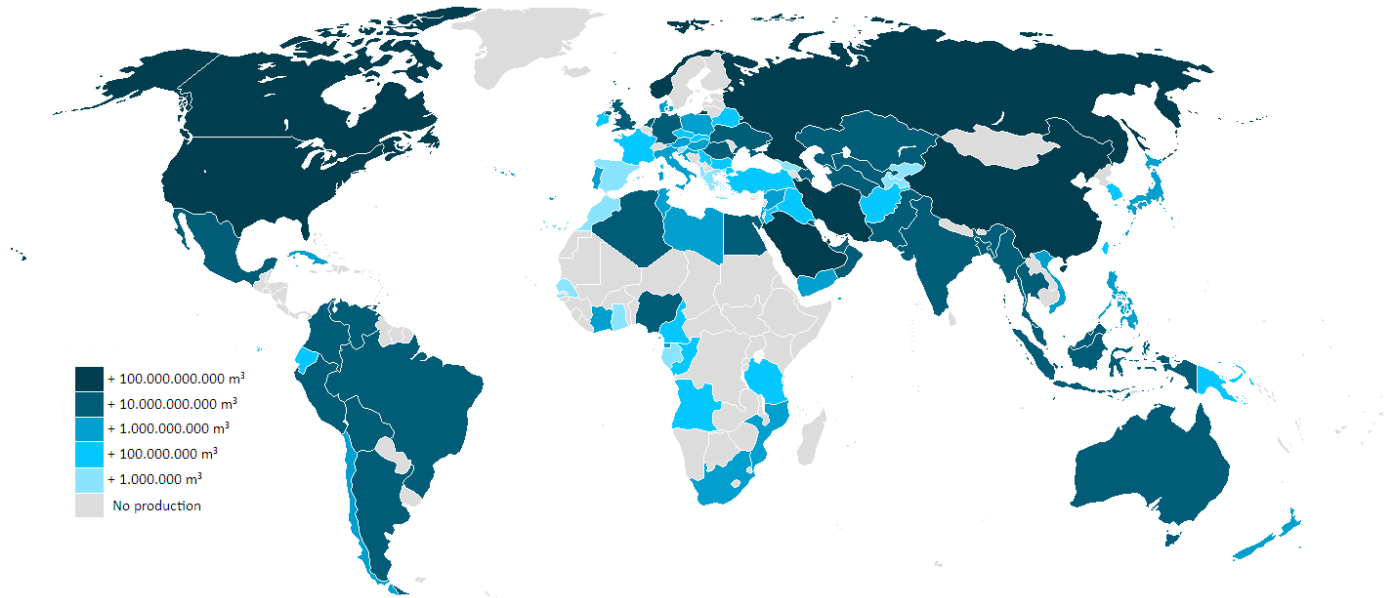




CHALMERS



Konsekvenser av varierande bunkerqualität för LNG-drivna fartyg

Examensarbete inom Sjöingenjörsprogrammet

Axel Pedersen

Carl Schenström

Institutionen för Sjöfart och marin teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2016

RAPPORTNR. SI-16/180

*Konsekvenser av varierande bunkerkvalitet för
LNG-drivna fartyg*

AXEL PEDERSEN
CARL SCHENSTRÖM

Institutionen för sjöfart och marin teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2016

Konsekvenser av varierande bunkerqualität för LNG-drivna fartyg

Consequences of varying bunker quality in LNG-powered ships

AXEL PEDERSEN

CARL SCHENSTRÖM

© AXEL PEDERSEN, 2016.

© CARL SCHENSTRÖM, 2016.

Rapportnr. SI-16/180

Institutionen för Sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslag: Karta över LNG-produktion i världen

Tryckt av Chalmers

Göteborg, Sverige, 2016

Konsekvenser av varierande bunkerqualität för LNG-drivna fartyg

AXEL PEDERSEN

CARL SCHENSTRÖM

Institutionen för Sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

På grund av skärpta miljöregler runt om i världen gällande miljöutsläpp från fartyg tvingas nu redare och motortillverkare komma fram med lösningar som matchar de nya kraven. En väg som vissa redare valt, flera andra är på väg, är att börja använda LNG (liquefied natural gas) som bränsle. LNG har länge använts på land som bränsle i kraftverk och till framdrivning av LNG-tankers där man använder delar av lasten som bränsle.

De fartyg som undersöks i detta arbete är fartyg som använder LNG som bränsle för framdrivning då lasten är något annat än LNG.

På grund av att det inte finns så många fartyg av denna typ, LNG-drivna fartyg som inte har LNG som last, finns det väldigt lite information om vad för olika typer av problem som kan komma att uppstå. Vissa problem med LNG-drift kan bero på varierande bunkerqualität. Kvalitetsförändring under drift kan bero på att LNG hela tiden kokar av till viss del, där vissa ämnen i LNG (metan och kväve) kokar av mer än andra. Skulle detta pågå under en längre tid finns det möjlighet för att knackning och ”misfiring” kan inträffa. Dessa problem kan även uppstå vid bunkring av olika LNG-kvaliteter då även ”rollover” kan inträffa.

Frågeställningen som skall försöka besvaras i detta arbete är om motorn påverkas av kvalitetsförändringar under drift ute på fartygen, samt om det blir några problem på grund av olika kvalitet på LNG från leverantör vid bunkring. Metoden för att uppnå resultat föll på enkäter och intervjuer med erfarna inom området.

Resultatet påvisar att det inte finns något direkt samband mellan en förändring av bunkerqualität under drift och en påverkan på motorn. Det påvisas dock att en indikation på problem på grund av varierande kvalitet från leverantörer hittats men utan större omfattning och påverkan. Detta kan bero på att alla de fartyg som undersökts får bunker ifrån samma leverantör vid varje tillfälle och att de kör relativt korta resor.

Nyckelord: LNG, Rollover, Knackning, Misfiring, Metantal, Avkokning, LNG-drift.

Abstract

Because of stricter environmental regulations around the world concerning shipping and its emissions, ship owners and engine manufacturers are now forced to come up with solutions that match the new requirements. A road that some ship owners already have been chosen is to begin to run on LNG (liquefied natural gas), and several others are on the way. LNG has long been used ashore as fuel for power plants, and also for propulsion of LNG tankers that use their cargo as fuel.

The vessels that are studied in this project are ships using LNG as fuel for propulsion of the ship when the cargo is anything other than LNG.

Because of the lack of ships of this type, LNG powered ships that do not have LNG as cargo, there are very little information about what kinds of problems that may occur. Some problems with LNG can be due to varying bunker quality during operation. Quality changes during operation may occur because LNG constantly boils off to a certain extent, where certain substances in LNG (methane and nitrogen) boils off more than others. Should this continue for a long time, there will be a possibility for knocking and misfiring.

These problems can also occur when bunkering LNG of different qualities. In this case rollover is also a possibility.

The question that are desired to answer in this work is if the engine gets affected due to varying bunker quality during operation onboard ships and whether there will be any problems because of the different quality of LNG from the bunker suppliers. The method to accomplish this fell on surveys and interviews with experienced people.

The result shows that there is no direct connection between a change in the bunker quality during operation and an effect on the engine. It however demonstrated that a problem because of varying quality from the suppliers are found, but without greater scope and impact. This may be because all the ships that were investigated receive bunker from the same supplier at all times and that they sail relatively short trips.

