

Ankeren en kettinglengte

ir. M.H. de Vries

Inleiding

Dit artikel is gewijd aan het probleem van ankeren op zee: "Zijn er grenzen aan te geven voor de bruikbaarheid van het scheepsanker-systeem bij het gebruik van één anker?" De huidige richtlijnen en vuistregels in de vorm van: "kettinglengte = driemaal de waterdiepte, maar tijdens slecht weer dient men wat meer lengte te steken", stroken niet met de huidige stand van de techniek. Uitgangspunt voor de studie is het ankervoorschrift van de afdeling scheepsbouw van de directie materieel der Koninklijke Marine [4].

Het grondtakel wordt gebruikt om een schip tijdelijk aan af te meren, maar ook als manoeuvreerhulpmiddel of als noodrem. In alle gevallen kan het systeem zeer nuttige diensten bewijzen, maar doordat de grenzen van de bruikbaarheid ontbreken, kunnen grote risico's ontstaan.

Naar aanleiding van de uitspraak van de Raad voor de Scheepvaart ten aanzien van het vergaan van het m.s. "Maassluis", dat op de rede van een Algerijnse haven van zijn anker sloeg en met man en muis ten onderging tegen de pier van de haven, [1] is dit onderzoek gestart naar de voorschriften en achtergronden voor het bepalen van de te steken kettinglengte door de operationele gebruiker.

Hierbij wordt slechts kort stilgestaan bij het probleem van de houdkracht van het anker en wel zodanig dat er wordt toegelicht hoe de keuze van het ankersysteem in de ontwerpfase van het schip heeft plaatsgevonden, aangezien de gebruiker geen keuze meer heeft t.a.v. alternatieve systemen.

Procedures voor het ten anker gaan blijven buiten beschouwing, hoewel het opvangen van de grote kinetische energie van VLCC's hoge eisen stelt aan het systeem [2], [3]. Toch zijn grote schepen bij het uitvallen van schroef en/of roer uitsluitend aangewezen op hun

grondtakel ter voorkoming van een ecologische ramp t.g.v. een beschadiging door stranding of aanvaring, zoals de "Amoco Cadiz" in 1978 demonstreerde voor de Bretonse kust en ook onlangs de "Braer" bij de Shetlands.

Het nuttig gebruik van een tweede anker zal alleen ter sprake komen in de context van het beperken van de gierbeweging van het schip, maar de meervoudige verankering is hier niet direkt aan de orde, hoewel er bij het niet over voldoende kettinglengte beschikken over één anker slechts de keuze bestaat tussen het gebruik van twee ankers of met behulp van de eigen voortstuwingsassistenten.

De houdkracht van het anker

De vele gevallen van krabbende ankers hebben inventieve geesten geprikkeld tot het uitdenken van verbeterde ankers met een grotere houdkracht. Toch moet het anker ook weer met eigen middelen eenvoudig te lichten zijn en zo wordt voor de meeste koopvaardij-schepen nog steeds een zeer ouderwets ankertype gebezigd: het stokloos anker met een zeer beperkte houdkracht.

Uiteraard is deze houdkracht sterk afhankelijk van de bodemgesteldheid en type en gewicht van het anker [5].

Bij het ontwerp van het schip wordt de dimensionering van anker en kettingen bepaald op grond van het uitrustingsgetal [6], dat met een eenvoudige empirische formule wordt afgeleid uit het gewicht van het schip en de grootte van het windvangend oppervlak. Met als uitgangspunten: een windsnelheid van 25 m/s, een stroomsnelheid van 2,5 m/s en de verwaarlozing van golfkrachten [2], worden aantal en gewicht van de ankers bepaald, evenals de totale lengte en de diameter van de ankerketting.

Als aanname voor de houdkracht van het anker wordt daarbij een voorzichtige faktor $3\frac{1}{2}$ ge-

hanteerd ten opzichte van het ankergewicht voor het alledaagse stokloze anker.

Meer gedetailleerd onderzoek van recente datum is te vinden in [7], [8] en [9]. Uit deze studies komt o.a. de houdkracht van het stokloze anker op zandgrond als 5 maal het ankergewicht naar voren.

Het gebruik van modernere ankers met een verhoogde houdkracht, waardoor een veel lichter anker kan worden toegepast, vindt slechts in die bijzondere gevallen toepassing waar dat gewicht doorslaggevend is ten opzichte van de hogere kosten (in de offshore, de jachtbouw en bij het KIM).

