



Onderzoeksrapport

De invloed van trim op brandstofverbruik

Meest efficiënte trim voor een R-type schip van rederij Wagenborg

Auteur: Sam van Seccelen, 00070215

Opleiding/groep: Maritiem Officier, 4 M

Studiejaar/semester: 2018-2019, semester 2

Instelling: HZ University of Applied Sciences

Begeleidend docent: M. Meerburg

Plaats van uitgave: Willemstad

Rederij: Wagenborg

Schip: M.V. Reggeborg

18-6-2019

Versie: 2.0

De invloed van trim op brandstofverbruik

Onderzoeksrapport

Plaats van uitgave: Willemstad
Datum: 10-5-2019
Studentnummer: 00070215
Studiejaar: 2018-2019
Semester: 2
Studieonderdeel: Onderzoeksvoorstel
Begeleidend docent: M. Meerburg
Versie: 2.0
Bron afbeelding voorblad: (Reggeborg, 2014)

Samenvatting

Het imago van de scheepvaart dient groener te worden en indien dat resulteert in een mogelijke financiële besparing voor de rederij is dat erg interessant voor onderzoek. Schepen zijn groot verbruikers van brandstof. Brandstofbesparing is ecologisch en economisch voordelig.

Het doel van dit onderzoek is om de trimsituatie te vinden waarbij het brandstofverbruik het meest efficiënt is. De uitkomst van dit onderzoek kan gebruikt worden voor kostenreducering voor de rederij en uitstootvermindering. Onder brandstofverbruik wordt verstaan het brandstofverbruik per afgelegde nautische mijl.

Voor dit onderzoek is de volgende hoofdvraag opgesteld:

“Wat is de meest efficiënte trim met betrekking tot het brandstofverbruik van het R-type schip van Wagenborg?”

Deze hoofdvraag is beantwoord door de volgende vier deelvragen te onderzoeken:

1. *Wat is het gemiddelde brandstofverbruik bij verschillende displacements?*
2. *Hoe kunnen invloeden van buitenaf verwerkt worden op de te verrichte metingen?*
3. *Wat is het verschil in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties?*
4. *Wat is het verschil in snelheid bij verschillende trimsituaties?*

Om deze vragen te beantwoorden zijn er metingen verricht met verschillende trimsituaties. Er zijn metingen verricht op de trimsituaties -0.5m, 0m, 0.4m, 1.0m en 1.4m. Hierbij is gekeken naar het verschil in brandstofverbruik, afstand en snelheid. Elke meting had een duur van 60 minuten. Met een negatieve trim wordt in dit onderzoek een trim voorover bedoeld. De metingen zijn verricht met een displacement van ± 21408 ton waarbij gevaren werd met een pitch van 80% waarmee de hoofdmotor $\pm 60\%$ belast werd.

Uit de resultaten van de metingen is geconcludeerd dat de trimsituatie met het meest efficiënte brandstofverbruik als volgt is:

- | | | |
|-------------------|---|------------|
| - Trim | : | -0.5 meter |
| - Diepgang voor | : | 7.65 meter |
| - Diepgang achter | : | 7.15 meter |

Hierbij is het brandstofverbruik ± 527.9 kg per uur waarbij het schip een afstand aflegt van ± 10.90 NM door het water. Dit resulteert in een verbruik van 48.43 kg/NM.

Om het onderzoek betrouwbaarder te maken dienen meer metingen verricht te worden met verschillende diepgangen. Dit onderzoek kan alleen toegepast worden indien het schip exact de zelfde beladingsconditie heeft waarbij de metingen zijn verricht. De nauwkeurigheid kan vergroot worden door meerdere metingen uit te voeren per trimsituatie. De licht variërende externe factoren kunnen mogelijk een negatieve invloed hebben gehad op de nauwkeurigheid van dit onderzoek. Echter is de invloed hiervan niet meetbaar.

Abstract

The image of shipping must be greener and if that also leads to financial savings for the shipping company, this is very interesting to investigate. Ships are large consumers of fuel. If fuel can be saved, this is ecologically and economically beneficial.

The purpose of this study is to find the trim situation where the fuel consumption is the most efficient. The outcome of this study can be used to reduce costs for the shipping company and also reduce emissions. The understanding of fuel consumption in this research is the fuel consumption per nautical mile traveled.

The following main question has been composed for this research:

"What is the most efficient trim with regard to the fuel consumption of the R-type ship owned by Wagenborg?"

This main question has been answered by examining the following four sub-questions:

1. *What is the average fuel consumption with different displacements?*
2. *How can external influences be processed on the measurements to be made?*
3. *What is the difference in fuel consumption with different trim situations?*
4. *What is the difference in speed with different trim situations?*

To answer these questions, measurements were performed with different trim situations. Measurements were performed on the trim situations -0.5m, 0m, 0.4m, 1.0m and 1.4m, whereby the difference in fuel consumption, distance and speed was examined. Each measurement had a duration of 60 minutes. The understanding of negative trim in this research is trim ahead. The measurements were carried out with a displacement of ± 21408 tons, sailing with a pitch of 80% with which the main engine was loaded $\pm 60\%$.

From the results of the measurements it was concluded that the trim situation with the most efficient fuel consumption is as follows:

- Trim : -0.5 meters
- Draught forward : 7.65 meters
- Draught aft : 7.15 meters

The fuel consumption is ± 527.9 kg per hour with the ship traveling a distance of ± 10.90 NM through the water. This results in a consumption of 48.43 kg / NM.

To make the research more reliable, more measurements must be made with different draughts. This research can only be applied if the ship has exactly the same loading condition under which the measurements were made. The accuracy can be increased by taking several measurements per trimming situation. The slightly varying external factors may have had a negative influence on the accuracy of this study. However, it is not measurable what this influence may have been.

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport waarin is onderzocht wat de efficiëntste trim is met betrekking tot het brandstofverbruik voor de Reggeborg. De Reggeborg vaart onder rederij Wagenborg. De reder heeft meer van deze R-type schepen en dit onderzoek kan ook geïnterpreteerd worden op de andere R-type schepen. Dit onderzoek is gedaan tijdens de tweede en laatste stage van de opleiding Maritiem Officier aan de HZ, Univerisity of Applied sciences in Vlissingen

Ik wens u veel leesplezier.

Sam van Seccelen

Willemstad, 18 juni 2019

Inhoudsopgave

1.	verklaring van afkortingen	- 1 -
2.	Inleiding	- 2 -
2.1.	Aanleiding	- 2 -
2.2.	Probleemstelling	- 2 -
2.3.	Doelstelling	- 2 -
2.4.	Leeswijzer	- 3 -
3.	Theoretisch kader	- 4 -
3.1.	Trim	- 4 -
3.1.1.	Trim controleren	- 5 -
3.2.	Squat	- 5 -
3.3.	Weerstand	- 6 -
3.3.1.	Wrijvingsweerstand	- 6 -
3.3.2.	Golfweerstand	- 7 -
3.3.3.	Windweerstand	- 8 -
3.4.	Bepalen van brandstofverbruik	- 8 -
3.4.1.	Flowmeter	- 8 -
3.4.2.	Tankpeilingen	- 9 -
3.4.3.	Bunker afleveringsbonnen	- 9 -
3.5.	Bestaande onderzoeken	- 9 -
4.	Methode	- 11 -
4.1.	Soort onderzoeksmethode	- 11 -
4.2.	Meetprotocol	- 11 -
4.2.1.	Meetpunten	- 11 -
4.2.2.	Duur van een meting	- 11 -
4.2.3.	Meetgegevens	- 12 -
4.2.4.	Nautische gegevens	- 12 -
4.2.5.	Meteorologische gegevens	- 12 -
4.2.6.	Technische gegevens	- 13 -
4.2.7.	Bepalen van de huidige trim	- 13 -
4.2.8.	Bepalen van het brandstofverbruik	- 13 -
5.	Resultaten	- 14 -
5.1.	Brandstofverbruik bij verschillende deplacements	- 14 -

5.2.	De metingen	- 17 -
5.2.1.	Verkrijgen van verschillende trimsituaties	- 17 -
5.2.2.	Weersomstandigheden	- 18 -
5.2.3.	Brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties	- 19 -
5.2.4.	Snelheid bij verschillende trimsituaties.....	- 21 -
6.	Discussie	- 23 -
6.1.	Aantal metingen	- 23 -
6.2.	Meetpunten.....	- 23 -
6.3.	Nauwkeurigheid van de metingen	- 23 -
6.4.	Externe factoren.....	- 24 -
6.5.	Toepasbaarheid van het onderzoek.....	- 24 -
7.	Conclusie	- 25 -
8.	Aanbevelingen	- 26 -
	Bibliografie	- 27 -
	Bijlage 1: Algemene scheepsgegevens MV Reggeborg	- 29 -
	Bijlage 2: Excel sheet brandstofverbruik	- 31 -
	Bijlage 3: meting -0.5 meter trim	- 32 -
	Bijlage 4: meting 0 meter trim	- 34 -
	Bijlage 5: meting 0.4 meter trim	- 36 -
	Bijlage 6: meting 1.0 meter trim	- 38 -
	Bijlage 7: meting 1.4 meter trim	- 40 -
	Bijlage 8: Eindbeoordeling verwerving onderzoekscompetentie	- 42 -

1. verklaring van afkortingen

Afkorting:	Verklaring:
BT	Boordtijd
Cm	Centimeter
CO ₂	Koolstofdioxide
ETA	Estimated Time of Arrival
GPS	Global Positioning System
GT	Gross tonnage
IMO	International Maritime Organisation
Kg	Kilogram
Kn	Knopen (Mijl per uur)
L	Liter
m	Meter
M ³	Kuub
MARPOL	Maritime Pollution (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships)
Min	Minuut
NM	Nautische Mijl
t	Ton

2. Inleiding

2.1. Aanleiding

Brandstofbesparing heeft twee grote positieve kanten. Geldbesparing en minder uitstoot. Met een lager brandstofverbruik is er minder uitstoot van CO₂, waar tegenwoordig een grote maatschappelijke druk achter zit. Het imago van de scheepvaart moet op dat gebied veel groener worden (Ouwkerk, 2017). Buiten dit imago waar de rederijen vanaf willen is het financieel ook aantrekkelijk om brandstof te besparen. Sommige middelen besparen misschien procentueel niet veel maar als er gekeken wordt naar een grote rederij met veel schepen zoals Wagenborg dan loopt het totaal bedrag wat bespaard kan worden flink op.

2.2. Probleemstelling

Het probleem van dit onderzoek is het brandstofverbruik. Brandstofverbruik kan via verschillende middelen beïnvloed worden. Doormiddel van trimveranderingen wordt er tijdens dit onderzoek onderzocht wat dit voor invloed heeft op het brandstofverbruik en welke trimsituatie het meest efficiënt is.

Verschillende studies hebben aangetoond dat de juiste trim sterk van invloed is op de rompweerstand en dus op het benodigde voortstuwingsvermogen (Moerke, 2013) (Hooijmans, 2016) (Berger, 2016). Het optimaal trimmen van het schip kan dus in alle condities brandstof besparen. Gemiddeld twee tot vier procent is uit testen gebleken van Japan, Finland en Griekenland (Heynen, 2011). Deze besparing klinkt niet veel maar onder de eindstreep kan dit op jaarbasis 200.000 tot 400.000 dollar besparen en zijn de emissies lager (Heynen, 2011).

Tegenwoordig wordt er veel aandacht besteed aan het financiële plaatje in de scheepvaart. Daarom zal deze scriptie zich alleen richten op de totale besparing en niet wat dit voor invloed heeft in de natuur.

Om de meest efficiënte trim te bepalen van het R-type schip van Wagenborg moeten de volgende hoofdvraag en deelvragen beantwoord worden:

Hoofdvraag

“Wat is de meest efficiënte trim met betrekking tot het brandstofverbruik van het R-type schip van Wagenborg?”

Deelvragen

1. *Wat is het gemiddelde brandstofverbruik bij verschillende displacements?*
2. *Hoe kunnen invloeden van buitenaf verwerkt worden op de te verrichte metingen?*
3. *Wat is het verschil in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties?*
4. *Wat is het verschil in snelheid bij verschillende trimsituaties?*

2.3. Doelstelling

Het doel van het onderzoek is om na vele metingen en vergelijkingen de meest efficiënte trim te vinden met betrekking tot het brandstofverbruik van een R-type schip van rederij Wagenborg. De resultaten kunnen gebruikt worden voor rederij Wagenborg om uitstoot te verminderen en brandstofkosten te besparen. De metingen worden verricht in een beladen vaarconditie.

2.4. Leeswijzer

In dit hoofdstuk, de inleiding, wordt de aanleiding, probleemstelling en de doelstelling van dit onderzoek beschreven. In de inleiding worden de hoofdvraag en de deelvragen opgesteld. Hoofdstuk twee is het theoretisch kader. Hierin wordt het vooronderzoek gedaan en wordt bestaande informatie verzameld die van belang zijn voor dit onderzoek. Het hoofdstuk wat volgt is hoofdstuk drie "methode". In de methode wordt beschreven hoe het onderzoek aangepakt wordt, de onderzoeksmethode. Vervolgens worden in hoofdstuk vier de uitgewerkte resultaten van de verrichte metingen onder elkaar gezet. Hoofdstuk 5 is de discussie. In de discussie wordt er kritisch gekeken naar hoe het onderzoek is verlopen. Hierop volgt de conclusie van het onderzoek en worden de hoofdvraag en deelvragen beantwoord. Na de conclusie zijn de bronnenlijst en de bijlages te vinden.

