

IZF 1988 C-22

H. Schuffel

J.P.A. Boer

L. van Breda

**VERSCHILLEN IN DE BEHEERSBAARHEID
VAN VIER- EN ZESBAKSDUWSTELLEN**

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten TNO', dan wel de betreffende
terzake tussen partijen gesloten
overeenkomst.

© TNO

Opdrachtgever : Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Dienst
Verkeerskunde, Hoofdafdeling Scheepvaart,
Postbus 494, 3300 AL Dordrecht.

Aantal bladzijden : 68

INHOUD

Blz.

SAMENVATTING	5
ABSTRACT	6
1 INLEIDING	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Beheersbaarheid	8
1.3 Mentale belasting	11
1.4 Kritische, relevante condities	12
1.5 Mogelijkheden en beperkingen van het onderzoek	13
2 METHODE	15
2.1 Proefpersonen	15
2.2 Manoeuvreertaak	15
2.3 Neventaak	16
2.4 Instrumentatie	17
2.5 Training en instructie	19
2.6 Afhankelijke variabelen en analyse	20
2.7 Proefopzetten	20
3 RESULTATEN	22
3.1 Verkeerssituatie	22
3.2 Windkracht	27
3.3 Waterstand	32
3.4 Beperkt zicht	37
3.5 Mentale belasting	40
4 DISCUSSIE	41
4.1 Beheersbaarheid	41
4.2 Mentale belasting	43
4.3 Conclusies	43
REFERENTIES	44
BIJLAGE 1 Geometrie van schepen en verkeerssituaties	46
BIJLAGE 2 Diverse analyses	47
BIJLAGE 3 Enquête inzake kritische, relevante condities in de duwvaart	57
BIJLAGE 4 Volgorde van condities en proefpersonen	65

Rap. IZF 1988 C-22,

Instituut voor Zintuigfysiologie TNO,
Soesterberg

Verschillen in de beheersbaarheid van vier- en zesbaksduwstellen

H. Schuffel, J.P.A. Boer en L. van Breda

SAMENVATTING

Naar aanleiding van een proefperiode met zesbaksduwvaart heeft de Tweede Kamercommissie voor Verkeer en Waterstaat aangedrongen op een nadere studie betreffende de veiligheid van de vaart met duwstellen. Eén van de door de Minister van Verkeer en Waterstaat toegezegde onderzoeken is door de Dienst Verkeerskunde aan het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO opgedragen in de vorm van een simulatiestudie.

In deze studie wordt een vergelijking gemaakt tussen de beheersbaarheid van vier- en zesbaksduwstellen en de mentale belasting van duwbootkapiteins in beide typen duwstellen. De beheersbaarheid wordt opgevat als het vermogen van mens en schip een door de omgeving gestelde taak uit te voeren, zoals die wordt bepaald door de vaarweggeometrie, het scheepvaartverkeer, het weer en de waterbeweging. De mentale belasting wordt opgevat als de mate waarin het uitvoeren van de gestelde manoeuvreertaken aandacht vergt van de kapitein.

Uit de resultaten van deze simulatiestudie blijkt dat tot en met windkracht Bf 7 en met een bevaarbare rivierbreedte van 180 m, het varen met zesbaksduwstellen niet verschilt van vierbaksduwstellen. Een rivierbreedte van 150 m leidt bij hoge verkeersintensiteiten met zesbaksduwstellen tot afbreuk van het huidige veiligheidsniveau. Windkracht heeft nauwelijks invloed op het varen met duwstellen. Windkracht Bf 7 accentueert bij laag water met een bevaarbare breedte van 150 m voor zesbaksduwstellen de genoemde afbreuk. Beperkt zicht vermindert de beheersbaarheidsmarges voor beide duwstellen in gelijke mate.

De mentale belasting van de duwbootkapiteins verschilt niet bij het varen met vier- of zesbaksduwstellen. Zij kunnen, bij redelijk zicht, voldoende aandacht aan de manoeuvreertaak besteden.

Rep. IZF 1988 C-22,

TNO Institute for Perception,
Soesterberg, The Netherlands

Differences in the controllability of four- and six-barge push-tows

H. Schuffel, J.P.A. Boer and L. van Breda

ABSTRACT

As a result of a period for testing and evaluating six-barge push-towing, the Commission for Transport and Public Works of the Second Chamber pressed for a closer study on the safety of push-towing. One of the investigations promised by the Minister of Transport and Public Works was a simulation study by the TNO Institute for Perception under contract to the Transportation and Traffic Engineering Division.

In this study a comparison is made between the controllability of four- and six-barge push-tows and the mental workload of push-tow captains for both types of push-tows. The controllability is conceived of as the ability of man and ship to perform tasks imposed by the environment, as determined by the fairway geometry, the ship traffic, the weather and the waterflow. The mental workload is conceived of as the extent to which the performing of the imposed manoeuvring tasks needs the captain's attention.

The results of this simulation study show that up to windforce Bf 7 and with a 180-m width of the fairway, six-barge push-towing does not differ from four-barge push-towing. A fairway width of 150 m derogates with regard to six-barge push-tows at high traffic densities the actual levels of safety. Windforce hardly affects push-towing. Windforce Bf 7 emphasizes the mentioned derogation of safety levels with six-barge push-tows at low tide with a fairway width of 150 m. Restricted visibility diminishes the controllability margins for both push-tows to the same extent.

The mental load of the push-tow captains does not differ between four- and six-barge push-tows. They can pay, at moderate visibility conditions, sufficient attention to the manoeuvring task.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Naar aanleiding van het instellen van een proefperiode met zesbaksduwvaart heeft de Tweede Kamercommissie voor Verkeer en Waterstaat (UCV 80) aangedrongen op een nadere studie betreffende de veiligheid van de vaart met deze duwstellen. Hierbij kwamen onder andere de volgende twee overwegingen aan de orde:

- de uitgevoerde proefmetingen met zesbaksduwstellen hebben alleen onder gunstige uitwendige omstandigheden plaatsgevonden
- in het uitgevoerde simulatie-onderzoek, waarin een vergelijking werd gemaakt tussen de manoeuvreerbaarheid van vier- en zesbaksduwstellen, is een aantal aspecten buiten beschouwing gebleven. Het betreft hier ondermeer de interactie met overig scheepvaartverkeer onder kritische condities.

Het door de Minister van Verkeer en Waterstaat aan de Kamercommissie toegezegde vervolgonderzoek is door de Dienst Verkeerskunde (DVK) onder andere vertaald als een simulatiestudie waarin onder kritische, maar relevante condities een vergelijking gemaakt wordt tussen:

- de beheersbaarheid van vier- en zesbaksduwstellen
- de mentale belasting van duwbootkapiteins bij het varen met de twee typen duwstellen.

De DVK heeft het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO (IZF) verzocht, in samenwerking met het Waterloopkundig Laboratorium (WL), een simulatiestudie uit te voeren. Hierbij is gevraagd het onderzoek met de manoeuvreersimulator van het IZF uit te voeren. Het WL trad op als discussiepartner en als adviseur inzake het beoordelen van verkeerssituaties voor de simulatiestudie. Op grond van het overleg tussen DVK, IZF en WL zijn de volgende uitgangspunten gedefinieerd:

- 1 Bij het bepalen en toetsen van kritische condities zal worden uitgegaan van de variabelen windrichting, windkracht, waterstand, vaarweggeometrie, verkeerssituatie en zicht.
- 2 Het onderzoek zal betrekking hebben op lege afvarende duwstellen.
- 3 In het onderzoek zal zonodig geanticipeerd worden op door de Minister toegezegde maatregelen ter bevordering van de veiligheid van het scheepvaartverkeer op het traject Rotterdam-Duitsland (te denken valt aan de verbreding van de bocht bij Nijmegen).
- 4 Voor de beschrijving van het manoeuvreergedrag van de duwstellen zal gebruik worden gemaakt van door de DVK op te stellen wiskundige vergelijkingen (DVK, 1986.1). De vier- en zesbaksduwstellen zijn onder andere uitgerust met conventionele koproeren

en flankingroeren. De werking van deze roeren wordt in de wiskundige vergelijkingen, die het manoeuvreergedrag van de duwstelen beschrijven, betrokken.

1.2 Beheersbaarheid

We kunnen het doel van het onderzoek definiëren als het bepalen van de beheersbaarheid van zesbaksduwstelen in vergelijking met vierbaksduwstelen. De beheersbaarheid wordt opgevat als het vermogen van mens en schip een door de omgeving gestelde manoeuvreertaak uit te voeren. Hierbij wordt de omgeving beschouwd als een dynamisch samenspel van wind-, zicht- en waterstandcondities, vaarweggeometrie en verkeerssituaties.

Alvorens nader in te gaan op het begrip beheersbaarheid, worden eerst de begrippen manoeuvreereigenschappen en manoeuvreerbaarheid kort toegelicht. De *manoevreereigenschappen* worden opgevat als de inherent aan het vaartuig verbonden vermogens tot behoud of verandering van de scheepsbeweging (Mandel, 1967). De manoeuvreereigenschappen worden gekenmerkt door de responskarakteristieken van het schip als functie van een bepaald patroon van ingrepen (ingangssignalen). De *manoeuvreerbaarheid* wordt opgevat als het vermogen van mens en schip een bepaalde manoeuvre uit te voeren. *Deze manoeuvre is gebaseerd op de inherente manoeuvreereigenschappen*. De manoeuvreerbaarheid wordt gekenmerkt door de responsiekarakteristieken van het mens-gestuurde schip als functie van de manoeuvre. Manoeuvreerbaarheid (piloted controllability) wordt dus beschouwd ten opzichte van inherente manoeuvreereigenschappen (inherent controllability). Op basis van studies over stuurgedrag bij het uitvoeren van manoeuvres (Schuffel, 1986) is bekend dat naarmate de manoeuvre voor de mens minder mogelijkheden tot correcties van ingrepen biedt, de manoeuvreerbaarheid afneemt.

Bij *beheersbaarheid* wordt de uit te voeren manoeuvre niet afgeleid uit de inherente manoeuvreereigenschappen, maar wordt opgelegd door de omgeving in de vorm van de vaarweggeometrie, de aanwezigheid van ander scheepvaartverkeer en de wind, weer en watertoestand. Beheersbaarheid wordt dus opgevat als het vermogen van mens en schip een door de omgeving gestelde manoeuvreertaak uit te voeren. De beheersbaarheid wordt gekenmerkt door de marges die tussen schip en omgeving worden gehouden. Deze marges worden in dit onderzoek geoperationaliseerd als passeerafstanden. Analooq aan de manoeuvreerbaarheid geldt ook hier dat naarmate de omgeving (de vaarweg met verkeerssi-

tuaties en wind- en zichtcondities) voor de mens minder mogelijkheden biedt tot correcties van regelingrepen, de beheersbaarheid afneemt.

Een a priori vergelijking tussen de beheersbaarheid van lege vier- en zesbaksduwstellen leidt tot minstens drie verwachtingen.

Het grotere ruimtebeslag van een zesbaksduwstel zal bij onbeperkte vaarwegafmetingen geen verschillen in beheersbaarheid tussen vier- en zesbaksduwstellen opleveren. Bij toenemende beperking van de beschikbare ruimte op de vaarweg zal echter een zesbaksduwstel eerder dan een vierbaksduwstel tot afnemende beheersbaarheid leiden. De marges in termen van passeerafstand voor een zesbaksduwstel zullen eerder tot ontoelaatbare afstanden verminderen dan voor een vierbaksduwstel.

Ten tweede is te verwachten dat verschillen in bewegingsdynamica zullen leiden tot verschillen in beheersbaarheid. Het blijkt echter uit modelproeven (WL, 1986) dat hiervan bij lege vier- en zesbaksduwstellen nauwelijks sprake is.

Ten derde is het mogelijk dat de wijze waarop kapiteins anticiperen op de scheepsbeweging en de vaarweg verschillen opleveren tussen het sturen van vier- en zesbaksduwstellen. Verondersteld wordt dat bij het sturen geanticipeerd wordt (Schuffel, 1986) op een toekomstige fout tussen door de kapitein verwachte baan en gewenste baan. In verband met de hinder voor het overige verkeer zouden kapiteins bij zesbaksduwstellen grotere marges proberen aan te houden dan bij vierbaksduwstellen. Afnemende ruimte op de vaarweg zal bij zesbaksduwstellen derhalve eerder dan bij vierbaksduwstellen tot problemen leiden bij het *anticipatieproces*, hetgeen tot meer roeruitslagcorrecties zal leiden en dientengevolge tot grotere roerhoekstandaardafwijkingen (zie hierna).

In Fig. 1 is dit hypothetisch verband tussen passeerafstanden (marges) en afnemende ruimte op de vaarweg uitgezet. Bij veel ruimte zal de passeerafstand van beide typen duwstellen nagenoeg gelijk worden. Bij geringe ruimte zal een kleinste passeerafstand als functie van afnemende ruimte het eerst met zesbaksduwstellen worden bereikt. De beschikbare ruimte op de vaarweg wordt in dit onderzoek geoperationaliseerd als verkeerssituatie. Door de intensiteit van het scheepvaartverkeer te variëren en te combineren met passeermanoeuvres wordt een manoeuvreertaak met meer of minder ruimte opgelegd.

Een andere afhankelijke variabele die geschikt is voor het vaststellen van de manoeuvreerbaarheid en de beheersbaarheid van schepen is de standaardafwijking van de roerhoek. Deze maat reflecteert correcties op een gemiddelde roerhoek en daarmee de onzekerheden van de keuze van die roerhoek.

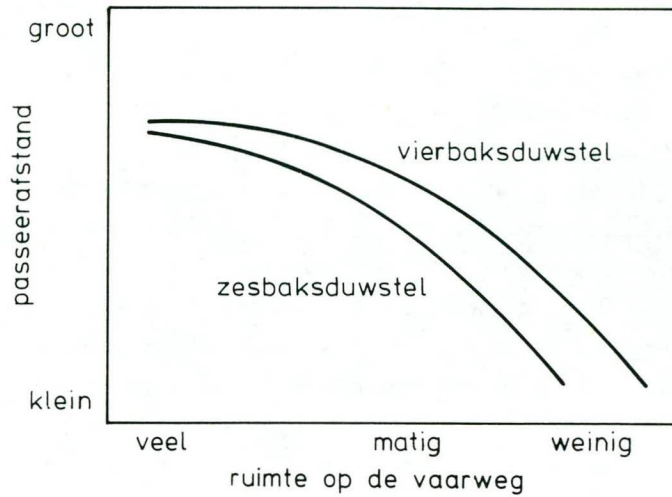


Fig. 1 Hypothetisch verband tussen passeerafstanden en ruimte op de vaarweg voor vier- en zesbaksduwstellen.

Naarmate de manoeuvreertaak minder mogelijkheden biedt voor het corrigeren van stuurfouten neemt de standaardafwijking van de roerhoek toe (Schuffel, 1986). Uit onderzoek (Schuffel, 1986), evaluatie van simulatorproeven (Gates en Herbich, 1978) en uit praktijkmetingen (DVK, 1986.2) blijkt dat voor de standaardafwijking van de roerhoek getallen zijn aan te geven die een goede indicatie voor de mate waarin per manoeuvreertaak een beroep op de manoeuvreereigenschappen wordt gedaan.

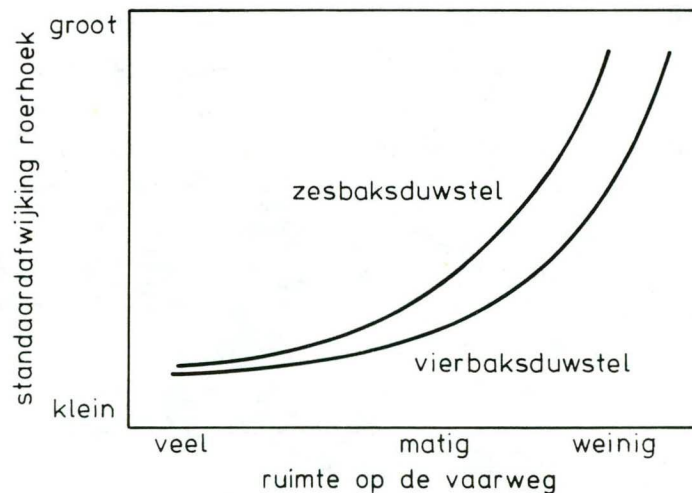


Fig. 2 Hypothetisch verband tussen standaardafwijkingen van de roerhoek en beschikbare ruimte op de vaarweg.

In analogie met de eerdere redenering voor verschillen in passeerafstanden wordt verwacht dat de standaardafwijking van de roerhoek toeneemt als functie van afnemende ruimte op de vaarweg en wel voor zesbaksduwstellen in progressieve zin (zie Fig. 2).

1.3 Mentale belasting

Bij het varen onder kritische condities is het denkbaar dat de manoeuvreertaak en de communicatie zoveel aandacht vergen dat deze taken niet meer naar behoren kunnen worden uitgevoerd. We spreken dan van mentale overbelasting.

Voor de huidige vraagstelling lijkt het meten van de aandachtscapaciteit relevant omdat de te onderzoeken condities vooral van elkaar verschillen voor wat betreft verkeersintensiteit. Naarmate de omgeving minder mogelijkheden tot correcties van stuurfouten biedt, wordt de taakuitvoering kritischer en zal daarom meer aandacht vergen.

Omdat de totale beschikbare aandachtscapaciteit van mensen beperkt is, kan de mate waarin de manoeuvreertaak mentaal belastend is, worden vertaald in de hoeveelheid aandacht die de manoeuvreertaak vergt. Dit kan worden gemeten met een gestandaardiseerde neventaak. Daartoe wordt de prestatie op de neventaak eerst afzonderlijk bepaald (controleconditie) vervolgens wordt de neventaak aangeboden tijdens het manoeuvreren (manoeuvreertaak). Omdat de neventaak zo is geconstrueerd dat voortdurend wat meer aandacht nodig dan beschikbaar is treedt altijd een geringe fout op. Bij gelijktijdig uitvoeren van manoeuvreer- en neventaak is de prestatiereductie (foutentoeename) in de neventaak, ten opzichte van een controleconditie, een indicatie voor de mate waarin de manoeuvreertaak aandacht vergt.

Hierbij moet worden opgemerkt dat niet op voorhand kan worden uitgesloten dat er interferentie tussen de manoeuvreertaak en de neventaak optreedt. Dit betekent dat bij het gezamenlijk uitvoeren van de manoeuvreer- en neventaak de prestatie op beide taken kan teruglopen. Dit probleem doet zich vooral voor als er ofwel geen duidelijke prioriteitsvolgorde bestaat tussen beide taken, ofwel de mentale belasting van de manoeuvreertaak zo hoog is dat elke poging om ook de neventaak uit te voeren consequenties heeft voor de prestatie op de manoeuvreertaak (zie ook Jorna, 1981, 1982; Boer e.a., 1985, 1986).

De verwachting is dat kapiteins bij het manoeuvreren met zesbaksduwstellen meer aandacht aan de manoeuvreertaak zullen dienen te besteden naarmate de omgeving minder mogelijkheden tot correcties van

stuurfouten biedt. Onzekerheden bij het anticiperen op de gewenste baan en de benodigde marges ten opzichte van schepen en oevers leiden bij zesbaksduwstellen, meer dan bij vierbaksduwstellen onder overigens gelijke omstandigheden, ertoe dat het anticipatieproces aandacht vereist. Dit zal in een hoger percentage fouten in de neventaak tot uiting komen. Dit effect zal sterker zijn in situaties met meer verkeer. Foutenpercentages van meer dan 25% worden als onacceptabel beschouwd.

1.4 Kritische, relevante condities

Bij de opzet van de experimenten is ernaar gestreefd de manoeuvreertaak als functie van de volgende factoren te variëren.

