



KRACHTEN OP TEN ANKER
LIGGENDE SCHEPEN.

Westerschelde



KRACHTEN OP TEN ANKER
LIGGENDE SCHEPEN.

Westerschelde

1. INLEIDING
2. SAMENVATTING, KONKLUSIE EN/OF AANBEVELINGEN
3. LOKATIE, REGLEMENTERING
 - 3.1 Lokatie ankerplaatsen
 - 3.2 Reglementering
4. PRAKTIJKGEGEVENS
 - 4.1 Positiebepaling van ten ankerliggende schepen
 - 4.2 Ervaringen loodsen/ verkeersleiders
 - 4.3 Werkzaamheden op de ankerplaatsen
5. SCHEEPSONGEVALLEN
6. BEREKENINGEN HOUDKRACHT ANKER
 - 6.1 De ankeruitrusting
 - 6.2 Methode
 - 6.3 Resultaat houdkracht berekeningen.
7. BEREKENINGEN KETTINGLENGTE
 - 7.1 Methode
 - 7.2 Resultaat
8. BEREKENINGEN KRACHTEN OP HET SCHIP
 - 8.1 Theorie
 - 8.1.1 Stroomkrachten
 - 8.1.2 Windkrachten
 - 8.1.3 Golfkrachten
 - 8.2 Methodes voor het berekenen van de op het anker uitgeoefende kracht
 - 8.2.1 De statische methode
 - 8.2.2 De dynamische methode
 - 8.3 Keuze van een berekeningsmethode
 - 8.4 Invoer voor de statische methode
 - 8.5 Resultaat statische berekeningen
 - 8.6 Koersstabiliteit tijdens het ten anker liggen

Literatuur

Figuren 1 t/m 4

Tabellen 1 t/m 10

Bijlagen 1 t/m 6

LITERATUUR

- [1] Onderzoek risicofactoren bij activiteiten op aangewezen ankerplaatsen Westerschelde.
Deel 1 en 2
Rapport No. 08605-1-MO
MARIN
Wageningen, oktober 1989.
- [2] Brink, ir L. en A.P. Helwig.
"De benodigde lengte ankerketting voor een ten anker liggend vaartuig".
NTT de Zee 19, pag. 172-178
juni 1991.
- [3] Brink, ir L. en A.P. Helwig.
"De benodigde lengte ankerketting voor een ten anker liggend vaartuig".
Schip en Werf 57, pag. 477-488
september 1990.
- [4] "Predictions of wind and current loads on VLCCs".
Oil Companies International Marine Forum.
Londen, 1977.
- [5] "Research investigations for the improvement of ship mooring methods".
BSRA Report NS.179
1967.
- [6] Brook, A.K., en D. Byrne.
"The dynamic behaviour of single and multiple moored vessels".
Paper no.9 of the joint meeting of The Royal Institution of Naval Architects and The Nautical Institute.
Londen, 1983.
- [7] Schellin, T.E., T. Jiang, S.D. Sharma.
"Motion simulation and dynamic stability of an anchored tanker subject to current, wind and waves".
Schiffstechnik 37, page 64-84.
juni 1990.
- [8] Walree, F. van en H.J.J. van den Boom.
"Wind, wave, and current loads on semisubmersibles"
OTC 6521
mei 1991.
- [9] "The link with safety".
Ramnäs Anchor Chain.

FIGUREN

- 1 Kettinglengte tegen waterdiepte, afhankelijk van staaltype ketting.
- 2 Krachten 70.000 DWT bulkcarrier, invloed stroomsnelheid.
- 3 Krachten 70.000 DWT bulkcarrier, invloed windrichting.
- 4 Krachten 70.000 DWT bulkcarrier, invloed windsnelheid.
(windrichting 240 graden).

TABELLEN

- 1 Driftende ankerliggers in de Everingen en de Put van Terneuzen, periode 1986 t/m 1990, bron: Dienst Verkeerskunde.
- 2 Driftende ankerliggers in de Everingen en de Put van Terneuzen, periode 1986 t/m november 1991, bron: Verkeerspost Terneuzen.
- 3 HE per grondsoort.
- 4 Kenmerken maatgevende schepen.
- 5 Equipment number en ankergewicht.
- 6 Houdkracht anker 70.000 DWT bulkcarrier.
- 7 Houdkracht anker 135.000 DWT bulkcarrier.
- 8 Lengte ketting van het anker tot de doorsnijding van de waterspiegel.
- 9 Verhouding kettinglengte/ waterdiepte (voor U2 staaltype).
- 10 Kenmerken 150.000 DWT tanker.

BIJLAGEN

- 1a,1b Lokatie ankerplaatsen Everingen
- 2 Lokatie ankerplaatsen Put van Terneuzen.
- 3 Voorwaarden L.E.L.
- 4 Voorwaarden bunkeren
- 5 Resultaten statische berekeningen 70.000 DWT bulkcarrier
Tabel 1 t/m/ 20.
- 6 Resultaten statische berekeningen 135.000 DWT bulkcarrier
Tabel 1 t/m/ 20.

1. INLEIDING

Het Directoraat-Generaal Scheepvaart en Maritieme Zaken verleende op 22 mei 1991, per brief kenmerk S/M/10.433/91, opdracht aan de hoofdafdeling Scheepvaart van de Dienst Verkeerskunde om een onderzoek uit te voeren voor het DGSM/Scheldemond. Het onderzoek staat omschreven in het projectplan gedateerd 10 december 1990 "Gebruik ankerplaatsen Westerschelde".

Tot nu toe worden vuist-/ervarings-regels voor de benodigde ankerketting toegepast bij het ten anker brengen van schepen. Factoren als wind, zeegang, stroom, waterdiepte en bodemsoort zijn variabelen die in de regels zijn verwerkt.

Deze regels worden ook toegepast bij de schepen, die op de ankerplaatsen Everingen en de Put van Terneuzen lading overslaan in langszij liggende lichters/coasters met behulp van walkranen.

Het onderzoek kan voor DGSM Regio Scheldemond als leidraad dienen voor het aangeven van richtlijnen voor ten anker liggende schepen met eventueel overslagactiviteiten langszij. In overleg met de opdrachtgever is het onderzoek gericht op de (overslag) ankerplaatsen Everingen en de Put van Terneuzen.

In deze nota wordt in hoofdstuk 4 ingegaan op de huidige praktijkregels die worden gehanteerd bij het ten anker leggen van de grote schepen. Voorts is in hoofdstuk 5 nagegaan hoeveel ankerliggers op deze lokaties hebben gedrift in een periode van zes en tien jaar. In de hoofdstukken 6 en 7 worden aan de hand van een literatuurstudie voor zowel het anker als de ankerketting de houdkracht beschreven en berekend voor twee maatgevende schepen. De berekeningen van de krachten gelden voor een ten anker liggend enkelvoudig schip. Voor een ten ankerliggend schip met schepen/lichters/-kranen langszij zijn in de literatuur geen gegevens/ berekeningsmethoden bekend.

In hoofdstuk 8 wordt ingegaan op de statische en dynamische krachten op het schip onder verschillende stroom- en windkondities.

2. SAMENVATTING, KONKLUSIE EN/OF AANBEVELINGEN.

In overleg met de opdrachtgever is het onderzoek gericht op de (overslag) ankerplaatsen in de Everingen en de Put van Terneuzen. Uit gesprekken met de nautisch vaarwegbeheerder DGSM, hoofdverkeersleiders van de posten Vlissingen en Terneuzen, de technisch beheerder Directie Zeeland en medewerkers van de loodsen corporatie bleek dat ten anker liggen met/zonder lichters langs zij in de Everingen minder problemen gaf dan in de Put. De problemen in de Put zijn wellicht te verklaren door het stroompatroon. Er is een duidelijke behoefte aan een gedetailleerd inzicht in het stromingspatroon in de Put.

In de periode van 1986 t/m november 1991 hebben volgens de officiële ongevallenregistratie 8 schepen gedrift, n.l. drie in de Everingen en vijf in de Put. Uit de gesprekken is gebleken dat in de praktijk veel meer schepen zijn gaan drijven. In de meeste gevallen kon echter steeds op tijd worden ingegrepen, waardoor ze niet geregistreerd staan in het ongevallenbestand.

Van de drie drifters in de Everingen waren er twee aan het bunkeren. In de Put waren vier bulkcarriers bezig met overslagwerkzaamheden en een vrachtschip schuilde voor een storm. Het drijven in de Everingen gebeurde alleen bij vloed en een oostelijke wind (3-6 Bft) en in de Put merendeel tijdens eb en een westelijke wind (6-9 Bft). Deze omstandigheden komen overeen met de uitkomsten van de gemaakte berekeningen.

De uit te brengen lengte ankerketting is eenvoudig te berekenen op basis van het ankergewicht, ankertype, de waterdiepte en de grondsoort. De hiervoor benodigde formules worden gepresenteerd. Voor twee schepen zijn de berekeningen uitgevoerd, nl. een 70.000 DWT en een 135.000 DWT bulkcarrier. Voor een waterdiepte van 20 meter is minimaal een kettinglengte van ongeveer 4,5 lengtes (= 123 meter) nodig. Uit de resultaten blijkt dat er op ondiep water meer lengte uitgebracht moet worden dan uit de gehanteerde vuistregels blijkt. Toepassing van aanbevelingen van de loodsen corporatie leidt wel tot voldoende kettinglengte. Eventuele extra kettinglengte op de zeebodem kan extra houdkracht opleveren, door de schuifkrachten tussen ketting en bodem. Daarom kan het nuttig zijn om meer lengte uit te brengen. Dit laatste dient terughoudend toegepast te worden: extra kettinglengte kan ook leiden tot een instabiele koersligging achter het anker. Deze instabiliteit kan voorkomen worden door een tweede anker te presenteren, of door het roer een lichte uitslag te geven.

Stroom, wind en golven oefenen krachten uit op het schip. Deze krachten resulteren in een versnelling op het schip en een reactie-kracht in de ankerketting en daarmee op het anker. De resulterende scheepsbeweging en de grootte van de reactie-kracht bepaalt of er wel of niet veilig geankerd kan worden. Deze reactie-kracht kan via twee verschillende methodes berekend worden; een statische en een dynamische methode.

De berekening van de krachten op het schip zijn gezien de beschikbare tijd en geld beperkt tot een statische en een quasi-statische berekening. Deze geven wel een goed beeld van de krachten, maar in absolute zin zijn de uitkomsten minder betrouwbaar. Voor een grotere nauwkeurigheid zijn dynamische berekeningen noodzakelijk. Uit de statische en quasi-statische berekeningen blijkt dat de onderlinge richting tussen de wind- en de stroomrichting een grote invloed heeft: de krachten worden maximaal als de wind een hoek van 120° ten opzichte van de stroom heeft. Verder zien we dat vooral de combinatie van een grote stroom- en een grote windsnelheid tot te grote krachten kunnen leiden. Een stroomsnelheid van 1,5 m/s is ook zonder wind al kritiek. Bij een stroomsnelheid van 1 m/s en een windkracht van 5 à 6 Bft uit een ongunstige richting naderen de krachten de houdkracht van het anker. Dit geldt ook voor een combinatie van een stroomsnelheid van 0,5 m/s en een windkracht van 7 Bft.

De gebruikte methode is in principe ook bruikbaar voor de situatie dat twee schepen gekoppeld voor anker liggen. De hiervoor benodigde coëfficiënten zijn echter niet beschikbaar in de literatuur. Daarom zou gekozen moeten worden voor dynamische berekeningen of modelproeven. Voor de berekeningen

zou bijvoorbeeld gebruik gemaakt kunnen worden van programma's die ook voor offshore constructies worden gebruikt. Zonder deze berekeningen, of proeven, is het niet mogelijk om uitspraken te doen over de maximale lengte van lichters, die langs zij een ten anker liggend schip komen.

In de literatuur wordt aanbevolen om gebruik te maken van het bakboordsanker, indien het schip een rechtsomdraaiende schroef heeft. In de Put blijkt het echter dat het gebruik van bakboordanker juist tot een instabiele koersligging leidt. Dit is mogelijk te verklaren doordat in de theoretische berekeningen is uitgegaan van exact tegengestelde stroom en windrichtingen. In de praktijk is dit nooit precies het geval en zal de onderlinge richting van wind en stroom meer invloed op de stabiliteit uitoefenen, dan de draairichting van de schroef.

3. LOKATIE, REGLEMENTERING

3.1 Lokatie ankerplaatsen

Op de Westerschelde bevinden zich een aantal gebieden die als ankerplaats mogen worden gebruikt. In de bekendmaking aan de scheepvaart nr. 52/87 staan de ankergebieden en -posities vermeldt, nl.

- = Ankergebied Wielingen Noord
- = Ankergebied Wielingen Zuid
- = Ankergebied Rede Vlissingen
- = Ankergebied Springergeul
- = Nevenvaargeul Everingen
- = Pas van Terneuzen
- = Middelgat nabij Kapellebank

Zoals reeds in de inleiding werd vermeld, richt dit onderzoek zich op de ankerplaatsen Everingen en de Put van Terneuzen.

Everingen.