3. Theoretisch kader

3.1. Trim

De ligging van het zwaartepunt G bepaalt bij langsscheepse stabiliteit de helling die het schip langsscheeps ondervindt. De helling die een schip ondervindt, wordt bij langsscheepse stabiliteit in diepgangsverschil uitgedrukt, in tegen stelling tot dwarsscheepse stabiliteit waarbij de helling in graden wordt uitgedrukt. Dit diepgangsverschil wordt trim genoemd (Metzlar, 2009). Squat kan een bijdrage leveren aan trim, dit wordt verder uitgelegd in hoofdstuk 3.2. Verschillende trimsituaties gaan gepaard met verschillende rompvormen onder de waterlijn. Deze verschillende rompvormen onder de waterlijn beïnvloeden de weerstand die het schip ondervindt van het water (Pétursson, 2009)

De definitie van trim is: het verschil tussen de diepgang bij de voorsteven en de diepgang tussen de achtersteven. Deze definitie kan ook in de formule $tt = Ta - Tv$ uitgedrukt worden waarbij:

- tt = totale trim
- Ta = diepgang achter
- Tv = diepgang voor

Er kunnen drie trim situaties aan de orde zijn (van Dokkum, 2013):

Voorover getrimd

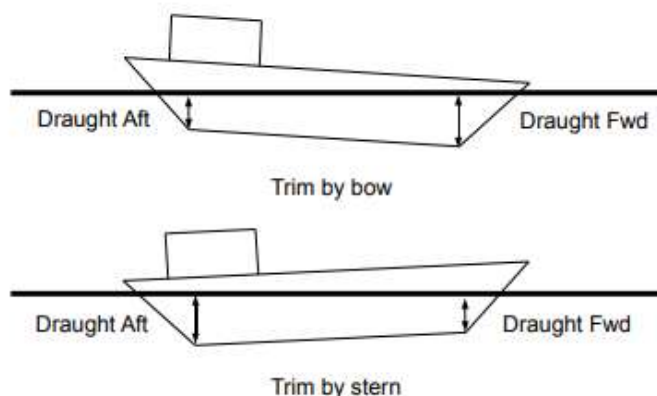
In deze situatie is de voor diepgang groter dan de achter diepgang.

Achterover getrimd

In deze situatie is de achter diepgang groter dan de voor diepgang.

Gelijklastig

In deze situatie is de voor diepgang en de achter diepgang precies het zelfde.



Figuur 1: trimsituaties (Different Trims on an Arbitrary Ship, 2008)

Aan boord wordt de trim bepaald door de diepgangen voor en achter af te lezen. Omdat de loodlijnen en de merken niet op dezelfde plek zitten moet er nog een correctie toegepast worden wanneer de diepgangen op de merken wordt afgelezen. Als er over de voor- en achterdiepgang gesproken wordt, worden de diepgangen op de loodlijnen bedoeld.

3.1.1. Trim controleren

Het schip vertrimmen gebeurt door middel van ballastoperaties. Via de stabiliteitscomputer aan boord kan berekend worden hoeveel ballast en in welke tank gepompt moet worden. In de berekening van de stabiliteitscomputer bevat enkel maar statische gegevens. Het effect van inzinken wat ontstaat door de vaart die het schip loopt door het water, ook wel squat (3.2) genoemd, zit in deze berekening niet inbegrepen.

De ware trim kan volgens voorgaande onderzoeken bepaald worden door een mechanisme aan boord waarop een doorzichtige tuinslang op $1/10^e$ van de lengte tussen de loodlijnen wordt gemonteerd. Deze tuinslang wordt gevuld met water. Als het schip gaat vertrimmen dan gedraagt het water in de tuinslang zich gedragen volgens de wet van communicerende vaten: "Communicerende vaten: Als er meerdere vaten onderling zijn verbonden ('communicerend'), zijn de oppervlakten van de vloeistoffen waarmee de vaten gevuld zijn altijd op hetzelfde niveau (communicerende vaten)." Het water gaat dus lopen. Het vloeistofniveau verschil aan het begin en aan het eind zal ook $1/10^e$ deel zijn van de totale trim. Om aan de ware trim te komen moet het niveau verschil vermenigvuldigd worden met een factor 10. Dit systeem wordt in de haven geijkt omdat daar de actuele trim afgelezen kan worden. Het schip mag geen list hebben tijdens het ijken. Dit kan gecontroleerd worden met een clinometer (de Laere, 2017) (van Asten, 2015) (den Hollander, 2018).

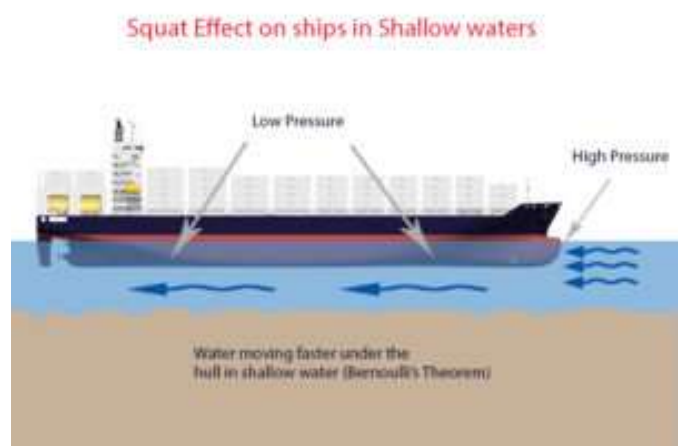
3.2. Squat

Door het squat-effect veranderen de inzinking en de trim van het schip, dit effect ontstaat door de vaarsnelheid. Dit effect is groter bij ondiep water. Deze effecten zijn per schip variërend en moeten dus voor elk schip apart bepaald worden. 'De effecten van al deze factoren zijn per schip verschillend en moeten dus voor elk schip apart worden berekend. Omdat het dynamische gegevens zijn, verandert de invloed van deze factoren op de efficiëntie van de voortstuwing en de trim.' (Heynen, 2011). Dit betekent dat de optimale trim met een bepaalde lading niet altijd gelijk is.

Er zijn een aantal zaken die invloed hebben in de grootte van de squat:

- De snelheid van het schip door het water
- De blok coëfficiënt van het schip
- Diep of ondiep water
- De werkelijke diepte van het water
- Open water of gesloten wateren (zoals een rivier)

De enige factor die actief gecontroleerd kan worden is de snelheid van het schip. Door deze te verminderen, vermindert de squat ook (squat effect, 2015).



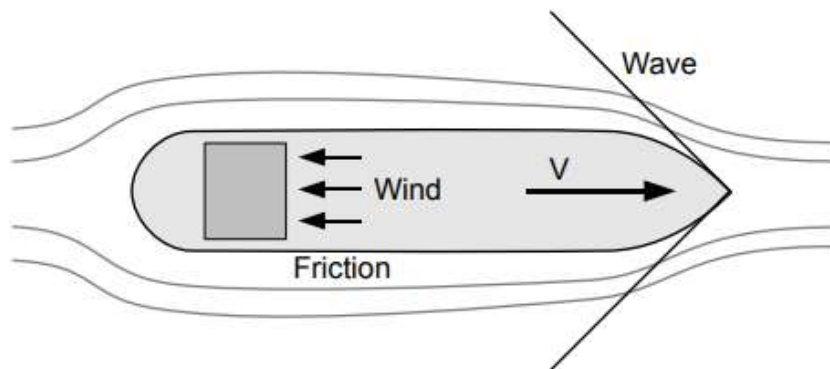
Figuur 2: squat effect in ondiep water (squat effect, 2015)

3.3. Weerstand

De totale weerstand van het schip bestaat uit wrijvings-, golf- en windweerstand. Dit kan worden uitgedrukt in:

$$R_{\text{totaal}} = R_{\text{wrijving}} + R_{\text{golf}} + R_{\text{wind}}$$

Voor de wrijvingsweerstand heeft een grote invloed op de totale weerstand. De weerstand die het schip ondervindt van aangroei valt ook onder de wrijvingsweerstand. Minder aangroei wil zeggen minder ondervonden weerstand (Pétursson, 2009) (Schilperoord, 2007).



Figuur 3: Weerstand op het schip (Pétursson, 2009)

3.3.1. Wrijvingsweerstand

De wrijvingsweerstand is een grote factor op de totale weerstand. De wrijvingsweerstand kan van 45% tot 90% van invloed zijn en neemt bijna kwadratisch toe met de snelheid van het schip (Pétursson, 2009). Er zijn een aantal methodes om de wrijvingsweerstand zo gering mogelijk te houden. De aangroei kan beperkt gehouden worden door een spanning over de romp van het schip te laten gaan, of een speciale anti-fouling aanbrengen die giftig is voor deze aangroei (Boersma, 2001). Ook is er een mogelijkheid om luchtbellen onder het schip te blazen die de weerstand verminderen (van der Veen, 2016).

De wrijvingsweerstand wordt mede bepaald door het volume en de vorm van het onderwaterschip. De vorm van het onderwaterschip is niet symmetrisch, dit wil zeggen dat trim en displacement invloed hebben op de wrijvingsweerstand.

De wrijvingsweerstand kan dus verdeeld worden in: volumeweerstand, vormweerstand en aangroeiweerstand. Alleen de volume- en vormweerstand kunnen direct beïnvloed worden door het displacement en de trim te veranderen. Door te ballasten wordt zwaartepunt G verplaatst waarmee het displacement en de trim veranderd wordt. De metingen aan boord worden verricht door deze variabele te beïnvloeden.

3.3.2. Golfweerstand

Oceaangolven kunnen verdeeld worden in twee hoofdgroepen.

Zeegolven

Zeegolven ontstaan door een lokaal windveld. Zeegolven zijn kort gekamde golven.

Deining

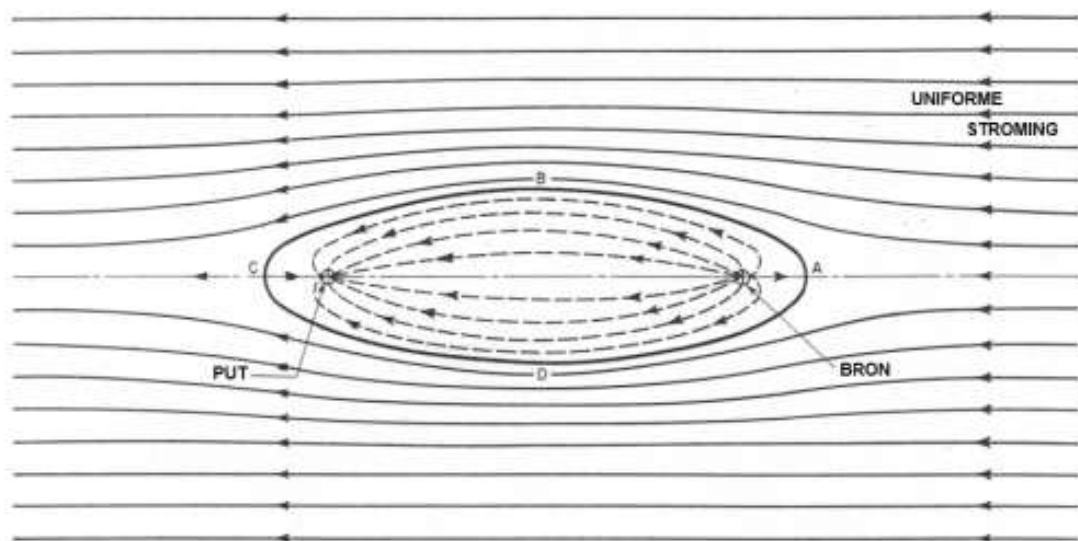
Deining wordt veroorzaakt door oude wind. Dit is wind die ergens anders actief was of is. Deining is regelmatiger en ronder. De frequentie is veel lager dan zeegolven maar kan wel een stuk hoger zijn.

Golven zijn een externe factor en kunnen niet beïnvloed worden. Tegen deze golven wordt vaak bij nieuwbouw op het schip een bulbsteven gebouwd die de boeggolf neutraliseert door een eigen golf op te wekken (Videler, 2011). De Reggeborg heeft echter geen bulbsteven.

Golfweerstand bestaat uit golven gemaakt door de aandrijving van het schip door het water en brekende golven van het zeeoppervlak. Golfweerstand is evenredig aan het kwadraat van de snelheid. De golfweerstand is 5% tot 45% van de totale weerstand van het schip (Pétursson, 2009). De golven die geproduceerd worden door de aandrijving van het schip, worden opgedeeld in het primaire golfsysteem en het secundaire golfsysteem.

