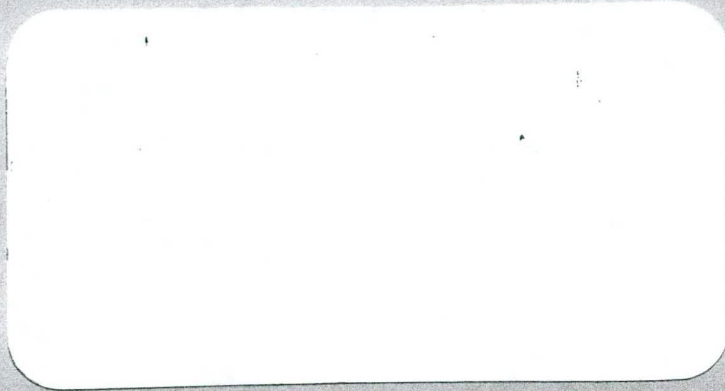


DT: 348986



# NSP

NEDERLANDS SCHEEPSBOUWKUNDIG PROEFSTATION

HAAGSTEEG 2 · WAGENINGEN · POSTBUS 28

Rijkswaterstaat  
Dienst Verkeerskunde  
Bureau Dokumentatie  
Postbus 1031  
3000 BA Rotterdam

C 2096



Rapport No. 02283-2-MS

VALIDATIE VAN DE SIMULATIE VAN DE  
SCHEPEN, VARENDE IN DE ONTWORPEN  
BOCHTAFSNIJDING BIJ BATH.

augustus 1980.

RIJKSWATERSTAAT  
Dienst Verkeerskunde  
Hoofdafdeling Scheepvaart  
Postbus 494  
3300 AL Dordrecht

*B 1514*

VALIDATIE VAN DE SIMULATIE VAN DE SCHEPEN,  
VARENDE IN DE ONTWERPEN BOCHTAFSNIJDING  
BIJ BATH.

N.S.P. Opdracht No. M 02283.

Verslag van een serie validatie-proeven op de  
manoeuvresimulatie ten behoeve van de toetsing  
van de hydrodynamische/mathematische modellen  
en onderzoeksresultaten van eerder door het N.S.P.  
uitgevoerd nautisch onderzoek naar de bevaarbaarheid  
van de ontworpen bochtafsnijding bij Bath.

Opgedragen door: Rijkswaterstaat  
Dienst Verkeerskunde  
Hoofd Afdeling Scheepvaart  
Postbus 494  
3300 AL DORDRECHT

Uitgevoerd door: K. Meurs en P.C. Borstlap  
Gezien door: Drs. P.J. Paymans

<u>INHOUD</u>	<u>BLZ.</u>
1. INLEIDING	2
2. DOEL VAN HET ONDERZOEK	5
3. OPZET VAN HET ONDERZOEK	6
3.1. Het vaarwater	6
3.2. De schepen	6
3.3. Het getij	7
3.4. De wind	8
3.5. De manoeuvres	8
3.6. Proefpersonen	9
3.7. Uitvoering van de proeven	9
3.8. Registratie en analyse	11
4. RESULTATEN EN DISKUSSIE	12
4.1. De 80.000 DWT tanker	12
4.2. De trio kontainer	15
4.3. Diskussie	17
5. SAMENVATTING EN KONKLUSIES	19
REFERENTIES	
TABELLEN	
FIGUREN	
APPENDICI	



## 1. INLEIDING

Bij de Belgische overheid zijn plannen ontwikkeld om de scheepvaart op de Westerschelde efficiënter en veiliger te doen verlopen. Opdat tevens schepen met een grotere diepgang - zoals 80.000 DWT tankers en derde generatie containerschepen - sneller en veiliger Antwerpen zouden kunnen bereiken, diende de bocht bij Bath te worden verbeterd.

Na analyse van een op hydraulische gronden als aanvaardbaar te kenschetsen ontwerp-bochtafsnijding bij Bath (Ref.[1] ) bleek niet zonder meer, dat ook een verbetering van de bevaarbaarheid verwacht kon worden (Ref.[2] ). In verband hiermede werd door de Rijkswaterstaat aan het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation (NSP) te Wageningen opdracht verstrekt een zodanig onderzoeksprogramma uit te voeren, dat antwoord zou kunnen worden verkregen op de volgende vragen:

- a. Zullen passeermanoeuvres (tegemoetkomend) van de grote (maatgevende) schepen in de voorgestelde bochtafsnijding nautisch aanvaardbaar kunnen plaatsvinden onder de vooraf gestelde condities?
- b. Indien a. niet onder alle omstandigheden positief kan worden beantwoord, onder welke (additionele) condities kan dat dan wel?

Het daarop door het NSP uitgevoerde onderzoek omvatte de volgende onderdelen:

- a. Manoeuvrereproeven met vrijvarende scheepsmodellen.
- b. Krachtenmetingen aan vastgehouden modellen.
- c. Manoeuvrereproeven met een gesimuleerd schip, bestuurd door 8 verschillende loodsen.