De Everingen ankerplaats ligt in een nevenvaarwater. Aansluiting op het hoofdvaarwater is thans voor schepen met een beperkte diepgang mogelijk via de Oostelijke uitloop van de Everingen (GLLWS -3,5m). In de Everingen zijn 5 ankerplaatsen gesitueerd, nl. A met straal 500 m, B,C en D met straal 400 m en E met straal 350 m. De waterdiepte op de ankerplaatsen neemt af van ca. 17 tot ca. 12,5 meter t.o.v. GLLWS, zie bijlage 1a en 1b.

De stroomrichting in de Everingen volgt voornamelijk de geul, de richting van de vloedstroom is ca. 120 graden en de richting van de ebstroom ca. 300 graden. De maximum stroomsnelheden zijn ca. 1,5 m/s.

De ankerplaatsen liggen niet beschut voor de wind. De windsnelheid is in 2% van de tijd hoger of gelijk aan 7 Bft.

De ankergrond is goed. Boringen, uitgevoerd ten oosten van de ankerplaatsen in 1991 t.b.v. de Vaste oeververbinding geven als grondsoort zand en klei. Aangenomen wordt dat deze grondsoort ook op de ankerplaatsen geldt.

Put van Terneuzen.

De Put van Terneuzen heeft drie ankerplaatsen, nl. A, B en C met een straal van resp. 350, 400 en 400 m. De ankerplaatsen liggen naast het hoofdvaarwater gesitueerd. Volgens voorschrift is de maximum scheepslengte 290 m. De waterdiepte varieert van ca. 12 tot ca. 21 meter t.o.v. GLLWS, zie bijlage 2.

Het stroompatroon in de Put is veel grilliger en soms niet voorspelbaar. De stroomrichting volgt hier de wal. In de ankerplaatsen is de richting van de vloedstroom ca. 75 graden en de richting van de ebstroom ca. 255 graden. De max. stroomsnelheid is ca. 1,5 m/s.

De ankerplaatsen liggen enigszins beschut voor wind uit zuidelijke richtingen.

In 2% van de tijd is de windsnelheid groter of gelijk dan 7 Bft.

De ankergrond bestaat uit zand en klei. Volgens de Geografische Dienst gaven boringen in het midden van de ankerplaatsen aan dat de bovenste laag zand was en daarna vanaf ca. 3,5 m klei werd aangetroffen. Aan de zuidzijde van de ligplaatsen werd voornamelijk klei aangetroffen.

3.2 Reglementering

De activiteiten op de ankerplaatsen in de Westerschelde worden geregeld door de BASS 55/84 (Bericht aan de Scheepvaart Scheldemond).

Behandeld wordt o.a.:

- = toegelaten ladingoverslag-activiteiten op de ankerplaatsen,
- = toegelaten bunkeractiviteiten op de ankerplaatsen,
- = toegelaten activiteiten zoals o.a. uitvoeren van reparaties, afgifte ladingrestanten, wachten op orders en andere overwegingen.

Voorts zijn voorschriften opgesteld voor het bunkeren en laad- en loswerkzaamheden op de ankerplaatsen op de Westerschelde. Zie bijlage 3 en 4.

In de "Voorwaarden laad- en loswerkzaamheden in de Everingen en de Put" worden voorwaarden genoemd zoals:

- Lengteverhouding ontvangende schip/gevende schip, max. 2/3 lengte, waarbij 75 meter te allen tijde is toegestaan, voor beide soorten schepen en waarbij het grondtakel van het langste schip gebruikt moet worden.
- Machine direkt voor gebruik gereed.
- Ankerwacht en wacht aan dek.
- Uitluisteren op blokkanalen en kanaal 14.
- Vanaf windsein 8 sleepboot stand by.
- Als beide schepen > 75 meter dan een loods aan boord op het grootste schip.
- Grondtakel ontvangende schip >75 meter l.o.a. dan anker uitpompen tot 1 shackle op de bodem aan die zijde waar het schip gemeerd ligt. Grondtakel gevende schip ook aan die zijde.
- e.a.

4. PRAKTIJKGEGEVENS

4.1 Positiebepaling van ten ankerliggende schepen.

De mogelijkheden om aan boord tijdens ten anker liggen in de Everingen de positie te controleren is beperkt tot het sektorlicht Borssele/Everingen en boeien. Controle door radarwaarneming (peiling met afstand) heeft de voorkeur. In de Put gelden voor controle gelijke omstandigheden (sektorlicht en boeien).

De verkeerspost Terneuzen beschikt over radarbeelden/ apparatuur waarmee de ankerposities nauwkeurig kunnen worden gecontroleerd.

4.2 Ervaringen loodsen/verkeersleiders

Uit interviews met o.a.loodsen en verkeersleiders is het volgende samengevat:

-De huidige praktijkregels zijn dat met grote bulkschepen in de Put achter 6 ankerlengtes (165m.) en in de Everingen achter 6 à 7 ankerlengtes (165-190m.) geankerd wordt. Om het gieren te verminderen/ voorkomen wordt regelmatig een tweede anker gepresenteerd.

-Het ten anker brengen van een grote bulkcarrier geschiedt bij licht deinzend schip. Na het uitvieren van ca. 3 kettinglengtes wordt op stroom de ketting verder gestoken tot 6/7 lengtes.

-Het ten anker leggen van een groot schip in de Put is gekompliceerd i.v.m. ruimte, positie, en stroom.

-Het ten anker liggen in de Put is duidelijk onrustiger dan in de Everingen, grotere gierhoeken; voornamelijk vanwege het "grillige" stroompatroon. De stroom duikt om de Margriet de Put in.

-De overslagactiviteiten in de Put gebeuren voornamelijk in positie C. Het overslaan wordt bij windkracht 8 Bf of meer en zeker bij tegengestelde stroom- en windrichting gestopt, vanwege de golfslag.

-Tijdens het zwaaien (kentering) in de Put wordt vaak de machine gebruikt om niet te veel in het hoofdvaarwater te komen of te dicht onder de wal.

-Overslag gebeurt regelmatig met een kraan aan stuurboord en een aan bakboord van een groot bulkschip. Ook is het mogelijk dat twee kranen aan een zijde en een kraan aan de andere zijde ligt.

In de jaren 80 zijn vanuit de radarpost Terneuzen gedurende 1,5 jaar van circa 70 grote schepen, die in positie C van de Put ten anker lagen, waarnemingen gedaan. Dit onderzoek is uitgevoerd door P.L.Meert, registerloods Scheldemonden om een drietal redenen:

- 1 Het aantal "drifters" in de Put was gevoelsmatig zeer hoog. Wat was de oorzaak en hoe kon dit verminderd worden.
- 2 Klachten van loodsen op passerende schepen dat tijdens de zwaai het ten ankerliggende schip te vaak het vaarwater versperde. Waren de klachten terecht?
- 3 Bepalen maximale lengte van de schepen die op ankerplaats "C" ten anker mochten komen.

Uit dit onderzoek blijkt dat:

- Het zwaaien tijdens kentering van eb naar vloed gebeurde bij 62 % van de schepen om de zuid en tijdens de vloed-eb kentering bij 10 %. Hierbij kon niet aangetoond worden of de heersende windrichting bepalend was voor de zwaairichting.
 - Het zwaaien vangt gemiddeld ca. 55 a 50 minuten aan na LW resp. na HW.
 - De tijdsduur van het zwaaien bedroeg ca. 56 min. van de eb naar de vloed en ca. 63 min. van de vloed naar de eb.
 - Van de 70 ten ankerliggende schepen zijn er 13 gaan driften.
 - Het driften van schepen gebeurt zowel over de eb als de vloed, vaak voorafgegaan door (zwaar) gieren.
 - Uit ervaring is gebleken dat in de Put ten ankerliggend achter SB anker, tijdens de eb, het schip in het algemeen minder giert dan achter BB anker.
- Het scheren, d.w.z. het voor zijn anker gaan liggen, waarbij de

- ketting recht naar achter wijst, kan door het presenteren van het tweede anker verminderd/voorkomen worden.
- Aanbevolen wordt om bij het ankeren een kettinglengte van 6 shackles (=6 * 15 vadem =ca. 165 meter) te water en voorts een tweede anker 2 shackles (55 meter) te water te presenteren. (De praktijk wees later uit dat voor het tweede anker ca. 30 meter kettinglengte te water gunstiger was).
 - Aanbevolen wordt om 150 meter ten westen van punt "C" te ankeren, omdat de stroom daar gunstiger is dan punt "C" zelf.

4.3 Werkzaamheden op de ankerplaatsen

In volgorde van aantal schepen worden de ankerplaatsen in de Everingen gemiddeld over de jaren 1980-1987 voor de volgende activiteiten gebruikt [1]:

Aktiviteit	Aantal (gem.p.jaar)	Percentage	Ligtijd (gem.)
- bunkeren	399	(90 - 95 %)	16 uur
- lichten/ overslag	56	(ca. 5 %)	24 uur
- wachten	14		
- overig	9		

Voor de Put van Terneuzen geldt de onderstaande volgorde:

Aktiviteit	Aantal (gem.p.jaar)	Percentage (gem.)	Ligtijd
- lichten/overslag	68	(ca. 45 %)	20 uur
- bunkeren	56	(ca. 35 %)	10 uur
- wachten	26	(ca. 15 %)	
- overig, reparatie	9		

Uit de jaarcijfers blijkt dat het aantal schepen alsmede de activiteiten op deze ankerplaatsen geleidelijk teruglopen.

De passerende scheepvaart is in 1989 bij de Put, gesitueerd langs het hoofdvaarwater, het grootst nl. ca. 75.000 schepen. Door de Everingen passeert voornamelijk kleinere zeevaart, binnenvaart en vissers. In 1989 passeerden hier ca. 18000 schepen [1]. Dit zijn ruwe cijfers. Vanaf april 1991 wordt, met behulp van de sinds kort in bedrijf zijnde Schelde Radar Keten de scheepvaart (behalve de kleinere binnenvaart) door de vaargeulen, zowel in vaarrichting als type geregistreerd.

5. SCHEEPSONGEVALLLEN

In de periode 1986 t/m november 1991 zijn 8 schepen geregistreerd die tijdens het ten ankerliggen in de Everingen(3) en de Put(5) zijn verdrift. De registraties (rapporten) zijn afkomstig uit het scheepsongevallenbestand van de DVK (2 stuks) en van de verkeerspost Terneuzen. Zie tabel 1 en 2. Onder deze 8 schepen bevonden zich 6 bulkcarriers.

In de Everingen betrof het 2 schepen, een tanker en een bulkcarrier, die overslagactiviteiten(bunkers) uitvoerden en een bulkcarrier.

In de Put waren 4 bulkcarriers bezig met overslagwerkzaamheden en 1 vrachtschip, die schuilde voor een storm. Het driften in de Everingen gebeurde bij allen tijdens vloed en met een Oostelijke wind (3-6 Bft) en in de Put merendeel tijdens eb met een Westelijke wind (6-9 Bft).

In de betreffende periode zijn drifters of bijna-drifters voorgekomen, waarbij de loods / kapitein direkt hebben ingegrepen. Deze gevallen zijn in de rapportage niet terug te vinden.

In het Marin "Onderzoek risicofactoren bij activiteiten op aangewezen ankerplaatsen Westerschelde" [1] wordt ook een overzicht gegeven van de ongevallen op de ankerplaatsen Everingen, Put van Terneuzen en Springergeul over de periode 1982 - 1986. Voor de Everingen worden hierbij 3 gevallen van op drift geraakte schepen genoemd en voor de Put 2 gevallen. Een in 1986 gedrift schip in de Put is reeds in tabel 1 opgenomen.

In de periode 1982 - 1991 kwamen 12 driftende schepen voor. Een grove indicatie van de kans op een driftend schip is $12/10 \cdot 700 = .0017$ of wel 1 op de ca. 600 ankerliggers.

Wordt de periode 1986 t/m 1991 beschouwd dan was de kans op een driftend schip $8/6 \cdot 700 = .0019$ of 1 op de ca. 530 ankerliggers.

DRIFTENDE ANKERLIGGERS IN DE EVERINGEN EN DE PUT VAN TERNEUZEN.

Ongevallen in DVK bestand, periode 1986 t/m 1990

Nr.	DVK nr.	Omschrijving
1	861253	Op 20 oktober 1986 te 18.18 uur bulkcarrier 38460 BRT L*B*T=242*32.2*14 m ten anker (SB anker 5 lengtes) in de Put op positie B-C, wind W 8/9. Op 18.30 u. door zware ebstroom driften, pogingen om anker op en opnieuw te presenteren mislukten, waarna om 18.45 aan de grond. Door 13 sleepboten vlot getrokken en terug in positie B-C ten anker gebracht (SB anker en 6 lengtes). Schip geen schade, een lichtboei geringe schade.
2	891072	OBO carrier 89556 BRT L*B*T= 300*48*17.85m was op 17 nov. 1989 ten anker gekomen in positie alpha in de Everingen voor bunkers. Wind ZO 2/3. Op 18 nov. tijdens bunkeren op drift; vanwege sterke vloedstroom richting E2b en dreigde aan de grond te lopen. OBO is anker op gegaan en weer ten anker, daar positie ongunstig was en tijdens het kenteren van het getij een stranding weer niet uitgesloten zou zijn, is weer anker op gegaan en door twee aan boord gekomen zeeloodsen het schip weer op alpha ten anker gebracht. Enkele trosschaden van bunkerschip die langs zij gebleven was.

