



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 1 of 58
-----	--------------------	------------------	--------------

BARKE onderzoek

Onderzoek naar de slijtage van de Barkemeyer roeren

2011-12-21

LOCATIE : Papendrecht

Afstudeerder : Marnix Steijlen

Revisie Status					
Rev	Uigave datum	Reden van uitgave	Voorbereid	Nagekeken	Goedgekeurd
0.0	2011.12.2	Concept rapport	12-8	12-16	12-19
1.0	2012.12.20	Eindschiptie	12-20	12-20	
2.0					
Lijst met veranderingen van vorige versie					
Par.	Spelling controle en bewijsstuk verwijzingen toegevoegd				
 Roval Boskalis Westminster nv					



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 2 of 58
-----	--------------------	------------------	--------------

Opdracht

Staat op andere document, Zie document: "Opdrachtschrijving Boskalis"



Royal Boskalis Westminster nv

Central Technical Department



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 3 of 58
-----	--------------------	------------------	--------------



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 4 of 58
-----	--------------------	------------------	--------------

Voorwoord

Dit rapport met als titel *BARKE onderzoek* is tot stand gekomen in het kader van mijn afstudeeropdracht voor het hoger beroepsonderwijs; HBO afdeling werktuigbouwkunde aan *De Haagse Hogeschool*. Het rapport is voornamelijk gericht op de medewerkers van de Technische dienst van Boskalis, die betrokken zijn bij de installatie en het onderhoud van de Barkemeyer roeren, die op diverse baggerschepen worden toegepast. Het rapport is ook bedoel als scriptie in het kader van mijn afstudeeropdracht en richt zich als zodanig ook op de betrokken docenten en gecommiteerde.

Bij de inzet van sommige baggerschepen is gebleken, dat er spraken is van overmatige slijtage bij de roeren, waardoor problemen ontstaan bij de inzet van de schepen. De slijtage is zodanig dat er uit enige reparaties van de installatie blijkt, dat het de onderhoudskosten van deze schepen echt verhoogt. Dit probleem vormde het uitgangspunt van mijn onderzoek.

Mijn dank gaat dan ook uit naar de medewerkers van Boskalis waarmee ik op prettige wijze mocht samenwerken. De samenwerking leverde een goede bijdrage aan mijn onderzoek. Ook de begeleiding van uit de school heb ik als prettig ervaren. Ik wil met name de volgende mensen nog bedanken; Ruud Godeschalk, Piet-Jan van der Giessen en A. van der Vlucht.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 5 of 58
-----	--------------------	------------------	--------------

TABLE OF CONTENTS

Samenvatting

Verklarende woordenlijst

Symbolenlijst

1. Inleiding

2. Algemene informatie

- 2.1. Organisatie
- 2.2. Afstudeeropdracht

3. Vraagstelling

- 3.1. Pakket van eisen en wensen voor nieuw ontwerp

4. Onderzoeksaanpak

- 4.1. Visgraatdiagram
- 4.2. Onderwerpen
- 4.3. 80/20 analyse

5. Lager slijtage

- 5.1. Werkomstandigheden
- 5.2. Werk soorten

6. Ontwerp

- 6.1. Krachten
- 6.2. Smeringontwerp

7. Conclusie

8. Aanbevelingen

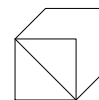
Literatuur en links

Bijlage

- I Extra informatie van schepen
- II Voordelen BARKE roer
- III Technische tekeningen
- IV Foto's van de reparaties
- V Overige visgraat onderwerpen
- VI Waardeanalyse
- VII Rapport Barkemeyer
- VIII James Walker
- IX Werkomstandigheden
- X Mail
- XI Handleiding Barkemeyer
- XII Overige informatie



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 6 of 58
-----	--------------------	------------------	--------------



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 7 of 58
-----	--------------------	------------------	--------------

Samenvatting

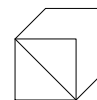
Dit rapport behandelt een onderzoek naar overmatige slijtage van de BARKE roer systeem. De overmatige slijtage op de roeren is aan het licht gekomen na enkele reparaties aan de schepen met deze installatie. De kosten van de reparatie waren zo opgelopen dat er een onderzoek is ingesteld.

Het onderzoek maakt gebruik van een andere onderzoeksmethode dan standaard gebruikt word in werktuigbouwkunde. Er wordt namelijk gebruik gemaakt van de 80/20 regel deze regel wordt toegepast, omdat het roer systeem niet op elk schip dezelfde overmatige slijtage heeft vertoond. De 80/20 regel heeft zich goed bewezen in veel onderzoeken waardoor het ook goed de bedrijfsaspecten in kaart kan brengen van dit onderzoek. Uit de 80/20 regel zijn 3 onderwerpen gekomen waar het onderzoek zich opricht.

De achtereenvolgende onderwerpen moeten de oorzaak van de overmatige slijtage aan het licht brengen.

- Bij *Lager slijtage* wordt er onderzocht wat de gevolgen zijn van de werkomstandigheden op de lagers.
- Bij *Krachten* wordt er gekeken of de krachten die op het roer systeem kan komen niet te groot zijn.
- Bij *Smeringontwerp* is er gekeken naar wat het smeermiddel allemaal doet in het roer systeem en of het volgens de handleiding loopt.

Wat geconcludeerd kan worden over deze onderwerpen is, dat deze onderwerpen een groot invloed hebben op de overmatige slijtage aan de roeren van de schepen. Uit de samenhang van de onderwerpen kan geconcludeerd worden dat samenhang de oorzaak is van de overmatige slijtage.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 8 of 58
-----	--------------------	------------------	--------------

Verklarende woordenlijst

Schip namen

- Coastway
- Waterway
- Oranje
- Prins der Nederlanden
- Shoreway
- Crestway

Bedrijf's namen

- Barkemeyer
- Van der Velden
- Bureau Veritas
- James Walker
- rolls-royce

BARKE roer

Type roer van Barkemeyer

Thordon lagers

Merk voor water gesmeerde lagers

Symbolenlijst

d

Binnen diameter

D

Buiten diameter

r

De straal van d

R

De straal van D

π

PI

kN

Kilonewton

kW

Kilowatt

kn

Knopen/ snelheid

F

Kracht

Bar

Druk

m²

Oppervlakte

kPa

Druk

l

Liter

cc

Inhoud



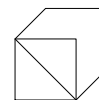
CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 9 of 58
-----	--------------------	------------------	--------------

1. Inleiding

De aanleiding van de afstudeeropdracht is, dat erbij de schepen met een BARKE roer systeem zodanige slijtage opgetreden was, dat de onderhoudskosten zijn opgelopen. Om de opgelopen onderhoudskosten te verminderen word er onderzocht, wat de toenemende slijtage veroorzaakt. Als de oorzaak gevonden is, zou er een oplossing gevonden moeten worden om de onderhoudskosten terug te brengen. De oplossing zou als resultaat moeten hebben, dat er meer geld overblijft om andere reparaties uit te voeren of dat het schip meer winst gaat opleveren.

In de scriptie wordt er onderzoek gedaan naar de roeren van verschillende schepen met dezelfde installatie. Zo hebben binnen Boskalis de volgende schepen die dezelfde BARKE roeren: Waterway, Coastway, Prins der Nederlanden, Oranje, Shoreway en Crestway. Bij het onderzoek wordt de Waterway en Coastway als leidraad genomen, deze zusterschepen zijn gekozen omdat voornamelijk de Waterway klachten kreeg aan de roeren. Deze klachten van de bemanning uitte zich in klapperen en bonken tijdens het manoeuvreren van het schip. Tijdens de reparaties aan de roeren van de Waterway was overmatige slijtage aangetroffen. Na de reparatie van het schip kwamen de klachten al gauw terug. Toen het schip weer een geplande onderhoudsbeurt had, werd dezelfde overmatige slijtage aangetroffen. De terugkomende klachten en slijtage kwamen niet alleen bij de Waterway voor, maar ook op andere schepen en zodoende is er een onderzoek in ingesteld. Het onderzoek moet duidelijk maken, waar het toegenomen slijtage vandaan komt en of er een oplossing voor te vinden is. De oplossing moet de toegenomen slijtage verminderen, zodat de levensduur van de roeren toeneemt. Naast de grootste slijtage toenamen is er ook voor de Waterway en Coastway gekozen, omdat deze schepen veel rapportages hebben van de reparaties.

In hoofdstuk 2 van dit *BARKE onderzoek* wordt er aandacht besteed aan de doelstelling en achtergrond van het bedrijf. In hoofdstuk 3 zal op de opdracht dieper ingegaan worden. In hoofdstuk 4 zal uitgelegd worden hoe het onderzoek is opgebouwd en welke onderdelen uitgewerkt worden welke door middel van een visdiagram zijn verkregen. In de vervolg hoofdstukken zullen de onderdelen verder volledig uitgewerkt worden om de oorzaak te vinden. Na de conclusie/aanbevelingen en literatuurlijst zullen bijlagen volgen waar extra informatie te vinden is en uitwerkingen van overige gegevens.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 10 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

2. Algemene informatie

“Koninklijke Boskalis Westminster N.V. is een toonaangevende internationale dienstverlener op het gebied van baggeren, maritieme infrastructuur en maritieme diensten. De onderneming levert wereldwijd creatieve en innovatieve totaaloplossingen voor infrastructurele uitdagingen in maritieme gebieden, kuststreken en rivierdelta’s met ondermeer de aanleg en onderhoud van havens en vaarwegen, creatie van land in water en bescherming van kusten en oevers. Met de activiteiten van SMIT levert Boskalis een breed spectrum aan maritieme diensten en heeft daarnaast strategische partnerships in het Midden-Oosten (Archirodon) en in de offshore dienstverlening (Smit Lamnalco). Boskalis heeft belangrijke thuismarktposities in Europa en daarbuiten, beschikking over een veelzijdige vloot van meer dan 1.100 eenheden en is actief in circa 65 landen, verspreid over zes continenten. De onderneming heeft inclusief haar aandeel in partnerships ruim 14.000 medewerkers in dienst.”[1]

De schepen van Boskalis zijn de werkpaarden van het bedrijf, het is van belang dat de schepen in goede staat zijn als ze aan een project beginnen. Om de schepen in goede staat te houden wordt er op de schepen tijdig een onderhoudsbeurt uitgevoerd. Deze reparatie kan op het water uitgevoerd worden, maar het schip kan ook uit het water gehaald worden om een onderhoudsbeurt te geven aan het schip, dit is geheel afhankelijk van de reparaties die gedaan moeten worden. Als onderhoudsbeurten tijdig gedaan worden, hebben de schepen een kleine kans om tijdens een project problemen te krijgen, maar met het werk wat de baggerschepen moeten doen is dit nooit uitgesloten. De oorzaak dat dit niet uit te sluiten is komt, doordat de baggerschepen veel te verduren van zand. Door de grotere slijtage aan het schip moet er veel gedaan worden tijdens een reparatie.

De reparaties worden in een aantal weken uitgevoerd, dit wordt van te voren ingeplant aan de hand van de hoeveelheid taken die aan het schip gedaan moeten worden. Alle reparaties die aan het schip gedaan moet worden, kunnen niet allemaal uit worden gevoerd. Dit komt door de gelimiteerde tijd en budget dat een schip heeft. Boskalis streeft er naar dat de schepen in de ingeplande tijd gerepareerd zijn, want als een schip uitloopt met reparatie verdient het schip niets met het werk waar het schip voor ingehuurd is. Om uitloop te voorkomen wordt er overwogen, welke klussen wel en niet gedaan worden aan het schip.

2.1. Organisatie

Voor de afstudeeropdracht is het van belang dat de mensen die te maken hebben met de opdracht weten wat ze moeten doen en waar ze verantwoordelijk voor zijn, het gaat om een afstudeeropdracht voor een student maar word begeleid door het bedrijfsleven.

