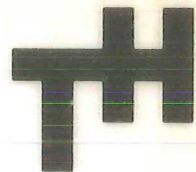


Rapport No. 137.

W. H. J. B.



# LABORATORIUM VOOR SCHEEPSBOUWKUNDE

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT

ONDERZOEK NAAR DE INVLOED VAN EEN PASSIEVE  
SLINGERTANK OP DE BEWEGINGEN VAN EEN WEERSCHIP.

Door Ir J.H. Vugts.

januari 1966,

Onderzoek naar de invloed van een passieve slingertank op  
de bewegingen van een weerschip.

Door Ir J.H. Vugts.

1. Inleiding.

Voor de Nederlandse weerschepen werd de mogelijkheid nagegaan een slingerdempingstank van het vrije oppervlak type toe te passen met het doel de eigenschappen van het stabilisatieplatform voor de radarinstallatie te verbeteren.

Als beladingstoestand werd de stationstoestand halverwege een A-reis van de "Cumulus" gekozen. Bijzonderheden zijn gegeven onder punt 2.

Na overleg met de Heer Knecht en bestudering van het algemeen plan en de situatie aan boord van de "Cumulus" werden 3 mogelijkheden vastgesteld voor het inbouwen van een anti-slingertank. In de eerste plaats kwam in aanmerking een momenteel niet gebruikte ruimte onder het D -dek tussen spant 72 en 94; in de tweede plaats herindeling van de ruimte boven de tanktop tussen spant 58 en 72, waar zich o.a. drinkwatertanks bevinden. Beide posities zijn niet gunstig voor een tank, daar de scheepsvorm ter plaatse niet meer de volle breedte bezit. De tank zou zich ook erg laag in het schip bevinden. Voor een optimale werking van een slingerdempingstank is een hooggelegen, midscheeps compartiment dat zich over de grootste beschikbare breedte uitstrekt het gunstigst. Daarom werd als derde mogelijkheid een fictieve tank op het C-dek gekozen, midscheeps gelegen en zich uitstrekkend over een lengte van 4 spanten. De bijzonderheden van de drie posities zijn vermeld in punt 3. Van de laatste mogelijkheid mag het grootste effect worden verwacht en alleen hiervoor is de vereiste waterdiepte bepaald en de invloed van de tank op de slingerbeweging van het schip nagegaan. De resultaten worden gegeven in 4.

## 2. Beladingstoestand voor weerschip "Cumulus".

Beladingstoestand voor stationtoestand, halverwege een A-reis.

Displacement	1968,4	ton
Volume (=1,025)	1920,4	m <sup>3</sup>
$\overline{KM}$	5,836	m
$\overline{KG}$	5.120	m
$\overline{GM}$ (ongecorrigeerd)	0,716	m
$\overline{GM}$ -correctie voor slacke tanks	0,145	m (zonder anti-slingertank correctie)
$\overline{GM}$ (gecorrigeerd)	0,571	m
Diepgang gemiddeld	4,578	m
Trim (totaal)	ca. 0,75	m achterover.
Dwarstraagheidsstraal $k_{\phi}$ (geschat 0,38 B)	4,75	m

Resonantiefrequentie:

$$\omega_{\phi} = \frac{\sqrt{g \cdot \overline{GM}}}{k_{\phi}} = \frac{\sqrt{9,81 \times 0,571}}{4,75} = \frac{2,367}{4,75} = 0,498 \text{ sec}^{-1}.$$

Eigen periode:

$$T_{\phi} = \frac{2\pi}{\omega_{\phi}} = 12,62 \text{ sec.}$$

De schattingen van de eerste stuurman geven 10 - 12 sec. aan, hetgeen erop zou kunnen duiden dat het schip in feite iets stijver is dan overeenkomt met een  $\overline{GM}$  van 0,571 m. De gegeven waarde en de berekende  $T_{\phi}$  zullen echter worden aangehouden.