Ten behoeve van deelonderzoek c. werd op basis van de meetgegevens van de onderdelen a. en b. een mathematisch model van het manoeuvreergedrag van de maatgevende schepen gekonsipieerd en op de hybride komputer van de sub. c. gebruikte manoeuvreersimulator geprogrammeerd.

Na voltooiing en rapportage van het NSP onderzoek werd de verdere behandeling van het onderzoek "Bochtafsnijding bij Bath" binnen de Rijkswaterstaat overgenomen door de Hoofdafdeling Scheepvaart van de Dienst Verkeerskunde (DVK). Door deze dienst vervolgens werd aan het NSP opdracht verstrekt het mathematisch model van de maatgevende schepen, zoals gebruikt in het Bath-onderzoek, separaat aan de Rijkswaterstaat ter beschikking te stellen [3].

Teneinde aan deze opdracht te kunnen voldoen diende het NSP op basis van de sub a. en b. verzamelde meetgegevens een nieuw mathematisch model samen te stellen, aangezien de indertijd gebruikte hybride simulatorkomputer inmiddels door een digitaal systeem vervangen was.

Dit nieuwe mathematisch model, dat overigens dezelfde meetgegevens als basis heeft en derhalve niet tot andere konklusies t.a.v. het sub c. vermelde simulatoronderzoek, kan leiden, is beschreven en toegelicht in rapport en bijlagen, NSP ref. 02283-1-MS.

Het onderhavige rapport beschrijft een serie manoeuvreerproeven, uitgevoerd op de manoeuvreersimulator en gebaseerd op digitale programmering van de hydrodynamische eigenschappen van de maatgevende schepen, zoals gemeten in het NSP onderzoek t.b.v. de ontworpen bochtafsnijding bij Bath. Deze manoeuvreerproeven dienen ter validatie van de aan de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat opgeleverde mathematische modellen, terwijl bij de opzet van het programma rekening werd gehouden met de mogelijkheid de proefresultaten tevens te gebruiken voor een nadere beoordeling van de bevaarbaarheid van de voorgestelde bochtafsnijding bij Bath [4]. Met nadruk zij vermeld, dat het onderzoek slechts aanvullend van karakter is, derhalve niet door een systematische (in de statistische zin van het woord) opzet en analyse gekenmerkt wordt.



De resultaten en konklusies van het onderzoek zijn dan ook in kwalitatieve zin gesteld en uitsluitend als zodanig interpreteerbaar.

2. DOEL VAN HET ONDERZOEK

- 2.1. Validatie van de mathematische modellen van een 80.000 DWT tanker en een derde generatie containerschip, als maatgevende schepen gebruikt in het onderzoek naar enkele nautische aspecten van de bochtafsnijding bij Bath.
- 2.2. Uitvoering van een aantal additionele simulatorvaarten ten behoeve van een nadere beoordeling van de voorgestelde bochtafsnijding bij Bath op basis van het eerder uitgevoerde NSP onderzoek.



### 3. OPZET VAN HET ONDERZOEK

#### 3.1. Het vaarwater

Het vaarwater betrof de voorgestelde bochtafsnijding van de Schelde bij Bath met de volgende afmetingen:

Straal van de as van het vaarwater	: 3000	m
Lengte van het gekromde gedeelte	: 3400	m
Lengte van de rechte stukken aan beide einden	: 2 x 463	m
Totale lengte van het traject	: 4326	m
Richting:	: 070/250 tot 135/315	
Talud noordzijde	: 1:4	
Talud zuidzijde	: 1:10	
Breedte bodem	: 370	m
Diepte	: NAP-14,40	m
	: NKD-12,00	m

Boeien: op de rand van het talud, op plaatsen, vastgesteld in overleg met de loodsdienst te Vlissingen zoals aangegeven op de komputer plots in Appendix I.

#### 3.2. De schepen

De schepen waarmee het onderzoek is uitgevoerd zijn:

Olietanker	Kontainerschip
DWT = 80.000	BRT = 59.000
l = 229 m	l = 270 m
b = 37 m	b = 32 m
T = 12,8 m	T = 11,5 m
Enkelschroef/Enkelroer	Dubbelschroef/Enkelroer

De eigenschappen van beide schepen waren op basis van modelproeven bekend en deze zijn via een mathematisch model op de komputer van de manoeuvreersimulator geprogrammeerd.

### 3.3. Het\_getij (Fig. 1)

Bij de opzet van het onderzoek is er van uitgegaan dat de maatgevende schepen, de olietanker en het containerschip, hun maximale diepgang hadden; resp. 12.8 en 11.5 m. Er is in principe van de volgende waterdiepte-diepgang-verhouding uitgegaan:

Toestand 1. Tanker	$\frac{h}{T} = 1,3$	Toestand 2. Tanker	$\frac{h}{T} = 1,1$
Kontainer	$\frac{h}{T} = 1,4$	Kontainer	$\frac{h}{T} = 1,2$

Toestand 1 en 2 kunnen beide slechts voorkomen nabij 2 tijdstippen van het getij; eerst bij vloed en later bij eb. (Fig. 1).

