

Analyse van en aanbevelingen omtrent de motorstoringen aan boord van “Volvox Iberia”

Door : prof. ir. J. Klein Woud

In opdracht van : Van Oord ACZ

Rapport : OvS 99/13

Oktober 1999

Inhoudsopgave

	Pagina
1. Inleiding	2
2. Volvox Iberia - installatie	3
3. Samenvatting van de opgetreden storingen	5
4. Analyse	6
5. Aanbevelingen	12
6. Conclusies	14
7. Referenties	15

1. Inleiding.

Van Oord ACZ heeft sinds 1993 de "Volvox Iberia", een moderne sleephopperzuiger, in bedrijf.

Vanaf het begin kent de machine-installatie veel storingen, die het goede bedrijf van de zuiger enorm verstoren en veel kosten met zich meebrengen. Ondanks veel onderzoek en het aanbrengen van modificaties, uitvoeren van veel reparaties hebben deze niet geleid tot een acceptabel gedrag van de machine installatie.

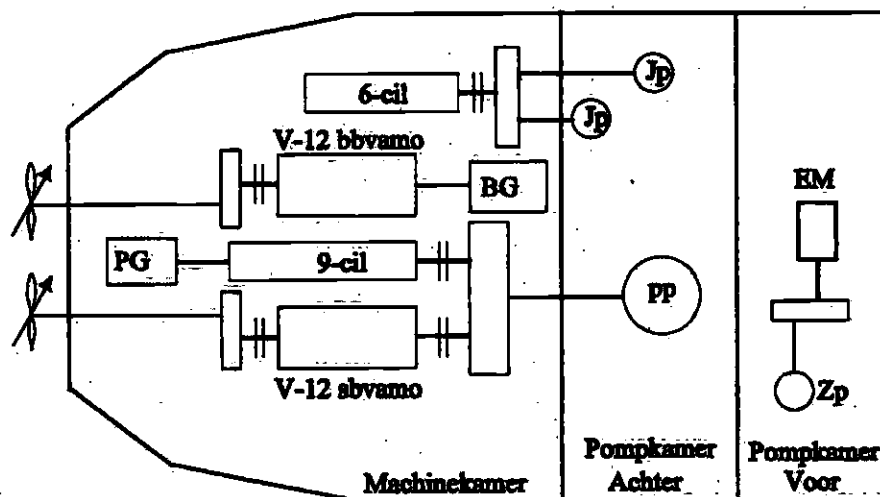
In 1998 heeft Van Oord ACZ aan de Technische Universiteit Delft, afdeling Maritieme Techniek, sectie Maritieme Werktuigkunde gevraagd een onderzoek in te stellen en aanbevelingen te doen voor verbeteringen.

Hiertoe is door Voormolen een afstudeerproject [Voormolen, 1999] uitgevoerd, dat door de auteur van dit rapport begeleid is.

Op basis van het onderzoek van Voormolen is de huidige rapportage met aanbevelingen opgesteld. Hiertoe is tevens intensief overlegd met medewerkers van de technische dienst van Van Oord ACZ.

2. "Volvox Iberia" installatie.

De "Volvox Iberia" is voorzien van een machine installatie volgens figuur 1.



figuur 1: Machine installatie "Volvox Iberia"

- PG = pompgenerator voor aandrijving van Z_p (zuigpomp in de pompkamer) via EM (elektromotor)
- BG = boordgenerator voor boordnet, boegschroeven en onderwater zuigpomp
- J_p = jetpomp
- pp = perspomp
- Z_p = zuigpomp

De machine installatie bestaat uit twee V12-vaarmotoren (vamo), een 6-cilinder- en een 9-cilindermotor. Deze motoren zijn alle van het type SW-280 met een cilindervermogen van 295 kW bij 1000 omwentelingen per minuut. Zodoende is er voor de jetpompen (J_p) een vermogen van 1770 kW beschikbaar, en voor de perspomp (pp) een vermogen van 6195 kW.