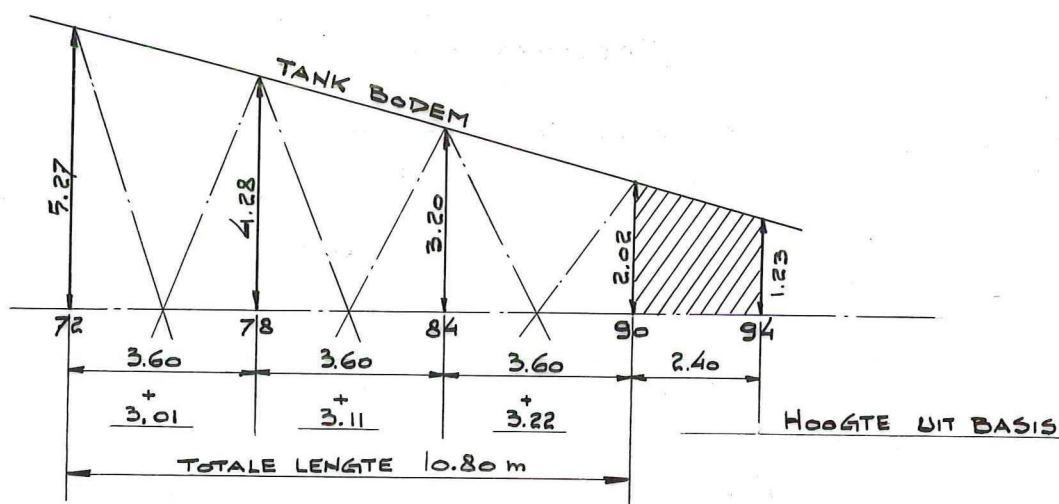
## 3. De positie van de anti-slingertank.

### Mogelijkheid 1.

De open ruimte onder het D -dek. Totale lengte van spant 72 tot spant 94;  $22 \times 0,60 = 13,20$  m. Te verdelen in 3 tanks tussen spant 72 en 90; de resterende ruimte is te klein om nuttig te zijn.

Omdat niet bekend is hoe hoog het water komt te staan, wordt steeds de bodem-maat als tankbreedte aangehouden. In lengte-richting wordt gemiddelde genomen.

De  $\overline{GM}$  reductie van de totale tanks is 0,225 m.



Tank 1:  $b_1 = 5,27 + 4,28 = 9,55\text{m}$ ;  $s_1 = -2,11\text{m}$ ;  $s_1/b_1 = -0,22$

Tank 2:  $b_2 = 4,28 + 3,20 = 7,48\text{m}$ ;  $s_2 = -2,01\text{m}$ ;  $s_2/b_2 = -0,27$

Tank 3:  $b_3 = 3,20 + 2,02 = 5,22\text{m}$ ;  $s_3 = -1,90\text{m}$ ;  $s_3/b_3 = -0,36$

$\omega_{\phi} = 0,498 \text{ sec}^{-1}$ .

$\omega_{\phi} \sqrt{\frac{b_1}{g}} = 0,498 \times 0,9867 = 0,491$

$\omega_{\phi} \sqrt{\frac{b_2}{g}} = 0,498 \times 0,8732 = 0,435$

$\omega_{\phi} \sqrt{\frac{b_3}{g}} = 0,498 \times 0,7295 = 0,363$ .

Als gemiddelde hoogte-positie wordt voor alle drie tanks aangehouden  $s/b = -0,30$ .

De lengte is voor alle drie  $l = 3,60\text{m}$ .

### Mogelijkheid 2.

Ter plaatse van de drinkwatertank tussen de tanktop en het D-dek.

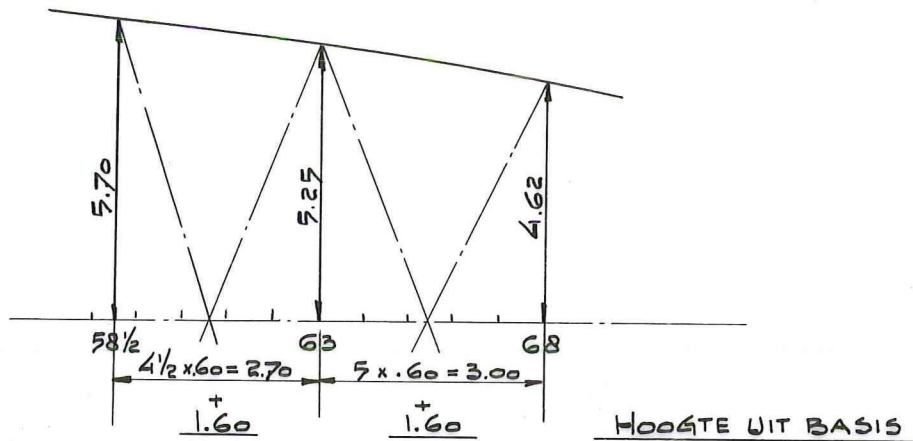
Totale lengte van spant 58½ tot spant 68; 9½ x 0,60 = 5,70m.

De slingertank komt direct op de tanktop, terwijl aan de bovenzijde een soort recess wordt vrijgehouden voor het doorvoeren van leidingen en een eventuele doorgang van de machinekamer naar de gang (dwarsscheeps) tussen spant 68 en 72. Deze gang wordt vrijgehouden voor de vluchtkoker ter plaatse en voor eventuele opstelling van de koelmachine.

\* De totale ruimte is te verdelen in twee tanks.

De  $\overline{\text{GM}}$  reductie bedraagt 0,282m.