Vaarweggeometrie	: situaties vergelijkbaar met de bochten in de Waal bij Hulhuizen en bij Erlecom (bocht naar links en rechts)
Windkracht	: Bf 5 en Bf 7
Windrichting	: Zuidwest
Schepen	: een leeg vierbaksduwstel in twee-bij-twee formatie, een leeg zesbaksduwstel in brede twee-bij-drie formatie
Vaarrichting	: stroomafwaarts
Waterstand	: 10,00 en 8,75 m bij Lobith
Afvoer	: bij 10,00 m $2200 \text{ m}^3/\text{s}$ bij 8,75 m $1500 \text{ m}^3/\text{s}$
Zicht	: redelijk en beperkt
Verkeerssituatie	: scheepvaartverkeer met lage, matige en hoge intensiteit

Niet alle combinaties van factoren leveren kritische, relevante condities op. Om het aantal te onderzoeken condities te beperken, werd aan zes ervaren duwbootkapiteins gevraagd 60 relevante condities te beoordelen. Hiertoe werd een plattegrond van een bocht op de rivier aangeboden waarbij de wind, de stroom, het zicht, de waterstand en de verkeerssituatie gedefinieerd waren. Aan de kapiteins werd gevraagd op een vijfpuntsschaal aan te geven in welke mate de ontmoeting met andere schepen onder de gegeven extreme omstandigheden aanvaardbaar was.

Uit de resultaten (zie Bijlage 3) bleek dat de kapiteins vrijwel uitsluitend de variabele verkeerssituatie bepalend achtten voor de aanvaardbaarheid van de conditie. De meningen van schippers kwamen hier nagenoeg mee overeen (notitie DVK, 1986.3).

Voorts werd door de medewerkers van de instituten op fysische gronden het belang van wind, waterstand en zicht en vaarweggeometrie naar voren gebracht. Na afweging werden de factoren verkeerssituatie, windkracht Bf 5 en Bf 7, matig en slecht zicht, hoog en laag water en de twee vaarweggeometrieën voor onderzoek gekozen. In een pilot-experiment werden deze combinaties getoetst met twee duwvaartkapiteins. Daaruit bleek dat enkele situaties voor een vierbaksduwstel zodanig kritisch waren dat aanvaringen konden ontstaan. De genoemde condities zijn derhalve in de hierna te beschrijven experimenten als kritische, relevante condities gebruikt (zie § 2.7).

1.5 Mogelijkheden en beperkingen van het onderzoek

De studie wordt met behulp van een simulator verricht omdat, in tegenstelling tot proeven in de werkelijkheid, de invloedsfactoren beter gecontroleerd kunnen worden en uiteraard ook onveilige situaties onderzocht kunnen worden. De beperkingen van het gebruik van een simulator betreffen onder andere de validiteit. Voor de IZF simulator werd de validiteit eerder onderzocht (Truijens en Schuffel, 1978). De validiteit voor het huidige onderzoek wordt bevestigd omdat uit de vergelijking van vaarbanen verkregen uit simulatie en ware-grootte proeven betreffende vier- en zesbaksduwstellen een nauwkeurige overeenkomst blijkt (Eindverslag Knikstelsel, 1985). Daarbij wordt opgemerkt dat de radar in deze experimenten een grotere verversingstijd heeft dan een werkelijke radar en daardoor mogelijk een grotere onnauwkeurigheid van manoeuvres kan veroorzaken.

Voorts wordt erop gewezen dat het bij deze studie primair gaat over *verschillen in beheersbaarheid*. Hiermee wordt voldaan aan het beleidsvoornemen van de Minister zoals verwoord is in haar brief van 28 april 1986 aan de voorzitter van de Tweede Kamer. Daarin wordt gesteld dat invoering van de zesbaksduwvaart geen afbreuk mag doen aan het huidige veiligheidsniveau en niet mag leiden tot een noemenswaardige toename van de hinder voor de overige vaart. De vaart met vierbaksduwstellen wordt daarmee tot norm verheven en passeerafstanden en standaardafwijkingen van de roerhoek van zesbaksduwstellen kunnen dus getoetst worden aan die van vierbaksduwstellen.

Tabel 1 Indicaties over veilige afstanden in meters op de Waal tussen schepen onderling en schepen met oevers volgens de zogenaamde strokentheorie (RWS S85.116).

Object/Schip	Afvarend leeg vierbaksduwstel	Afvarend leeg zesbaksduwstel
Boei (binnenbocht)	10	12
Krib (buitenbocht)	20	24
Opvarend duwstel (geladen)	20	24
Opvarend 80 m schip (geladen)	10	12
Afvarend 80 m schip (geladen)	25	30

Weliswaar bezit de RWS indicaties over veilige en onveilige passeerafstanden van vier- en zesbaksduwstellen (zie Tabel 1), maar opvattingen daarover lopen uiteen. Uitspraken over beheersbaarheid van zesbaksduwstellen worden in dit onderzoek derhalve gebaseerd op het huidige veiligheidsniveau met behulp van passeerafstanden en standaardafwijkingen van de roerhoek van vierbaksduwstellen.

Over waarden van de standaardafwijking van de roerhoek als indicatie van de uitvoerbaarheid van een manoeuvre bestaat wat meer inzicht.

Volgens interviews en simulatorexperimenten (Gates en Herbach, 1978; Schuffel, 1986) worden manoeuvres met standaardafwijkingen van de roerhoek kleiner dan 10° als normaal opgevat. Standaardafwijkingen tussen 10° en 20° betreffen noodmanoeuvres en manoeuvres met standaardafwijkingen groter dan 20° worden als extreem gekenmerkt. Deze gegevens betreffen zeegaande schepen, maar gegevens uit de binnenvaart komen hier goed mee overeen. Uit metingen aan zesbaksduwstellen in de bocht bij Hulhuizen (DVK, 1986.2) blijkt de standaardafwijking van de roerhoek gemiddeld 8° te bedragen met een bereik van 4 tot 15° . De gemiddelde roeruitslag bedraagt 11° . Uit 34 metingen in de bocht van de Oude Maas bij het Hartelkanaal blijkt de standaardafwijking van de roerhoek 10° .

Op basis van deze gegevens worden voor dit onderzoek manoeuvres met standaardafwijkingen van de roerhoek tot 10° als normaal, tussen 10° en 20° als kritisch en groter dan 20° als extreem gekenmerkt.

Ter illustratie is in Fig. 3 een foto van een zesbaksduwstel opgenomen.

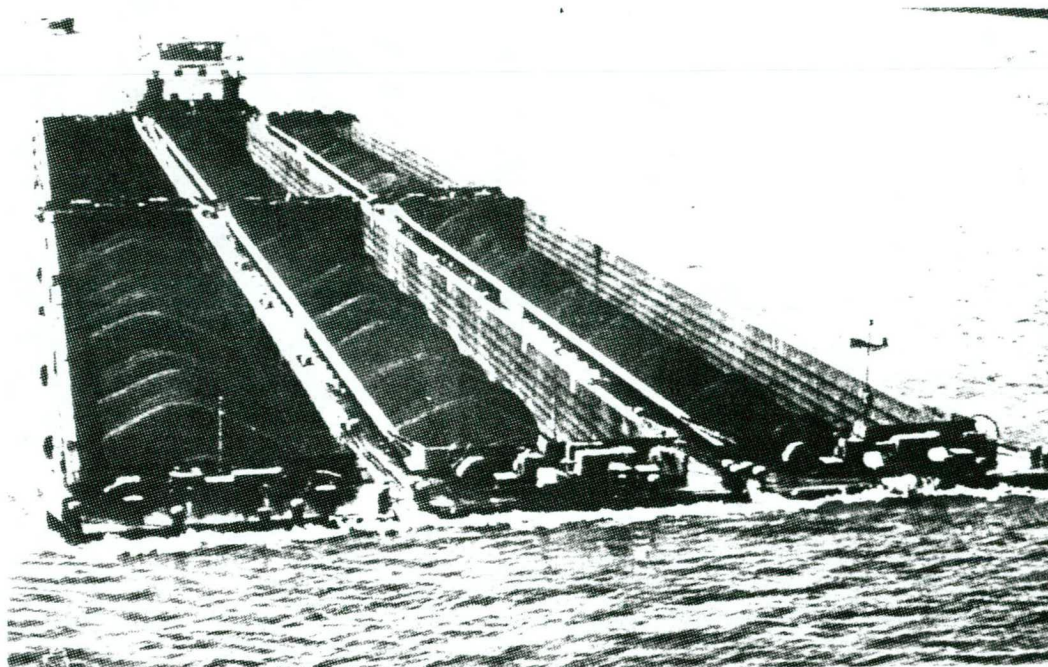


Fig. 3 Foto van een geladen zesbaksduwstel in brede formatie.

2 METHODE

2.1 Proefpersonen

Aan het experiment namen 24 duwvaartkapiteins deel. Tien kapiteins waren afkomstig van de Rederij Veerhaven, zeven van de Rederij Europese Waterweg Transporten, vier van de Rederij CFNR en drie van de Rederij Mannesman. Alle kapiteins waren in actieve dienst. Zij werden door het Centraal Bureau voor de Rijn- en Binnenvaart uitgenodigd voor deelname. De proefpersonen hadden geen voorkeur voor vier- of zesbaksduwvaart.

2.2 Manoeuvreertaak

De proefpersonen stuurden een leeg vier- of zesbaksduwstel stroomafwaarts. Het duwstel kon met een maximale snelheid van ongeveer 22 km/h varen ten opzichte van de grond. Er waren zeven condities, zes met verkeer en één zonder. Hierbij nam de verkeersintensiteit toe in de linkerbocht van A via B naar C en in de rechterbocht van B via C naar D (zie Fig. 4). De afmetingen van schepen en vaarweg worden in Bijlage 1 verstrekt. De proefpersonen maakten vaarten in deze condities volgens diverse proefopzetten. Elke vaart duurde ongeveer 10 minuten. In die periode werd een rivierbocht afgelegd.

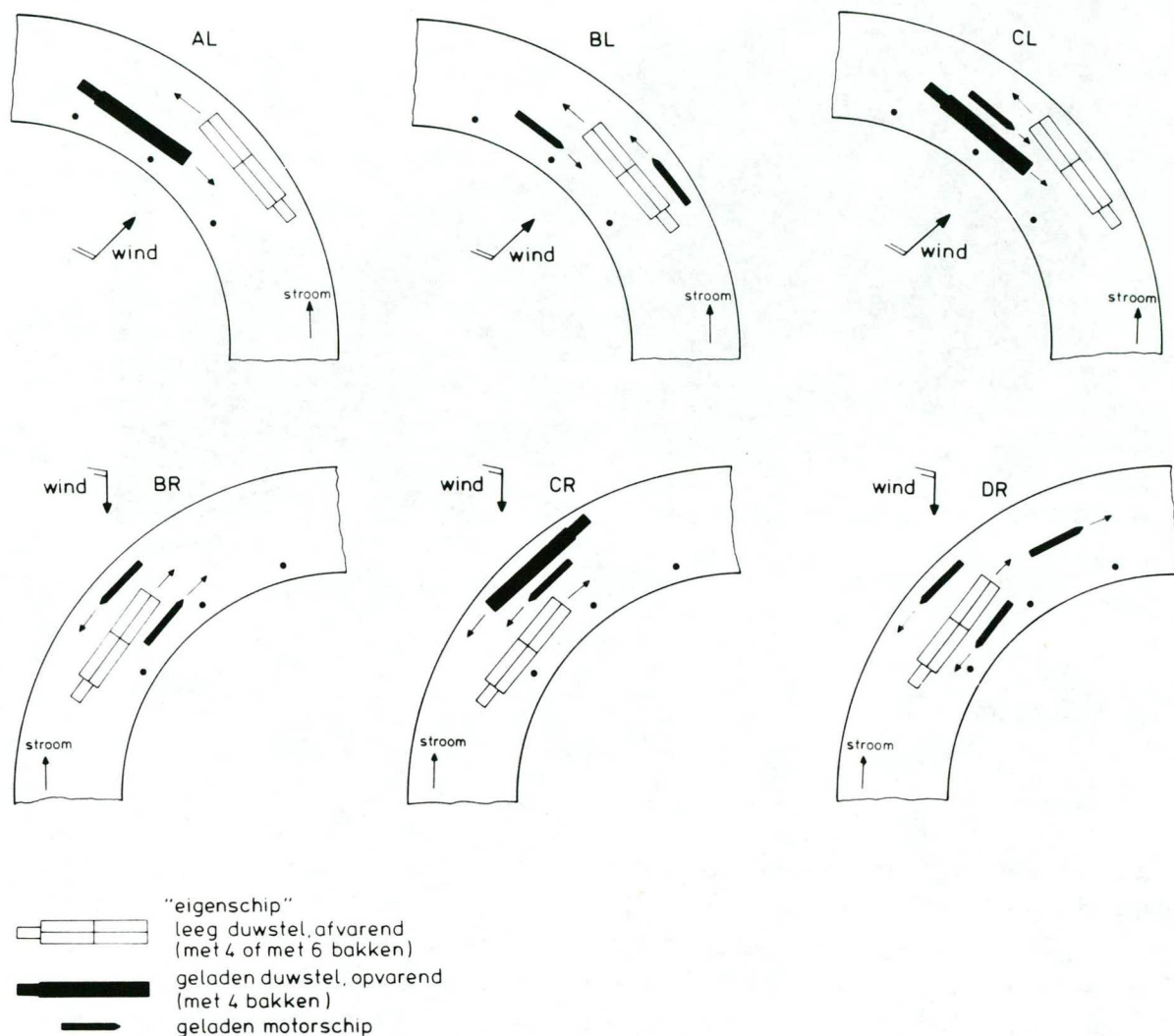


Fig. 4 De zes kritische, relevante condities. Drie verkeerssituaties kwamen in de linkerbocht voor (AL, BL, CL) en drie in de rechterbocht (BR, CR, DR). Een zevende conditie (OL) werd gevormd door de linkerbocht zonder overig verkeer.

De vaarweg, inclusief de mee- en tegenliggers, was zichtbaar door de ramen van de brugmock-up op een projectiescherm en op een gesimuleerd radarbeeld.

2.3 Neventaak

In deze studie is de op het IZF ontwikkelde continue geheugentaak (CGT) als neventaak gehanteerd voor het bepalen van de reserve aandachtscapaciteit gedurende het manoeuvreren. Deze taak kan als volgt

worden gekarakteriseerd (zie ook Jorna, 1981, 1982). De proefpersoon kreeg drie letters (doelletters) aangeboden die moesten worden onthouden. Hierna werden door een hoofdtelefoon willekeurige letters aangeboden met een gemiddeld interval van 2750 ms. De proefpersoon moest hierbij beslissen of een letter tot de onthouden set behoorde. Alleen indien dit het geval was diende een responsknop die de proefpersoon in de linkerhand hield te worden ingedrukt. Behalve het detecteren van doelletters kreeg de proefpersoon ook opdracht te tellen hoe vaak elk van de doelletters werd aangeboden. Hiertoe moest, uit het hoofd, een tellerstand (drie getallen) worden bijgehouden. Telkens wanneer een doelletter werd gedetecteerd moest één van de getallen worden opgehoogd. Teneinde de actuele tellerstand in het geheugen te houden moest de proefpersoon deze voortdurend voor zichzelf blijven herhalen. Na afloop van de taak gaf de proefpersoon de uiteindelijke tellerstand door via de intercom.

De aan te bieden letters waren ingesproken op een band. De volgorde waarin de letters (doelletters/andere letters) werden aangeboden was willekeurig. Elke CGT bevatte 144 letters. Het aantal doelletters van de CGT's varieerde van 23 tot 31. De waarschijnlijkheid van voorkomen van de drie doelletters verschilde en elke taak had een andere doelletterset.

De CGT werd in de conditie zonder tegenverkeer met windkracht Bf 5 en in de conditie CL met windkracht Bf 5 en Bf 7 aangeboden (zie Fig. 4). Gedurende deze condities was de CGT de enige neventaak.

2.4 Instrumentatie

De stuurhuisinrichting benaderde de werkelijkheid zo goed mogelijk (zie Fig. 5). Een proefpersoon zat in het midden van de brug van het stuurhuis aan het frontschot en had de beschikking over hoofdroeren (een hendel), flankingroeren (3 hendels), boegroeren (2 hendels) en schroeftoerentallen (3 hendels).

Voorts waren er meters voor het uitlezen van de stand van de hoofdroeren (één meter), van de flankingroeren (drie meters), de boegroeren (één meter) en de toerentallen (drie meters). Ook was er een bochtaanwijzer en een windsterkte- en een windrichtingmeter. De radar stond koers boven, bereik 1,8 km, het eigen schip 60% uit het midden. De beeldverversingsperiode bedroeg 4 s.

De vaarweg werd door middel van bakens, kribben en tonnen aangegeven en had een bevaarbare breedte van minimaal 150 m (zie Fig. 6).

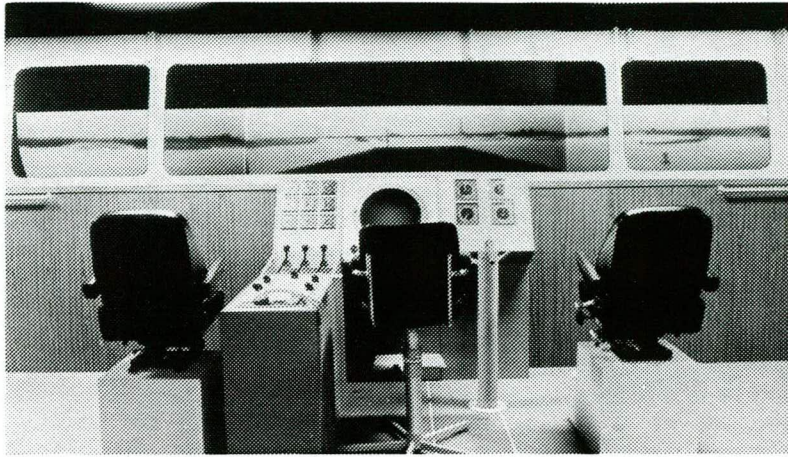


Fig. 5 Aanzicht van de stuurconsole aan het frontschot van de mock-up van het stuurhuis. In het midden is de plaats van de proefpersoon. Rechts van hem bevindt zich de hendel om de hoofdroeren te bedienen. Links zijn de hendels voor het instellen van het toerental, de flanking- en boegroeren te zien.

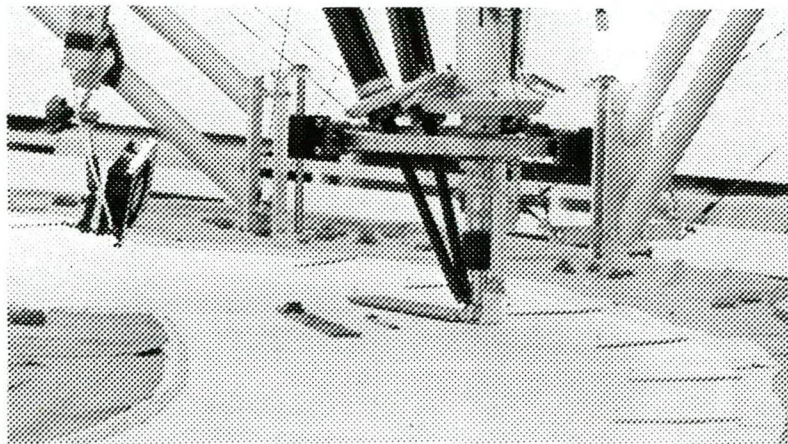


Fig. 6 Maquette van de linker rivierbocht waarin zich een geladen vierbaksduwstel en een geladen 80 m schip als tegemoetkomend verkeer bevinden. Het TV-opname systeem van de simulator met het lege afvarend zesbaksduwstel wordt door de proefpersoon bestuurd.