De houdkracht van het anker wordt ook in zeer hoge mate bepaald door de trekrichting van de ankerketting. Indien de ankerketting de schacht van het anker van de grond tilt, zal de houdkracht dramatisch afnemen, hetgeen goed van pas komt bij het anker-op gaan. Als voorwaarde voor het effectief gebruik van het anker - als afmeerpunt - geldt dan ook dat er tenminste zoveel ketting gestoken dient te worden, dat de ketting ter hoogte van de roering (bevestiging aan het anker) netjes vlak op de zeeboodem ligt.

Indien de trekrichting in het horizontale vlak niet samen valt met de schachtrichting, bijvoorbeeld ten gevolge van de gierbeweging van het schip, dan hangt het in sterke mate van de stabiliteit van het anker af of het uit de grond breekt. Het stokloos anker kan slechts een geringe hoekafwijking aan, vanwege haar instabiliteit. Dat het stokloze anker nog steeds op grote schaal wordt toegepast is te danken aan de goede eigenschappen voor het zeevast opnemen in de kluisconstructie.

Een nadere beschouwing van de houdkracht van het anker valt buiten het kader van dit betoog en de geïnteresseerde lezer kan daarvoor zijn toevlucht nemen tot de geciteerde literatuur.

Invloed van kettinglengte

Zoals boven reeds vermeld, zal het anker een maximale houdkracht ontwikkelen indien de ketting horizontaal in de richting van de

schacht van het anker trekt. Aangezien in het verleden de fysische achtergronden van het probleem bij gebrek aan technische mogelijkheden zijn vermeden, bestaat er een aantal vuistregels voor de te steken kettinglengte, waarbij niet duidelijk is wat de achtergrond geweest is: of er uitgegaan wordt van een beschutte ankerplaats zonder invloed van golven (zoals de Lloyd's berekening van het ankergewicht ook doet) of dat de golfkrachten op een of andere manier wel verdisconteerd zijn. In de meeste vuistregels wordt de kettinglengte gerelateerd aan de waterdiepte. De Engelstalige literatuur hanteert voor het quotiënt van kettinglengte en waterdiepte zelfs een aparte benaming: "the scope". Richtlijnen voor een lineaire verhouding variëren van 3 bij goed weer tot 8 à 9 in ballastconditie bij ongunstige weersomstandigheden [10].

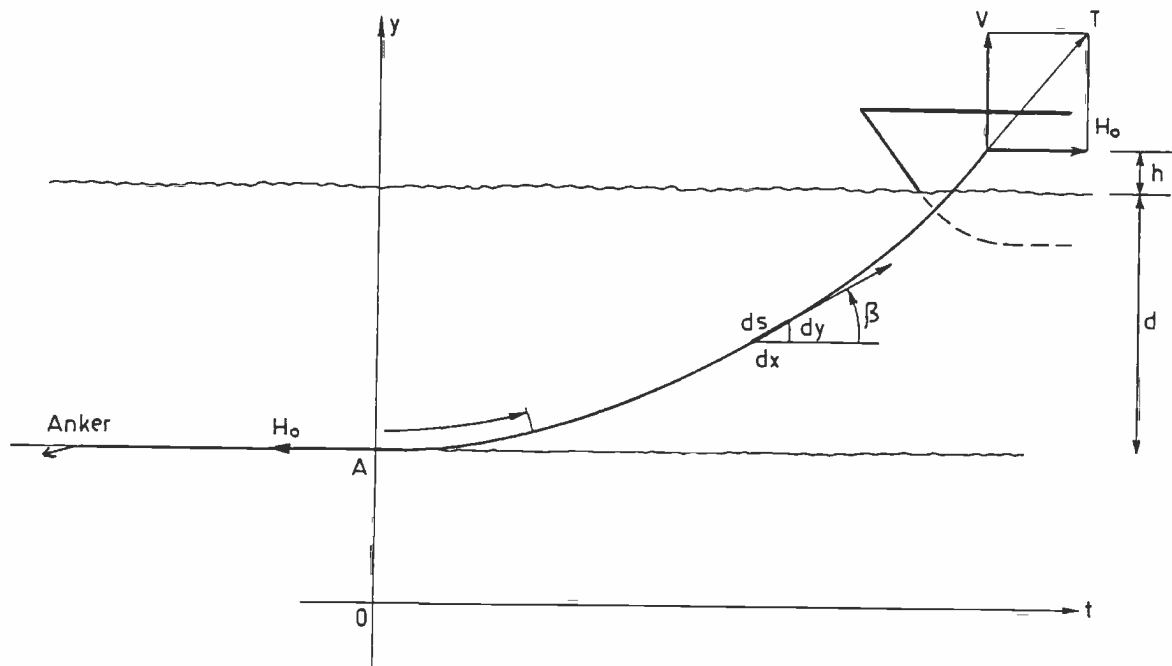
Andere richtlijnen hanteren de vierkantswortel uit de waterdiepte en variëren tussen $25\sqrt{d}$ en $40\sqrt{d}$ [11], waarbij soms het materiaal van de ketting nog een rol speelt.