Tank 1:  $b_1 = 5,70 + 5,25 = 10,95\text{m.}$

$l_1 = 2,70\text{m.}$

$s_1 = -3,52\text{m.}$

$s_1/b_1 = -0,32$ ; aan te houden  $-0,40$ .

$\omega \sqrt{\frac{b_1}{g}} = 0,498 \times 1,057 = 0,526.$

Tank 2:  $b_2 = 5,25 + 4,62 = 9,87\text{m.}$

$l_2 = 3,00\text{m.}$

$s_2 = -3,52\text{m.}$

$s_2/b_2 = -0,36$ ; aan te houden  $-0,40$ .

$\omega \sqrt{\frac{b_2}{g}} = 0,498 \times 1,003 = 0,499.$

Mogelijkheid 3.

Een fictieve tank over de volle breedte tussen het B- en het C-dek; midscheeps gelegen over een lengte van 4 spanten (2,40 m).

$b = 12,50\text{m.}$

$l = 2,40\text{m.}$

$s = 6,85 - 5,12 = +1,73\text{m.}$

$s/b = +0,14$ ; aan te houden  $+0,10$ .

$\omega \sqrt{\frac{b}{g}} = 0,498 \times 1,129 = 0,562.$

De reductie van  $\overline{GM}$  bedraagt:

voor  $l = 2,40\text{m}$        $0,204\text{m}$

voor  $l = 3,60\text{m}$        $0,305\text{m}$

voor  $l = 4,80\text{m}$        $0,407\text{m.}$

4. Resultaten van de berekeningen voor de derde mogelijkheid.

De waterhoogte werd bepaald op 50 cm ( $h/b = 0,04$ ) Dit betekent een tankinhoud van  $lbh = 15 \text{ m}^3$ ; 15 ton water is 0,76% van het displacement.

Aan de berekening van het dempend effect van de tank liggen de volgende veronderstellingen ten grondslag:

- a. Het schip voert een zuivere, harmonische slingerbeweging uit om een langsscheepse as door het scheepszwaartepunt.
- b. De golven zijn langkammig en komen dwarsscheeps in; ze zijn zowel regelmatig als onregelmatig aangenomen.
- c. De beweging van het schip zonder slingerdempingstank is equivalent aan een lineair massa-veersysteem.

De massa-traagheidsstraal is aangenomen op 0,38B en de dimensieloze dempingscoëfficiënt op 0,10.

- d. Het opwekkend moment (golfmoment) is geschat met behulp van de Froude-Kriloff hypothese. De grootte is dan  $\Delta \overline{GM} \cdot \alpha_w$ ;  $\Delta$  = displacement;  $\overline{GM}$  = metacenterhoogte zonder correctie voor slingertank;  $\alpha_w$  = golfhelling, aangenomen op 0,02 en 0,03 rad., dat is 1,15 en 1,72 graad;  $\alpha_w$  is constant gehouden over het gehele frequentie-gebied.

De resultaten voor regelmatige dwarsscheepse golven zijn gegeven in bijgaande figuur. Ze zijn weergegeven als slingerhoek tegen golfrequentie of golflengte. De scheepssnelheid speelt bij de gemaakte veronderstellingen geen rol; de figuur geldt ook voor snelheid nul.

De dwarsscheepse versnellingen ten gevolge van het slingeren zijn:

$$r \phi_a \omega^2,$$

waarin:

$r$  = verticale afstand tot de slingeras,

$\phi_a$  = amplitude van de slingerbeweging,

$\omega$  = frequentie        "        "        "

Het radarplatform bevindt zich ongeveer op een hoogte van 10m boven het zwaartepunt. In de figuur is nu tevens een lijn getekend waarvoor de dwarsscheepse versnellingen op deze hoogte 0,05 g bedragen; boven deze lijn zijn de versnellingen groter, eronder lager.

Een overzicht van de berekeningsresultaten geeft tabel 1.

Tabel 1.

golf- helling	grootste slingerhoek		reductie	grootste dw. versnelling <i>op 10 m boven E</i>		reductie
	zonder tank	met tank		zonder tank	met tank	
1,15°	11,5°	4,8°	58%	0,50 m/sec <sup>2</sup>	0,08 m/sec <sup>2</sup>	84%
1,72°	17,2°	7,3°	58%	0,74 m/sec <sup>2</sup>	0,16 m/sec <sup>2</sup>	78%

Met behulp van de berekeningen in regelmatige golven is vervolgens de significante slingerhoek in onregelmatige golven, bepaald door het theoretische Neumann-spectrum, berekend. De significante slingerhoek is het gemiddelde van het derde deel van alle slingerhoeken, die het grootste zijn. Tabel 2 geeft de resultaten.