De generator (PG) van de 9-cilinder lijnmotor wordt uitsluitend gebruikt om (los van het boordnet) de elektromotor (EM) van de zuigpomp (Z_p) in de voorste pompkamer aan te drijven.

Het boordnet, en alle overige elektriciteitsverbruikers worden via de boordgenerator (BG) van de bakboord vaarmotor voorzien.

Voor het varen en manoeuvreren bestaat de installatie uit:

- Twee verstelbare vierblads-schroeven, een linksom en een rechtsom draaiende, ieder via een reductiekast aangedreven door een 12-cilinder vaarmotor.
- Twee hydraulische afzonderlijk bedienbare roeren.
- Een elektrisch aangedreven omkeerbare boegschroef van 660 kW.
- Een elektrisch aangedreven hekschroef van 840 kW.

Voor het baggerbedrijf is het schip uitgerust met:

- Een in hoogte bedienbare zuigbuis, voorzien van een deining compensator.
- Een in de zuigbuis geplaatste (onderwater) zuigpomp en elektromotor met een vermogen van 1500 kW, niet in toeren regelbaar.
- Een binnenboord geplaatste zuigpomp, aangedreven door een asynchrone elektromotor van 2350 kW via een reductiekast, toerenregeling geschiedt direct via de aandrijvende dieselgenerator. Deze zuigpomp werkt in serie met de in de zuigbuis geplaatste pomp.
- Twee dieselgedreven jetpompen met een vast toerental van 404 omwentelingen per minuut en een gezamenlijk vermogen van 1750 kW.

De "Volvox Iberia" kent drie bedrijfstoestanden, te weten: zuigen, varen/manoeuvreren en persen. Het gebruik van de dieselmotoren in deze drie bedrijfstoestanden is in tabel 1 weergegeven:

	sbvamo		bbvamo		9-cilinder		6-cil
	voortstuwen	persen	voortstuwen	generator	persen	generator	jetwater
zuigen	✓	X	stand-by	✓	X	✓	✓
varen/man	✓	X	✓	✓	X	X	X
persen	X	✓	✓	✓	✓	X	✓

Tabel 1: Gebruik motoren in bedrijfstoestanden.

- = motor in bedrijf
- X = motor buiten bedrijf

3. Samenvatting van opgetreden storingen.

De dieselmotoren van de "Volvo Iberia" hebben een groot aantal storingen vertoond, die als volgt samengevat kunnen worden:

Brandstof verwante problemen:

Voortijdig bezwijken restdrukkleppen in de brandstof injectiepompen en verstuivertips.
Overmatige rookgasvorming en motorvervuiling.

Smeerolie verwante problemen:

Falende zuigerkroon smering.
Vastlopen van uitlaatkleppen en brandstofpompen.
Overmatig smeerolie en smeeroliefilter verbruik.
Hoofdaslagerschades.

Mechanische problemen:

Afbreken van smeeroliepomp bouten.
Krukasschade.
Motorblokvervorming en scheurvorming stuurboord vaarmotor.
Uitlijnproblemen op de stuurboord vaarmotor.

Een volledige beschrijving van de storingen is gegeven in [Voormolen, 1999].

Een aantal van deze problemen zijn ondertussen volledig dan wel gedeeltelijk opgelost.

Dit betreft:

- vastlopen brandstofpompen
- falen zuigerkroon smering
- overmatig smeerolie en smeeroliefilter verbruik
- afbreken smeeroliepomp bouten

De overige problemen zijn niet of onvoldoende opgelost.