Het meest rationele voorschrift dat werd aangetroffen is dat waarmee de Koninklijke Marine haar schepen naar zee stuurt, ook al heeft dit ook duidelijke beperkingen, zoals in de volgende paragraaf zal blijken.

Het voorschrift voor de schepen der Koninklijke Marine

Teneinde te voorzien in de lacune aan technisch onderbouwde voorschriften voor het ankeren onder moeilijke omstandigheden is door de afdeling Scheepsbouw van de Koninklijke Marine (DMKM) d.m.v. de ontwikkeling van een voor die tijd (1970) geavanceerd computerprogramma, getracht aan te geven hoeveel ankerketting minimaal dient gestoken te worden voor een optimale veiligheid.

Op grond van dit computerprogramma werd toen door een "main-frame" computer voor ieder scheepstype berekend, hoeveel kettinglengte er tenminste diende gestoken te worden om te voldoen aan de eisen van de diepte van het vaarwater, de stroomsnelheid en de heer-



figuur 1

sende windkracht. Tegenwoordig is zo'n berekening eenvoudig op een programmeerbare zakrekenmachine uit te voeren. Deze gegevens werden, en worden nog steeds, in tabelvorm aan de schepen verstrekt in het manoeuvreerboekje. [3]

De berekening is gebaseerd op de kettinglijnenadering voor een statische evenwichtssituatie en resulteert in de volgende formule:

$$L = \left(2 \frac{H_0}{w} + d + h \right)^{1/2} \cdot (d + h)^{1/2}$$

waarin

L = minimaal te steken kettinglengte in meters,

d = waterdiepte in meters,

h = hoogte van de kluis boven water in meters,

w = gewicht van de ketting in zeewater in N/m,

H_0 = horizontale component van spanning in de ketting t.h.v. de kluis in N.

(zie figuur 1/voor de afleiding zie appendix A).

Hierbij is verondersteld dat de krachten van het water op de ketting ten gevolge van de stroming etc. te verwaarlozen zijn, aangezien anders geen directe analytische oplossing van het probleem mogelijk is. Is deze aanname niet te rechtvaardigen zoals bij diepwater verankering van offshore-constructies, dan dient men zijn toevlucht te nemen tot numerieke (en meestal iteratieve) oplossingsmethoden, die een speciaal computerprogramma vereisen voor de oplossing van het probleem.

De trekkracht in de ketting in een willekeurig punt wordt in de evenwichtssituatie opgebouwd uit twee componenten:

- een horizontale component, dit is de weerstandkracht waarmee het schip naar achteren trekt en deze is gelijk in elk punt van de ketting;

- een verticale component, die wordt veroorzaakt door het gewicht van het vrijhangende kettingdeel tussen het beschouwde punt en de zeebodem.

Dit onder de veronderstelling, dat het schip zich in vlak water bevindt, zodat geen wisselende versnellingen en dus krachten optreden.

Voorwaarde voor een maximale houdkracht van het anker is dat de schacht van het anker niet door de ketting van de grond wordt getild. De randvoorwaarde, die we dus aan de kettinglijn opleggen is een horizontale raaklijn ter hoogte van de bodem.

Indien we de horizontale kracht waarmee het schip aan de ketting trekt, kunnen bepalen, dan is de minimaal te steken kettinglengte te bepalen, want die is equivalent met de verticale kracht ter hoogte van de kluis, zijnde het gewicht van de vrijhangende ketting.