Tabel 2.

windsnelheid	significante slingerhoek	
	zonder tank	met tank
24 kn.	7,6°	5,0°
30 kn.	17,4°	8,1°

Er wordt met nadruk op gewezen dat alle resultaten alleen onderling vergelijkende waarde hebben en niet absoluut geïnterpreteerd mogen worden.

5. Benadering van het effect van de tank voor de beide andere mogelijkheden.

Het tankmoment is evenredig met  $b^3$ ; door een gemiddelde breedte aan te nemen kan daaruit een ruwe schatting worden gemaakt van de orde van grootte van het tankmoment in de beide andere gevallen.

Positie 1:  $b = 7,48\text{m}$  (gem.)

$l = 10,80\text{m}$

$$\left(\frac{7,48}{12,50}\right)^3 \times \frac{10,80}{2,40} = 0,96$$

$s/b = -0,30$  i.p.v.  $+0,10$ ; dat veroorzaakt nog eens een afname



van het tankmoment met ca. 20%.

In totaal blijft er ca.  $(0,80 \times 0,96) \times 100\% = 75\%$  van het tankmoment van positie 3 over.

Positie 2:  $b = 10,41\text{m}$  (gem.)

$l = 5,70\text{m}$

$$\left(\frac{10,41}{12,50}\right)^3 \times \frac{5,70}{2,40} = 1,36$$

$s/b = -0,40$  i.p.v.  $+0,10$ ; de afstand daardoor is ca. 25 à 30%.

Het tankmoment is dan in totaal ongeveer gelijk aan dat van positie 3.

Afgezien van de invloed op de grootte van het tankmoment wordt de omvang van het frequentie-gebied ook nadelig beïnvloed als de tank zich laag in het schip bevindt. De uitwerking van de tank in deze posities zal dan ook ongetwijfeld wat minder zijn dan de onder punt 4 vermelde resultaten.

#### 6. Practische mogelijkheden.

De  $\overline{GM}$ -verliezen, die optreden ten gevolge van een slingertank in één van de drie genoemde posities, liggen tussen de 20 en 30 cm. Als aan de stabiliteitseisen van minimaal 54 cm  $\overline{GM}$  moet worden vastgehouden is er dan ook geen enkele mogelijkheid om een slingerdempingstank te overwegen. Het schip heeft in de beschouwde beladingstoestand een  $\overline{GM}$  van 57 cm, zodat er slechts een reductie van 3 cm kan worden toegestaan.

Bij een eventueel nieuw te bouwen schip kan deze situatie geheel anders liggen en moet de installatie van een slingertank opnieuw worden bezien aan de hand van de gegevens voor dat schip. Een hoog, midscheeps compartiment verdient daarbij sterk de voorkeur. Het C-dek, zoals hier beschouwd, is de beste plaats, maar ook het D-dek komt in aanmerking. De verticale positie  $s/b$  daalt dan van  $+0,10$  tot  $-0,05$ , wat een vermindering van het tankmoment met 5 à 10% meebrengt. De slingerbeweging van het schip wordt dan iets ongunstiger dan de gegeven berekeningen tonen.

Er wordt nog op gewezen dat het weinig zin heeft de  $\overline{GM}$  voor een nieuw schip opzettelijk hoog te maken om een anti-slingertank toe te kunnen passen. Het stijvere schip zal op zichzelf minder gunstige slingereigenschappen bezitten en een deel van het effect van de tank zal nodig zijn om dat weer tot redelijke proporties terug te brengen.



Iets anders is het uiteraard als het schip t.g.v. op zichzelf noodzakelijke wijzigingen een grotere  $\overline{GM}$  zou krijgen. Toch zal minstens een deel van het  $\overline{GM}$ -verlies van een slingerdempingstank mogelijk moeten worden door een lagere minimum-waarde. De resultaten tonen aan dat de toepassing van een dergelijke tank dan een gunstige uitwerking op het slingeren heeft.

Notaties.

- b - tankbreedte
- B - scheepsbreedte
- g - versnelling van de zwaartekracht
- h - waterdiepte in de slingerdempingstank
- $k_{\emptyset}$  - dwarstraagheidsstraal
- l - tanklengte
- r - verticale afstand van een punt in het schip tot het scheepszwaartepunt.
- s - verticale afstand van de bodem van de tank tot het zwaartepunt G. (positief indien de tank boven G).
- $T_{\emptyset}$  - resonantie-periode in slingeren
- $\omega_{\emptyset} = \frac{2\pi}{T_{\emptyset}}$  resonantie-frequentie in slingeren
- $\omega$  - golffrequentie; slingerfrequentie
- $\lambda$  - golflengte
- $\emptyset_a$  - amplitude van de slingerbeweging (eenzijdig)
- $\alpha_w$  - golfhelling =  $\frac{\text{golfhoogte}}{\text{golflengte}} \times 2\pi$  (in rad.).