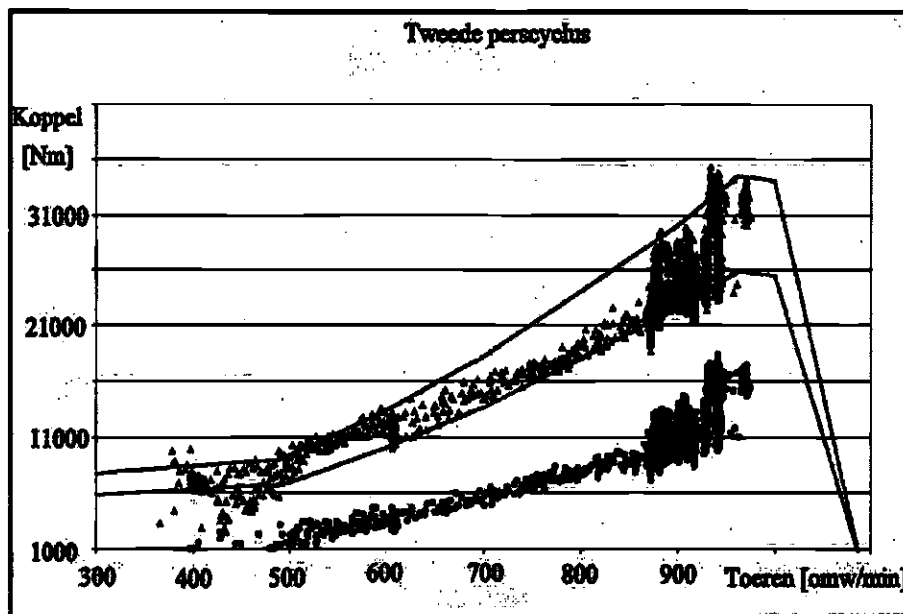
In het vervolg van dit rapport worden een aantal problemen nader geanalyseerd en worden voorstellen gedaan voor verbeteringen.

4. Analyse.

4.1 Belastingverdeling tussen 9-cilinder en 12-cilinder SB vaarmotor.

De belastingverdeling tussen de 9-cilinder en de 12-cilinder SB vaarmotor is onderzocht. Deze bleek niet adequaat te zijn.

Figuur 2 geeft de belasting weer tijdens persbedrijf.



figuur 2: Belasting van 9- en 12-cilinder motoren tijdens persbedrijf.

De 12-cilinder SB vaarmotor blijkt een aandeel van 68% van het totaal geleverde koppel voor zijn rekening te nemen en 9-cilinder motor 32%.

Gezien de verhouding van het aantal cilinders moet deze verdeling 57% respectievelijk 43% bedragen.

Deze slechte belastingverdeling blijkt een gevolg te zijn van het feit dat de bemanning op basis van individuele (cilinder) afvoergassentemperaturen de brandstofregelstand op de brandstofpompen aanpast.

Hierdoor kan het gebeuren dat ondanks dat de uitgangsposities van beide reguleurs wel gelijk zijn, de werkelijke regelstang posities van de brandstofpompen aanzienlijk afwijken.

Ondertussen is de afstelling weer gecorrigeerd, doch de kans blijft bestaan dat een slechte belastingverdeling weer gaat optreden door ingrijpen, zoals hierboven beschreven. De belastingverdeling volgens de instrumentatie blijft dan ten onrechte aangeven dat de belastingverdeling correct is, immers de uitlezing is gebaseerd op de uitgangspositie van de reguleurs.

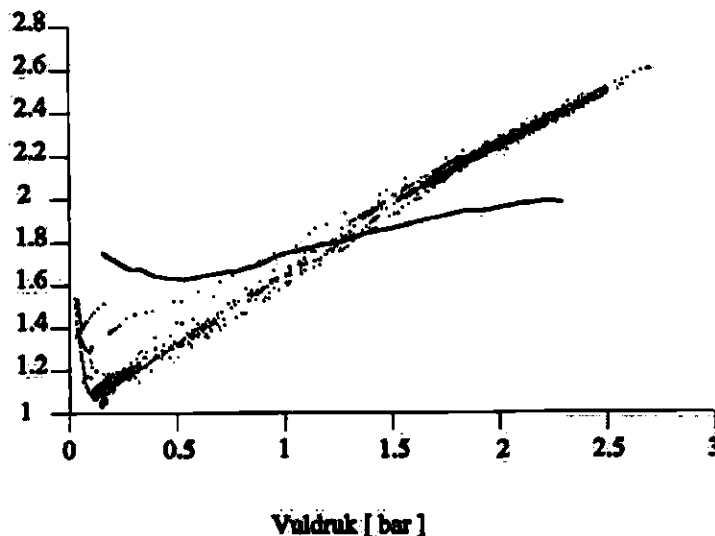
4.2 Drukvvulling.