Tabel 1

DRIFTENDE ANKERLIGGERS IN DE EVERINGEN EN DE PUT VAN TERNEUZEN.
Bron: Verkeerspost Terneuzen Periode 1986 t/m november 1991

N.b. Deze ongevallen zijn (nog) niet in het DVK bestand opgenomen.

Nr.	Datum	Omschrijving
1	29-06-87	Wind NNO 1, eb, NAP+ 0.70m. De bulkcarrier 38235 BRT, L*B*T = 242*32.3*14m kwam om 20u. zonder sleepboot ten anker in de Put positie Charly. Schip is gaan drijven. Heeft enkele boeien van wrak kraan 2 geraakt. De boei Kraan-Oost brandde later niet. (verder geen gegevens)
2	2/3-12-87	Wind Oost 5, vloed, NAP +0.80m. Bulkcarrier 28082 BRT, L*B*T = 227*28.6*11.7m ten anker in de Everingen. Te 23.28u. Post Tern. vroeg om positie te checken. Te 23.45u. loods vraagt om sleepboten te bestellen, te 00.05 melding "aan de grond". Losgetrokken door sleepboten.
3	03-03-88	Omstreeks 13.05u., wind ZO 6, vloedstroom, NAP +0.89m is de tanker 19408 BRT L*B*T= 170*26*11.4m met langszij een tankcoaster ten anker liggend in de Everingen Bravo gaan drijven. Het schip is onmiddellijk opgeroepen. Door de kapitein van de coaster werd het drijven ook opgemerkt. De coaster lag ondanks dat hij was afgemeerd naast de tanker ook met 7 lengtes ten anker. Tijdens het drijven zijn de meertrossen van de coaster gebroken. De slangverbinding is gebroken, slechts weinig spill daar de pompen waren afgezet. Te 13.33 sleepboten inmiddels aanwezig. Te 14.20 tanker wederom ten anker.
4	01-03-90	Zeeschip 5687 BRT, L*B*T= 130*17.6*?, afvarend ten anker gekomen in positie Bravo van de Put Het weer was dan zeer slecht WNW 10-12 Bft., vloedstroom, NAP +1.35m .Het schip ging drijven, waargenomen door de post, loods gewaarschuwd, sleepbootassistentie gevraagd. Op de post was door de zeegang en de div. sleepboten het drijven niet verder vast te stellen. verdere gegevens ontbreken.
5	18-11-90	Bulkcarrier 41016 BRT ten anker in de Put "C" in overslag. Wind W 6, eb, NAP -0.93m. Om 7.20u. is door BVA gekonstateerd dat schip aan het drijven was. Schip verschillende keren opgeroepen doch geen antwoord. Via Credo die langszij lag gevraagd iemand te waarschuwen. Hierna 1* de carrier gehoord en naar de loods gevraagd. Vervolgens met het voorschip gestrand. Bokken en lichten langszij. Schip door 9 sleepboten vlotgetrokken.
6	07-11-91	Bulkcarrier 40134 BRT, L*B*T= 243*32.2*14.5 m ten anker in de Put positie C voor overslagwerkzaamheden. Loods aan boord. Wind WZW6/7, waterstand + 27 dm, eb. Te 05.55 vanuit Post waargenomen dat schip drift. Direkt schip, loods, sleepboten gewaarschuwd. Te 06.15 sleepboot voor vast. Te 07.10 wederom ten anker, te 07.20 weer uit positie. Verdere gegevens ontbreken.

Tabel 2

6. BEREKENINGEN HOUDKRACHT ANKER

6.1 De ankeruitrusting

In 1965 werd door de International Association of Classification Societies (IACS) de empirische formule voor het Equipmentnummer (EN) opgesteld. Met het EN-getal kan worden berekend aan welke eisen het ankergewicht en de ketting minimaal moeten voldoen.

De EN formule luidt:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 \cdot B \cdot h + A/10$$

met:

Δ = Zomerdisplacement in tonnen.

B = Breedte van het schip in meters

h = Afstand tussen zomerwaterlijn en hoogste punt van de opbouw van het schip dat breder is dan B/4 in meters

A = Lateraal oppervlak tussen de zomerwaterlijn en het hoogste punt van het schip breder dan B/4 in m²

Bij het opstellen van de EN-formule is van de volgende uitgangspunten uitgegaan:

- Windkracht 10 Bft. (25 m/s = 50 knopen)
- Stroomsterkte : 2.5 m/s = 5 knopen
- Een goede ankergrond
- Geen invloed van oceaan golven (beschutte ankerplaats)
- De invloed van de diepgang van het schip is niet meegenomen.

Uit het EN getal volgt het voorgeschreven ankergewicht voor een o.s.s.¹ anker :

$$\text{gewicht anker} = 3 \cdot EN \text{ [kg]} = 9.81 \cdot 3 \cdot EN \text{ [N]}$$

De minimale benodigde diameter van de schalm kan m.b.v. het EN getal met de volgende formule worden afgeleid:

$$\text{Diameter schalm} = K \cdot \sqrt{EN} \text{ mm.}$$

met:

K = 1,75 voor staaltype U1

= 1,522 „ „ U2

= 1,375 „ „ U3

Meestal gebruikt men staaltype U2 of U3 voor de ankerketting.

6.2 Methode

De houdkracht van het anker (HP) wordt met de volgende formule bepaald:

$$HP = HE \cdot \text{Gewicht anker.}$$

De factor HE is dimensieloos en afhankelijk van de ankergrond en de vorm van het anker.

In tabel 3 is voor een o.s.s. anker de factor HE per grondsoort weergegeven.

¹

o.s.s. = ordinary standard stockless

Grondsoort	HE faktor
Klei	4
Zand	3
Zand/modder	2
Modder	1

Tabel 3: HE per grondsoort, bron [2]

In de Westerschelde bestaat de bovenste laag uit een 3 meter dik zand pakket. Daaronder bevindt zich klei. Voor de berekening wordt uitgegaan van een HE-factor van 3 en 4.

Tegenwoordig worden schepen steeds vaker uitgerust met een h.h.p.² anker. Deze ankers kunnen door hun vorm een grotere houdkracht ontwikkelen dan een o.s.s. anker. Immers de houdkracht van het anker wordt slechts voor een deel bepaald door het gewicht van het anker. De grondmassa die door het anker gemobiliseerd kan worden, verzorgt het grootste deel van de houdkracht van het anker. De vorm van het anker, het oppervlak van de vloei en het ingraafvermogen van het anker bepalen een groot deel van de houdkracht.

Voor een h.h.p. anker geldt een HE van 2 tot ongeveer 20. Het merendeel van de huidige zeeschepen (bulk) is met een o.s.s. anker uitgerust; bij de berekening wordt daarom uitgegaan van een o.s.s. anker.

In de literatuur is niets te vinden over de afname van de houdkracht van het anker t.g.v. gieren van het schip. Het gieren zal tot gevolg hebben dat het anker in het horizontale vlak onder een hoek wordt aangetrokken. Het is waarschijnlijk, dat indien deze hoek groot wordt, de vloei ongelijk belast worden en het anker zichzelf uit de grond zal draaien. Voor dit onderzoek wordt aangenomen dat de gierhoek door het gebruik van een tweede anker beperkt blijft en dat de houdkracht van het anker door het gieren niet wordt verminderd.

6.3 Resultaat houdkracht-berekeningen

De beschreven methode is toegepast op twee maatgevende schepen: een 70.000 DWT bulkcarrier en een 135.000 DWT bulkcarrier. Deze schepen hebben de kenmerken, die in tabel 4 genoemd worden.

Tabel 4 Kenmerken maatgevende schepen

Kenmerk	70.000 DWT schip	135.000 DWT schip
Lengte op de loodlijnen (m)	230,3	258,0
Breedte (m)	32,2	42,0
Diepgang (zomer) (m)	14,0	16,0
Deplacement (ton)	82.700	152.000
Langsoppervlak (droog) (m ²)	1830	1890
Dwarsoppervlak (droog) (m ²)	520	580
Positie ankerkluis ten opzichte van midschip (x;y) (m)	(110;10)	(123;13)

De positieve tekens bij positie ankerkluis geven aan dat is uitgegaan van het stuurboord anker (voor).

² h.h.p. = High holding power

Het resultaat van de berekening van het equipment number en gewicht van het anker staan in tabel 5.

Tabel 5 Equipment number en ankergewicht

	70.000 DWT schip	135.000 DWT schip
Equipment number	3434	4927
Ankergewicht (kg)	10300	14800

Vervolgens is de houdkracht berekend voor de vier verschillende grondsoorten.

Tabel 6 Houdkracht anker 70.000 DWT Bulkcarrier

Grond	Factor	Houdkracht (kN)
Modder	1	101
Zand/modder	2	202
Zand	3	303
Klei	4	404

Tabel 7 Houdkracht anker 135.000 DWT Bulkcarrier

Grond	Factor	Houdkracht (kN)
Modder	1	145
Zand/modder	2	290
Zand	3	436
Klei	4	581

7. BEREKENINGEN KETTINGLENGTE

7.1 Methode

De ankerketting moet in staat zijn om de op het schip uitgeoefende externe krachten, zoals stroom-, wind- en golfkrachten, over te brengen op het anker. Of dit lukt hangt in de eerste plaats af van de sterkte van de ketting. Aangenomen wordt echter dat de ketting, zoals berekend met behulp van het equipment number, voldoende sterkte heeft. De houdkracht van het anker neemt af, als een verticale kracht op de schacht van het anker wordt uitgeoefend. De ketting moet daarom zo lang zijn, dat deze ter plaatse van het anker nog de bodem raakt. Of dit het geval is, kan berekend worden met de methode die in [2] en [3] wordt beschreven³.

De ankerketting fungeert als een (niet lineaire) veer. Door het eigen gewicht van de ketting zal deze doorhangen. In de bevestigingspunten van de ketting (aan de ene zijde het anker en aan de andere zijde het schip) worden krachten uitgeoefend om te voorkomen dat de ketting voor een deel recht naar beneden komt te hangen en voor een deel op de bodem komt te liggen. Deze krachten vormen aan de ene kant evenwicht met de op het schip uitgeoefende externe krachten en op de andere kant belasten ze het anker. Naarmate de externe krachten toenemen zal de ketting stijver komen te staan en op een gegeven ogenblik niet meer de bodem raken.

Aangenomen wordt, dat als de externe krachten de houdkracht overschrijden het anker in ieder geval uitbreekt. De kettinglengte dient dus zo groot te zijn, dat de ketting nog juist de bodem raakt, als de houdkracht wordt uitgeoefend. Om deze lengte te berekenen maken we gebruik van de formules van de kettinglijn (1 en 2).

$$x = \frac{F_h}{q \times g} \times \operatorname{arcosh} \left(\frac{q \times g \times d}{F_h} + 1 \right) \quad (1)$$

$$l = \frac{F_h}{q \times g} \times \sinh \left(\frac{q \times g \times x}{F_h} \right) \quad (2)$$

Met:

- x = Afstand van het punt waar de ketting de bodem raakt, tot het punt waar de ketting door het wateroppervlakte gaat (m)
- l = Lengte ketting van het punt waar deze de bodem raakt, tot het punt waar de ketting door het wateroppervlakte gaat (m)
- F_h = Horizontale kracht op de ketting (N)
- q = Soortelijke massa van de ketting (in water) (kg/m)
- g = Zwaartekracht versnelling (9,81 m/s²)

Voor F_h kan hier de houdkracht van het anker worden ingevuld. Deze is evenredig met het gewicht van het anker en dus ook evenredig met het equipment number. De soortelijke massa wordt berekend met behulp van een formule uit [9].

³ Aangeraden wordt om eventueel [2] te raadplegen in plaats van [3], aangezien in de formules van laatstgenoemde publikatie een aantal hinderlijke drukfouten zijn geslopen. Let wel in publikatie [2] op de foutieve definitie van sinh (formule (5)).

$$q_a = 0,0219 \times D^2 \quad (3)$$

Met:

q_a = Massa van de ketting in lucht (kg/m)
 D = Nominale diameter van de ketting (mm)

Deze massa moet nog gecorrigeerd worden voor opwaartse kracht van het water. Dit kan met behulp van de volgende formule.

$$q = q_a \times \frac{\rho_m - \rho_w}{\rho_m} \quad (4)$$

Met:

ρ_m = Massa van de ketting (kg/m³)
 ρ_w = Massa van het water (1025 kg/m³ voor zout water)

De nominale diameter van de ketting is evenredig met de wortel uit het Equipment number. De massa is dus recht evenredig met het equipment number. Ook het ankergewicht en dus de houdkracht is recht evenredig met het equipment number. In de formules voor de kettinglengte worden de ketting-massa en houdkracht op elkaar uitgedeeld. Daardoor zijn deze formules alleen nog afhankelijk van de grondfactor, van het staaltype van de ketting (U2 of U3) en de waterdiepte.

Een hogere grondfactor betekent een grotere ankerhoudkracht. Deze grotere houdkracht wordt alleen volledig benut als de ketting voldoende lengte heeft. Daarom is het aan te bevelen om in de berekening van de kettinglengte uit te gaan van de hoogste grondfactor: 4.

7.2 Resultaat

In tabel 8 (volgende blz.) worden een aantal uitkomsten van de berekening gegeven en figuur 1 toont het verband tussen waterdiepte en kettinglengte. De genoemde lengtes zijn de lengte ketting vanaf het anker tot de doorsnijding met de waterspiegel. Hier dient nog de afstand van de waterspiegel tot het schip bij opgeteld te worden.