Keywords: LNG, Rollover, Knocking, Misfiring, Methane number, Problem, Quality, Evaporation

Förord

Författarna skulle vilja tacka handledaren Cecilia Gabrieli.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Syfte	1
1.2 Frågeställning	1
1.3 Avgränsningar	1
2. Bakgrund och teori	2
2.1 Framställning av LNG	2
2.2 Marina användningsområden	3
2.3 Motortyper	3
2.4 Metantal	5
2.5 Knackning	6
2.6 Misfiring	8
2.7 Rollover	9
2.8 Tidigare studier	10
3. Metod	11
3.1 Litteratursökning	11
3.2 Datainsamling	11
3.2.1 Enkät	11
3.2.2 Intervju	12
3.2.3 Etik	12
4. Resultat	13
4.1 Svar från respondenter	13
5. Diskussion	17
5.1 Resultatdiskussion	17
5.2 Metoddiskussion	18
6. Slutsatser	19
6.1 Förslag till fortsatta studier	19
Referenser	20
Bilagor	21

Figurförteckning

Omslag.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Natural_gas#/media/File:World -
Natural Gas Production of Countries.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Natural_gas#/media/File:World_-_Natural_Gas_Production_of_Countries.png) 15.04-2016

Fig 1. Diesel-prosessen (2011). [Elektronisk bild] <http://papers.sae.org/2011-01-1998/>

Fig 2. Tändstift (2011). [Elektronisk bild] <http://papers.sae.org/2011-01-1998/>

Fig 3. Metantal (2013). [Elektronisk bild]

http://www.gastechnology.org/Training/Documents/LNG17-proceedings/Storage-3-Jean-Francois_Castel.pdf

Fig 4. Skillnader på olika beräkningsmetoder (2015). [Elektronisk bild]

http://www.cimac.com/cms/upload/workinggroups/WG17/CIMAC_WG17_Position_Paper_Impact_Gas_Quality_on_Gas_Engine_Performance_2015_Jul.pdf

Fig 5. Förenklat bränslesystem (04.04.2016). Schenström.C

Fig 6. Misfiring (n.d). [Elektronisk bild]

http://www.ivt.ntnu.no/ept/fag/tep4215/innhold/LNG%20Conferences/2007/fscommand/PS6_S_Dongil_s.pdf

Fig 7. MN olika platser (2015). [Elektronisk bild]

http://www.cimac.com/cms/upload/workinggroups/WG17/CIMAC_WG17_Position_Paper_Impact_Gas_Quality_on_Gas_Engine_Performance_2015_Jul.pdf

Fig 8. Roll-over (2012). [Elektronisk bild]

http://www.sgmf.info/media/5648/prevention_of_rollover_on_lng_ships.pdf

Fig 9. Icke Roll-over (2012). [Elektronisk bild]

http://www.sgmf.info/media/5648/prevention_of_rollover_on_lng_ships.pdf

Tabellförteckning

Tab 1. Datablad på olika beståndsdelar i LNG (n.d). [Elektronisk bild]

http://www.ivt.ntnu.no/ept/fag/tep4215/innhold/LNG%20Conferences/2007/fscommand/PS6_S_Dongil_s.pdf

1. Inledning

Sjöfarten står i dagens läge inför en stor utmaning gällande miljöutsläpp på grund utav nya miljöregler inom vissa områden som till exempel SECA (Sulphur Emission Control Area), där Östersjön och Nordsjön ingår. För många rederier betyder detta att de tvingas börja köra sina fartyg på alternativa bränslen. Ett alternativt bränsle som är relativt nytt i de sammanhang att det används endast som bränsle till framdrivning och inte som last är LNG (liquefied natural gas). LNG har använts som bränsle under en längre tid men då till största del i land på kraftverk och ute till sjöss på LNG-tankers.

Idag finns det en del fartyg som drivs på LNG fast har en annan last och flera är på väg. Ett problem inom detta område är att det finns dåligt med information gällande de eventuella driftproblem som kan uppstå vid LNG-drift (SGMF, 2014)(Sundgren, L. 2012).

Detta arbete går ut på att göra en undersökning av erfarenheter ombord på LNG-drivna fartyg kring LNG-bunkers kvalitetsförändring under drift, samt problem vid LNG-bunkring från olika leverantörer.

1.1 Syfte

Syftet med detta arbete är att, för LNG-drivna fartyg, undersöka driftmässiga konsekvenser på grund av en varierande bränslekvalitet från leverantörer och kvalitetförändring under tid.

1.2 Frågeställning

- Hur påverkas motorns drift av kvalitetsförändringar på LNG-bunker ute på fartyg?
- Hur påverkas motorn/fartyget av olika kvalitet på LNG från leverantören till fartygen?

1.3 Avgränsningar

Den fartygstyp som har undersökts är fartyg som inte har LNG som last utan där LNG endast används som drivmedel. En del information i bakgrund- och teorikapitlet har dock tagits från LNG-tankers, där lasten används som drivmedel till motorn, på grund utav att det finns betydligt mer information inom detta område.

De fartyg som undersöks är svensk- och norskägda där organisationen är baserad i Sverige eller Norge. Anledningen till att just Sverige och Norge har valts beror på att båda dessa länder ligger i framkant inom ämnet då framförallt Norge har väldigt många LNG-drivna fartyg.

Arbetet är även avgränsat till endast 4-taktsmotorer då detta är den typ som de undersökta fartygen använder.

2. Bakgrund och teori

Naturgas är ett fossilt bränsle som på samma sätt som olja pumpas upp ur marken och går därefter in i en processanläggning för att i slutändan komma ut som LNG. Denna typ av bränsle används bland annat till framdrivning av fartyg. Orsaken till att flera rederier på senare tid börjat använda LNG som bränsle beror till största del på att miljöutsläppen är mindre än för till exempel tjockolja och diesel. Men som för det flesta nya bränslen följer det även med nya problem (SGMF. 2014).

2.1 Framställning av LNG

LNG framställs ur naturgas. Detta görs i stora processanläggningar. Naturgas är, precis som råolja, en blandning av flera olika typer av beståndsdelar. Den innehåller bland annat metan, etan, propan, butan, kväve, kvicksilver, svavelväte, koldioxid helium och vatten. Det första som händer i en processanläggning är vanligtvis att trycket ökas på den inkommande naturgasen så den har rätt tryck för anläggningen. Gasen renas sedan från vatten som i senare steg skulle frysa och sätta igen processanläggningen. Beroende på koncentrationen av svavelväte och koldioxid så körs gasen genom en skrubber. Om gasen inte innehåller mycket svavelväte och koldioxid så försvinner detta när gasen torkar. Efter den eventuella skrubbern förs kvicksilvret bort. För att sedan få ner transportvolymen och få upp värmevärdet på gasen förs kväve och helium bort ur gasen (Linde u.å.).

Det vanligaste sättet att separera ut olika gaser från varandra är genom att ändra tryck och temperatur. När processen är klar kyls gasen ner i steg till -160 °C och därefter förvaras den i olika typer av tankar. LNG består i slutgiltig form till största del av metan, men också av etan, propan och butan (Linde u.å.).

2.2 Marina användningsområden

De fartyg som i huvudsak drivs av LNG har tidigare endast bestått av LNG-tankers, tankfartyg som transporterar LNG från A till B. Orsaken till att just dessa fartyg drivs av LNG beror på att den nerkylda naturgasen som ombord förvaras som vätska, där av namnet LNG (Liquefied Natural Gas), kokar av under drift. Den naturgas som kokar av, BOG (Boil Of Gas), ca 0,15 % per dygn, kan sedan användas till framdrivning av fartyget. Detta kan i stora drag ske på två olika sätt.

Ett sätt är att använda BOG i en ångpanna för att sedan med hjälp av ångan från pannan driva en turbin som med olika hjälpmedel kan vara kopplad till en propeller eller annan framdrivningstyp. Turbinen kan även kopplas till en elgenerator som i sin tur försörjer en eller flera elmotorer som driver fartyget framåt (Dongil, Y. et al. u.å)(SGMF. 2014).

Det andra sättet är att använda BOG direkt i en förbränningsmotor av typ otto-motor eller diesel-motor. Även vid detta sätt går det att välja mellan direkt kopplad propeller eller kopplad elgenerator (Dongil, Y. et al. u.å)(SGMF. 2014).