De manoeuvreersimulator van het IZF is elders uitvoerig beschreven (Lazet en Schuffel, 1978). De simulator bevat de volgende elementen (zie Fig. 7):

- maquette met een linker en een rechter rivierbocht (schaal 1:250) (zie Fig. 6)

- brugmock-up met een inrichting die zoveel mogelijk op de werkelijkheid lijkt (zie Fig. 5)
- computers ten behoeve van de berekening van de bewegingsvergelijkingen van het beschouwde duwstel
- een TV-opname- en projectiesysteem bestaande uit drie camera's voor opname en drie projectoren voor weergave op drie schermen van 6,5 m breed en 4,5 m hoog op een afstand van 9,00 m van de waarnemer.

In Fig. 6 is het TV-opnamesysteem te zien. De tegenliggers worden door middel van magneten aan kabels onder het oppervlak bewogen.

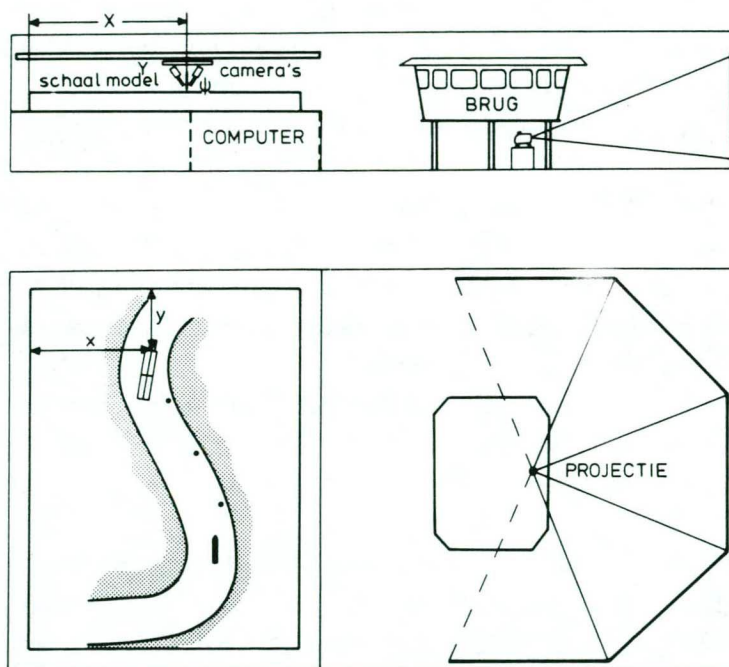


Fig. 7 In een dwarsdoorsnede en een bovenaanzicht van de simulator zijn schematisch de vier belangrijkste elementen weergegeven:

- het opname- en weergavesysteem
- de brugmock-up
- de computer
- de maquette.

2.5 Training en instructie

De proefpersonen werden per brief op de hoogte gesteld van de doelstelling van het onderzoek. Aan het begin van een dag werd gedurende een uur geoefend in het varen op de simulator. Daarbij werd de werking van de middelen en het gedrag van het vaartuig toegelicht. De

proefpersonen werden afzonderlijk geïnstrueerd over het meten van de mentale belasting.

De proefpersonen werd gevraagd te varen zoals ze in de praktijk gewend waren en zo min mogelijk vaart terug te nemen.

2.6 Afhankelijke variabelen en analyse

Beheersbaarheid

De volgende variabelen werden gemeten:

Minimale passeerafstand in meters aan stuurboordzijde (SB) tussen het lege duwstel en andere schepen of boeien ter indicatie van de mate waarin de kapitein erin slaagt vrij te blijven van andere schepen of objecten.

Minimale passeerafstand in meters aan bakboordzijde (BB) van het lege duwstel.

Kleinste passeerafstand in meters aan stuur- of bakboordzijde (KP).

Standaardafwijking van de hoofdroerhoek in graden (SAHR), gemiddeld over een trajectlengte van 400 m voor de ontmoeting tot 200 m erna ter indicatie van de mate waarin een beroep op de maximaal beschikbare manoeuvreercapaciteit wordt gedaan.

Standaardafwijking van de koproerhoek in graden (SAKR), en op dezelfde wijze als de SAHR berekend.

Mentale belasting

Van iedere doelletter is de afwijking van gerapporteerd versus aangeboden aantal bepaald en vervolgens is de optelling van absolute afwijkingen als percentage van het totaal aangeboden doelletters berekend (CGT).

Analyse

De afhankelijke variabelen van de manoeuvreertaak zijn aan een variantie-analyse (VARAN) onderworpen, voorzover aan de voorwaarden van deze analyse werd voldaan. Voor het overige werden non-parametrische toetsen toegepast.

2.7 Proefopzetten

De invloed van de factoren verkeerssituatie, windkracht, waterstand en beperkt zicht op de beheersbaarheid werden in een aantal proefopzetten als functie van type duwstel bepaald in termen van passeerafstand en standaardafwijking van de roerhoek. Daarnaast werd als

3 RESULTATEN

3.1 Verkeerssituatie

Proefopzet

De invloed van verkeerssituatie (AL, BL, CL, BR, CR, DR, OL) en duwstel (vier-, zesbaks) op de passeerafstanden en standaardafwijkingen van de roerhoek werd in deze proefopzet bepaald bij laag water, redelijk zicht en zuidwestenwind (Bf 5). De variabelen duwstel (2 niveaus) en verkeerssituaties (7 niveaus) werden binnen proefpersonen (12 niveaus) gevarieerd.

Procedure

De proefpersonen waren twee dagen aanwezig en startten om 09.15 uur een oefenvaart van ongeveer een half uur. Daarna voer een proefpersoon telkens drie vaarten achtereen, terwijl de andere de neventaak (controleconditie) uitvoerde (zie § 3.5).

Vervolgens werden steeds door een proefpersoon gedurende een half uur twee vaarten gemaakt. Na de lunch werd dit programma voortgezet tot 17.30 uur. Elke vaart duurde ongeveer 10 minuten. Per dag werden in totaal 24 vaarten gemaakt. De volgorde der vaarten werd zoveel mogelijk gebalanceerd om volgorde-effecten uit te sluiten (zie Bijlage 4).

Een vaart werd bij een aanvaringgestopt.

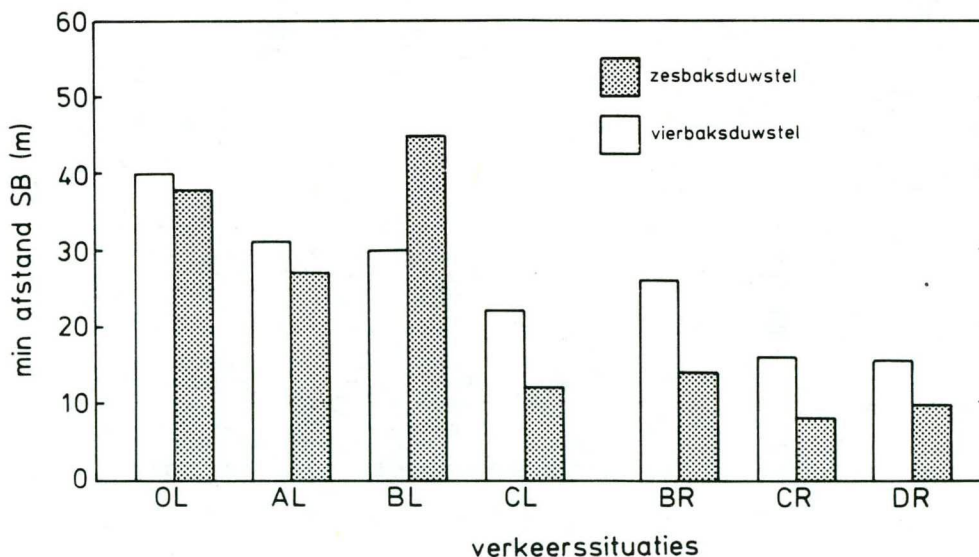


Fig. 8 De minimale passeerafstand aan stuurboord als functie van duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen bij zicht, laag water en zuidwestenwind (Bf 5).

Resultaten van de proefopzet

Minimale passeerafstand aan stuurboord (SB)

In Fig. 8 zijn de minimale passeerafstanden aan stuurboord als functie van duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen, weergegeven. Deze gemiddelden zijn getoetst op verschillen door middel van een variantie-analyse. Een samenvatting van deze analyse staat in Tabel 3.

Tabel 3 Samenvatting van een VARAN over SB.

Bron	F	df	p
Duwstellen (D)	19,9	1,11	« ,01
Conditie (C)	34,1	6,66	« ,01
Proefpersonen (PPN)	4,9	11,62	« ,01
D x C	12,6	6,62	« ,01
D x PPN	1,1	11,62	n.s.
C x PPN	2,1	66,62	« ,01

Uit Fig. 8 blijkt dat de passeerafstand afneemt naarmate de verkeersintensiteit toeneemt. Dit geldt in zowel de linker- als de rechterbocht. Deze resultaten komen met de verwachting overeen. De passeerafstand bedraagt, gemiddeld over alle condities, bij vierbaksduwstellen 26 m en bij zesbaksduwstellen 22 m. Verschillen tussen duwstellen per verkeerssituatie zijn alleen statistisch betekenisvol voor de situaties BL, CL, BR en CR (zie ook Bijlage 2). In de linkerbocht nemen de verschillen toe als functie van de situatie met uitzondering van de situatie BL. Hier treedt een onverwacht grote passeerafstand met het zesbaksduwstel op. Dit verschil is vermoedelijk terug te voeren op een actievere uitwijkmanoeuvre met het zesbaksduwstel (zie Bijlage 2). Men loopt op grote afstand van het ontmoetingspunt snel op, of wacht met de oploopmanoeuvre tot na de ontmoeting door in zeer geringe mate snelheid terug te nemen. In de rechterbocht nemen de verschillen tussen de situaties CR en DR ten opzichte van BR niet toe. Vermoedelijk zijn in C en D de marges zo klein dat verschillen nauwelijks kunnen ontstaan. Op basis van de indicaties van de RWS (zie blz. 14) zijn de passeerafstanden in de situaties OL, AL en BL voor beide duwstellen veilig. De situaties CL, BR en CR geven voor vierbaksduwstellen veilige en voor zesbaksduwstellen onveilige situaties te zien. De passeerafstanden zijn in de situatie DR voor beide duwstellen onveilig.

Minimale passeerafstand aan bakboord (BB)

In Fig. 9 zijn de minimale passeerafstanden aan bakboord als functie van duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen weergegeven.

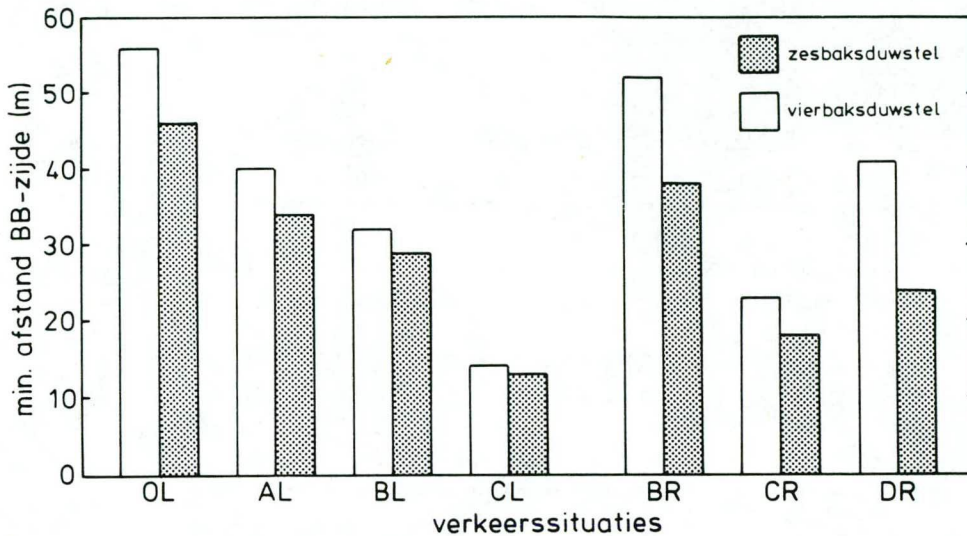


Fig. 9 De minimale passeerafstand aan bakboord als functie van duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen bij zicht, laag water en zuidwestenwind (Bf 5).

Deze gemiddelden zijn getoetst op verschillen met behulp van een VARAN (zie Tabel 4).

Tabel 4 Samenvatting van een VARAN over BB.

Bron	F	df	p
Duwstellen (D)	40,0	1,11	« ,01
Conditie (C)	32,5	6,66	« ,01
Proefpersonen (PPN)	1,9	11,64	< ,01
D x C	5,2	6,64	« ,01
D x PPN	1,9	11,64	,05
C x PPN	6,1	66,64	« ,01

Uit Fig. 9 blijkt dat de passeerafstand afneemt naarmate de verkeersintensiteit toeneemt. Dit geldt in de linkerbocht en ten dele in de rechterbocht. Deze resultaten komen nagenoeg met de verwachtingen overeen. De passeerafstand bedraagt, gemiddeld over alle condities,

bij vierbaksduwstellen 37 m en bij zesbaksduwstellen 28 m (zie ook Tabel 4). Verschillen tussen duwstellen per verkeerssituatie zijn alleen statistisch betekenisvol voor de situaties OL, BR, CR en DR (zie Bijlage 2). Op basis van de indicaties van de RWS (zie blz. 14) kunnen deze passeerafstanden veilig genoemd worden.

Standaardafwijking van de hoofdruerhoek (SAHR)

In Fig. 10 is de standaardafwijking van de hoofdruerhoek als functie van duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen, weergegeven.

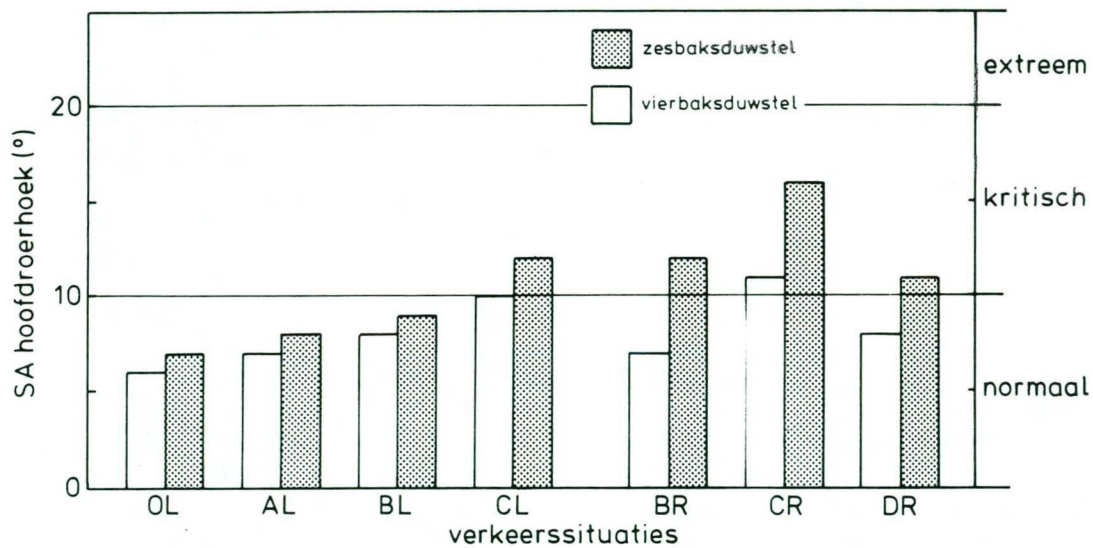


Fig. 10 De standaardafwijking van de hoofdruerhoek als functie van duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen bij zicht, laag water en zuidwestenwind (Bf 5).

Deze gemiddelden zijn getoetst op verschillen met behulp van een VARAN (zie Tabel 5).

Tabel 5 Samenvatting van een VARAN over SAHR.

Bron	F	df	p
Duwstellen (D)	50,8	1,11	« ,01
Conditie (C)	15,7	6,11	« ,01
Proefpersonen (PPN)	22,0	11,64	« ,01
D x C	3,4	6,64	« ,01
D x PPN	0,9	11,64	n.s.
C x PPN	1,3	66,64	n.s.

Uit Fig. 10 blijkt dat de standaardafwijking volgens de verwachting toeneemt met toenemende verkeersintensiteit op de vaarweg. Verschillen tussen duwstellen per situatie zijn alleen statistisch betekenisvol in de situaties BR, CR en DR. Op basis van de eerder genoemde gegevens (zie blz. 14) dienen deze situaties als kritisch te worden aangemerkt voor zesbaksduwstellen. Er wordt een groter beroep gedaan op de maximaal beschikbare manoeuvreercapaciteit dan bij vierbaksduwstellen.

Standaardafwijking van de koproerhoek (SAKR)

In Fig. 11 is de standaardafwijking van de koproerhoek als functie van duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen, weergegeven.

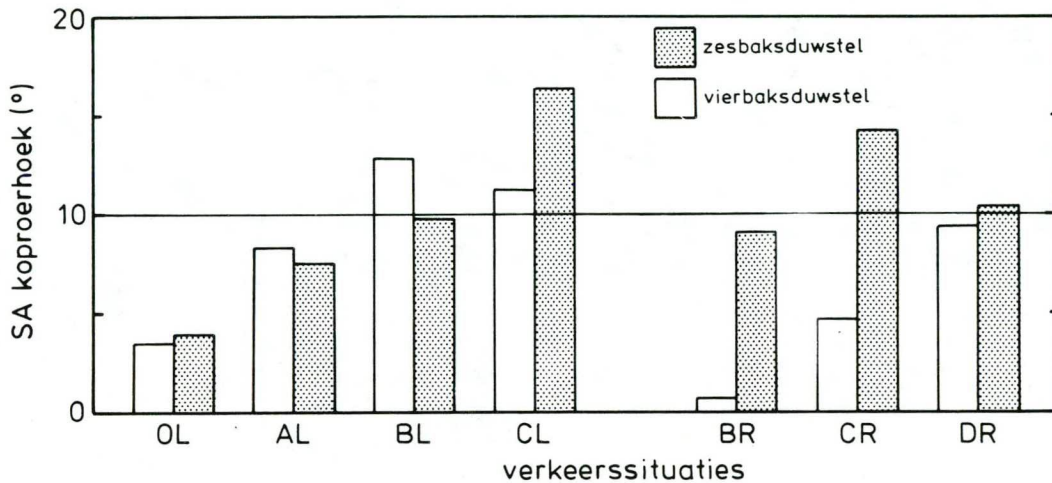


Fig. 11 De standaardafwijking van de koproerhoek als functie van duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen, bij zicht, laag water en zuidwestenwind (Bf 5).

Deze gemiddelden zijn getoetst op verschillen met behulp van een VARAN (zie Tabel 6).

Tabel 6 Samenvatting van een VARAN over SAKR.

Bron	F	df	p
Duwstellen (D)	7,6	1,11	< ,05
Conditie (C)	4,2	6,66	« ,01
Proefpersonen (PPN)	1,5	11,64	n.s.
D x C	5,3	6,64	« ,01

Uit Fig. 11 blijkt dat de standaardafwijking volgens de verwachting toeneemt met toenemende verkeersintensiteit. Verschillen tussen duwstellen per situatie zijn alleen statistisch betekenisvol in de situaties CL, BR en CR. Voor de beoordeling van deze koproeruitslagen zijn helaas geen normen beschikbaar. Uit een analyse over het gemiddelde van de standaardafwijking van hoofd- en koproer (zie Bijlage 2) blijkt dat in de situaties CL, BR, CR en DR deze gemiddelde standaardafwijking bij zesbakduwstellen groter is. Dit beeld komt overeen met de standaardafwijking van de hoofd-roerhoek.

