

Rijksinstituut voor Visserijonderzoek

Afdeling Technisch Onderzoek



Netherlands Institute for Fishery Investigations

Technical Research Department

Optimalisering van vissersschepen

V Weerstand

ir. E.J. de Boer

72-6

Rapport no. 72 - 6

Optimalisering van vissersschepen

V Weerstand

ir. E.J. de Boer

Rapport no. 72 - 6

72-6

2288371

Benaming		Formaat	
		A4	
	Schaal	Gecontroleerd	

Reeds tijdens het voorontwerp van een visserijvaartuig zal een prognose gemaakt moeten worden van de snelheid die in een vastgestelde beladingstoestand bereikt kan worden. Hiervoor is het noodzakelijk inzicht te hebben in zowel de weerstand van het vaartuig als de prestaties van de voortstuwingsinstallatie.

In dit rapport zal een methode aangegeven worden om de weerstand van een vaartuig met beperkte afmetingen te berekenen. Naast de relatief kleine afmetingen kenmerken visserijvaartuigen zich ten opzichte van vrachtschepen e.d. door sterk afwijkende vormfactoren, welke laatsten van grote invloed zijn op de hydrodynamische weerstand.

In de literatuur zijn verschillende methoden aangegeven volgens welke weerstandsberekeningen gemaakt kunnen worden voor vrachtschepen, tankers, e.d.. Past men deze methoden toe voor weerstandsberekeningen van visserijvaartuigen - beperkte afmetingen en afwijkende vormfactoren - dan blijken deze methoden niet te voldoen.

Gebruik makend van de haar ter beschikking staande resultaten van modelonderzoek van kleine vaartuigen, heeft het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen een berekeningsmethode gepubliceerd (1) die geschikt is voor weerstandsberekeningen van trawlers en kotters. De hierbij gebruikte mathematische vergelijkingen zijn verkregen door analyse van de resultaten van het modelonderzoek van 93 modellen (sleepboten en trawlers).

De totale weerstand (R_T) van een vaartuig bestaat uit de gelfweerstand (R_W), de wrijvingsweerstand (R_V) en de restweerstand (R_R).

$$R_T = R_W + R_V + R_R$$

Benaming			Formaat
	Schaal	Gecontroleerd	A4

De door het N.S.P. gevonden formule voor de totale weerstand in de tankeconditie luidt:

$$R_T = (c_1 \cdot f_1 + c_2 \cdot f_2 + c_3 \cdot f_3 + c_4 \cdot f_4) \cdot \Delta + (C_F + \Sigma \Delta C_F) \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \cdot S$$

De eerste term van deze vergelijking is de gelfweerstand.

De wrijvingsweerstand wordt gevormd door de term

$$C_F \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \cdot S. \text{ De restweerstand komt voor in de vorm } \Sigma \Delta C_F \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \cdot S.$$

In de vergelijking welke de waarde van R_T aangeeft, zijn de coëfficiënten c_1 , c_2 , c_3 en c_4 bepaald door de vergelijking:

$$c_1 = \left\{ d_{1,0} + d_{1,1} \cdot l_{cb} + d_{1,2} \cdot l_{cb}^2 + d_{1,3} \cdot C_P + d_{1,4} \cdot C_P^2 + d_{1,5} \cdot \frac{L_D}{B} + d_{1,6} \cdot \left(\frac{L_D}{B}\right)^2 + d_{1,7} \cdot C_{WL} + d_{1,8} \cdot C_{WL}^2 + d_{1,9} \cdot \frac{B}{d_m} + d_{1,10} \cdot \left(\frac{B}{d_m}\right)^2 + d_{1,11} \cdot C_m \right\} \cdot 10^{-3}$$

De waarden van de coëfficiënten $d_{1,}$ zijn weergegeven in tabel 1.

De faktor l_{cb} is gedefinieerd door de vergelijking

$$l_{cb} \star = \frac{(\frac{1}{2} \cdot L_D - \overline{FB})}{L_D} \times 100\% \text{ en geeft de ligging van het}$$

drukkingspunt in langsrichting aan.

De deplacementlengte L_D is gedefinieerd door de vergelijking $L_D = \frac{1}{2} (L_{pp} + L_W)$.

De vermfactoren C_P en C_m zijn als volgt gedefinieerd:

$$C_P = \frac{V}{L_D \cdot A_M}$$

$$C_m = \frac{A_M}{B \cdot d_m}$$

Benaming	Formaat	
	Schaal	Gecontroleerd
		A4

De faktor C_{WL} is een coëfficiënt voor de intreeshoek op de waterlijn behorende bij de beladingsteestand. Deze faktor is gedefinieerd door: $C_{WL} = i_E \cdot \frac{L_D}{B}$.