Tabel 8 Lengte ketting van het anker tot de doorsnijding van de waterspiegel

Diepte (m)	Grade: U2	Grade: U3
10	74	82
12	82	90
14	88	98
16	95	105
18	101	111
20	106	117
22	112	123
24	117	129
26	122	134
28	127	139
30	131	145

Tabel 9 Verhouding kettinglengte waterdiepte (voor U2-staaltype)

Diepte (m)	1/d	1/√d
10	7,44	23,5
12	6,81	23,6
14	6,31	23,6
16	5,92	23,7
18	5,59	23,7
20	5,31	23,8
22	5,07	23,8
24	4,87	23,8
26	4,68	23,9
28	4,52	23,9
30	4,37	24,0

In tabel 9 is de verhouding tussen kettinglengte en de (wortel uit de) waterdiepte gegeven, gebaseerd op de benodigde kettinglengte bij gebruik van U2 staaltype. We zien dat het verband tussen lengte en de diepte niet constant is. Het verband met de wortel uit de diepte is veel beter.

De berekende lengtes zijn de minimum waarden, waarmee de houdkracht van het anker zelf volledig benut wordt. Eventuele extra kettinglengte op de zeebodem kan extra houdkracht opleveren, door de schuifkrachten tussen ketting en zeebodem. Daarom kan het nuttig zijn om meer lengte uit te brengen, dan hierboven is berekend.

8. BEREKENINGEN KRACHTEN OP HET SCHIP

8.1 Theorie

In deze paragraaf wordt weergegeven hoe de verschillende externe krachten op het schip berekend kunnen worden.

8.1.1 Stroomkrachten

De krachten op het schip ten gevolge van de stroomsnelheid van het water zijn evenredig met de stroomsnelheid in het kwadraat en met de scheepsgrootte. In formule-vorm:

$$F_{xs} = \frac{1}{2} \times \rho_w \times C_{xs} \times V_s^2 \times T \times L_{11} \quad (5)$$

$$F_{ys} = \frac{1}{2} \times \rho_w \times C_{ys} \times V_s^2 \times T \times L_{11} \quad (6)$$

$$M_{xys} = \frac{1}{2} \times \rho_w \times C_{xys} \times V_s^2 \times T \times L_{11}^2 \quad (7)$$

Met:

- F_{xs} = Stroomkracht in X-richting [N]
- F_{ys} = Stroomkracht in Y-richting [N]
- M_{xys} = Stroommoment [N.m]
- C_{xs} = Weerstandscoëfficiënt in betrokken richting [-]
- V_s = Stroomsnelheid [m/s]
- T = Diepgang schip [m]
- L_{11} = Lengte schip tussen de loodlijnen [m]

De weerstandscoëfficiënten zijn een functie van de aanstroomrichting. Deze coëfficiënten zijn in principe afhankelijk van onder andere de vorm van het onderwaterschip en van de verhoudingen tussen de hoofdafmetingen. In de literatuur wordt deze afhankelijkheid niet expliciet gemaakt. Impliciet blijkt het uit het geldigheidsbereik van de gegeven coëfficiënten.

Twee bronnen geven coëfficiënten, die voor dit onderzoek bruikbaar zouden kunnen zijn. De coëfficiënten van het Oil Companies International Marine Forum (OCIMF) [4] uit 1977 zijn gebaseerd op modelproeven van het Netherlands Ship Model Basin (het huidige MARIN). Ze zijn bepaald voor tankers van 150.000 tot 500.000 dwt. Dit zijn schepen met een lengte over alles van zo'n 280 meter tot 410 meter. De coëfficiënten van het British Ship Research Association (BSRA) [5] uit 1967 zijn bepaald op basis van gegevens uit het Design Manual of the United States Navy. Over het geldigheidsbereik wordt alleen gezegd, dat ze toepasbaar zijn voor schepen uit de Britse handelsvloot. Aangenomen mag dus worden dat er verschillende scheepstypes zijn gebruikt.

Voor dit onderzoek dient een keuze gemaakt te worden uit de twee bronnen. Het onderzoek richt zich op droge-lading bulkschepen van 70.000 tot 150.000 dwt. Dit komt overeen met een bereik in lengte over alles van zo'n 240 tot 280 meter. Bij de keuze zijn de volgende argumenten in overweging genomen:

- de gegevens uit [4] zijn recenter;
- uit een vergelijking van beide bronnen in [6] blijkt dat [4] wel rekening houdt met het "lift-effekt", dat optreedt bij een scheve aanstrooming van een voorwerp, terwijl [5] dat niet doet;
- de vorm van het onderwaterschip van droge-lading bulkschepen komt

meer overeen met die van tankschepen zoals in [4], dan met de general cargo schepen die waarschijnlijk voor [5] zijn gebruikt,
 - de coëfficiënten uit [4] zijn bedoeld voor grotere schepen. De afwijking van de lengte van het kleinste schip uit dit schip ten opzichte van het kleinste schip uit [4] is -14%. Van [5] is echter helemaal niet bekend wat het geldigheidsbereik is.
 Op grond van bovenstaande argumenten is gekozen voor het gebruik van de coëfficiënten uit [4].

8.1.2 Windkrachten

De formules voor de krachten op het schip ten gevolge van de windsnelheid zijn bijna analoog aan die van de stroomkrachten. De krachten zijn evenredig met de windsnelheid in het kwadraat en met de scheepsgrootte. In formule-vorm:

$$F_{xw} = \frac{1}{2} \times \rho_l \times C_{xw} \times V_w^2 \times A_T \quad (8)$$

$$F_{yw} = \frac{1}{2} \times \rho_l \times C_{yw} \times V_w^2 \times A_L \quad (9)$$

$$M_{xyw} = \frac{1}{2} \times \rho_l \times C_{xyw} \times V_w^2 \times A_L \times L_{11} \quad (10)$$

Met:

- F_{xw} = Windkracht in X-richting [N]
- F_{yw} = Windkracht in Y-richting [N]
- M_{xyw} = Windmoment [N.m]
- C_{xw} = Weerstandcoëfficiënt in betrokken richting [-]
- V_w = Windsnelheid [m/s]
- A_T = Geprojecteerd dwarsoppervlak van het schip boven de waterlijn [m²]
- A_L = Geprojecteerd langsoppervlak van het schip boven de waterlijn [m²]
- L_{11} = Lengte schip tussen de loodlijnen [m]

De weerstandcoëfficiënten zijn een functie van de aanstroomrichting. Deze coëfficiënten zijn in principe afhankelijk van onder andere de rompvorm boven de waterlijn en van de vorm en plaats van de opbouw. In [6] zijn de wind-coëfficiënten van 4 verschillende instituten met elkaar vergeleken. Het blijkt dat afhankelijkheid van de windrichting voor alle coëfficiënten globaal gelijk. In absolute waarde treden bij sommige windrichtingen echter verschillen van zo'n 100% op. Voor deze studie is het van belang om de maximale krachten te kennen, die op kunnen treden. Daarom is gekozen voor de coëfficiënten, die voor de meeste richtingen de grootste waarden geven en voor de overige richtingen maximaal zo'n 5% kleinere waarden geeft, dan het maximum. Dit zijn de coëfficiënten van het OCIMF [4].

8.1.3 Golfkrachten

De golfkrachten op het schip zijn te verdelen in een eerste orde kracht en een tweede orde langzaam variërende driftkracht. Deze krachten zijn afhankelijk van het golfklimaat en de vorm en de afmetingen van het schip. Hierbij geldt dat grote schepen voornamelijk invloed ondervinden van golven met een grote golflengte en dus een lage golffrequentie. Voor de ankerplaatsen in de Westerschelde geldt dat de golfhoogte van de laagfrequente golven zeer gering is. De golfkrachten, die de grote schepen ondervinden

zijn klein ten opzichte van de wind- en stroomkrachten. Daarom is het effect van de golfkrachten in deze studie verder buiten beschouwing gelaten. Voor een berekeningsmethode van deze krachten wordt verwezen naar [6].

8.2 Methodes voor het berekenen van de op het anker uitgeoefende kracht

Stroom, wind en golven oefenen krachten uit op het schip. Deze krachten resulteren in een versnelling van het schip en een reactie-kracht in de ankerketting en daarmee op het anker. Dit krachtenspel hangt niet alleen van de externe omstandigheden af, maar ook van de scheepskarakteristieken, zoals grootte, vorm en positie van de ankerkluis. De resulterende scheepsbewegingen en de grootte van de reactie-kracht bepaalt of er wel of niet veilig geankerd kan worden. Deze reactie-kracht kan via twee verschillende methodes berekend worden: een statische, of een dynamische methode.

8.2.1 De statische methode

De stroom- en windkrachten op het schip zijn in het algemeen niet konstant in grootte en richting. Hierdoor zal het schip een gierbeweging achter het anker maken. Indien de externe krachten op een gegeven moment wel konstant worden, zal de gierbeweging steeds minder worden en komt het schip tot rust in een evenwichtspositie. Deze evenwichtspositie wordt gekenmerkt door de hoek van het schip ten opzichte van de stroom- en windrichting en de hoek van de ankerketting ten opzichte van het schip. De naam evenwichtspositie duidt aan dat de resulterende externe krachten en momenten evenwicht maken met de reactiekracht en het moment van de ankerketting. Deze positie is te bepalen met behulp van een iteratieve methode. In [3] wordt deze methode beschreven voor handmatige berekeningen. Voor dit onderzoek loonde het om de methode te programmeren op een PC, zodat een groot aantal combinaties van schepen en externe omstandigheden doorgerekend kon worden.

Een uitbreiding van deze methode wordt beschreven in [7]. Daar wordt niet alleen berekend wat de evenwichtspositie in een bepaalde situatie is, maar wordt tevens bepaald of deze evenwichtspositie stabiel is. Indien de positie niet stabiel is, betekent dit dat het schip niet in rust zal blijven achter het anker maar gaat gieren, zelfs al zijn de uitwendige omstandigheden konstant. Voor dit onderzoek was er niet de beschikking over de hydrodynamische gegevens die nodig zijn om de stabiliteitsberekeningen uit te voeren. Uit de resultaten van de berekeningen in [7] kunnen echter wel een aantal algemene conclusies getrokken worden. Deze conclusies worden weergegeven in paragraaf 8.5.

Het nadeel van de statische methode is, dat het niet bekend is hoe snel de krachten op het anker toenemen, als het schip uit de evenwichtspositie raakt. Het schip zal in de praktijk namelijk nooit volledig stil achter het anker liggen, maar een gierbeweging maken rond de evenwichtspositie. Door deze beweging zal het schip ongunstiger ten opzichte van de wind, of de stroom komen te liggen, waardoor de wind- en/of stroomkrachten zullen toenemen. Deze krachten zijn te berekenen met een quasi-statische berekening. Daarnaast zullen de scheepsbewegingen massatraagheidskrachten en hydrodynamische krachten veroorzaken. Deze laatste krachten zijn alleen met behulp van een dynamische methode te berekenen.

Met quasi-statische berekening wordt de toename van de krachten berekend, die ontstaan bij een afwijking uit de evenwichtspositie. Hierbij worden de massatraagheidskrachten en hydrodynamische effecten buiten beschouwing gelaten. Daartoe wordt aangenomen dat het schip geen snelheid ten opzichte van de bodem heeft, maar wel een hoek heeft ten opzichte van de wind- en stroomrichting, die afwijkt van de evenwichtspositie. Vervolgens worden de externe krachten berekend. Deze krachten worden ontbonden in de richting van de ankerketting en in de richting dwars op de ketting. De ontbondene in de richting dwars op zal in principe een versnelling van het schip in deze richting veroorzaken. Hetzelfde geldt voor het optredende moment. Door de

ontbondene in de richting van de ketting te vergelijken met de kracht in de evenwichtspositie kunnen we een uitspraak doen over de gevoeligheid van de ankerkracht voor afwijkingen uit de evenwichtspositie.

8.2.2 De dynamische methode

Bij de dynamische methode wordt wel rekening gehouden met massatraagheids- en hydrodynamische krachten. Dit is mogelijk door de bewegingen van het schip in een simulatie-model na te bootsen. Twee uitwerkingen hiervan worden in [7] en [8] beschreven. Deze methode heeft drie voordelen.

- Het grootste voordeel is dat alle optredende krachten berekend worden en niet alleen de kracht in de evenwichtspositie.
- Het tweede voordeel is dat ook berekend wordt hoe groot de gierhoek van het schip achter haar anker is. Indien deze hoek te groot wordt zal een anker een deel van haar houdkracht verliezen.
- Het derde voordeel is, dat er ook berekend kan worden wat er gebeurd als de wind en stroom niet konstant van grootte en richting zijn.

Het grootste nadeel is, dat er veel meer gegevens nodig zijn voor de berekeningen, dan bij de statische berekening. Deze gegevens zijn nauwelijks in publikaties te vinden en zullen in het algemeen door modelonderzoek bepaald moeten worden. Bovendien zal de rekentijd en de tijd voor de verwerking van de resultaten veel groter zijn, dan bij de statische berekeningen.

Het simulatie-model dat in [8] wordt beschreven is ontwikkeld door het MARIN. Dit model is bedoeld voor het berekenen van de krachten en bewegingen van Semi-submersibles. Van hetzelfde model is ook een versie beschikbaar voor gewone schepen. Dit model - DPSIM - is gekoppeld aan een database met een groot aantal coëfficiënten, zodat verschillende schepen en omstandigheden gesimuleerd kunnen worden.

