

Zijzwaarden voor platbodemschepen (4)

In de artikelenreeks over zijzwaarden in Spiegel der Zeilvaart nr. 3, 4 en 5 van jaargang 15 - 1991 - bleven twee belangrijke vragen onbeantwoord, namelijk:

Hoe groot moet het optimale zwaard zijn, en

Wat is het optimale toespoor.

Ik heb toen gesteld dat het antwoord op deze vragen alleen maar gegeven kan worden op grond van uitgebreide snelheidsberekeningen voor een bepaald schip. Het daarvoor benodigde computerprogramma heb ik inmiddels uitgebreid met een deel dat probeert ook het antwoord te geven op een derde belangrijke vraag, namelijk:

Waar moet het zwaard aan het schip hangen.

HET OPTIMALE ZWAARD

Voor beantwoording van de vragen naar de optimale zwaardgrootte en het toespoor moet natuurlijk eerst worden vastgesteld wat we willen verstaan onder de term „het optimale zwaard”. Gezien het feit dat het zwaard kan worden opgehaald, kunnen we de berekeningen beperken tot de conditie „hoog aan de wind”, zulks in tegenstelling tot kielschepen waarbij het mogelijke voordeel van een groter kieloppervlak moet worden afgewogen tegen de extra weerstand

TEKST: IR. H. VREEDENBURGH
FOTO'S:
THEO KAMPA



bij de vaart met ruime wind en voor de wind.

Meestal wordt voor het beoordelen van de prestaties hoog aan de wind uitgegaan van de tijd die nodig is om, vertrekkend van een punt A een bovenwinds punt B te bereiken. Daarbij wordt dan stilzwijgend aangenomen dat die kortste reistijd bereikt wordt als de snelheidscomponent in de windrichting, het „behoud” of „speed made good”, zo groot mogelijk is, ongeacht de hoek tussen koers en windrichting. Maar dat veronderstelt ten eerste, dat er voldoende ruimte is om te laveren en ten tweede, dat het door de wind gaan geen tijdverlies meebrengt. In werkelijkheid bereikt men vaak sneller zijn doel door hoger te sturen ten koste van de snelheid.

EEN EERSTE VERKENNING

Voor een schip met een waterlijn-lengte van 8,22 m werden snelheidsberekeningen uitgevoerd voor een viertal gelijkvormige zwaarden van opklimmende grootte, telkens voor vier waarden van het toespoor en vijf windsterkten. Dat zijn dus 80 berekeningen. Dit alles werd vervolgens herhaald onder aanname dat het schip een flinke extra weerstand had door aangroeiing en/of zeegang en daarna nog eens voor andere tuigages. Het bleek dat er een optimale grootte is van het zwaard die enigszins toeneemt met de windsterkte. Ook is er een optimale waarde van het toespoor. Merkw aardigerwijze en tamelijk onverwacht bleek dit resultaat zich nauwelijks te wijzigen bij de grotere scheepsweerstand en ook niet bij een groter of kleiner zeiloppervlak. Voor het betreffende schip leek een zwaard met een lengte onder de klamp van 2,50 m met daarbij een oppervlak van 1,6 m² een goed compromis. Ofschoon dit zwaard groter is dan het gemiddelde, bleek er toch een reëel risico te bestaan dat het zwaard overtrokken raakt. Wanneer dat gebeurt neemt de dwarskracht vrij plotseling sterk af met als gevolg dat het schip vaart verliest en dwars wegdrijft. De kans op overtrokken raken bleek toe te nemen met de windsterkte, met het

toespoor en met de toename van de weerstand, die vooral in zeegang aanzienlijk kan zijn. Het is daarom nodig het zwaard ook te beoordelen onder ongunstige omstandigheden.

HET TOESPOOR

Vervolgens werden de berekeningen herhaald, wederom voor vijf windsterkten, doch nu met zes zwaardlengten, waaronder het gekozen zwaard. Om te voorkomen dat het schip bij harde wind sterk loefgierig zou worden werd ditmaal de pijlhoek gevarieerd met de windsnelheid. Een grotere pijlhoek brengt mee dat het effectieve zwaardoppervlak kleiner wordt en de beoordeling wordt dus realistischer door dit aspect in de berekening te betrekken.