Den förstnämnda processen med ångturbin som grundpelare i systemet har de senaste åren blivit mer ovanligt då de flesta gått över till LNG-drivna förbränningsmotorer. Orsaken till att den ångturbin-drivna typen minskat trots den enkla uppbyggnaden och låga underhållskostnaden i jämförelse med förbränningsmotorn beror på den låga verkningsgraden som max kommer upp till 30 %. En LNG-driven otto- eller gasdiesel-motor åstadkommer samma verkningsgrad som om de hade körts på till exempel diesel, som har mycket högre verkningsgrad (Dongil, Y. et al. u.å)(SGMF. 2014).

På grund av rådande miljömedvetandet hos redare samt nuvarande och kommande miljökrav gällande utsläpp från fartyg så har även andra typer än LNG-tankers börjat med LNG-drift. Bara de senaste åren har ett par svenska redare konverterat fartyg till LNG och/eller lagt beställning på nybyggen med LNG-drift. I Norge har utvecklingen pågått under längre tid i en snabb takt och har därför flest LNG-drivna båtar i världen (Sundgren, L. 2012)(SGMF. 2014).

2.3 Motortyper

Det finns i princip tre stycken olika motortyper att välja mellan då LNG används som bränsle. Två av dessa typer använder sig av ottoprincipen och en av dieselpincipen (Magne Einang et al. 2011).

I den första typen av otto-motor förs LNG till var och en av cylindrarnas förgasare där LNG och laddad luft blandas och förs in i cylindern. Därefter komprimeras LNG-luften i

cylindern där den antänds med hjälp av ett pilotbränsle. Med pilotbränsle menas att det sprutas in några procent mer lättantändligt bränsle, till exempel diesel, för att antända LNG. Hur många procent som sprutas in beror på motorns last. Denna typ av motor kallas för DualFuel-motor, som även kan köras på enbart diesel (Magne Einang et al. 2011).

Den andra typen som också använder sig av ottoprincipen är en så kallad SI-motor (spark injected). Denna typ fungerar i stora drag på samma sätt som DualFuel-motorn men istället för att använda pilotbränsle för att antända gasen så används ett tändstift. Detta är en ren gasmotor (se Fig 1)(Magne Einang et al. 2011).

Den tredje typen använder sig av dieselprincipen. I den förs LNG in i cylindern några grader innan TDC (Top Dead Center) med ett högt tryck med hjälp av en bränsleventil. Därefter antänds LNG med hjälp av ett pilot-bränsle (se Fig 2)(Magne Einang et al. 2011).

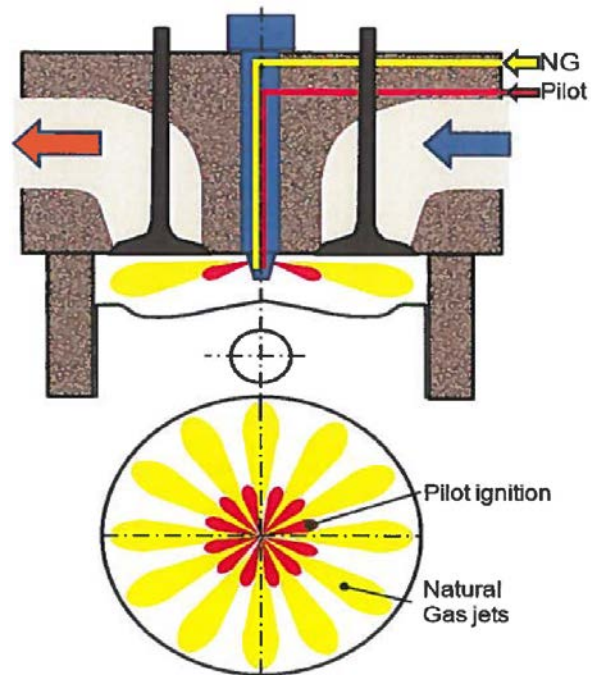
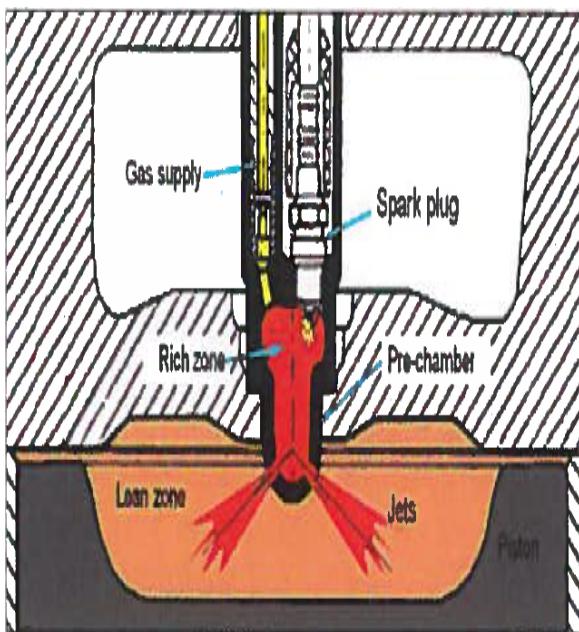


Fig 1. Tändstift (Magne Einang, P. et al. 2011) Fig 2. Diesel-prosessen (Magne Einang,P. et al. 2011)

2.4 Metantal

För att beskriva sammansättningen av LNG brukar metantal användas. Metantalet räknas i stora drag ut genom att ge alla gaser ett värde som sedan räknas ihop beroende på deras olika mängd (se Fig 3.). Metan har värdet 100 och andra antändliga gaser har ett värde mellan 0-100. Icke tändbara gaser som koldioxid och kväve har ett värde över 100. Detta gör att ju lägre MN desto mer lättantändligt blir bränslet och respektive ju högre MN desto svårare antänds det (Jean-François et al. 2013).

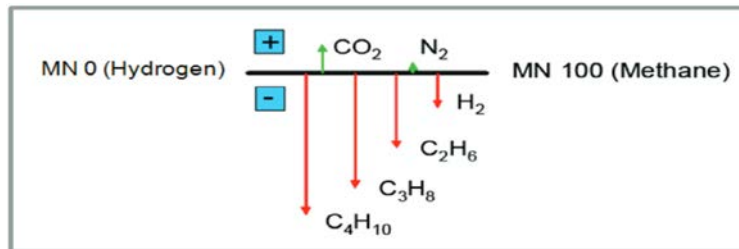


Fig 3. Metantal (Jean-François. et al. 2013)

Att ha rätt metantal (MN) är nyckeln till en stabil och säker drift när det kommer till LNG-drift (Jean-François. et al. 2013). Problemet är att det finns många licensierade beräkningsprogram i bruk som använder olika algoritmer. LNG-terminaler har gjort mätningar av olika LNG-prover och använt sig av olika algoritmer. Resultatet blev att det kan skilja sig upp till 14 MN mellan de olika programmen (Se Fig 4.)(CIMAC. 2015).

