



NSP

NEDERLANDSCH SCHEEPSBOUWKUNDIG PROEFSTATION

HAAGSTEEG 2 · WAGENINGEN · POSTBUS 28

Waterbouwkundig Laboratorium
Borgerhout

BIBLIOTHEEK

Bestuur van de waterwegen België

Simulatorproeven voor het Nauw
van Bath

281866

Onze referentie: Q/72-0023 GST/
GBT/MS.

Waterbouwkundig Laboratorium
Rijswijk
BIBLIOTHEEK

Bestuur van de waterwegen België:

Simulatorroeven voor het Nauw van Bath

Onze referentie: Q/72-0023 GST/GBT/MS.

Inhoud:

1. Inleiding
2. Het onderzoek
 - 2.1. Het door de mens gestuurde schip
 - 2.2. De loodsen
 - 2.3. Navigatiehulpmiddelen en zicht
 - 2.4. Manoeuvres
 - 2.5. De schepen
 - 2.6. Hydrodynamische aspecten
 - 2.7. Training
3. Experimenteerplan
4. Rapportage
 - 4.1. Analyse
 - 4.2. Het toetsen van hypothesen
 - 4.3. Opleverings termijn
5. Interpretatie van de resultaten
6. Kostenraming

Appendix.

1. Inleiding

Bij het manoeuvreren op de Westerschelde onder uiterste condities van snelheid en waterdiepte-diepgang verhoudingen, komen onder andere de volgende aspecten naar voren:

- a. Bij welke snelheid en waterdiepte-diepgang verhouding is het kanaal van Bath nog te volgen voor grote containerschepen en tankers met betrekking tot de manoeuvreerbaarheid onder andere bij het kruisen van andere schepen ?
- b. Wat is de invloed van oeverzuiging op de koersstabiliteit van het gestuurde schip indien het schip zich met hoge snelheid door het kanaal voortbeweegt ?

Daar deze problemen betrekking hebben op het door de mens gestuurde schip en een onderzoek in werkelijkheid niet mogelijk is, is het noodzakelijk om deze problemen op een manoeuvreersimulator te onderzoeken.

De gegeven onderverdeling is gemaakt omdat het voor een optimaal simulator onderzoek nodig is de afzonderlijke problemen in aparte deel experimenten te onderzoeken.

In de beschrijving van de experimenten is hiermee rekening gehouden.

In de hoofdstukken 4 en 5 is aandacht besteed aan de wijze waarop de resultaten gepresenteerd zullen worden, op welke vragen een antwoord gegeven kan worden en wat de betekenis is van de uitkomsten van het onderzoek.

2. Het onderzoek

2.1. Het door de mens gestuurde schip

Indien het schip door de mens bestuurd wordt, dan moet men er rekening mee houden dat een manoeuvre slechts in bepaalde mate voorspelbaar is, dit in tegenstelling met een door een automaat gestuurd schip, dat een voorspelbare manoeuvre maakt bij een bekende verstoring.

Dit heeft onder andere tot gevolg dat twee precies gelijke manoeuvres, onder precies dezelfde omstandigheden, met een door dezelfde mens gestuurd schip, op verschillende wijze uitgevoerd worden. Om toch het gedrag van het schip te kunnen beschrijven zullen de manoeuvres een aantal malen herhaald moeten worden onder systematisch gevarieerde omstandigheden, welke voorgeschreven worden door het experimenteerplan.

De wijze waarop de manoeuvre uitgevoerd wordt kan voorts afhangen van omgevingsomstandigheden, de spanning waaronder de loods werkt, de instructies aan de loods, de wijze waarop de loods de positie-informatie gepresenteerd krijgt enz.

Het is daarom noodzakelijk dat de manoeuvres uitgevoerd worden, onder voor zover voor de loods waarneembaar, nauwkeurig nagebootste omstandigheden.

2.2. De loodsen

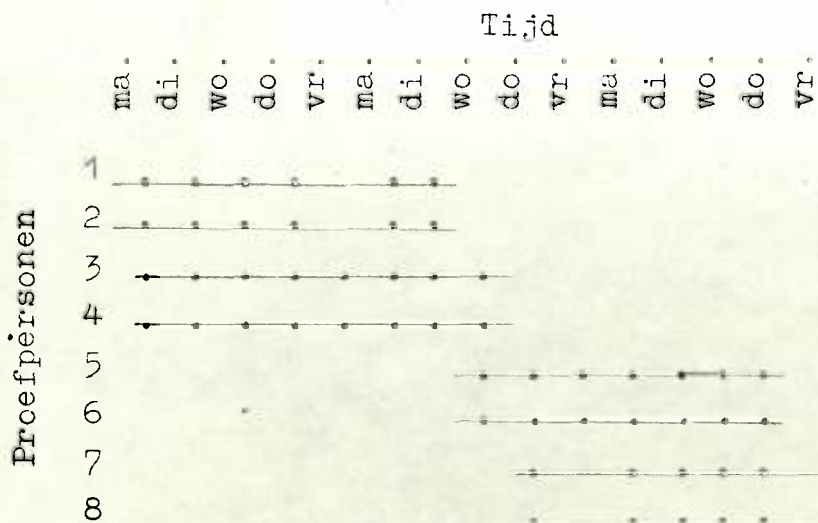
Het is noodzakelijk dat de manoeuvres uitgevoerd worden door proefpersonen die ervaring hebben in het besturen van tankers van 70.000 DWT en grote containerschepen, bij voorkeur loodsen die ervaring hebben met deze schepen in het soort vaarwater waarin de proeven uitgevoerd zullen worden.

Het zal dus de toepasbaarheid van de resultaten ten goede komen als de proeven uitgevoerd zouden kunnen worden door loodsen van de Schelde. Voorts zal het nodig zijn dat de deelnemende loodsen van te voren geoefend worden, om enigszins vertrouwd te raken met het gewijzigde vaarwater.

Om de omvang van het onderzoek te beperken zal het noodzakelijk zijn dat de loodsen roerorders geven in tegenstelling tot koersorders. De overige bemanning van de brug kan beschikbaar gesteld worden door het N.S.P. De proeven zullen uitgevoerd worden in een twee ploegen dienst. Een ploeg bestaat uit twee proefpersonen die afwisselend een manoeuvre uitvoeren. Verwacht wordt dat de proeven volgens onderstaand schema uitgevoerd zullen worden:

Schema 1: Tijd dat de proefpersonen beschikbaar moeten zijn voor het experiment.