In feite worden de randvoorwaarden voor de kettingformule dan vastgelegd door de beide richtingen (afgeleiden) van het vrije kettingdeel: de horizontale raaklijn ter hoogte van de bodem en de richting ter hoogte van de kluis, die wordt bepaald door de resultante van de horizontale (weerstands-)kracht en de verticale (zwaarte-)kracht.

Indien het schip geen gebruik maakt van haar schroef, wordt de horizontale kracht bepaald door de weerstand, die het schip ondervindt ten gevolge van wind, stroom en golven.

Zoals blijkt uit de moeite die onderzoekers, die in het gelukkige bezit zijn van een sleeptank, zich moeten getroosten teneinde de weerstand van een nieuw schip betrouwbaar te voorspellen, is deze weerstand ten gevolge van wind en stroom niet eenvoudig door een simpele formule te bepalen.

Die weerstand is afhankelijk van de grootte, de vorm en de ruwheid van het oppervlak van het object en de aanstroomsnelheid en -richting, en van deze parameters kunnen we een aantal in een mathematisch bruikbare vorm vastleggen.

In haar allereenvoudigste gedaante laat de weerstand van een object in een homogene

aanstroming in een onbeperkte ruimte zich benaderen door:

$$R = c_w * .5 * \rho * V^2 * A \quad (1)$$

waarin

R = de weerstand in Newton;

c_w = de dimensieloze weerstandscoefficiënt waarin de vorm en de ruwheid van het oppervlak zijn verdisconteerd;

ρ = de soortelijke massa van het fluidum in kg/m^3 ;

V = de snelheid van het aanstromende fluidum in de ongestoorde buitenstroom in m/s;

A = het blootgestelde oppervlak (een referentie-oppervlak afhankelijk van de heersende praktijk) in m^2 .

De restrictie "in een onbeperkte ruimte" heeft betrekking op de invloed van bodem en wanden van het vaarwater. Indien de afstand tot bijv. de bodem klein wordt, zullen de stroomsnelheden onder het schip toenemen en daarmee ook de wrijvingsweerstand.

Vooraf bij zeer grote schepen (VLCC's) kan de weerstand door een geringe keel-clearance substantieel hoger zijn [2].

Voor de windweerstand wordt in het voorschrift voor de KM gekozen voor de weerstand bij een wind die recht van voren inkomt, waarbij als referentie-oppervlak het maximale voor-aanzicht (de grootste dwarsdoorsnede) wordt gebruikt.

Indien we als rekenvoorbeeld het tragische geval van de "Maassluis" gebruiken, dan is in volbeladen toestand het windvangend oppervlak ca. $775 m^2$ en in ballast ca. $954 m^2$.

De ρ voor lucht is $1.25 kg/m^3$ en als c_w wordt 0.8 gebruikt. Voor een windsnelheid van 25 m/s (BF 10+) is de windweerstand volgens de gegeven formule (1):

$$R \text{ wind, volbeladen} = 242 \text{ kN}$$

$$R \text{ wind, ballast} = 298 \text{ kN}$$

Voor de weerstand in stromend water wordt wederom alleen gekeken naar de situatie met de stroom recht van voren en daarbij moet de weerstandscoefficiënt van de stroomlijnvorm

onderwater worden bepaald en de weerstandscoëfficiënt van de stilstaande schroef. Voor het onderwaterschip wordt, naar analogie van de berekening van de wrijvingsweerstand van een sleepmodel, gebruik gemaakt van de weerstandscoëfficiënt van een vlakke (en gladde) plaat waar de vorm- en ruwheidstoelagen bij worden opgeteld.

Het voorschrift hanteert de zogenaamde "Schoenherr-meanline" voor de wrijvingsweerstandcoëfficiënt van een vlakke plaat in een langsstroming:

$$c_f = 0,083 / (\log_{10} Re - 1,65)^2$$

waarin

Re = het dimensieloze Reynoldsgetal, dat de invloed van de visceuze krachten in verhouding tot de traagheidskrachten in een stroming bepaalt.