3.2 Windkracht

Proefopzet

De invloed van windkracht (Bf 5, Bf 7), duwstel (vier-, zesbak) en verkeerssituatie (BL, CL, CR) op passeerafstanden en standaardafwijkingen van de roerhoek werd in deze proefopzet bepaald bij laag water en redelijk zicht. De variabelen verkeerssituatie (3 niveaus), duwstel (2 niveaus) en windkracht (2 niveaus) werden binnen proefpersonen (12 niveaus) gevarieerd.

Procedure

De proefpersonen waren twee dagen aanwezig en startten om 09.15 uur met een oefening van elk ca. een half uur. Daarna maakte één proefpersoon achter elkaar drie vaarten van in totaal drie kwartier, terwijl de andere proefpersoon pauzeerde. Per drie kwartier werden vaarten voor deze proefopzet en de proefopzetten waterstand (§ 3.3) en beperkt zicht (§ 3.4) afgewisseld.

Na de lunch werd dit programma voortgezet tot 17.30 uur. Per dag werden in totaal 24 vaarten gemaakt. De volgorde van de vaarten werd zoveel mogelijk gebalanceerd (zie Bijlage 4).

Een vaart werd bij een aanvaring gestopt.

Resultaten van de proefopzet

Minimale passeerafstand aan stuurboord (SB)

In Fig. 12 zijn de minimale passeerafstanden aan stuurboord als functie van duwstel en verkeerssituatie weergegeven.

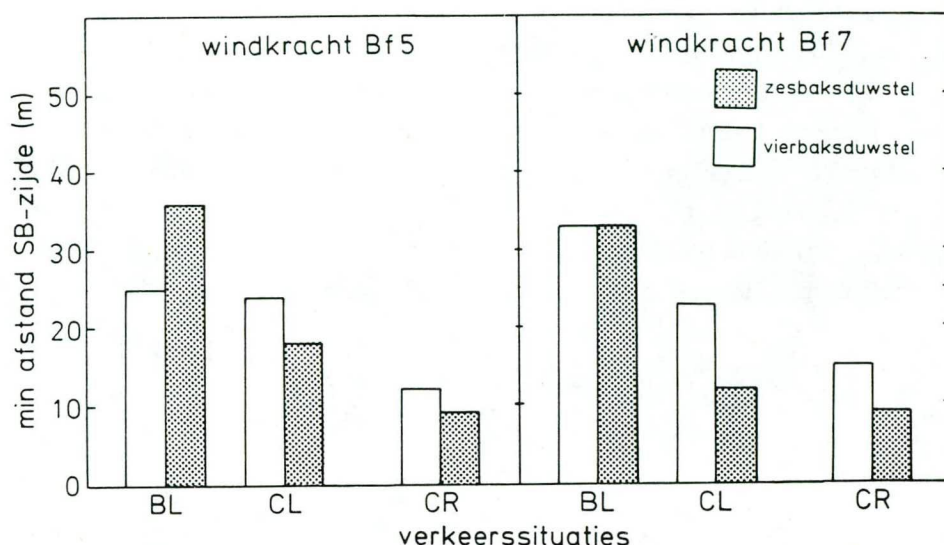


Fig. 12 De minimale passeerafstand aan stuurboord als functie van duwstels, windkracht en verkeerssituaties, gemiddeld over proefpersonen bij zicht, laag water en zuidwestenwind.

Deze gemiddelden zijn getoetst op verschillen door middel van een variantie-analyse. Een samenvatting staat in Tabel 7.

Tabel 7 Samenvatting van een VARAN over SB.

Bron	F	df	p
Windkracht (W)	0,0	1,11	n.s.
Duwstels (D)	2,9	1,11	n.s.
Conditie (C)	61,6	2,22	« ,01
Proefpersonen (PPN)			
W x D	12,2	1,11	« ,01
W x C	3,4	2,12	n.s.
D x C	8,8	2,22	< ,01
W x D x C	1,2	2,22	n.s.

Uit Fig. 12 blijkt dat de passeerafstand afneemt volgens de verwachting als functie van de verkeerssituaties BL en CL. De significante interactie van duwstels met windkracht blijkt toe te schrijven te zijn aan een verschil in passeerafstand tussen vier- en zesbaksduwstels bij windkracht Bf 7 en het ontbreken van zo'n verschil bij windkracht Bf 5. Gemiddeld over condities bedraagt de passeerafstand

bij Bf 7 voor zesbaksduwstellen 18 m en voor vierbaksduwstellen 24 m. Bij Bf 5 daarentegen bedraagt deze afstand gemiddeld 21 m. Windkracht Bf 7 benadrukt dus het breedteverschil dat inherent aan het verschil tussen beide typen duwstel is verbonden. Dit resultaat versterkt de bevinding uit proefopzet 1 dat passages met zesbaksduwstellen in de verkeerssituaties CL en CR onveilig zijn.

Minimale passeerafstand aan bakboord (BB)

In Fig. 13 zijn de minimale passeerafstanden aan bakboord als functie van windkracht, duwstel en verkeerssituatie weergegeven.

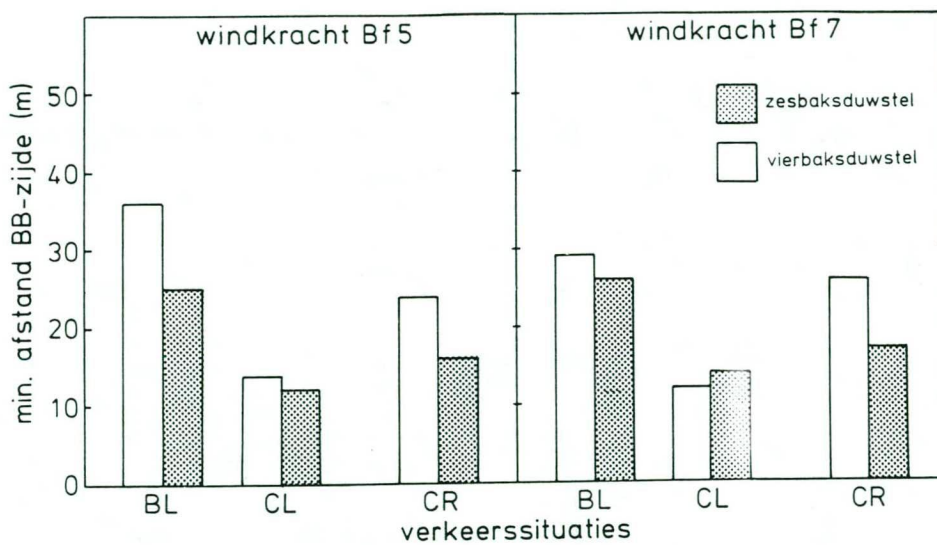


Fig. 13 De minimale passeerafstand aan bakboord als functie van windkracht, duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen bij zicht, laag water en zuidwestenwind.

Uit een variantie-analyse (zie Tabel 8) blijkt dat windkracht geen significant effect heeft op de bakboordspasseerafstand.

Tabel 8 Samenvatting van een VARAN over BB.

Bron	F	df	p
Windkracht (W)	0,1	1,11	n.s.
Duwstellen (D)	10,9	1,11	« ,01
Conditie (C)	26,2	2,22	« ,01
Proefpersonen (PPN)	4,2	11,22	< ,01
W x D	2,8	1,11	n.s.
W x C	2,4	2,22	n.s.
D x C	4,2	2,11	< ,05
W x D x C	1,3	2,22	n.s.

Standaardafwijking van de hoofdroerhoek (SAHR)

In Fig. 14 zijn de standaardafwijkingen van de roerhoek weergegeven als functie van windkracht, duwstel en verkeerssituatie.

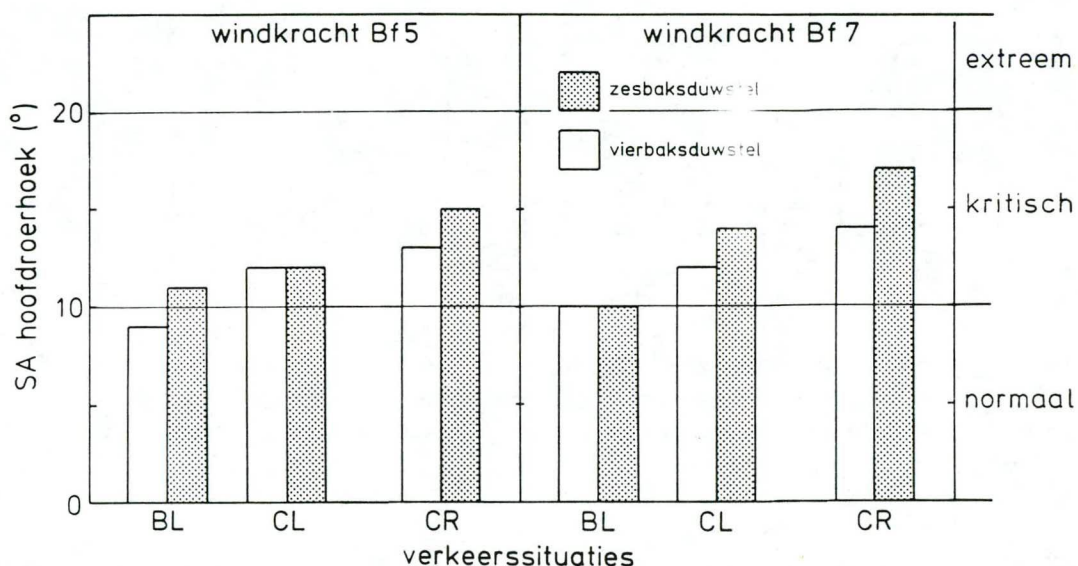


Fig. 14 De standaardafwijking van de hoofdroerhoek als functie van windkracht, duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen bij laag water en zicht.

Uit een variantie-analyse (zie Tabel 9) blijkt dat windkracht geen significant effect heeft op de standaardafwijking van de hoofdroerhoek. Wel wordt met het zesbaksduwstel een significant grotere standaardafwijking van de roerhoek bereikt dan met een vierbaksduwstel.

Tabel 9 Samenvatting van een VARAN over SAHR.

Bron	F	df	p
Windkracht (W)	1,8	1,11	n.s.
Duwstellen (D)	6,0	1,11	< ,05
Conditie (C)	14,0	2,22	« ,01
Proefpersonen (PPN)	33,2	11,22	« ,01
W x D	0,1	1,11	n.s.
W x C	0,1	2,22	n.s.
D x C	1,5	2,22	n.s.
W x D x C	1,6	2,22	n.s.

Standaardafwijking van de koproerhoek (SAKR)

In Fig. 15 zijn de standaardafwijkingen van de koproerhoek weergegeven als functie van windkracht, duwstel en verkeerssituatie (zie ook Tabel 10).

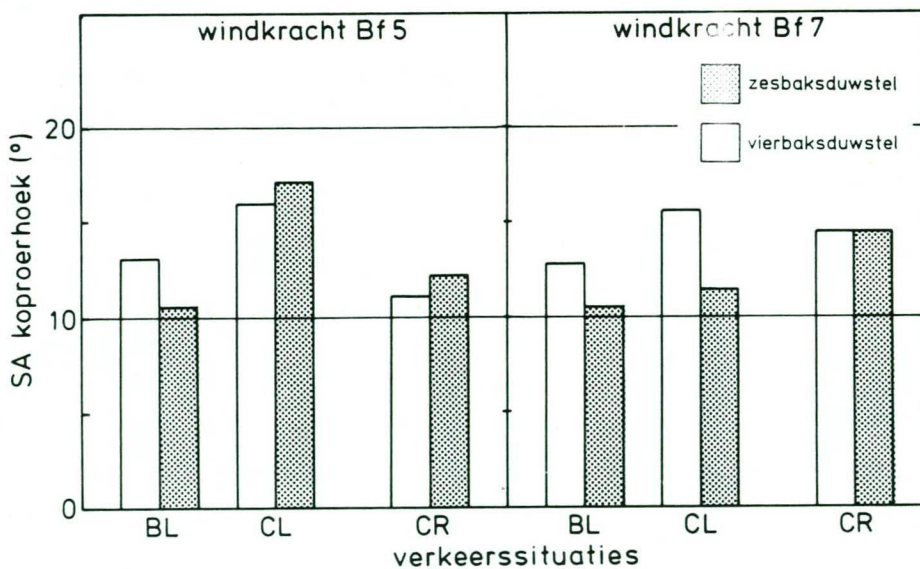


Fig. 15 De standaardafwijking van de koproerhoek als functie van windkracht, duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen bij laag water en zicht.

De figuur illustreert dat bij windkracht Bf 7 de standaardafwijking ten opzichte van windkracht Bf 5 in conditie CR toeneemt en in conditie CL afneemt.

Tabel 10 Samenvatting van een VARAN over SAKR.

Bron	F	df	p
Windkracht (W)	0,0	1,11	n.s.
Duwstellen (D)	1,8	1,11	n.s.
Conditie (C)	1,3	2,22	n.s.
Proefpersonen (PPN)	8,6	11,22	« ,01
W x D	0,5	1,11	n.s.
W x C	3,7	2,22	< ,05
D x C	0,7	2,22	n.s.
W x D x C	0,8	2,22	n.s.

3.3 Waterstand

Proefopzet

De invloed van waterstand (hoog, laag), duwstel (vier-, zesbak) en verkeerssituatie (BL, CL, CR) op passeerafstanden en standaardafwijkingen van de roerhoek werd in deze proefopzet experimenteel bepaald bij windkracht Bf 7 en redelijk zicht.

De variabelen waterstand (2 niveaus), duwstel (2 niveaus) en verkeerssituatie (3 niveaus) werden binnen proefpersonen (12 niveaus) gevarieerd.

Procedure

(Zie § 3.2)

Resultaten van de proefopzet

Minimale passeerafstand aan stuurboord (SB)

In Fig. 16 zijn de minimale passeerafstanden aan stuurboord als functie van waterstand, duwstel en verkeerssituatie weergegeven. De in de figuur getoonde gemiddelden zijn getoetst op verschillen met een variantie-analyse waarvan een samenvatting in Tabel 11 staat.

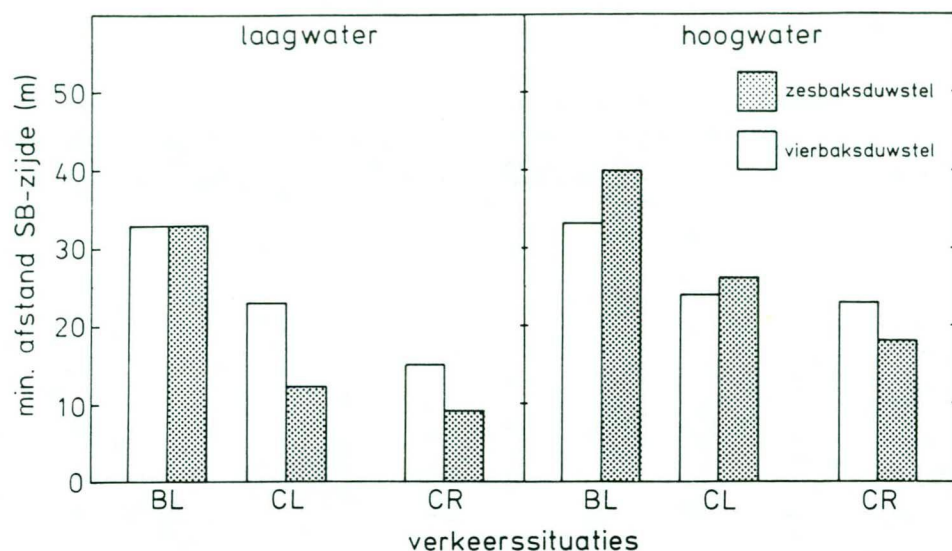


Fig. 16 De minimale passeerafstand aan stuurboord als functie van duwstel, waterstand en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen bij zicht en zuidwestenwind, windkracht Bf 7.

Uit Fig. 16 en de analyse blijkt dat de minimale passeerafstand aan stuurboord, gemiddeld over de condities, bij laag water 21 m en bij hoog water 27 m bedraagt.

Tabel 11 Samenvatting van een VARAN over SB.

Bron	F	df	p
Waterstand (W)	7,2	1,11	< ,05
Duwstellen (D)	1,9	1,11	n.s.
Conditie (C)	32,7	2,22	« ,01
Proefpersonen (PPN)	5,7	11,22	« ,01
W x D	5,1	1,11	< ,05
W x C	1,1	2,22	n.s.
D x C	5,1	2,22	< ,01
W x D x C	2,1	2,22	n.s.

De significante interactie van waterstand met duwstellen blijkt toe te schrijven te zijn aan het optreden van verschillen tussen vier- en zesbaksduwstellen bij laag water en de afwezigheid van zulke verschillen bij hoog water. Bij laag water bedraagt, gemiddeld over condities, de passeerafstand met zesbaksduwstellen 18 m en met vier-

baksduwstallen 24 m. Bij hoog water is er geen verschil tussen duwstallen en bedraagt de afstand 27 m.

Minimale passeerafstand aan bakboord (BB)

In Fig. 17 zijn de minimale passeerafstanden aan bakboord als functie van waterstand, duwstel en verkeerssituatie weergegeven (zie ook Tabel 12).

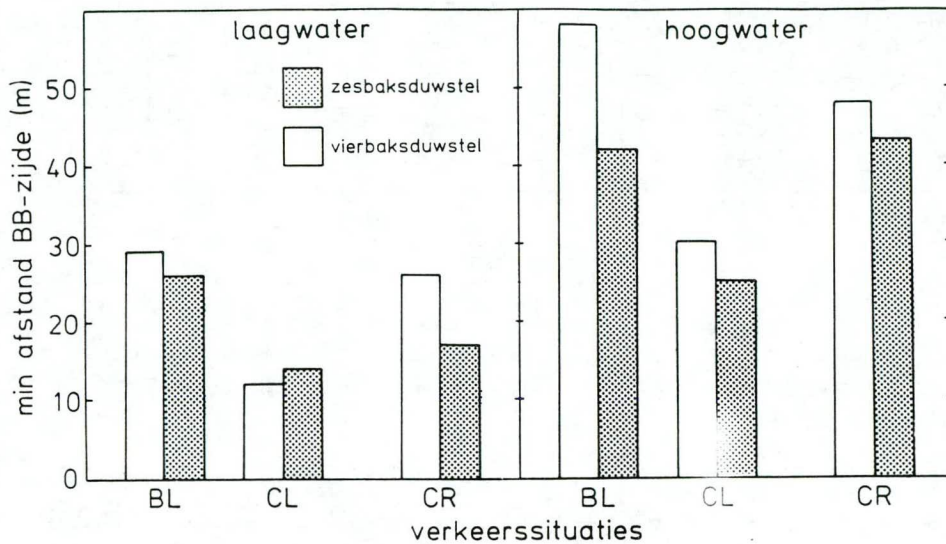


Fig. 17 De minimale passeerafstand aan bakboord als functie van duwstel, waterstand en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen bij zicht en zuidwestenwind, windkracht Bf 7.

Fig. 17 laat zien dat de passeerafstand bij hoog water, gemiddeld over de condities, 41 m bedraagt en bij laag water 21 m. Er zijn geen significante effecten van duwstallen.

Tabel 12 Samenvatting van een VARAN over BB.

Bron	F	df	p
Waterstand (W)	72,3	1,11	« ,01
Duwstallen (D)	4,6	1,11	n.s.
Conditie (C)	25,9	2,22	« ,01
Proefpersonen (PPN)	3,0	11,22	< ,01
W x D	1,7	1,11	n.s.
W x C	6,4	2,22	« ,01
D x C	1,6	2,22	n.s.
W x D x C	3,4	2,22	n.s.