Overnachtingen zijn aangegeven met --



2.3. Navigatiehulpmiddelen en zicht

De navigatiehulpmiddelen die de loods ten dienste zullen staan zijn die welke op de bruggen van deze schepen gewoonlijk aanwezig zijn. Een radarsimulator met 16 inch beeldscherm is op de brug geïnstalleerd.

De techniek van het simuleren van het buitenbeeld is nog niet zo ver verfijnd dat omstandigheden van helder zicht gesimuleerd kunnen worden. Derhalve zal slechts vaag buitenbeeld gesimuleerd kunnen worden van de oevers, de dam en de boeien. Met name het schatten van de afstand tot de boeien en de dam zal het nauwkeurigst met de radar kunnen geschieden. De boeien bakens enz. worden volgens de R.W.S.-tekening gelegd. Tijdens het passeren van een tegemoet komend schip zal het niet mogelijk zijn om dit schip op het buitenbeeld te simuleren, het eigenlijke passeren van beide schepen zal derhalve op radar moeten geschieden.

2.4. Manoeuvres

a. Manoeuvreren in het kanaal van Bath

De manoeuvre door het kanaal van Bath begint op enige afstand vóór de ingang van het kanaal en strekt zich uit over de lengte van het kanaal met een uitloop na het kanaal.

De totale lengte van de manoeuvre zal dan ongeveer 3 zeemijl bedragen (Zie Fig. 1).

Voorgesteld wordt om te varen onder een aantal uiterste kondities van vaarsnelheid en waterdieptediepgang verhoudingen, die uiteraard afhangen van de scheepstypen.

Gelet op de maximale waterdiepte bij 3 uur voor hoogwater en de onderzochte kondities in de ondiepwater sleeptank wordt voorgesteld om de waterdiepte - diepgang verhouding 1,1 voor de tanker en 1,2 voor het containerschip te onderzoeken.

Bij H.W. zouden de waterdiepte-diepgangsverhoudingen 1,3 voor de tanker en 1,4 voor het containerschip onderzocht kunnen worden, gelet op de maximale waterdiepte van 16,90 m. Bij deze waterdiepten behoren maximaal bereikbare snelheden die voorgeschreven zijn door het geïnstalleerde vermogen. Voorgesteld wordt om drie snelheden te onderzoeken; $1 * V_{max.}$; $0,85 * V_{max.}$ en $0,7 * V_{max.}$. In tabel 1 is aangegeven welke snelheden bij welke waterdiepte onderzocht zullen worden.

	Waterdiepte/ diepgang	$1 * V_{max.}$ kn.	$0,85 * V_{max.}$ kn.	$0,7 * V_{max.}$ kn.
Tanker	1,1	9,0	7,65	6,3
	1,3	12,5	10,6	8,75
Container- schip	1,2	15	12,75	10,5
	1,4	16	13,6	11,2

Tabel 1: De te onderzoeken snelheidscondities per waterdiepte voor beide schepen.

De manoeuvres zullen zowel rivieropwaarts als afwaarts uitgevoerd worden.

Tijdens de manoeuvres waarbij een ander schip gepasseerd zal worden, zijn de plaats van het passeren en de passeerafstand van te voren vastgesteld. Gelet op ervaring met vorige onderzoeken, zouden de volgende passeerplaatsen kunnen worden gekozen:

- i op $1/3$ na het begin van de bocht
- ii op $2/3$ na het begin van de bocht.

Deze passeerplaatsen zijn aangegeven in Fig. 1.

Indien men deze in de figuur getekende schepen beurte-
lings als het eigen schip beschouwt, dan verkrijgt men
4 passeerplaatsen.

De passeerproeven zullen uitsluitend gedaan worden
rond 3 uur voor hoogwater, daar de passeergegeven uit-
sluitend bekend zijn bij een waterdiepte-diepgang ver-
houding van 1,2 voor de tanker.

Tijdens het varen met het containerschip zal de invloed
van wind onderzocht moeten worden. Voorgesteld wordt om
een ZW-ten wind, windkracht 7 op de Beaufortschaal te
onderzoeken.

2.5. De schepen

In de experimenten zullen twee schepen onderzocht worden
waarvan verwacht mag worden dat de omstandigheden het
meest kritisch zijn.

Deze schepen zullen een geladen 70,000 DWT tanker en
een groot containerschip zijn.

In tabel 2 zijn de afmetingen van de schepen gegeven.

Tabel 2: Afmeting van de betrokken schepen

	Tanker (3699)	Trio (3978)
Lengte ll	229.40 m	270.00 m
Breedte	37.00	32.20
Diepgang	12.815	11.50
Deplacemnt	91,929 m ³	60,968 m ³
GK	8.80 m	13.49 m
MG	6.42 m	1.15 m
E ₁ voor spt. 10	6.95 m	11.00 m



Fig. 1. De manoeuvres in het kanaal van Bath.
De voorgesjabbele passeerplaatsen zijn aangegeven met scheepjes.

2.6. Hydrodynamische aspecten

Om een goede toepasbaarheid van de uitkomsten te bewerkstelligen is het noodzakelijk dat de belangrijke hydrodynamische invloeden op de juiste wijze gesimuleerd worden. Met name de invloeden van squat, ondiepwaterstroming en oeverzuiging moeten in het mathematisch model betrokken worden. De invoergegevens zullen verkregen worden uit de metingen van de ondiepwater sleeptank en de golf-stromingstank.

De getijstromen rond 3 uur voor hoogwater zijn bij benadering konstant van sterkte. Het lijkt dan ook niet zinvol om meerdere vertrektijden te onderzoeken rond 3 uur voor hoogwater. Bij vertrektijden rond hoogwater daarentegen zijn aanzienlijke stroomsterkteverschillen mogelijk. Het lijkt daarom interessant om het gebied 1 uur voor tot 1 uur na hoogwater te onderzoeken in bijvoorbeeld 3 punten. Zie Fig. 2 en Fig. 3.