Het is gegeven door

$$Re = V * L_{wl} / \nu, \text{ waarin}$$

V = stroomsnelheid in m/s;

L_{wl} = lengte waterlijn in m;

ν = kinematische viscositeit van het zeewater $\sim 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$;

zodat voor een stroomsnelheid van 1 knoop $\sim .515 \text{ m/s}$ en de lengte loodlijnen van 164 m geldt: $Re = 84.5 * 10^6$ en daarmee: $c_f = 2.98 * 10^{-3}$.

Voor de ruwe huid wordt een extra faktor van: $c_r = 1.65$ toegepast, zodat de uiteindelijke weerstandscoëfficiënt wordt:

$$c_f = 4.92 * 10^{-3}$$

Voor de toepassing van (2) is nu nog een bruikbare oppervlaktemaat benodigd. Op grond van de uitgangspunten volgens Froude van de equivalente wrijvingsweerstand van de vlakke plaat wordt hiervoor het "natte" oppervlak genomen, dat kan worden benaderd door de volgende empirische formule:

$$A_{\text{nat}} = (3,4 + 0,5 \frac{L_{wl}}{\sqrt[3]{V}}) \nabla^{2/3}$$

waarin ∇ = het volume van het onderwaterschip in m^3 . Dit resulteert in een nat oppervlak van 4910 m^2 voor de "Maassluis" in ballast, 12% lager dan een nauwkeuriger berekening uitwijst, hetgeen waarschijnlijk veroorzaakt wordt door de grote trim. In de volbeladen toestand is de benadering beter dan 1,5%, namelijk 7390 m^2 .

Door de zeer lage snelheden en de (relatief) gunstige stroomlijnform ligt de wrijvingsweerstand door het langsstromende water bij een stroomsnelheid van 1 knoop ($\sim 0,5 \text{ m/s}$) in de orde van de 3000 à 5000 N. Dit is te verwaarlozen in vergelijking met de windweerstand. Bij het toenemen van de stroomsnelheid stijgt de wrijvingsweerstand kwadratisch, dus een stroomsnelheid van 2,5 m/s levert een 25 maal grotere weerstand.

De weerstand van de stilstaande schroef in de stroming wordt in principe ook met (1) bepaald, alleen wordt de richting van de bladen ten opzichte van de stroomrichting als parameter meegenomen door de spoed in rekening te brengen. Overigens is de weerstand van de schroef van een tanker alleen bij hoge stroomsnelheden van enig belang. In het geval van de "Maassluis" zou de berekening resulteren in een weerstand van 1 kN.

De totale weerstand van het schip in een stroming van één knoop bij een windsnelheid van BF 10+ is dan de som van de drie componenten:

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{wind}} + R_{\text{romp}} + R_{\text{schroef}}$$

Voor die situatie van de "Maassluis" resulteert dit in een totale weerstand van:

$$\begin{aligned} R_{\text{tot, volbeladen}} &= 250 \text{ kN} \\ R_{\text{tot, ballast}} &= 310 \text{ kN} \end{aligned}$$

Indien we met deze waarden voor H_0 het probleem van de kettlijnformule ingaan, dan vinden we bij:

- een waterdiepte d van 35 m;
- een hoogte van de kluis boven water h van 4,5 m;

- een kettinggewicht w van 1200 N/m in lucht,

(d.w.z. $(6,8/7,8) * 1200 = 1046$ N/m in water);

voor de minimaal te steken kettinglengte:

L volbeladen = 143 m

L ballast = 158 m

In het geval van de "Maassluis" was een lengte van 165 m gestoken, hetgeen voldoet indien de omstandigheden overeenkomen met de aannamen die aan de berekening ten grondslag liggen: alleen wind en stroom recht van voren.

De bovenstaande berekeningen gaan uit van een stationaire "head-on" situatie, waarbij de gebruikelijke fluctuaties van windkracht en windrichting buiten beschouwing worden gelaten. In deze geïdealiseerde situatie zal een statisch evenwicht tussen trekkracht van de ketting en weerstand van het schip ontstaan. In werkelijkheid zullen de fluctuaties van de wind er voor zorgen, dat het schip zal gaan "gieren" achter het anker, waarbij het schip "Lisajou"-figuren gaat beschrijven, zodat de wind en stroom ook onder een hoek zullen inkomen. Bij sommige schepen kan het gieren tot zeer grote invalshoeken leiden, waardoor de weerstand t.g.v. de wind door een groter getoond oppervlak zal toenemen en de weerstand t.g.v. de stroom zal toenemen door een ongunstiger vorm. In extreme gevallen kunnen schepen een gierhoek van 90° maken doordat ze als een vlieger met te weinig staart heen en weer duiken in de ketting, waarbij tevens grote dynamische krachten in het systeem zullen optreden. Bij schepen met een dergelijk gedrag dient men grote waakzaamheid te betrachten en het gebruik van een tweede anker goed te overwegen.