8.3 Keuze van een berekeningsmethode

Het grootste nadeel van de statische berekeningsmethode is, dat niet goed bekend is hoeveel de berekende kracht in de evenwichtspositie afwijkt van de maximale kracht die kan optreden tijdens de beweging van het schip. Dit nadeel kan slechts gedeeltelijk door een gevoeligheidsberekening opgevangen worden.

Een dynamische methode ondervangt dit nadeel. Hier staat tegenover dat tijd en gegevens ontbraken om zelf een dergelijke methode te programmeren. Het bij het MARIN beschikbare model zou geschikt zijn om de gewenste gegevens te berekenen. Ook dit zou echter meer tijd en geld kosten dan binnen het kader van dit onderzoek mogelijk was. Voor een eventueel vervolgonderzoek kunnen de volgende bedragen ter indicatie genoemd worden. Aanschaf van het computermodel kost ongeveer 40.000 gulden. Daarbij dient rekening gehouden te worden met het feit dat het model te groot is om op een PC te draaien. Het is ook mogelijk om door het MARIN berekeningen te laten uitvoeren. Dit zal ongeveer 1000 gulden per run kosten. Eén run betekent dat er een simulatie wordt uitgevoerd voor één schip, onder één combinatie van golfklimaat, stroom- en windsnelheid.

Aangezien er niet voldoende tijd en/of geld beschikbaar was om een dynamische methode te gebruiken is gekozen voor het uitvoeren van statische en quasi-statische berekeningen.

8.4 Invoer voor de statische berekeningen

De berekeningen van ankerkrachten zijn scheeps-afhankelijk. Indien gewenst kan de methode gebruikt worden om voor individuele schepen alle condities door te rekenen. In het kader van dit algemene onderzoek is ervoor gekozen om berekeningen uit te voeren voor twee maatgevende types bulkcarrier: een Panamax bulkcarrier van 70.000 DWT en een cape-sizer van 135.000 DWT. De kenmerken van deze schepen zijn reeds eerder genoemd in tabel 4.

8.5 Resultaat statische berekeningen

In figuur 2 tot en met 4 zijn de resultaten van de 70.000 DWT bulkcarrier grafische weergegeven, waarbij goed de invloed van de verschillende variabelen te zien is. In deze figuren staan ook telkens twee horizontale lijnen. Deze lijnen geven de houdkracht van het anker aan voor respectievelijk drie en vier maal het gewicht van het anker. In bijlage 5 en 6 staan de tabellen met de resultaten voor de waterdiepte-diepgang verhouding van 1,2 voor de twee maatgevende schepen. Voor deze verhouding is gekozen, omdat dit de konditie is die het meest voorkomt op de ankerplaatsen.

Het blijkt dat de onderlinge richting tussen de wind- en de stroomrichting een grote invloed heeft: de krachten worden maximaal als de wind een hoek van 120°, of 240° ten opzichte van de stroom heeft. Verder zien we dat vooral de combinatie van een grote stroom- en een grote windsnelheid tot te grote krachten kunnen leiden. Een stroomsnelheid van 1,5 meter per seconde is ook zonder wind al kritiek. Bij een stroomsnelheid van 1 meter per seconde en een windkracht van 5 à 6 Bft uit een ongunstige richting naderen de krachten de houdkracht van het anker. Dit geldt ook voor een combinatie van een stroomsnelheid van 0,5 meter per seconde en een windkracht van 7 Bft.

8.6 Koersstabiliteit tijdens het ten anker liggen

De stabiliteitsberekeningen zijn in [7] uitgevoerd voor een 150.000 DWT tanker in diep water. Voor dit schip gelden de gegevens uit tabel 10.

Tabel 10 Kenmerken tanker 150.000 DWT.

Kenmerk	Waarde
Lengte op de loodlijnen (m)	290,0
Breedte (m)	47,5
Diepgang (m)	16,0
Deplacement (ton)	182.000
Langsoppervlak (droog) (m ²)	2770
Dwarsoppervlak (droog) (m ²)	1161
Positie ankerkluis ten opzichte van midschip (x;y) (m)	(130;±13)
Draairichting schroef	Rechts

De hydrodynamische coëfficiënten en de overige gegevens van het gebruikte roer, schroef en ankerketting zijn terug te vinden in literatuurbron [7].

De resultaten met een bakboordanker wijken af van de resultaten met een stuurboordanker. Dit verschil is te wijten aan de asymetrie van de schroef. Voor veel condities geldt dat er wel stabiliteit is als het bakboordanker is uitgebracht en geen stabiliteit bij een stuurboordanker. Bij een bakboordanker dient een roeruitslag naar bakboord vermeden te worden, aangezien dit alsnog tot instabiliteit kan leiden. In geval van een stuurboordanker kan een stabiele positie bereikt worden door het roer juist wel 5° à 10° aan bakboord te leggen.

Een grote stroomsnelheid kan tot instabiliteit leiden. Dit geldt vooral in combinatie met een stuurboordanker, of in combinatie met een tegengestelde wind-, of golfrichting. Indien naast de stroom grote wind en golfkrachten optreden, die tegengesteld zijn aan de stroomrichting kan stabiliteit bereikt worden door de kettlinglengte te verminderen.

In het algemeen bleek dat een toename van de externe krachten vooral instabiliteit veroorzaakt indien de onderlinge richtingen van deze krachten tegengesteld zijn. Stabiliteit kan dan alsnog optreden indien ervoor gezorgd wordt dat de evenwichtspositie van het schip asymmetrisch is. Dit kan bereikt worden door:

- bakboordanker uit te brengen (indien de schroef rechtsdraaiend is);
- kettinglengte te verminderen;
- het roer een uitslag te geven (naar stuurboord indien de schroef rechtsdraaiend is).

Deze maatregelen hebben positief effect op de - theoretische - stabiliteit van de koersligging. Bedacht dient te worden dat de praktijk-omstandigheden andere maatregelen noodzakelijk kunnen maken, bijvoorbeeld kettinglengte juist vermeerderen om de houdkracht van het anker te vergroten (zie hoofdstuk 7).

Kettinglengte tegen waterdiepte Afhankelijk van staaltype ketting

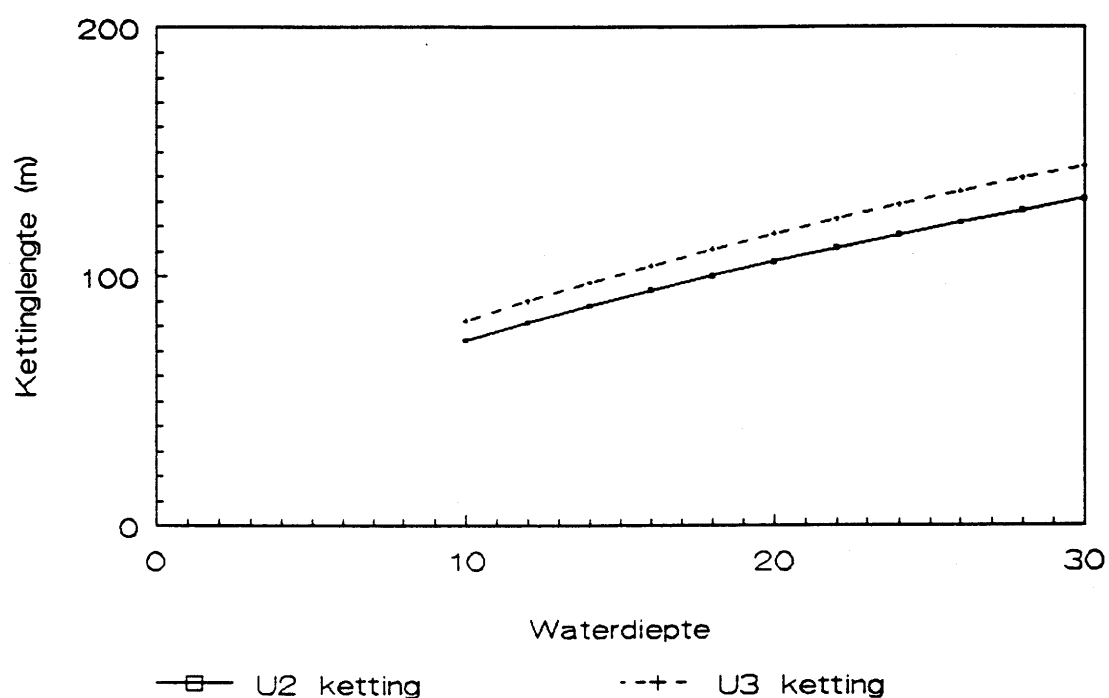


Fig. 1

SCHAAL:

get. gez.

Nr.

RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

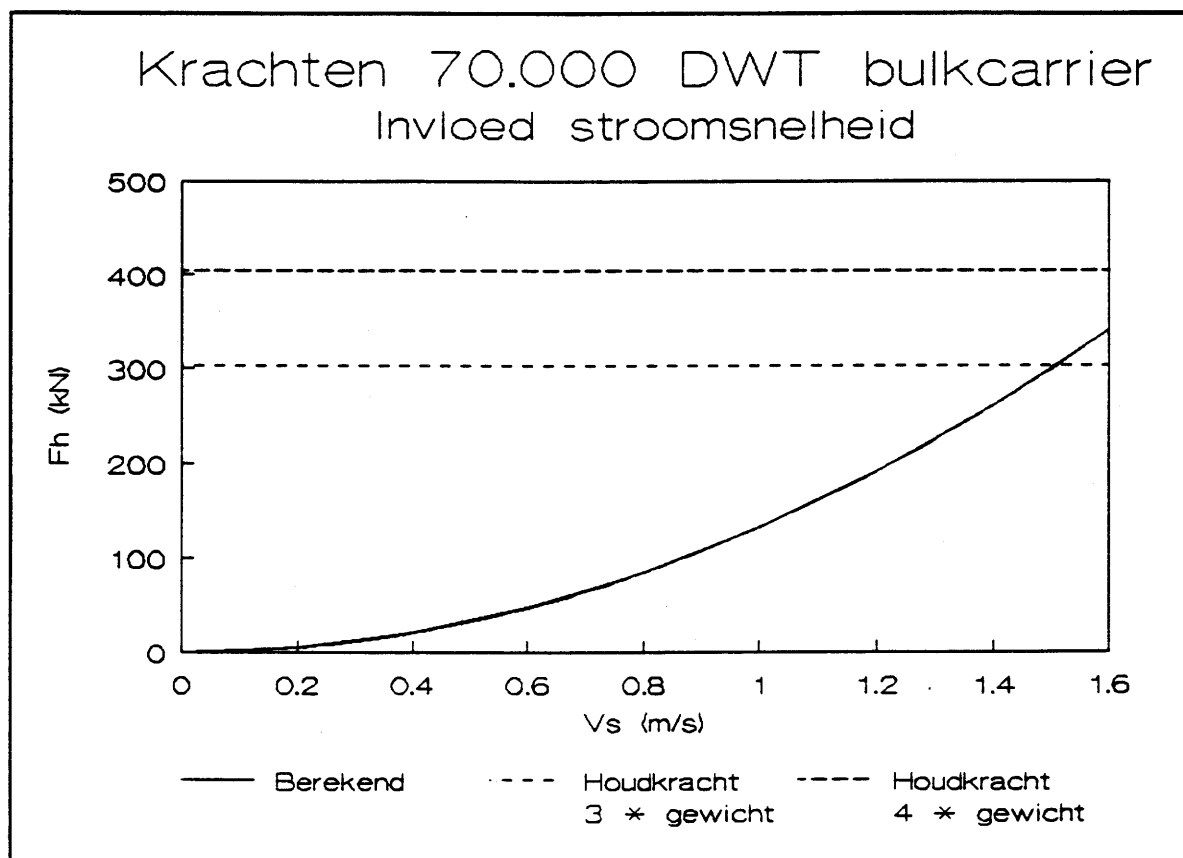


Fig. 2

SCHAAL:

get. gez.

Nr.

RIJKSWATERSTAAT
 DIENST VERKEERSKUNDE
 HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

Krachten 70.000 DWT bulkcarrier Invloed windrichting

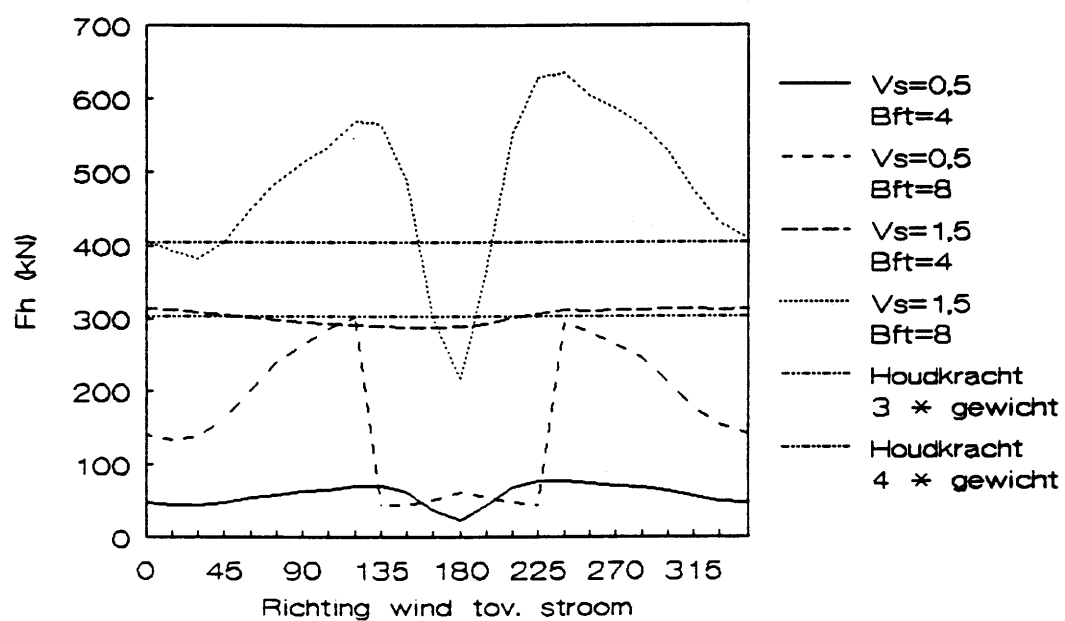


Fig. 3

SCHAAL:

get. gez.