De coëfficiënten f_1 , f_2 , f_3 en f_4 zijn gedefinieerd door de volgende vergelijkingen:

$$f_1 = e^{-\frac{m}{2} \cdot F_n^{-2}}$$

$$f_2 = e^{-m \cdot F_n^{-2}}$$

$$f_3 = e^{-m \cdot F_n^{-2}} \cdot \sin F_n^{-2}$$

$$f_4 = e^{-m \cdot F_n^{-2}} \cdot \cos F_n^{-2}$$

Hierin is $m = 0,14347 \cdot C_p^{-2,1976}$.

Het getal van Freude (F_n) is gedefinieerd door:

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L_D}}$$

De wrijvingsweerstand wordt berekend volgens de methode waarbij het nat oppervlak als een vlakke plaat gedacht wordt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de weerstand van een vlakke plaat volgens de I.T.T.C. formule.

$$C_F = \frac{0.075}{(0.43429 \ln(R_n) - 2)^2}$$

In tabel 2 zijn de waarden van C_F weergegeven voor verschillende snelheden en scheepslengten.

De term $\sum \Delta C_F$ is de som van de toeslagen voor ruwheid van de huid, de luchtweerstand, de weerstand van kimkielen en de extra weerstand tengevolge van sturen. In tabel 3 zijn de toeslagen van de respectievelijke bestanddelen vermeld.

Benaming			Formaat
	Schaal	Gecontroleerd	A4

Het nat oppervlak kan berekend worden volgens:

$$S = 3,223 \cdot V^{2/3} + 0.5402 \cdot L_D \cdot V^{1/3}$$

Uit het bovenstaande volgt dat voor een weerstandsberekening volgens deze methode de volgende parameters bekend moeten zijn:

deplacementlengte	L_D	(m)
breedte	B	(m)
diepgang midscheeps	d_m	(m)
ligging drukkingspunt t.o.v. voorleodlijn	$\frac{FB}{FB}$	(m)
prismatische coëfficiënt	C_P	
grootspantcoëfficiënt	C_M	
halve intreehoek op waterlijn	i_E	(graden)
waterverplaatsing	Δ of V	(ton of m^3)
snelheid	v	(m.sec. ⁻¹)

Opmerkingen

1. Algemeen wordt de snelheid van een schip uitgedrukt in zeemijlen per uur (knopen). De in de berekening benodigde snelheid in meters per seconde (v) wordt berekend door de snelheid in knopen (V) te vermenigvuldigen met de faktor 0.5144.
2. De waterverplaatsing in tonnen (Δ) kan berekend worden uit de waterverplaatsing in kubieke meters (V) volgens:
 $\Delta = 1,032 \cdot V$
 De waarde 1,032 wordt verkregen door sommatie van de huidfaktor $f = 0,007$ en het soortelijk gewicht van zee-water $\gamma = 1,025$ (tonn⁻³).

Benaming	Formaat	
	Schaal	Gecontroleerd
		A4

Nomenclatuur

R_T	totale weerstand van het schip (kg)
R_W	golfweerstand
R_V	wrijvingsweerstand
R_R	restweerstand
L_D^*	deplacementlengte (m)
L_{pp}	lengte tussen de loodlijnen (m)
L_W	lengte op de waterlijn (m)
\overline{FB}	afstand tussen drukingspunt in langsrichting en voorloodlijn (m)
C_p^*	prismatische coëfficiënt gebaseerd op L_D
A_M	oppervlak greetspant (m^2)
C_{WL}^*	coëfficiënt voor de intreehoek op de waterlijn behorende bij de beladingstoestand
i_E	halve intreehoek in graden van de beladen waterlijn
B	breedte op spanten (m)
C_m	greetspantcoëfficiënt
F_n	getal van Freude gebaseerd op L_D
v	snelheid van het schip ($m.sec.^{-1}$)
V	snelheid van het schip in knopen
g	versnelling van de zwaartekracht ($m.sec.^{-2}$)
Δ	waterverplaatsing (ton)
V	waterverplaatsing (m^3)
C_F	weerstandcoëfficiënt van een vlakke plaat soortelijk gewicht van zeewater ($tonm^{-3}$)
S	nat oppervlak (m^2)

Benaming		Formaat	
		A4	
Schaal	Gecontroleerd		

Opmerking

Bij de met * gemerkte coëfficiënten treedt een afwijking op ten opzichte van de gelijknamige coëfficiënten gebruikt bij het scheepsbouwkundig gedeelte van het optimaliseringsproject. Dit verschil wordt veroorzaakt door de basering van de gemerkte coëfficiënten op L_D in plaats van L_W .