De invloed van zeegang op de te steken kettinglengte

In de berekeningen van de KM wordt de invloed van golven niet meegenomen, waarschijnlijk omdat daartoe de middelen in die tijd nog ontbraken. Tegenwoordig zijn er verschil-

lende computerprogramma's beschikbaar, die de bewegingen en de extra weerstand die regelmatige sinusvormige golven veroorzaken, redelijk kunnen benaderen. Ook kunnen de bewegingen van het schip in onregelmatige zeegang op een statistische wijze beschreven worden, indien het beginsel van lineaire superpositie kan worden toegepast, d.w.z. dat bij een gegeven golfspectrum het spectrum van de bewegingen is te bepalen, waaruit de significante waarden van de amplituden af te leiden zijn. Voor de extra weerstand t.g.v. golven wordt een tijdgemiddelde waarde van alle aanwezige frequentiebijdragen bepaald.

Voor dit onderzoek zijn berekeningen van de bewegingen in golven uitgevoerd met het (personal-) computerprogramma SEAWAY [12] voor een geschatte beladingsconditie van de "Maassluis", waarbij de onzekerheid grotendeels ligt in de gewichtsverdeling, waarvan de invloed verwaarloosbaar wordt geacht. De betrouwbaarheid van de berekende bewegingen is geverifieerd aan de hand van modelproeven en het resultaat is zeer bevredigend. Voor de vergelijking met ware-grootte metingen zijn op dit moment onvoldoende gegevens beschikbaar voor een statistisch betrouwbare beoordeling over de diverse romptypen.

Op grond van een uitgebreide studie van de meteorologische omstandigheden [13] zijn als parameters voor de beschrijving van de zee-toestand te hanteren:

significante golfhoogte = 7,5 m.

gemiddelde golfperiode = 9 sec.

Gezien de beschreven omstandigheden is voor de berekeningen gekozen voor een JONS-WAP-spectrum met bovenstaande parameters. Voor de beladingstoestand van de "Maassluis" resulteert dit in de volgende waarden voor de extra weerstand door golven en de verticale bewegingen ter hoogte van de ankerkluis:

R golven, ballast = 150 kN

Stamp-amplitude in ballast:

significante waarde = 3,3 gr.

maximale waarde = 4,2 gr.

Resultaterend in een verticale beweging:

significante waarde = 5,8 m.
maximale waarde = 7,4 m.

Waarschijnlijk de eenvoudigste methode om deze effecten toch in de berekeningen op te nemen is de extra weerstand in golven bij de overige componenten op te tellen en de amplitude van de verticale beweging op te tellen bij de hoogte van de kluis boven het water. Daarmee worden vier dynamische effecten verwaarloosd, te weten:

- de toegevoegde weerstand in golven ontstaat door de veranderde stand van het schip in het langsstromende water en wordt berekend volgens de "integrated-pressure" methode van Boese [17] en is een tijdgemiddelde waarde over de verschillende golffrequenties die in het spectrum voorkomen.
- de fluctuaties ten gevolge van de vorming van golfgroepen, die buiten deze eerste orde benadering vallen, zijn niet meegerekend [14]. Deze tweede-orde driftkrachten kunnen aanzienlijk zijn indien de eigen frequentie van het afmeersysteem samenvalt met de laag-frequentie groepsvorming. Het ligt in de bedoeling de volgende fase van het onderzoek aan deze krachten te wijden.
- de dynamische effecten van de stampbeweging kunnen zijn dat de beweging van de ketting groter kan zijn dan de quasi-statische waarden, waardoor de voorwaarde van een horizontale raaklijn t.p.v. de roering teniet kan worden gedaan. (Hetgeen niet waarschijnlijk is gezien de ervaringen in praktijkproeven [15] en de grote visceuze demping die bij het strak trekken van de ketting optreedt). Bovendien zal de trekkracht in de ketting door de dynamische effecten tweemaal groter kunnen zijn dan uit de quasi-statische berekeningen volgt [16]. De klassieke "safety-factor"-benadering biedt hiervoor voldoende marge in de sterkte van de ketting.
- door de frequentie-domein berekeningen valt de fase-informatie weg, zodat de uit-