2.7. Training

Om een goede beoordeling te verkrijgen van de bevaarbaarheid van de bocht is het noodzakelijk, dat de proefpersonen voldoende vaardigheid verkrijgen in de voor hen nieuwe situatie. Daarom wordt voorgesteld een geprogrammeerde training uit te voeren met het doel de proefpersonen tot eenzelfde peil te trainen. Het aantal trainingsvaarten is daardoor voor elke persoon verschillend. Geschat wordt dat per proefpersoon gemiddeld 10 trainingsvaarten gemaakt zullen worden.

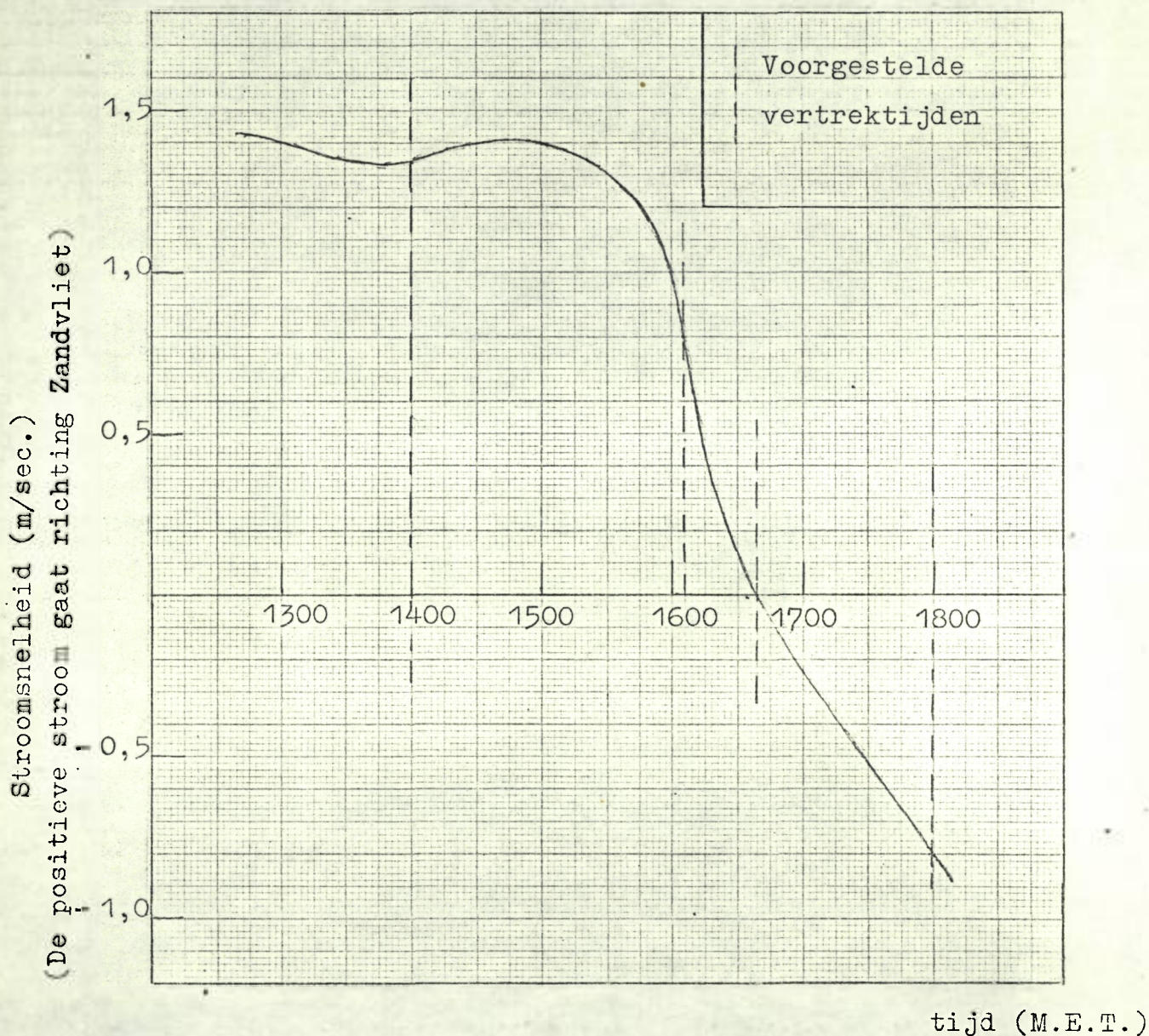


Fig. 2. Gemiddelde stroomsnelheden in de bochtaf-
snijding bij Bath met de voorgestelde
vertrektijden.