Referenties

- (1) Van Oortmerssen, G., "A power prediction method and its application to small ships".
International Shipbuilding Progress, vol. 18,
nov. 1971, no. 207.

Benaming			
		Formaat	
	Schaal	Gecontroleerd	A4

TABEL 1

Waarden van de coëfficiënten $d_{i,0}$ tot en met $d_{i,11}$

$i =$	1	2	3	4
$d_{i,0}$	+ 79.32134	+ 6714.88397	-908.44371	+3012.14549
$d_{i,1}$	- 0.09287	+ 19.83000	+ 2.52704	+ 2.71437
$d_{i,2}$	- 0.00209	+ 2.66997	- 0.35794	+ 0.25521
$d_{i,3}$	-246.45896	-19662.02400	+755.18660	-9198.80840
$d_{i,4}$	+187.13664	+14099.90400	- 48.93952	+6886.60416
$d_{i,5}$	- 1.42893	+ 137.33613	+ 9.86873	- 159.92694
$d_{i,6}$	+ 0.11898	- 13.36938	- 0.77652	+ 16.23621
$d_{i,7}$	+ 0.15727	- 4.49852	+ 3.79020	- 0.82014
$d_{i,8}$	- 0.00064	+ 0.02100	- 0.01879	+ 0.00225
$d_{i,9}$	- 2.52862	+ 216.44923	- 9.24399	+ 236.37970
$d_{i,10}$	+ 0.50619	- 35.07602	+ 1.28571	- 44.17820
$d_{i,11}$	+ 1.62851	- 128.72535	+250.64910	+ 207.25580

Benaming

Formaat

A4

Schaal

Gecontroleerd

TABEL 2

Wrijvingsweerstand coëfficiënt $C_F \cdot 10^3$ volgens de

I.T.T.C. formule $C_F = \frac{0,075}{\{0,43429 \ln (R_n) - 2\}^2}$

V_s knots	v m/sec	lengte schip (m)							
		10	20	30	40	50	60	70	80
1	0.51	3.463	3.055	2.849	2.715	2.617	2.542	2.480	2.429
2	1.03	3.055	2.715	2.542	2.429	2.346	2.282	2.229	2.186
3	1.54	2.849	2.542	2.385	2.282	2.207	2.148	2.100	2.060
4	2.06	2.715	2.429	2.282	2.186	2.115	2.060	2.015	1.977
5	2.57	2.617	2.346	2.207	2.115	2.048	1.995	1.952	1.916
6	3.09	2.542	2.282	2.148	2.060	1.995	1.945	1.903	1.869
7	3.60	2.480	2.229	2.100	2.015	1.952	1.903	1.863	1.830
8	4.12	2.429	2.186	2.060	1.977	1.916	1.869	1.830	1.797
9	4.63	2.385	2.158	2.025	1.945	1.885	1.839	1.801	1.769
10	5.14	2.346	2.115	1.995	1.916	1.858	1.813	1.776	1.744
11	5.66	2.312	2.086	1.969	1.891	1.834	1.790	1.753	1.723
12	6.17	2.282	2.060	1.945	1.869	1.813	1.769	1.733	1.703
13	6.69	2.254	2.036	1.923	1.848	1.793	1.750	1.715	1.685
14	7.20	2.229	2.015	1.903	1.830	1.776	1.733	1.698	1.669
15	7.72	2.207	1.995	1.885	1.813	1.759	1.718	1.683	1.654
16	8.23	2.186	1.977	1.869	1.797	1.744	1.703	1.669	1.641
17	8.74	2.166	1.960	1.853	1.783	1.730	1.690	1.656	1.628
18	9.26	2.148	1.945	1.839	1.769	1.718	1.677	1.644	1.616

Benaming			Formaat	
	Schaal	Gecontroleerd	A4	

TABEL 3

Toeslagen voor de proefvaartconditie

Toeslag voor:	C_F
ruwheid gelaste romp	0.00035
weerstand t.g.v. sturen	0.00004
weerstand kimkielen	0.00004
luchtweerstand	0.00008

Benaming	Formaat	
	Schaal	Gecontroleerd
		A4