Primaire golfsysteem

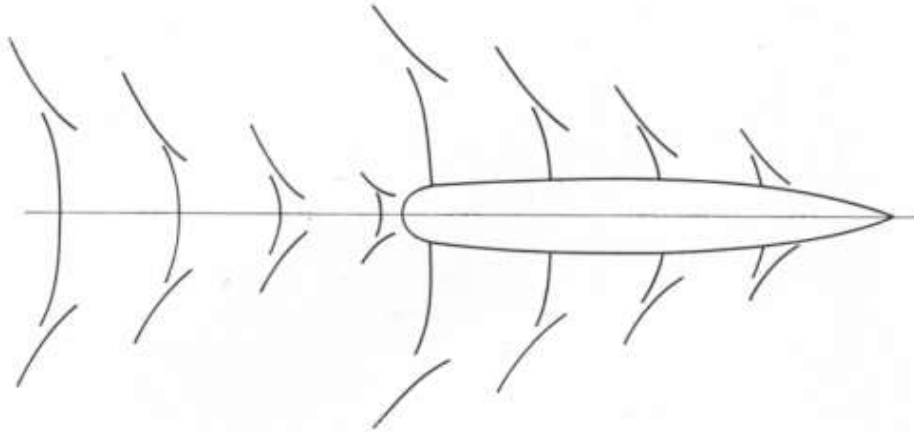
Het primaire golfsysteem bestaat uit een boeggolf, hekgolf en een dal in het midden van het schip, wat te samen een lengte heeft wat ongeveer overeenkomt met de lengte van het schip. Door de waterverplaatsing rond het schip ontstaat er een potentiaal stroming rond het schip. De stroming rond een schip is gelijk aan het stroomlijnenpatroon zoals te zien is in onderstaande afbeelding (de Jong, 2010) (De Rijck, 2010-2011).



Figuur 4: stroming en stroomlijnenpatroon (De Rijck, 2010-2011)

Secundaire golfsysteem

Het secundaire golfsysteem bestaat uit meerdere kleinere golven die zich uitspreiden achter het schip. Deze bestaan uit diagonale en transversale golven (De Rijck, 2010-2011). Diagonale en transversale golven ontstaan aan de boeg en aan het hek. De transversale golven kunnen samen komen en een grote golf vormen terwijl de diagonale golven gescheiden blijven. Vooral het secundaire golfsysteem geeft golfweerstand.



Figuur 5: Diagonale en transversale golven (De Rijck, 2010-2011)

3.3.3. Windweerstand

Dit is de weerstand die boven de waterlijn aangrijpt en telt voor 2% tot 10% mee aan de totale weerstand. Wind is een factor van buitenaf die niet beïnvloed kan worden. De windweerstand voorspellen is erg lastig omdat alle schepen een andere grootte of model hebben (Pétursson, 2009). De wind moet via een andere factor meegenomen worden in de berekeningen, bijvoorbeeld in de krachten die de voortstuwing moet leveren.

3.4. Bepalen van brandstofverbruik

Voor het bepalen van het brandstofverbruik aan boord kunnen een aantal methodes toegepast worden (Faber & Nelissen, 2013):

- Flowmeter
- Tankpeilingen
- Bunker afleveringsbonnen
- Uitlaatgassen monitoring

3.4.1. Flowmeter

Een flowmeter kan worden gecombineerd met het speedlog. Het verbruik van de flowmeter en de snelheid van het speedlog kunnen gecombineerd worden tot een verbruik per afstand (instruments, 2007). Er zijn vele verschillende soorten flowmeters. Afhankelijk van het type is de onnauwkeurigheid ongeveer 2% (Broer, 2015). Deze methode heeft een grote nauwkeurigheid en wordt gebruikt tijdens de metingen aan boord van de Reggeborg. Er zit een flowmeter op de boosterunit en op het brugconsole. De flowmeter op de brug wordt afgelezen gedurende de metingen.

3.4.2. Tankpeilingen

Het brandstofverbruik kan bepaald worden door het verschil van inhoud in de brandstoftanks vast te stellen. Dit gebeurt door tankpeilingen te nemen. Van de inhoud in de tank wordt de hoogte gemeten doormiddel van een lint. De hoogte wordt opgezocht in “sounding tables”. Hierin staat bij de desbetreffende hoogte de daarbij horende inhoud. Om de massa daarna te berekenen moet de dichtheid bekend zijn.

De nauwkeurigheid van deze tankpeilingen is 2% tot 5%. De nauwkeurigheid hiervan hangt samen met de trim, helling of bewegingen van het schip op zee. Indien het schip slingert en stampst is de tankpeiling te onnauwkeurig om te gebruiken (Faber & Nelissen, 2013).

3.4.3. Bunker afleveringsbonnen

Volgens MARPOL ANNEX VI Regel 18 moeten schepen boven de 400 GT bijhouden wat gebunkerd wordt doormiddel van bunker delivery notes. Op de bunker delivery note staat het volgende vermeld (van Seccelen, 2017):

- Naam en IMO nummer van het ontvangende schip
- Haven of locatie van het bunkeren
- Datum van het bunkeren
- Naam, adres en telefoonnummer van de leverancier
- Naam van het product
- Totale bunker hoeveelheid in metrische tonnen
- De dichtheid van de brandstof in 15°C (kg/m³)
- Hoeveelheid zwavel in de brandstof (%m/m)
- Een verklaring, ondertekend en officieel verklaard door de verantwoordelijke van de levering, dat de brandstof is geleverd volgens regulatie 14(1) of (4)(a) en regulatie 18(1) van MARPOL annex VI.

De nauwkeurigheid is 1% tot 5% (Faber & Nelissen, 2013). Bunker afleveringsbonnen zijn niet toepasbaar voor dit onderzoek omdat dit over grote hoeveelheden brandstof gaat dat verbruikt wordt over meerdere reizen. Per reis heeft het schip een andere beladingsconditie waardoor er niet te bepalen is uit de afleveringsbonnen wat er precies per reis verbruikt is.

3.5. Bestaande onderzoeken

Dit onderzoek is al een aantal keren verricht op andere type schepen zowel bij Wagenborg als andere rederijen:

- MV Azoresborg
- MV Jumbo Kinetic
- MV Fivelborg

MV Azoresborg

Bij dit A-type schip van rederij Wagenborg is gebleken dat de meest efficiëntste trim plaatsvindt bij 0.75 meter voorover tot gelijk lastige diepgang. Naarmate het schip meer achterover ging trimmen nam het brandstofverbruik toe (de Laere, 2017).

MV Jumbo Kinetic

Bij MV Jumbo Kinetic van rederij Jumbo is gebleken dat een trim van 0.20 meter voorover het minste brandstof verbruikt (van Asten, 2015).

MV Fivelborg

Bij dit schip van rederij Wagenborg is uit onderzoek gebleken dat dit schip een optimale trim heeft van 0.20 tot 0.40 meter achterover. Uit meetresultaten is ook gebleken dat een trim voorover niet ten goede komt van het efficiënt brandstofverbruik (den Hollander, 2018).

4. Methode

Het doel van dit onderzoek is om de meest efficiënte trim te bepalen van een R-type schip van rederij Wagenborg met betrekking tot het brandstofverbruik. Er wordt gekeken naar een bepaalde trimhoek met een bijbehorende diepgang en brandstofverbruik. De trimhoek is de variabele tijdens de metingen. Alle andere factoren zullen zo stabiel mogelijk gehouden worden. De hoofdvraag bij dit onderzoek is: *Wat is de meest efficiënte trim met betrekking tot het brandstofverbruik van het R-type schip van Wagenborg?* Deze zal doormiddel van de volgende deelvragen beantwoord worden:

1. *Wat is het gemiddelde brandstofverbruik bij verschillende displacements?*
2. *Hoe kunnen invloeden van buitenaf verwerkt worden op de te verrichte metingen?*
3. *Wat is het verschil in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties?*
4. *Wat is het verschil in snelheid bij verschillende trimsituaties?*

4.1. Soort onderzoeksmethode

Er zijn twee soorten onderzoeksmethodes. Een kwalitatief en een kwantitatief onderzoek. Een kwantitatief onderzoek is een onderzoek waarbij data verzameld wordt. Deze data, vaak in de vorm van cijfers, worden gebruikt om grafieken of tabellen mee te maken. Een kwalitatief onderzoek is meestal interpretatief en is niet zo zeer om theorieën te testen, maar juist om inzicht te krijgen bij verschillende interpretaties en opvattingen die men heeft en de betekenis die ze geven aan bepaalde gebeurtenissen (Swaen, 2013). Kijkend naar de betekenis van deze definities wordt er in dit onderzoek voor een kwantitatieve onderzoeksmethode gekozen. De conclusie wordt gebaseerd op metingen die gedaan worden in dit onderzoek. Tijdens de metingen wordt er geobserveerd wat de verschillen zijn tussen brandstofverbruik en snelheid bij verschillende trimsituaties. Deze observaties worden genoteerd en verrekend tot de gewenste resultaten.

4.2. Meetprotocol

In het meetprotocol wordt vastgelegd op welke manier de activiteiten voor het onderzoek worden uitgevoerd (protocol, 2017). Het meetprotocol is opgesteld aan de hand van gegevens van het schip en eerdere onderzoeken. Verder zorgen alle mogelijkheden aan boord ervoor dat de metingen reëel en goed zullen verlopen.

4.2.1. Meetpunten

De variabele tijdens de metingen is de trim. Er wordt gemeten met meerdere trimwaardes die niet te dicht bij elkaar liggen om goed verschil te kunnen zien. De volgende trimsituaties worden gemeten: -50cm, 0cm, +40cm, +100cm en +140cm. Hierbij is een negatieve trim een trim voorover en een positieve trim een trim achterover.

4.2.2. Duur van een meting

De metingen duren allemaal even lang. De duur van de metingen zijn allemaal 60 minuten. In deze 60 minuten worden de gegevens van de metingen genoteerd. Omdat de metingen van deze duur zijn kunnen er meerdere metingen per dag worden uitgevoerd. Hierdoor kunnen meerdere metingen verricht worden bij vrijwel dezelfde weersomstandigheden. Na de meting wordt het schip vertrimd naar de volgende trimsituatie. Na het vertrimmen van het schip moet het schip stabiliseren. De trim wordt veranderd door te ballasten of deballasten. Na de ballastactiviteiten start het stabilisatieproces. Voor het stabiliseren van het schip wordt 15 tot 20 minuten gerekend. Er wordt bij

de eerste paar metingen gecontroleerd of deze aangenomen stabilisatietijd correct is of dat deze aangepast moet worden.

4.2.3. Meetgegevens

Bij deze metingen zijn externe factoren aanwezig. Om de resultaten van de metingen zo nauwkeurig mogelijk te maken moeten bij iedere meting de externe factoren nagenoeg gelijk zijn. Het is belangrijk om alle factoren die variabel kunnen zijn en meespelen bij de meetgegevens te noteren om een duidelijk overzicht te krijgen. Deze waardes zijn zowel nautisch als technisch. Zie hoofdstuk 4.2.4 tot en met hoofdstuk 4.2.6 welke waardes dit zijn. Om alle meetgegevens te verzamelen is er een gegevensblad in Excel opgesteld. Zie Bijlage 2: Excel sheet brandstofverbruik”.

De nautische waardes (waaronder de weersituatie) zijn voor de start van de meting reeds genoteerd. De technische gegevens zijn constant in de gaten gehouden en om een bepaald interval genoteerd. Dit interval duurt 10 minuten. Deze intervalnoteringen worden aan het eind van de meting gemiddeld tot één waarde.

4.2.4. Nautische gegevens

De nautische gegevens die voor dat de meting begint genoteerd worden:

Tabel 1: Nautische gegevens

Datum	dd/mm/jj
Starttijd van de meting	Uu/mm
Stoptijd van de meting	Uu/mm
Startpositie meting	Lengte ; breedte
Stoppositie meting	Lengte ; breedte
Displacement	Ton
Voordiepgang	Meter
Achterdiepgang	Meter
Trim	Meter
Vaart door het water	Knopen
Vaart over de grond	Knopen
Logafstand begin van de meting	Nautische zeemijlen
Logafstand eind van de meting	Nautische zeemijlen
Totaal gevaren afstand	Nautische zeemijlen

4.2.5. Meteorologische gegevens

De meteorologische gegevens die voor dat de meting begint genoteerd worden:

Tabel 2: Meteorologische gegevens

Windrichting ten opzichte van het eigen schip	Graden
Windsnelheid	Knopen
Golfrichting ten opzichte van het eigen schip	graden
Golfperiode	Seconde
Golfhoogte	Meter
Deiningsrichting ten opzichte van het eigen schip	Graden
Deiningshoogte	Meter
Stroomrichting ten opzichte van het eigen schip	Graden
Stroomsnelheid	knopen

Deze meteorologische gegevens zijn externe factoren die in de resultaten geïntegreerd moeten worden.

4.2.6. Technische gegevens

De technische gegevens worden tijdens de meting ingevuld na iedere interval.