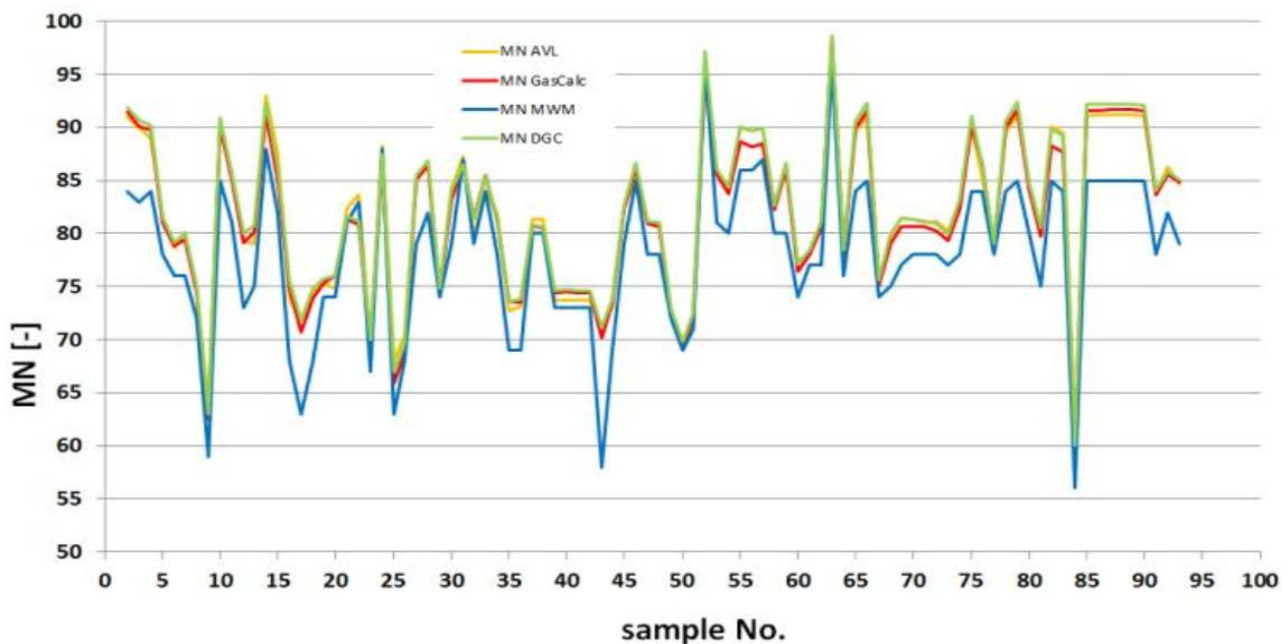


Fig 4. Skillnader på olika beräkningsmetoder. (CIMAC. 2015)

2.5 Knackning

Ett av problemen som kan uppkomma i ottomotorer som använder LNG som bränsle är så kallad knackning. Detta beror på att när cylindern är i TDC och gasen komprimerats i cylindern så antänds den av en pilotlåga eller ett tändstift. Gasen börjar brinna, trycket ökar och temperaturen i cylindern ökar oftast till över 540°C. Har då gasen en självantändningstemperatur under den aktuella temperaturen så kommer förbränningen inte ske kontrollerat utan all gas antänds i cylindern samtidigt. Detta kan betraktas som en explosion i cylindern, som skapar ljud och vibrationer som låter som en knackning. Detta beror på att det är för lite metan i gasblandningen och därmed ett lågt metantal (MN). Metan har nämligen en relativt hög självantändningstemperatur jämfört med de andra gaserna (*See Tab 1.Data*). Dock har den också ett lägre energivärde. Därför strävas det efter att ha ett så lågt metantal som möjligt för att få så mycket energi i gasen som möjligt. Det får heller inte vara för lågt för att riskera knackning vilket skadar motorn. Rekommenderat metantal är minst 80 MN vid en 100 % last och inte över MN 110. Metantalet kan vara under 80 MN om motorn kör på mindre last (Dongil, Y. et al. u.å)(Jean-François. et al. 2013).

Tab 1. Datablad på olika beståndsdelar i LNG (Dongil, Y. et al. u.å).

Namn	Sammansättning	Kokpunkt (1bar). [°C]	Självantändning [°C]	Värmevärde [kcal/Nm ³]
Kväve	N ₂	-195.8	-	-
Metan	CH ₄	-161.5	595	9,520
Etan	C ₂ H ₆	-88.6	515	16,820
Propan	C ₃ H ₈	-42.1	470	24,230
i-Butan	i-C ₄ H ₁₀	-11.7	462	32,020
n-Butan	n-C ₄ H ₁₀	-0.5	365	31,780

Knackning har hittills inte varit ett stort problem på LNG-tankers även om det finns studier som visar på att det kan vara ett problem (se avsnitt 2.8). Detta beror till största del på att det finns så pass stor last att ta bränsle ifrån och oftast körs fartyget på BOG. Detta medför att bränslekvalitén förändras väldigt lite i förhållande till storleken av lasten. Blandningen av metan, etan, propan och butan kommer kunna anses som konstant då BOG är en sådan liten del av lasten (Dongil, Y. et al. u.å).

De LNG-drivna fartyg som inte har LNG som last kör oftast inte på BOG utan tar bränslet ifrån botten av tanken i vätskeform. Metan har mycket lägre kokpunkt än etan, propan och butan och kokar då av mycket mer än resterande beståndsdelar. Detta gör att dessa fartyg är mera känsliga mot avkokning. Försvinner mer metan än resterande ämnen blir sammansättningen av metan, etan, propan och butan förändrad under tid och kommer inte kunna ses som konstant. Det spelar också roll vart på tanken LNG tas ut d.v.s. ifrån toppen av tanken eller i botten av tanken (se Fig 5). Tas det från toppen av tanken, som många LNG-tankers gör, kommer största mängden av gasen vara metan. Tas det från botten som många LNG-drivna fartyg som inte har LNG som last gör så tas en mer representativ del av LNG ut ur tanken (Dongil, Y. et al. u.å).

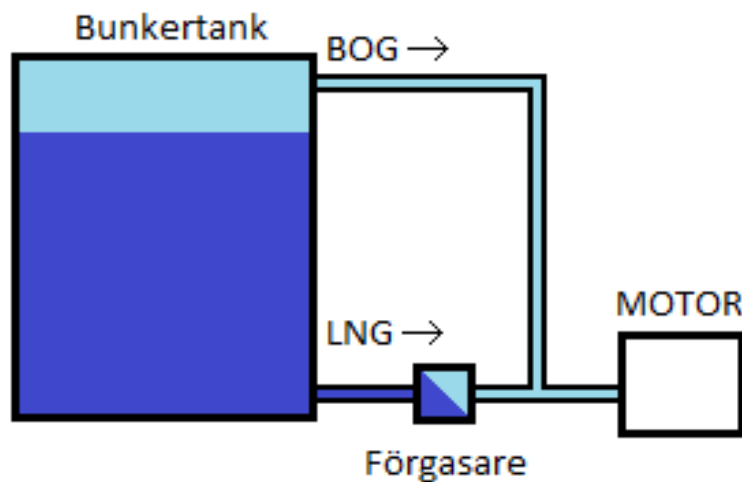


Fig 5. Förenklat bränslesystem (Schenström,C. 2016)

2.6 Misfiring

Ett annat problem som kan uppkomma under drift är så kallad "misfiring". Detta inträffar när cylindern kommer upp i TDC där pilotlågan/tändstiftet skall antända bränslet men bränslet har för låg antändningstemperatur. Det leder till att bränslet inte tänds och inget arbete utförs (AutoTap u.å). Detta är oftast tätt sammankopplat med metantalet i LNG som inte får ligga över 110 enligt vissa motortillverkare. Om det blir "misfiring" så är det för att det finns en mängd icke tändbara gaser i bränslet t.ex. koldioxid och kväve. Det kan också uppkomma om det är för högt luft/bränsle förhållande (Se Fig 6), vilket det finns ett behov att ändra ifall det finns ett problem med knackning som beror på för lågt metanvärde runt 80 (Jean-François. et al. 2013).