komst de werkelijke waarden aanzienlijk kan overtreffen. Om dit probleem te overkomen zijn een aantal berekeningen uitgevoerd met het programma SEATIME [18], waarin ook de ankerkrachten worden meegenomen [19], hetgeen echter nog in haar testfase verkeert, zodat een uitgebreide en betrouwbare evaluatie uitgesloten is binnen het tijdsbestek van dit onderzoek. Voor de Maassluis resulteerden de simulaties echter in een zeer hevig gierend schip dat met sterke rukken in de ketting terugviel, waardoor het gehele ankersysteem zeer hoog werd belast. Gezien de reputatie van deze schepen lijkt dit gedrag wel reëel.

De stampbeweging resulteert in een verticale beweging van het voorschip

van maximaal $\frac{4.2}{57.3} * 80 = 5.9$ m.

Aangezien het zeer onwaarschijnlijk is dat de maximale stamphoek samenvalt met de maximale domp-uitwijking, wordt voor de maximale verticale verplaatsing van de ankerkluis een (arbitraire) waarde van 9,5 m aangenomen, waardoor de kluishoogte h in de kettingformule wordt:

$4,5 + 9,5 = 14$ m.

Met de extra weerstand van de golven (150 kN) toegevoegd aan de weerstand t.g.v. wind en stroom (310 kN) levert de kettingformule:

$L = 213$ m.

hetgeen nog binnen de mogelijkheden van het schip lag.

Indien het schip netjes met de kop in de golven zou zijn blijven liggen, dan zou volgens bovenstaande benadering een kettinglengte van 215 meter voldoende moeten zijn geweest om de schacht van het anker niet van de grond te lichten.

De weerstand van 46 tonf. zal de houdkracht van een anker met een stokloos gewicht van ca. 9 ton echter zwaar op de proef stellen [7],

zelfs indien we de geciteerde faktor van 5 maal het ankergewicht aanhouden voor de zandgrond ter plaatse.

Wanneer bovendien in de beschouwing wordt opgenomen dat het schip aanzienlijk zal gaan gieren, resulteert dat in een aanzienlijke toename van de wind- en de golfweerstand, hetgeen het uiterst onwaarschijnlijk maakt dat het anker zal houden.

Analyse van de kettlinglengte-berekening KM

Het gebruik van de weerstandsberekening van de KM gaat aan drie significante invloeden voorbij:

- de invloed van golven;
- de invloed van het gieren van het schip;
- de invloed van ondiep water.

Daarnaast dient de weerstandsberekening zelf aan een kritische analyse te worden onderworpen, hoewel de verwachting gerechtvaardigd lijkt, dat de tientallen jaren ervaring in de scheepshydraulica tot betrouwbare resultaten zou leiden.

In een onderzoek naar dergelijke berekeningen bleek echter dat de spreiding van de resultaten van een tiental methoden onverwacht groot was [20].

Zelfs voor de eenvoudige situatie met stroom recht van voren was de hoogste voorspelling een faktor 10 hoger dan de laagste, terwijl een ware-grootte proef met een destroyer ruim boven het gemiddelde scoorde. Teneinde een indruk te krijgen van de kwaliteit van de weerstandsberekening van de KM is de ware-grootte proef nagerekend met de beschikbare gegevens, aangevuld met enkele schattingen van de schroefgegevens. De voorspelling benaderde goed het gemiddelde van alle genoemde methoden, maar was ongeveer 25% lager dan de ware-grootte proef.

Conclusie

Alle genoemde berekeningen zijn uitsluitend geverifieerd aan de hand van modelproeven,

waarbij de omstandigheden goed in te stellen zijn. Helaas is het uitvoeren van ware grootte proeven een zeer moeilijke opgave, aangezien een beweeglijk schip in stroom, wind en golven achter een veranderlijk ankersysteem te veel eist van een meetsysteem. Het verloop van wind, stroom en golven met plaats en tijd is moeilijk te registreren voor een stationaire constructie, maar voor een bewegende constructie in een slap veersysteem zijn de problemen nog enkele malen groter.