Als criterium voor het optimale zwaard is de snelheid bij een windkracht van drie à vier op de Beaufortschaal gekozen. De berekening is enige malen herhaald met verschillende waarden van het toespoor. Een

toespoor van 4° bleek in dit geval het beste behoud te geven. De grootte van het zwaard blijkt niet zeer kritisch te zijn en de keuze voor een zwaard van 2,50 m was juist. Anderzijds toonde de controle bij grote weerstandstoelagen¹⁾ aan dat dit zwaard met 4° toespoor bij harde wind overtrokken zou raken. Dit kan voorkomen worden door een groter zwaard te nemen, maar afgezien van de praktische bezwaren geeft dat snelheidsverlies bij de meest voorkomende windsnelheden. Een andere mogelijkheid is het toespoor kleiner te maken en wel zoveel dat het gekozen zwaard niet overtrokken raakt bij harde wind, maar ook dat geeft snelheidsverlies bij meer normale omstandigheden. De beste oplossing is dus een variabel toespoor dat afneemt naarmate de pijlhoek groter wordt. Dat kan worden bereikt door de zwaardklamp niet recht te maken maar deze een ronding te geven met de bolle kant naar buiten. Die oplossing is geen nieuwe uitvin-



ding. Integendeel. De botter „Vrouwe Cornelia” (en vele andere botters) hebben zo'n ronde zwaardklamp, die ook werd toegepast op de tjalk „Ebenhaëzer”. Zie: Huitema, „Ronde- en platbodemjachten” en Van Beylen „De botter”. Men kan er zich alleen over verbazen dat zoveel schepen, vissersschepen zowel als jachten een rechte zwaardklamp hebben. Hoe groot het toespoor bij elke pijlhoek moet zijn kan bepaald worden door de berekening te herhalen met verschillende waarden van beide grootheden. Het inschatten van het risico van overtrekken van het zwaard blijft daarbij een subjectieve beslissing. Die hangt enerzijds af van de wijze van onderhoud van het onderwaterschip en de verwachte aangroeiing en anderzijds van het vaargebied.

Natuurlijk kan men altijd verhinderen dat het zwaard overtrokken raakt door een ruimere koers te sturen. Dan neemt de drijvende kracht en daarmee de snelheid toe, terwijl de be-

nodigde dwarskracht afneemt. Voor schepen met een rechte zwaardklamp is dit de enige oplossing.

Voor het voorbeeldschip zijn de resultaten samengevat in Tabel 5.

Houten vissersschepen hadden een grote ruwheid en de zwaarden waren niet bijzonder groot. Dit alles maakt dat het risico van overtrekken van het zwaard groot was en om dat gevaar te bezweren moest het toespoor klein zijn. Voor het vissen was dat geen bezwaar. Er waren op de Zuiderzee diverse vistechieken, maar bij geen daarvan was grote snelheid hoog aan de wind belangrijk. Bij de uit- of thuisvaart, als dat al eens pal in de wind ging, maakten enkele procenten snelheid nog niet veel uit. Zo is het te verklaren dat veel vissersschepen een toespoor van 0° of zelfs minder hadden, al dan niet variabel met de pijlhoek. Anderzijds verklaart dit ook waarom er bij jachten een trend is naar een groter toespoor. Door een combinatie van oorzaken is bij jachten het gevaar van overtrekken kleiner dan bij minder verfijnd afgewerkte vissersschepen. Een toespoor van 4° bij een diepgestoken zwaard en afnemend bij grotere pijlhoeken zal voor veel schepen een goede keuze zijn.