Uitgaande van getijstroommetingen in model van een hele getijcyclus bij springtij, liggen deze tijdstippen bij toestand 1, (grote keelclearance), ongeveer  $1\frac{1}{2}$  uur voor en ongeveer  $1\frac{1}{2}$  uur na plaatselijk H.W. (H.W. Bath  $-1\frac{1}{2}$  en H.W. Bath  $+1\frac{1}{2}$ ).

De tijdstippen waarop toestand 2 voorkomt, liggen ongeveer  $3\frac{1}{2}$  uur voor en  $3\frac{1}{2}$  uur na plaatselijk H.W. (H.W.  $-3\frac{1}{2}$  en H.W. Bath  $+3\frac{1}{2}$ ).

Van toestand 1 lijken beide tijdstippen, bij vloed in meerdere mate dan dat bij eb, redelijk waarschijnlijk. Van toestand 2 lijken beide tijdstippen onwaarschijnlijk, omdat hetzij voorafgaand, hetzij eropvolgend, er onvoldoende water zou staan op plaatsen verder stroom op- of afwaarts.



Tussen de genoemde tijdstippen is de doorvaart van de bocht zeer waarschijnlijk. Dan staat er ook meer water. Echter wordt er dan niet strikt meer voldaan aan de te onderzoeken  $\frac{h}{T}$  verhoudingen. Desondanks zijn voor dit onderzoek op de eerste plaats een aantal tussenliggende tijdstippen gekozen omdat deze, nautisch gezien, juist de gunstigste zijn om door de bocht te varen.

Op de tweede plaats zijn grensgevallen gekozen en op de derde plaats enkele kondities bij eb, die zeer onwaarschijnlijk zijn, daar de maatgevende schepen bijna altijd de doorvaart bij vloed zullen maken. Daarom zijn de gemaakte vaarten gesplitst in 3 categorieën, I, II en III, zoals tabel I, II en III aangeven. In deze tabellen zijn vermeld: schip vaarrichting, vaart, tijd, wind, run nr., nauticus, beoordelingscijfer en een schatting van de gebruikte roerhoek. De stroomsterkten, die zijn gekozen, zijn 3,5 knoop en 1,5 knoop vloed en, waarschijnlijk ten overvloede, 1,5 knoop eb.

Voor het onderzoek is uitgegaan van een homogene stroomsnelheid door het hele vaarwater.

#### 3.4. De wind

Er was geen wind of Z.W.-wind Bft. 7.

Alleen runs met lage snelheid werden behalve zonder wind, ook met wind uitgevoerd.

#### 3.5. De manoeuvre

De proeven vonden plaats in de gesimuleerde ontwerp bocht-afsnijding bij Bath.

De manoeuvres werden gemaakt opvarend, richting Antwerpen, (A) en afvarend richting Vlissingen (V), zowel langs de as van het vaarwater als op  $\frac{1}{4}$  van de breedte aan SB-zijde van de as.

De startposities lagen resp. op de as en op  $\frac{1}{4}$  van de breedte aan SB-zijde van de as.

Voor de keuze van de snelheden is rekening gehouden met de volgende tabel:

Tabel I - Vaarsnelheid, afhankelijk van scheepstype,  
waterdiepte en schroeftoeren

Schroeftoeren-  
percentage

	<u>Tanker</u>		?	<u>Kontainer</u>	
	$\frac{h}{T}$ 1,1	$\frac{h}{T}$ 1,3		$\frac{h}{T}$ 1,2	$\frac{h}{T}$ 1,4
100% = Max.RPM	9,00 kn.	12,50 kn.		15,00 kn.	16,00 kn.
90% = "	8,10 kn.	11,25 kn.		13,50 kn.	14,40 kn.
80% = "	7,20 kn.	10,00 kn.		12,00 kn.	12,80 kn.
70% = "	6,30 kn.	8,75 kn.		10,00 kn.	11,20 kn.

### 3.6. Proefpersonen

Het onderzoek werd uitgevoerd door 2 nautici van het N.S.P. Vanwege hun ruime praktische ervaring als brugofficier en loods, alsmede hun vaardigheid en ervaring op het gebied van manoeuvreersimulatoronderzoek en -training, dienen de door hen uitgevoerde manoeuvres als de maximaal mogelijke prestatie - gegeven de eigenschappen van schepen, vaarwater en eksterne kondities - beschouwd te worden. De NSP nautici werden geassisteerd door roergangers (werkstudenten).

### 3.7. Uitvoering van de proeven

Teneinde de omvang van het proevenprogramma enigszins te kunnen beperken werd uit alle mogelijke combinaties van scheepstype, vaarrichting, vaarsnelheid, stroom, wind, etc. een 60-tal manoeuvres geselecteerd, welke in Tabel II zijn gespecificeerd.

Elk van deze 60 manoeuvres werd vier maal uitgevoerd:

- a. Zonder gesimuleerde oevereffekten, varend in het midden van het vaarwater.
- b. Zonder gesimuleerde oevereffekten, varend in het midden van de S.B. helft.
- c. Met gesimuleerde oevereffekten, varend in het midden van het vaarwater.
- d. Met gesimuleerde oevereffekten, varend in het midden van de S.B. helft.