Wie	Functie	Verantwoordelijkheid	Bevoegdheid
Marnix Steijlen	Afstudeerder	Tijdige communicatie met maintenance engineer en plant manager, tijdig opleveren van onderzoeksrapporten.	



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 11 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

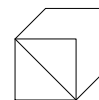
Ruud Godeschalk	Maintenance engineer	Bijsturen van afstudeerder, per week bij elkaar komen en de vorderingen bespreken, tijdig akkoord van onderzoeksrapport.	Goedkeuren van onderzoeksrapport
Piet-Jan v.d. Giessen	Plant manager	Maandelijks gesprek met afstudeerder.	Goedkeuren van onderzoeksrapport

2.2. Afstudeeropdracht

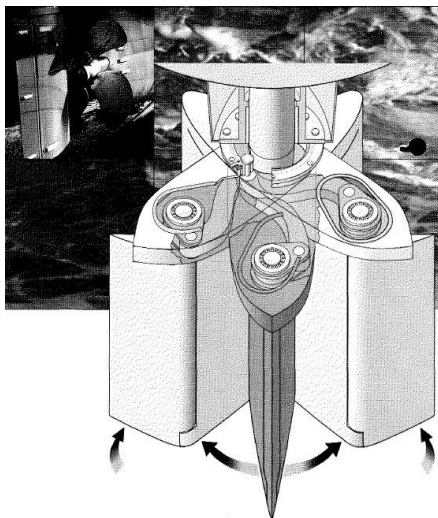
De schepen die last hebben van overmatige slijtage, zijn de schepen die allemaal het zelfde roer systeem hebben. De schepen hebben allemaal een BARKE roer systeem aanboord. Deze roeren zitten onder andere op de volgende schepen: de Waterway, Coastway, Prins der Nederlanden, Oranje, Shoreway en Crestway. De schepen waar de Barkemeyer roer systemen op zitten, zijn allemaal sleephopperzuigers en hebben de volgende capaciteit grote, zie tabel en in de tabel staat ook of het schip last heeft van overmatige slijtage:

Naam	Capaciteit m ³	Last van overmatige slijtage
Prins der Nederlanden	15.961	X
Oranje	15.961	V
Shoreway	5.600	Moet nog geïnspecteerd worden
Crestway	5.600	Moet nog geïnspecteerd worden
Waterway	4.906	V
Coastway	4.906	X

De overige gegevens zoals de lengte, breedte en diepte van de schepen zijn te vinden in Bijlage I. Waarom er op deze schepen voor een BARKE roer systeem is gekozen, is dat met deze roeren het schip beter gemanoeuvreed kan worden. Wat het roer systeem zo speciaal maakt ten opzichten van andere roeren, is dat het roer systeem uit twee delen bestaat. De twee delen van het roer bewegen in een versterkende factor, als het hoofdruer in stuurt dan maakt de eindflap via een mechanische overbrenging een scherpere hoek, zie figuur 1. Het water wat langs het roer gaat kan dan beter geleid worden, dit maakt het manoeuvreren gemakkelijker. De uitgebreide werking en voordelen van dit roer systeem word beschreven in Bijlage II.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 12 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------



Figuur 1 BARKE roer systeem

Tijdens de reparatie aan de schepen bij een normale droogdokking, moeten de roeren van de schepen gecontroleerd worden of ze nog in goede staat zijn. Deze controle wordt uitgevoerd, zodat de efficiëntie van het schip niet achteruit gaat. Dit kan zich resulteren in slechter manoeuvreren van het schip, met als gevolg dat het schip meer brandstof gaat verbruiken.

Tijdens de reparatie aan de Waterway is er overmatige slijtage aangetroffen bij de BARKE roeren. De bemanning van het schip hoorde bonk geluiden bij het manoeuvreren van het schip, voordat het schip in een droogdok was gekomen. Wat er tijdens het openen van het BARKE roer werd ontdekt, is dat er zand in de schakelbak zat en dit terwijl het gevuld moet zitten met alleen smeermiddel. Nadat de schakelbak helemaal schoon was gemaakt, kon de schade in kaart worden gebracht. Op bijna alle onderdelen van het overbrengingsmechanisme was overmatige slijtage aangetroffen. De overmatige slijtage is meerdere malen terug gekomen bij reparaties aan de Waterway en dit terwijl het zusterschip Coastway in mindere mate slijtage vertoonde.

De Prins der Nederlanden en de Oranje die ook de BARKE roer installatie hebben, gekregen dezelfde problemen als de Waterway en Coastway. In tegen stelling tot de Shoreway en de Crestway daar moet nog gekeken worden of ze dezelfde slijtage vertonen, dit komt doordat deze schepen net in dienst zijn bij Boskalis.

CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 13 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

3. Vraagstelling

Omdat overmatige slijtage bij de oranje en Waterway een probleem vormde, verdenkt Boskalis dat ook de Shoreway en de Crestway last hebben van overmatige slijtage. Boskalis heeft een onderzoek in laten stellen naar de overmatige slijtage. Dit onderzoek moet het verschil in overmatige slijtage tussen de zusterschepen onderzocht worden. De onderzoeksvraagstelling is als volgt:

- Wat veroorzaakt de overmatige slijtage en hoe kan het zoveel verschillen met de zusterschepen?
- Is er een mogelijkheid om de slijtage te verminderen?

De schepen Waterway en Coastway zijn zusterschepen van elkaar, waarbij de Coastway een jaar later in gebruik is genomen. Deze schepen zijn als leidraad genomen en zijn beide uitgevoerd met een Barkemeyer roer systeem. Het BARKE roer systeem bestaat uit 2 delen, een hoofdroer en een eindflap. Als het hoofdroer in stuurt, dan wordt doormiddel van een mechanische overbrenging de eindflap in beweging gezet. De beweging die de eindflap maakt is ten opzichte van de hoofd roer een scherpere hoek, waardoor het schip beter te manoeuvreren is. In bijlage III zijn technische tekeningen te vinden van BARKE roer.

Wat er tijdens de reparatie was aangetroffen in de schakelbak is dat er zand in het smeermiddel zat, waar normaal gesproken smeermiddel moet zitten. Te zien in figuur 2, dit terwijl het eigenlijk eruit moet zien zoals figuur 3. Het smeermiddel dat in de schakelbak zit moet ervoor zorgen dat de onderdelen soepel lopen en dat slijtage minimaal is. Als er in het smeermiddel zand zit, dan gaat het smeermiddel als een soort schuurmiddel werken en slijten de onderdelen sneller. Het is dus van belang dat de schakelbak vrij blijft van zand.



Figuur 2, zo zou het moeten worden aangetroffen.



Figuur 3, dit is aangetroffen bij een reparatie.

De schade die de Waterway opgelopen had, was in sommige gevallen zo ernstig, dat er net op tijd een reparatie plaats vond, anders waren er onderdelen afgebroken. Dankzij de goede rapportage van Boskalis en Barkemeyer, kan er een inventarisatie gemaakt worden wat er tijdens een droogdokking gedaan is, zie bijlage IV voor de vele foto's die gemaakt zijn. Wat nu bij de reparatie gedaan wordt is het roer uit elkaar halen, kijken welke onderdelen versleten zijn. Deze versleten onderdelen repareren en dan het roer weer terug in elkaar zetten, dit alle



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 14 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

onder toezicht van een expert van Barkemeyer.

Tijdens de reparaties van de Waterway zijn er veel onverwachte kosten gekomen, doordat het roer van de Waterway schade had opgelopen. De kosten van een normale onderhoudsbeurt is ongeveer 65.000 Amerikaanse dollar voor beide roeren. In tegen stelling tot de reparatie die uitgevoerd was, deze kosten waren 105.000 dollar, dat is ongeveer 40.000 dollar meer dan normaal. De kosten zijn in tabel 1 te vinden. Niet bij elke droogdokking hoeft het roer gerepareerd te worden, bij normale omstandig heden kan er ook een inspectie gedaan worden en deze inspectie kost rond de 10.000 dollar. Als deze kosten met een reparatie vergeleken worden, dan is er een kosten overschrijding van 95.000 dollar.

Tabel 1 kosten

Kosten bij:	Normale slijtage		Overmatige slijtage
Onderhoud	\$ 65 000.00	Reparatie	\$ 105 000.00
Inspectie	\$ 10 000.00	Reparatie	\$ 105 000.00
Onderhoud	\$ 65 000.00	Reparatie	\$ 105 000.00
Totaal	\$ 140 000.00	Totaal	\$ 315 000.00
Kosten verschil gemiddeld over 10 jaar			\$ -175 000.00

De schade die frequent terugkeert, leid niet alleen tot meer kosten voor het repareren van de onderdelen. De kosten kunnen ook mede oplopen, doordat het schip langer in de drydock blijft liggen. Als er geconstateerd is dat de roeren overmatige slijtage hebben duurt het ongeveer een week extra reparatie tijd.

Dit onderzoek moet achterhalen waardoor de slijtage ontstaat en waarom het verschilt tussen de zusterschepen. Tevens moet er gekeken worden naar een mogelijke oplossing voor het probleem. Aan de oplossing van de slijtage zijn eisen en wensen verbonden, waar de oplossing aan moet voldoen. De oplossing mag tot concept worden uitgewerkt.

3.1. *Pakket van eisen en wensen voor nieuw ontwerp*

In het programma van eisen en wensen worden de eisen onderverdeeld in vaste eisen en variabele eisen. Aan vaste eisen moet voldaan worden en aan variabele eisen moet in meerdere of mindere maten voldaan worden. De wensen zijn wat Boskalis zelf graag wil, maar hoeft er technisch niet aan te voldoen.

Vaste eisen

- Het roer moet de druppel vorm behouden
- Het schip moet zijn manoeuvreerbaarheid behouden voor het werk dat de schepen moeten doen.

Variabele eisen

- De oplossing moet de huidige levensduur verlengen
- Bij normaal gebruik moeten de roeren het zand buiten het systeem houden.
- De oplossing moet de meer kosten terugbrengen van een normale reparatie, de kosten moeten dan ongeveer met 58.000 dollar teruggebracht worden.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 15 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

wensen

- Een oplossing vinden, zonder dat het roer systeem gemodificeerd moet worden.

CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 16 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

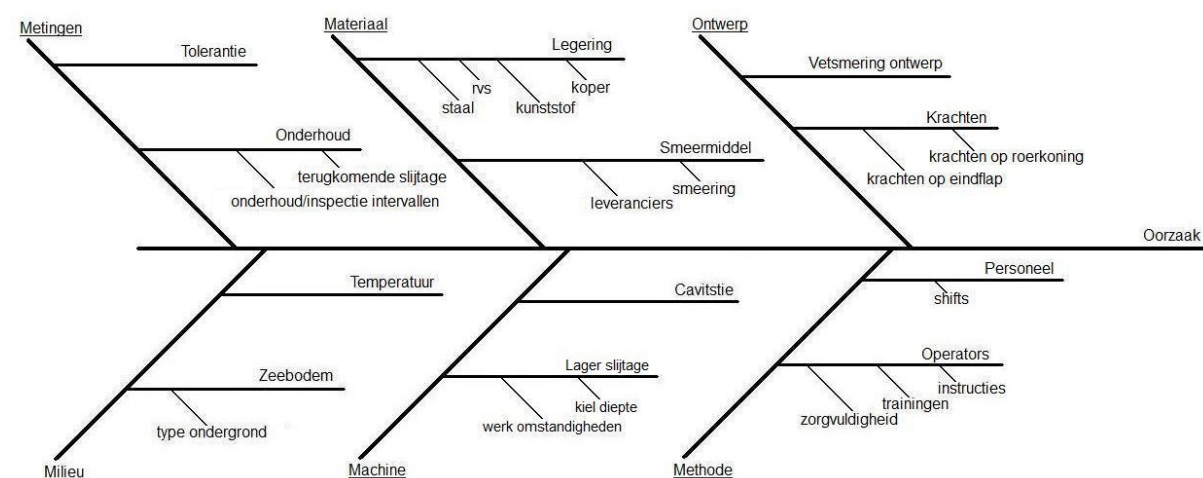
4. Onderzoeksaanpak

Bij de schepen Waterway en Coastway is niet dezelfde overmatige slijtage aangetroffen en kan er vast gesteld worden dat de BARKE roeren geen constructieve fouten bevatten. Het verschil tussen slijtage van de Waterway en de Coastway is te vinden in bijlage IV. Met waarneming tussen deze twee schepen, kan er niet voor de gebruikelijke methodisch ontwerpen gekozen worden en word er naar een andere onderzoeksaanpak gekeken. Om een goed onderzoek te kunnen doen naar het slijtage verschil van de BARKE roeren, wordt er gebruik gemaakt van de 80/20 regel van Pareto. De 80/20 regel kan toegepast worden op bijna alle onderzoeken. De Italiaans econoom Pareto constateerde dat ruw weg 80% van de problemen veroorzaakt wordt, door 20% van de invloeden factoren. Deze onderzoeksmethode is vaak toegepast en heeft goede resultaten opgeleverd.

