

SCHEEPSVORMGENERATIE

Afstudeerhoogleraren : J.D. van Manen
M.C. Meijer

Afstudeerbegeleider : A. Koops

H.J. Koelman
Markt 14
2611 GT Delft
015 - 136972

11 januari 1985

SHIPBUILDING
It's it worth it
A new winter coat and shoes for the wife
And a bicycle on the boy's birthday
It's just a rumour that was spread around town
By the women and children
So don't ask you
Well I ask you
THEY'RE GOING TO TAKE ME TO TASK
DON'T TELL ME BACK BY CHRISTMAS
It's just a rumour that was spread around town
Someone said that someone got killed in
For saying that people got killed in
The midst of this shipbuilding
Which all the will in the world
Driving for dear life
When we could be diving for pearls
It's just a rumour that was spread around town
A telegram or a picture postcard
Within weeks they'll be re-opening the shipyards
And realizing the next of kin
Once again
We will be shipbuilding
IT'S ALL THE WILL IN THE WORLD
DIVING FOR DEAR LIFE
WHEN WE COULD BE DIVING FOR PEARLS

Door Elvis Costello

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	3
1. Programmaopzet	4
2. Het splineconcept	6
3. De programmawerking	8
4. Bespreking van de diverse programma's	9
4.1 H&MOPT	9
4.2 Het doorsnedemenu	11
4.3 KVS	12
4.4 VORMGEN	13
4.5 VORMUIT	14
5. Voorbeelden en conclusies	14
Literatuuropgave	17
Figuren	22
Tabellen	41

VOORWOORD

Dit rapport beschrijft in grote lijnen de werking van het scheepsvormgeneratieprogramma. Dit is een computerprogramma, bestemd voor het 'ab initio' ontwerp van de vorm van een schip.

De invoer van het programma bestaat ruwweg uit de hoofdafmetingen, enkele coëfficiënten en, het belangrijkste, een idee over de vorm. Dit laatste geeft direct al een beperking aan; de gebruiker zal voldoende scheepsbouwkundig inzicht moeten hebben. Een slecht idee leidt tot een slecht schip.

De uitvoer van het programma bestaat uit een spantentabel en een getekend spantenraam. Tevens wordt de scheepsvorm op schijf opgeslagen t.b.v. verdere bewerking zoals hydrostatica etc.

Het scheepsvormgeneratiesysteem bestaat uit enkele deelprogramma's die zijn geschreven in Pascal. De brontekst is ongeveer 120 pagina's lang. Ter illustratie is in de bijlage één van de programma's toegevoegd.

Het geheel is geïmplementeerd op een Apricot microcomputer met 256 KB werkgeheugen en 2x315 KB schijfgeheugens.

1. PROGRAMMAOPZET

De twee belangrijkste leidmotieven bij de opzet van het programmapakket waren:

- 1 - Het programmapakket moet nieuwe schepen ontwerpen.
Dus geen transformatie van bestaande schepen e.d.
- 2 - Het programma moet gebruik kunnen maken van non-numerieke informatie.
Het komt vaak voor dat er van ontwerp-informatie gebruik wordt gemaakt die niet **vooraf** getalsmatig opgegeven is. Een voorbeeld hiervan is de mate van U-of V vorm van de spanten, hoewel er natuurlijk legio mogelijkheden zijn om deze informatie **achteraf** in getalsvorm te gieten.

Daarnaast waren er algemene wensen, zoals :

- 3 - Een grote verscheidenheid aan rompvormen moet mogelijk zijn.
Zo moet het onder andere mogelijk zijn om schepen met knikken, tumble-home, vlaktilling etc. te ontwerpen. Ook schepen met een bulb en één of meerdere schroeftunnels moeten mogelijk zijn. Bij deze tunnels kan men op problemen stuiten omdat de breedte van een dwarsdoornede geen functie (in wiskundige zin) van de hoogte is, maar slechts een afbeelding.
- 4 - De scheepsvorm moet "zo goed mogelijk" stroken. Het behoort niet tot de primaire doelen van dit project om direct een schaal 1:1 strokende scheepsvorm te ontwerpen, maar elke millimeter extra nauwkeurigheid is welkom. Als eis wordt gesteld dat de minimale nauwkeurigheid overeenkomt met die van een handgetekend lijnenplan, schaal 1:50. Als we stellen dat de handnauwkeurigheid (incl. papierrek) 1 mm is (schaalstokfietstijlen zullen het hiermee oneens zijn) dan dient de nauwkeurigheid van het programma 50 mm te bedragen.
- 5 - De scheepsvorm moet zodanig opgeslagen worden dat nabewerking (bv. nastroken of hydrostatische berekeningen) mogelijk is.