In de tabel is tevens aangegeven, welke vaarten door de nautici van het NSP in de praktijk meer of minder waarschijnlijk beoordeeld werden, rekening houdend met een veilige vaarsnelheid, de diepgang van het schip en de waterstand ten gevolge van de getij bewegingen.

Bij de uitvoering van de proeven werd ten behoeve van de navigatie gebruik gemaakt van een gestyleerde presentatie, die duidelijk de boeien, de vaarwatergrenzen en de contouren van het schip aangaf.

Behalve de gewoonlijk beschikbare bruginstrumenten was er een elektronische-kanaal-presentatie (E.K.P.) als navigatiehulpmiddel aanwezig, waarop bij een deel van de vaarten door middel van een verschuivende wijzer, en bij een ander deel digitaal continue de positie van de brug in dwarsrichting t.o.v. de kanaalas in meters kon worden afgelezen. (Zie Fig. 2).

De machine-telegraaf kon naar wens op machinekamer of brugbediening worden gezet.

Het eerste systeem regelt de omwentelingen per minuut in stappen, zoals langzaam, half enz.; bij het tweede kan een bepaald aantal omw./min. direkt op de brug worden ingesteld. Er werd door de proefpersonen naar gestreefd de voor elke proef voorgeschreven vaart en vaarbaan zo goed mogelijk te houden, ook als dit soms nautisch niet optimaal was.



Tijdens de voorbereiding bleek dat het varen van de bocht het gemakkelijkst was als er, in plaats van koersen en roerhoeken, koershoeksnelheden aan de roerganger werden opgegeven, zodat voor de uitvoering van de manoeuvres voor deze methode gekozen werd. De koershoeksnelheden zijn af te lezen in graden per minuut.

Het aantal graden koersverandering per minuut is afhankelijk van de straal van de bocht en de snelheid over de grond. Voor een bocht met een straal van 3000 m is het aantal graden per minuut koersverandering ruim de helft van het aantal knopen snelheid over de grond. (Voor iedere knoop snelheid 0,6 graden per minuut). Deze techniek van sturen, zo is ook gebleken uit eerder onderzoek, vereist aanzienlijke oefening, maar geeft vooral bij de hogere snelheden de beste resultaten.

### 3.8. Registratie en analyse

Afgezien van de acht oefenvaarten (vier met elk scheepstype) werden van iedere manoeuvre de volgende variabelen geregistreerd:

- de baan van het schip;
- de roerhoek;
- de omw./min.;
- de vaart;
- de koershoeksnelheid;
- de koers t.o.v. de raaklijn aan de vaarwateras.

Van elke manoeuvre werd een baanplot vervaardigd, welke in de bijlage van dit rapport werden gebundeld.

Elke uitgevoerde manoeuvre werd door de nautische deskundigen van het NSP beoordeeld en met een cijfer tussen 0 en 10 ("rapportcijfer") gehonoreerd.

Overigens werden geen analyses op de manoeuvres uitgevoerd vanwege het slechts aanvullende karakter van het onderzoek.

#### 4. RESULTATEN EN DISKUSSIE

Het belangrijkste resultaat van het onderzoek was, dat naar de mening van het NSP de mathematische modellen van de 80.000 DWT tanker en het trio-kontainerschip ook in vaartechnisch opzicht als goed dienen te worden gekwalificeerd. Dit betekent, dat deze modellen zoals opgeleverd aan de Rijkswaterstaat (NSP Rapport No. 02283-1-MS) na programmering voor real-time digitale simulatie, in staat mogen worden geacht het gedrag van de gepresenteerde schepen door de ontwerp bochtafsnijding bij Bath op adequate wijze te simuleren.

In de volgende paragrafen zal een nadere beschouwing worden gegeven t.a.v. de uitgevoerde manoeuvres, een en ander ten behoeve van de nadere analyse van de bevaarbaarheid van de ontworpen bochtafsnijding bij Bath [4].

##### 4.1. De 80.000 DWT tanker

In Tabel III op bladzijde 13 wordt het resultaat van de uitgevoerde manoeuvres in de vorm van "rapportcijfers" samengevat.

Uit deze resultaten blijkt dat de manoeuvre onder een ruim skale van omstandigheden redelijk uitvoerbaar geacht kan worden, waarbij de volgende tendenzen zijn waar te nemen:

- de aanwezigheid van oevereffekten belemmert geenszins de kwaliteit van de manoeuvre, integendeel: vooral in de ondiep water situaties ( $h/T = 1,1$ ) worden de met oevereffekt uitgevoerde manoeuvres beter beoordeeld.
- de waterdiepte-diepgangsverhouding van 1,3 maakt betere manoeuvres mogelijk.