Nr.

RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

Krachten 70.000 DWT bulkcarrier Invloed windsnelheid (richting=240)

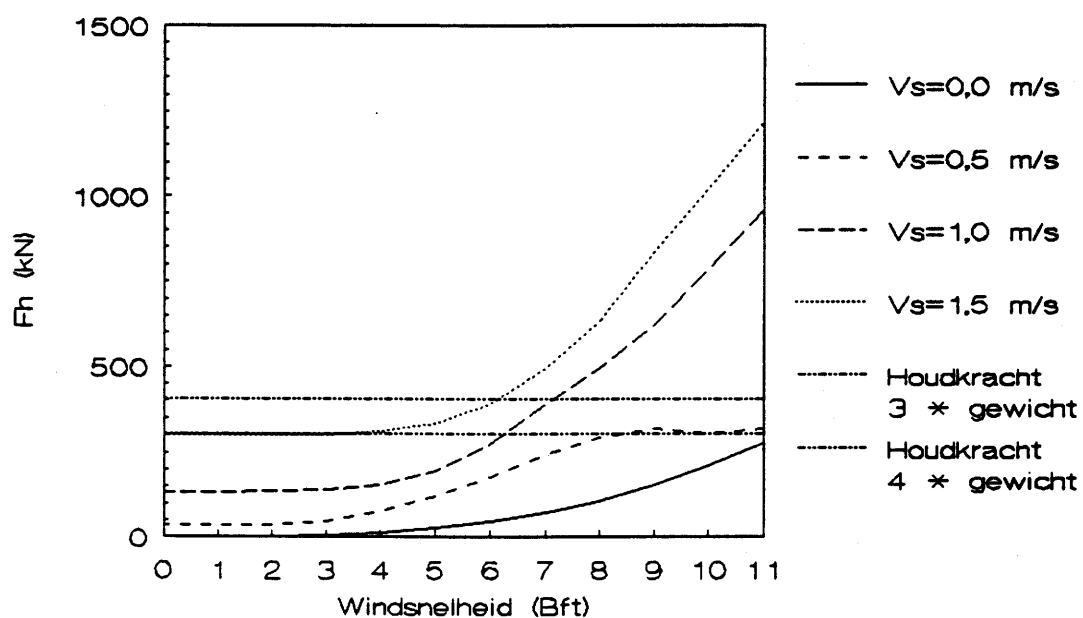


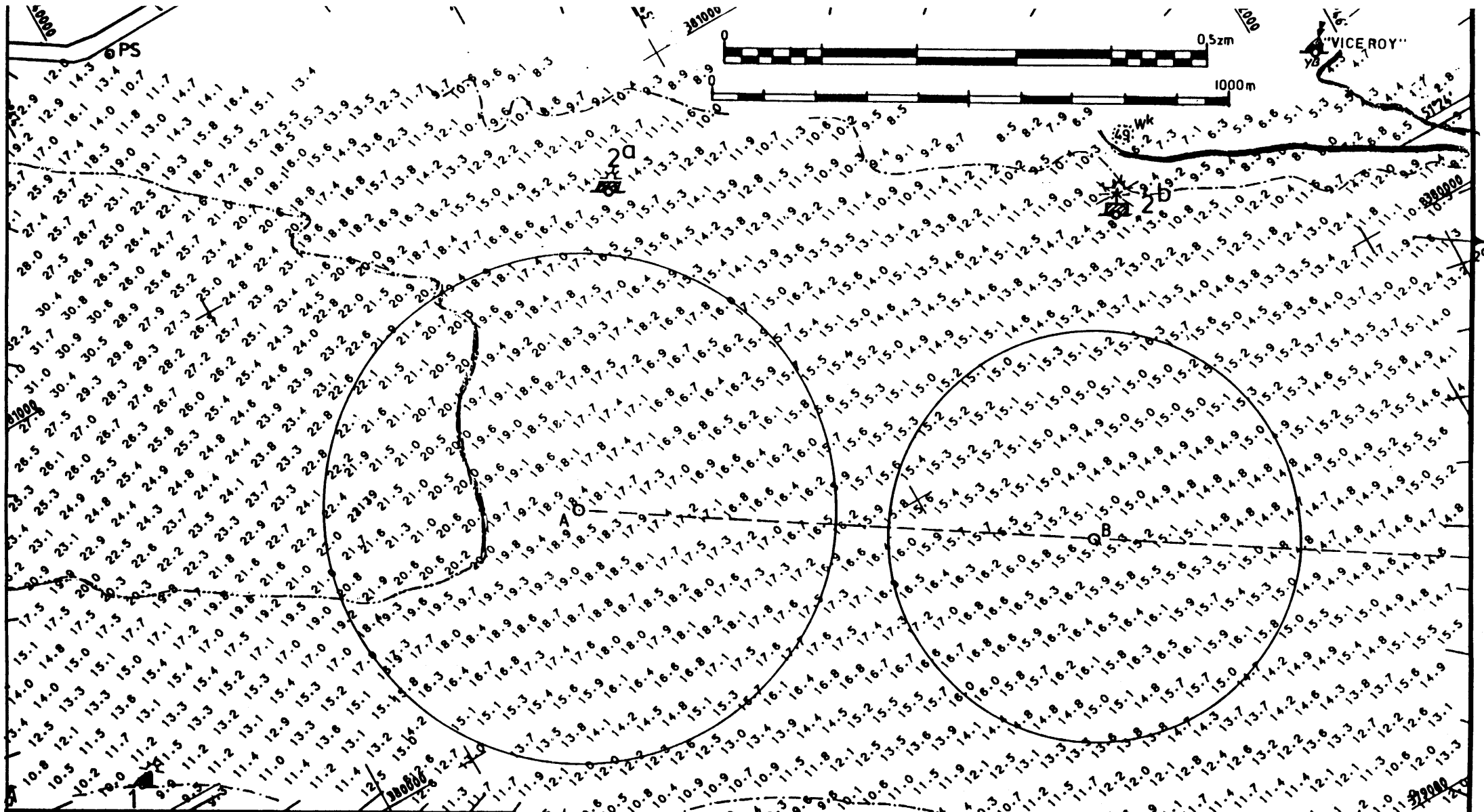
Fig. 4

SCHAAL:

get. gez.

Nr.

RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART



R.W.S. directie zeeland - meetdienst
EVERINGEN ANKERPLAATSEN A EN B

opneming: 25 jan., 28 febr. en 1 mrt. 1991
vorige opname: 18 jan. en 9 febr. 1990
dieptecijfers en -lijnen in m t.o.v. gem. LLWS (N.A.P. -2.5m)
code: 04.41.P.91.01 schaal: 1 : 10 000

R.W.S. directie zeeland - meetdienst

EVERINGEN ANKERPLAATSEN C, D EN E

opneming: 24 januari t/m 28 februari 1991

vorige opname: 18 januari t/m 9 februari 1990

dieptecijfers en -lijnen in m t.o.v. gem. LLWS (N.A.P. -2.5m)

code: 04.42.P.91.01

schaal: 1 : 10 000

DEFENSIEGEBIED KON. MARINE

1000 m

0 52m

Wadpaal

BIJLAGE 1 B

uitgave HYDRAS

53

A

07-05-91

Voorwaarden L.E.L. Everingen en Put

1. Bestaande L.E.L. voorwaarden.
2. Lengteverhouding ontvangende schip/gevende schip, max 2/3 lengte, waarbij 75 mtr. ten alle tijden is toegestaan, voor beide soorten schepen en waarbij het grondtakel van het langste schip gebruikt moet worden.
3. M.K. stand by.
4. Ankerwacht en wacht aan dek.
5. Uitluisteren op blokkanalen en kan. 14.
6. Deugdelijke fendering.
7. Grondtakel ontvangende schip >75 mtr. l.o.a. dan anker uitpompen tot I shackle op de bodem aan die zijde waar het schip gemeerd ligt. Grondtakel gevende schip ook aan die zijde.
8. langsij elkaar liggend altijd kop kop.
9. Schepen >75 mtr., moeten aan die zijde waar ze niet langsij elkaar liggen een safetyline presenteren tot vlak boven het water. Aan dek moet voldoende lengte stand by liggen met franse bochten, dat sleepboot direkt vast kan maken en trekken.
10. Vanaf windsein 0 sleepboot stand by.
11. Als beide schepen >75 mtr. dan loads aan boord op het grootste schip.
12. Het afmeren van het 2° schip dient te geschieden op een deugdelijke manier.
13. D.G.S.M. behoudt zich het recht voor om in bijzondere gevallen b.v. marginale schepen aanvullende maatregelen voor te schrijven zoals b.v. fendering, loads en sleepboot.

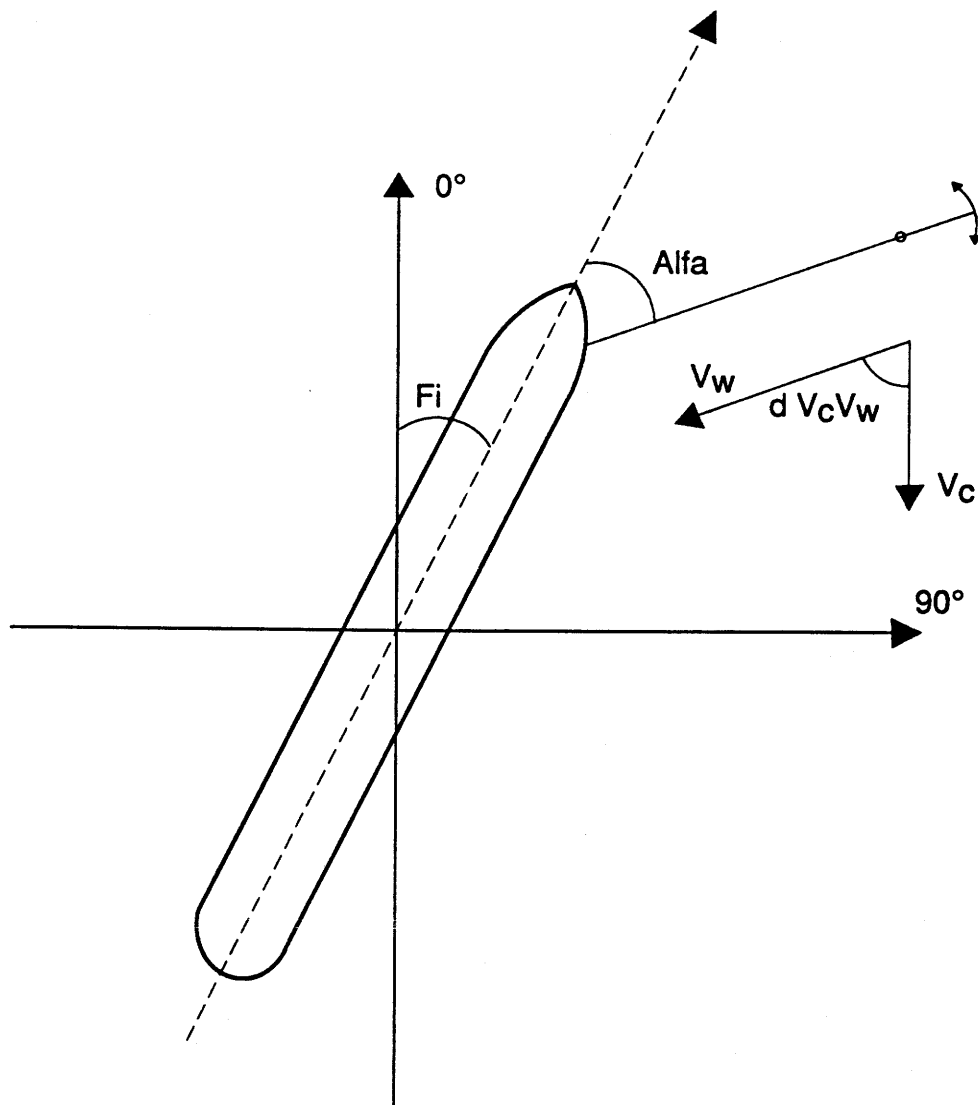
Aanvullende voorwaarden voor tankers (positieve lijst).

1. >75 mtr. altijd loads aan boord.
2. >75 mtr. sleepboot met doeltreffende bluscapaciteit stand by.
3. Vanaf windkracht 6 beaufort overslag stoppen en laad/losleidingen ontkoppelen.