BALANS

Een schip is in balans wanneer het te sturen is met de helmstok tussen duim

en wijsvinger. Weliswaar kan het roer dwarskracht leveren - en dat kan zelfs enige snelheidswinst geven - maar de roervorm van een platbodem brengt mee dat daarvoor wel tamelijk hard aan de helmstok moet worden getrokken. Het is dan moeilijk om nauwkeurig te sturen, zodat het snelheidsvoordeel misschien weer teloor gaat. Het is daarom wellicht beter, en voor een toerzeiler beslist aangenamer, te zorgen dat het schip zodanig uitgebalanceerd is dat het zonder veel hulp van het roer op koers blijft. Voor het bepalen van het optimale zwaard en het optimale toespoor lijkt het in elk geval verstandig ervan uit te gaan dat het roer niet aan de dwarskracht bijdraagt.

Tijdens de vaart varieert de balans met de helling. Het evenwicht kan hersteld worden door de pijlhoek van het zwaard te vergroten naarmate het harder waait. Een variatie van 10° bij Bf 3 tot 30° bij Bf 6 bleek hiervoor een redelijke aanname en is daarom gebruikt bij de bepaling van de zwaardgrootte en het toespoor.

De balans van een zeilschip wordt bepaald door de relatieve ligging van de aangrijpingspunten van de lucht- en waterkrachten, die we respectievelijk zullen aanduiden met Centre of Effort - CE - en Centre of Lateral Resistance - CLR - zulks om verwar- ring met de geometrische begrippen

Windsnelheid op 10 m hoogte	3	5,5	8	10,5	13
Pijlhoek	10	15	20	25	30
Toespoor	4	4	4	2,9	1,6

		Lok				
Normale toeslagen	2,20 m	0,875	1,421	1,700	1,838	1,899
	2,31 m	0,874	1,423	1,707	1,850	1,916
	2,44 m	0,872	1,425	1,714	1,863	1,934
	2,50 m	0,870	1,425	1,717	1,867	1,941
	2,59 m	0,868	1,425	1,720	1,874	1,950
	2,70 m	0,864	1,423	1,723	1,881	1,960
Grote toeslagen	2,20 m	0,785	1,275	1,534	—, —	—, —
	2,31 m	0,786	1,280	1,543	—, —	—, —
	2,44 m	0,786	1,283	1,552	1,677	1,717
	2,50 m	0,786	1,284	1,556	1,683	1,725
	2,59 m	0,785	1,285	1,561	1,691	1,736
	2,70 m	0,783	1,286	1,565	1,699	1,748

—, — betekent dat het zwaard in die conditie overtrokken is.





Verklarende woordenlijst

Koorde: de lengte van het profiel

Lifkracht: opgewekte kracht, loodrecht op de stroming

Lok: lengte onder de (strijk-) klamp

L.w.l.: lengte op de waterlijn = lengte van de romp op de waterlijn, zonder de stevens

Profiel: doorsnede, loodrecht op de lengte-as van het zwaard

Pijlhoek: de hoek tussen de voorzijde van het zwaard en de vertikaal

Span: bij een zwaard: de diepgang ervan (niet de lengte)

Toespoor: de hoek tussen de buitenkant van de strijklamp en het l.s.v.

Zeilpunt en Lateraalpunt te voorkomen.

Nu is het zo dat het CE een bepaalde afstand voor het CLR moet liggen, wil het schip in balans zijn. Die afstand - Lead - varieert met de helling. Om het schip op koers te houden moet de horizontale afstand tussen CE en CLR tijdens de vaart steeds worden aangepast, door verplaatsing van het CE of van het CLR of van beide.

De grootte van de Lead, die een percentage is van de verticale afstand tussen CE en CLR, kan exact berekend worden. Voor kieljachten is die berekeningsmethode al in 1942 gepubliceerd, maar te oordelen naar zelfs zeer recente publikaties heerst er nog een vrijwel algemene onwetendheid op dit punt. Omdat een zijzwaard zich niet, zoals een kiel, op hart schip bevindt, geeft de weerstand daarvan een extra lijgierig moment. In verband daarmee moest de berekening worden aangepast.