Tabel 3: Technische gegevens

Flowmeter	Liter
Vermogen hoofdmotor	Kilowatt
Belasting hoofdmotor	Procenten
Snelheid schroefas	Omwentelingen per minuut
Pitch schroefgas	procenten

Het aantal liters dat uit de flowmeter komt is het brandstofverbruik. Hiermee wordt het verbruik vergeleken tussen verschillende trimsituaties. Voor de accuraatheid van de meting is het beter dat alle andere factoren nagenoeg gelijk blijven.

4.2.7. Bepalen van de huidige trim

Het schip vertrimmen gebeurt door middel van ballastoperaties. Via de stabiliteitscomputer aan boord wordt berekend hoeveel ballast en in welke tank gepompt moet worden. De berekening van de stabiliteitscomputer bevat enkel statische gegevens. Het effect van inzinken door vaart lopen door het water, de squat (3.2), is in deze berekening niet inbegrepen.

Door de methode om de ware trim te bepalen (3.1.1) te vergelijken met de trim volgens de stabiliteitscomputer kan vervolgens berekend worden hoeveel ballast en waar de ballast nog verpompt moet worden om de gewenste trim te krijgen.

4.2.8. Bepalen van het brandstofverbruik

Tijdens de metingen wordt het brandstofverbruik afgelezen van de flowmeter op de brug. Het brandstofverbruik wordt tijdens de meting genoteerd gelijk aan intervallen van 10 minuten. Na de meting wordt hiervan een gemiddelde bepaald.

Om van liters naar kuub te gaan wordt het aantal liters gedeeld door 1000. Het verbruik op de flowmeter wordt aangegeven in L/min. Om kg/uur te krijgen moet er omgerekend worden. Van liters naar kilogram kan berekend worden met de volgende formule:

$$\rho = sg * (1 - (temp \text{ voor meter} - 15) * 0.00064)$$

ρ = De dichtheid van de fuel in ton/kubieke meter

sg = Dichtheid van de brandstof in ton/kubieke meter bij een temperatuur van 15°C die uit de bunkergegevens verkregen wordt.

Temp voor meter = de temperatuur van de fuel voor de flowmeter

0.00064 = correctie factor (van Maanen, 2000)

De dichtheid die uit de formule komt wordt vermenigvuldigd met het aantal liters. Hieruit komt het aantal kilogram brandstof wat verbruikt is.

5. Resultaten

Om de deelvragen en daarmee hoofdvraag te beantwoorden zijn metingen verricht. Ook is er naar reizen uit het verleden gekeken. De uitkomsten hiervan worden verwerkt tot antwoorden op de deelvragen en zo kan de hoofdvraag *“Wat is de meest efficiënte trim met betrekking tot het brandstofverbruik van het R-type schip van Wagenborg?”* beantwoord worden.

5.1. Brandstofverbruik bij verschillende deplacements

De eerste deelvraag luidt: *“Wat is het gemiddelde brandstofverbruik bij verschillende deplacements?”*. Om deze deelvraag te beantwoorden is er onderzoek gedaan in het database van het schip. Uit de database bleek dat er ook informatie te vinden was voor de laatste twee deelvragen: *“Wat is het verschil in snelheid bij verschillende trimsituaties?”* en *“Wat is het verschil in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties?”*

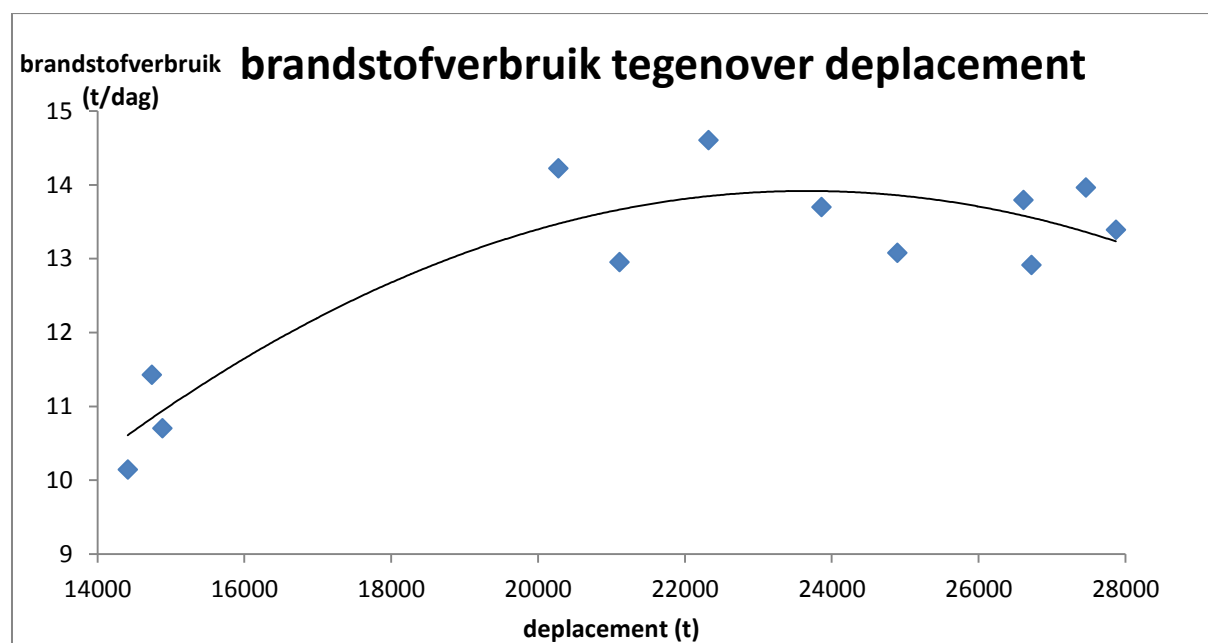
In het database op de Reggeborg worden veel documenten bewaard over oude reizen. Via deze documenten kan achterhaald worden wat het totale verbruik, gemiddelde snelheid, deplacement en trimsituatie was tijdens de reis. Op deze wijze van onderzoek is het brandstofverbruik bepaald over langere periodes. Invloeden van buitenaf, verschillen in vaart en variërende motorbelastingen kunnen op deze manier niet goed geïmplementeerd worden.

In de tabel hieronder staat alle gevonden relevante informatie over 12 verschillende reizen die de Reggeborg gemaakt heeft. Uit oude reisvoorbereidingen is de verheid van elke reis gevonden. In zogenoemde noon-rapports is de werkelijke reisduur en het totaal brandstofverbruik van elke reis zichtbaar. Deze noon-rapports worden elke dag door de machinisten ingevuld. Hierin staan de hoeveelheden brandstof en smeerolieolie die er elke dag om 12:00 BT aan boord is. De noon-rapports worden vervolgens naar kantoor gestuurd. De hoeveelheid lading, deplacements en trimsituaties zijn gevonden in draught surveys en in de stabiliteitscomputer. Met de reisduur en de verheid is de gemiddelde snelheid van elke reis bepaald. Via het totaal verbruik en de reisduur wordt het brandstofverbruik per dag berekent.

Tabel 4: brandstofverbruik over langere periodes

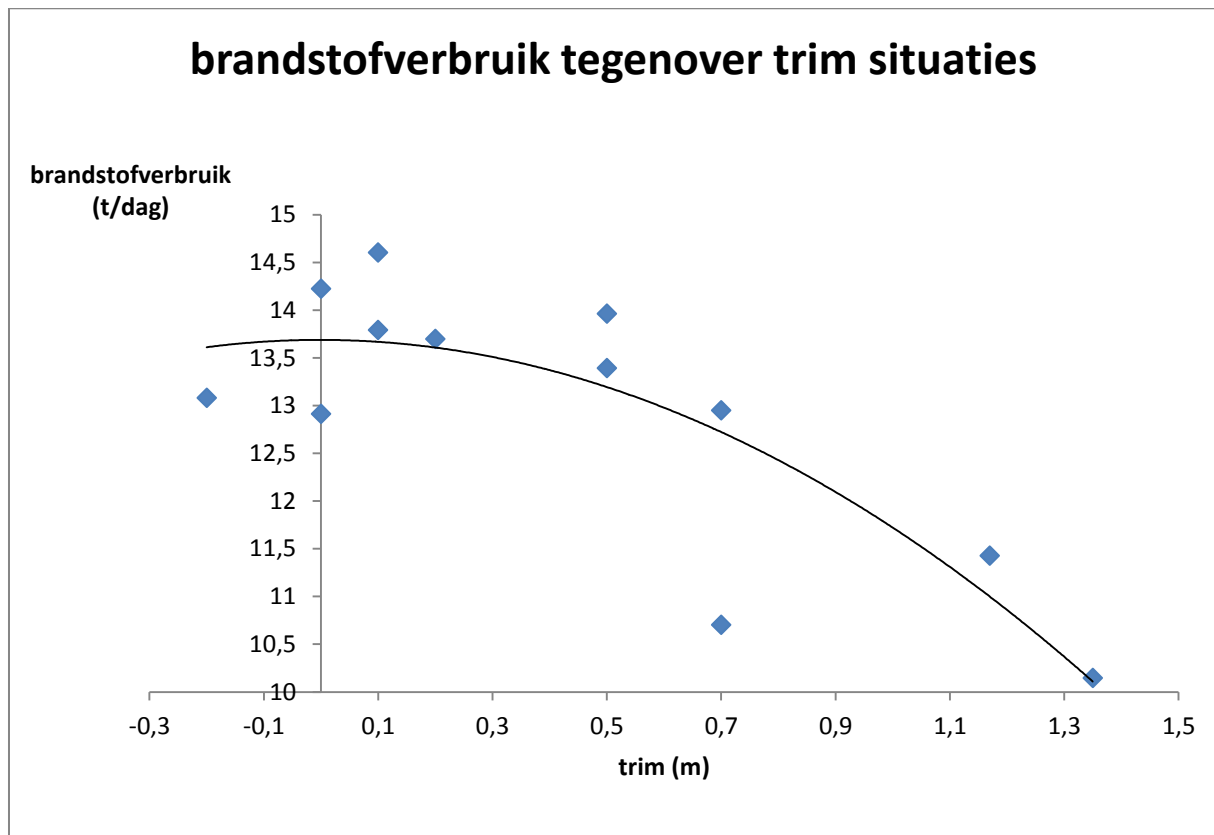
reis	reisduur (dagen)	verheid(NM)	gemiddelde snelheid (kn)	hoeveelheid lading (t)	Displacement (t)	trim (m)	totaal brandstofverbruik (t)	Brandstofverbruik (t/dag)
San ciprian - Mosjoen	6,8	1689,15	10,35	15760,2	21110,9	0,7	88,06	12,95
Murmansk - Heroya	6,85	1506,29	9,16	18500,1	23861,1	0,2	93,83	13,69
Duluth - Seaforth	15	3961,65	11,00	15128	20275,3	0	213,35	14,22
Aughinish - Riga	6,9	1733,02	10,47	22567,1	27870,6	0,5	92,39	13,39
St. Petersburg - Rotterdam	5,6	1437,27	10,69	21252,5	26721,5	0	72,31	12,91
Lulea - Hamburg	6,4	1471,37	9,58	22000	27461	0,5	89,36	13,96
Narvik – Mukran	4,7	1297,27	11,50	16967	22320	0,1	68,63	14,60
Glomfjord - Dordoyol	18,8	4419,4	9,79	21383,5	26612,9	0,1	259,29	13,79
Aughinish - Kubikenborg	7,3	1874,33	10,70	19385,9	24896	-0,2	95,48	13,08
Gdynia - St. Petersburg	2,8	578,45	8,61	ballast	14411,8	1,35	28,40	10,14
Mukran - Glomfjord	3,42	1071,17	13,05	ballast	14882,7	0,7	36,6	10,70
Hamburg - Narvik	5	1118,73	9,32	ballast	14738,9	1,17	57,13	11,43

Om een duidelijker beeld te krijgen zijn uit de tabel hierboven drie trendlijnen opgezet. Brandstofverbruik/deplacementsen, brandstofverbruik/trim en brandstofverbruik/snelheid.