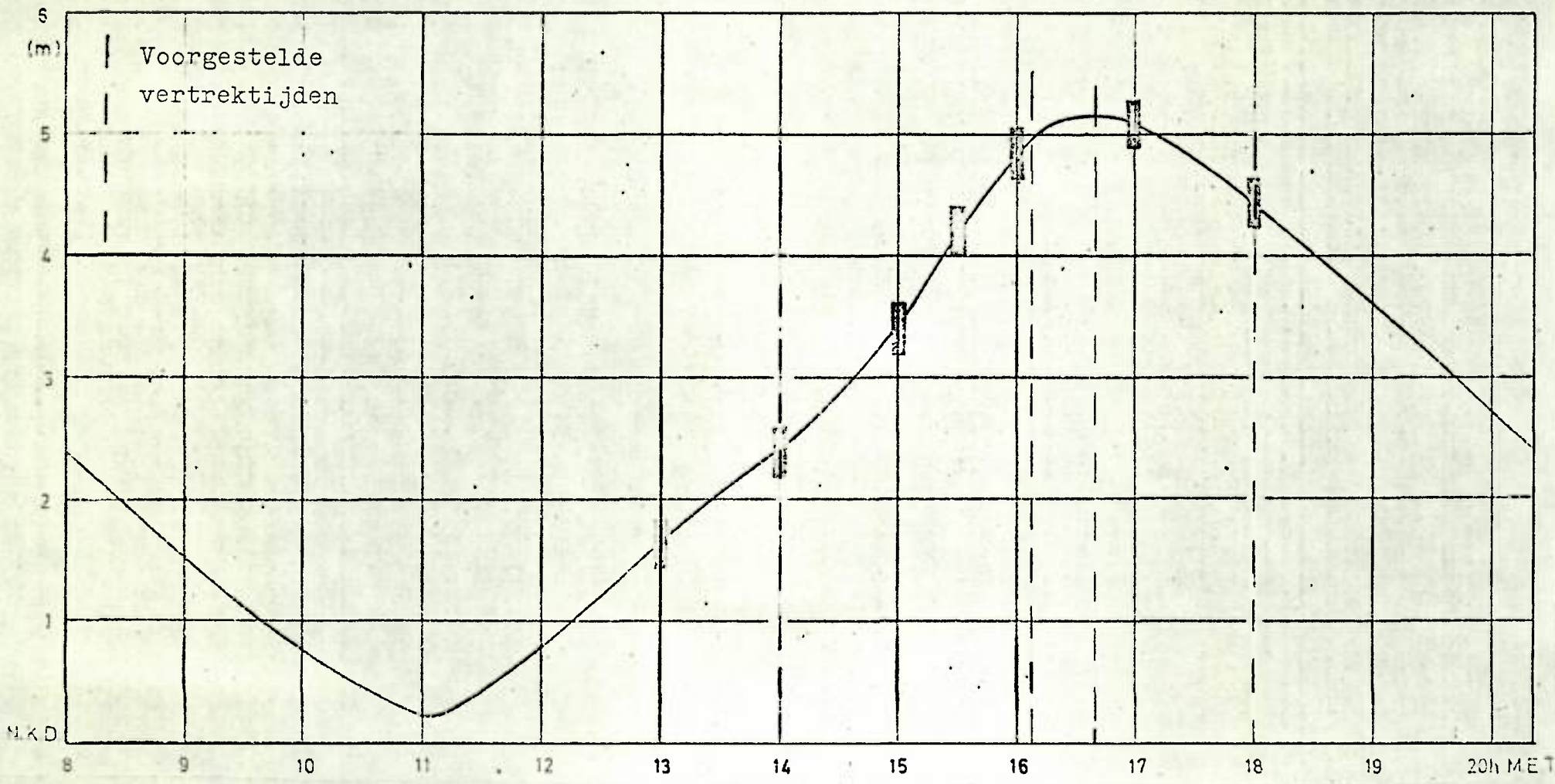


Fig. 3. Gemiddelde verhogingen nabij de bochtafsnijding bij Bath met de voorgestelde vertrektijden.

3. Experimenteerplan

Het experimenteerplan bepaalt de systematische variatie van de combinatie van de onafhankelijke variabelen van het experiment, zoals scheepstype, snelheid, passeerafstand enz. De keuze welke combinaties in het experiment voor zullen komen hangt af van de belangrijkheid van de variabelen en het aantal noodzakelijke herhalingen. Dit hangt af van het belang van de variabele en de te verwachten invloed.

In tabellen 3a. en 3b. is een overzicht gegeven van de onafhankelijke variabelen en het aantal niveau's waarop deze in het experiment voorkomen.

Tabel 3a.: Analyseerbare variabelen van hoofdexperiment. "Manoeuvreren in het kanaal van Bath".

Hoofdexperiment	
Variabelen	Niveau's
Schepen	2
Snelheden	3
Loodsen	8
Vaarrichting	2
Waterdiepte-diepgang verhouding gecombineerd met stroomsnelheid	4

Tabel 3b.: Analyseerbare variabelen van het passeerexperiment

Passeerexperiment	
Variabelen	Niveau's
Schepen	1
Loodsen	8
Vaarrichting gecombineerd met passeerplaatsen	4

4. Rapportage

4.1. Analyse

Er zal geregistreerd worden door de navigator op de brug. De navigator plot de positie van het schip om de minuut in de kaart. Deze registraties zullen het eerst beschikbaar zijn en zullen opgeleverd worden in het rapport van de voorlopige resultaten.

Op de 8-kanaals pen-recorder zullen de bewegingen van het schip vastgelegd worden. Deze registraties zullen ook opgeleverd worden in het rapport van de voorlopige resultaten.

Op de digitale tape-unit zullen de volgende signalen geregistreerd worden:

- a. Koördinaten van het zwaartepunt van het schip ten opzichte van de as van het vaarwater.
- b. De voorwaartse snelheid over de grond.
- c. De koers en koershoeksnelheid.
- d. De roerhoek.

Uit deze signalen zullen de volgende resultaten berekend worden per hoofdeffekt en belangrijkste interactie:

- a. De gemiddelde vaarbanen van het schip.
- b. De gemiddelde snelheid als functie van de afgelegde weg.
- c. De gemiddelde koers en koershoeksnelheid als functie van de afgelegde weg.
- d. De gemiddelde roerhoek als functie van de afgelegde weg.
- e. Tijdsduur van de manoeuvre.
- f. Maximale uitwijking van het zwaartepunt van het schip uit de as van het vaarwater.

- g. Gemiddelde absolute roerhoek; aantal roerbewegingen en aantal nuldoorgangen van het roer.
- h. Gemiddelde absolute koershoeksnelheid en aantal nuldoorgangen van de koershoeksnelheid.
- i. Aantal telegraafbewegingen.

Deze analyses zullen uitgevoerd worden op de CDC-computer. De standaard programmatuur is hiervoor aanwezig.

4.2. Het toetsen van hypothesen

De gevonden effecten moeten getoetst worden op significantie, dat wil zeggen dat bepaald wordt of de gevonden effecten toegeschreven kunnen worden aan het toeval, of dat zij het gevolg zijn van vaarsnelheid, schip enz. Voorlopig wordt daarbij aangenomen dat de variabelen van het proces voldoen aan de Gaussische normaal verdeling. Na afloop van de analyse moet deze hypothese getoetst worden.

Alleen de significante effecten zullen besproken worden in het rapport.

Voor een nadere toelichting zie de Appendix.

4.3. Opleverings termijn

Het rapport met de definitieve resultaten zal 12 weken na beëindiging der proeven opgeleverd worden.

5. Interpretatie van de resultaten

Indien metingen verricht worden aan stochastische processen, zoals het manoeuvreren met schepen, dan zullen de uitkomsten ook weer een stochastisch karakter hebben.

Dit wil zeggen dat indien men het gehele experiment nogmaals onder identieke omstandigheden uit zou voeren, men uitkomsten zou vinden die niet precies overeen komen met de eerder gevonden waarden. Men moet derhalve de vraag stellen wat de verwachting is dat de uitkomsten tussen twee van te voren vastgestelde grenzen zullen liggen indien het experiment herhaald zou worden. De omvang van het experiment moet zodanig zijn dat deze betrouwbaarheidsgrenzen voor het gestelde probleem voldoende dicht bij elkaar zullen liggen.