Door Wärtsilä NSD zijn de drukvulgroepen van de motoren gewijzigd, teneinde de luchtvoorziening van de motoren en daarmee de rookproblemen te verbeteren.

Door Voormolen zijn berekeningen uitgevoerd om de luchtvermaat van de motoren, na de drukvulgroepwijzigingen, vast te stellen.

Deze berekeningen kennen een betrouwbaarheidsmarge die het mogelijk maakt tot harde conclusies te komen.

Figuur 3 geeft voor de SB vaarmotor de luchtvermaat als functie van de vuldruk (dus min of meer als functie van de motorbelasting).



figuur 3: *Luchtvermaat λ voor SB vaarmotor als functie van de vuldruk.*

———— oorspronkelijke drukvulgroep
 gemodificeerde drukvulgroep

Uit de figuur blijkt dat de luchtvermaat voor de oorspronkelijke situatie varieerde tussen 1,6 en 1,9.

Bij de gemodificeerde drukvulgroep blijkt de luchtvermaat bij lage motorbelasting te dalen tot een waarde van 1.

Voor hoge motorbelastingen worden luchtvermaatgetallen bereikt van 2 - 2,5. Deze laatste waarden zijn uitstekend en ook beter dan met de oorspronkelijke drukvulgroep.

Bij lage belastingen is de luchtvermaat echter aanzienlijk slechter geworden en gezien het feit dat de motoren regelmatig lage belastingen draaien is deze situatie uiterst ongewenst. Voor een goede verbranding van zware olie zou gestreefd moeten worden naar een luchtvermaat die altijd groter is dan 1,8.

Het vervuiling- en rookprobleem is hiermede bij lage belastingen zeker niet verbeterd en opgelost.

4.3 Brandstof opvoersysteem.

Door Voormolen [1999, p44 - 46] is een analyse gemaakt van het brandstof opvoersysteem. Daarbij wordt het volgende vastgesteld:

- het brandstof opvoersysteem is gecombineerd voor alle motoren tot één systeem en voldoet daarmee niet aan de eisen uit de project - guide van Wärtsilä. Overigens is dit systeem wel goedgekeurd door Wärtsilä tijdens de bouw van het schip.

- een benaderende berekening geeft aan dat de brandstofverdeling over de motoren leidt tot de volgende brandstofcirculatie vouden:

	circulatie voud
6-cilinder motor	7,8
12-cilinder BB VM	3,5
9-cilinder motor	4,2
12-cilinder SB VM	3,2

Hiermede wordt niet voldaan aan de eis uit de project guide van een circulatievoud van 4.