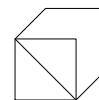
Om het 80/20 principe goed toe te kunnen passen, is er met behulp van een visgraatdiagram voor gezorgd dat bijna alle factoren van de slijtage in kaart gebracht zijn. Door het visgraatdiagram kan er een goed overzicht verkregen worden, welke factoren er invloed hebben op het BARKE roer. De factoren die uit het visgraatdiagram zijn gekomen zijn individueel bekeken en door middel van de waardeanalyse kan de 80/20 regel toegepast worden. De waardeanalyse is tot stand gekomen in overleg met collega's van Boskalis en aannames die gemaakt zijn om slijtage zo klein mogelijk te houden.

4.1. Visgraatdiagram

Het visgraatdiagram is gemaakt om orde in het onderzoek te verkrijgen, zodat alle aspecten meegenomen worden. Het visgraatdiagram heeft 6 aspecten waar rekening mee wordt gehouden. Dit zijn de metingen, materiaal, ontwerp, milieu, machine en methode. In figuur 4 kan gezien worden hoe de visgraat diagram eruit ziet. Elk aspect is verder uitgewerkt in subonderwerpen die een mogelijke invloed hebben op de slijtage van de BARKE roeren. Nadat alle aspecten en onderwerpen in kaart zijn gebracht kan er gekeken worden hoeveel elk onderwerp invloed heeft op de slijtage.



Figuur 4 Visgraatdiagram



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 17 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

4.2. Onderwerpen

De onderwerpen die uit het visgraatdiagram komen worden hieronder, in het kort toegelicht. De uitgebreide toelichting van deze onderwerpen is te vinden in de bijlage V behalve die uit de 80/20 regel gekomen zijn, die worden in deze scriptie uit gelicht.

4.2.1 Metingen:

Werktuigbouwkundig aspect

- Tolerantie

Toleranties zijn erg belangrijk, dit komt omdat een kleine afwijking eventuele grote schade aan het roer kan maken. Tevens valt er onder toleranties ook de controle op het terug zetten van het roer.

- Onderhoud

Barkemeyer heeft een onderhoudsplan voor de BARKE roeren en er wordt gekeken of deze planning nageleefd word door Boskalis. Bij onderhoud wordt er ook gekeken naar de controle van terug zetten en productie fouten.

4.2.2 Materiaal:

Werktuigbouwkundig aspect

- Legering

De legering die gebruikt wordt in het roer zijn van verschillende materialen en hier wordt er gekeken of de goede keuzes gemaakt zijn.

- Smeermiddel

Bij het smeermiddel wordt er gekeken of Boskalis het juiste smeermiddel gebruikt die Barkemeyer aanbeveelt om te gebruiken in het roeren systeem, zodat de bescherming van de mechanische delen gewaarborgd is.

4.2.3 Ontwerp:

Werktuigbouwkundig aspect

- Vetsmering ontwerp

Bij het vetsmering ontwerp wordt er gekeken of de flow van het smeermiddel wel zo gaat als Barkemeyer aanbeveeld.

- Krachten

Bij de krachten van het roer wordt er gekeken of het krachtenspel klopt, van de roerkoning en van de eindflap.

4.2.4 Milieu:

Bedrijfskundig aspect

- Waterconditie

Bij waterconditie wordt er gekeken naar de temperatuur van het water en of het water troebel is.

- Zeebodem

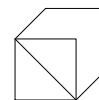
Bij zeebodem wordt er gekeken in wat voor soort ondergrond het schip baggert.

4.2.5 Machine:

Werktuigbouwkundig aspect en bedrijfskundig aspect

- Cavitatie

Bij cavitatie wordt er gekeken of het optreden van cavitatie ook op het roer effect kan hebben en of het roer hier tegen bestand is.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 18 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

- Lager slijtage

Bij lager slijtage wordt er gekeken naar het lager die in contact is met het water waar het schip zich bevind. Tevens wordt er ook gekeken welke factoren invloed hebben op deze lager slijtage.

4.2.6 Methode:

Bedrijfskundig aspect

- Personeel

Bij personeel wordt gekeken of de shift door de bemanning een extra effect kan hebben.

- Operators

Hier wordt er keken naar de invloed van de operators bij het besturen van het schip.

4.3. 80/20 analyse

Voordat de 80/20 regel goed toegepast kan worden, moet er eerst een waarde analyse gedaan worden. De onderwerpen uit het visgraatdiagram zijn in overleg met collega's van Boskalis, welke factoren grote invloed hebben op de slijtage. Om de slijtage in de roeren zo klein mogelijk te maken, doet Boskalis al veel handelingen om de slijtage te verminderen. Wat Boskalis al doet om de slijtage zo min mogelijk te houden is in bijlage V beschreven. In het geval van Boskalis worden alle handelingen gedaan om de slijtage te minimaliseren en wordt er aangenomen dat deze factoren weinig tot geen invloed meer hebben op de overmatige slijtage. De factoren die weinig tot geen invloed hebben zijn met een lage score aangegeven in de waardeanalyse.

In tabel 1 zijn de scores te vinden die uit de waardeanalyse zijn gekomen, zie bijlage VI. Naast de score die uit de waardeanalyse is gekomen, is er ook een cumulatief percentage. Die de score omzet in optellend percentage dit wordt gedaan om de 80/20 regel toe te passen. Bij de kwalitatieve wordt er naar eigen inzicht gekeken of het aan die factor kan liggen, nadat alle factoren individueel zijn bekeken. Deze individueel factoren zijn bekeken in bijlage V.

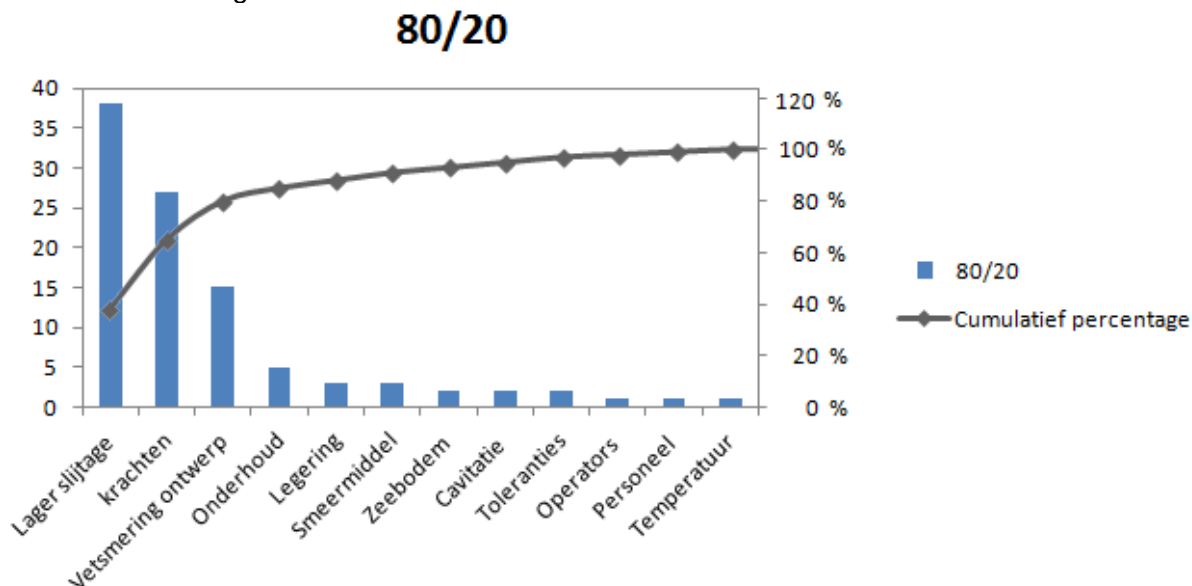
Tabel 2 waardeanalyse

Onderwerpen	Score	Cumulatieve %	kwalitatieve
Lager slijtage	38	38	Waarschijnlijk
Krachten	27	65	Mogelijk
Vetsmering ontwerp	15	80	Waarschijnlijk
Onderhoud	5	85	Onwaarschijnlijk
Legering	3	88	Mogelijk
Smeermiddel	3	91	Onwaarschijnlijk
Zeebodem	2	93	Mogelijk
Cavitatie	2	95	Onwaarschijnlijk
Toleranties	2	97	Onwaarschijnlijk
Operators	1	98	Onwaarschijnlijk
Personeel	1	99	Onwaarschijnlijk

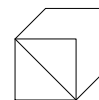


CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 19 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

Uit tabel 1 kan de 80/20 regel in een grafiek van twee colommen uit worden gezet. In grafiek 1 zijn de twee colommen uitgezet en is te zien dat 3 factoren 80% van de slijtage waarschijnlijk veroorzaken. Het Pareto principe zegt dat 20% de oorzaak is, dit komt overeen met ongeveer 3 factoren dat precies overeen met de 80%.
Grafiek 1 80/20 regel



Deze 3 factoren die uit de 80/20 regel komen, worden eruit gelift en onderzocht of ze de oorzaak zijn van de overmatige slijtage. Uit de factoren zouden de overmatige slijtage verschillen moeten uitkomen van de zusterschepen.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 20 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