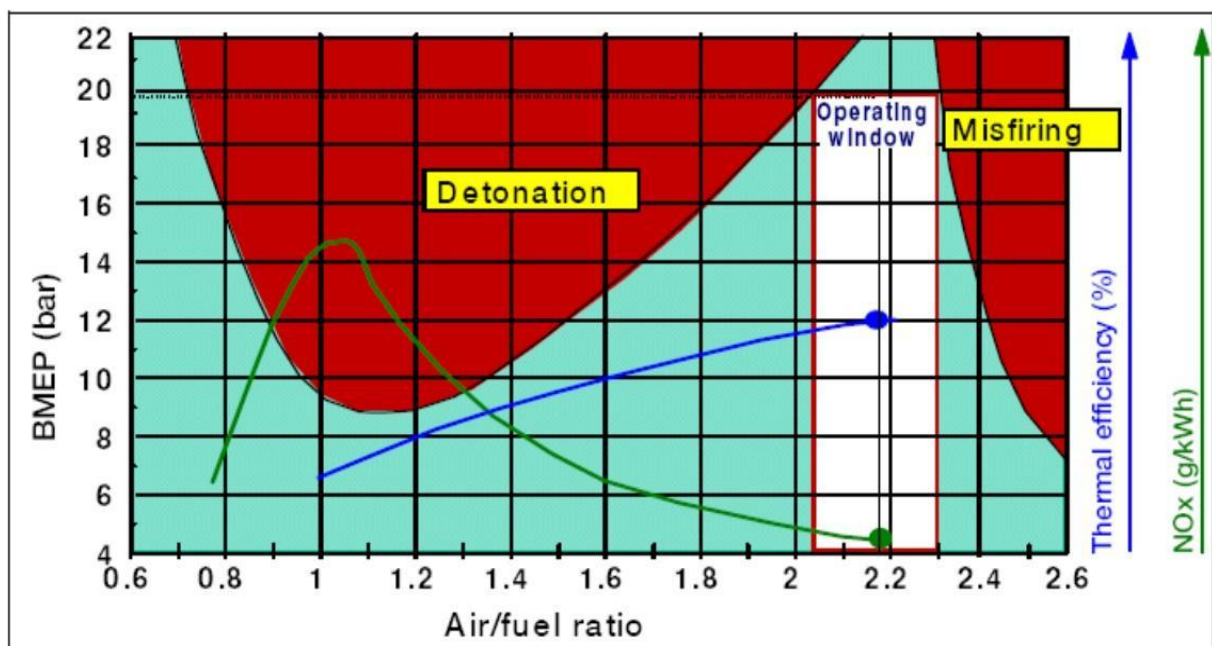


Fig 6. Beskrivning av förhållande mellan knackning och "misfiring" (Dongil, Y. et al. u.å)

2.7 Rollover

Ett problem som kan uppkomma vid bunkring är skiktning eller så kallad “rollover”. Detta uppkommer då två olika kvalitéter av LNG med två olika densitet delar tank. Det kan till exempel inträffa vid bunkring på två olika platser/leverantörer där mottagning av LNG med två olika densitet uppkommer, och därmed oftast ofta olika metantal (se Fig 7). Det kan även inträffa då kvalitén/densiteten i fartygets egna bunkertankar förändrats under dess lagringstid på grund av avkokning och därefter fyller upp tankarna med LNG med den ursprungliga densiteten (CIMAC, 2015)(SIGTTO, 2012).

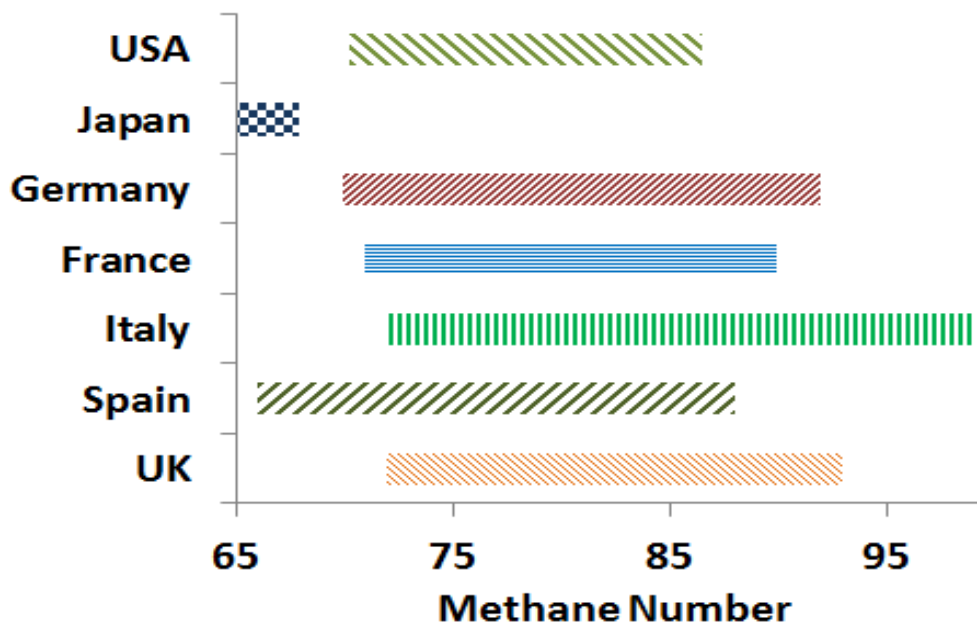


Fig 7. MN olika platser (CIMAC, 2015)

När den så kallade skiktningen sker lägger sig LNG i två olika lager (Se Fig 8). Då förgasas den lättare LNG:n i toppen av tanken vilket gör att den kyls och får därmed en ökande densitet. Det undre skiktet värms sakta upp av tanken och får lägre densitet men gasar inte av på grund av att den lättare LNG:n i toppen av tanken bildar ett typ av lock. När de olika vätskorna sedan får samma densitet byter de plats och blandas med varandra (Se Fig 9. Icke Rollover), vilket leder till att det blir mycket avkok på kort tid. Denna plötsliga gasbildning är så pass stor att den kan leda till ett övertryck som tanken förmodligen inte är designad för. Bunkertankar för last är ofta designade för tryck strax över atmosfärstryck medan tankar för endast bränsle klarar tryck uppemot 10 bar (SIGTTO, 2012).

“Rollover” kan enbart hända om en tank fylls på med lättare LNG i toppen eller tyngre LNG i botten. Annars så blandas vätskorna med varandra och blir homogen. Det är väldigt svårt att avgöra om det finns risk för “rollover” i en tank förrän det är för sent. Det enda varningstecknet som är märkbart är mindre BOG under en längre tid (SIGTTO, 2012).

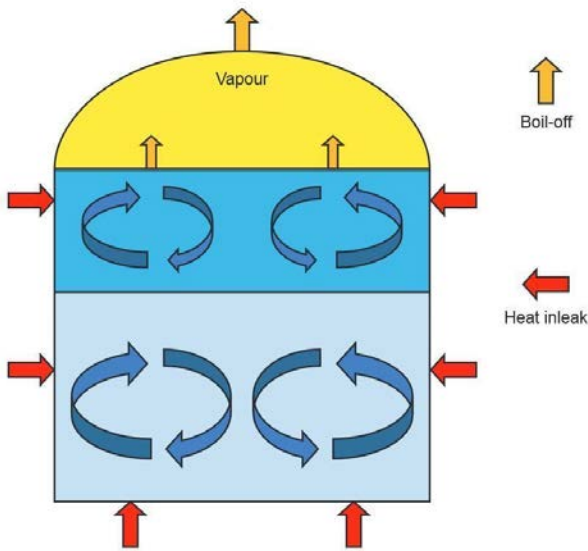


Fig 8. Roll-over (SIGTTO,2012)

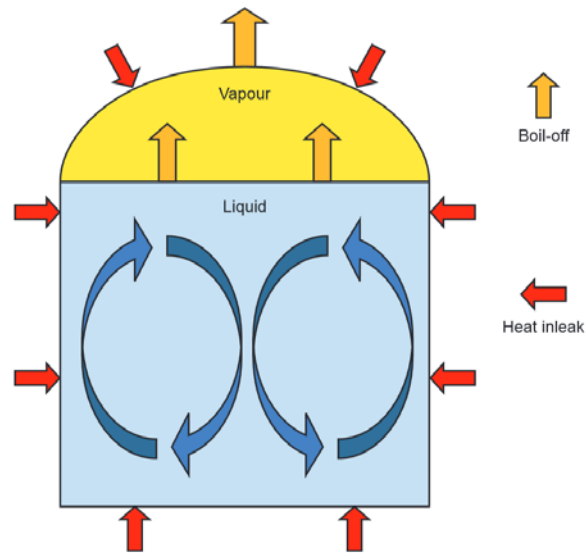


Fig 9. Icke Roll-over (SIGTTO,2012)

2.8 Tidigare studier

En tidigare studie (Jean-François. et al 2013) ombord på en LNG-tanker med DualFuel elektrisk drift visar att en ändrad kvalitet på LNG kan påverka motorn. När LNG-tankern i studien är fullt lastad producerar den 100 ton BOG/dag. Detta medför att fartyget kan framföras i en hastighet av 18-19 knop, utan att tillverka extra BOG. Men när fartygen framförs med mindre last måste BOG tvingas fram genom uppvärmning av lasten för att producera tillräckligt med bränsle. Detta ledde till att motorerna trippade och ställde om sig till dieselläge när de kördes på tillverkad BOG. Sänktes sedan den tillverkade BOG från 30 % av konsumerat bränsle till 8 % minskade knackningarna markant. Detta tyder på att om LNG värms upp så kommer en större procent av andra gaser än metan frigöras vilket gör att BOG får ett annat metantal än om den hade fått koka av på ett naturligt sätt (Jean-François. et al 2013).