6. Kostenraming

a. Gebruik van de simulator voor 100 uur à Hfl 750,- per uur voor het hoofdexperiment	Hfl 75.000,-
b. Gebruik van de simulator voor de training (40 uur)	- 30.000,-
c. Registratie en analyse van 3 signalen, dwarsafstand tot de aslijn van het vaar- water, de koers en de roerhoek	- 57.600,-
d. Voorbereiding	- 23.000,-
e. Instrumentatie	- 8.000,-
f. Rapportage	- 15.000,-
g. Akkomodatie proefpersonen, waarin begrepen:	
i Hotelkosten met ontbijt en diner voor 8 personen (ca. 56 overnachtingen)	
ii Transportkosten voor het halen van en het brengen naar het hotel van de proefpersonen	
iii Lunches die op het N.S.P. gereserveerd worden	
	- 3.900,-
	<hr/>
Totaal	Hfl 212.500,-
	<hr/>

Toelichting

De kostenraming van het definitieve onderzoek is hoger uitgevallen dan de oorspronkelijke offerte (zie de bijlage bij de brief van 18 augustus 1972 aan Bouwbureau Schelde-Rijn-verbinding "Herzien voorstel betreffende een modelstudie omtrent de nautische aspecten van de bochtafsnijding bij Bath").

De kostenverhogende factoren zijn:

i De extra voor training (post b).

Het is gebleken bij andere onderzoeken dat het volgen van een gekromd kanaal qua besturingstechniek duidelijk verschilt van het volgen van een geknikt vaarwater. Om te voorkomen dat de proefpersonen zich nog te veel in een leerproces bevinden tijdens het hoofdexperiment, hetgeen de betrouwbaarheid en de toepasbaarheid van de resultaten nadelig beïnvloedt, wordt deze voortraining noodzakelijk geacht.

ii Uitgebreidere voorbereidingen als gevolg van het gekompliseerdere buitenbeeld en de uitgebreidere analyse.

APPENDIX I

Beschrijving van de gebruikte analysemethode en omschrijving van de daarin voorkomende begrippen

Afhankelijke en onafhankelijke variabelen

Bij het opstellen van het proevenprogramma wordt een veronderstelling gemaakt over de belangrijkheid van de invloed van variabelen als vaarsnelheid, soort manoeuvre, navigatiehulpmiddel, op de wijze waarop manoeuvres uitgevoerd worden.

Dan wordt bepaald in welke van de invloeden van deze variabelen op de wijze waarop de manoeuvres uitgevoerd worden men geïnteresseerd is. De invloed van deze variabelen wordt op een aantal niveau's onderzocht. (Bijvoorbeeld aanvangssnelheden van 3 en 6 kn.) Indien dit is vastgesteld, dan wordt de keuze van deze variabelen niet meer beïnvloed door de wijze waarop de manoeuvres door de proefpersonen uitgevoerd worden en worden daarom de onafhankelijke variabelen genoemd. De afhankelijke variabelen zijn de variabelen die geregistreerd worden tijdens het experiment en waarvan de uitkomst afhankelijk is van de wijze waarop de manoeuvres uitgevoerd worden. Door middel van het experiment wordt dus getracht een inzicht te krijgen van de invloed van de onafhankelijke variabelen op de afhankelijke variabelen.

Experimenteerplan en analyseerbare effecten

Welke invloeden van onafhankelijke variabelen en combinaties van onafhankelijke variabelen van belang zijn is bepalend voor de uitvoering van het experimenteerplan.

In het algemeen neemt de omvang van het experiment toe indien men de invloed van meer onafhankelijke variabelen, of combinaties hiervan, wil onderzoeken.

De in het gekozen experimenteerplan analyseerbare invloeden van onafhankelijke variabelen en combinaties daarvan worden de analyseerbare effecten genoemd.

Lineair model, interacties

Van de invloed van de onafhankelijke variabelen op de afhankelijke variabelen wordt een lineair mathematisch model gemaakt. Dit wil zeggen dat de effecten optelbaar worden. Indien bijvoorbeeld bij snelheid V_1 kleinere roerhoeken gebruikt worden dan bij V_2 en bij schip S_1 kleinere roerhoeken gebruikt worden dan bij schip S_2 , dan betekent dit dat de roerhoeken bij V_1 en S_1 bepaald worden als de gemiddelde roerhoeken van alle manoeuvres met S_1 en S_2 , V_1 en V_2 verminderd met het halve verschil van de roerhoeken V_1 en V_2 en verminderd met het halve verschil van de roerhoeken van S_1 en S_2 . Het is mogelijk dat dit in belangrijke mate onjuist is omdat bij schip S_1 en snelheid V_1 juist grotere roerhoeken gebruikt worden. In dat geval is er sprake van een interactie tussen V en S . Het experimenteerplan moet dan zo gemaakt worden dat deze interactie analyseerbaar is.

Interacties tussen twee onafhankelijke variabelen worden interacties van de eerste orde genoemd, interacties tussen i variabelen worden $(i - 1)$ - orde interacties genoemd.

Orthogonaal experimenteerplan, residuen

Het kwalificeren van de invloeden van de onafhankelijke variabelen op de afhankelijke variabelen komt overeen met het oplossen van een stelsel lineaire vergelijkingen waarvan de rechterzijde gevormd wordt door de gemeten waarden van de onafhankelijke variabelen, terwijl aan de linkerzijde lineaire combinaties staan van de effecten. In vektornotatie luidt het stelsel:

$$N \cdot e = \underline{w}$$

waarin \underline{w} de waarnemingsvektor is, \underline{e} de vektor is die gevormd wordt door de analyseerbare effecten en N de matrix is die bepaald is door het experimenteerplan. De vektoren die gevormd worden door de kolommen van de matrix N staan loodrecht op elkaar, zodat de te berekenen onbekende vektor \underline{e} gevonden wordt door beide leden met de getransponeerde matrix N^T te vermenigvuldigen.

$$N^T N \underline{e} = N^T \underline{w} \quad (2)$$

Uit deze vermenigvuldiging volgt:

$$D \underline{e} = N^T \underline{w} \quad (3)$$

Waarin D een diagonaal matrix is waaruit door nogmaals beide leden met de matrix D^* te vermenigvuldigen, waarin de getallen op de diagonaal gevormd worden door de reciproke van de overeenkomstige getallen op de diagonaal van D , volgt:

$$\underline{e} = D^* N^T \underline{w} \quad (4)$$

zodat nu de effecten bepaald zijn.