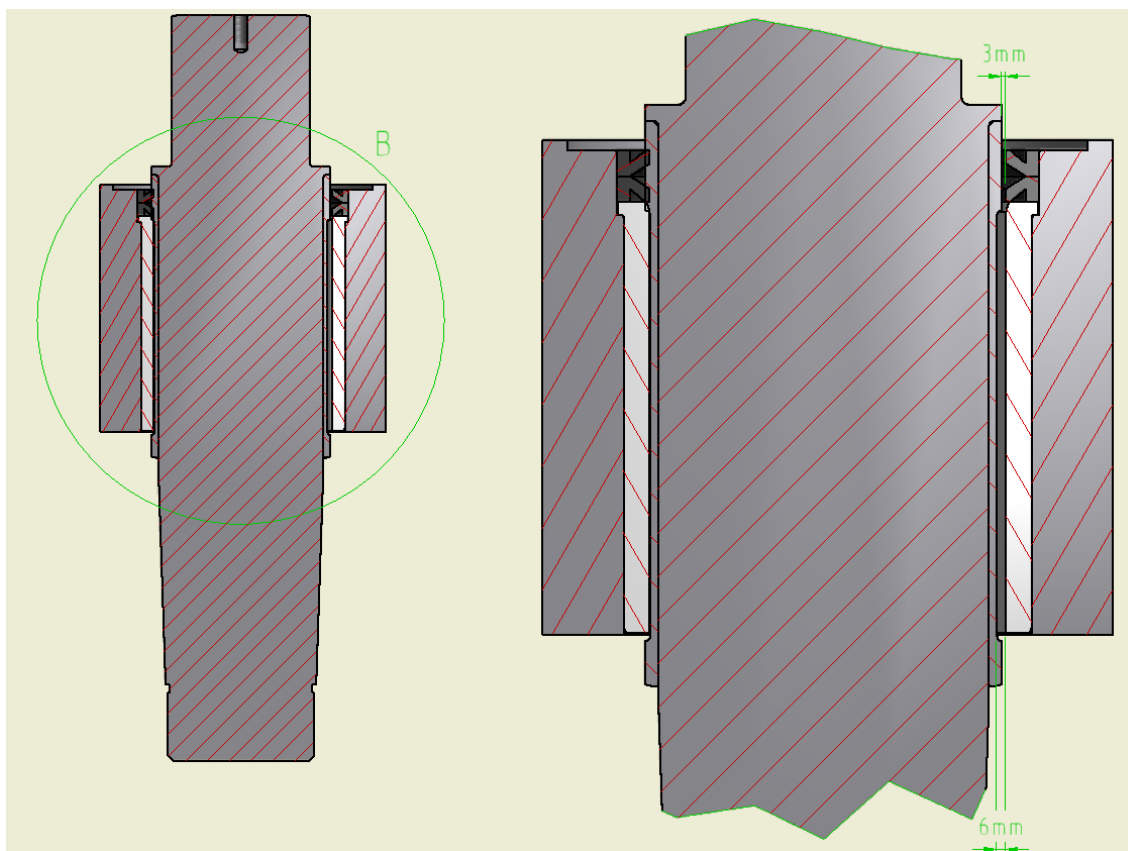
5. Lager slijtage

Het lager dat gebruikt wordt bij de eindflap is een Thordon lager die met water gesmeerd wordt. Dit betekent dat het lager in direct contact staat met het water, waar de schepen zich meestal in bevinden. Bij de pinnen van de lagers, is terugkerende slijtage te zien, zie foto's van bijlage IV. Wat op de foto's te zien is, is dat de bussen van de pinnen slijtage vertonen. De pinnen moeten de eindflap op zijn plaats houden, maar ook de overbrenging doorgeven.

Tussen de lager en bus is weinig speling, maar er zijn geulen waar tussen de twee onderdelen gesmeerd worden. Als hier zand tussen gaat zitten, dan gaat het schuren en zal er een ruimte tussen de lager en de bus komen. De slijtage op de bussen wordt steeds erger, naar mate het schip langer in gebruik is zal dit exponentieel oplopen.

Wat tijdens de reparaties is gemeten, is dat de bussen ongeveer 6 mm over de diameter zijn geslonken. Tijdens de reparaties zijn de lagers niet gecontroleerd op de diameter, maar als deze ook versleten waren betekent dat, dat er meer dan 6 mm speling op zat elke keer. Het rapport Van Barkemeyer is te vinden in bijlage VII. De speling die op de pin kan zitten is niet erg zolang de seal de ruimte kan dichten. Dat houdt in dat de seal ringen een speling van 6 mm minimaal moeten opvangen om het afgesloten te houden. Uit specificaties van de seal ringen blijkt echter dat de seal ringen een maximale speling hebben van 3 mm, zie bijlage VIII. Dit betekent dat de slijtage aan de pin het maximum overschrijdt en dat de seal ringen geen goede afdichting kunnen maken. Op figuur 5 is te zien hoe het er uit ziet als de pin versleten is en bij het manoeuvreren helemaal aan de zijkant wordt gedrukt.

CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 21 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------



Figuur 5 de speling tussen de glijager en bus

Als deze slijtage op de pinnen vergeleken wordt met die van de Coastway is er duidelijk een verschil te zien. De slijtage op de pinnen van de Coastway is aanzienlijk kleiner. Om te achterhalen waar dit slijtage verschil vandaan komt, wordt er gekeken wat voor verschillend werk de schepen hebben gedaan.

Het zand dat in het lager kan komen wordt veroorzaakt door de propellers, dat zand opwoekert als de kioldiepte niet diep genoeg is. Het kan ook veroorzaakt worden door de werkomstandigheden van het schip.

5.1. *Werkomstandigheden*

Om de werkomstandigheden van het schip te achterhalen wordt er gekeken of er duidelijke verschillen zijn tussen de zusterschepen. Uit de werkomstandigheden zou een verschil kunnen blijken, dat een verklaring kan zijn voor de overmatige slijtage in een roer. In bijlage V onder het kopje *locatie* is te zien waar de Waterway en de Coastway voor het grootste deel aan het werk zijn geweest. Naast de locatie is het nog belangrijker om te weten, wat voor soort werk het schip gedaan heeft op de locatie. Als het soort werk bepaald is kan er misschien een verband gezien worden tussen de het werk en de slijtage tussen de tweezusterschepen.

5.2. *Werk soorten*

De bagger schepen kunnen verschillende werkomstandigheden hebben. Er zijn drie werkomstandigheden dat is: Wal persen, rainbow en dumpen.

CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 22 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

Wal persen:

Wal persen is de lading zand verpompen naar het land doormiddel van een leiding die in zee drijft, zie figuur 6. Deze handeling heeft geen tot minimale bijdragen aan de slijtage van de roeren. Bij het wal persen liggen de schepen wat verder van de kust af, waardoor het schip in dieper water ligt. Als het schip in dieper water ligt het schip minder last van zand in het water en komt er minder zand langs het roer.



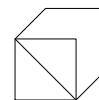
Figuur 6 Wal persen

Rainbow:

Bij rainbow word de lading voor het schip gespoten in een boog zoals in figuur 7 te zien is, deze handeling kan eventueel bijdragen aan slijtage van het roer. Dit komt omdat het schip dicht bij de kust moet liggen om op te kunnen spuiten. Doordat het schip dicht bij de kust ligt kan het zo zijn dat de kiel afstand kleiner is geworden. Dit kan het zand opwoekeren waardoor er zand langs de roeren kan komen.



Figuur 7 Rainbow



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 23 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

Dumping:

Bij dumping wordt de lading gedropt op een specifieke plek waar het zand gelost mag worden zo'n locatie heet een put. Dit kan veel bijdragen aan de slijtage van de roeren, dit komt omdat het schip vaak door blijft varen tijdens het dumpen van de lading. Terwijl het schip door blijft varen tijdens het dumpen, komt er veel zand langs de propellers van het schip dat het zand met snelle vaart op het roer drukt. Dat het zand op de roer gedrukt word, wordt het ook in het Thordon lager gedrukt waardoor het harder kan slijten.

Tijdens het opzuigen van zand komt er veel water mee het beun in , dat het zand heeft meegenomen. Het water dat in het beun ligt moet er uit gefilterd worden en wordt doormiddel van een overflow systeem geloosd aan de onder kan van het schip. Omdat er tijdens het zuigen het water erg troebel is gaat er ook een klein beetje zand mee met het water. het water met het troebelen water gaat ook langs de roeren. Dat weer bij kan dragen aan slijtage.

Uit een uitdraai van de werkomstandigheden van de schepen Waterway en Coastway, is te lezen dat er wel degelijk een verschil zit tussen de werkomstandigheden van de tweezusterschepen, zie bijlage IX. Hier uit blijkt dat de Waterway twee keer zoveel trips heeft gemaakt voor een dumping dan de Coastway. Maar wat belangrijker is het aantal m³ wat de Waterway verplaats heeft tijdens het dumpen, dit is namelijk ruim 4x keer meer dan de Coastway. Dit leidt tot het slijtage verschil tussen de zusterschepen, dat komt onder ander omdat de roeren van de Waterway meer bloot gesteld aan schadelijke werkomstandigheden en hierdoor ondervind het schip meer slijtage.

De werkomstandigheden kunnen niet veranderd worden, er kan wel rekening mee gehouden worden, zodat Boskalis het in kan calculeren bij het verhuren van het schip aan het project.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 24 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

6. Ontwerp

Bij het ontwerpen van het BARKE roer, moet het roer aan veel eisen voldoen. Deze eisen zijn vast gelegd in een internationale regelgeving dat gecontroleerd word door Bureau Veritas, die vele schepen certificeert van Boskalis. Bureau Veritas is een instantie die controles op de schepen uitvoert en ook ondersteuning geeft en controleert of het schip aan de eisen voldoet. Bureau Veritas is niet de enige die deze servies aanbied zo zijn er meerdere instanties die deze controle aanbieden. De eisen aan een nieuwbouw schip dat internationaal opgesteld is heeft ook eisen aan de roerkoning, maar niet alleen de roerkoning ook aan het lager van het roer. Als het roer niet aan de eisen voldoet, kan het roer niet worden goedgekeurd, hierdoor komen er altijd goed gekeurde roeren op de schepen. Doordat er veel eisen aan het roer gesteld worden, kan het niet zo zijn dat het krachten spel op het roer te groot is. Dit door twee redenen, ten eerste dat het gecontroleerd is door Bureau Veritas, zodat het aan de eisen voldoet en ten tweede dat de overmatige slijtage aan de roeren alleen bij een van de zusterschepen voorkomt. Doordat het niet bij elk BARKE roer installatie voortkomt, kan het niet zo zijn dat de krachten op de roerkoningen en het roer zelf te grote krachten ondervindt.

6.1. Krachten

Wat echter niet vast gelegd is in de internationale regelgeving, is het krachtenspel op de seal ringen op de eindflap. De krachten die hierop kunnen komen zou te veel kunnen zijn voor de seal ringen. Daarom is er een berekening gemaakt is, wat voor druk verschil er op kan treden bij de seal ringen van de BARKE installatie.

Berekenigen:

De propeller gegevens:

$d = 0,72 \text{ m}$ $r = 0,36 \text{ m}$

$D = 2,5 \text{ m}$ $R = 1,25 \text{ m}$

Total max thrust = 360 kN per propeller at 2000 kW en $V = 0 \text{ kn}$. [3]

$$\begin{array}{rcl} \pi \cdot r^2 & \pi \cdot 0,36^2 & = 0.41 \\ \pi \cdot R^2 & \pi \cdot 1,25^2 & = 4.91 \end{array} \quad \begin{array}{c} - \\ \hline 4.50 \end{array} \quad \text{m}^2$$

$$F/\text{m}^2 \quad 360/4,50 \quad = \quad 79.97 \quad \text{kN/m}^2$$

Druk onderwater bij 3 meter 0,3 bar

$$\begin{array}{rcl} \text{stuwdruk} & 79.97 & \\ \text{onderwaterdruk} & 30.00 & + \\ \hline \text{totale stuwdruk} & 109.97 & \text{kN/m}^2 \end{array}$$

De druk in de roeren te kunnen bepalen moet er gekeken worden wanneer de overflow kleppen open gaan. De druk van de overflow kleppen worden bepaald door Barkemeyer, omdat dit nergens is vermeld is er aan de bemanning gevraagd om dit op te zoeken, zie bijlage X voor mail.

druk van de overflow kleppen

BB

SB



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 25 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

Coastway:	185 kPa	185 kPa
Waterway:	95 kPa	65 kPa
Druk verschil		
Waterway	BB	95 - 109.97 = - 14.97 kPa - 0.15 bar
	SB	65 - 109.97 = - 44.97 kPa - 0.45 bar
Coastway	BB	185 - 109.97 = 75.03 kPa 0.75 bar
	SB	185 - 109.97 = 75.03 kPa 0.75 bar

Uit de berekening blijkt dat er een druk verschil in de schakelkamer en het zeewater aanwezig is. De druk in de roeren installatie bij de Waterway is een onderdruk en bij de Coastway heerst er een overdruk in de schakelbak. Als er dan gekeken wordt naar de technische gegevens van de seal ring, dan kan er afgelezen worden dat het maximale druk verschil dat de seal aan kan 150 kPa. Dit druk verschil valt binnen de marge dat de seal aan kan en zou het afgedicht moeten blijven. Als de druk te groot zo zijn dan kan het zo zijn, dat de seal ringen kapot gaan van de druk die erop staat.