3. Metod

Frågeställningarna är ställda i beskrivande form för att på bästa möjliga sätt ta reda på och beskriva eventuella problem inom ämnet för att kartlägga nuvarande problem i ett nytt område inom sjöfart (Höst, M. et al 2006). För att få svar på frågeställningarna har enkäter och intervjuer använts för att sedan kunna fastställa ett resultat. Denna metod valdes på grund av att det inte hittats några tidigare studier som relaterade till LNG-drivna fartyg.

3.1 Litteratursökning

För att kunna påbörja studien och kunna bedöma resultatet krävdes en övergripande informationssökning om problem som kan uppkomma av LNG-drift. Informationen hittades dels genom att söka på Chalmers biblioteks databas men också genom Google Scholar. Den information som har kommit fram har dock inte handlat så mycket om exklusivt LNG-drivna fartyg utan om LNG-tankers där det finns mycket mer information.

3.2 Datainsamling

Resultatet sammanställdes främst genom dataenkäter men även genom en halvstrukturerad intervju. Detta var det mest effektiva sättet att nå ut till de valda respondenterna.

3.2.1 Enkät

De enkäter som har skickats ut har varit datorenkäter (Se bilaga 1). Detta gör att respondenterna kan svara på frågorna i lugn och ro när de har tid eftersom de flesta har obekväma arbetstider. Enkäten som skickades ut innehöll dels ledande frågor med information som är tagna från bakgrundskapet. Detta för att få en del raka svar om specifika problem. Den innehöll också "ej ledande" frågor där de kunde skriva om andra problem för att få mer beskrivande svar. Personerna som svarade på enkäten var:

- Operational manager för Ro-ro-fartygen Kvitnos och Kvitbjörn samt före detta kapten på Norlines AB.
- Superintendent på produkttankern Tarbit Shipping tidigare 14 år på Wärtsilä.
- Maskinchef på bogserbåten Borgøy för rederiet Bukser og Berging.
- Maskinchef på bogserbåten Bokn för rederiet Bukser og Berging.

Dessa personer har valts ut för deras praktiska kunskap inom ett relativt nytt område

3.2.2 Intervju

Personen som är intervjuad är före detta Maskinchef på M/S Bit Viking vilket är samma fartyg som Superintendent i 3.2.1. Detta medför erfarenhet inom området. Intervjun skedde 18.04.2016 vid 11:45 på Chalmers Lindholmen på telefon. Samtalet spelades in samtidigt som anteckningar fördes. Intervjun var halvstrukturerad med blandade fasta frågor och en del öppna frågor. Samma frågor som i enkäten användes som grund.

3.2.3 Etik

Det är ingen av respondenterna som specifikt har bett om att vara anonym, men det var få som skrev under enkäterna med namn och därför presenteras resultaten utan namn. Det framgår därför bara var de jobbar och vilken position de har. Respondenterna har också haft möjlighet att läsa arbetet innan det publiceras så de kan komma med eventuella invändningar.

4. Resultat

Information samlades in genom svar på enkäter från fyra stycken respondenter samt en intervju. Här nedanför presenteras de mest relevanta frågorna med sammanställda svar. För att se hela frågeformuläret se bilaga 1. För att se anteckningarna från intervju se bilaga 2.

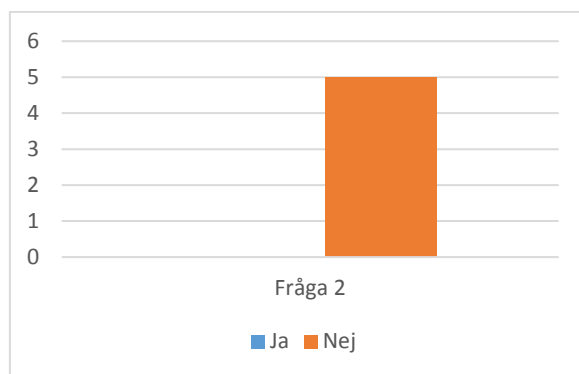
4.1 Svar från respondenter

1. Vilken typ av motor använder ni?

Tre av fartygen har SI-motor (Spark injected) medan ett fartyg har DF (DualFuel)

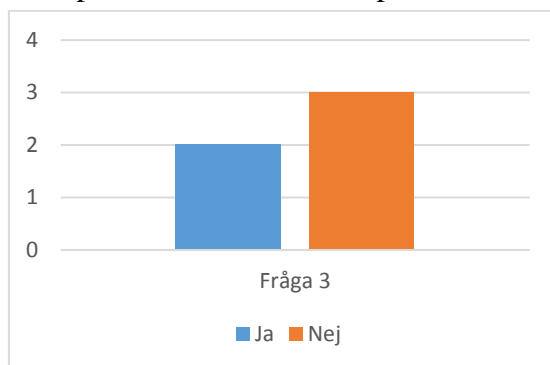
2. Har ni haft några problem gällande förändrad bunkerkvalitet under drift?

Fem respondenter svarade att det inte haft några problem.



3. Har ni haft några problem med knackningar eller ”misfiring” på LNG-motorer?

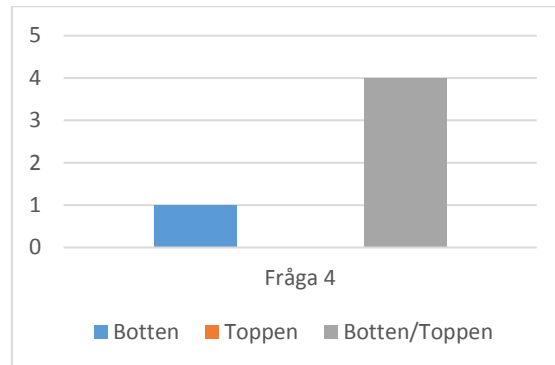
Tre av respondenterna svarade att de inte har haft några problem med knackningar eller ”misfiring” medan två respondenter haft problem vid något tillfälle men att detta inte berodde på LNG-kvaliteten. En av dessa respondenter har haft problem med knackningar men detta berodde på mycket sjögång och där med hade motorn svårt att reglera och blev känsligare för knackningar. För den andra respondenten berodde det på ett tekniskt fel i motorn.



4. Fyller ni bunkertankarna i botten eller toppen?

Två respondenter svarade att de fyller tankarna med ett system som kallas automodus. Då startar fyllningen i botten av tankarna och när trycket sedan ökat tillräckligt i tanken så börjar det automatiskt sprayas in LNG från toppen för att sänka trycket.