Tabel III - Resultaten van manoeuvres met de 80.000 DWT  
tanker (gemiddelde "rapportcijfers")

$\frac{h}{T}$	Vaarrichting A = Antwerpen V = Vlissingen	Getij uren voor (-) of na (+) H.W.	Oevereffekten		
			zonder	met	gemiddeld
1,1	A	+ 1,5	6,5	7,4	7,0
	A	+ 3,5	5	6,7	5,9
	V	+ 1,5	6,5	7	6,8
	V	- 1,5	6	6,1	6,1
	V	- 3,5	5	6	5,5
	Gemiddeld sub-totaal			5,8	6,6
1,3	A	+ 1,5	7,3	8,4	7,9
	A	+ 3,5	7,7	7,3	7,5
	A	- 1,5	7,5	7,5	7,5
	V	+ 1,5	8	8	8
	V	- 1,5	7,9	7,8	7,9
	V	- 3,5	7,8	7	7,4
Gemiddeld sub-totaal			7,7	7,7	7,7
Gemiddeld totaal			6,8	7,2	7,0



- bij een  $h/T = 1,1$  zijn de manoeuvres richting Antwerpen en sterke ebstroom, alsmede richting Vlissingen bij vloed relatief moeilijk uitvoerbaar.
- de vaarsnelheid (binnen de gekozen range) noch het navigatiedevies (midden vaarwater of midden S.B. helft) hebben een belangrijke invloed op de kwaliteit van de manoeuvres.

Een meer gedetailleerde beschouwing van de vaarplots en de geregistreerde variabelen (Bijlagen I en II) geeft nog aanleiding tot een nader nautisch commentaar op de uitgevoerde manoeuvres:

- het varen van de stuurboordbocht, richting Antwerpen dus, vereist een relatief intensief tegenroer, vooral wanneer geen oevereffekt gesimuleerd wordt. De hoeveelheid benodigd tegenroer wordt groter bij minder schroeftoeren en geringere diepgang, terwijl bij een vaart van 6 à 7 kn. ook toerenstoten nodig zijn om stranding aan stuurboordzijde te voorkomen. Deze effecten - een stuurboordbocht die overwegend bakboord roer eist - worden vooral veroorzaakt door de sterke kromming van het vaarwater en de optredende (vloed) stroomkrachten.
- Richting Vlissingen, een wat ruimere bocht en een steiler talud, vraagt relatief minder tegenroerreacties, vooral bij ondiep water, lagere schroeftoerentallen en hogere (vloed) stroomsnelheden.
- Varend richting Vlissingen bij  $h/T = 1,1$  en vloed tegen vergde het sturen grote oplettendheid: midden vaarwater diende "de bocht in" gestuurd te worden (bakboordroer), terwijl dichterbij de stuurboordoever juist enig tegenroer vereist werd. Bij ebstroom was dit effect nog geprononceerder, doch deze konditie wordt voor de praktijk onwaarschijnlijk geacht.

4.2. De trio-kontainer

Onderstaande Tabel IV vat de resultaten samen van de manoeuvres met de trio-kontainer uitgedrukt in de "rapportcijfer"-beoordeling van de NSP-nautici.

Tabel IV - Resultaten van de manoeuvres met de trio-kontainer  
(gemiddelde "rapportcijfers")

$\frac{h}{T}$	Vaarrichting A = Antwerpen V = Vlissingen	Getij uren voor (-) of na (+) H.W.	<u>Oevereffekten</u>		
			zonder	met	gemiddelde
1,2	A	+ 1,5	6,4	5,5	6
	A	+ 3,5	6	6	6
	A	- 1,5	6	5,5	5,8
	V	+ 1,5	6	6,5	6,3
	V	- 1,5	5,9	5,5	5,7
	V	- 3,5	6,8	5,7	6,3
	Gemiddeld sub-totaal			6,2	5,8
1,4	A	1,5	6,1	6,7	6,4
	A	+ 3,5	6,8	6,5	6,7
	A	- 1,5	8	7	7,5
	V	+ 1,5	6	7	6,5
	V	- 1,5	6,9	5,8	6,4
	V	- 3,5	7,5	5,8	6,7
	Gemiddeld sub-totaal			6,9	6,5
Gemiddeld totaal			6,6	6,2	6,4

Op grond van de beoordelingen kunnen de volgende tendenzen worden genoemd:

- de manoeuvres met de trio-kontainer worden als moeilijker ervaren dan die met de tanker, voornamelijk door het feit, dat in tegenstelling tot de tanker de gesimuleerde oever-effecten het vaargedrag negatief beïnvloeden.
- analoog aan de tankerresultaten worden manoeuvres met geringe keelclearance ( $h/T = 1,2$ ) als moeilijk uitvoerbaar beoordeeld.
- vaarsnelheid en navigatiedevies hebben meer invloed op de manoeuvre dan bij de tanker, hoewel de andere effecten (vaarrichting, waterdiepte, getijstroom, etc.) overheersen.