Standaardafwijking van de hoofdruerhoek (SAHR)

In Fig. 18 zijn de standaardafwijkingen van de hoofdruerhoek als functie van waterstand, duwstel en verkeerssituatie weergegeven (zie ook Tabel 13).

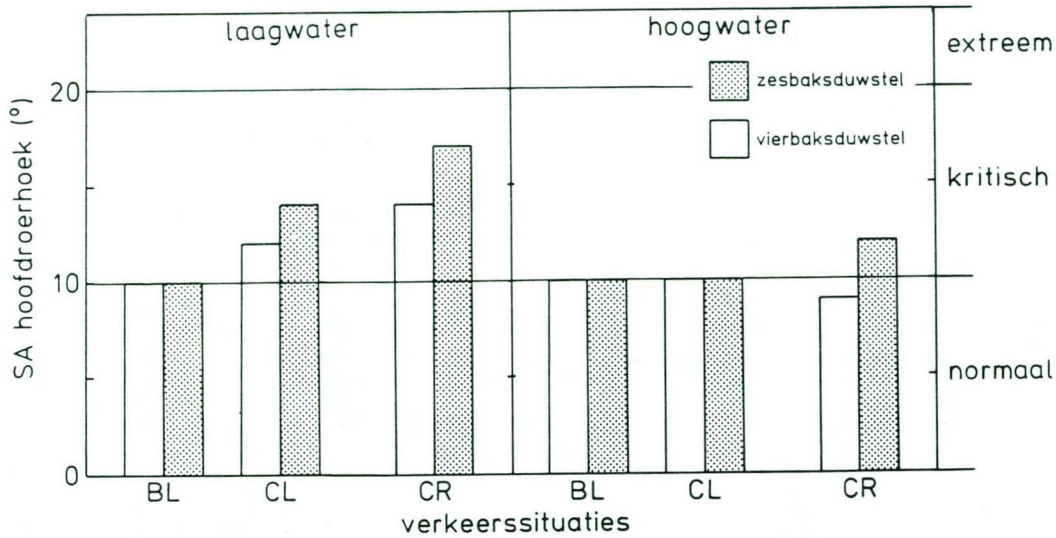


Fig. 18 De standaardafwijking van de hoofdruerhoek als functie van waterstand, duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen bij zicht en zuidwestenwind, windkracht Bf 7.

Fig. 18 laat zien dat de standaardafwijking van de hoofdruerhoek bij laag water, gemiddeld over de condities, 13° bedraagt en bij hoog water 10°. De significante interactie van waterstand met condities blijkt toe te schrijven te zijn aan het optreden van verschillen bij laag water en de afwezigheid van verschillen bij hoog water.

Tabel 13 Samenvatting van een VARAN over SAHR.

Bron	F	df	p
Waterstand (W)	19,8	1,11	« ,01
Duwstellen (D)	2,9	1,11	n.s.
Conditie (C)	10,2	2,22	« ,01
Proefpersonen (PPN)	20,8	11,22	« ,01
W x D	0,6	1,11	n.s.
W x C	6,5	2,22	« ,01
D x C	3,2	2,22	n.s.
W x D x C	0,6	2,22	n.s.

Standaardafwijking van de koproerhoek (SAKR)

In Fig. 19 zijn de standaardafwijkingen van de koproerhoek als functie van waterstand, duwstel en verkeerssituatie weergegeven (zie ook Tabel 14).

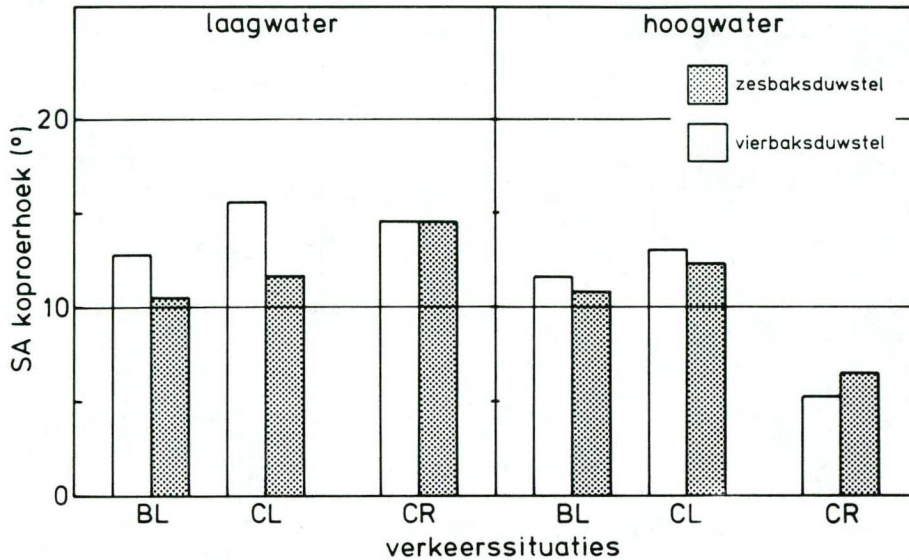


Fig. 19 De standaardafwijking van de koproerhoek als functie van waterstand, duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen bij zicht en zuidwestenwind, windkracht Bf 7.

Uit de figuur is af te leiden dat de standaardafwijking van de koproerhoek bij laag water gemiddeld 13° bedraagt en bij hoog water 10°. Voorts blijkt dat in de conditie CR de koproerhoek voor beide duwstelen bij hoog water gemiddeld 6° bedraagt en bij laag water 14°.

Tabel 14 Samenvatting van een VARAN over SAKR.

Bron	F	df	p
Waterstand (W)	11,0	1,11	< ,01
Duwstelen (D)	0,9	1,11	n.s.
Conditie (C)	0,9	2,22	n.s.
Proefpersonen (PPN)	6,2	11,22	< ,01
W x D	0,9	1,11	n.s.
W x C	5,6	2,22	< ,05
D x C	0,8	2,22	n.s.
W x D x C	0,1	2,22	n.s.

3.4 Beperkt zicht

Proefopzet

De invloed van duwstel (vier- en zesbak) en verkeerssituatie (BL, CL, CR) op passeerafstand en standaardafwijking van de roerhoek werd in deze proefopzet bepaald bij beperkt zicht, windkracht Bf 5 en laag water.

De variabelen duwstel (2 niveaus) en verkeerssituatie (3 niveaus) werden binnen proefpersonen (12 niveaus) gevarieerd.

Procedure

(Zie § 3.2)

Resultaten van de proefopzet

Minimale passeerafstanden aan stuur- en bakboord (SB, BB)

In Fig. 20 zijn de minimale passeerafstanden aan stuur- en bakboord als functie van duwstel en verkeerssituatie weergegeven. De in de figuur getoonde gemiddelden zijn getoetst met een variantie-analyse (zie Tabel 15).

Tabel 15 Samenvatting van VARAN's over SB en BB.

Bron	SB			BB		
	F	df	p	F	df	p
Duwstellen (D)	0,0	1,11	n.s.	5,4	1,11	< ,05
Conditie (C)	12,2	2,22	« ,01	46,6	2,22	« ,01
D x C	1,9	2,22	n.s.	1,6	2,22	n.s.

Uit de resultaten van deze VARAN blijkt dat bij beperkt zicht geen significante verschillen optreden tussen duwstellen in de standaardpasseerafstand. Bij de bakboordspasseerafstand komen enige verschillen naar voren. Gemiddeld over condities en proefpersonen bedraagt deze afstand bij vierbaksduwstellen 22 m en bij zesbaksduwstellen 15.

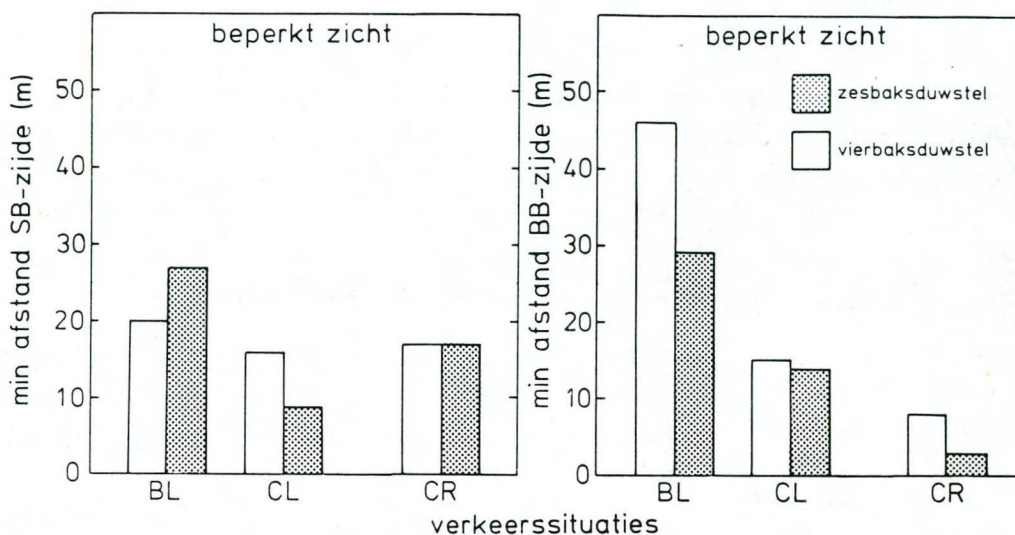


Fig. 20 De minimale passeerafstand aan stuur- en bakboord als functie van duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen bij beperkt zicht, laag water en windkracht Bf 5.

Ter vergelijking van de condities *redelijk* versus *beperkt* zicht bij laag water, windkracht Bf 5 en de verkeerssituaties BL, CL en CR met vier- en zesbaksduwstellen, is post-hoc een VARAN uitgevoerd.

Voor de passeerafstand aan stuurboord blijkt hieruit dat er geen significant verschil tussen *redelijk* en *beperkt* zicht is ($F = 4,5$; $df = 1,11$; n.s.). Evenmin zijn er significante interacties met duwstellen. De significante interactie van *redelijk*-*beperkt* zicht met condities laat op basis van een Newman-Keuls toets de volgende verschillen zien. Gemiddeld over duwstellen en proefpersonen bedragen de stuurboordspasseerafstand voor *redelijk* en *beperkt* zicht bij de verkeerssituatie BL respectievelijk 30 en 24 m ($p < ,01$), bij CL 20 en 13 m ($p < ,01$) en bij CR 10 en 16 m ($p < ,05$).

Voor de passeerafstand aan bakboord levert de vergelijking *redelijk*-*beperkt* zicht ook geen significante verschillen met duwstellen op ($F = 0,9$; $df = 1,11$; n.s.). De significante interactie *redelijk*-*beperkt* zicht met condities laat op basis van een Newman-Keuls toets de volgende verschillen zien. Gemiddeld over duwstellen en proefpersonen bedragen de bakboordspasseerafstanden voor *redelijk* en *beperkt* zicht bij de verkeerssituatie BL respectievelijk 30 en 37 m ($p < ,05$), bij CL 13 en 15 m (n.s.) en bij CR 20 en 13 m ($p < ,01$).

Standaardafwijking van de hoofd- en koproerhoek (SAHR, SAKR)

In Fig. 21 zijn de standaardafwijkingen van de hoofd- en koproerhoek als functie van duwstel en verkeerssituatie weergegeven. De standaardafwijking van de hoofd- en koproerhoek neemt toe als functie van de condities BL, CL en CR, hetgeen met eerdere bevindingen overeenkomt. De standaardafwijking van de koproerhoek blijft als functie van genoemde condities constant (zie ook Tabel 16).

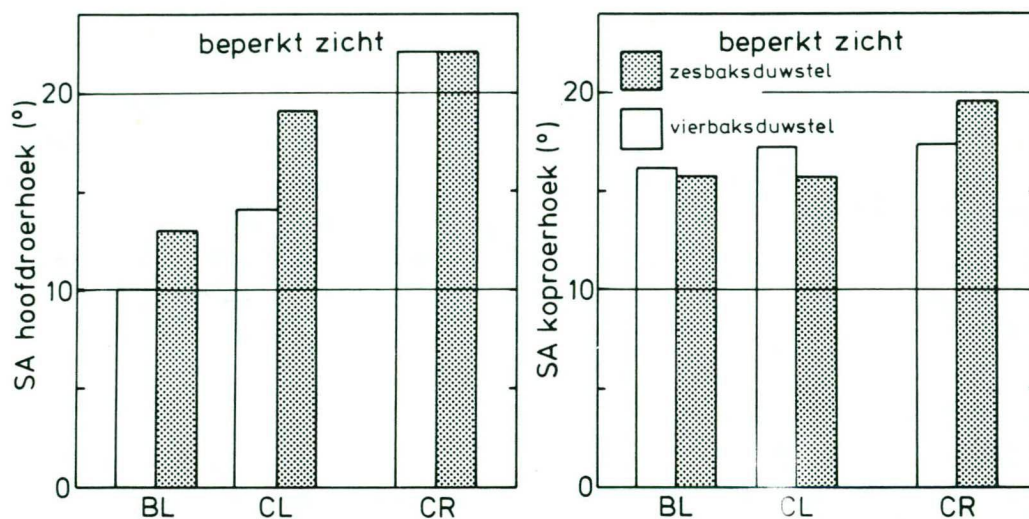


Fig. 21 De standaardafwijking van de hoofd- en koproerhoek als functie van duwstel en verkeerssituatie, gemiddeld over proefpersonen bij beperkt zicht, laag water en windkracht Bf 5.

Tabel 16 Samenvatting van een VARAN over SAHR en SAKR.

Bron	SAHR			SAKR		
	F	df	p	F	df	p
Duwstellen (D)	4,4	1,11	n.s.	0,0	1,11	n.s.
Conditie (C)	744,0	2,22	« ,01	1,1	2,22	n.s.
C x D	3,2	2,22	n.s.	0,5	2,22	n.s.

Ter vergelijking van de condities redelijk versus beperkt zicht bij laag water, windkracht Bf 5 en verkeerssituaties BL, CL en CR is post-hoc een VARAN uitgevoerd. Hieruit blijkt, gemiddeld over duwstellen, condities en proefpersonen, dat de standaardafwijking van de hoofd- en koproerhoek bij zicht 12° en bij radar 17° bedraagt ($F = 40,1$; $df = 1,11$; $p < ,01$). De interactie van de zichtcondities met duwstellen is niet significant ($F = 0,7$; $df = 1,11$; n.s.).

3.5 Mentale belasting

Proefopzet

De invloed van duwstel (vier- en zesbak) en verkeerssituatie (OL, CL) bij windkracht Bf 5 en van duwstel en windkracht (Bf 5, Bf 7) bij conditie CL op het foutenpercentage in de continue geheugentaak werden in deze proefopzetten experimenteel bepaald bij laag water en zicht.

Procedure

De neventaak werd steeds om ca. 12.00 uur, 14.00 uur en 15.30 uur afgenomen. In de tussenliggende tijd werden vaarten uit de proefopzet volgens § 3.1 uitgevoerd (zie ook Bijlage 4).

De proefpersonen werden in de loop van de morgen geoefend in de uitvoering van de neventaak nadat ze al drie vaarten achtereen gemaakt hadden. Aan het einde van de oefening werd de prestatie in de controleconditie gemeten.

Resultaten van de proefopzet

Continue geheugentaak (CGT)

In Tabel 17 zijn de waarden van de foutpercentages van de CGT en van de kleinste passeerafstand voor drie condities weergegeven. Het foutenpercentage van de CGT zonder manoeuvreertaak bedraagt 6,2% en geeft aan dat in het onthouden van doelletters weinig fouten worden gemaakt als de kapiteins zich zorgvuldigheid op deze neventaak concentreren.

Tabel 17 Kleinste passeerafstanden (m) en foutpercentages van de continue geheugentaak (CGT) in drie condities.

Variabelen	Conditie					
	Verkeerssituatie		OL		CL	
	Windkracht		Bf 5		Bf 5	
	Duwstel		vier zes		vier zes	
Foutpercentage CGT met manoeuvreertaak			10,4	9,5	12,6	15,5
Kleinste passeerafstand met neventaak			38	31	13	9
Kleinste passeerafstand zonder neventaak			37	35	14	9

Uit de resultaten van de gecombineerde taakuitvoering blijkt in welke mate taken elkaar onderling beïnvloeden. Deze situatie reflecteert de praktijk waarin een kapitein naast de manoeuvreertaak een intensief telefoongesprek voert. In theoretisch opzicht moet deze situatie natuurlijk duidelijk maken of de kapitein voldoende aandacht aan de manoeuvreertaak kan blijven besteden. In de situatie zonder verkeer blijkt dat de manoeuvreertaak een acceptabele hoeveelheid aandacht eist. De foutpercentages liggen wat hoger dan in de situatie zonder manoeuvreertaak, maar toch beneden de 25%. Uit een analyse (Wilcoxon toets) blijkt dat de manoeuvreertaak in de conditie CL belastender is dan in de conditie zonder verkeer. De windkracht veroorzaakt geen significante verschillen op het foutpercentage in de CGT. Ook werden er geen significante verschillen in het foutpercentage gevonden ten gevolge van type duwstel (zie Bijlage 2).

4 DISCUSSIE

4.1 Beheersbaarheid

Voor wat betreft de invloed van *verkeersintensiteit* bij laag water, redelijk zicht en zuidwestenwind, windkracht Bf 5, bleek dat in de bocht naar links met een tegemoetkomend vierbaksduwstel (AL) of met een mee- en tegenliggend motorschip (BL) geen verschillen tussen vier- en zesbaksduwstellen optreden. In de bocht naar links met een tegemoetkomend vierbaksduwstel en een motorschip (CL) en in de bocht naar rechts met een mee- en tegenliggend motorschip (BR) of een tegemoetkomend vierbaksduwstel met een motorschip (CR) treden significante verschillen tussen vier- en zesbaksduwstellen op. In die situaties wordt met zesbaksduwstellen aan het huidige veiligheidsniveau afbreuk gedaan. De situatie in de rechterbocht met twee tegenliggende en één meeliggend motorschip is voor beide typen duwstel onveilig.

De *waterstand* heeft een belangrijke invloed op de voor zesbaksduwvaart onveilige situaties CL, BR en CR. Uit de resultaten van de experimenten blijkt dat bij een bevaarbare vaarwegbreedte van 180 m, die ontstaat ten opzichte van een vaarwegbreedte van 150 m door waterstandverhoging bij Lobith van 8,75 naar 10,00 m, verschillen tussen passeerafstanden en standaardafwijkingen van roerhoeken van vier- en zesbaksduwstellen verwaarloosbaar zijn. *Bij een vaarwegbreedte van 180 m doet zesbaksduwvaart geen afbreuk aan het huidige veiligheidsniveau.*

Windkracht heeft weinig invloed op het varen met vier- of zesbaksduwstellen. Windkracht Bf 7 benadrukt het verschil in vaarwegbeslag dat inherent verbonden is aan het breedteverschil tussen beide typen duwstel. Bij windkracht Bf 7 en laag water doet zesbaksduwvaart in de condities CL, BR en CR afbreuk aan het huidige veiligheidsniveau. Zoals eerder reeds werd gesteld, treedt deze afbreuk niet op bij hoog water en windkracht Bf 7.

Beperkt zicht levert geen significante verschillen op tussen typen duwstel. De resultaten laten echter hoge waarden van de standaardafwijking van de roerhoek zien. Ondanks de beschikbaarheid van een bochtaanwijzer waarmee het anticipatieproces van kapiteins op de scheepsbeweging wordt bevorderd (Schuffel, 1984), bevinden de waarden van de standaardafwijking zich in een kritisch gebied. Hieruit is af te leiden dat de kapiteins meer dan normale aandacht aan de stuurtaak dienen te besteden en dat daardoor de mentale belasting wordt verhoogd. Omdat deze belasting onder beperkt-zicht omstandigheden niet werd gemeten, verdient het aanbeveling bij toekomstig onderzoek nader in te gaan op deze mentale belasting onder die omstandigheden.