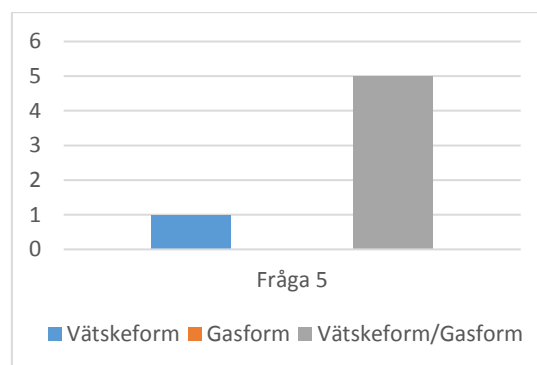
Två respondenter startar fyllningen från botten och då trycket ökat byter de till toppfyllning. En respondent fyller endast från botten.



5. Tar ni ut bränslet i vätskefas från botten av tanken eller i gasform i toppen?

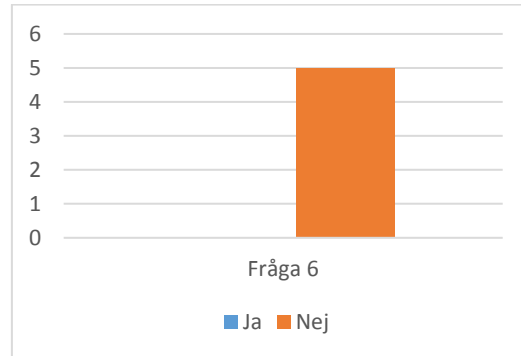
Två respondenter tar ut bränslet i vätskefas tills det är 20-30 procent kvar i tanken och övergår då till att ta ut bränslet i gasform i toppen för att få ner trycket.

Två respondenter svarade att det beror på hur fulla tankarna är och vilket tryck man har i tanken medan en respondent endast tog ut bränslet från botten.



6. Har du någon erfarenhet gällande Rollover, skiktning av LNG i bunkertankarna?

Fem respondenter svarade att de inte haft några problem med roll-over

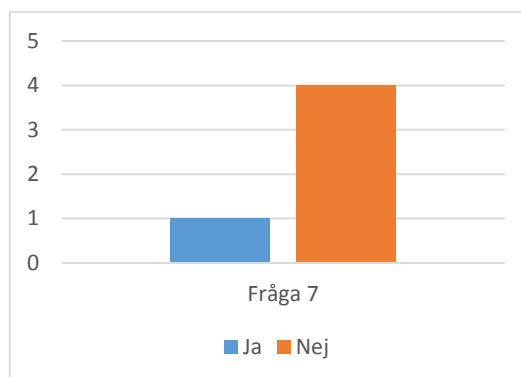


7. Har du någon erfarenhet gällande varierande bunkerqualität (densitet, sammansättning) från leverantör vid bunkring?

Ett av fartygen hade vid några tillfällen haft problem gällande ojämn kvalitet på bunkern då metantalet hade varierat. Han svarade enligt följande:

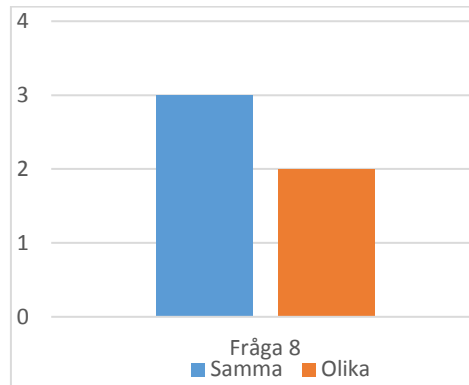
”Oftast så håller bunkern jämn kvalitet vad det gäller metantalet vilket är det viktigaste värdet vid LNG. Vid tillfällen har man fått bunker med lägre metantal vilket innebär att du inte får ut samma effekt på motorerna och det gör dem mer knackningskänsliga. Om detta sker finns bara ett sätt att gå vidare och det är att inte ta ut full last på motorerna och hoppas på bättre bunker nästa gång” (Superintendent, 2016).

Resterande fyra respondenter svarade att de inte haft några problem med varierande bunkerqualität från leverantör.



8. Bunkrar ni alltid på samma ställe eller olika?

Tre respondenter bunkrade alltid från samma leverantör medan två respondenter bunkrade på två olika.

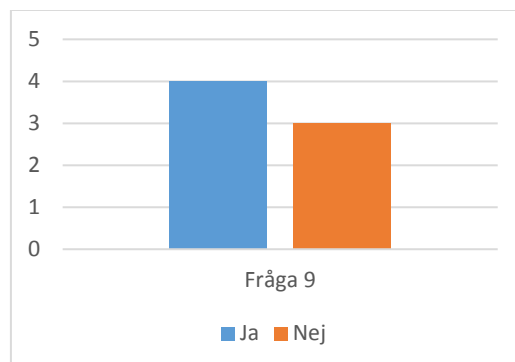


9. Tittar ni något på metantalet? Om ja, i vilka sammanhang

Tre respondenter svarade att de inte tittar något på metantalet medan två svarade:

”Man fick reda på metantalet varje gång då det stod på bunkerspecifikationen men gjorde inga åtgärder på något sätt” (Före detta maskinchef på M/S Bit Viking).

”Nej, metantalet är inte så intressant för oss. De motorer vi använder är otroligt allsidiga och tål stora variationer” (Maskinchef på bogserbåten Bokn, 2016).



5. Diskussion

5.1 Resultatdiskussion

Varken den person som intervjuats eller någon av de som svarat på enkäter har haft några märkbara problem med varierande bunkerkvalitet under drift, så som knackning och ”misfiring”. Detta kan ha flera olika förklaringar.

En orsak kan vara att fartygen inte har tillräckligt mycket LNG ombord för att dessa problem ska kunna uppstå. Alla undersökta fartyg går relativt fasta och korta rutter samt att de bunkrar i samma hamn vid varje tillfälle. Detta gör att deras bunkertankar kan vara ganska små vilket gör att de får bunkra ofta. Konsekvensen av detta blir att LNG inte hinner koka av tillräckligt mycket för att kvaliteten skall ändras märkbart.

En annan orsak skulle kunna vara att motorerna och systemen runt om är så pass bra att de inte påverkas märkbart av en förändrande LNG-kvalité.

Detta poängteras av en av Maskincheferna som svarat på enkäten. På frågan gällande om de tittar något på metaltalet svarar han:

“Nej, metantalet är inte så intressant för oss. De motorer vi använder är otroligt allsidiga och tål stora variationer”.

Det kan även bero på att deras LNG-tank är såpass bra isolerad att det inte kokar av tillräckligt mycket och förändringarna inte blir anmärkningsvärda.

En av respondenterna svarar i och för sig att ”om man kör för mycket i gasmode, tar bränsle ifrån toppen av tanken, så tar man ut mycket metan vilket gör att själva LNG utarmas vilket gör att det totala metanvärdet blir lägre. Så man fick ha lite koll på detta så att man inte körde för mycket i gasmode” (se Bilaga 2, fråga 4). Detta svar ger ändå en indikation på att de ombord visste om att kvalitén kan komma att förändras under drift även om det inte gav några problem i deras fall. Detta kan till viss del ha att göra med att de just hade koll på detta fenomen och på så sätt kunde förhindra att det förekom.

En av respondenterna har dock råkat ut för en del knackning då problemet inte berodde på LNG-kvalitén. Orsaken i dessa fall var istället dåligt väder som gör att bränslet i tanken börjar skvätta runt och orsakar en tryckkollaps. Bränsleregleringen till motorn blir även svårare i dåligt väder vilket kan vara en bidragande faktor.

Det kan även vara så enkelt att de teoretiska problem vi tagit upp i bakgrundskapitlet inte har så stor betydelse i verkligheten ute på fartygen. Men enligt en tidigare studie, som nämns i kapitel 2.8, med en LNG-tanker har man fått problem med knackningar på grund av varierande kvalitet under drift. Orsaken till detta var att man vid framtvungad avkokning av LNG fick ett annat metantal och därmed fick knackningar. Just detta scenario är inte direkt relevant med de fartyg vi undersökt då dessa inte har LNG som last.