De meer gedetailleerde beschouwing van de vaarplots en de geregistreeerde variabelen (zie de Bijlagen I en II) leidt nog tot het volgende nautisch commentaar:

- Stroom mee werd in het algemeen en in beide richtingen als onveilig ervaren, vooral met snelheden van 12 kn. of meer.
- Varend met keelclearance van 20% ( $h/T = 1,2$ ) dienen alle uitgevoerde manoeuvres als slechts marginaal te worden gekwalificeerd. Richting Antwerpen geeft 10 kn. vaart nog het beste resultaat (veel stuurboord roer nodig), richting Vlissingen 14 kn. (veel tegenroer) bij vloed.
- Met een keelclearance van 40% ( $h/T = 1,4$ ) vereist de vaart richting Antwerpen veel tegenroer, de vaart bij vloed met meer dan 10 kn. dient dan te worden ontraden.
- Richting Vlissingen bij  $h/T = 1,4$  dient "de bocht in" te worden gestuurd en wel meer bij hogere vaarsnelheid en toenemende vloed.



#### 4.3. Diskussie

Uit de in de voorgaande hoofdstukken beschreven simulatorvaarten mag worden afgeleid, dat de in NSP-rapport No. 02283-1-MS opgeleverde mathematische modellen een goede simulatie van de bij het onderzoek van de ontworpen bocht-afsnijding bij Bath gebruikte schepen mogelijk maken. Deze konklusie kan worden gebaseerd op de volgende gegevens:

- a. De mathematische modellen zijn gebaseerd op dezelfde modelmetingen als die welke aan het oorspronkelijke onderzoek ten grondslag lagen.
- b. De standaardmanoeuvreerproeven leveren dezelfde resultaten als die van de modelmetingen (zie Rapport No. 02283-1-MS).
- c. Naar het oordeel van de NSP nautici gedragen de gesimuleerde modellen zich inderdaad als van een 80.000 DWT tanker en een trio-kontainer verwacht kan worden in de onderzochte omstandigheden.
- d. De uitgevoerde manoeuvres zijn consistent met de oorspronkelijke konklusies van het simulatoronderzoek [5].
- e. De uitgevoerde manoeuvres bevestigen en versterken de resultaten van de uitgevoerde nadere analyse van de bevaarbaarheid van de bochtafsnijding bij Bath [4].

Bij de nadere - zij het kwalitatieve - beschouwing van de uitgevoerde manoeuvres bleken een aantal tendenzen en effecten duidelijk te worden, welke nog niet eerder - althans niet in die mate - aan de oppervlakte gekomen waren. In de eerste plaats blijkt het gesimuleerde oevereffekt een gedifferentiëerde invloed te hebben op het vaargedrag van de schepen: de tankervaarten lijken gemakkelijker uitvoerbaar, de trio-kontainer manoeuvres moeilijker. In de tweede plaats veroorzaakt het gebogen vaartraject met zijn verschillende taluds en de wisselende getijstroom zodanige hydrodynamische krachten, dat soms "de bocht in" gestuurd dient te worden en soms "de bocht uit".

Deze in feite diskontinue besturingseisen lijken bovendien af te hangen van de vaarsnelheid en de momentane dwarspositie van het schip in het vaarwater. De tot nog toe verkregen inzichten zijn te beperkt om deze verschijnselen volledig en/of eenduidig te verklaren, laat staan voor de verschillende voorkomende vaaromstandigheden te voorspellen. Slechts de toekomstige vaarpraktijk kan leren, in hoeverre de bij het NSP gevonden verschijnselen ook daadwerkelijk optreden, en in welke mate. Vooruitlopend op deze ervaringsgegevens lijkt het aanbevelenswaardig nader en systematisch onderzoek te doen naar de complexe hydrodynamica van gebogen vaarwateren en haar invloed op de scheepsbesturing.

Los van deze verschijnselen, waarvan de validiteit nog niet afdoende kan worden aangetoond, doch wel voortkomen uit de voorspellingen van op zich valide scheepsmodellen, kunnen op grond van de nautische analyse van de uitgevoerde manoeuvres aanbevelingen worden afgeleid voor een veilige doorvaart van de ontworpen bochtafsnijding. Het feit, dat deze aanbevelingen consistent zijn met de resultaten van eerdere en andere onderzoeken naar de bevaarbaarheid van de bochtafsnijding pleit enerzijds voor de validiteit van de gesimuleerde mathematische modellen, anderzijds voor de vermoedelijk hoge geldigheid van de tot nog toe gevonden resultaten.



## 5. SAMENVATTING EN KONKLUSIES

Na digitale programmering van de mathematische modellen van een 80.000 DWT tanker en een trio-kontainerschip, gebaseerd op modelmetingen en opgeleverd aan de Rijkswaterstaat (NSP Rapport No. 02283-1-MS), werden een 240-tal manoeuvres op de manoeuvreersimulator van het NSP uitgevoerd teneinde de validiteit van de opgeleverde modellen te toetsen en nadere gegevens m.b.t. de bevaarbaarheid van de ontworpen bochtafsnijding te verkrijgen.