Hoe of in hoeverre is aan deze eisen en/of wensen tegemoet gekomen ?

- ad 1. Het schip wordt volledig nieuw ingevoerd. De Kromme van Spantoppervlakken (KVS) en de dwarsdoorsneden worden op het beeldscherm getekend.
- ad 2. Door de KVS en de dwarsdoorsneden op het scherm te tekenen wordt de impliciete informatie aan het programma meegegeeld. Het programma zorgt voor de aanpassing naar de juiste getalswaarden (zoals oppervlakken etc.), zoveel mogelijk met behoud van de globale vorm en dus van de impliciete informatie.
- ad 3. Door gebruik van maken van een zg. parametrische B-spline kan aan deze eisen tegemoet gekomen worden. (Zie verder hoofdstuk 2.)
- ad 4. De nauwkeurigheid blijkt in gemiddelde gevallen 5 à 10 mm te bedragen.
- ad 5. De scheepsvorm kan op maximaal 500 dwarsdoorneden worden opgeslagen. Deze dwarsdoorneden kunnen dan weer door de andere programma's ingelezen worden.

2. HET SPLINECONCEPT

Voor het weergeven van de tweedimensionale doorsneden wordt gebruik gemaakt van het parametrische B-spline concept. Dit concept is uitgebreid beschreven in o.a. [2], [3], [5], [6] en [23].

De B-spline wordt gedefinieerd door een aantal hoekpunten, de zg. vertices (enkelvoud : vertex). Deze vertices vormen tezamen de zg. definierende veelhoek. De lijn wordt als het ware naar de hoekpunten toe getrokken, men zou kunnen stellen dat de spline een 'strokende afbeelding' van de definierende veelhoek is. Als drie vertices samenvallen dan ontstaat er een daadwerkelijk knikpunt in de lijn.

Om de mate van stroken te beoordelen wordt loodrecht op de spline de kromming uitgezet. Het blijkt dat een slecht strokend punt zich direct uit in een discontinuïteit van de kromming.

Bij het ontwerpen van een lijn worden dus de vertices getekend, waarna de computer de bijbehorende spline uitrekent en eventueel tekent. Het vereist wat oefening en gewenning, maar het blijkt dat met de vertices de vorm van een curve zeer goed te manipuleren is. Het is echter ook mogelijk om de splinepunten op te geven, waarna de computer de bijbehorende vertices berekent.

Ter verduidelijking nu een aantal voorbeelden. De voorbeelden zijn van de KVS-generatie, maar het opstellen van het stevencontour of de spanten gebeurt op volkomen analoge wijze.

Figuur 1 - Blokcoefficient = 0.80

Drukkingspunt 2 % voor $L/2$

Getekend zijn de KVS en de kromming

Figuur 2 - Blokcoefficient = 0.55

Drukkingspunt 2 % achter $L/2$

Figuur 3 - Als figuur 2, maar met de sterke kromming bij de schouders weggewerkt. Het evenwijdig middenschip is daardoor langer geworden.

Figuur 4 - Als figuur 3, met verschoven drukkingspuntligging (0% voor $L/2$). De kromming bij de voorste schouder is iets toegenomen.

Figuur 5 - Als figuur 4, maar nu is de kromming weggelaten en

zijn de vertices getekend.