Det var heller inte någon av respondenterna som upplevt att de fått olika kvalitet från leverantörer och på så sett riskerat att få Roll-over. Även detta beror förmodligen på att alla får bunker ifrån samma leverantör vid varje tillfälle. På så sätt får de antagligen en snarlik kvalitet på LNG vid olika bunkringar. Risken för att en Roll-over skulle inträffa på grund av att den LNG som finns kvar i tanken innan en bunkring ändrats över tid, för att sedan blandas med ursprunglig kvalitet vid bunkring och på så sätt få Roll-over, faller enligt andra stycket i diskussionen d.v.s. att de bunkrar för ofta. De flesta av våra respondenter motverkar förmodligen Roll-over utan att veta om det. Detta görs genom att variera mellan botten fyllning och topp fyllning av tanken vid bunkring. Vilket förhindrar att bränslet skiktas sig och skapar problem.

Även om majoriteten av respondenterna inte hade haft några problem på grund av varierande bunkerqualität var det ändå ett svar i enkäterna som stack ut (Fråga 7 i resultat).

Där har respondenten svarat att de fått bunker med för lågt metantal som ledde till knackningar i motorn. Konsekvenserna av detta verkade dock inte bekymra varken honom själv eller fartyget. De löste problemet genom att endast dra ner lasten på maskin och hoppas på bättre bunkerqualität nästa gång. Detta kan dock bli ett markant problem i framtiden om man bygger t.ex. oceangående fartyg där det kan ta väldigt lång tid mellan bunkringarna. Det kan även bli ett stort problem om fartyget har en pressad tidtabell.

5.2 Metoddiskussion

Valet av metod i detta arbete bestämdes till enkäter och intervju, samt en litteratursökning för bakgrund och en större kunskapsbredd. Denna metod visade sig vara en lyckad sådan. Med tanke på att ämnet är relativt nytt och att det därför inte finns mycket information inom området var bästa möjligheten till ett resultat att ta kontakt med näringen. En alternativ metod var att endast använda sig av intervjuer med kunniga inom ämnet då mer information och erfarenhet skulle utbytt. Vid projektets början diskuterades intervjuer med många parter men uteslöts då de flesta arbetar till sjöss och därmed blir det svårt att både träffas för intervju eller nås per telefon. En annan metod var att endast göra en litteraturstudie och fokusera på redan utförda undersökningar och sammanställa ett resultat utefter dessa. Denna metod blir dock svår i detta fall då det inte finns så många tidigare undersökningar. Därför blev största delen av resultatet baserat på svar från enkäter.

Resultatets representativitet kan ifrågasättas då resultatet endast bygger på svar från fem stycken fartyg. Dock finns det inte så många fartyg som skulle passa inom arbetsområdet samt att resultatet representerar ett par olika sorters fartygstyper; produkttanker, RO-RO och bogserbåt. Det är heller inte så stor mångfald i hur fartygen bunkrar. Alla bunkrar relativt ofta och på samma ställen mestadels. Trots detta är validiteten bra då vi fått svar på frågeställningarna även om svaren inte alltid varit så utvecklade, då vissa respondenter gav

korta svar. Reliabiliteten kan ifrågasättas framförallt eftersom respondenterna var relativt få. Detta medför begränsad information och erfarenhet inom ämnet vilket kan ge ett missvisande resultat.

6. Slutsatser

Den information som har samlats in visar inte att det finns något direkt samband mellan en förändring av bunker kvalitén under drift av ett LNG-drivet fartyg och en påverkan på motorns drift. Detta kan ha en del förklaringar så som för lite LNG ombord, bra motorer, bra isolering, korta trader, samma bunkerleverantör eller att det helt enkelt inte är ett problem i praktiken.

Resultatet till den andra frågeställningen, ”Hur påverkas motorn/fartyget på grund av olika kvalitet på LNG från leverantören till fartygen” är dock mer ofullständig än till den första. Detta på grund av att alla de fartyg som har blivit undersökta har i princip bunkrat från samma leverantör och plats vid varje tillfälle vilket gör att kvaliteten inte ändras så markant. Detta har dock ett undantag där ett av fartygen har fått konsekvenser (knackning) på grund av en variation i metantalet på det bränslet de beställt. Slutsatsen av detta är att det finns risk för problem vid bunkring av olika LNG-kvalitet även då man bunkrar ifrån samma leverantör. Det betyder att det finns anledning till att vara observant på vilken kvalitet som levereras vid bunkring så att överraskande problem undviks.

6.1 Förslag till fortsatta studier

Under arbetets gång, efter litteratursökning och svar från våra respondenter, verkade det som om bunkring i vissa fall medför stora problem när man använder LNG. Målet är att bunkra så snabbt och säkert som möjligt, samtidigt som man ska hålla rätt tryck och temperatur i tanken.

Ett annat område som det verkar finnas en del problem inom är hur LNG uppför sig i tanken under hård sjögång. Utefter svaren i enkäter och intervju finns två konsekvenser som verkar vara relativt omfattande. Den ena är att då fartyget rullar så börjar LNG att skvätta runt i bunkertanken. Detta medför att gasen i toppen av tanken kyls ner och man får en tryckkollaps. De andra problemet är att regleringen för bränslet in i motorn blir svårare när fartyget rullar.

Både bunkerprocessen och svårigheter då fartyget rullar skulle kunna vara ett nytt forskningsarbete.

Referenser

AutoTap. (u.å) *Diagnosing Misfires*.

http://www.autotap.com/techlibrary/diagnosing_misfires.asp (05-03-2016)

CIMAC. (2015) *Impact of gas quality on gas engine performance*. Frankfurt: CIMAC Central Secretariat

Dongil, Y. Byungsam, A. Jinmo, K. Ilyong, K. (u.å) *Propulsion alternatives for modern lng carriers*. South Korea: Samsung Heavy Industries.

Höst, M. Regnell, B. Runeson, P. (2006) *Att Genomföra examensarbete*. Lund: Studentlitteratur AB

Jean-François, C. Jérémie, L. (2013) *Feedback on the operation of the dual fuel diesel electric propulsion on lng carriers: impact of gas fuel quality on propulsion efficiency*. Paris: GDF SUEZ CRIGEN

Linde. (u.å) *LNGTechnology*.

http://www.lindeengineering.com/internet.global.lindeengineering.global/en/images/LNG_1_1_e_13_150dpi19_4577.pdf (05-02-2016)

Magne Einang, P. Stenersen, D. Hennie, E. Valberg, I. (2011). *LNG Fuelled engines and fuel system for medium-speed in maritime applications*. Norge: Norwegian University of Science and Technology.

SGMF. (2014). Gas as a marine fuel an introductory guide.

<http://www.sgmf.info/media/8087/SGMF-Gas-as-a-Marine-Fuel-An-introductory-Guide.pdf> (05-02-2016)

SIGTTO. (2012) *Guidance for the prevention of rollover in LNG ships*. Edinburgh: Witherby Publishing Group Ltd

Sundgren, L. (2012) *Ett grönare skepp kommer lastat*. NyTeknik. (29 december)

http://www.nyteknik.se/nyheter/fordon_motor/fartyg/article3592015.ece

Operational manager för Ro-ro-fartygen Kvitnos och Kvitbjörn samt före detta kapten på Norlines AB. (07-04-2016) Enkät

Superintendent på produkttankern Tarbit Shipping tidigare 14 år på Wärtsilä. (05-04-2016) Enkät

Maskinchef på bogserbåten Borgøy för rederiet Bukser og Berging. (12-04-2016) Enkät

Maskinchef på bogserbåten Bokn för rederiet Bukser og Berging. (12-04-2016) Enkät

Före detta maskinchef på M/S Bit Viking (2008-2012). (18-04-2016) Intervju

Bilagor

Bilaga 1: Alla frågor med svar från enkäterna.

Bilaga 2: Intervju anteckningar.