Indien de matrix $D^* N^T$ uitgewerkt wordt, dan blijkt dat bij toepassing van het orthogonale proefschema de effecten gevonden worden door de gemiddelden van de uitkomsten van afhankelijke variabelen voor de verschillende niveau's van de afhankelijke variabelen met elkaar te vergelijken. Dit is niet verwonderlijk omdat de effecten ook op deze wijze gedefinieerd zijn.

Bovendien geldt dat het verschil tussen deze groepen van gemiddelden zuivere lineaire schatters zijn van deze effecten, hetgeen wil zeggen dat de verwachting is dat hetzelfde effect gevonden zou worden als men de proef een oneindig aantal malen zou herhalen en dat het effect onafhankelijk is van het gekozen proefschema.

Restterm, residuen, standaardafwijking van de residuen en
signifikantie

Het stelsel vergelijkingen (1) is overbepaald en strijdig, hetgeen wil zeggen dat het aantal vergelijkingen groter is dan het aantal onbekende elementen van \underline{e} terwijl er geen \underline{e} te bepalen is zodanig dat aan alle vergelijkingen voldaan wordt. Om de strijdigheid op te heffen wordt aan het rechter lid een "restvektor" toegevoegd zodat het stelsel wordt:

$$N \underline{e} = \underline{w} + \underline{r} \quad (5)$$

Deze restvektor heeft als elementen $r_1, r_2 \dots r_n$ die residuen genoemd worden.

Om het stelsel bepaald te maken, moet gelden dat het aantal vrijheidsgraden van de restvektor gelijk is aan het aantal vergelijkingen verminderd met het aantal elementen van vektor \underline{e} . Hetzelfde volgt uit de definitie van effecten, dat eist dat:

$$N^T \underline{r} = \underline{0} \quad (6)$$

Dit is ook alleen mogelijk indien het aantal vrijheidsgraden van de restvektor gelijk is aan het voornoemd verschil.

Uit de restvektor wordt een zuivere schatting gemaakt van de standaardafwijking SA volgens de formule:

$$E(SA) = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}} \quad (7)$$

waarin $E(SA)$ de geschatte waarde van SA is en v het aantal vrijheidsgraden van de restterm.

Met behulp van de standaardafwijking wordt een schatting gemaakt van de significantie.

Indien een gevonden effect klein is ten opzichte van de standaardafwijking, dan mag men niet konkluderen dat dit verschil echt bestaat, daar het mogelijk is dat dit verschil opgetreden is door toeval. Voor het al of niet verwerpen van de "nulhypothese" dat het gevonden verschil aan toeval toegeschreven moet worden, zijn toetsingsprocedures ontwikkeld. In het huidige onderzoek is de toetsingsprocedure van Fisher toegepast. Bij deze procedure wordt getoetst of:

$$\frac{\underline{E}^2/n - 1}{\underline{r}^2/v} > F_{n-1, v}(p) \quad (8)$$

waarin:

\underline{E}^2 = het kwadraat van het effect vermenigvuldigd met het aantal betrokken waarnemingen

n = het aantal niveau's waarop het effect onderzocht is

\underline{r}^2/v = de schatter van de standaardafwijking van de residuen

p = de kans op een foute uitspraak indien de nulhypothese aangenomen wordt.

Het is duidelijk dat het quotiënt in het linker lid van de ongelijkheid groter is naarmate het effect groter wordt en dat het kleiner wordt indien de standaardafwijking groter wordt.

Het getal F is vastgelegd in tabelvorm en is afhankelijk van de getallen $(n-1)$ en v en wel zodanig dat F afneemt voor grotere waarden van $(n-1)$ en v .

Indien een effect dat klein is ten opzichte van de standaardafwijking aangetoond moet worden dan zal het aantal waarnemingen groot moeten zijn omdat hierdoor het getal v toeneemt.

F neemt toe voor kleinere waarden van p .

Indien de nulhypothese verworpen wordt, dan wil dit zeggen dat men de uitspraak doet dat het gevonden verschil niet aan toeval toegeschreven wordt, dochaan de invloed van de onafhankelijke variabele met een kans p dat deze uitspraak fout is. Indien de nulhypothese op grond van de toetsing niet verworpen kan worden dan betekent dit uitsluitend dat de nulhypothese niet verworpen kan worden met kans p op een foute uitspraak, doch dit betekent dat het effect niet bestaat!

APPENDIX II

Beschouwingen bij de bepaling van een kanaalbreedte uit
de standaardafwijkingen

De in het experiment te meten onafhankelijke variabelen hebben een willekeurig karakter. Dit wil zeggen dat men de uitkomst van een experiment in zo verre kan voorspellen dat een kans aan te geven is dat de uitkomst of uitkomsten tussen twee grenzen vallen.

Het doel van de experimenten moet dus zijn om deze kansen en bijbehorende grenzen te bepalen. Gezien de aard van het proces is aangenomen dat een gedrag ervan te beschrijven is door een gemiddelde en een normale verdeling, ofwel in formule:

$$P \left\{ a < x < b \right\} = \frac{1}{SA \sqrt{2\pi}} \cdot \int_a^b e^{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x-m}{SA}\right)^2} dx \quad (9)$$

Waarin:

- x** = de te beschrijven uitkomst van het experiment
- a** = onderste limiet van de uitkomst
- b** = bovenste limiet van de uitkomst
- e** = grondtal van de natuurlijke logaritmen
- m** = de gemiddelde waarde van x
- SA** = standaardafwijking van x.

Uit het experiment worden de onbekenden m en SA bepaald.

Indien de standaardafwijking, dat is (zoals in vergelijking (9) blijkt) een maat voor de spreiding rond het gemiddelde m, voor het betrokken probleem een belangrijke grootte is, dan is het interessant om te weten of de standaardafwijking afhangt van de onafhankelijke variabelen.