Voor een zo goed mogelijke overdracht van de studieresultaten naar de werkelijkheid werd bij het ontwerp van de proefopzetten rekening gehouden.

De invloed van de verkeersintensiteit, windkracht, waterstand en beperkt zicht kon niet in alle combinaties onderzocht worden. Dit bezwaar werd gecompenseerd door alleen relevante combinaties van invloedsfactoren te kiezen. De keuze werd gebaseerd op meningen van duwvaartkapiteins (Bijlage 3, notitie DVK, 1986.3) en van onderzoekers. Daarnaast werd de proefopzet zodanig vereenvoudigd dat interpretatie op basis van theorie over het sturen van schepen in nauw vaarwater mogelijk was (Schuffel, 1986).

Voor wat betreft de overeenkomst met de praktijk werd de proefopzet zo ingericht dat kapiteins naar eigen inzicht konden varen. De te varen snelheid werd niet opgelegd. Dit is voor de praktische situatie relevant, maar voor de interpretatie van resultaten nadelig. Dit blijkt bij de resultaten uit Fig. 8. In de conditie BL is de stuurboordpasseerafstand onverwacht groot, omdat door snelheidsvariatie de kapiteins de kritische passage enigszins konden vermijden. Voor de interpretatie lag het natuurlijk in de bedoeling de passeerafstanden als functie van de verkeersintensiteit te vergelijken en niet als functie van verschillen binnen verkeerssituaties die op basis van snelheidsvariatie door de kapiteins op oncontroleerbare wijze werden geïntroduceerd.

Voorts blijkt uit de resultaten dat de verkeerssituaties die door de duwvaartkapiteins vooraf als relevant waren beoordeeld ook

een voldoende groot meetbereik omvatten. Enerzijds was er een situatie zonder verkeer (OL), anderzijds bleek de situatie in de rechterbocht met één mee- en twee tegenliggende motorschepen voor beide typen duwstel relevant maar onveilig te zijn. Daarmee staat vast dat de beoogde variëteit van verkeersintensiteit (laag, matig, hoog, te hoog) aan bod is geweest.

4.2 Mentale belasting

De belangrijkste bevinding uit de proefopzet over mentale belasting is natuurlijk de afwezigheid van verschillen als gevolg van type duwstel. De kapiteins kunnen in relevante, kritische situaties op voldoende wijze aandacht aan de manoeuvreertaak schenken.

In de inleiding werd gesteld dat bij hoge mentale belasting of bij het ontbreken van een prioriteit voor de uitvoering van hoofd- of neventaak, de uitvoering van de hoofdtaak kan interfereren met de neventaak. In dat geval loop de prestatie op beide taken terug. Uit de analyse blijkt nu dat deze interferentie niet optreedt. De uitvoering van de manoeuvreertaak blijft ongewijzigd als de neventaak gelijktijdig wordt uitgevoerd. De kapiteins kunnen zich dus aan de instructie houden. Het foutenpercentage van de neventaak reflecteert daardoor hoofdzakelijk de beschikbaarheid van reservecapaciteit. Deze reservecapaciteit neemt wel af naarmate de condities belastender worden, maar de uitvoering van de neventaak blijft toch een redelijke kwaliteit houden. Foutpercentages van meer dan 25% worden als onacceptabel beschouwd. De gevonden foutpercentages blijven daar ruimschoots onder.

4.3 Conclusies

Uit deze simulatiestudie naar de beheersbaarheid van vier- en zesbaksduwstellen blijkt dat tot en met windkracht Bf 7 en een bevaarbare rivierbreedte van 180 m, het varen met zesbaksduwstellen niet verschilt van vierbaksduwstellen. Bij een bevaarbare rivierbreedte van 150 m wordt met zesbaksduwstellen onder bepaalde omstandigheden aan het huidige veiligheidsniveau afbreuk gedaan.

De mentale belasting van de kapiteins verschilt niet meetbaar bij het varen met vier- of zesbaksduwstellen. De kapiteins kunnen, bij redelijk zicht, voldoende aandacht aan de manoeuvreertaak besteden wanneer een mentaal belastende neventaak wordt uitgevoerd.

REFERENTIES

- Boer, J.P.A. en Schuffel, H. De scheepsbrug in de jaren '90: navigatieprestatie en mentale belasting van de wachtdoend officier. Rapport IZF 1985 C-14, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Boer, J.P.A., Breda, L. van, en Schuffel, H. De scheepsbrug in de jaren '90: invloed van scheepvaartverker op de navigatieprestatie en mentale belasting van de wachtdoend officier. Rapport IZF 1986 C-5, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- DVK (1986.1). Wiskundige beschrijvingen van het manoeuvreergedrag van lege vier- en zesbaksduwstellen. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, Dordrecht: 1986 (nog te publiceren).
- DVK (1986.2). Analyse van 16 meetvaarten met zesbaksduwstellen in de bocht van Hulhuizen. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, Dordrecht: december 1986.
- DVK (1986.3). Enquête kritische verkeerssituaties duwvaart. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, Dordrecht: februari 1986, S85.116.
- Eindverslag Knikstelsel Knikstelsel van Roon, haalbaarheidsstudie, eindverslag. Waterloopkundig Laboratorium, Marknesse: 1984-M2009.
- Gates, E.T. en Herbich, J.B. A mathematical model for the review or design of deepdraft navigation channels with respect to vessel drift and rudder angles. In: Proceedings of the Conference on Aspects of Navigability of Constraint Waterways, Including Harbour Entrances. Delft: 1978.
- Jorna, P.G.A.M. Stress, information processing and diving. Rapport IZF 1981-4, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Jorna, P.G.A.M. Stress, information processing and coping with depth: Problems with individual divers. Rapport IZF 1982-14, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Lazet, A. en Schuffel, H. Dynamic simulation: A tool in research on human behaviour in navigation. Journal of Navigation 31 (1978) 133-140.
- Mandel, P. Ship manoeuvring and control. In: J.P. Comstock (Ed.). Principles of naval architecture. New York: Society of Naval Architecture and Marine Engineers, 1967.
- RWS, S85.116. Samenvattende nota: Zesbaksduwvaart: nautisch en vervoerseconomische aspecten op basis van meetvaarten. Rijkswaterstaat, 's-Gravenhage: augustus 1986; met verwijzingen naar de nota's S82.151 en S80.03A inzake veiligheidsstroken voor scheepvaart op de Waal.

- Schuffel, H. On the Interaction of Rate of Movement Presentation with Ship's Controllability. Proceedings of the Third International Symposium on Marine Simulation, Rotterdam: 1984.
- Schuffel, H. Human Control of Ships in Tracking Tasks. Proefschrift. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1986.
- Truijens, C.L. en Schuffel, H. Ergonomisch onderzoek Open Hartelkanaal - Deel III: Validering van de simulatie van duwvaart in het Hartelgebied. Rapport IZF 1978 C-6, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- UCV 80. De 80e vergadering: Vaste Commissie voor Verkeer en Waterstaat. Stukken inzake de zesbakduwvaart. 's-Gravenhage: 15 mei 1985.
- Waterloopkundig Laboratorium. Manoeuvrerbaarheid van en waterbeweging rond duwstelformaties. Verslag modelonderzoek. De Voorst: 1986-M-1798.

BIJLAGE 1 Geometrie van schepen en verkeerssituaties

<u>Schepen:</u>	vierbaksduwstel	zesbaksduwstel	motorschip
	L = 193,0 m	L = 193,0 m	L = 85,0 m
	B = 22,8 m	B = 34,2 m	B = 9,5 m

Vaarweg

Bocht naar links (bochtstraal bedraagt bij benadering 2500 m)

Bij hoog water bedraagt de vaarwegbreedte tussen de binnenbocht-tonnenlijn en de buitenbochtlijn minstens 180 m. Bij laag water bedraagt deze afstand minstens 150 m.

Verkeerssituatie AL

Bij hoog water volgt de tegenliggende geladen vierbaksdueenheid de binnenbocht-tonnenlijn op 27,5 m hartafstand. Bij laag water bedraagt deze afstand 18 m.

Verkeerssituatie BL

Bij hoog water volgt het tegenliggende motorschip de binnenbocht-tonnenlijn op 14,0 m hartafstand. Het meeliggende motorschip volgt deze lijn op 168,0 m hartafstand. Bij laag water bedragen deze afstanden respectievelijk 14,0 en 150,0 m.

Verkeerssituatie CL

Bij hoog water volgt de tegenliggende geladen dueenheid de binnenbocht-tonnenlijn op 27,5 m hartafstand. Het tegenliggende motorschip volgt deze lijn op 63,5 m hartafstand. Bij laag water bedragen deze afstanden respectievelijk 18,0 en 63,5 m.

Bocht naar rechts (bochtstraal bedraagt bij benadering 1400 m)

Bij hoog water bedraagt de vaarwegbreedte tussen de binnenbocht-tonnenlijn en de buitenbochtlijn 180 m. Bij laag water bedraagt deze afstand 150 m.

Verkeerssituatie BR

Bij hoog water volgt het meeliggende motorschip de binnenbocht-tonnenlijn op 11,5 m hartafstand. Het tegenliggende motorschip volgt deze lijn op 165,5 m hartafstand. Bij laag water bedragen deze afstanden respectievelijk 11,5 en 135,5 m.

Verkeerssituatie CR

Bij hoog water volgt het tegenliggende geladen vierbaksduwstel de binnenbocht-tonnenlijn op 144,5 m hartafstand. Het tegenliggende motorschip volgt deze lijn op 108,5 m hartafstand. Bij laag water bedragen deze afstanden respectievelijk 114,5 en 78,5 m.

Verkeerssituatie DR

Bij hoog water volgen de tegenliggende motorschepen de binnenbocht-tonnenlijn op 11,5 en 165,5 m hartafstand. Het meeliggende motorschip volgt deze lijn op 36,0 m hartafstand. Bij laag water bedragen deze afstanden respectievelijk 11,5, 135,5 en 36,0 m.

BIJLAGE 2 Diverse analyses

Proefopzet Verkeerssituaties (§ 3.1)

Newman-Keuls toets voor SB binnen Conditie (zie Tabel 3).

Conditie	OL	AL	BL	CL	BR	CR	DR
OL	--	xx	n.s.	xx	xx	xx	xx
AL		--	xx	xx	xx	xx	xx
BL			--	xx	xx	xx	xx
CL				--	n.s.	n.s.	n.s.
BR					--	xx	xx
CR						--	n.s.
DR							--

xx: $p < ,01$
 x : $p < ,05$

Newman-Keuls toets voor SB binnen de interactie van Conditie met Duwstellen (zie Tabel 3).

Conditie	Duwstel	Significantie
OL	vier/zes	n.s.
AL	"	n.s.
BL	"	xx
CL	"	xx
BR	"	xx
CR	"	x
DR	"	n.s.

xx: $p < ,01$
 x : $p < ,05$

Newman-Keuls toets voor BB binnen Conditioes (zie Tabel 4).

Conditioes	OL	AL	BL	CL	BR	CR	DR
OL	--	xx	xx	xx	n.s.	xx	xx
AL		--	n.s.	xx	x	xx	n.s.
BL			--	xx	xx	xx	n.s.
CL				--	xx	x	xx
BR					--	xx	xx
CR						--	xx
DR							--

xx: $p < ,01$
x : $p < ,05$

Newman-Keuls toets voor BB binnen de interactie van Conditioes met Duwstellen (zie Tabel 4).

Conditioes	Duwstel	Significantie
OL	vier/zes	xx
AL	"	n.s.
BL	"	n.s.
CL	"	n.s.
BR	"	xx
CR	"	x
DR	"	xx

xx: $p < ,01$
x : $p < ,05$

Newman-Keuls toets voor SAHR binnen Conditioes (zie Tabel 5).

Conditioes	OL	AL	BL	CL	BR	CR	DR
OL	--	n.s.	n.s.	xx	xx	xx	xx
AL		--	n.s.	xx	x	xx	x
BL			--	xx	n.s.	xx	n.s.
CL				--	n.s.	xx	n.s.
BR					--	xx	n.s.
CR						--	xx
DR							--

xx: $p < ,01$
x : $p < ,05$

Newman-Keuls toets voor SAHR binnen de interactie van Conditie met Duwstellen (zie Tabel 5).

Conditie	Duwstel	Significantie
OL	vier/zes	n.s.
AL	"	n.s.
BL	"	n.s.
CL	"	n.s.
BR	"	xx
CR	"	xx
DR	"	x

xx: $p < ,01$
 x : $p < ,05$

Newman-Keuls toets voor SAKR binnen Conditie (zie Tabel 6).

Conditie	OL	AL	BL	CL	BR	CR	DR
OL	--	n.s.	x	xx	n.s.	n.s.	n.s.
AL		--	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
BL			--	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CL				--	xx	n.s.	n.s.
BR					--	n.s.	n.s.
CR						--	n.s.
DR							--

xx: $p < ,01$
 x : $p < ,05$

Newman-Keuls toets voor SAKR binnen de interactie van Conditie met Duwstellen (zie Tabel 6).

Conditie	Duwstel	Significantie
OL	vier/zes	n.s.
AL	"	n.s.
BL	"	n.s.
CL	"	n.s.
BR	"	xx
CR	"	xx
DR	"	n.s.

xx: $p < ,01$
 x : $p < ,05$

Gemiddelde uitwijking van het hoofdroer in graden.

Conditie	Uitwijking		bron	VARAN		
	vierbak	zesbak		F	df	p
OL	18,5	14,3	D	23,1	1,11	« ,01
AL	17,8	15,2	C	721,6	6,66	« ,01
BL	17,4	14,9	P	3,0	11,64	« ,01
CL	16,8	14,4	C x D	4,1	6,64	« ,01
BR	-10,6	- 9,7				
CR	-10,4	-10,2				
DR	- 9,7	- 9,8				

Gemiddelde uitwijking van het koproer in graden.

Conditie	Uitwijking		bron	VARAN		
	vierbak	zesbak		F	df	p
OL	-14,3	-12,7	D	4,5	1,11	n.s.
AL	-17,3	-16,9	C	38,9	6,66	« ,01
BL	-23,3	-20,5	P	5,0	11,64	« ,01
CL	-27,6	-27,8	C x D	0,6	6,64	n.s.
BR	- 0,6	4,2				
CR	1,3	7,8				
DR	3,3	4,8				

Gemiddelde instelling van het toerental in omw/min.

Conditie	Uitwijking		bron	VARAN		
	vierbak	zesbak		F	df	p
OL	223	225	D	4,5	1,11	n.s.
AL	233	226	C	6,5	6,66	« ,01
BL	233	231	P	2,5	11,64	< ,05
CL	229	217	D x C	2,5	6,64	< ,01
BR	232	230				
CR	227	209				
DR	228	232				

Standaardafwijking van het ingestelde toerental in omw/min.

Conditie	Uitwijking		bron	VARAN		p
	vierbak	zesbak		F	df	
OL	6	3	D	1,4	1,11	n.s.
AL	0	3	C	1,3	6,66	n.s.
BL	0	2	P	1,6	11,64	n.s.
CL	3	11	D x C	1,6	6,64	n.s.
BR	2	0				
CR	3	12				
DR	2	0				

Standaardafwijking van de gesommeerde hoofd- en koproerhoek in graden.

Conditie	Uitwijking		bron	VARAN		p
	vierbak	zesbak		F	df	
OL	9,9	10,8	D	17,8	1,11	< ,01
AL	15,5	15,7	C	6,7	6,66	* ,01
BL	20,8	18,5	P	3,9	11,66	< ,01
CL	21,4	28,2	D x C	6,8	6,66	* ,01
BR	8,2	20,6				
CR	15,3	29,8				
DR	17,6	21,8				

Proefopzet windkracht (§ 3.2)

Newman-Keuls toets voor SB binnen de interactie van Windkracht met Duwstel (zie Tabel 7).

		vierbaks		zesbaks	
		Bf 5	Bf 7	Bf 5	Bf 7
vierbaks	Bf 5	--	n.s.	n.s.	n.s.
	Bf 7		--	n.s.	xx
zesbaks	Bf 5			--	n.s.
	Bf 7				--

xx: p < ,01					
x : p < ,05					

Gemiddelde uitwijking van het hoofdroer in graden.

Conditie	Uitwijking				bron	VARAN		
	vierbaks		zesbaks			F	df	p
	Bf 5	Bf 7	Bf 5	Bf 7				
BL	18,1	20,6	16,5	19,1	W	18,2	1,11	< ,01
CL	16,2	20,1	16,0	17,8	D	4,0	1,11	n.s.
CR	-8,0	-5,8	-8,0	-8,2	C	822,4	2,22	« ,01
					P	4,3	11,22	< ,01
					W x D	1,9	1,11	n.s.
					W x C	4,0	2,22	< ,05
					D x C	0,1	2,22	n.s.

Gemiddelde uitwijking van het koproer in graden.

Conditie	Uitwijking				bron	VARAN		
	vierbaks		zesbaks			F	df	p
	Bf 5	Bf 7	Bf 5	Bf 7				
BL	-23,2	-36,3	-19,1	-26,1	W	25,4	1,11	< ,01
CL	-23,5	-34,2	-23,4	-35,9	D	4,5	1,11	n.s.
CR	6,2	-2,7	10,9	6,7	C	96,5	2,22	« ,01
					P	10,7	11,22	« ,01
					W x D	1,6	1,11	n.s.
					W x C	0,9	2,22	n.s.
					D x C	1,8	2,22	n.s.

Gemiddelde instelling van het toerental in omw/min.

Conditie	Uitwijking				bron	VARAN		
	vierbaks		zesbaks			F	df	p
	Bf 5	Bf 7	Bf 5	Bf 7				
BL	235	233	233	234	W	0,5	1,11	n.s.
CL	212	235	233	230	D	1,5	1,11	n.s.
CR	233	228	233	228	C	1,8	2,22	n.s.
					P	2,8	11,22	< ,05
					W x D	1,7	1,11	n.s.
					W x C	1,3	2,22	n.s.
					D x C	0,7	2,22	n.s.

Standaardafwijking van het ingestelde toerental in omw/min.

Conditie	Uitwijking				bron	VARAN			p
	vierbaks		zesbaks			F	df		
	Bf 5	Bf 7	Bf 5	Bf 7					
BL	0	2	1	1	W	1,9	1,11	n.s.	
CL	2	0	1	6	D	2,2	1,11	n.s.	
CR	0	0	0	0	C	2,6	2,22	n.s.	
					P	3,5	11,22	< ,01	
					W x D	3,4	1,11	n.s.	
					W x C	0,9	2,22	n.s.	
					D x C	1,9	2,22	n.s.	

Proefopzet waterstand (§ 3.3)

Newman-Keuls toets voor SB binnen de interactie van Windkracht met Duwstel (zie Tabel 11).

	vierbaks		zesbaks	
	laag	hoog	laag	hoog
vierbaks laag	--	n.s.	x	n.s.
hoog		--	xx	n.s.
zesbaks laag			--	xx
hoog				--

xx: p < ,01				
x : p < ,05				

Gemiddelde uitwijking van het hoofdroer in graden.

Conditie	Uitwijking				bron	VARAN			p
	vierbaks		zesbaks			F	df		
	laag	hoog	laag	hoog					
BL	20,6	20,6	19,1	18,0	W	0,2	1,11	n.s.	
CL	20,1	20,2	17,8	16,1	D	32,4	1,11	< ,01	
CR	-5,8	-5,7	-8,2	-6,9	C	1444,3	2,22	« ,01	
					P	6,7	11,22	< ,01	
					W x D	0,7	1,11	n.s.	
					W x C	2,8	2,22	n.s.	
					D x C	1,3	2,22	n.s.	