Als er toch een open verbinding komt met de waterdruk en de smeermiddeldruk, dan heeft dit als gevolg dat er smeermiddel uit gegooit wordt of dat er zeewater naar binnen komt. Het druk verschil bij de Waterway is negatief en betekend dat daar zeewater naar binnen komt. Bij de Coastway heerst er overdruk en zal er smeermiddel naar buiten komen als er een open verbinding is. Om interne slijtage te voorkomen is het beter dat er een overdruk heerst dan een onderdruk, want dit voorkomt dat er zeewater en andere viezigheid naar binnen komt.

6.2. Smeringontwerp

Het ontwerp van het smeersysteem is erg belangrijk, hierdoor blijven de kritische delen beschermd tegen roest en ook tegen grote slijtage.

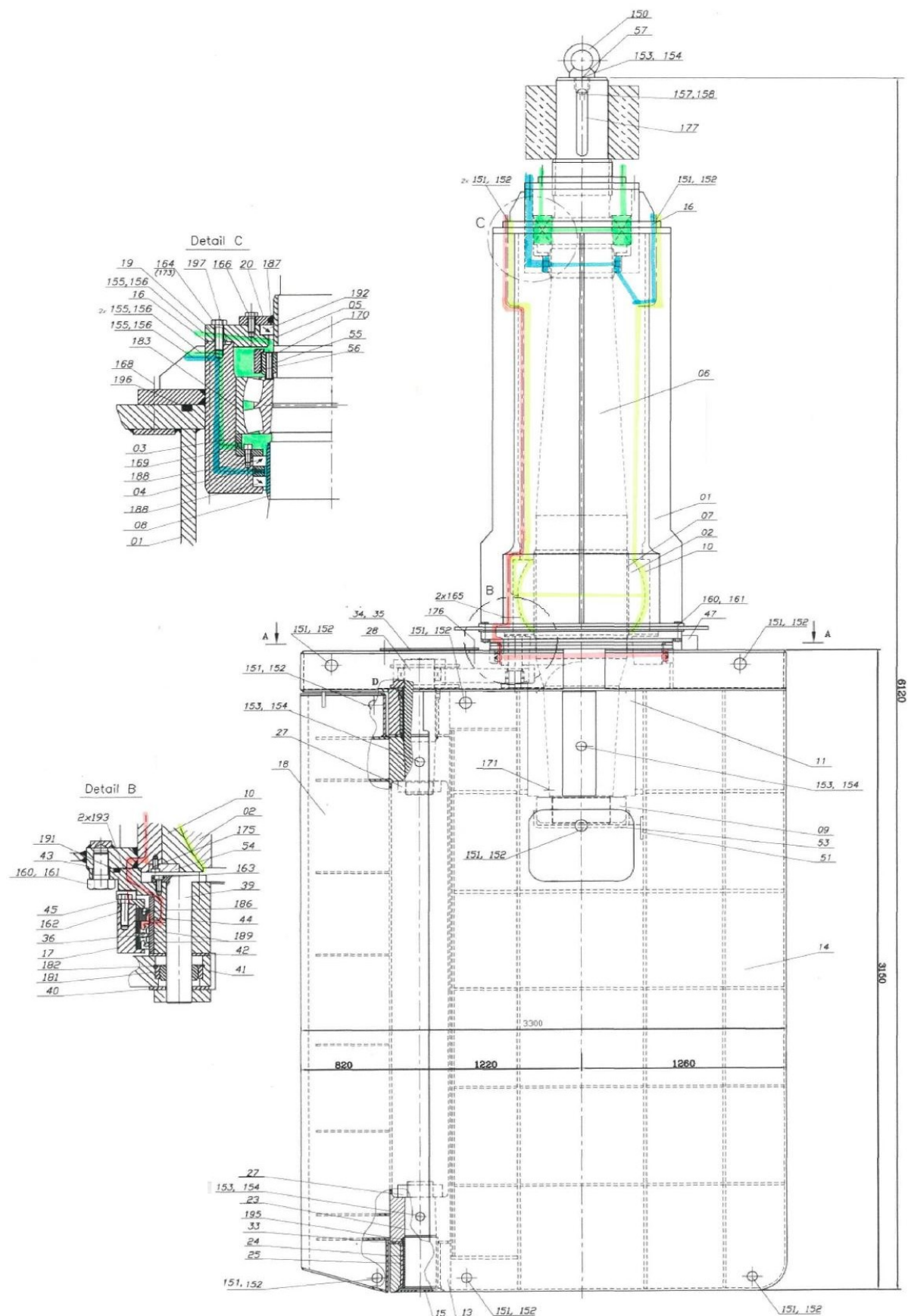
Doordat de smering belangrijk is wordt de roerkoning op 4 plekken gesmeerd en word op 2 plekken geventileerd om een flow te krijgen in het systeem om het smeermiddel te verversen. In figuur 8 is de roerkoning getekend waar 4 kleuren opzitten, die de flow laat zien hoe het officieel moet lopen in het roer. Waar het smeermiddel in gespoten moet worden is op de plekken 1, 2, 3 en 7.

Waarvan 1 en 3 worden geventileerd op uitgang 4, en 1 wordt geventileerd op 3a. punt 7 smeert de seal ringen van de roerkoning en wordt niet geventileerd maar moet als overflow werken om de viezigheid wegspoelen.

Blauw:	3 naar 4	2.7 cc/uur
Geel:	2 naar 4	13.2 cc/uur
Groen:	1 naar 3a	2.7 cc/uur
Rood:	7 naar de zee	1.3 cc/uur

Deze kleuren komen overeen met figuur 8 die op de volgende pagina te vinden is. In de bijlage XI is een handleiding van de Barkemeyer roeren, hierin staan de schematische tekening van het smeermiddel van het roer.

CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 26 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------





CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 27 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

Om te kijken of het roer installatie smeermiddel verliest, moet er gekeken worden hoeveel smeermiddel er per dag bijgevoerd moet worden. Helaas wist de bemanning niet hoeveel er per dag bijgevoerd werd en moest hier een onderzoek naar gedaan worden, om te achterhalen of er een verlies verschil was tussen een net gerepareerde en een versleten roeren systeem.

Wat is er bij het onderzoek gedaan: er moest 4 dagen geen smeermiddel meer bijgevoerd worden in het reservoir, zodat er gekeken kon worden hoeveel smeermiddel uit het reservoir is gegaan. Waarna er goed gekeken moest worden hoeveel er weer bijgevoerd moest worden. Nadat er goed afgemeten was hoeveel er weer bij gevoegd moest worden, kan er per etmaal uitgerekend worden hoeveel het smeersysteem aan vet verliest.

Schip	Verloren liters	Test dagen	Verlies per etmaal	Laatste reparatie
waterway	1.2	4	0.3 l	jun-2011
Coastway	1.7	4	0.425 l	jun-2009

Het verbruik van smeermiddel per roer is 20 cc/uur. Er zitten twee roeren op het schip om te kijken wat het schip verbruikt aan smeermiddel wordt dit over een dag gerekend

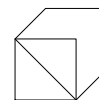
$$2 * 20 \text{ cc} * 24 \text{ uur} = 960 \text{ cc} \quad 0.96 \text{ liter}$$

Schip	aanvoer	verlies	retour
waterway	0.96 l	0.3 l	0.66 l
Coastway	0.96 l	0.425 l	0.54 l

Nu dat het retour en verlies bekend zijn kan dit in percentages uitgezet worden, hoeveel het schip van het smeermiddel heeft verloren.

verlies	per etmaal	per uur (beide roeren)	per roer	aanvoer	verlies	percentage
waterway	0.3	0.013	0.006	20 cc/uur	6 cc/uur	31.3%
Coastway	0.425	0.018	0.009	20 cc/uur	9 cc/uur	44.3%

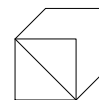
Uit het onderzoek is gebleken, dat voor een onderhoudsbeurt het smeermiddel verbruik met ongeveer 10% is verhoogt. Het is ook goed om te weten, waar het smeermiddel allemaal heen gaat. Zo wordt erbij het schip smeermiddel in de zee gespoten, dit komt omdat het roer systeem een "wash out" heeft bij de seal ringen van de roerkoning. De "wash out" heeft ongeveer een vet verbruik van 1,3 gram/uur. Tevens wordt er ook wat smeermiddel verloren bij de bovenste seal ring, deze wordt gesmeerd met 2,7 gram/uur een deel van dit smeermiddel gaat langs de seal ringen de stuurcabine in en de rest blijft in de installatie zitten. Bij de pinnen van de eindflap wordt er ook wat smeermiddel verloren langs de seal ringen. Het smeermiddel dat verloren gaat in de zee is niet heel erg milieuvriendelijk, doordat het roer smeermiddel niet biologisch afbreekbaar is voor het grootste gedeelte. Om uit te zoeken welk smeermiddel Boskalis beter kan gebruiken, moet er een vervolg onderzoek gestart worden naar smeermiddelen.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 28 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

7. Conclusie

Wat er geconcludeerd kan worden is, dat met de methode die gekozen is de gewenste resultaat is behaald. Dankzij het visgraatdiagram en de 80/20 regel is er een verschil gevonden dat leid tot overmatige slijtage tussen de tweezusterschepen. Wat het onderzoek laat zien, is dat er door het soort werk, wat de baggerschepen doen inderdaad een slijtage verschil op treedt, door de hoeveelheid zand langs het roer en tussen de Thordon lager gaat zitten. Dit verklaart dat er een ruimte ontstaat tussen de seal ringen en de pin, dat niet meer dicht is. Wat verder uit het onderzoek te zien is, dat er een degelijk verschil zit tussen de overflow kleppen van de tweezusterschepen en dat er door de stuwing van het schip een druk verschil ontstaat tussen het schakelbak van het roer systeem en het water. Dit leidt er tot dat er zandwater naar binnen komt bij de Waterway en bij de Coastway smeermiddel naar buiten gaat. Dit veroorzaakt het grote slijtage verschil tussen de tweezusterschepen.



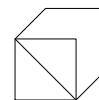
CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 29 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

8. Aanbevelingen

Aanbevelingen die kunnen bijdragen aan het verminderen van de overmatige slijtage zijn als volgt:

- Wat ook gedaan kan worden is een modificatie aan het lager die het probleem veroorzaakt. een modificatie aan de lager kan zijn, dat het water gesmeerde lager vervangen wordt door een vet gesmeerd lager, waardoor de seal ringen het water al eerder tegen gaan. En dat er minder slijtage kan op treden.
- De druk kan opgevoerd worden van de overflow kleppen, hierdoor gaat de druk in het roer systeem omhoog. Als de druk omhoog gaat dan krijgt het roer een overdruk en als er dan een lek komt gaat er smeermiddel uit in plaats van zand naar binnen. Deze oplossing is niet milieu vriendelijk tenzij er voor een smeermiddel word gekozen dat biologisch afbreekbaar is.

De oplossingen helpen bij aan een vermindering van overmatige slijtage aan de roeren van Barkemeyer. De oplossingen moeten nog wel tegenover de investeringskosten afgewogen worden, zodat er een goede keuzen gemaakt kan worden. Deze keuze moet in een vervolg onderzoek worden bekeken en of het overmatige slijtage vermindert of helemaal wegneemt.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 30 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

Literatuur en links

Boeken:

Hoogland, W. e.a.(2010), *Rapport over rapporteren*, Groningen: Noordhoff bv.