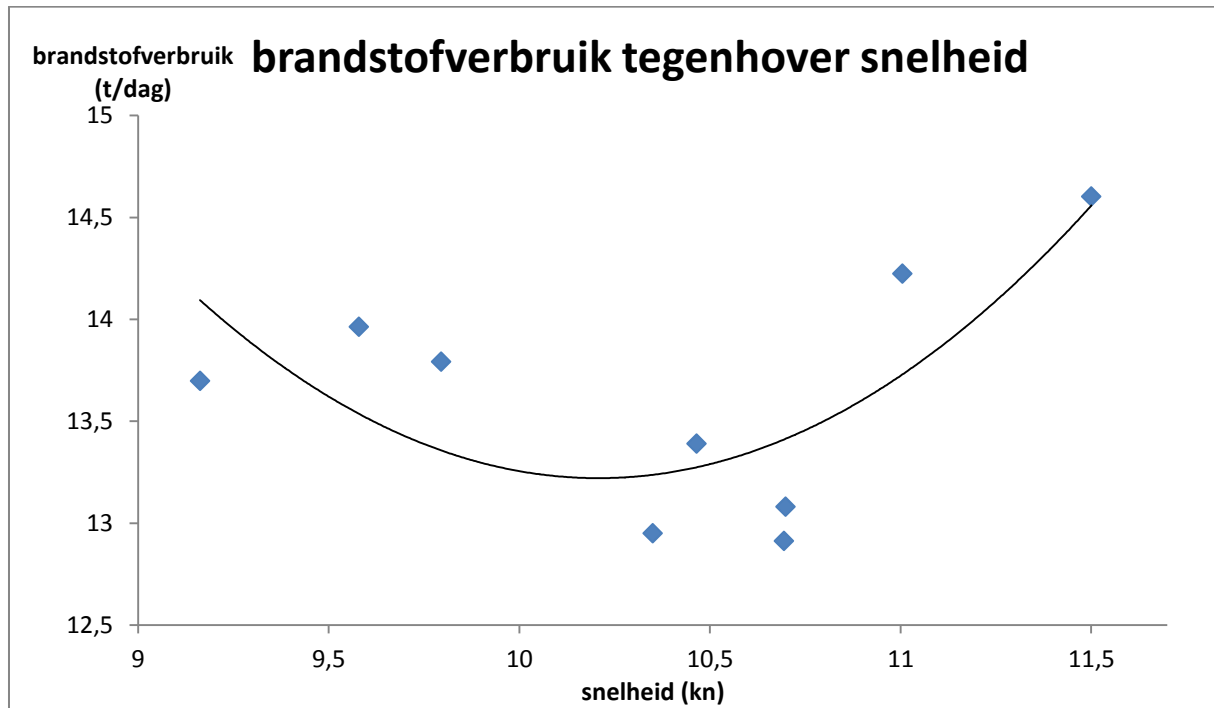
grafiek 1: brandstofverbruik bij verschillende displacementsen

De grafiek hieronder zegt meer over de trimsituaties in ballast. De grotere trimsituaties zijn 0.7 meter, 1.35 meter en 1.17 meter. Deze waren alle drie in ballast conditie. Dit is waarom de trendlijn er als volgt uit ziet:



grafiek 2: brandstofverbruik bij verschillende trim situaties

In de grafiek hieronder zijn de reizen in ballastconditie niet meegenomen. De trendlijn zou zich daardoor erg vertekenen. Het brandstofverbruik in ballastconditie is lager dan in een beladen conditie, ongeacht de snelheid. De grafiek hieronder is niet betrouwbaar. Het is niet bekend wat de rede was van de lage snelheid. Oorzaken kunnen zijn: slecht weer, een lagere motorbelasting of eventuele terugname in vermogen voor een afgeregeld ETA.



grafiek 3: brandstofverbruik bij verschillende snelheden

5.2. De metingen

De metingen zijn verricht op 26 maart 2019 langs de Noorse kust onderweg van Longyearbyen naar Rotterdam. De metingen zijn achtereenvolgens uitgevoerd en de eerste meting is 04:00 BT gestart. Zoals beschreven in de methode duurde elke meting één uur en werden in dat uur elke 10 minuten de gegevens genoteerd. In de bijlages zijn de meetgegevens van de metingen te vinden.

5.2.1. Verkrijgen van verschillende trimsituaties

Verschiedende trimsituaties worden verkregen door ballast te verpompen. De voorpijktank en de achterpijktank zijn gebruikt om de trim te veranderen. Hierbij was een maximale trim van 0.5 meter voorover tot en met een trim van 1.4 meter achterover mogelijk. Door deze reikwijdte is besloten om vijf metingen te doen van -0.5 meter tot en met 1.4 meter trim met elke keer een trimverschil van ± 40 centimeter.

Doormiddel van de stabiliteitscomputer “MACS3 Seacos” is bepaald hoeveel kuub water er verpompt moest worden om de gewenste trim te verkrijgen. De ballastpompen kunnen 550 kuub per uur verpompen. Met dit gegeven kon makkelijk bepaald worden hoelang er verpompt moest worden door het volume te delen door de capaciteit van de pomp.

Tabel 5: trim door ballast operaties (Seacos, 2019)

Trim (m)	Diepgangen (m)		Tank	Volume (m3)
-0.5	Tvoor	7.69	Voor piek	555
	Tachter	7.19	Achter piek	0
0	Tvoor	7.35	Voor piek	150
	Tachter	7.35	Achter piek	0
0.4	Tvoor	7.40	Voor piek	0
	Tachter	7.80	Achter piek	0
1.0	Tvoor	6.89	Voor piek	0
	Tachter	7.89	Achter piek	300
1.4	Tvoor	6.70	Voor piek	0
	Tachter	8.10	Achter piek	vol

Nadat de juiste hoeveelheid ballast was verpompt om de gewenste trim te verkrijgen, is er 15 minuten tot 20 minuten gewacht voordat de meting gestart werd. Zo kreeg het schip de tijd om zichzelf te stabiliseren.

5.2.2. Weersomstandigheden

De tweede deelvraag luidt: "Hoe kunnen invloeden van buitenaf verwerkt worden op de te verrichte metingen?". Wind en stroom hebben invloed op de snelheid en het brandstofverbruik van het schip. De metingen zijn allemaal op één dag en achter elkaar verricht zodat het verschil in weersomstandigheden minimaal is en nagenoeg dezelfde invloed heeft op elke meting. Tijdens de metingen zijn de weersomstandigheden geobserveerd en met elkaar vergeleken. In de tabel hieronder zijn de weersomstandigheden per trimsituatie naast elkaar gezet.

Tabel 6: weersomstandigheden per meting

Datum	trim (m)	windrichting tov eigen schip (°)	windsnelheid (m/s)	Golfrichting t.o.v. eigen schip (°)	Golfriode (s)	Golfhoogte (m)	Deiningsrichting t.o.v. eigen schip (°)	Deiningshoogte (m)	Stroomrichting t.o.v. eigen schip (°)	Stroomsnelheid (kn)
26-3-2019	-0,5	0	10	0	<1	<0,4	340	0,5	160	0,5-1
26-3-2019	0	0	13,5	0	<1	<0,4	340	0,5	190	1-1,5
26-3-2019	0,4	0	18-22	0	1	<0,4	340	0,5	190	1
26-3-2019	1	0	19-24	0	1	<0,4	340	0,5	220	0,5-1,5
26-3-2019	1,4	0	21-24	0	1	<0,4	340	0,5	220	1-1,5

De richtingen zijn ten opzichte van de voorliggende koers van het schip omdat die relevant zijn voor de reactie van het schip. De enige manier om invloeden van buitenaf in het onderzoek te verwerken is door de metingen te verrichten als deze invloeden constant en minimaal zijn. Op deze manier zijn de metingen het nauwkeurigst. Door de metingen achter elkaar te doen wordt dit zo goed mogelijk bewerkstelligd.

In Tabel 6: weersomstandigheden per meting” is zichtbaar dat de invloeden van buitenaf redelijk constant zijn. De wind neemt bij iedere meting een klein beetje toe en de stroom varieert tijdens de meting een klein beetje. Omdat de wind en stroom niet helemaal constant zijn heeft dit invloed op de metingen.

5.2.3. Brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties

De derde deelvraag luidt: “Wat is het verschil in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties?”. Om deze deelvraag te beantwoorden zijn tijdens de metingen elke 10 minuten de gegevens genoteerd van de flowmeter en de logstand van de GPS. De GPS geeft de logstand over de grond. Aangezien er aan boord van de Reggeborg geen geijkt log aanwezig is wat de afstand en snelheid door het water weergeeft, wordt de GPS gebruikt omdat deze de nauwkeurigste informatie geeft. De gegevens die uit de GPS komen worden met de bekende stroomsnelheid en stroomrichting omgerekend naar een afstand en snelheid door het water.

Omdat de flow wordt gegeven in liters per minuut wordt dit omgerekend naar kilogram per uur via de methode die staat beschreven in hoofdstuk 4.2.8. De dichtheid en de temperatuur van de brandstof zijn gevonden in de eerder genoemde noon-rapport van de desbetreffende datum. Het log op de GPS geeft de afgelegde weg over de grond in nautische mijlen.

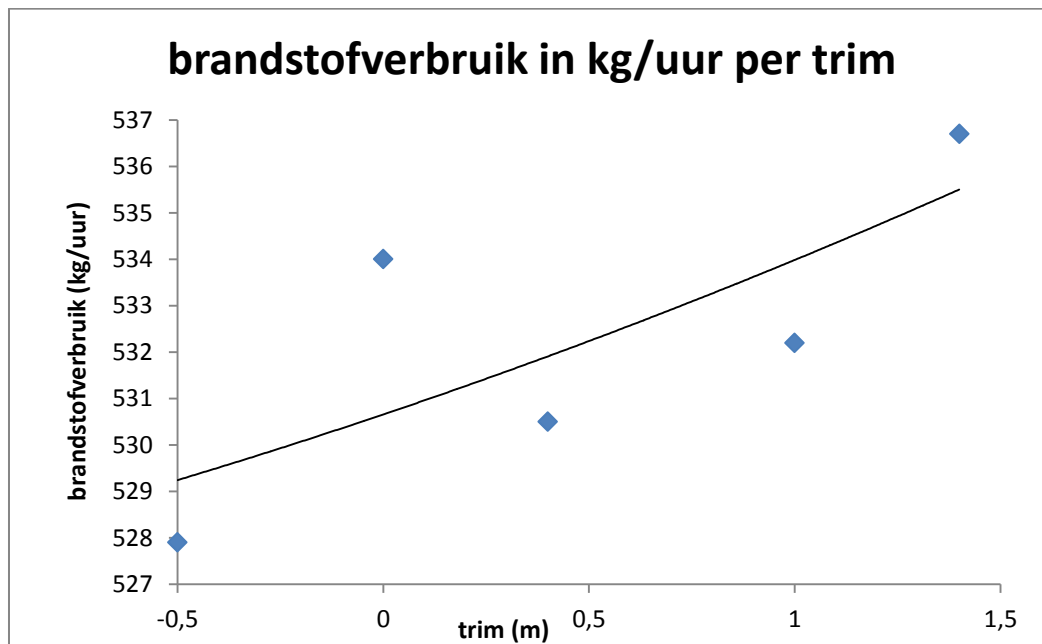
Het uiteindelijke resultaat van de metingen kan samengevat worden in de volgende tabel:

Tabel 7: meetresultaten

trim (m)	kg/uur	kg/NM	vaart (kn over grond)	Vaart (kn door water)	mijlen (grond)	mijlen (water)
-0,5	527,9	48,43	10,9	10,1	11,6	10,9
0	534	57,42	10,2	9,3	10,2	9,3
0,4	530,5	60,28	10,7	9,7	9,6	8,8
1	532,2	48,83	10,9	10,1	11,6	10,9
1,4	536,7	62,41	10,1	9,4	9,3	8,6

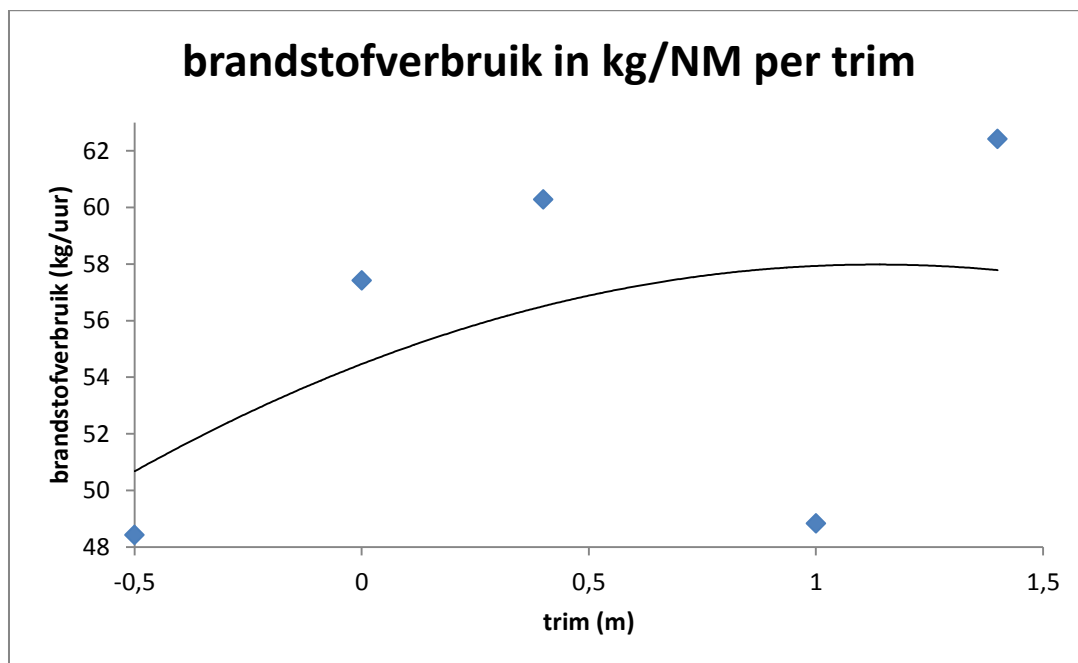
Hieronder zijn grafieken weergegeven die door middel van een trendlijn een duidelijk beeld schetsen over de verschillende trimsituaties. De vaart is op intervallen van 10 minuten genoteerd en achteraf gemiddeld. De nautische mijlen zijn bepaald uit het log door de begin logstand van het eind logstand af te trekken.