Voorschriften voor bunkeren op ankerplaatsen op de WesterscheldeKode: bnk

1. Voor aanvang bunkeren dient een "ship-ship safety checklist" te worden ingevuld en ondertekend door de gezagvoerder te worden teruggestuurd aan het hoofd Verkeersdienst Westerschelde, Commandoweg 50, 4381 BH Vlissingen.
2. Strikte naleving van de voorschriften voor het vervoer van gevaarlijke stoffen, neergelegd in:
 - a. het besluit van de Minister van Verkeer en Waterstaat van 10 januari 1980 nr. i-3/v 20146 (start 15) voor zeeschepen.
 - b. het besluit van de Staatssekretaris van Verkeer en Waterstaat van 3 augustus 1977, nr. a-3/u 27964 (start 155) over de binnenwateren.
3. Bunkeren dient kortstondig na aankomst te beginnen en dient plaats te vinden onder gunstige weersomstandigheden.
4. Gedurende het verblijf op de ankerplaats goede ankerwacht houden en doorlopend radiokontakt op het geëigende marifoonkanaal (vhf-3 kanaal 3).
5. Kalamiteiten dienen direkt gemeld te worden aan de Verkeersdienst Westerschelde.
6. Maatregelen dienen te zijn genomen om milieuverontreiniging te voorkomen.
7. Tijdens bunkeren aan elke zijde maximaal één (1) vaartuig, geen duwstel zijnde, langzij.
8. Tijdens verblijf op de ankerplaats de doorgaande vaargeul vrijhouden, zonodig met behulp van een sleepboot.
9. Het gebruik van deugdelijke fenders is verplicht.
10. Tijdens het bunkeren doorlopend toezicht aan dek door het toezichthoudend personeel.
11. Tijdens het bunkeren geen schepen langszij met draaiende motoren.
12. Towing-wires van deugdelijke kwaliteit, met voldoende slagen op de bolders, dienen gereed te hangen aan die zijde van het vaartuig waar het anker niet is gepresenteerd, max. één (1) mtr. boven het wateroppervlak.
13. Wijzigingen in eta's en etd's, alsmede wijzigingen in aanvang, beëindiging of langdurige onderbreking van de werkzaamheden dienen tijdig te worden doorgegeven aan de Hoofdverkeersleider van de wacht via de Centrale Post te Vlissingen i.v.m. planning van andere vaartuigen, afhankelijk hiervan kan de toestemming inzake de ankerpositie worden gewijzigd of aangepast.
- 13a. Wijzigingen in eta's en etd's dienen tijdig te worden doorgegeven aan de Hoofdverkeersleider van de wacht via de Centrale Post te Vlissingen i.v.m. de planning van andere vaartuigen, afhankelijk hiervan kan de toestemming inzake de ankerpositie worden gewijzigd of aangepast.
14. Gestelde voorschriften dienen aan de gezagvoerders van betrokken vaartuigen te worden bekendgemaakt en tevens dient een kopie van deze voorwaarden aan hem te worden afgegeven.

Tekenconventie statische berekening



- V_w = Windsnelheid
- V_c = Stroomsnelheid
- F_i = Koershoek schip t.o.v. stroom
- Alfa = Hoek ankerketting t.o.v. schip
- $d V_w V_c$ = Hoek wind t.o.v. stroom

Resultaten statische berekeningen 70.000 DWT bulkcarrier

TABEL : 1

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.00 m/s

dVcVw = 0.0 graden

Windsnelheid	fi	alfa	Fh	Fh/Fa	Fh(fi+ 3)
Bft	m/s	gr	kN	-	kN
0	0	-4	7	0.00	0
1	1	-2	3	0.00	0
2	2	-3	4	0.00	2
3	4	-3	4	0.01	6
4	7	-3	4	0.03	14
5	9	-3	4	0.06	26
6	12	-3	4	0.11	46
7	16	-3	4	0.18	72
8	19	-3	4	0.26	108
9	23	-3	4	0.38	154
10	26	-3	4	0.52	210
11	31	-3	4	0.69	280

TABEL : 2

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.50 m/s

dVcVw = 0.0 graden

Windsnelheid	fi	alfa	Fh	Fh/Fa	Fh(fi+ 3)
Bft	m/s	gr	kN	-	kN
0	0	-0	11	0.08	40
1	1	-0	11	0.08	40
2	2	-0	11	0.09	42
3	4	-1	11	0.10	46
4	7	-1	10	0.12	54
5	9	-1	10	0.15	66
6	12	-1	9	0.20	85
7	16	-1	9	0.26	112
8	19	-1	8	0.35	147
9	23	-1	8	0.46	192
10	26	-2	7	0.60	248
11	31	-2	7	0.77	317

TABEL : 3

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.00 m/s

dVcVw = 0.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	11	133	0.33	161
1	1	-0	11	133	0.33	161
2	2	-0	11	135	0.33	163
3	4	-0	11	139	0.34	167
4	7	-1	11	147	0.36	174
5	9	-1	11	159	0.39	187
6	12	-1	10	179	0.44	206
7	16	-1	10	206	0.51	232
8	19	-1	10	241	0.60	267
9	23	-1	10	287	0.71	313
10	26	-1	9	343	0.85	368
11	31	-1	9	413	1.02	438

TABEL : 4

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.50 m/s

dVcVw = 0.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	11	299	0.74	362
1	1	-0	11	299	0.74	363
2	2	-0	11	301	0.74	364
3	4	-0	11	305	0.76	368
4	7	-0	11	313	0.77	376
5	9	-1	11	325	0.81	388
6	12	-1	11	345	0.85	407
7	16	-1	11	372	0.92	434
8	19	-1	10	407	1.01	469
9	23	-1	10	454	1.12	514
10	26	-1	10	510	1.26	570
11	31	-1	10	580	1.44	639

TABEL : 5

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.00 m/s

dVcVw = 45.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	42	5	0	0.00	0
1	1	42	5	0	0.00	0
2	2	42	4	2	0.00	2
3	4	42	4	6	0.01	6
4	7	42	4	13	0.03	14
5	9	42	4	26	0.06	26
6	12	42	4	45	0.11	46
7	16	42	4	72	0.18	72
8	19	42	4	107	0.26	108
9	23	42	4	153	0.38	154
10	26	42	4	209	0.52	210
11	31	42	4	279	0.69	280

TABEL : 6

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.50 m/s

dVcVw = 45.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	11	33	0.08	40
1	1	-0	10	33	0.08	40
2	2	0	2	34	0.08	35
3	4	1	-15	37	0.09	47
4	7	4	-36	47	0.12	73
5	9	7	-52	69	0.17	108
6	12	10	-61	101	0.25	170
7	16	12	-60	128	0.32	200
8	19	14	-57	161	0.40	230
9	23	17	-54	199	0.49	270
10	26	19	-50	242	0.60	309
11	31	22	-44	293	0.73	360

TABEL : 7

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.00 m/s

dVcVw = 45.0 graden

Windsnelheid Bft	m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	11	133	0.33	161
1	1	-0	10	133	0.33	160
2	2	-0	9	134	0.33	156
3	4	0	4	136	0.34	144
4	7	1	-5	138	0.34	152
5	9	2	-18	149	0.37	198
6	12	3	-32	176	0.44	266
7	16	5	-43	221	0.55	351
8	19	7	-53	280	0.69	441
9	23	9	-59	357	0.88	592
10	26	11	-61	432	1.07	713
11	31	12	-60	504	1.25	792

TABEL : 8

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.50 m/s

dVcVw = 45.0 graden

Windsnelheid Bft	m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	11	299	0.74	362
1	1	-0	11	299	0.74	362
2	2	-0	10	300	0.74	357
3	4	-0	8	302	0.75	345
4	7	0	4	305	0.76	324
5	9	1	-3	309	0.77	325
6	12	1	-12	322	0.80	397
7	16	2	-23	352	0.87	494
8	19	3	-33	404	1.00	614
9	23	5	-42	482	1.19	763
10	26	6	-50	575	1.42	916
11	31	8	-56	695	1.72	1113

TABEL : 9

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.00 m/s

dVcVw = 90.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	86	7	0	0.00	0
1	1	88	3	0	0.00	0
2	2	87	4	2	0.00	2
3	4	87	4	6	0.01	6
4	7	87	4	13	0.03	14
5	9	87	4	26	0.06	26
6	12	87	4	45	0.11	46
7	16	87	4	72	0.18	72
8	19	87	4	107	0.26	108
9	23	87	4	153	0.38	154
10	26	87	4	209	0.52	210
11	31	87	4	279	0.69	280

TABEL : 10

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.50 m/s

dVcVw = 90.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	11	33	0.08	40
1	1	-0	9	33	0.08	39
2	2	0	-3	33	0.08	35
3	4	3	-35	37	0.09	61
4	7	7	-66	63	0.16	107
5	9	11	-81	107	0.26	181
6	12	15	-86	155	0.38	227
7	16	21	-91	220	0.54	277
8	19	28	-89	263	0.65	307
9	23	37	-82	294	0.73	343
10	26	44	-72	313	0.77	370
11	31	50	-60	340	0.84	399

TABEL : 11

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.00 m/s

dVcVw = 90.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	11	0.33	161
1	1	-0	10	0.33	160
2	2	-0	7	0.33	151
3	4	0	-1	0.32	132
4	7	1	-17	0.33	179
5	9	3	-39	0.39	261
6	12	6	-60	0.54	384
7	16	9	-75	0.81	568
8	19	11	-82	1.08	732
9	23	14	-85	1.37	842
10	26	16	-88	1.71	979
11	31	20	-91	2.14	1093

TABEL : 12

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.50 m/s

dVcVw = 90.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	11	0.74	362
1	1	-0	11	0.74	361
2	2	-0	9	0.74	352
3	4	-0	6	0.74	328
4	7	0	-1	0.73	300
5	9	1	-13	0.73	374
6	12	2	-30	0.80	499
7	16	4	-47	0.97	679
8	19	6	-62	1.27	891
9	23	8	-74	1.72	1205
10	26	10	-80	2.23	1562
11	31	12	-83	2.67	1745

TABEL : 13

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.00 m/s

dVcVw = 135.0 graden

Windsnelheid Bft	m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	132	5	0	0.00	0
1	1	132	5	0	0.00	0
2	2	132	4	2	0.00	2
3	4	132	4	6	0.01	6
4	7	132	4	13	0.03	14
5	9	132	4	26	0.06	26
6	12	132	4	45	0.11	46
7	16	132	4	72	0.18	72
8	19	132	4	107	0.26	108
9	23	132	4	153	0.38	154
10	26	132	4	209	0.52	210
11	31	132	4	279	0.69	280

TABEL : 14

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.50 m/s

dVcVw = 135.0 graden

Windsnelheid Bft	m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	11	33	0.08	40
1	1	-0	9	33	0.08	39
2	2	0	-5	32	0.08	35
3	4	3	-41	38	0.09	64
4	7	7	-75	71	0.17	117
5	9	12	-88	124	0.31	198
6	12	16	-94	192	0.48	260
7	16	24	-99	273	0.68	317
8	19	-172	-86	44	0.11	104
9	23	-167	-81	62	0.15	109
10	26	62	-80	292	0.72	328
11	31	73	-65	267	0.66	302

TABEL : 15

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.00 m/s

dVcVw = 135.0 graden

Windsnelheid Bft	m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	11	133	0.33	161
1	1	-0	10	133	0.33	159
2	2	-0	7	132	0.33	149
3	4	0	-2	128	0.32	133
4	7	1	-21	130	0.32	184
5	9	3	-46	159	0.39	278
6	12	6	-69	240	0.59	416
7	16	9	-83	380	0.94	649
8	19	12	-89	509	1.26	802
9	23	15	-92	668	1.65	943
10	26	18	-96	870	2.15	1115
11	31	23	-99	1071	2.65	1259

TABEL : 16

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.50 m/s

dVcVw = 135.0 graden

Windsnelheid Bft	m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	11	299	0.74	362
1	1	-0	11	299	0.74	361
2	2	-0	9	298	0.74	350
3	4	-0	5	295	0.73	323
4	7	0	-3	289	0.71	302
5	9	1	-16	288	0.71	384
6	12	2	-36	319	0.79	525
7	16	4	-55	408	1.01	732
8	19	6	-70	565	1.40	966
9	23	9	-81	805	1.99	1370
10	26	11	-87	1038	2.57	1696
11	31	13	-90	1276	3.16	1922

TABEL : 17

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.00 m/s

dVcVw = 180.0 graden

Windsnelheid	fi	alfa	Fh	Fh/Fa	Fh(fi+ 3)
Bft	m/s	gr	kN	-	kN
0	0	176	7	0	0
1	1	178	3	0	0
2	2	177	4	2	2
3	4	177	4	6	6
4	7	177	4	13	14
5	9	177	4	26	26
6	12	177	4	45	46
7	16	177	4	72	72
8	19	177	4	107	108
9	23	177	4	153	154
10	26	177	4	209	210
11	31	177	4	279	280