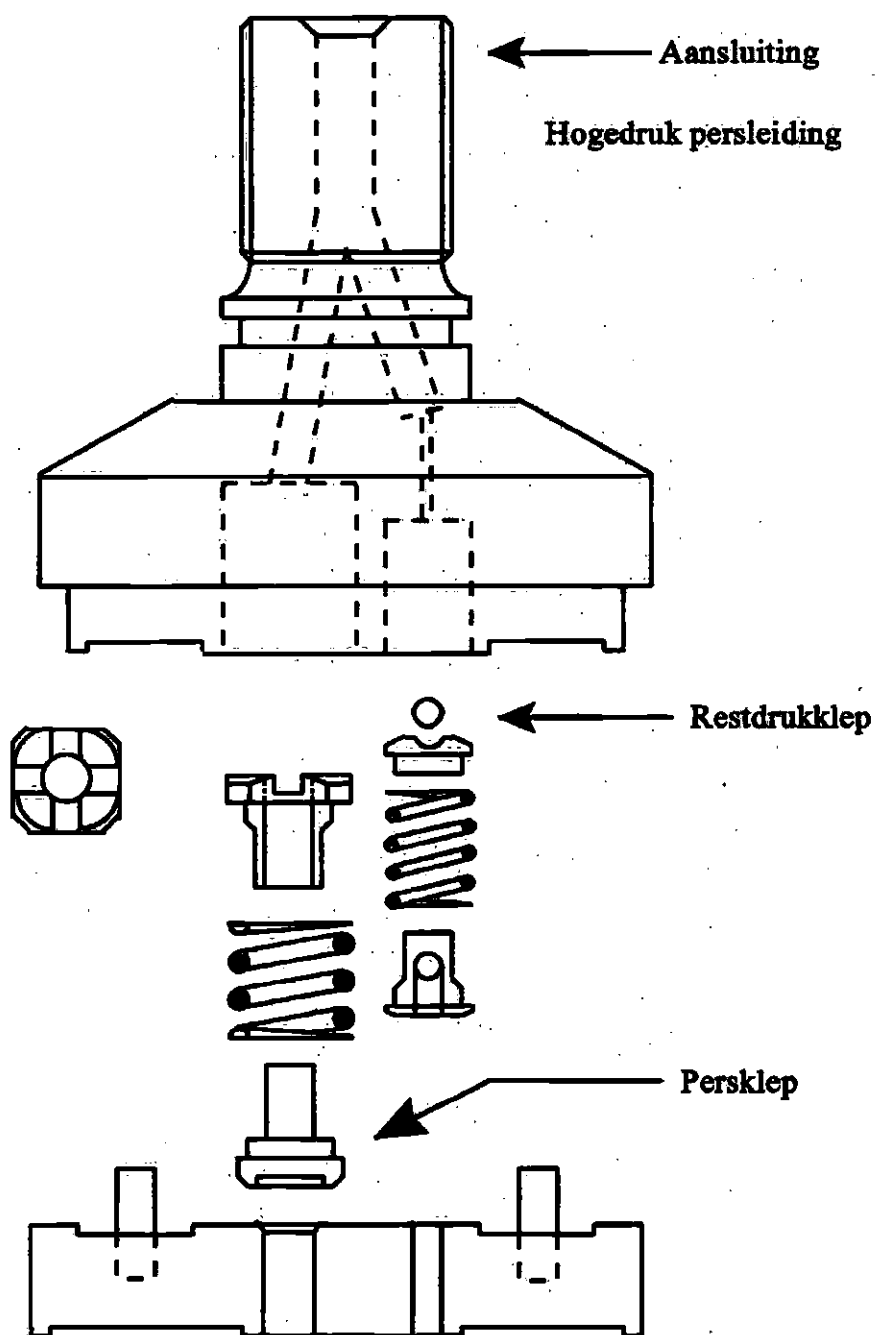
Vastgesteld moet worden dat de berekeningen van Voormolen een benaderend karakter hebben en dat er flink wat aannamen nodig waren. De uitkomsten van zijn berekeningen moeten derhalve als een orde van grootte schatting gezien worden. Het wordt echter uiterst onwaarschijnlijk geacht dat de brandstofverdeling in het brandstofopvoersysteem oorzaak is van de vele motorstoringen.

Anderzijds heeft de keuze voor één brandstofopvoersysteem tot gevolg dat het overgaan van zware olie-bedrijf naar dieselolie-bedrijf alleen maar mogelijk is voor alle 4 motoren tegelijkertijd. Dat is een ongewenste situatie om de volgende redenen:

- het gebeurt vrij regelmatig dat de lijnmotoren laag belast worden of "idling" draaien.
- in verband met vervuiling van de motoren is het dan feitelijk gewenst de motoren te stoppen.
- stoppen en starten van de motoren met zware olie bedrijf is niet goed voor de motoren.
- gevolg van een en ander is dat de motoren langdurig in "idling" in bedrijf blijven met zware olie als brandstof. Mede gezien de slechte luchtvoorziening (zie 4.2) leidt dit tot roken en motorvervuiling.