Gemiddelde uitwijking van het koproer in graden.

Conditie	Uitwijking				bron	VARAN		
	vierbaks		zesbaks			F	df	p
	laag	hoog	laag	hoog				
BL	-36,3	-34,9	-26,1	-25,8	W	0,0	1,11	n.s.
CL	-34,2	-34,9	-35,9	-31,6	D	6,9	1,11	< ,05
CR	-2,7	-2,9	6,7	2,2	C	124,3	2,22	« ,01
					P	5,6	11,22	< ,01
					W x D	0,0	1,11	n.s.
					W x C	0,4	2,22	n.s.
					D x C	2,8	2,22	n.s.

Gemiddelde instelling van het toerental in omw/min.

Conditie	Uitwijking				bron	VARAN		
	vierbaks		zesbaks			F	df	p
	laag	hoog	laag	hoog				
BL	233	229	234	232	W	0,8	1,11	n.s.
CL	235	230	230	233	D	0,3	1,11	n.s.
CR	228	227	228	230	C	1,9	2,22	< ,01
					P	7,8	11,22	n.s.
					W x D	1,9	1,11	n.s.
					W x C	0,7	2,22	n.s.
					D x C	0,4	2,22	n.s.

Standaardafwijking van het ingestelde toerental in omw/min.

Conditie	Uitwijking				bron	VARAN		
	vierbaks		zesbaks			F	df	p
	laag	hoog	laag	hoog				
BL	2	7	1	3	W	0,3	1,11	n.s.
CL	0	0	6	1	D	0,3	1,11	n.s.
CR	0	0	0	3	C	1,0	2,22	n.s.
					P	1,8	11,22	n.s.
					W x D	0,6	1,11	n.s.
					W x C	1,6	2,22	n.s.
					D x C	2,1	2,22	n.s.

Proefopzet Beperkt zicht (§ 3.4)

Gemiddelde instelling van het toerental in omw/min.

Conditie	Uitwijking		bron	VARAN		
	vierbaks	zesbaks		F	df	p
BL	227	227	D	0,2	1,11	n.s.
CL	225	203	C	1,6	2,22	n.s.
CR	216	226	D x C	3,0	2,22	n.s.
			P	3,2	11,22	< ,05

Standaardafwijking van het ingestelde toerental in omw/min.

Conditie	Uitwijking		bron	VARAN		
	vierbaks	zesbaks		F	df	p
BL	4	12	D	2,2	1,11	n.s.
CL	7	29	C	0,8	2,22	n.s.
CR	8	10	D x C	0,9	2,22	n.s.
			P	1,6	11,22	n.s.

Gemiddelde uitwijking van het koproer in graden.

Conditie	Uitwijking		bron	VARAN		
	vierbaks	zesbaks		F	df	p
BL	-32,5	-29,3	D	0,0	1,11	n.s.
CL	-24,0	-30,3	C	181,0	2,22	« ,01
CR	15,9	19,3	D x C	2,6	2,22	n.s.
			P	1,1	11,22	n.s.

Gemiddelde uitwijking van het hoofdroer in graden.

Conditie	Uitwijking		bron	VARAN		
	vierbaks	zesbaks		F	df	p
BL	15,3	13,2	D	20,9	1,11	< ,01
CL	19,4	15,3	C	739,0	2,22	« ,01
CR	-8,2	-12,9	D x C	1,0	2,22	n.s.
			P	1,8	11,22	n.s.

Proefopzet Mentale belasting (§ 3.5)

Resultaten van de Wilcoxon-toets over de CGT van vier- en zesbaksduwstellen.

Conditie	Controle- conditie (alleen de CGT)	Geen verkeer (Bf 5, LW, zicht)	Conditie CL (Bf5, LW, zicht)	Conditie CL-Bf 7 (Bf7, LW, zicht)
Controle	---	p < ,025	p < ,005	p < ,005
Geen verkeer		---	p < ,025	p < ,005
CL			---	n.s.
CL-Bf 7				---

Uit de resultaten van een VARAN over de kleinste passeerafstand blijkt dat er geen significante invloed van de neventaak op de hoofdtak is ($F = 0,0$; $df = 1,11$; n.s.) en ($F = 0,0$; $df = 2,22$; n.s.). Er zijn alleen significante hoofdeffecten duwstellen en condities.

De paseerafstand bij zesbaksduwstellen is significant kleiner (gemiddeld over proefpersonen en condities) dan bij vierbaksduwstellen ($F = 13,8$; $df = 1,11$; $p < ,01$). Bij het hoofdeffect condities ($F = 110,7$; $df = 2,22$; $p < ,01$) blijkt uit een Newman-Keuls toets dat alleen de conditie zonder verkeer verschilt van de overige twee condities.

BIJLAGE 3 Enquête inzake kritische, relevante condities in de duwvaart

P. Kluitenaar en J.P.A. Boer

Inleiding

Ten behoeve van het simulatoronderzoek werd duwvaartkapiteins gevraagd in welke mate zij een 60-tal aangeboden scenario's respectievelijk kritisch en relevant achten. Een scenario bestond uit een verkeerssituatie in een linker of rechter rivierbocht bij bepaalde externe (waterstand, wind en zicht) omstandigheden.

De voorselectie van de aangeboden scenario's is als volgt tot stand gekomen. In het overleg tussen het Waterloopkundig Laboratorium, het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO (IZF) en de Dienst Verkeerskunde werden een aantal relevante verkeerssituaties vastgesteld. Deze verkeerssituaties werden door WL gerangschikt op basis van een quasi-stationaire benadering van de speelruimte, dat wil zeggen het verschil tussen het ruimtebeslag van alle verkeersdeelnemers en de beschikbare ruimte. Ook werd vastgesteld onder welke omstandigheden de verkeerssituaties door een gebrek aan speelruimte vermoedelijk kritisch zijn.

Op basis van deze rangschikking werden door het IZF-TNO de verkeerssituaties met onder gelijke externe omstandigheden identieke speelruimte gegroepeerd. Uit de op deze manier gevormde groepen is steeds één verkeerssituatie gekozen. Bij deze keuze werd vooral naar de te verwachten relevantie gekeken. Door de combinatie beperkt zicht, harde wind en lage waterstand en blauwe-vlagvaart bij beperkt zicht buiten beschouwing te laten, kwam het aantal in de enquête opgenomen scenario's op 60.

De enquête

In de werkelijkheid volgen de verschillende verkeerssituaties elkaar sneller op dan de verschillende externe omstandigheden. Derhalve werd de enquête verdeeld in sets van verschillende verkeerssituaties bij gelijkblijvende externe omstandigheden. Binnen deze sets werden de verkeerssituaties in willekeurige volgorde aangeboden.

De verkeerssituaties bestonden uit een geschematiseerde linker- of rechterbocht (resp. de bocht bij Hulhuizen, $R = 2500$ m, en de bocht bij Erlecom, $R = 1400$ m). Door middel van de betonning werd de bevaarbare breedte aan de heersende waterstand aangepast. De bevaarbare breedte was resp. 150 en 180 m bij een waterstand van resp. 8,75 en 10,00 m bij Lobith.

In de schetsen werd steeds aan het begin van de bocht (stroomopwaarts) het eigen schip, een leeg, afvarend vierbaksduwstel, weergegeven. Aan weerszijde van de bocht werd de overige scheepvaart (max. één geladen opvarend vierbaksduwstel en één of meer 80-m

schepen). In de schets werd verder slechts aangegeven onder welke oever een bepaald schip voer, en wie opliep (zie Fig. 1).

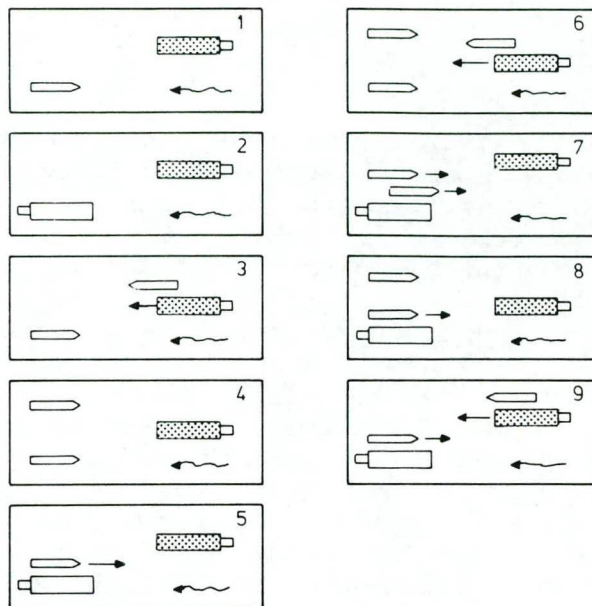


Fig. 1 Verkeerssituaties 1 t/m 9 zoals die in de enquête werden aangeboden.

In een toelichting op de enquête (zie blz. 14) werd uitdrukkelijk uiteengezet dat de snelheden van de schepen steeds dusdanig geacht moesten worden dat alle schepen elkaar ergens in de bocht *tegelijkertijd* zouden ontmoeten.

Men moest ervan uitgaan dat geen van de schepen acties zou ondernemen om deze ontmoeting te vermijden. Allereerst werd de geënquêteerden gevraagd op een vijfpuntsschaal aan te geven of men deze ontmoeting geen probleem dan wel onaanvaardbaar achtte (vraag a). Bij een tweede vraag (b) kon men op een vijfpuntsschaal aangeven of de betreffende situatie met acties van de "eigen" duweenheid gemakkelijk dan wel onoplosbaar was. Deze vraag behoefde niet beantwoord te worden, wanneer bij de eerste vraag het antwoord "geen probleem" was.

In de laatste vraag (c) werd naar de relevantie van de betreffende verkeerssituatie gevraagd.

Bij het WL konden zes, aan een simulatorexperiment betreffende de Baanhoekbrug deelnemende duwvaartkapiteins geënquêteerd worden. Hoewel in totaal 10 kapiteins voor de analyse wenselijk geacht werden, bleken de rederijen om organisatorische redenen niet in staat om bijtijds nog 4 kapiteins meer beschikbaar te stellen.

De resultaten

De analyse betreft de enquête van zes proefpersonen. Voor de analyse werden per vraag en per scenario de scores van alle proefpersonen

opgeteld. De individuele antwoorden "geen probleem", "gemakkelijk" en "nooit" gaven een score van 1, de antwoorden "onaanvaardbaar", "onoplosbaar" en "regelmatig" een score van 5. Voor de vragen a en c geldt zodoende dat de minimumscore (bij 6 proefpersonen) 6 bedraagt en de maximumscore 30. Aangezien de beantwoording van vraag b afhankelijk van vraag a was, is de minimum- en de maximumscore respectievelijk 0 en 30.

In Fig. 2 zijn de scores per scenario van vraag a en vraag b tegen elkaar uitgezet. Uit de figuur blijkt dat de correlatie tussen de beantwoording van vraag a en vraag b positief en zeer hoog is. Gegeven een (on)aanvaardbaar geacht scenario, blijkt eigen ingrijpen (vraag b) weinig invloed te hebben op deze mening. In Fig. 2 zijn tevens de betreffende verkeerssituaties weergegeven. In Fig. 1 zijn deze gevisualiseerd.

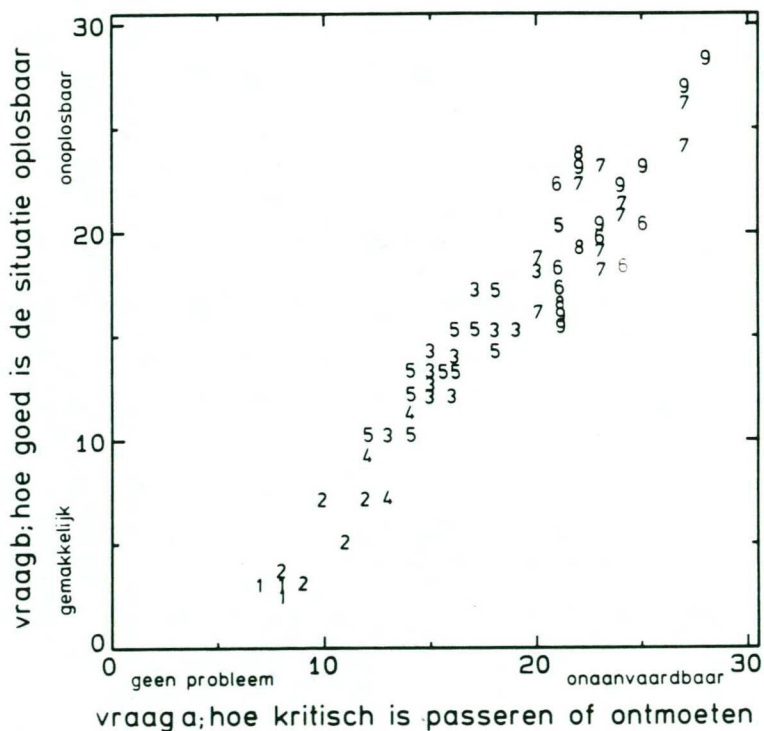


Fig. 2 Scores betreffende vraag a en b, uitgezet per verkeerssituatie.

Het blijkt dat de aanvaardbaarheid/oplosbaarheid van een scenario sterk wordt bepaald door de verkeerssituatie. Opvallend is ook de optredende clustering van de verkeerssituaties 1 en 2, de verkeerssituaties 3, 4 en 5, en de verkeerssituaties 6, 7, 8 en 9. Deze bevatten respectievelijk 1, 2 en 3 overige verkeersdeelnemers. De mening over de aanvaardbaarheid van een scenario lijkt vooral samen te hangen met het aantal verkeersdeelnemers. Fig. 3 laat vervolgens zien dat de externe omstandigheden nauwelijks bepalend zijn voor het oordeel van de duwvaartkapiteins. In Fig. 4 zijn de relevantie-oordelen uitgezet tegen de antwoorden op vraag a. Vanwege de hoge, positieve correlatie met vraag a wordt vraag b verder niet beschouwd.

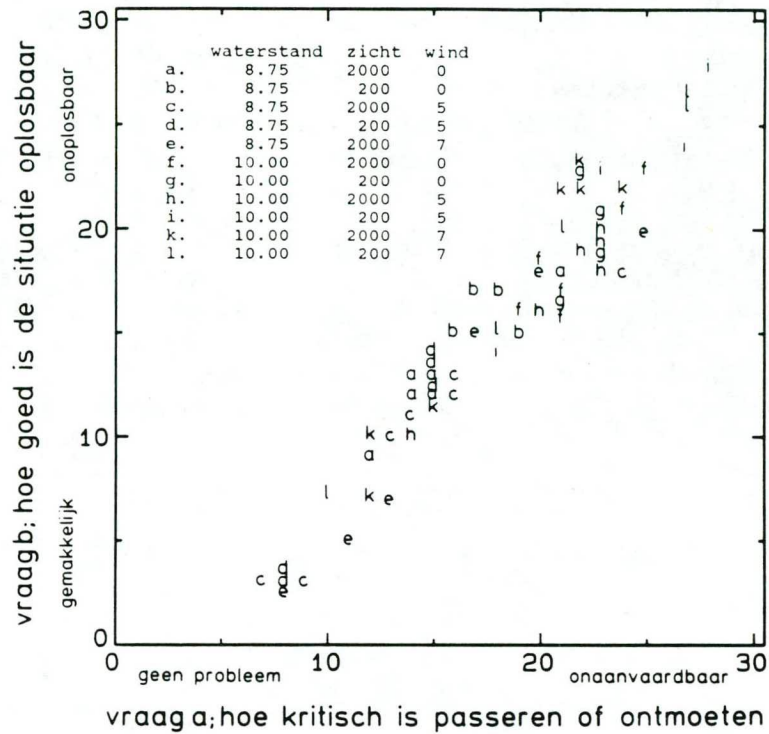


Fig. 3 Scores betreffende vraag a en b, uitgezet voor waterstand, zicht en wind.

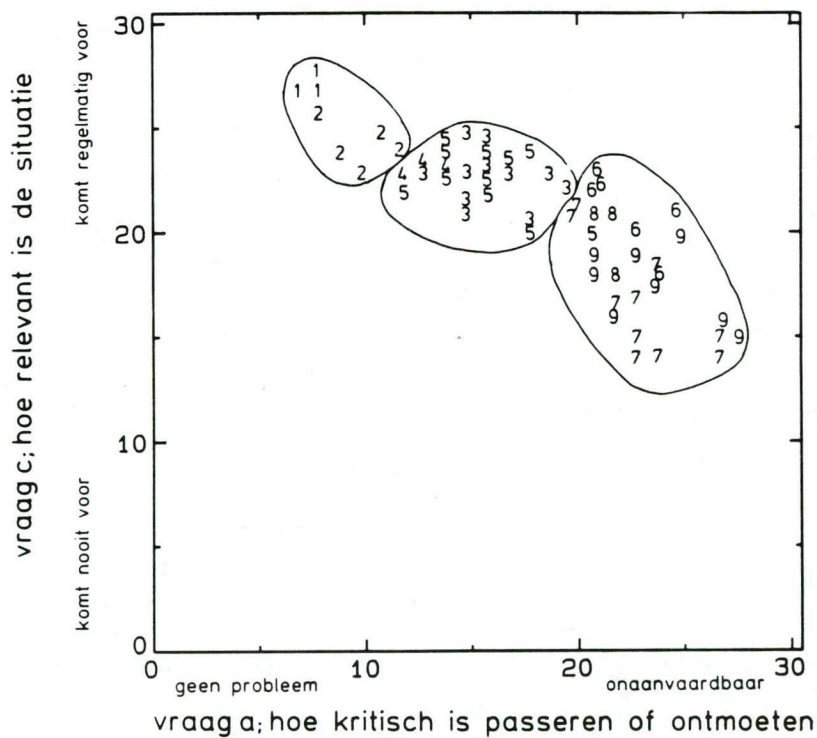


Fig. 4 Scores betreffende vraag a en c, uitgezet per verkeerssituatie.

In de figuur is te zien dat de clustervorming van de verkeerssituaties uit Fig. 2 terugkeert. De vermoedelijke significante negatieve correlatie is een gevolg van het feit dat de "drukke" verkeerssituaties minder frequent voorkomen. Bij het laatste moet opgemerkt worden dat de duwvaartkapiteins allereerst doorgaans (ruim) voor de onderhavige bochten (marifoon) contact zoeken met eventuele opvarende duweenheden en al in een vroeger stadium proberen de geschetste ontmoetingen te vermijden. Dit is ook het geval met de geschetste oploophmanoeuvres van het lege, afvarende duwstel. Ook deze zal men door acties in vroeger stadium trachten te vermijden.

In Fig. 5 zijn de externe omstandigheden weer uitgesplitst. Evenmin als in Fig. 3 valt hier enige systematiek te ontdekken.