Hiertoe wordt het experiment ongesplitst in deelexperimenten, zodat elk deelexperiment de verzameling is van de onafhankelijke variabele op hetzelfde niveau. Van deze deelverzamelingen worden de standaardafwijkingen bepaald. Indien men geïnteresseerd is in de verschillen van deze standaardafwijkingen, dan kan men dit toetsen met de F-toets volgens de formule:

$$\frac{V_B \cdot SS_A^2}{V_A \cdot SS_B^2} > F_{V_A, V_B} (p) \quad (10)$$

Waarin:

SS_A^2 = som van de kwadraten van de afwijkingen van het gemiddelde van deelverzameling A

SS_B^2 = idem voor B

V_A = aantal waarnemingen in deelverzameling A verminderd met 1

V_B = idem voor B.

Het is duidelijk dat het opsplitsen van het experiment in deelexperimenten tot nadeel heeft dat het aantal waarnemingen per deelverzameling steeds kleiner wordt, waardoor het onderscheidingsvermogen van de toets afneemt.

De standaardafwijking zoals deze bepaald wordt om de spreiding aan te geven rond gemiddelde vaarbanen is de belangrijkste maat voor het bepalen van de kansaalbreedte. Beschouwen we een willekeurige plaats op de geleidelijn, dan kunnen we ons afvragen wat de afstand is waarop het zwaartepunt van het schip dit punt zal passeren indien we één vaart langs de geleidelijn maken. In het vorige is naar voren gekomen dat we deze vraag moeten stellen in de vorm van vergelijking (9).

Indien we aan weerszijden van de gemiddelde manoeuvre, die op afstand m van de geleidelijn ligt, tweemaal de standaardafwijking optellen, dan ontstaat een "poort" waarvan gezegd kan worden dat de kans dat het zwaartepunt binnen de grenzen van de "poort" passeert 0,95 is. (Hierbij is de kans $p = 1$ als de zekere gebeurtenis gedefinieerd). In formule (9) wordt dit als volgt weergegeven:

$$P \left\{ m - 2 * SA < x < m + 2 * SA \right\} = \frac{1}{SA * \sqrt{2\pi}}$$

$$\int_{m - 2 * SA}^{m + 2 * SA} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - m}{SA} \right)^2} dx = 0,95 \quad (11)$$

In Fig. A1 is dit nogmaals weergegeven, voor het geval $m = 0$, $SA = 1$.

In het algemeen is men echter geïnteresseerd in de beantwoording van de volgende vraag: "Hoe breed moet het kanaal gekozen worden opdat de kans dat gedurende n achtereenvolgende manoeuvres de kanaalgrenzen niet overschreden worden kleiner is dan p ". In de vorm van formule (9) uitgedrukt luidt het antwoord:

$$P \left\{ \begin{array}{l} \text{gedurende } n \text{ achtereenvolgende manoeuvres worden de} \\ \text{kanaalgrenzen die liggen op } a * SA \text{ en op } b * SA \text{ aan} \\ \text{weerszijden van de gemiddelde manoeuvre niet overschre-} \\ \text{den.} \end{array} \right\}$$

$$\frac{1}{SA * \sqrt{2\pi}} \int_{m + a * SA}^{m + b * SA} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - m}{SA} \right)^2} dx \Bigg]^n = p_2 \quad (12)$$

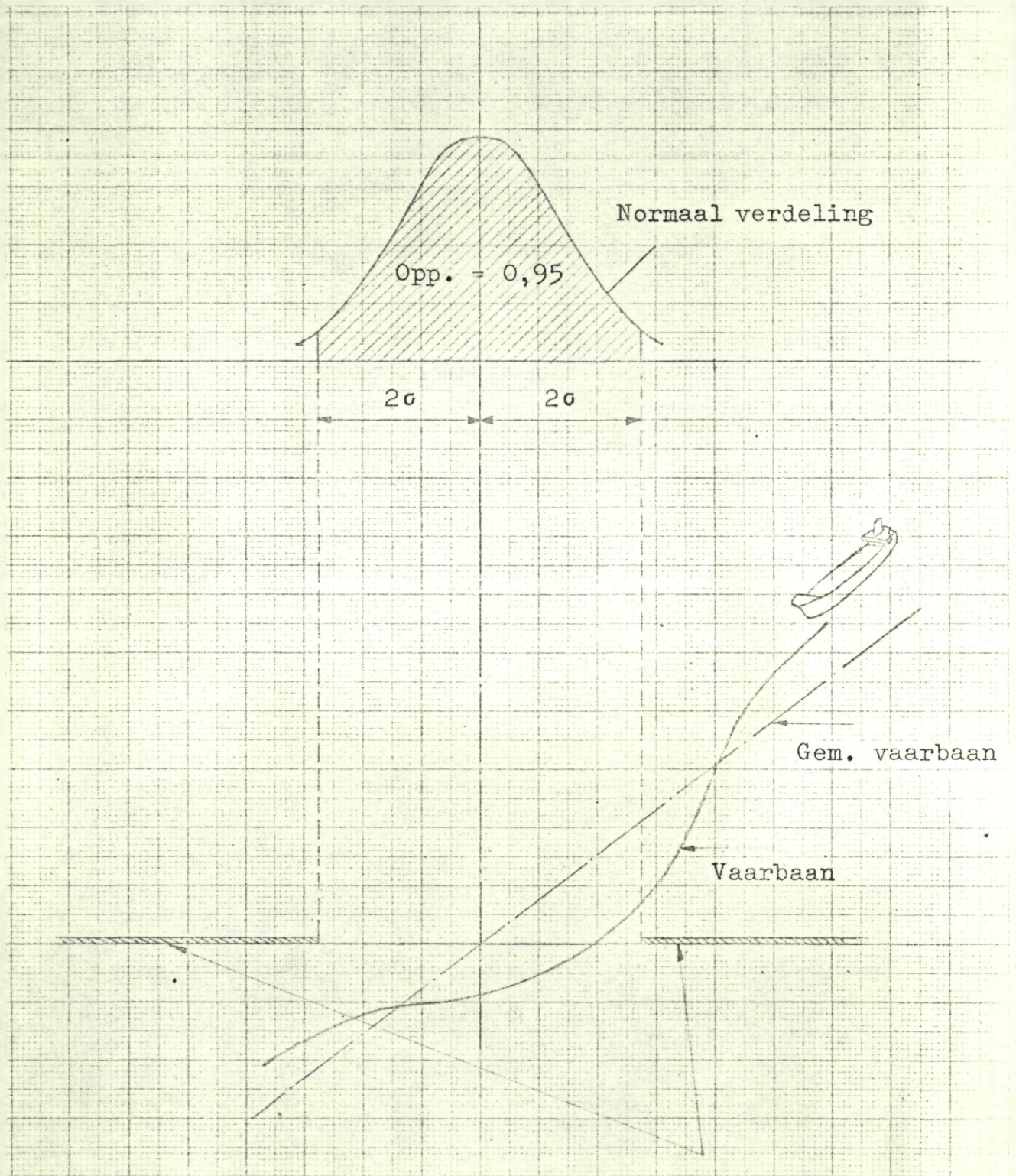
Indien m en SA bekend zijn en n bepaald is uit de tijd waarvoor men het systeem ontworpen heeft en het aantal manoeuvres per tijdseenheid en men heeft de veiligheidsfaktor p gekozen, dan blijven a en b over om uit de vergelijking bepaald te worden. Veelal zal men a en b gelijk kiezen, doch tegengesteld van teken, waardoor men a en b uit vergelijking (12) kan bepalen.