Het onderzoek heeft geleid tot de volgende konklusies:

1. De opgeleverde mathematische modellen maken een realistische simulatie van het vaargedrag van de gepresenteerde schepen mogelijk. Zowel het oordeel van de NSP nautici, de overeenkomst van standaardmanoeuvres met die van de modelmetingen, en de consistentie met de resultaten van eerdere onderzoeken liggen aan deze konklusie ten grondslag.
2. De nautische analyse van de gedragingen van de gesimuleerde schepen onder uiteenlopende omstandigheden geeft aanleiding tot de konklusie, dat de ontworpen bochtafsnijding bevaarbaar moet worden geacht onder voorbehoud dat een optimale besturingswijze wordt gehanteerd teneinde adequaat op het komplekse hydrodynamische krachtenspel van schip en vaarwater te kunnen reageren.
3. Voor een veilige doorvaart van de schepen dient meer dan 10% keelclearance voor de tanker en meer dan 20% keelclearance voor de container beschikbaar te zijn. Daarenboven zullen een goed gekozen vaarsnelheid en een goed gekontroleerde dwarspositie van het schip in het vaarwater belangrijk aan een veilige doorvaart kunnen bijdragen.

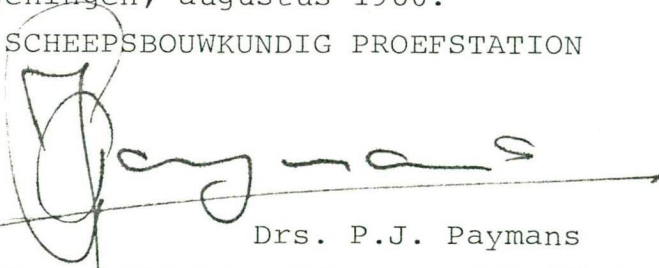


4. De hydrodynamische kompleksiteit van een sterk gekromd vaarwater waarin relatief grote schepen onder invloed van getijstromingen en oevereffekten manoeuvreren heeft geleid tot een aantal verschijnselen, welke niet volledig en/of eenduidig uit de beschikbare kennis verklaarbaar of voorspelbaar zijn.

Nader en systematisch onderzoek naar met name de effecten van vaarwaterbegrenzungen en getijstromen op de scheepsbesturing lijkt dan ook dringend aan te bevelen.

Wageningen, augustus 1980.

NEDERLANDS SCHEEPSBOUWKUNDIG PROEFSTATION

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'P. J. Paymans', is written over a horizontal line that extends across the page. The signature is somewhat stylized and overlaps the line.

Drs. P.J. Paymans

Hoofd Afdeling "Ship Handling"

REFERENTIES

- [1] "Model 300 - (I). Modelproeven. Bochtafsnijding bij Bath". Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout, rapport 1972-1.
- [2] "Nautische Analyse Bochtafsnijding bij Bath". Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Afd. HNO. Rapport HNO 72, no. 28.
- [3] Brief RSW/DVK aan NSP d.d. 11 juli 1977, kenmerk Nr. S 4475.
- [4] "Beoordeling van de bevaarbaarheid van de voorgestelde bochtafsnijding bij Bath, op basis van de resultaten van het NSP-onderzoek". NSP Rapport No. 02439-1-MS, december 1979.
- [5] "Bochtafsnijding Bath (Simulatoronderzoek)". NSP Rapport No. 72-0023-17 MS.

Tabel II - Specificatie van de uitgevoerde manoeuvres

Schip	$\frac{h}{T}$	Vaarrichting en getij*	Geschatte realiteit*	Vaarsnelheid (kn)	Aantal manoeuvres
Tanker	1,1	A +1,5	1	6, 6, 7, 8	4
Tanker	1,1	V -1,5	1	9	1
Tanker	1,3	A +1,5	1	6, 6, 7, 8	4
Tanker	1,3	V -1,5	1	10, 12	2
Kontainer	1,2	A +1,5	1	10, 10, 12	3
Kontainer	1,2	V -1,5	1	10, 10, 12	3
Kontainer	1,2	V -3,5	1	12, 13	2
Kontainer	1,4	A +1,5	1	10, 10, 12	3
Kontainer	1,4	V -1,5	1	11, 11, 12	3
Kontainer	1,4	V -3,5	1	12	1
Tanker	1,1	A +3,5	2	6, 7, 8	3
Tanker	1,1	A +1,5	2	9	1
Tanker	1,1	V -3,5	2	9	1
Tanker	1,1	V -1,5	2	7, 7, 8	3
Tanker	1,3	A +3,5	2	6, 7, 8	3
Tanker	1,3	A +1,5	2	10	1
Tanker	1,3	V -3,5	2	10, 12	2
Tanker	1,3	V -1,5	2	8, 8	2
Kontainer	1,2	A +1,5	2	13	1
Kontainer	1,2	A +3,5	2	10, 12	2
Kontainer	1,2	V -1,5	2	13	1
Kontainer	1,4	A +1,5	2	14	1
Kontainer	1,4	A +3,5	2	10, 12	2
Kontainer	1,4	V -1,5	2	14	1
Kontainer	1,4	V -3,5	2	14	1
Tanker	1,1	V +1,5	3	8	1
Tanker	1,3	A -1,5	3	10	1
Tanker	1,3	V +1,5	3	10	1
Kontainer	1,2	A -1,5	3	13	1
Kontainer	1,2	V -1,5	3	9, 9	2
Kontainer	1,2	V +1,5	3	12	1
Kontainer	1,4	A -1,5	3	14	1
Kontainer	1,4	V +1,5	3	12	1
Totaal					60