Het CLR kan vrij nauwkeurig worden berekend. Voor het grootste deel wordt het bepaald door het bekende drukpunt van het zwaard. Een fout in de schatting van het rompdrukpunt heeft dus maar een beperkte invloed. Bij een kieljacht kan het CLR alleen verplaatst worden door roergeven, doch bij een platbodem kan het CLR ook worden beïnvloed door het

zwaard meer of minder diep te steken. De bepaling van het CE is minder eenvoudig. Op grond van schaarse publikaties kan worden aangenomen dat de hoogteligging van het CE vrijwel samenvalt met die van het zeilpunt. Trekken we dus door het zeilpunt een horizontale lijn van het voorstag tot het achterlijk van het grootzeil dan zal het CE op die lijn liggen en wel een zeker percentage van de lengte van die lijn of koorde vóór het zeilpunt. Soms drukt men die afstand uit als een percentage van „de lengte waarover zeil is gezet”, dus in feite de basis van het zeilplan. Beter is het die afstand uit te drukken als percentage van de koorde. Maar hoe groot is die afstand? Bij windtunnelproeven wordt hij niet altijd gemeten, althans niet gepubliceerd. Mij zijn maar drie rapporten bekend waarin de plaats van het CE in lengterichting is gegeven.

Zeker is dat de plaats van het CE nauw samenhangt met vorm van de zeilen in de dimensie loodrecht op het vlak van het zeilplan, dus de „derde dimensie”. Die derde dimensie wordt weliswaar in eerste aanleg bepaald

door de vorm die de zeilmaker aan het zeil heeft gegeven, maar die vorm wijzigt zich door de stand van de schoten en andere vertrimmingsmogelijkheden, en ook door de wisselende druk van de wind. Er is namelijk een zekere evenredigheid tussen de plaatselijke bolling, of zo men wil, de kromtestraal en de plaatselijke door de wind uitgeoefende druk. Hoe krommer, hoe meer druk, maar die grotere druk vergroot op die plaats de doorbuiging en daarmee de kromming. Nu hangt de plaatselijke druk van de wind niet alleen af van de windsnelheid maar ook weer van de schootvoering. Een ervaren zeiler kan het CE dus vrij aanzienlijk verplaatsen. Voor berekeningen zijn we echter aangewezen op „inspired guesswork”, en dat geldt evenzeer voor de andere zeilparameters. Hopelijk kunnen de uitkomsten getoetst worden aan de ervaring van zeilers.

OPHANGPUNT VAN HET ZWAARD EN ROERKRACHTEN

Uitgaande van de geschatte plaats van het CE levert het rekenprogramma voor elke conditie een plaats van het gewenste CLR. Het ligt nu voor de hand het programma zo in te richten dat, bij een gegeven windkracht en pijlhoek, de plaats van het ophangpunt van het zwaard berekend wordt in de veronderstelling dat het roer geheel vrij hangt. Door proberen kan bij elke helling een pijlhoek worden bepaald zodanig dat het ophangpunt steeds op ongeveer dezelfde plaats komt.

Als het ophangpunt eenmaal constructief is vastgelegd kunnen we ook berekenen hoeveel dwarskracht het roer moet leveren om bij een gegeven pijlhoek het CLR op de juiste plaats te krijgen. Daaruit kan dan ook de benodigde kracht aan de helmstok worden berekend. Enige loefgierigheid is te prefereren boven lijgierigheid, mits de „helmkracht” niet te groot is.

¹⁾ Voor een volmaakt glad schip wordt de wrijvingsweerstand berekend met de zogenaamde ITTC-wrijvingscoëfficiënt. Voor een normale scheepshuid is daarop een toeslag van 0,0005 verondersteld en voor een tamelijk ruwe 0,0015. Bij „normale” zeegangstoelag is aangenomen dat de weerstand toeneemt met $0,08 \times \text{windsnelheid} \times \text{restweerstand}$ en bij „grote” zeegangstoelag met $2\frac{1}{2} \times \text{zoveel}$.