Toch ligt het in de bedoeling om gecombineerd met het onderzoek naar het gedrag van "drifters" (dit zijn schepen waarvan de voortstuwing defect is) geen eerste validatie op ware grootte van de genoemde verschijnselen uit te voeren.

Samenvatting

Dit artikel beschrijft een eerste fase van het onderzoek naar het operationele gebruik van het ankersysteem naar aanleiding van het vergaan van het m.s. "Maassluis". Toetsing van het ankervoorschrift van de KM leert dat dit voorschrift geen verbetering had opgeleverd, aangezien het een aantal essentiële factoren verwaarloost, hetgeen tot een onveilige situatie leidt. Nader onderzoek naar de invloed van golven en de gierbewegingen van het verankerde schip zijn noodzakelijk om verantwoordelijke richtlijnen te geven voor het ankeren in open water.

Tot die tijd zal de vage ambachtelijke term "volgens goede zeemanschap" het ankerproces in de operationele praktijk blijven achtervolgen.

Literatuur

1. Uitspraak van de Raad voor de Scheepvaart, inzake de scheepsramp met het m.s. "Maassluis"; Bijvoegsel van de Nederlandse Staatscourant van woensdag 26 juli 1989, nr. 143.
2. "Inadequacy of anchors in large ships"; P. Bruce, paper C49 from the transactions of the "Conference on mooring of large

3. ships over 150.000 dwt", the Institute of Marine Engineers, december 1979.
4. "Stopping and anchoring large ships - a feasibility study";
A.J. Morton e.a., Trans.RINA/NI, London, march 1987.
5. "Een methode ter berekening van het grondtakel van schepen der Koninklijke marine en het loodswezen. Computerprogramma ter berekening van de minimaal te steken kettinglengte";
N.T. van Harpen, DMKM/SCHEBO (19225/SB) Den Haag, augustus 1970.
6. "On the holding power of ship's anchors";
K.J. Saurwalt, doctors thesis, TU Delft, juni 1975
7. "Rules for the classification of ships";
Lloyd's Register of Shipping, London section 7; Equipment number.
8. "A method for predicting drag anchor holding capacity";
Naval Civil Engineering Lab. (CR-83.036) California, august 1983.
9. "Model and small-scale tests to evaluate the performance of drag-anchors in combination";
R.J. Taylor/G.R. Walker, Naval Civil Engineering Lab; (N-1707), California, october 1984.
10. "Design guide for drag embedment anchors";
R. Taylor/P. Valent; Naval City Engineering Lab. (N-1688), California, january 1984.
11. "Survey of anchoring systems";
A.O. Ojo; Seaways, september 1983.
12. "The dynamic behaviour of single and multiple moored vessels";
A.K. Brook/D. Byrne; RINA London, april 1983.
13. SEAWAY, personal computerprogramma voor de berekening van scheepsbewegingen;
ir. J.M.J. Journee; Delft 1989.
14. "Het weer tijdens de ramp met het m.s. "Maassluis"; M.J.M. Saraber/J.W. Greve; NTT-De Zee 18/9, september 1989.
15. "The statistical properties of low-frequency motions of nonlinearly moored tankers";
J.A. Pinkster/J.E.W. Wichers, OTC 5457, Houston, april 1987.
16. "Experiments on the dynamic behaviour of mooring lines";
K. Feldman; Fac. of Civil Engineering/Offshore Engineering,
Techn. University Delft, june 1988. (master's thesis).
17. "Response of anchorlines to excitation at the top";
S.H. Polderdijk; BOSS '85, Delft (pp. 347-358).
18. "Eine Einfache Methode zur Berechnung der Widerstandserhöhung eines Schiffes in Seegang";
P. Boese, Institut für Schiffbau der Universität Hamburg, Bericht Nr. 258, 1970.
19. "SEATIME", personal computerprogramma voor de berekening van scheepsbewegingen in het tijdsdomein", vakgroep Hydromechanica, TU-Delft, 1990.
20. "Some notes on static anchor chain curve";
M. Deha Korkut/E.J. Hebert; OTC 1160, Houston, april 1970.
21. "An assesment of state-of-the-art methods for calculating current loads on moored ships";
P. Palo/R. Ownes; Naval Civil Engineering Lab. (N-1633), California, june 1982.
"Prediction of wind and current loads on VLCC's"; OCIMF, London 1977.