\*Vaarrichting en getij:

A = richting Antwerpen

V = richting Vlissingen

Tij in uren voor (-) of na (+) Hoog Water

Geschatte realiteit (oordeel NSP nautici):

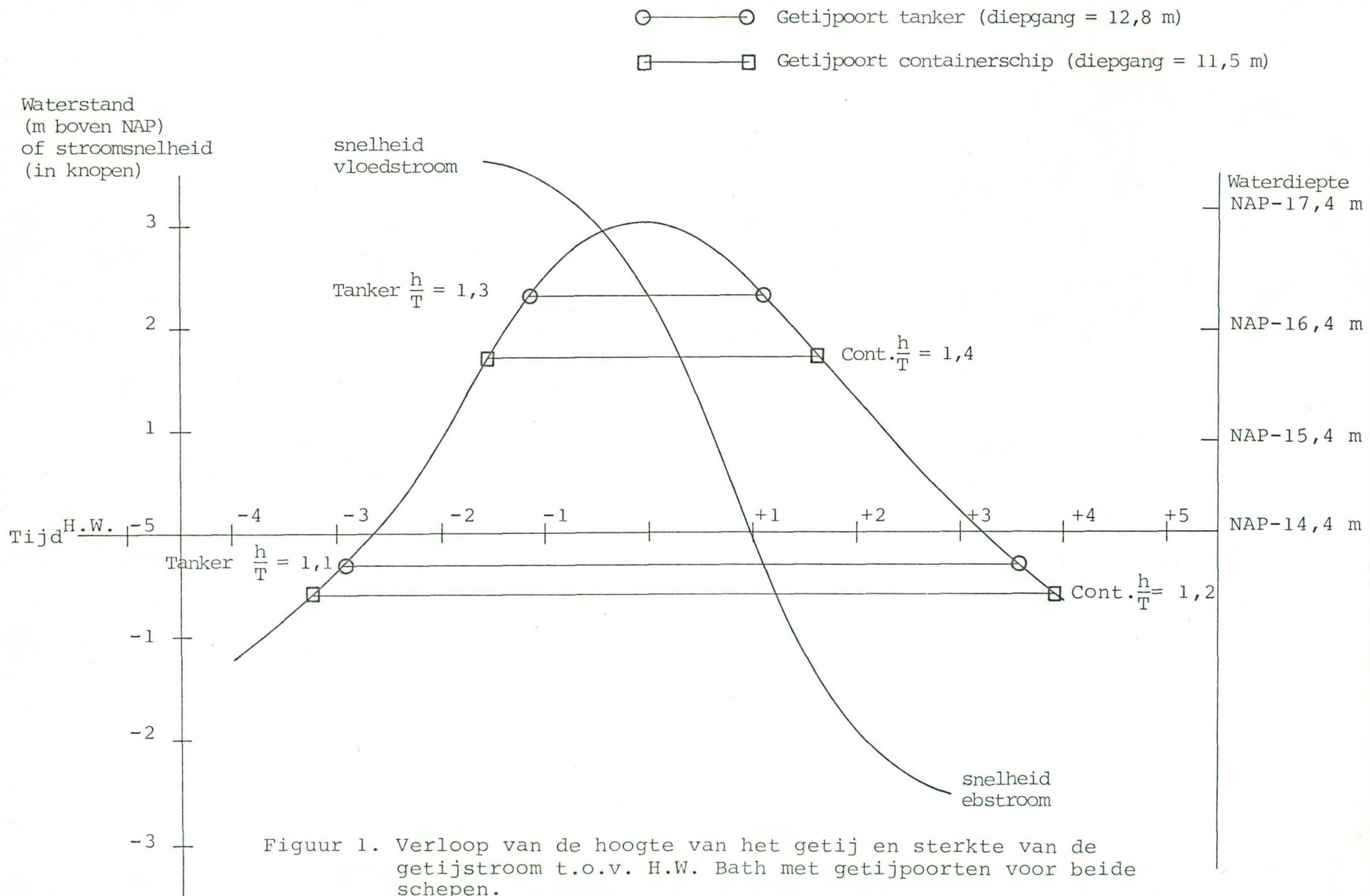
1 = waarschijnlijk in de praktijk voorkomend.

2 = in de praktijk minder voorkomend.

3 = waarschijnlijk in de praktijk niet voorkomend.

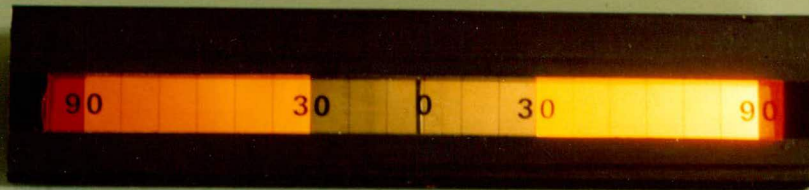






Figuur 1. Verloop van de hoogte van het getij en sterkte van de getijstroom t.o.v. H.W. Bath met getijpoorten voor beide schepen.

**E.K.P.**



Figuur 2. Elektronische-kanaal-presentatie (E.K.P.)