Kals, Prof. H.J.J. e.a.(2001), *Industriële productie*, Den Haag: ten Hagen & Stam
bv.

Koch, R.(2008)*Het 80/20 principe*, den Haag: Sdu Uitgevers bv.

Beer, J.C.F. de(2008)*Methodisch ontwerpen*, Den Haag: Sdu Uitgevers bv.

Fortuin, Ir. J.B. e.a.(2006)*Poly-Technisch Zakboek*,Doetinchem: Reed Business
Informatie bv.

Sites:

www.barkemeyer.com

www.boskalis.nl

www.google.nl

www.klimaatinfo.nl

www.jameswalker.com

www.bureauveritas.com

www.rollsroyce.com

www.klimaatinfo.nl

www.Mobil.com

www.Shell.com

www.BP.com

www.Castrol.com

Informatie/Ondersteuning van bedrijven:

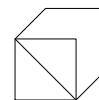
Boskalis Bron: collega's + mail[1]

James Walker Bron: telefoon gesprek

rolls-royce Bron: mail

Barkemeyer Bron: mail

Bureau Veritas Bron: Rules



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 31 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

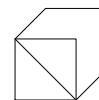
Bijlage

- I Extra informatie van schepen*
- II Voordelen BARKE roer*
- III Technische tekeningen*
- IV Foto's van de reparaties*
- V Overige visgraat onderwerpen*
- VI Waardeanalyse*
- VII Rapport Barkemeyer*
- VIII James Walker*
- IX Werkomstandigheden*
- X Mail*
- XI Handleiding Barkemeyer*
- XII Overige informatie*



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 32 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

I Extra informatie schepen



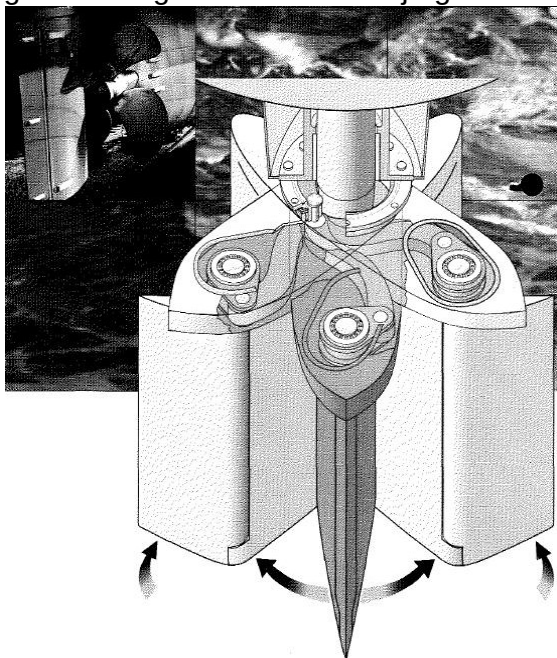
CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 33 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

II Voordelen BARKE roer

In de vloot van Koninklijke Boskalis Westminster nv. hebben een aantal schepen een roer systeem van het merk Barkemeyer, dit roer systeem komt vaak voor op hopperschepen. Het type roer systeem dat op de schepen zit is een BARKE roer. Dit type roer komt onder andere voor bij de volgende schepen in de vloot: de Waterway, Coastway, Prins der Nederlanden, Oranje, Shoreway en Crestway. Het bedrijf Barkemeyer is overgenomen door het bedrijf Van Der Velden dit bedrijf heeft ook alle onderhoudsservies overgenomen.

Werking van de BARKE roer

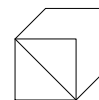
Het BARKE roeren systeem bestaat uit twee delen, een hoofdroer en een eindflap. Het hoofdroer en de eindflap bewegen tijdens het manoeuvreren anders van elkaar. De eindflap maakt dan een grotere hoek ten opzichte van het hoofdroer. Doordat de eindflap een grotere hoek maakt, kan het water beter geleid worden in een bocht. In figuur 1 is een BARKE roeren systeem te zien. Om het hoofdroer en de eindflap apart te kunnen laten bewegen word er doormiddel van een mechanische arm de overbrenging gerealiseerd. Om de mechanische overbrenging te beschermen tegen het water is het mechanische gedeelte in een beschermd bak gelegd vol smeermiddel. Het smeermiddel in de schakelbak beschermt het mechanische gedeelte tegen corrosie en slijtage.



Figuur 1 BARKE roer

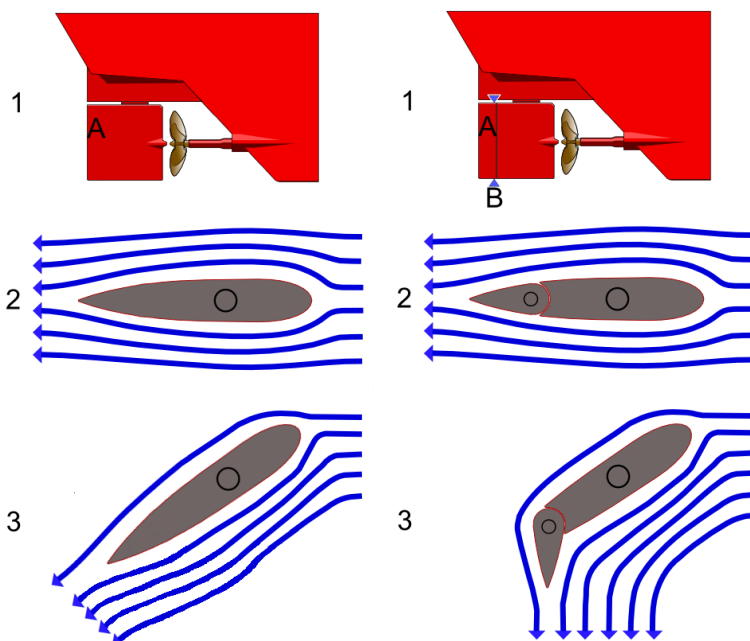
Voordelen van een BARKE roer

De voordelen een BARKE roer systeem vergeleken met een conventioneel roer systeem is dat het water beter geleid kan worden in de een bocht, dankzij de eindflap van de BARKE roer. Een traditioneel roer systeem bestaat uit een roerblad die het water ongeveer in een hoek van 45° omleiden. In tegen stelling tot een BARKE roer systeem die het tot bijna 90° kan omleiden. Doordat het water beter



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 34 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

geleid worden is het makkelijker om te manoeuvreren. De geleiding van het water van een conventioneel roer en een BARKE roer systeem is in de volgende figuren te zien. Zo is in figuur 2 te zien hoe het water geleid word langs een conventioneel roer systeem en figuur 3 van een BARKE roer systeem. Hieruit blijkt dat bij een BARKE roer systeem het water beter omgeleid kan worden en kunnen de schepen beter manoeuvreren in vergelijken met een schip met een conventioneel roer systeem.



Figuur 2 traditioneel roer systeem

Figuur 3 BARKE roer systeem



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 35 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

III Technische tekeningen

Tekening nummer	Over matige slijtage onderdeel	Normale slijtage onderdelen
186590-01		
186591-01		
186592-01		
186593-01		
186594-01		
186595-01		
186596-01		
186597-01	V	V
186598-01		
186599-01	V	V
186600-01	V	
186601-01	V	
186602-01	V	
186603-01	V	
186604-01		
186605-01		
186607-01	V	
192684-02	V	V
192686-02	V	V

CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 36 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

IV Foto's van de reparaties

Hier zijn de reparaties van de Waterway en de Coastway.

Reparaties Waterway 2005



Overzicht BARKE roer.



Roerkoning met zand er in.



Normale slijtage op de Bush van roerkoning.



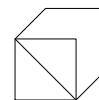
Pin van eindflap.



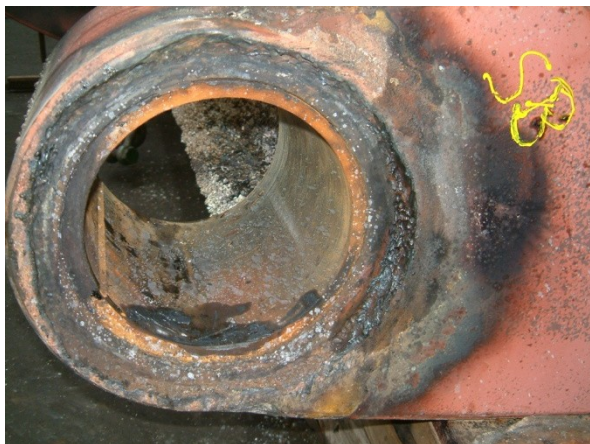
Lager van juk nieuw en oud lager.



Slijtage op de pin van eindflap.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 37 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------



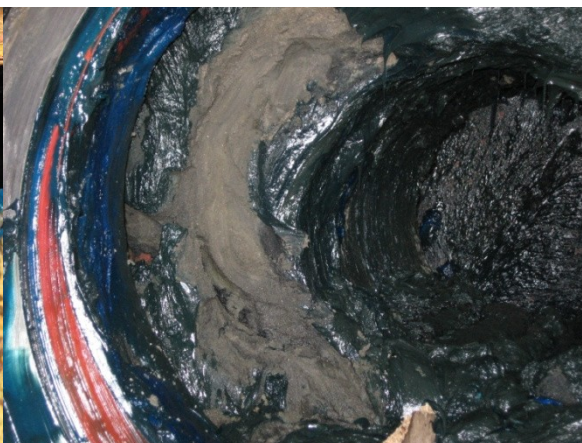
Slijtage op de Thordon lager.

Reparaties Waterway 2008

Bakboord



Zand aangetroffen in schakelbak.



Zand aangetroffen bij roerkoning.



Zand op de bodem van de schakel bak bij de eindflap.



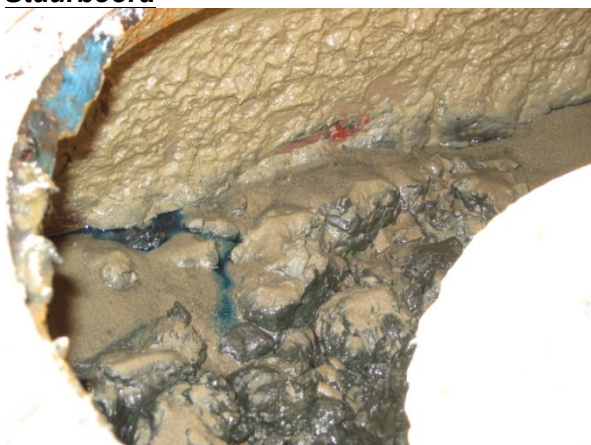
Lager bij eindflap.

CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 38 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------



Slijtage op de pin van de eindflap met daarnaast een close up foto.

Stuurboord



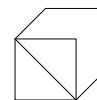
Zand aan getroffen in de schakelbak.



Slijtage op de bodem van de schakelbak.



Slijtage aan de overbrengingsarm.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 39 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------



Close up van overbrengingsarm.

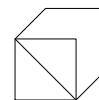


De arm heeft zich in de juk gesleten.



Slijtage op de eindflap pin met een close up.





CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 40 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------



Aangetroffen Thordon lager van de eindflap.



Lager van het Juk.



Slijtage op de overbrengingsarm.



Slijtage op roterend lichaam.



Close up van roterend lichaam.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 41 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

Reparatie Waterway 2011



Zand aangetroffen in de schakelbak.



Het roterende lichaam die de overbrengingsarm aan stuurt, bijna afgebroken.



Slijtage op de overbrengingsarm.



Speling op de pin van de eindflap.

CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 42 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------



Reparatie Coastway 2004

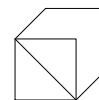


Scheur in onderste pin van de eindflap.