De trendlijn van het brandstofverbruik in kg/uur ziet er als volgt uit:



grafiek 4: brandstofverbruik in kg/uur

Door het brandstofverbruik in kg/uur te delen door het aantal afgelegde mijlen door het water, kan het brandstofverbruik per mijl bepaald worden. De trendlijn van het brandstofverbruik in kg/NM ziet er als volgt uit:

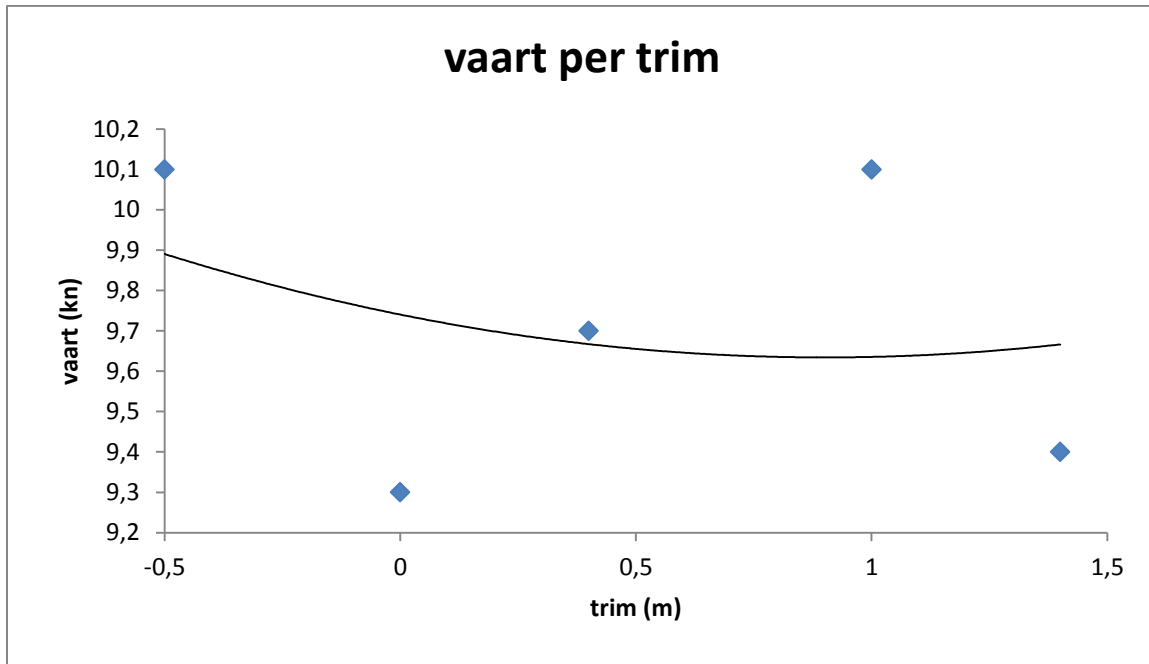


grafiek 5: brandstofverbruik in kg/NM

5.2.4. Snelheid bij verschillende trimsituaties

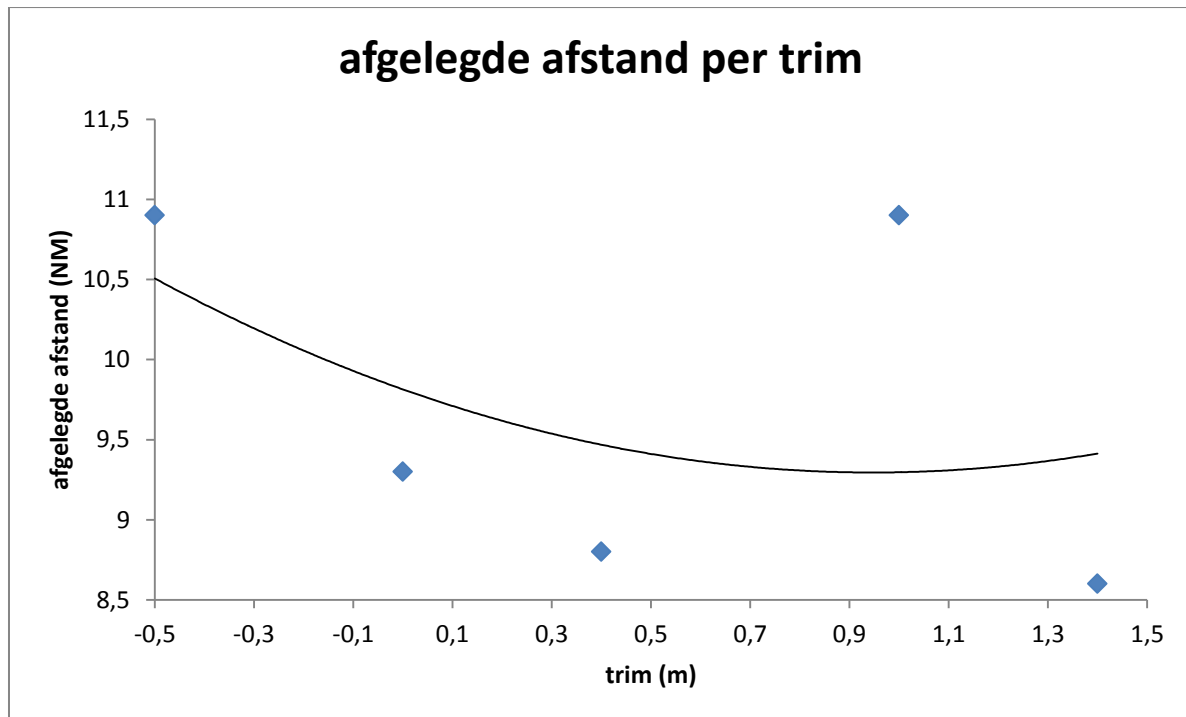
De laatste deelvraag luidt: “Wat is het verschil in snelheid bij verschillende trimsituaties?”. Om deze deelvraag te beantwoorden is de snelheid van het schip tijdens de metingen genoteerd op intervallen van 10 minuten. Deze snelheden zijn vervolgens gemiddeld om zo de gemiddelde snelheid te bepalen tijdens de meting. De meetresultaten zijn te vinden in Tabel 7: meetresultaten”.

De trendlijn van de snelheid door het water per trimsituatie ziet er als volgt uit:



grafiek 6: vaart in verschillende trimsituaties

De vaart bepaalt de afgelegde afstand. Hieronder de trendlijn van de afgelegde afstand door het water per trimsituatie:



grafiek 7: afgelegde afstand in verschillende trimsituaties

6. Discussie

In dit hoofdstuk wordt gekeken naar hoe het onderzoek is verricht, de nauwkeurigheid en de toepasbaarheid van het onderzoek.

6.1. Aantal metingen

Voor dit onderzoek zijn vijf metingen verricht voor vijf verschillende trimsituaties. Om een meer betrouwbaar en nauwkeuriger onderzoek te doen zijn vijf metingen aan de weinige kant. Ook is het beter als elke trimsituatie meerdere keren wordt gemeten. De hoeveelheid metingen die verricht moeten worden voor een betrouwbaar onderzoek is niet te zeggen. Hoe meer metingen er verricht worden onder verschillende situaties, hoe betrouwbaarder het onderzoek wordt.

Indien het mogelijk was geweest zouden er meerdere metingen verricht zijn onder verschillende beladingscondities en weersomstandigheden. Echter heeft de Reggeborg tijdens dit onderzoek weinig reizen gehad die geschikt waren om metingen te verrichten. Als het schip niet tot het merk was afgeladen dan waren de meeste reizen kort en onderhevig aan te heftige weersomstandigheden om de metingen te verrichten. Het schip werd vaak tot het plimsoll merk afgeladen. Dit is natuurlijk positief voor de rederij maar voor de metingen wat minder. Het is niet mogelijk om de trim te veranderen als het schip op zijn merk ligt.

6.2. Meetpunten

Er is redelijk afgeweken van de opgestelde trimsituaties die staan beschreven in de methode. De stappen zijn groter geworden en het totale trimverschil ook. De voorpiektank en de achterpiektank mochten gebruikt worden om de trim te veranderen met een maximale trim voorover van 0.5 meter. Hierdoor is besloten om vijf metingen te doen van -0.5 meter tot en met 1.4 meter trim met elke keer een trimverschil van ± 40 centimeter. De vertrekdiepgang van de reis waarbij de metingen zijn verricht had een trim van 0.4 meter zonder ballast. Vanuit deze situatie is geballast met de voorpiektank en achterpiektank. Met de mogelijkheden van deze twee ballasttanks zijn de nieuwe meetpunten opgesteld in overleg met de stuurman.

6.3. Nauwkeurigheid van de metingen

De nauwkeurigheid van de metingen is afhankelijk van verschillende factoren. De hoeveelheid metingen, duur van de metingen, invloeden van buitenaf en of de nauwkeurigheid van de trim.

Zoals eerder vermeld zijn meer metingen beter voor het onderzoek. Uitschietende metingen zullen sneller opvallen en de nauwkeurigheid van alle metingen zal samen een stuk groter zijn. Helaas waren de mogelijkheden beperkt en zijn er voor dit onderzoek slechts vijf metingen verricht met eenzelfde displacement.

Het tijdsbestek van één uur per meting was goed. Indien deze langer was geweest dan waren er onnauwkeurigheden in de metingen gekomen door bijvoorbeeld koersveranderingen en verandering van het weer.

Omdat er geen geijkt log aanwezig was wat de snelheid en afstand door het water aan geeft, zijn de meetresultaten vervolgens nog omgerekend. Dit is niet ideaal omdat de nauwkeurigste manier is om de gegevens direct van het log af te lezen.

De trim is vooraf berekend met behulp van het stabiliteitsprogramma. Door te ballasten is deze berekende trim aangenomen. De exacte trim kan gecontroleerd worden door het mechanisme dat beschreven staat in 3.1.1. Echter was dit niet mogelijk om uit te voeren omdat er aan boord geen doorzichtige slang lang genoeg beschikbaar was. Er is uit gegaan van de trim volgens de stabiliteitscomputer en de inhoud van de ballasttanks volgens de ballastcomputer. De peilingen van de brandstoftanks om het volume te controleren, waren door de bewegingen van het schip erg onnauwkeurig en zijn dus niet gebruikt voor het onderzoek.

De invloeden van buiten af worden behandeld in hoofdstuk 6.4.

6.4. Externe factoren

Een ideale situatie zou zijn zonder externe factoren. Zonder wind, stroming, deining en golven. Echter is dit bijna nooit het geval en zullen de externe factoren altijd de metingen enigszins beïnvloeden. Tijdens de metingen die zijn verricht voor dit onderzoek waren de externe factoren redelijk gelijk. Alleen de langzaam toenemende wind kan een kleine invloed hebben gehad op de snelheid van het schip. Deining en golven veroorzaken slinger en stamp gedrag van het schip. Tijdens het slingeren en stampen verandert het oppervlakte van het schip onder de waterlijn en daardoor verandert de weerstand. Deze invloeden van buitenaf zijn niet goed te berekenen en waren constant en klein genoeg om deze niet mee te nemen in de conclusie.

6.5. Toepasbaarheid van het onderzoek

Buiten de nauwkeurigheid van de metingen, geeft dit onderzoek een idee wat het schip doet in beladen conditie. Echter kan hierop niet vastgepinnd worden omdat de waardes die uit dit onderzoek komen alleen maar voor één bepaalde situatie gelden. Het is niet aannemelijk dat de situatie waarbij het schip exact het zelfde displacement heeft, met de zelfde trimsituaties en dezelfde motorbelasting zich vaker voor gaat doen. Er mag niet zomaar aangenomen worden dat bij elke beladingsconditie het brandstofverbruik groter is met een trim achterover. Om dit onderzoek toepasbaar te maken zullen er veel meer metingen verricht moeten worden.

7. Conclusie

Het doel was om de hoofdvraag “*Wat is de meest efficiënte trim met betrekking tot het brandstofverbruik van het R-type schip van Wagenborg?*” te beantwoorden. Door de metingen te verrichten en daarmee de deelvragen te beantwoorden is er een trimsituatie gevonden waarbij het brandstofverbruik per afgelegde nautische mijl het laagst is.

De hoofdvraag is echter alleen beantwoord voor de volgende conditie:

- Trim : -0.5 meter
- Diepgang voor : 7.65 meter
- Diepgang achter : 7.15 meter
- Displacement : ± 21408 ton
- Pitch schroef : 80%
- Belasting hoofdmotor : $\pm 60\%$

In deze beladen conditie is het brandstof verbruik het laagst en de snelheid het hoogst. Het brandstofverbruik is ± 527.9 kg per uur waarbij het schip een afstand aflegt van ± 10.9 NM. Dit heeft geresulteerd in een verbruik van 48.43 kg/NM.