4.4 Brandstof injectiepompen.

De brandstof injectiepompen zijn voorzien van een persklep en een restdruk klep, zie figuur 4. De goede werking van deze kleppen is van groot belang voor een goede verstuuving.



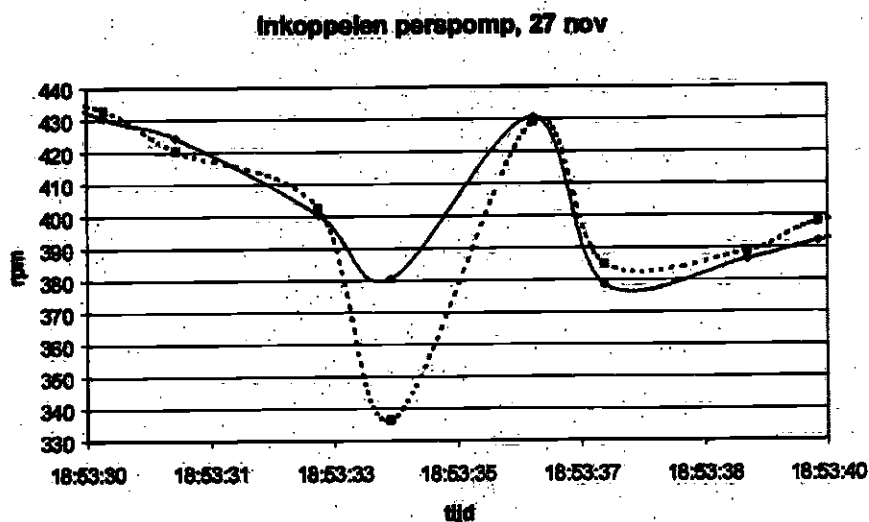
figuur 4: Pers- en restdruk kleppen in de brandstof injectiepompen.

De persklep is uitgevoerd met een cilindrische schijf en de restdrukklep met een kogeltje. De persklep blijkt in eerdere uitvoeringen ook uitgevoerd geweest te zijn als kogeltje. Na de modificatie tot schijfklepje zijn de problemen met de levensduur van deze klep bij zware olie bedrijf opgelost. De levensduur van de restdrukklep blijkt met zware olie-bedrijf nog steeds zeer kort te zijn. Verbetering hiervan is dringend gewenst.

4.5 Inschakelprocedure perspomp.

De inschakelprocedure voor de perspomp is als volgt:

- zowel de 9-cilinder als 12-cilinder SB vaarmotor draaien onbelast 600 omw/min
- het gevraagde motortoerental wordt teruggebracht van 600 naar 440 omw/min
- op het moment dat het toerental van 400 omw/min bereikt is, worden de betreffende schakelkoppelingen bekrachtigd
- de bekrachtiging gebeurt op een dusdanige ruwe wijze dat het motor toerental aanzienlijk daalt zie figuur 5.



figuur 5: Toerentalverloop van 9-cilinder — en 12-cilinder — motor bij inschakelen perspomp.

De beschreven procedure is ongewenst en leidt tot hoge mechanische belastingen van de motoren:

- door terugbrengen van het motortoerental van 600 naar 400 omw/min gaat de brandstofregelstang van de motoren naar 0. Dit is ongewenst omdat de motoren juist het omgekeerde moeten gaan doen. Zij dienen ter versnelling van de perspomp extra koppel te gaan leveren en dus is een toename van de regelstang gewenst en geen afname van de regelstang
- het reduceren van het motortoerental is wellicht noodzakelijk teneinde de warmteontwikkeling in de schakelkoppelingen te beperken. Over de noodzaak hiertoe, de optredende warmteontwikkeling, toelaatbare temperatuurverhoging is echter geen informatie bekend
- de bekrachtiging van de koppelingen gebeurt dermate snel dat de regulateurs en motoren geen tijd krijgen zich te herstellen. Het gevolg is een snelle grote toerendaling

