtsson, S., Fridell, E. & Andersson, K., 2012. *Environmental assessment of two pathways towards the use of biofuels in shipping*, u.o.: Energy Policy Vol. 44.
- Bengtsson, S. K., Fridell, E. & Andersson, K. E., 2014. Fuels for short sea shipping: A comparative assessment with focus on environmental impact. *Journal of engineering for the maritime environment*, 228(1), pp. 44-55.
- Brynnolf, S., Fridell, E. & Andersson, K., 2014. Environmental assessment of marine fuels: liquefied natural gas, liquefied biogas, methanol and bio-methanol. *Journal of Cleaner Production*, 74(14), pp. 86-95.
- Bunkerworld, 2016. *Bunkerworld Prices*. [Online] Available at: <http://www.bunkerworld.com/prices/> [Använd 03 04 2016].
- Chakarov, D., 2016. *Metanol ur CO₂ , forskning på Chalmers* [Intervju] (31 03 2016).
- Choi, M. S. & Philips, C., 2011. LNG for petroleum engineers. *SPE projects, facilities & construction*, 6(4), pp. 255-263.
- Denscombe, M., 2016. *Forskningshandboken - för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. 3:1 red. Lund: Studentlitteratur AB.
- Eliasson, A., 2010. *Kvantitativ metod från början*. 2nd red. Lund: Studentlitteratur.
- Fagher, O., 2016. *Process Engineer Preem* [Intervju] (3 02 2016).
- Gabrielii, C., 2016. *LNG återkondensering*. Göteborg, u.n.
- Greentech, 2016. *Scrubbers* [Intervju] (06 01 2016).

Göthe, M., 2016. *Gobigas* [Intervju] (20 02 2016).

International Maritime Organization (IMO), 2008. *MARPOL : Annex VI and NTC 2008 with guidelines for implementation*. London: International Maritime Organization.

International Maritime Organization (IMO), 2015. *International Maritime Organization (IMO)*. [Online]

Available at:

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-%28SOx%29-%E2%80%93-Regulation-14.aspx>

[Använd 01 03 2016].

International Maritime Organization (IMO), 2016. *Nitrogen Oxides (NOx) - Regulation 13*. [Online]

Available at:

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-%28NOx%29-%E2%80%93-Regulation-13.aspx>

[Använd 29 04 2016].

International Organisation of Standards, 2012. *www.Iso.org*. [Online]

Available at: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8217:ed-5:v1:en>

[Använd 28 03 2016].

Ivanov, N. C., 2010. *The EU Directive on low sulphur fuel (2005/33/EC): A legal and insurance industry perspective*, Gjensidig: Assuranceforeningen SKULD.

Jarlros, M., 2015. *Förbränningsmotorteknik* [Intervju] 2015.

Johansson, N., 2016. *Personnel Manager Terntank* [Intervju] (11 02 2016).

Kuiken, K., 2012. *Diesel engines : for ship propulsion and power plants from 0 to 100 000 kW. Part 1*. 2nd red. Groningen: Target Global Energy Training.

Larsson, R., 2015. *Krackning*. [Online]

Available at: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/krackning#katalytisk-krackning>

[Använd 10 05 2016].

Luketa-Hanlin, A., 2006. A review of large-scale LNG spills: Experiments and modeling. *Journal of Hazardous Materials*, 132(2-3), pp. 119-140.

Man Diesel & Turbo, 2009. *Exhaust gas emission control today and tomorrow*, Köpenhamn: MAN B&W Two-stroke Marine Diesel Engines.

MAN Turbo & Diesel, 2015. *Dual-Fuel Concept Köpenhamn studiebesök förbränningsmotorteknik*. Köpenhamn, MAN Turbo & Diesel.

- Marine Methanol, 2016. *Methanol markets*. [Online]
Available at: <http://www.marinemethanol.com/methanol-market>
[Använd 21 03 2016].
- McGill, R., William, R. B. & Winther, K., 2013. *Alternative Fuels for Marine Applications- Future Marine Fuels study*, Argonne: Advanced motor fuels.
- Nezhad, S. A., Shabani, B. & Soleimani, M., 2012. *Thermodynamic analysis of liquefied natural gas (LNG) production cycle in APCI process*, Berlin: Journal of Thermal Science.
- Nyhus, E., 2016. *Director Enviroment* [Intervju] (23 03 2016).
- P&I Club UK, 2012. *Risk Focus: Loss of power*. London, P&I Club UK.
- Parkash, S., 2003. *Refining Process Handbook*. 1 red. Houston: Gulf Professional Publishing.
- Preem AB, 2016. *Ett unikt svenskt drivmedel*. [Online]
Available at: <http://preem.se/om-preem/hallbarhet/evolution-drivmedel/evolution-diesel/>
[Använd 27 04 2016].
- ScandiNAOS AB, 2016. *Marin metanolbränslepriser*, Göteborg: ScandiNAOS AB.
- Smith, T. W. o.a., 2015. *Third IMO GHG Study 2014*, London, UK: International Maritime Organization (IMO).
- Stojcevski, T., 2015. *Metanol konvertering Germanica* [Intervju] (17 10 2015).
- Svanberg, J., 2016. *Stena Germanica befälhavare* [Intervju] (01 03 2016).
- Taljegard, M. o.a., 2014. *Cost-effective Choice of Marine Fuels in a Carbon-Constrained World: Results from a Global Energy Model*, u.o.: Environmental Science & Technology.
- The international Council on Combustion Engines (CIMAC), 2013. *Guideline for the Operation of Marine Engines on Low Sulphur Diesel*, u.o.: The international Council on Combustion Engines.
- Vestman, C. B. & M., 2011. *Den kommande svavlagsstiftningen - Konsekvenser ur maskinteknisk synpunkt*, Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Wärtsilä, 2014. *NOx Reducer (NOR)*. Helsinki: Wärtsilä.
- Wärtsilä, 2015. *Exhaust Gas Cleaning - SOx Scrubber Technology*. Helsinki: Wärtsilä.

Bilagor

1. Frågeenkät till fartyg

Bränsle ombord innan SECA och efter SECA?

Om ni använder er utav ett annat bränsle än innan 2015-01-01 hur upplever ni skillnaden?

Hur ser bränslebehandling ut ombord nu efter SECA (2015)?

Har ni avgasreningsanläggning ombord?

Kräver maskinerna mer underhåll än innan (SECA), t.ex filter, igen satta läckoljerör, separatorena?

Har ni möjlighet ombord att styra bränslevallet ombord som exempel förespråka konvertering eller alternativa oljor för att underlätta för er ombord (t.ex MDO istället för ULSFO/WRD) ?

2. Frågor till Terntank

Varför valde ni LNG som framdrivnings bränsle?

Input från personalen angående byggandet av fartygen och bränslevalet?

Motortillverkar valet?

Tänkbara personer som kan tänkas sig intervjuas?

Utbildning för personalen ombord för LNG drivna fartyg?