Uit de metingen is gebleken dat er minimale verschillen zijn tussen snelheid en brandstofverbruik met verschillende trimsituaties en dat de invloeden van buitenaf een grotere rol spelen op het brandstofverbruik dan het veranderen van de trim. Tevens zijn de ingestelde pitch en de belasting van de hoofdmotor wel grote factoren op het brandstofverbruik. Een vervolg onderzoek over brandstofverbruik tegenover snelheid en afstand doormiddel van pitchverandering zou effectiever zijn.

Uit het onderzoek is gebleken dat trim voorover efficiënter is dan trim achterover. In een beladen conditie is dit aannemelijk omdat bij een trim achterover het achterschip dieper in het water zit wat leidt tot een grotere weerstand van het onderwaterschip. In ballastconditie hoeft dit absoluut niet zo te zijn omdat de gelijklastige diepgang een stuk minder is dan bij een beladen conditie en kan het juist zo zijn dat bij een trim achterover de schroef beter in het water ligt waardoor dat juist voor het efficiëntste brandstofverbruik zorgt.

8. Aanbevelingen

In een beladen conditie gaat het ten negatieve van het brandstofverbruik om met grote trim achterover te varen voor het R-type van rederij Wagenborg. Aanbeveling is om het R-type schip in een beladen conditie met een kleine trim voorover te laten varen.

Uit het onderzoek is gekomen dat er minimale verschillen zitten in brandstofverbruik bij verschillende trimsituaties. Advies is aan rederij Wagenborg om onderzoek te doen over brandstofverbruik tegenover snelheid en afstand doormiddel van pitchverandering. Dit is een effectiever middel om brandstof te besparen.

Bibliografie

- Different Trims on an Arbitrary Ship*. (2008). Retrieved Januari 7, 2019, from researchgate: https://www.researchgate.net/figure/Different-Trims-on-an-Arbitrary-Ship-8_fig1_311576476
- Reggeborg*. (2014). Retrieved April 20, 2019, from Royal Wagenborg: <https://www.wagenborg.com/our-equipment/fleetlist/reggeborg>
- squat effect*. (2015). Retrieved januari 13, 2019, from Digital library for the marine industry: <http://www.marinedocs.co.uk/squat-effect/>
- protocol*. (2017). Retrieved januari 23, 2019, from marketingtermen: <https://www.marketingtermen.nl/begrip/protocol>
- Berger, J. (2016, December 2). *Trim optimalisatie LPG tanker business case*. Retrieved Januari 13, 2019, from Berger Maritiem: http://www.bergermaritiem.nl/trim_optimalisatie_lpg_tanker
- Boersma, J. (2001, october 1). *Schepen zonder baard*. Retrieved januari 16, 2019, from Kennislink: <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/schepen-zonder-baard/>
- Broer, T. (2015, september 3). *Nederland: de maritieme wereldtop*. Retrieved januari 22, 2019, from Nederland maritiem land: https://www.maritiemland.nl/wp-content/uploads/2015/09/Maritiem_TKI_update_innovatiecontract_2016-2017_V3_voor_Topteam.pdf
- communicerende vaten*. (n.d.). Retrieved januari 24, 2019, from Edumedia: <https://www.edumedia-sciences.com/nl/media/62-communicerende-vaten>
- de Jong, P. (2010, februari 19). *hydromechanica*. Retrieved 6 2019, 13, from ocw.tudelft: https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/Hydromechanica_1_College6.pdf
- de Laere, L. (2017). *Kleine hoek, grote invloed*. Vlissingen.
- De Rijck, T. (2010-2011). Retrieved januari 17, 2019, from Modelling van het primaire golfsysteem bij binnenschepen: https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/805/356/RUG01-001805356_2012_0001_AC.pdf
- den Hollander, R. (2018). *De juiste trim, maakt het verschil*. Arnemuiden.
- Faber, J., & Nelissen, D. (2013, maart). *Monitoring of bunker fuel consumption*. Retrieved januari 22, 2019, from CE Delft: https://www.ce.nl/publicatie/monitoring_of_bunker_fuel_consumption/1353
- Heynen, H. (2011, april 16). *Trimsystemen leveren brandstofbesparing op*. Retrieved Januari 13, 2019, from schutterraer: <https://www.schutterraer.nl/nieuws/techniek/nid15524-trimsystemen-leveren-brandstofbesparing-op.html>

- Hooijmans, P. (2016, maart 2). *'Energie-efficiëntie onder de waterlijn – op zoek naar natte innovaties'*. Retrieved 5 7, 2019, from schone scheepvaart:
https://www.schonescheepvaart.nl/downloads/seminars/doc2_1457348868.pdf
- instruments, G. (2007). *brandstof economy monitor*. Retrieved januari 22, 2019, from GMS instruments: http://gms-instruments.nl/sites/default/files/Brochure_brandstof_economy_monitor_NED_web.pdf
- Metzlar, K. (2009). *Stabiliteit van schepen*. Urk: Smit en Wytzes.
- Moerke, N. (2013, Maart). *scheepsontwerp*. Retrieved 5 7, 2019, from Docplayer:
<https://docplayer.nl/24616311-Formule-1-techniek-voor-de-lemsteraak.html>
- Ouwerkerk, G. (2017, Augustus 2). *schonere scheepvaart*. Retrieved Januari 13, 2019, from Telegraaf:
https://www.telegraaf.nl/financieel/285899/schonere-scheepvaart?utm_source=google&utm_medium=organic
- Pétursson, S. (2009, juni). *Predicting Optimal Trim Configuration of Marine*. Retrieved Januari 16, 2019, from https://skemman.is/bitstream/1946/3058/1/thesis_960_fixed.pdf
- Schilperoord, P. (2007, September 13). *Scheepsromp moet glad zijn*. Retrieved januari 16, 2019, from Maritiem Nederland: <http://www.maritiemnederland.com/nieuws/scheepsromp-moet-glad-zijn/item687>
- Seacos, M. (2019, Maart 26). *stabiliteitscomputer*. M.V. Reggeborg.
- Swaen, B. (2013, october 10). *Wat is kwalitatief en kwantitatief onderzoek?* Retrieved januari 23, 2019, from Scribbr: <https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/kwalitatief-vs-kwantitatief-onderzoek/>
- University of Applied Sciences. (2014). *Studentenhandleiding Afstuderen De Ruyter Academy Marof*. Vlissingen: HZ University of Applied Sciences.
- van Asten, J. (2015). *Brandstofbesparing door trimoptimalisatie*. Vlissingen.
- van der Veen, W. (2016, september 2). *ALLEEN GRÓTE BUBBELS REDUCEREN STROMINGSWEERSTAND SCHEPEN*. Retrieved januari 16, 2019, from University of Twente: <https://www.utwente.nl/nieuws/!/2016/9/232552/alleen-grote-bubbels-reduceren-stromingsweerstand-schepen>
- van Dokkum, K. (2013). *ship knowledge*. Enkhuizen: Dokmar maritime publishers B.V.
- van Maanen, P. (2000). *scheepsdieselmotoren*. In P. van Maanen, *scheepsdieselmotoren* (p. 660). Harfsen: Nautech.
- van Seccelen, S. (2017). *Technisch verslag*. Vlissingen.
- Videler, J. (2011, april 19). *Leren van de natuur*. Retrieved januari 16, 2019, from Bionica voor de jachtbouw: <http://www.joepvof.nl/11PPjachtbouw.pdf>
- Wagenborg. (2014). *ship's particulars*. Reggeborg.

Bijlage 1: Algemene scheepsgegevens MV Reggeborg

Tabel 8: Scheepsgegevens Reggeborg (Wagenborg, 2014)

Naam	REGGEBORG
Thuishaven/vlag	Delfzijl /Nederlands
Roepletters / IMO nummer	P.C.Y.E - 9592575
MMSI	244810617
Bouwjaar	2014
klasse en notatie, registratie nr.	klasse 1, +HULL+MACH, General cargo schip Containerschip, Unrestricted navigation, AUT- UMS, IJS KLASSE 1A (Finnish-Swedish ice class rules) SYS-NEQ
ijs klasse	Fins/Zweeds 1A
GMDSS Area/Vaargebied	A1 – A2 – A3/Wereldwijd
LOA / BOA/ Depth / LBPP	169,75.m / 20,40m / 13,75m / 165,974m
Max diepgang zomer/ winter	9,718 m / 9,516 m

Bouwgegevens

Shipyard	Ferus Smit GmbH, Leer – Germany
Type	General Cargo Multi purpose

Motor

Type hoofdmotor	Wärtsilä 9L32
bouwjaar	2014
vermogen (kW)	4.500 kW
Propeller	Single CPP, 4 bladen ,4750mm,110 rpm
brandstof	IFO 380
Hulp- brandstof	MGO
boegschroef	860 kW

Capaciteit

GT / NT	14.224 / 6.853		
DWAT	23.272	HFO (IFO 380) m ³	1066
Ruim capaciteit (cbft)	945.000 cbft	MGO m ³	120
Container	562 TEU	drink water m ³	101
Hout inname	32.000	Water ballast Cap.	10.093
Reefer	-	Deballast tijd – hr.	18
		Airdraft	41 m
Diepgang in ballast	5.80m		
Zomer diepgang	9.718		
Winter diepgang	9.516		
Tropische diepgang	9.92		

Ruim & luiken

Type	Box
Aantal tussendekken	4
Max tussendek belasting	3.5 mts/m2
luik type	Ponton luiken
Max luik belasting	1,75 mts/m2
Stack load luik	35 mts
Max tankdop belasting	15,00 mts/m2
Aantal verplaatsbare bulkheads	2

Ruim Dimensies

Ruim nr.	Lengte	Breedte	Hoogte	Hoogte boven TW	Hoogte onder TW	Totaal m ³ ruim
Nr. 1	60,59	17,00	13,55	4.62	8.05	457.000
Nr. 2	60,59	17,00	13,55	5.82	6.84	488.000

Snelheid & consumptie

	Knopen	Mt/dag
Eco speed (70%)	11.5	14.0
Service Speed (85%)	12.5	17.0
Full speed beladen (100%)	13.0	23.0
Full speed ballast (100%)	14.0	21.0
Haven MGO		1.0

Eigenaar

eigenaar	Reggeborg Beheer B.V.	
Adres	Marktstraat 10 NL-9934 CK Delfzijl	P.O. Box 14 NL-9930 AA Delfzijl

Bijlage 2: Excel sheet brandstofverbruik

Datum		dd/mm/jj		Flowmeter		
Starttijd van de meting		Uu/mm		Flowmeter	Tijd	m³/h
Stoptijd van de meting		Uu/mm				
Startpositie meting		Lengte ; breedte				
Stoppositie meting		Lengte ; breedte				
Displacement		Ton				
Voordiepgang		Meter				
Achterdiepgang		Meter				
Trim		Meter				
Windrichting t.o.v eigen schip		Graden				
Windsnelheid		Knopen			gemiddelde	#DEEL/0!
Golfrichting t.o.v. eigen schip		graden				
Golfperiode		Seconde				
Golfhoogte		Meter		Log		
Deiningsrichting t.o.v. eigen schip		Graden		Log	tijd	mile/h
Deiningshoogte		Meter				
Stroomrichting t.o.v. eigen schip		Graden				
Stroomsnelheid		knopen				
Vermogen hoofdmotor	4500	Kilowatt				
Belasting hoofdmotor		Procenten				
Snelheid schroefas	110	Omwentelingen per minuut				
Pitch schroegas		procenten				
					Average	#DEEL/0!
Dichtheid brandstof 15°C		kg/m³				
Temperatuur brandstof voor meter		°C				
Dichtheid brandstof ...°C		kg/m³				
Brandstofverbruik		m³				
Brandstofverbruik		kg				
Afgelegde afstand		nM				
Fuel consumption		kg/nM				

Bijlage 3: meting -0.5 meter trim

Datum	26-3-2019	dd/mm/jj
Starttijd van de meting	4:00	Uu/mm
Stoptijd van de meting	5:00	Uu/mm
Startpositie meting	61°44,3'N;003°59,4'E	Lengte ; breedte
Stoppositie meting	61°33,8'N;003°59,4'E	Lengte ; breedte
Displacement	21488	Ton
Voordiepgang	7,69	Meter
Achterdiepgang	7,19	Meter
Trim	-0,5	Meter
koers	180	Graden
Windrichting t.o.v eigen schip	0	Graden
Windsnelheid	10	Knopen
Golfrichting t.o.v. eigen schip	0	graden
Golfperiode	<1	Seconde
Golfhoogte	<0,4	Meter
Deiningsrichting t.o.v. eigen schip	340	Graden
Deiningshoogte	0,5	Meter
Stroomrichting t.o.v. eigen schip	160	Graden
Stroomsnelheid	0,5-1	knopen
Vermogen hoofdmotor	4500	Kilowatt
Belasting hoofdmotor	60%	Procenten
Snelheid schroefas	110	Omwentelingen per minuut
Pitch schroefas	80%	procenten