Vergelijking (12) geeft de relatie aan tussen

- SA , de standaardafwijking
- a en b , factoren
- n , het aantal manoeuvres
- p , de overschrijdingskans.

Indien drie van de factoren bekend zijn, dan kan de vierde faktor bepaald worden.

In Fig. A2 is het verband weergegeven tussen de zekerheidsfaktor p , het aantal manoeuvres n en het aantal malen a dat de standaardafwijking aan weerszijden van de gemiddelde vaarbaan opgeteld moet worden om de benodigde kanaalbreedte te verkrijgen.



Kanaalbegrenzungen in één
doorsnede van het kanaal

Fig. A1: De oppervlakte van de gearceerde figuur geeft de kans aan dat tijdens één vaart de kanaalbegrenzungen van de doorsnede niet overschreden worden

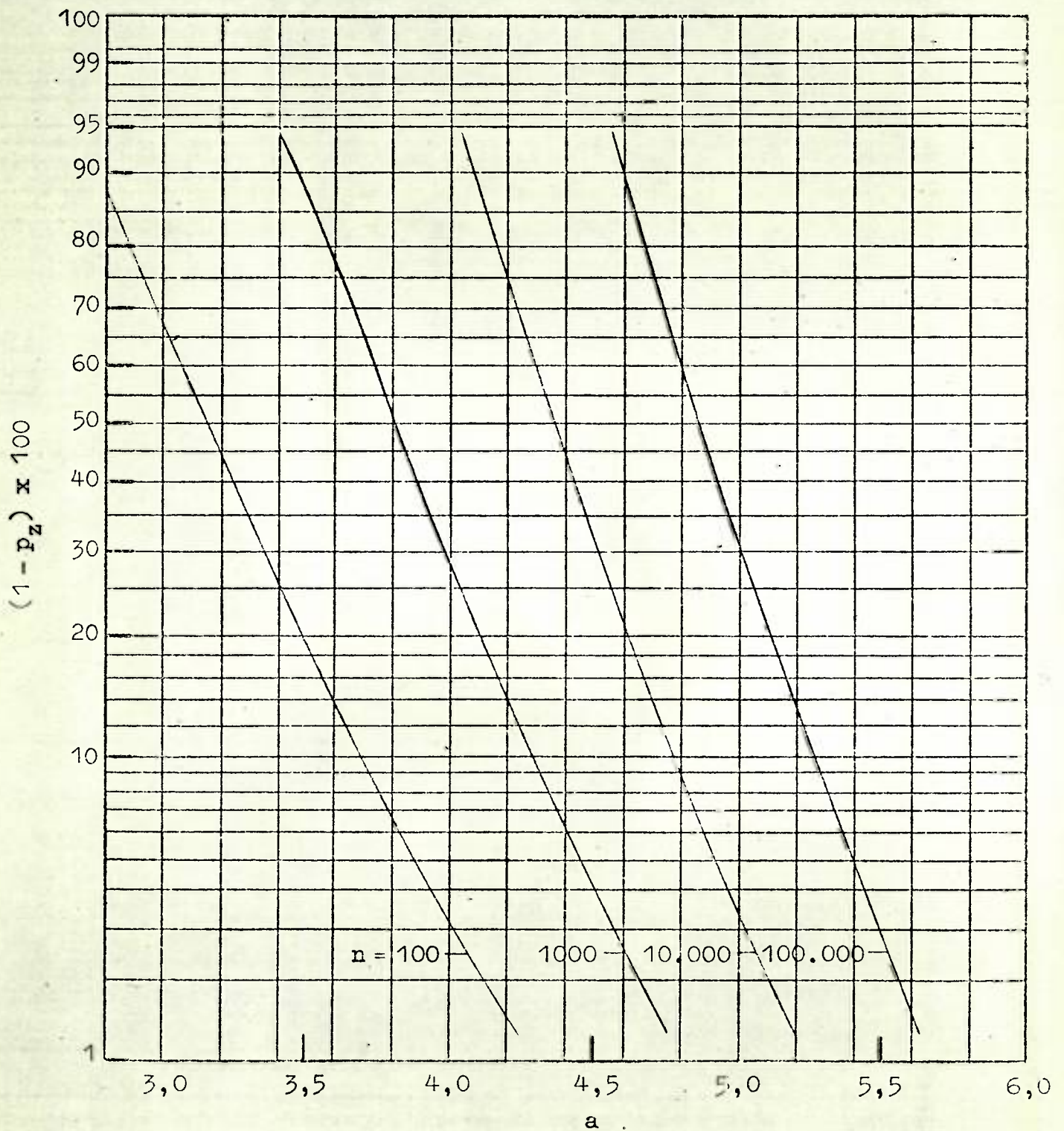


Fig. A2: Het verband tussen de zekerheidsfactor p_z , het aantal manoeuvres n en het aantal manholes a dat de standaardafwijking aan weerszijde van de gemiddelde vaarbaan opgeteld moet worden om de benodigde kanaalbreedte te krijgen