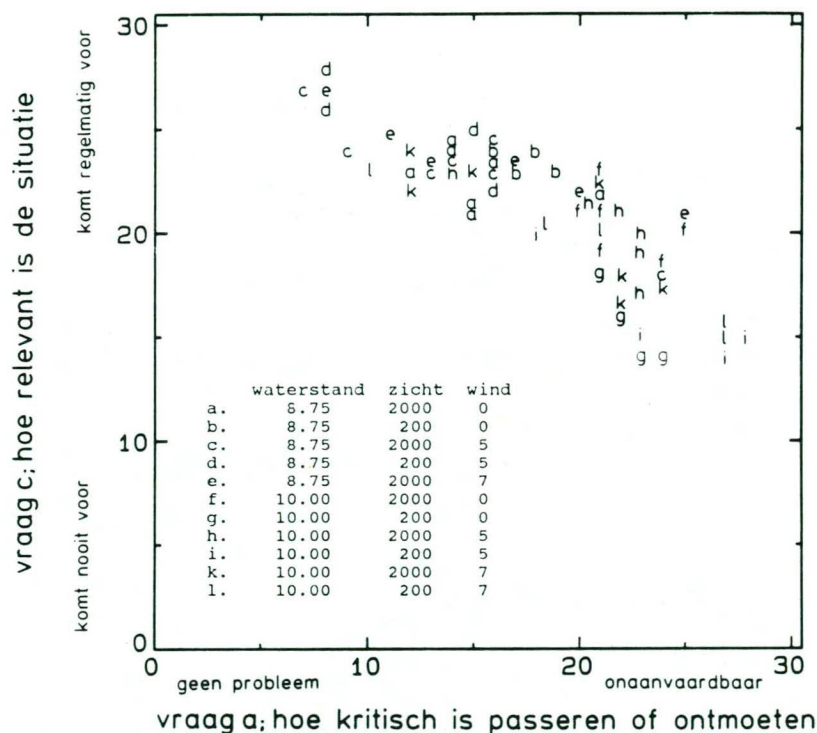


Fig. 5 Scores betreffende vraag a en c, uitgezet voor waterstand, zicht en wind.

Hoog en laag water is uitgesplitst in Fig. 6. Het valt op dat juist de hoog water scenario's rechts in de figuur aangetroffen worden. Dit patroon kan deels verklaard worden op grond van het feit dat de "drukkere" verkeerssituaties vooral bij 10,00 m Lobith voorkomen en de "minder drukke" vooral bij 8,75 m Lobith (in resp. 7,21 en 3,96).

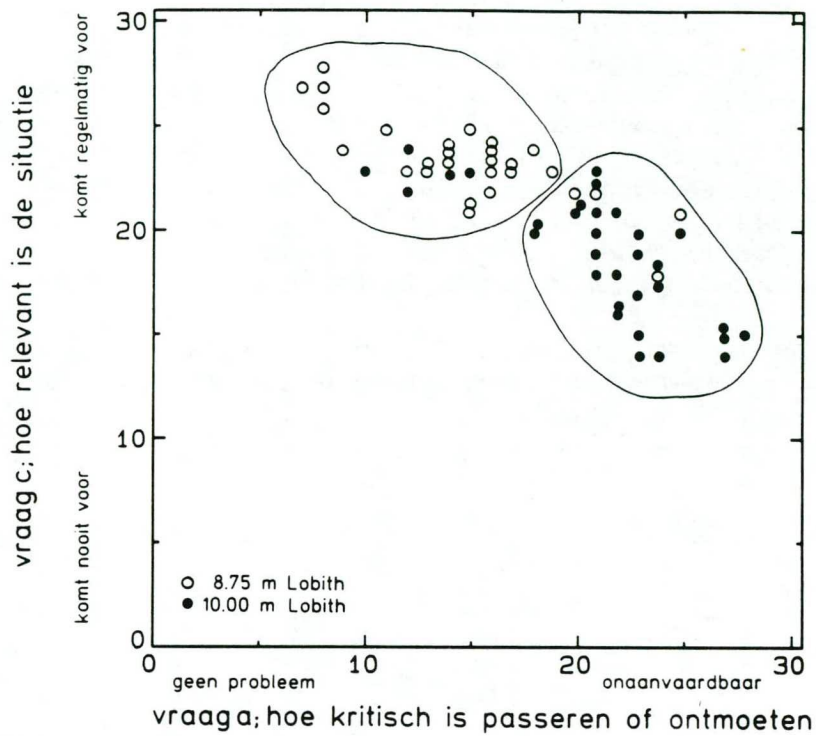


Fig. 6 Scores betreffende vraag a en c, uitgezet voor hoog en laag water.

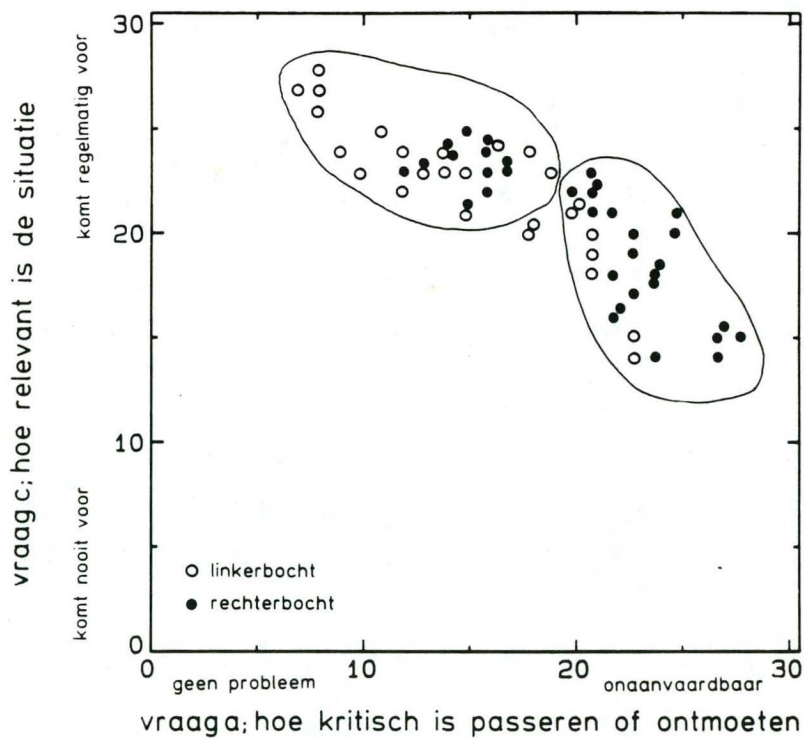


Fig. 7 Scores betreffende vraag a en c, uitgezet voor linker- en rechterbocht.

Eerder werd al geconcludeerd, dat vooral het aantal verkeersdeelnemers de (on)aanvaardbaarheid lijkt te bepalen. Het aantal verkeersdeelnemers is blijkens Fig. 6 belangrijker bij de beoordeling dan het verschil in beschikbare ruimte tussen de twee waterstanden. Fig. 7 laat een uitsplitsing zien van de scenario's met de bocht naar links (buitenbocht voor de afvarende "eigen" duweenheid) en de bocht naar rechts (binnenbocht). De figuur lijkt aan te geven dat de bocht naar rechts als kritischer wordt ervaren. Ook hier lijken de verkeerssituaties weer een belangrijke rol te spelen. De als gemakkelijk ervaren verkeerssituaties 1 en 2 komen in de enquête alleen voor in de linkerbocht. De kritisch geachte verkeerssituaties 6 en 8 komen alleen in de rechterbocht voor. Wanneer alleen naar de verkeerssituaties 3, 5, 7 en 9 gekeken wordt, dan blijkt er een kleine (vermoedelijk niet significante) tendens te zijn naar het kritischer ervaren van de binnenbocht. Verwacht zou mogen worden dat de windkracht een zekere invloed op het voorgaande zal hebben. Voorzover dit uit de resultaten te herleiden valt, lijkt de windkracht echter niets aan het voorgaande te veranderen.

Door de wijze van selectie van de scenario's levert een uitsplitsing naar zicht en naar windcondities geen opvallende patronen op. Een uitsplitsing van de verschillende externe condities per verkeerssituatie levert het volgende op:

- De waterstand blijkt de mening van de kapiteins binnen een bepaalde verkeerssituatie niet opvallend te beïnvloeden.
- Beperkt zicht had klaarblijkelijk geen invloed op de mening over de (on)aanvaardbaarheid van een scenario bij de verkeerssituaties 1, 2, 3 en 9. Het valt op dat dit wel het geval is bij de verkeerssituaties 5 en 7. Deze laatste zijn bij beperkt zicht naar de mening van de kapiteins kritischer dan bij goed zicht. De situaties 4, 6 en 8 kwamen vanwege de "blauwe-vlag" vaart niet voor bij slecht zicht.
- Het is opvallend, dat de windkracht binnen de individuele verkeerssituaties de mening over de (on)aanvaardbaarheid van een scenario niet lijkt te beïnvloeden.

Toelichting bij de enquête

In de enquête wordt Uw mening gevraagd over de aanvaardbaarheid en oplosbaarheid van een aantal verkeerssituaties onder verschillende wind-, waterstand- en zichtomstandigheden. Deze externe omstandigheden kunnen zijn:

- waterstand Lobith +10 meter of 8,75 (Ruhrort 4 meter of 2,75 meter);
- zuidwestelijke wind, kracht Bf 0, 5 of 7,
- zicht 2000 of 200 meter.

De enquête bestaat uit sets van verkeerssituaties onder een bepaalde combinatie van externe omstandigheden. De verkeerssituaties worden weergegeven in schetsen van de bocht bij Erlecom (bocht naar rechts) en de bocht bij Hulhuizen (bocht naar links). In de schetsen is aan het begin van de bocht (stroomopwaarts) steeds het eigen schip

weergegeven: een leeg, afvarend vierbaksduwstel. Voorts wordt de overige scheepvaart weergegeven.

Aan de getekende positie van de schepen moet niet al teveel waarde toegekend worden. De snelheden van de schepen zijn overeenkomstig in de praktijk voorkomende waarden, maar worden niet verder aangeduid. Wel wordt aangegeven wie wie oploopt.

De snelheden van de schepen, inclusief de eigen duweenheid, zijn steeds zodanig dat alle weergegeven schepen elkaar ergens in de bocht tegelijkertijd ontmoeten, ook wanneer dit niet reglementair is.

Aangenomen wordt dat geen van de schepen acties onderneemt om deze ontmoeting te vermijden. In eerste instantie is dit ook het geval met de eigen duweenheid. Deze uitgangspunten gelden bij elke gepresenteerde verkeerssituatie. Bij elke schets wordt naar Uw oordeel over de aanvaardbaarheid van deze ontmoeting gevraagd. Kunnen de weergegeven schepen elkaar bij de heersende externe omstandigheden naar Uw idee tegelijkertijd in de bocht ontmoeten en/of passeren of verwacht U problemen. Het antwoord op deze vraag a kunt U aangegeven op de schetsen weergegeven vijf puntsschaal (zie onderstaand voorbeeld).

geen probleem

--	--	--	--	--

 onaanvaardbaar

Wanneer U deze eerste vraag met "geen probleem" (het meest linkse hokje) beantwoord heeft, dan kunt U de nu volgende vraag overslaan.

Bij vraag b is nog steeds uitgangspunt dat de andere schepen niets ondernemen om de ontmoeting te vermijden. Wanneer U de ontmoeting niet zonder meer geheel aanvaardbaar vindt, kunt U bij deze vraag aangeven in hoeverre de verkeerssituatie door acties met de eigen duweenheid op te lossen is, zodanig dat geen problemen bij de ontmoeting te verwachten zijn. Ook nu kunt U Uw antwoord weergeven op een vijf puntsschaal:

gemakkelijk

--	--	--	--	--

 onoplosbaar

In een laatste vraag (c) wordt naar de aansluiting bij de praktijk geschetste situatie gevraagd: Hoe regelmatig komt volgens U de geschetste situatie of een soortgelijke onder de gegeven omstandigheden in de praktijk voor?

nooit

--	--	--	--	--

 regelmatig

BIJLAGE 4 Volgorde van condities en proefpersonen

Verklaring der codes

Proefopzetten Verkeerssituatie (§ 3.1) en Mentale belasting (§ 3.5)

CODE		verkeers- situatie	bocht	wind- kracht Bf	water- stand	neventaak		zicht
vierbaks- duwstel	zesbaks- duwstel					vierbak	zesbak	
49	50	O	Links	5	Laag	49N	50N	Z
20	44	A	L	5	L			Z
4	28	B	L	5	L			Z
8	32	B	Rechts	5	L			Z
12	36	C	L	5	L	12N	36N	Z
16	40	C	R	5	L			Z
24	48	D	R	5	L			Z
10	34	C	L	7	L	10N	34N	Z

Proefopzetten Windkracht (§ 3.2) Waterstand (§ 3.3), Beperkt zicht (§ 3.4)

CODE		verkeers- situatie	bocht	wind- kracht Bf	water- stand	zicht
vierbak	zesbak					
4	28	B	Links	5	Laag	Z
12	36	C	L	5	L	Z
16	40	C	Rechts	5	L	Z
2	26	B	L	7	L	Z
10	34	C	L	7	L	Z
14	38	C	R	7	L	Z
3	27	B	L	5	L	Beperkt
11	35	C	L	5	L	B
15	39	C	R	5	L	B
1	25	B	L	7	Hoog	Z
9	33	C	L	7	H	Z
13	37	C	R	7	H	Z
51	52	O	L	5	L	Z

Proefopzetten Verkeerssituatie (§ 3.1) en Mentale belasting (§ 3.5)
(Proefpersonen A t/m L)

eerste dag	derde dag	vijfde dag	zevende dag	negende dag	elfde dag
A 49	C 52	E 51	G 52	I 51	K 52
B 49	D 52	F 51	H 52	J 51	L 52
A 20	C 28	E 8	G 36	I 16	K 48
A 4	C 44	E 16	G 28	I 24	K 50
A 8	C 36	E 20	G 48	I 49	K 34
B 8	D 36	F 20	H 48	J 49	L 34
B 4	D 44	F 16	H 28	J 24	L 50
B 20	D 28	F 8	H 36	J 16	L 48
A 12	C 32	E 24	G 50	I 10	K 40
A 16	C 48	E 10	G 34	I 8	K 36
B 16	D 48	F 10	H 34	J 8	L 36
B 49N	D 36N	F 10N	H 50N	J 12N	L 34N
A 49N	C 36N	E 10N	G 50N	I 12N	K 34N
A 24	C 34	E 49	G 44	I 12	K 32
B 24	D 34	F 49	H 44	J 12	L 32
B 12N	D 34N	F 49N	H 36N	J 10N	L 50N
A 12N	C 34N	E 49N	G 36N	I 10N	K 50N
A 10	C 50	E 4	G 40	I 20	K 28
B 12	D 32	F 24	H 50	J 10	L 40
B 10N	D 50N	F 12N	H 34N	J 49N	L 36N
A 10N	C 50N	E 12N	G 34N	I 49N	K 36N
A 49	C 40	E 12	G 32	I 4	K 44
B 10	D 40	F 12	H 32	J 4	L 44
B 49	D 50	F 4	H 40	J 20	L 28
tweede dag	vierde dag	zesde dag	achtste dag	tiende dag	twaalvende dag
B 50	D 51	F 52	H 51	J 52	L 51
A 50	C 51	E 52	G 51	I 52	K 51
B 44	D 4	F 32	H 12	J 40	L 24
B 28	D 20	F 40	H 4	J 48	L 49
B 32	D 12	F 44	H 24	J 50	L 10
A 32	C 12	E 44	G 24	I 50	K 10
A 28	B 20	E 40	G 4	I 48	K 49
A 44	C 4	E 32	G 12	I 40	K 24
B 36	D 8	F 48	H 49	J 34	L 16
B 40	D 24	F 34	H 10	J 32	L 12
A 40	C 24	E 34	G 10	I 32	K 12
A 50N	C 12N	E 34N	G 49N	I 36N	K 10N
B 50N	D 12N	F 34N	H 49N	J 36N	L 10N
B 48	D 10	F 50	H 20	J 36	L 8
A 48	C 10	E 50	G 20	I 36	K 8
A 36N	C 10N	E 50N	G 12N	I 34N	K 49N
B 36N	D 10N	F 50N	H 12N	J 34N	L 49N
B 34	D 49	F 28	H 16	J 44	L 4
A 36	C 8	E 48	G 49	I 34	K 16
A 34N	C 49N	E 36N	G 10N	I 50N	K 12N
B 34N	D 49N	F 36N	H 10N	J 50N	L 12N
B 50	D 16	F 36	H 8	J 28	L 20
A 34	C 16	E 36	G 8	I 28	K 20
A 50	C 49	E 28	G 16	I 44	K 4

Proefopzetten Windkracht (§ 3.2), Waterstand (§ 3.3), Beperkt zicht (§ 3.4)

(Proefpersonen N t/m Y)

eerste dag	derde dag	vijfde dag	zevende dag	negende dag	elfde dag
N 51	P 52	R 51	T 52	V 51	X 52
O 51	Q 52	S 51	U 52	W 51	Y 52
N 4	P 40	R 10	T 35	V 15	X 33
N 12	P 28	R 2	T 39	V 11	X 37
N 16	P 36	R 14	T 27	V 3	X 25
O 16	Q 36	S 14	U 27	W 3	Y 25
O 12	Q 28	S 2	U 39	W 11	Y 37
O 4	Q 40	S 10	U 35	W 15	Y 33
N 2	P 38	R 16	T 25	V 13	X 35
N 10	P 26	R 12	T 37	V 9	X 27
N 14	P 34	R 4	T 33	V 1	X 39
O 14	Q 34	S 4	U 33	W 1	Y 39
O 10	Q 26	S 12	U 37	W 9	Y 27
O 2	Q 38	S 16	U 25	W 13	Y 35
N 3	P 39	R 9	T 36	V 4	X 26
N 11	P 27	R 1	T 28	V 16	X 38
N 15	P 35	R 13	T 40	V 12	X 34
O 15	Q 35	S 13	U 40	W 12	Y 34
O 11	Q 27	S 1	U 28	W 16	Y 38
O 3	Q 39	S 9	U 36	W 4	Y 26
N 1	P 37	R 3	T 38	V 10	X 36
N 9	P 25	R 15	T 34	V 14	X 40
N 13	P 33	R 11	T 26	V 2	X 28
O 13	Q 33	S 11	U 26	W 2	Y 28
O 9	Q 25	S 15	U 34	W 14	Y 40
O 1	Q 37	S 3	U 38	W 10	Y 36
tweede dag	vierde dag	zesde dag	achtste dag	tiende dag	twaalfde dag
O 52	Q 51	S 52	U 51	W 52	Y 51
N 52	P 51	R 52	T 51	V 52	X 51
O 28	Q 16	S 34	U 11	W 39	Y 9
O 36	Q 4	S 26	U 15	W 35	Y 13
O 40	Q 12	S 38	U 3	W 27	Y 1
N 40	P 12	R 38	T 3	V 27	X 1
N 36	P 4	R 26	T 15	V 35	X 13
N 28	P 16	R 34	T 11	V 39	X 9
O 26	Q 14	S 40	U 1	W 37	Y 11
O 34	Q 2	S 36	U 13	W 33	Y 3
O 38	Q 10	S 28	U 9	W 25	Y 15
N 38	P 10	R 28	T 9	V 25	X 15
N 34	P 2	R 36	T 13	V 33	X 3
N 26	P 14	R 40	T 1	V 37	X 11
O 27	Q 15	S 33	U 12	W 28	Y 2
O 35	Q 3	S 25	U 4	W 40	Y 14
O 39	Q 11	S 37	U 16	W 36	Y 10
N 39	P 11	R 37	T 16	V 36	X 10
N 35	P 3	R 25	T 4	V 40	X 14
N 27	P 15	R 33	T 12	V 28	X 2

(vervolg)

tweede dag	vierde dag	zesde dag	achtste dag	tiende dag	twaalfde dag
O 25	Q 13	S 27	U 14	W 34	Y 12
O 33	Q 1	S 39	U 10	W 38	Y 16
O 37	Q 9	S 35	U 2	W 26	Y 4
N 37	P 9	R 35	T 2	V 26	X 4
N 33	P 1	R 39	T 10	V 38	X 16
N 25	P 13	R 27	T 14	V 34	X 12