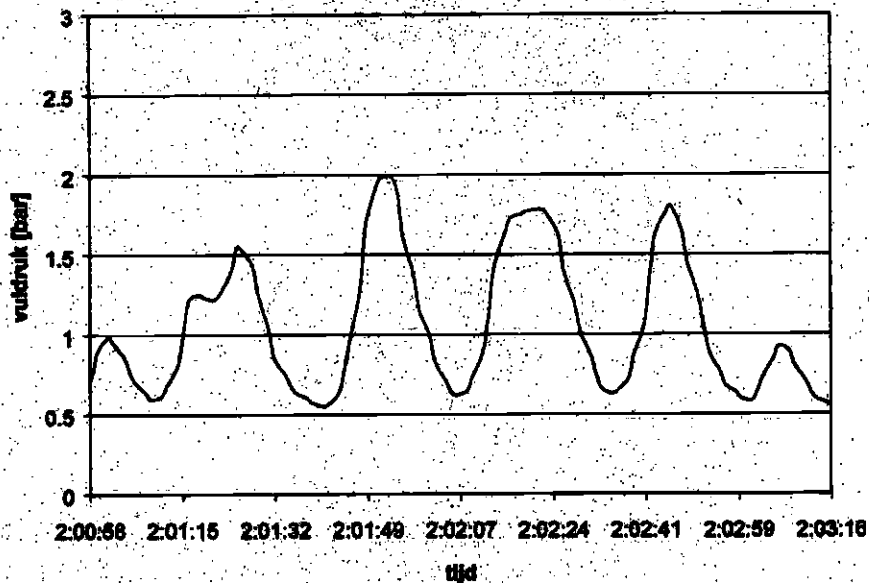
4.6 Spoelluchttemperatuur.

Bij lage belastingen vindt nauwelijks opwarming van de verbrandingslucht in de compressor van de drukvulgroep plaats.

In die situatie is het gewenst dat de HT - koeler de lucht voorwarmt en de lage temperatuur koeler uitgeschakeld wordt. Bij een overgang van hoge naar lage belasting zal de lucht ook, als de LT - koeler direct uitgeschakeld wordt, nog geruime tijd met een te lage temperatuur in de cilinders stromen ten gevolge van de grote "koude"-capaciteit van de LT - koeler.

Door Van Oord ACZ worden voorbereidingen getroffen om met behulp van een zogenaamde "Joule - booster" dit probleem te verhelpen.

In figuur 6 is het gemeten belasting verloop van de BB-vaarmotor weergegeven in bedrijfssituaties met sterk wisselende belasting.



figuur 6: Vuldruk BB vaarmotor als functie van de tijd gedurende situatie met sterk wisselende belasting.

De weergegeven snelle belastingvariaties geven spoelluchttemperatuurvariaties die waarschijnlijk niet ondervangen kunnen worden met een "Joule - booster". Het is waarschijnlijk belangrijker er voor te zorgen dat de drukvulling beter gaat functioneren. Zie ook 4.2.

5. Aanbevelingen.

5.1 Meting van belastingverdeling.

Teneinde problemen, zoals beschreven onder 4.1, tijdig te onderkennen, wordt aanbevolen een meetsysteem te installeren dat een betere indicatie geeft van de motorbelasting, dan het huidige meetsysteem.

Daartoe zouden meetopnemers gebruikt moeten worden die direct op de regelstang geplaatst zijn en niet gebruik maken van het uitgangssignaal van de reguleurs.

Ook kan waarschijnlijk met behulp van de vuldruk een indicatie verkregen worden van de onderlinge belasting van de motoren.

5.2 Drukvulling.

De huidige aangebrachte drukvulgroepen zijn niet adequaat. Aanbevolen wordt in overleg met Wärtsilä NSD de drukvulgroepen aan te passen zodanig dat onder alle bedrijfsomstandigheden de luchtvermaat groter is dan circa 1,8.