Flowmeter			Log		
Flowmeter	Tijd	L/min	Log	tijd	mijl/uur
7493,0	4:00	10,50	2674,0	4:00	10,85
7598,0	4:10	9,70	2676,0	4:10	11,1
7695,0	4:20	10,20	2678,5	4:20	11,1
7797,0	4:30	10,00	2680,4	4:30	10,9
7897,0	4:40	10,20	2681,1	4:40	10,7
7999,0	4:50	10,10	2683,9	4:50	10,6
8100,0	5:00		2685,6	5:00	
gemiddelde		10,12	Average		10,88

Dichtheid brandstof 15°C	908,0	kg/m ³
Temperatuur brandstof voor meter	81	°C
Dichtheid brandstof 81°C	869,6	kg/m ³
Brandstofverbruik	607,0	m ³
Brandstofverbruik	527,9	kg
Afgelegde afstand	11,60	nM
Fuel consumption	45,51	kg/nM

Bijlage 4: meting 0 meter trim

Datum	26-3-2019	dd/mm/jj
Starttijd van de meting	6:00	Uu/mm
Stoptijd van de meting	7:00	Uu/mm
Startpositie meting	61°23,3'N;003°59,6'E	Lengte ; breedte
Stoppositie meting	61°12,2'N;003°59,7'E	Lengte ; breedte
Deplacement	21073	Ton
Voordiepgang	7,35	Meter
Achterdiepgang	7,35	Meter
Trim	0	Meter
koers	180	Graden
Windrichting t.o.v eigen schip	0	Graden
Windsnelheid	13,5	Knopen
Golfrichting t.o.v. eigen schip	0	graden
Golfperiode	<1	Seconde
Golfhoogte	<0,5	Meter
Deiningsrichting t.o.v. eigen schip	340	Graden
Deiningshoogte	0,4	Meter
Stroomrichting t.o.v. eigen schip	190	Graden
Stroomsnelheid	1-1,5	knopen
Vermogen hoofdmotor	4500	Kilowatt
Belasting hoofdmotor	60%	Procenten
Snelheid schroefas	110	Omwentelingen per minuut
Pitch schroefas	80%	procenten

Flowmeter			Log		
Flowmeter	Tijd	L/min	Log	tijd	mijl/uur
8720,0	6:00	10,00	2695,1	6:00	10,2
8820,0	6:10	10,30	2697,8	6:10	10,2
8923,0	6:20	10,30	2699,5	6:20	10,15
9026,0	6:30	10,20	2700,1	6:30	10,2
9128,0	6:40	10,30	2702,9	6:40	10,3
9231,0	6:50	10,30	2704,5	6:50	10,4
9334,0	7:00		2705,3	7:00	
gemiddelde		10,23	Average		10,24

Dichtheid brandstof 15°C	908,0	kg/m ³
Temperatuur brandstof voor meter	81	°C
Dichtheid brandstof 81°C	869,6	kg/m ³
Brandstofverbruik	614,0	m ³ /uur
Brandstofverbruik	534,0	kg
Afgelegde afstand	10,20	nM
Fuel consumption	52,35	kg/nM

Bijlage 5: meting 0.4 meter trim

Datum	26-3-2019	dd/mm/jj
Starttijd van de meting	7:30	Uu/mm
Stoptijd van de meting	8:30	Uu/mm
Startpositie meting	61°07,4'N;003°59,9'E	Lengte ; breedte
Stoppositie meting	60°57,0'N;003°59,9'E	Lengte ; breedte
Deplacement	20919.2	Ton
Voordiepgang	7,1	Meter
Achterdiepgang	7,5	Meter
Trim	0,4	Meter
koers	180	Graden
Windrichting t.o.v eigen schip	0	Graden
Windsnelheid	18-22	Knopen
Golfrichting t.o.v. eigen schip	0	graden
Golfperiode	1	Seconde
Golfhoogte	<0,4	Meter
Deiningsrichting t.o.v. eigen schip	340	Graden
Deiningshoogte	0,5	Meter
Stroomrichting t.o.v. eigen schip	190	Graden
Stroomsnelheid	1	knopen
Vermogen hoofdmotor	4500	Kilowatt
Belasting hoofdmotor	60-65%	Procenten
Snelheid schroefas	110	Omwentelingen per minuut
Pitch schroefas	80%	procenten

Flowmeter			Log		
Flowmeter	Tijd	L/min	Log	tijd	mijl/uur
9650,0	7:30	9,90	2711,6	7:30	10,4
9749,0	7:40	10,00	2712,3	7:40	10,45
9849,0	7:50		2714,0	7:50	10,65
9953,0	8:00	10,10	2716,8	8:00	10,85
10020+34	8:10	10,30	2718,6	8:10	11,05
137,0	8:20	10,30	2719,4	8:20	11,05
240,0	8:30		2721,2	8:30	
gemiddelde		10,17	Average		10,74

Dichtheid brandstof 15°C	908,0	kg/m ³
Temperatuur brandstof voor meter	81	°C
Dichtheid brandstof 81°C	869,6	kg/m ³
Brandstofverbruik	610,0	m ³
Brandstofverbruik	530,5	kg
Afgelegde afstand	9,60	nM
Fuel consumption	55,26	kg/nM

Bijlage 6: meting 1.0 meter trim

Datum	26-3-2019	dd/mm/jj
Starttijd van de meting	9:10	Uu/mm
Stoptijd van de meting	10:10	Uu/mm
Startpositie meting	60°49,6'N;003°60,0'E	Lengte ; breedte
Stoppositie meting	60°38,8'N;003°58,2'E	Lengte ; breedte
Voordiepgang	6,89	Meter
Achterdiepgang	7,89	Meter
Trim	1	Meter
koers	180	graden
Windrichting t.o.v eigen schip	0	Graden
Windsnelheid	19-24	Knopen
Golfrichting t.o.v. eigen schip	0	graden
Golfperiode	1	Seconde
Golfhoogte	<0,4	Meter
Deiningsrichting t.o.v. eigen schip	340	Graden
Deiningshoogte	0,5	Meter
Stroomrichting t.o.v. eigen schip	220	Graden
Stroomsnelheid	0,5-1,5	knopen
Vermogen hoofdmotor	4500	Kilowatt
Belasting hoofdmotor	60%	Procenten
Snelheid schroefas	110	Omwentelingen per minuut
Pitch schroefas	80%	procenten

Flowmeter			Log		
Flowmeter (L)	Tijd	L/min	Log	tijd	mijl/uur
662,0	9:10	10,10	2729,6	9:10	11,15
763,0	9:20	10,20	2731,5	9:20	10,9
856,0	9:30	10,50	2732,2	9:30	10,9
970,0	9:40	10,10	2734,2	9:40	10,9
1071,0	9:50	10,20	2739,9	9:50	10,7
1173,0	10:00	10,10	2739,3	10:00	10,6
1274,0	10:10		2741,2	10:10	
gemiddelde		10,20	Average		10,86

Dichtheid brandstof 15°C	908,0	kg/m ³
Temperatuur brandstof voor meter	81	°C
Dichtheid brandstof 81°C	869,6	kg/m ³
Brandstofverbruik	612,0	L
Brandstofverbruik	532,2	kg
Afgelegde afstand	11,60	nM
Fuel consumption	45,88	kg/nM

Datum	26-3-2019	dd/mm/jj
Starttijd van de meting	10:30	Uu/mm
Stoptijd van de meting	11:30	Uu/mm
Startpositie meting	60°35,3'N;003°58,4'E	Lengte ; breedte
Stoppositie meting	60°26,1'N;003°58,6'E	Lengte ; breedte
Voordiepgang	6,7	Meter
Achterdiepgang	8,1	Meter
Trim	1,4	Meter
koers	180	Graden
Windrichting t.o.v eigen schip	0	Graden
Windsnelheid	21-24	Knopen
Golfrichting t.o.v. eigen schip	0	graden
Golfperiode	1	Seconde
Golfhoogte	<0,4	Meter
Deiningsrichting t.o.v. eigen schip	340	Graden
Deiningshoogte	0,5	Meter
Stroomrichting t.o.v. eigen schip	220	Graden
Stroomsnelheid	1-1,5	knopen
Vermogen hoofdmotor	4500	Kilowatt
Belasting hoofdmotor	60%	Procenten
Snelheid schroefas	110	Omwentelingen per minuut
Pitch schroegas	80%	procenten

- 40 -

Dichtheid brandstof 15°C	908,0	kg/m ³
Temperatuur brandstof voor meter	81	°C
Dichtheid brandstof 81°C	869,6	kg/m ³
Brandstofverbruik	617,2	L
Brandstofverbruik	536,7	kg
Afgelegde afstand	9,30	nM
Fuel consumption	56,16	kg/nM

Bijlage 8: Eindbeoordeling verwerving onderzoekscompetentie

Fase 3 Afrondingsfase

Student(e): _____ 1^e examiner: _____

2^e examiner: _____ Bedrijfsbegeleider: _____

Externe deskundige: _____ Handtekeningen voor akkoord:

Datum beoordeling: _____ 1^e examiner:

Cijfer*: _____ 2^e examiner:

0 Rapport Oordeel: OV / V / G / ZG**

Toelichting:

- 1 De omvang en structuur is conform de afspraken;
- 2 De schrijfstijl is objectief, precies, logisch, zorgvuldig en helder;
- 3 Taalgebruik is correct, begrijpelijk, aantrekkelijk en aanvaardbaar;
- 4 Bevat correcte literatuurlijst en bronvermelding volgens internationale standaarden.

1 Probleemstelling (Inleiding) Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 5 Geeft uitleg over kennisgebied, thema, inhoudelijke keuzes en doelstelling;
- 6 Is afgebakend en betreft een nog niet opgeloste probleemsituatie in de beroepspraktijk; 7 Bevat hoofdvraag en is waar nodig uitgewerkt in deelvragen.

2 Bronnenonderzoek/Theoretisch kader Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 8 Bronnen komen deels uit de wetenschappelijke literatuur van het kennisdomein;
- 9 Beschrijft context, onderbouwt kennisgebied, thematiek, inhoudelijke keuzes, en vooronderstellingen;
- 10 Verduidelijkt de belangrijkste concepten uit de probleemstelling en hun samenhang.

3 Onderzoeksontwerp/Methode Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 11 Beschrijft en onderbouwt de gekozen onderzoeksstrategie;
- 12 Is sluitend, stappen leiden systematisch naar beoogd antwoord op de vragen;
- 13 Operationaliseert begrippen en beschrijft meetinstrumenten en analysemethode.

4 Uitvoering (Resultaten) Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 14 Is effectief, efficiënt en toelaatbaar;
- 15 Bestaat uit correct uitgevoerde dataverweringsmethoden;
- 16 Is reproduceerbaar. Gegevens zijn compleet, gedetailleerd en overzichtelijk vermeld.

5 Analyse en interpretatie (Conclusies) Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 17 Is correct uitgevoerd met kwalitatieve en/of kwantitatieve analysetechnieken;
- 18 Is valide (ten aanzien van gebruikte concepten, verklaringsregels, en generaliseringsregels);
- 19 Is vrij van redeneerfouten, onzakelijke argumenten, en gegoochel met betekenissen;
- 20 Bevat vergelijking met ander onderzoek en theorie en voorstellen voor verder onderzoek.

6 Beroepsproducten en aanbevelingen (Praktijk) Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 21 Volgen logisch uit het onderzoek (met betrekking tot inhoudelijke keuzes en vooronderstellingen);
- 22 Worden geaccepteerd in probleemcontext, zijn acceptabel in het praktijkdomein;
- 23 Leveren een daadwerkelijke oplossing, zijn duurzaam en toelaatbaar;
- 24 Zijn te realiseren gegeven de omgeving, uitvoerenden, beschikbare tijd en budget.

7 Presentatie Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 25 Is geen herhaling van rapport, getuigt van beheersing onderwerp en kennis publiek;
- 26 Is professioneel (houding, hulpmiddelen, spreektechniek, timing);
- 27 Overtuigend, weloverwogen en kundige verdediging.

8 Gedragsnormen (professioneel onderzoekersgedrag) Oordeel: OV / V / G / ZG

Toelichting:

- 28 Blijken uit kennis van rol onderzoek binnen beroepenveld, en eigen rol daarbinnen;
- 29 Zijn onderdeel reflectie op eigen gedrag (individu/werknemer), proces en resultaat;
- 30 Blijken uit respectvol en integer gedrag (geen plagiaat!), kritische en analytische houding.

Toelichting eindcijfer:

** De beoordelingsschaal bestaat uit vier punten:

- OV onvoldoende: resultaat voldoet niet aan de standaard
- V voldoende: resultaat voldoet niet op alle punten aan de standaard maar wel in voldoende mate
- G goed: resultaat voldoet op alle punten aan de standaard
- ZG zeer goed: resultaat overtreft de standaard

* Beslisregel voor het cijfer:

- Eén van de dimensies OV -> cijfer onder de 5,5
- Alle dimensies V -> cijfer 5,5
- Dimensies V en G -> cijfer tussen 5,5 en 8,0
- Dimensies G en ZG -> cijfer tussen 8,0 en 9,0
- Alle dimensies ZG -> cijfer > 9,0

(University of Applied Sciences, 2014)