TABEL : 18

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.50 m/s

dVcVw = 180.0 graden

Windsnelheid	fi		alfa	Fh	Fh/Fa	Fh(fi+ 3)
Bft	m/s	gr	gr	kN	-	kN
0	0	-0	11	33	0.08	40
1	1	-0	11	33	0.08	40
2	2	-0	11	32	0.08	39
3	4	-0	11	29	0.07	36
4	7	-0	13	23	0.06	30
5	9	-0	15	13	0.03	21
6	12	-180	3	0	0.00	-0
7	16	-180	3	27	0.07	26
8	19	-180	3	62	0.15	61
9	23	-180	3	109	0.27	107
10	26	-179	3	165	0.41	162
11	31	-179	3	235	0.58	231

TABEL : 19

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.00 m/s

dVcVw = 180.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	133	0.33	161
1	1	-0	133	0.33	161
2	2	-0	132	0.33	160
3	4	-0	128	0.32	157
4	7	-0	122	0.30	151
5	9	-0	113	0.28	142
6	12	-0	97	0.24	127
7	16	-0	76	0.19	108
8	19	-0	49	0.12	84
9	23	-0	12	0.03	53
10	26	-180	29	0.07	27
11	31	-180	99	0.25	96

TABEL : 20

vaartuig: 70.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.50 m/s

dVcVw = 180.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-0	299	0.74	362
1	1	-0	299	0.74	362
2	2	-0	298	0.74	361
3	4	-0	295	0.73	358
4	7	-0	289	0.71	352
5	9	-0	279	0.69	343
6	12	-0	264	0.65	328
7	16	-0	243	0.60	309
8	19	-0	215	0.53	283
9	23	-0	179	0.44	250
10	26	-0	135	0.33	210
11	31	-0	79	0.20	162

Resultaten statische berekeningen 135.000 DWT bulkcarrier

TABEL : 1

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.00 m/s

dVcVw = 0.0 graden

Windsnelheid Bft	m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-4	6	0	0.00	0
1	1	-4	6	0	0.00	0
2	2	-3	5	2	0.00	2
3	4	-3	5	6	0.01	7
4	7	-3	5	15	0.03	15
5	9	-3	5	29	0.05	29
6	12	-3	5	51	0.09	51
7	16	-3	5	80	0.14	81
8	19	-3	5	120	0.21	121
9	23	-3	5	171	0.29	172
10	26	-3	5	233	0.40	235
11	31	-3	5	311	0.54	314

TABEL : 2

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.50 m/s

dVcVw = 0.0 graden

Windsnelheid Bft	m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-1	13	43	0.07	53
1	1	-1	13	43	0.07	53
2	2	-1	12	45	0.08	55
3	4	-1	12	49	0.08	60
4	7	-1	12	58	0.10	68
5	9	-1	12	72	0.12	82
6	12	-1	11	94	0.16	104
7	16	-1	11	124	0.21	133
8	19	-1	10	163	0.28	172
9	23	-2	9	215	0.37	223
10	26	-2	9	277	0.48	286
11	31	-2	8	356	0.61	363

TABEL : 3

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.00 m/s

dVcVw = 0.0 graden

Windsnelheid	fi	alfa	Fh	Fh/Fa	Fh(fi+ 3)
Bft m/s	gr	gr	kN	-	kN
0	0	-1	171	0.29	213
1	1	-1	171	0.29	213
2	2	-1	173	0.30	215
3	4	-1	178	0.31	219
4	7	-1	186	0.32	228
5	9	-1	200	0.34	242
6	12	-1	222	0.38	263
7	16	-1	253	0.43	293
8	19	-1	292	0.50	332
9	23	-1	344	0.59	383
10	26	-1	407	0.70	445
11	31	-1	486	0.84	523

TABEL : 4

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.50 m/s

dVcVw = 0.0 graden

Windsnelheid	fi	alfa	Fh	Fh/Fa	Fh(fi+ 3)
Bft m/s	gr	gr	kN	-	kN
0	0	-1	385	0.66	479
1	1	-1	385	0.66	479
2	2	-1	387	0.67	481
3	4	-1	391	0.67	486
4	7	-1	400	0.69	494
5	9	-1	414	0.71	508
6	12	-1	436	0.75	530
7	16	-1	466	0.80	559
8	19	-1	506	0.87	598
9	23	-1	558	0.96	649
10	26	-1	621	1.07	712
11	31	-1	700	1.20	789

TABEL : 5

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.00 m/s

dVcVw = 45.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	40	8	0.00	0
1	1	42	5	0.00	0
2	2	42	5	0.00	2
3	4	42	5	0.01	7
4	7	42	5	0.03	15
5	9	42	5	0.05	29
6	12	42	5	0.09	51
7	16	42	5	0.14	81
8	19	42	5	0.21	121
9	23	42	5	0.29	172
10	26	42	5	0.40	235
11	31	42	5	0.54	314

TABEL : 6

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.50 m/s

dVcVw = 45.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-1	13	0.07	53
1	1	-0	12	0.07	52
2	2	-0	6	0.07	48
3	4	1	-9	0.08	53
4	7	3	-29	0.10	81
5	9	6	-45	0.13	121
6	12	8	-57	0.19	180
7	16	11	-59	0.25	236
8	19	13	-57	0.32	272
9	23	15	-53	0.39	313
10	26	18	-50	0.48	362
11	31	20	-46	0.58	416

TABEL : 7

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.00 m/s

dVcVw = 45.0 graden

Windsnelheid Bft	m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-1	13	171	0.29	213
1	1	-1	12	171	0.29	212
2	2	-0	11	172	0.30	207
3	4	-0	7	174	0.30	195
4	7	0	-0	176	0.30	176
5	9	1	-11	185	0.32	224
6	12	2	-24	208	0.36	295
7	16	4	-36	252	0.43	388
8	19	6	-46	313	0.54	494
9	23	7	-54	394	0.68	623
10	26	9	-58	490	0.84	811
11	31	11	-59	578	1.00	933

TABEL : 8

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.50 m/s

dVcVw = 45.0 graden

Windsnelheid Bft	m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-1	13	385	0.66	479
1	1	-1	12	385	0.66	478
2	2	-0	12	385	0.66	474
3	4	-0	10	387	0.67	461
4	7	-0	7	391	0.67	438
5	9	0	1	395	0.68	405
6	12	1	-6	405	0.70	454
7	16	2	-16	430	0.74	556
8	19	3	-26	476	0.82	683
9	23	4	-35	551	0.95	842
10	26	5	-42	650	1.12	1022
11	31	6	-50	772	1.33	1210

TABEL : 9

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20
Vc = 0.00 m/s
dVcVw = 90.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	86	6	0	0.00	0
1	1	86	6	0	0.00	0
2	2	87	5	2	0.00	2
3	4	87	5	6	0.01	7
4	7	87	5	15	0.03	15
5	9	87	5	29	0.05	29
6	12	87	5	51	0.09	51
7	16	87	5	80	0.14	81
8	19	87	5	120	0.21	121
9	23	87	5	171	0.29	172
10	26	87	5	233	0.40	235
11	31	87	5	311	0.54	314

TABEL : 10

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20
Vc = 0.50 m/s
dVcVw = 90.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-1	13	43	0.07	53
1	1	-0	11	43	0.07	52
2	2	0	1	42	0.07	43
3	4	2	-26	44	0.08	66
4	7	5	-58	67	0.12	119
5	9	10	-79	120	0.21	212
6	12	13	-84	171	0.29	265
7	16	18	-89	241	0.41	328
8	19	24	-90	311	0.54	376
9	23	31	-87	353	0.61	404
10	26	39	-78	388	0.67	451
11	31	45	-67	410	0.71	488

TABEL : 11

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.00 m/s

dVcVw = 90.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-1	13	0.29	213
1	1	-1	12	0.29	211
2	2	-0	10	0.29	202
3	4	0	3	0.29	178
4	7	1	-10	0.29	201
5	9	2	-30	0.31	284
6	12	5	-51	0.41	421
7	16	7	-69	0.59	576
8	19	10	-79	0.85	866
9	23	12	-83	1.05	991
10	26	14	-85	1.30	1123
11	31	17	-89	1.62	1299

TABEL : 12

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.50 m/s

dVcVw = 90.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-1	13	0.66	479
1	1	-1	12	0.66	478
2	2	-0	11	0.66	468
3	4	-0	8	0.66	443
4	7	0	3	0.65	398
5	9	1	-7	0.65	425
6	12	2	-21	0.67	552
7	16	3	-38	0.76	735
8	19	5	-53	0.96	983
9	23	7	-67	1.26	1242
10	26	9	-76	1.67	1701
11	31	11	-81	2.07	2053

TABEL : 13

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.00 m/s

dVcVw = 135.0 graden

Windsnelheid	fi	alfa	Fh	Fh/Fa	Fh(fi+ 3)
Bft	m/s	gr	kN	-	kN
0	0	130	8	0	0
1	1	132	5	0	0
2	2	132	5	2	2
3	4	132	5	6	7
4	7	132	5	15	15
5	9	132	5	29	29
6	12	132	5	51	51
7	16	132	5	80	81
8	19	132	5	120	121
9	23	132	5	171	172
10	26	132	5	233	235
11	31	132	5	311	314

TABEL : 14

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 0.50 m/s

dVcVw = 135.0 graden

Windsnelheid	fi	alfa	Fh	Fh/Fa	Fh(fi+ 3)	
Bft	m/s	gr	gr	-	kN	
0	0	-1	13	43	0.07	53
1	1	-0	11	42	0.07	51
2	2	0	0	41	0.07	41
3	4	2	-32	44	0.08	70
4	7	6	-67	73	0.13	129
5	9	10	-86	138	0.24	232
6	12	14	-92	207	0.36	296
7	16	20	-98	308	0.53	376
8	19	28	-100	382	0.66	425
9	23	-170	-76	64	0.11	137
10	26	-165	-79	89	0.15	148
11	31	-148	-68	103	0.18	117

TABEL : 15

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.00 m/s

dVcVw = 135.0 graden

Windsnelheid Bft	m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-1	13	171	0.29	213
1	1	-1	12	171	0.29	211
2	2	-0	10	169	0.29	200
3	4	0	2	166	0.29	172
4	7	1	-13	162	0.28	206
5	9	2	-36	181	0.31	301
6	12	5	-60	254	0.44	459
7	16	8	-77	388	0.67	651
8	19	11	-86	564	0.97	938
9	23	13	-91	727	1.25	1095
10	26	16	-94	931	1.60	1280
11	31	20	-97	1197	2.06	1482

TABEL : 16

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.50 m/s

dVcVw = 135.0 graden

Windsnelheid Bft	m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-1	13	385	0.66	479
1	1	-1	12	384	0.66	477
2	2	-0	11	383	0.66	467
3	4	-0	8	379	0.65	437
4	7	0	2	373	0.64	384
5	9	1	-9	365	0.63	432
6	12	2	-26	380	0.65	576
7	16	3	-45	449	0.77	787
8	19	5	-62	595	1.02	1069
9	23	7	-76	825	1.42	1373
10	26	10	-84	1142	1.97	1956
11	31	11	-88	1402	2.41	2245

TABEL : 17

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20
Vc = 0.00 m/s
dVcVw = 180.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	176	6	0	0.00	0
1	1	176	6	0	0.00	0
2	2	177	5	2	0.00	2
3	4	177	5	6	0.01	7
4	7	177	5	15	0.03	15
5	9	177	5	29	0.05	29
6	12	177	5	51	0.09	51
7	16	177	5	80	0.14	81
8	19	177	5	120	0.21	121
9	23	177	5	171	0.29	172
10	26	177	5	233	0.40	235
11	31	177	5	311	0.54	314

TABEL : 18

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20
Vc = 0.50 m/s
dVcVw = 180.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	fi gr	alfa gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-1	13	43	0.07	53
1	1	-1	13	43	0.07	53
2	2	-1	13	41	0.07	52
3	4	-1	13	38	0.06	48
4	7	-0	14	31	0.05	42
5	9	-0	16	20	0.03	32
6	12	-0	21	2	0.00	17
7	16	-180	4	23	0.04	23
8	19	-180	4	63	0.11	62
9	23	-180	3	114	0.20	113
10	26	-180	3	177	0.31	174
11	31	-179	3	256	0.44	252

TABEL : 19

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.00 m/s

dVcVw = 180.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	alfa gr	Fh gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-1	13	171	0.29	213
1	1	-1	13	171	0.29	213
2	2	-1	13	169	0.29	211
3	4	-1	13	166	0.29	208
4	7	-1	13	159	0.27	202
5	9	-1	13	148	0.25	191
6	12	-0	14	131	0.23	175
7	16	-0	15	107	0.18	154
8	19	-0	16	76	0.13	126
9	23	-0	19	35	0.06	90
10	26	-180	4	3	0.00	3
11	31	-180	4	82	0.14	81

TABEL : 20

vaartuig: 135.000.DWT-Bulkcarrier

H/T = 1.20

Vc = 1.50 m/s

dVcVw = 180.0 graden

Windsnelheid Bft	fi m/s	alfa gr	Fh gr	Fh kN	Fh/Fa -	Fh(fi+ 3) kN
0	0	-1	13	385	0.66	479
1	1	-1	13	385	0.66	479
2	2	-1	13	383	0.66	478
3	4	-1	13	380	0.65	474
4	7	-1	13	373	0.64	468
5	9	-1	13	362	0.62	457
6	12	-1	13	345	0.59	441
7	16	-0	13	321	0.55	419
8	19	-0	14	290	0.50	390
9	23	-0	15	250	0.43	353
10	26	-0	16	200	0.34	308
11	31	-0	17	138	0.24	253