5.3 Brandstoftoevoer.

Aanbevolen wordt de motoren niet langdurig onbelast te laten draaien, doch deze in dergelijke gevallen over te zetten op dieselolie als brandstof en vervolgens te stoppen. Daarna dienen de motoren weer op dieselolie gestart te worden en na belasting pas over te schakelen op zware olie.

Om een en ander in de praktijk goed mogelijk te maken wordt aanbevolen twee brandstof opvoersystemen te installeren:

1. één systeem voor de vaarmotoren
2. één systeem voor de beide andere 6- en 9-cilinder motoren.

Beide systemen dienen zo ingericht te zijn dat eenvoudig en snel overgeschakeld kan worden van zware olie naar dieselolie en andersom.

5.4 Uitvoering van de brandstof injectiepompen.

De huidige uitvoering van de restdrukkleppen voldoet, volgens de ervaringen van Van Oord ACZ, niet aan de eisen voor zware olie bedrijf.

Aanbevolen wordt de restdrukkleppen uit te voeren op dezelfde wijze als de perskleppen dus met een cilindrische schijf als klep in plaats van een kogeltje.

5.5 Inschakelprocedure perspomp.

De inschakelprocedure van de perspomp dient zodanig aangepast te worden dat de motoren mechanisch dynamisch veel minder zwaar belast worden.

- In de eerste plaats wordt aanbevolen na te gaan of het mogelijk is de perspomp in te koppelen bij het toerental van 600 omw/min. Hiertoe na te gaan welke warmte-ontwikkeling in dat geval in de koppelingen zullen optreden en of deze warmte-

ontwikkeling en de bijbehorende temperatuurstijging in de koppelingen acceptabel zijn.

- In de tweede plaats zou de bekrachtiging van de koppelingen zodanig langzaam gemaakt moeten worden (bijvoorbeeld circa 4 s) zodat de motoren voldoende tijd krijgen om meer koppel te gaan leveren, zonder dat ernstige toerendalingen optreden.
- In de derde plaats kan overwogen worden om op hetzelfde moment dat de koppelingen bekrachtigd worden, het gevraagde toerensignaal naar de reguleurs enigszins op te voeren. Hiermede wordt bereikt dat eerder de brandstof regelstangpositie zal toenemen, dan in de huidige situatie.

5.6 "Joule - booster".

Indien na verbetering van het drukvulstelsel er nog steeds behoefte bestaat om een "Joule - booster" toe te passen, (teneinde lage spoelluchttemperaturen zoveel mogelijk te voorkomen), wordt aanbevolen dit stelsel zorgvuldig te dimensioneren en hiertoe van tevoren goede dynamische simulaties uit te voeren.

5.7 Conditie bewakingsystemen.

Door Voormolen is aanbevolen een conditie bewakingsstelsel te installeren dat gebaseerd is op het analyseren van torsietrillingen en/of indicatorgrammen . De hiertoe noodzakelijke technieken bevinden zich nog in het onderzoekstadium en de kans dat een en ander betrouwbaar zal functioneren, wordt vooralsnog uiterst gering geacht. Aanbevolen wordt daarom dergelijke systemen thans niet toe te passen. De hiermee gepaard gaande kosten en tijdsbeslag van de bemanning wegen niet op tegen de verwachte voordelen.

6. Conclusies.

De door Voormolen beschreven motorstoringen hebben niet één enkele oorzaak. Er is sprake van een ongelukkige combinatie van incidenten, slechte "engineering", geen goede uitvoering van onderdelen etc. die hebben geleid tot de problemen. Ook kan gewezen worden op de (wellicht te) sterke drang om een zo'n goedkoop mogelijke installatie te realiseren, terwijl die installatie bijzonder zwaar belast wordt.

7. Referenties.

1. Voormolen, J.R., augustus 1999, Rapport TUDelft OvS 98/24.
Analyse en onderzoek van motorstoringen op sleepopperzuiger "Volvox Iberia".