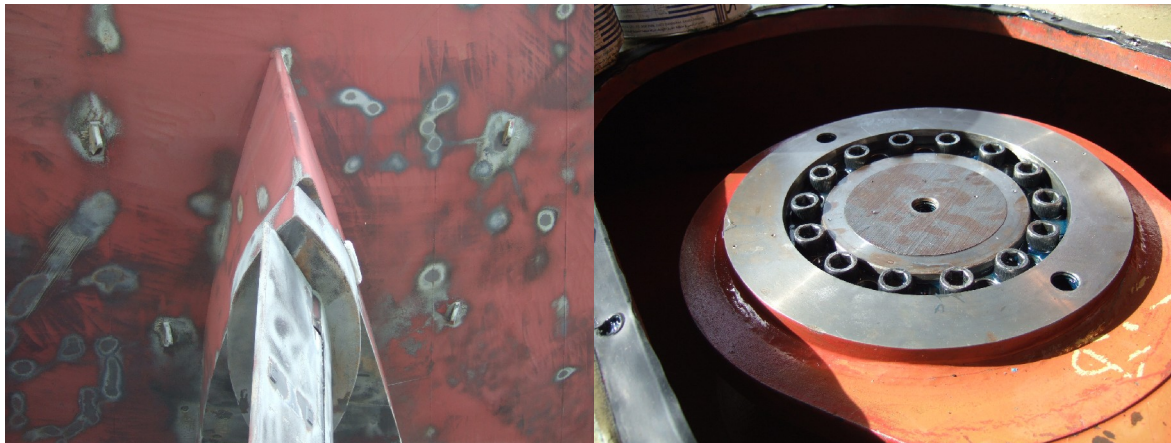
Terug plaatsen van juk.



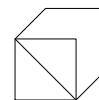


CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 43 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

Inspectie Coastway 2007



De opening van schakelbak bij inspectie.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 44 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

Reparatie Coastway 2009



Overzicht BARKE roer



Overbrengingsarm in goede staat



Juk in goede staat.



Roterend lichaam in goede staat



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 45 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

V Overige visgraat onderwerpen

Metingen

Bij de metingen van het roer is het erg belangrijk dat het onderhoud op tijd wordt uitgevoerd en dat er tijdens het onderhoud goede controles uitgevoerd worden, om de roeren in goede staat te houden.

Tolerantie

Om er zeker van te zijn dat de roeren in goede zijn als het schip het droogdok verlaat, wordt er met een medewerker van de Van Der Velden groep samen gewerkt tijdens de reparaties, om te controleren of de toleranties goed zijn en of het roer in perfecte staat is. De gecertificeerde medewerker controleert het roer op de tolerantie en eventuele fouten tijdens het terug zetten van het roer, hierdoor zullen er weinig fouten op kunnen treden. Het bedrijf garandeert dan ook dat het roer in goede staat is als het verlaat. Van elke reparatie waar Boskalis Van Der Velden groep heeft ingehuurd om de onderhoud te doen, zijn uitgebreide rapportage van te vinden zo is er ook een rapportage in de bijlage VII te vinden. Hierdoor zal de het onwaarschijnlijk zijn dat er na controle van experts dat dit slijtage veroorzaakt.

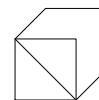
Onderhoud

Barkemeyer geeft aan dat er bij elke normale droogdokking de roeren geïnspecteerd moeten worden. Deze inspectie moet tijdig slijtage aan het licht brengen. Boskalis houdt zich netjes aan de onderhoudsbeurt voorschriften die Barkemeyer heeft voor geschreven en hierdoor wordt er verwacht dat het onderhoud aan de roeren op tijd wordt uitgevoerd. De voorschriften zijn terug te lezen in de Handeling van Barkemeyer en de mail van Barkemeyer. Omdat Boskalis aan de planning houd van Barkemeyer is het erg onwaarschijnlijk er te laat onderhoud word gepleegd. Tevens is het onderhoud patroon niet het zelfde van de Waterway en Coastway. Dit terwijl de zusterschepen de zelfde onderhoudsbeurten hebben en is het erg onwaarschijnlijk dat het hier aan kan liggen.

Om te kijken wanneer de reparaties zijn geweest, moet er in de geschiedenis gekeken worden van de schepen om er zo achter te komen wanneer de BARKE roeren zijn gerepareerd. Gelijk wordt er ook gekeken waar de reparatie heeft plaats gevonden. De locaties en de datums die hier worden beschreven zijn alleen de inspecties of reparatie, die plaats hebben gevonden aan een BARKE roer. Er zijn meer reparaties maar deze zijn in het onderzoek niet van belang en zijn uit het onderzoek gelaten.

De Waterway is in januari 2001 opgeleverd en is toen gelijk in bedrijf gegaan bij Koninklijke Boskalis Westminster nv. Er word gekeken op welke locatie het schip voor het grootste gedeelte is gewerkt heeft en wanneer de schip een reparatie heeft gehad:

- 70% in Afrika richting Nigeria
 - o Reparatie in juli 2004 bij Niehuizen
- 100% in Noordzee aan de kust van Nederland
 - o Reparatie in september 2008 bij Schiedam
- 100% in Noordzee aan de kust van Nederland



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 46 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

- o Reparatie in mei – juni 2011 bij Capetown
- heden in Afrika richting Benin

De Coastway is eind februari 2002 opgeleverd en is toen gelijk in bedrijf gegaan bij Koninklijke Boskalis Westminster nv. Er wordt gekeken op welke locatie het schip voor het grootste gedeelte is gewerkt heeft en wanneer de schip een reparatie heeft gehad:

- 20% in de Noordzee en 80% in midden- oosten bij Bahrain
 - o Reparatie oktober 2004 Dubai
- 100% in midden- oosten bij Bahrain
 - o Inspectie in mei 2007 Bahrain
- 100% in midden- oosten bij Bahrain
 - o Reparatie juli 2009 in Bahrain
- Heden in midden- oosten bij Abu Dhabi

Conclusie

Omdat er een expert tijdens elke reparatie wordt ingezet en volgens Barkemeyer op tijd de onderhoudsbeurt gegeven is aan het roer, is er een kleine kans dat het aan deze onderwerpen kan liggen. En heeft dit weinig tot geen invloed op de slijtage.

Milieu aspect

Om het milieu aspect goed in het onderzoek mee te nemen moet er gekeken worden waar de Waterway en de Coastway te werk zijn geweest en wanneer de reparaties aan de BARKE roeren is uitgevoerd. Tevens moet er gekeken worden wat de conditie van het zeewater was, want dit kan ook eventueel meespelen in het onderzoek.

Locatie van werk:

De locatie waar de Waterway en de Coastway het meest heeft gevaren is erg belangrijk, want hierdoor kan misschien het verschil in slijtage van de BARKE roeren verklaard worden. Er wordt gekeken naar de condities van het zeewater en ook de temperatuur van het water. Boskalis registreert waar de schepen zijn en hoe lang ze daar bezig zijn, dit heet een cirkel deployment. In een cirkel deployment staan de activiteiten waar het schip voor in rekening is gebracht, bij deze activiteiten staan ook de locatie en datum, wanneer het schip heeft gewerkt. Naast de locatie en datum staat er ook wanneer het schip buiten gebruik is geweest voor een reparatie.

De locatie waar de Waterway gevaren heeft, voor het grootste deel in de Noordzee zie figuur 1. De Noordzee bestaat uit 95% kwarts en mineralen.

CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 47 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------



Figuur 1 locatie Waterway in Europa

De locatie waar de Coastway gevaren heeft, voor het grootste deel in de Perzische Golf, zie figuur 2. In de Midden-Oosten bestaat de bodem uit 50% kalkzandsteen en 50% Kwarts.



Figuur 2 Locatie Coastway in Midden-Oosten

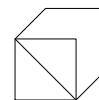
Het zand wat rond het schip nog warrelt is ongeveer ter grote van 63 μm .

Het is erg onwaarschijnlijk dat de locatie invloed heeft op de slijtage, omdat de schepen in het begin op dezelfde plek hebben gewerkt. En niet de zelfde slijtage vertoonde op de locatie.

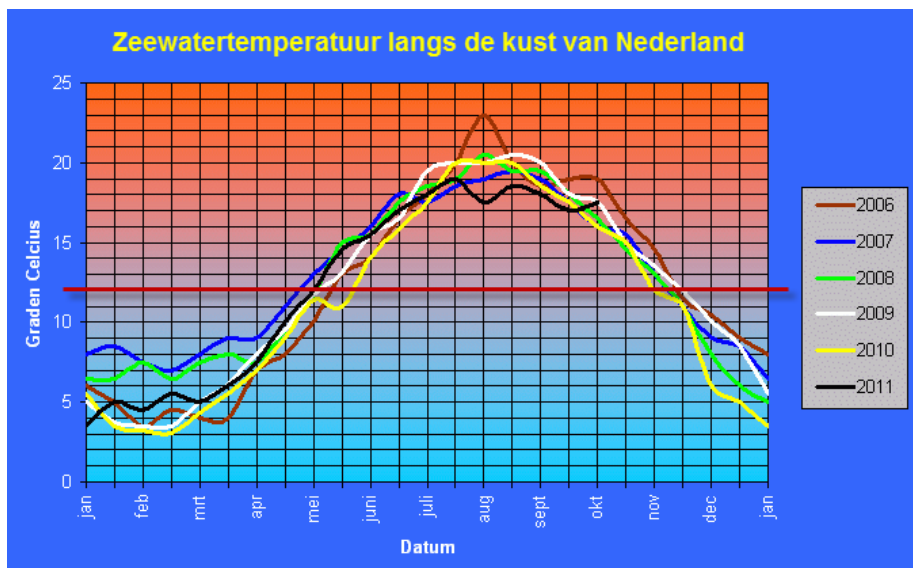
Zeewater gegevens

De samenstelling van het zeewater zou een effect kunnen hebben op het smeermiddel van de BARKE roeren. Dit kan komen doordat het van eigenschappen kan veranderen en dat er dan voor die gebieden een ander smeervet gebruikt moet worden om de juiste smering te behouden.

De temperaturen van het zeewater van de Noordzee en de Perzische Golf zijn verschillend van elkaar Dit komt omdat de Perzische Golf in het midden- oosten ligt waar het over het algemeen een stuk warmer is en de Noordzee ligt een stuk noordelijker en is daarom ook een stuk kouder. De temperatuur van de Noordzee wordt opgemeten door de KNMI en heeft een gemiddelde van 12°C zie figuur 3.

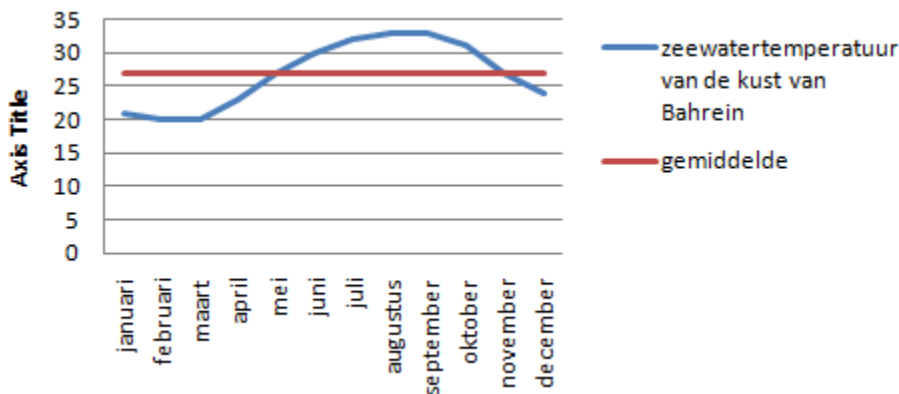


CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 48 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------



Figuur 3

Voor de Arabische zee wordt er ook gemeten wat de water temperatuur is van het zeewater, zo kan er in figuur 4 gelezen worden dat het gemiddelde temperatuur ongeveer 26°C is.



Figuur 4

Methode

Bij Methode wordt er gekeken of de operators opgeleid worden en de kennis hebben om het schip te besturen. Naast de operators wordt er ook gekeken hoe de shifts zijn om te kunnen kijken of er verschillen zijn.

Personeel

Het personeel wat op de baggerschepen werkt kunnen zelf bepalen wat voor shift ze maken en hierdoor kan het verschillen per schip hoe lang de bemanning werkt. De shift dat het personeel kan werken is 12 uur op en 12 uur af of 8 uur op en 8 uur af zijn. Dit wordt door de kapitein bepaald in overleg met de bemanning. Zo word erbij de Waterway en de Coastway gekozen voor de 8 uur. Doordat de schepen dezelfde dienst tijden hebben is het onwaarschijnlijk dat dit invloed heeft op de overmatige slijtage.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 49 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

Operators

De bemanning die te maken hebben met het BARKE roer, worden geheel getraind voor dat ze ermee overweg kunnen. Deze bemanning krijgt ook een opfris cursus aan geboden, zodat ze er goed mee over weg kunnen. Naast de training is het verplicht om een instructie boek aanboord te hebben van het BARKE roer over hoe het gebruikt moet worden. Dit kan handig zijn als de operator meer informatie wil hebben over onderdelen van het BARKE roer, maar ook voor mensen die er weinig van af weten en het moeten gebruiken, er kan gedacht worden aan een nood situatie. Tevens wordt er verwacht van de operators, dat ze zorgvuldig met het schip en het boordapparatuur om wordt gegaan.

Het is erg onwaarschijnlijk dat dit invloed heeft op de slijtage, dit omdat van beide schepen de operators dezelfde opleiding en trainingen hebben gehad.

Conclusie

Omdat er per schip opgeleid mensen aanboord zijn waar van aangenomen, wordt dat ze voorzichtig met het schip omgaan, wordt er verwacht dat deze onderwerpen weinig tot geen invloed hebben op de slijtage.

Machine

Bij machine wordt bedoeld het BARKE roer zelf, hoe het gebruikt wordt en wat er allemaal richting het roer wordt gedaan onder het baggeren.

Draaiuren

Doordat de schepen zoveel mogelijk aan het werk zijn, is het de bedoeling dat de schepen maar één keer in de twee weken bunkeren. Hiervoor moet het schip naar de haven en ligt dan even stil aan de wal. Bij het bunkeren wordt er voedsel en brandstof aan boord gebracht, zodat het schip weer voor twee weken verder kan werken. Dit betekent dat het schip nooit echt stil ligt en dat de roeren 24 uur in gebruik zijn om het schip in de vaart te houden. Zo heeft de Waterway ± 76.000 uur gedraaid en de Coastway ± 70.000 uur. Doordat de Coastway een jaar later in bedrijf is genomen, is dit ongeveer het zelfde aantal uur dat het schip per jaar draait.

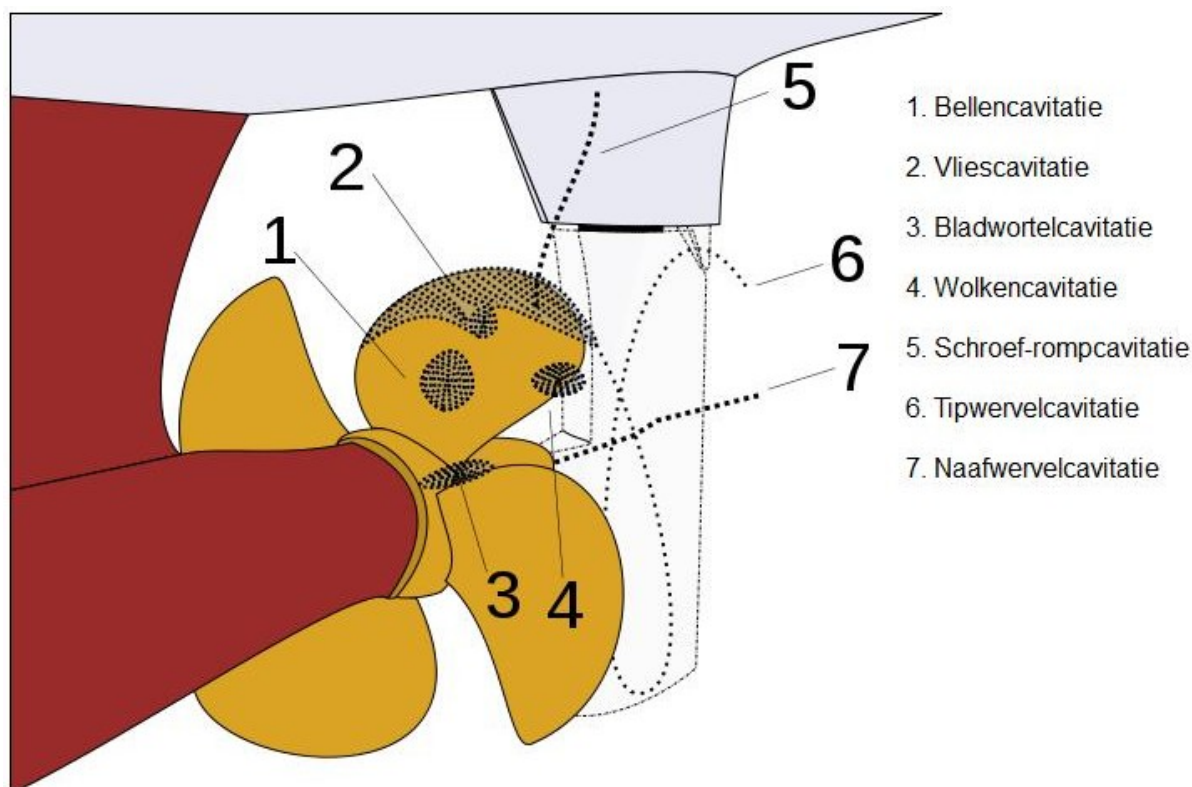
Het is onwaarschijnlijk dat de aantal draaiuren de oorzaak van de overmatige slijtage zijn dit omdat het onderhoud patroon niet het zelfde is geweest bij de aantal uren dat het schip heeft gedraaid.

Cavities

Het grootste deel van de cavities speelt zich af bij de propeller van het schip, Cavities is het verschijnsel dat in een turbulent bewegende vloeistof de plaatselijke druk lager wordt dan de dampdruk van de vloeistof. Waar water bij atmosferische druk pas bij 100°C gasvormig wordt, treedt dit bij lagere druk op. Ook is er cavities wervelingen die het roer aantasten. Deze wervelingen kunnen goed gezien worden op figuur 1.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 50 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------



Figuur 1. Cavities op propeller

De cavities die op het roer kunnen werken zijn schroef-rompcavities, tipwervelcavities en naafwervelcavities. Cavities hebben geen invloed op de overmatige slijtage, dit omdat het beide schepen dezelfde aandrijving hebben met dezelfde pit reduce.

Het is dus onwaarschijnlijk dat cavities de oorzaak kunnen zijn van de overmatige slijtage, omdat er dan een zelfde slijtage patroon gezien moet worden.

Conclusie

Doordat cavities voornamelijk op de propeller zitten en er geen sporen te vinden zijn op het roer dat er cavities opgetreden zijn. De kans is hierdoor vrijwel helemaal weg genomen, dat dit de extra slijtage veroorzaakt. En wordt er aangenomen, dat dit niet tot weinig invloed heeft op de roeren.

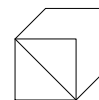
Materiaal

Bij materiaal wordt er gekeken of bij de materiaal keuze op goede keuzes zijn gebaseerd.

Smeermiddel

Om wrijving en slijtage te verminderen in het BARKE roer wordt er smeermiddel gebruikt om de onderdelen te smeren, hierdoor slijten de onderdelen minder snel en kan er een langere levensduur verkregen worden. Tevens wordt er met het smeermiddel ook corrosie tegen gegaan, wat ook de levensduur verlengt

Vanuit Barkemeyer wordt er geadviseerd om minimaal 15 gram smeermiddel per



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 51 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

uur in het systeem te spuiten. Voor elk BARKE roer dat aanwezig is aan het schip, om zo een goede smering te krijgen in de bewegende onderdelen van het BARKE roer. Bij de Waterway evenals de Coastway wordt er meer smeermiddel in het BARKE roer gespoten om zo een nog betere smering te verkrijgen. Er wordt namelijk 20 gram per uur in het systeem gespoten.

Leveranciers van smeermiddelen

Vanuit Barkemeyer wordt er geadviseerd om de volgende smeermiddelen te gebruiken:

Esso	: Beacon EP 1
Shell	: Alvania EP 1
BP	: Energ grease NN-EP 1
Mobil	: Mobilux EP 1 of Mobilith SHC 460

De Waterway als de Coastway gebruiken Mobil XHP 222 dit is een vergelijkbaar smeermiddel. Het heeft alleen een hogere viscositeit als de andere smeermiddelen en is zelf geadviseerd door Barkemeyer. Het effect van een hogere viscositeit is dat het beter blijft zitten als het nat wordt. De Mobil XHP 222 bestaat wel gedeeltelijk uit mineraal olie, maar dit smeermiddel is niet biologisch afbreekbaar. Beide schepen gebruiken de zelfde smeermiddel en is het onwaarschijnlijk dat dit de oorzaak is dat de overmatige slijtage veroorzaakt.

legeringen

Om de goede keuzes te maken van de legeringen van de bussen waar de seal ringen op gedicht worden, wordt er vooral in praktijk gekeken. wat er beschikbaar is op locatie of wat Boskalis heeft ingekocht bij Barkemeyer of hoe snel het product geleverd kan worden. Er word alleen gekozen voor een harde koper soort of RVS die qua eigenschappen dicht bij elkaar liggen. Koper en RVS worden gekozen omdat deze materialen goed tegen corrosie bestand zijn en een hoge hardheid waarde hebben.

Omdat materiaal keuze kan verschillen dat er op gedaan word is het mogelijk dat dit een oorzaak kan zijn van overmatige slijtage.

Conclusie

De smering als de legeringen worden geadviseerd door Barkemeyer en wordt er aangenomen dat deze factoren weinig tot geen invloed hebben op de overmatige slijtage van de roeren.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 52 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

VI Waardeanalyse

Score van 5 Experts						
	1	2	3	4	5	Totaal
Lager slijtage	7	7	8	8	8	38
krachten	5	6	5	6	5	27
Vetsmering ontwerp	5	3	2	3	2	15
Onderhoud	3	0	2	0	0	5
Legering	0	2	0	0	1	3
Smeermiddel	0	1	0	0	2	3
Zeebodem	0	0	2	0	0	2
Cavitatie	0	0	1	1	0	2
Toleranties	0	0	1	1	0	2
Operators	0	0	0	1	0	1
Personeel	0	1	0	0	0	1
Temperatuur	1	0	0	0	0	1

De experts zijn gevraagd om te vertellen wat ze gevonden hadden en waar zij denken dat de problemen liggen. Uitgedrukt in een cijfer 1 tot 10. Uit dit oogpunt is het onderzoek gestart.



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 53 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

VII Rapport Barkemeyer



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 54 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

VIII James Walker



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 55 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

IX Werkomstandigheden



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 56 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

X Mail



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 57 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

XI Handleiding Barkemeyer



CTD	Project Barkemeyer	Issue 2011.12.20	Page 58 of 58
-----	--------------------	------------------	---------------

XII Overige informatie