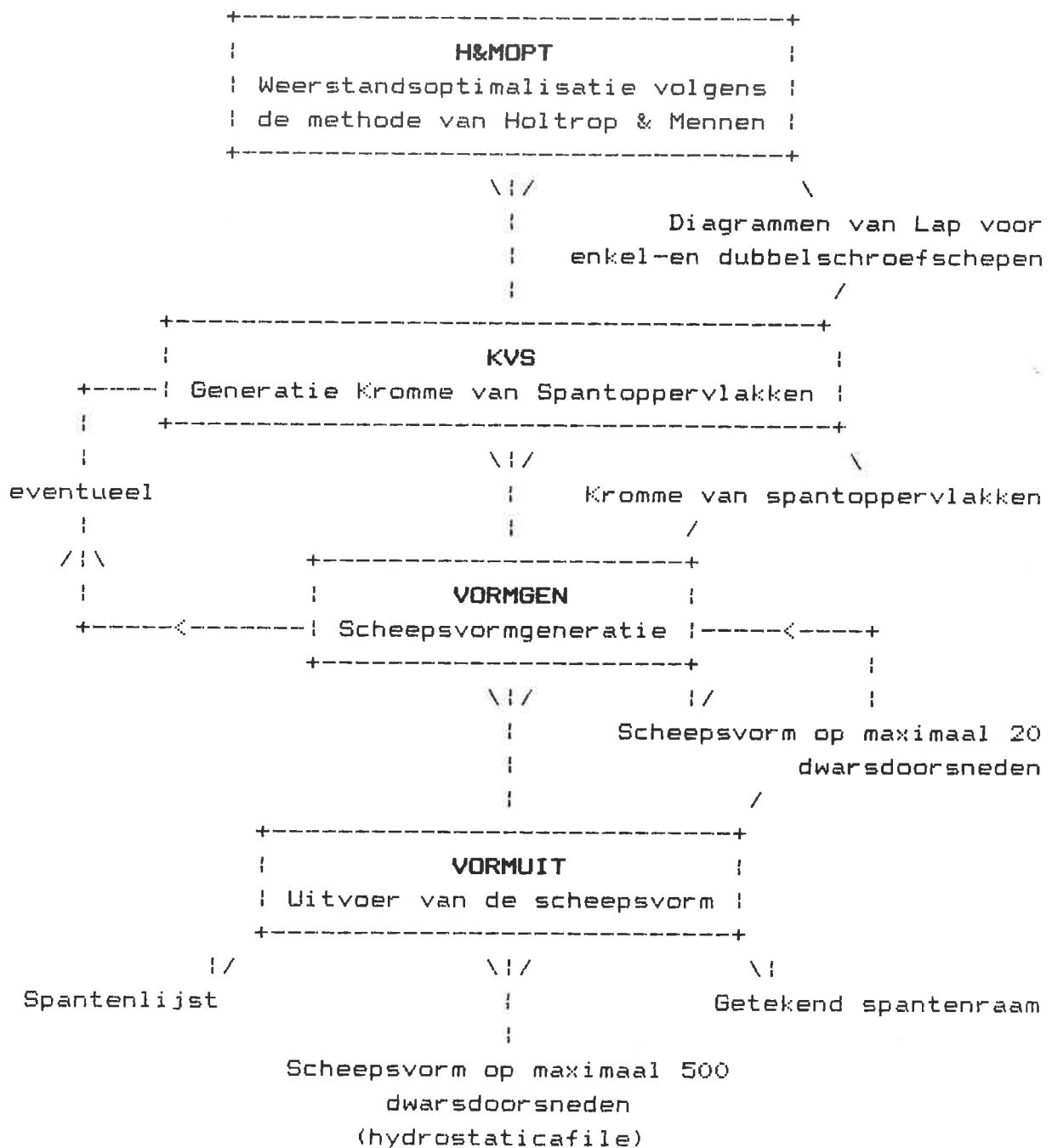
Figuur 6 - Als figuur 5, met alleen de tweede vertex verschoven. Het oppervlak en het zwaartepunt zijn nu niet meer gelijk aan die uit figuur 5.

Figuur 7 - Als figuur 6, maar met het oppervlak en zwaartepunt weer aangepast. Alle vertices zijn verschoven voor de aanpassing, en het globale karakter uit figuur 6 is gehandhaafd.

De dwarsdoorsneden zijn dus splines die door de vertices gedefinieerd worden. Deze vertices worden op hun beurt weer samengesteld in langsrichting. De **vertices** zijn hierbij zelf splinepunten van een spline in langsrichting. Deze langssplines kunnen we "allongaties" noemen. Indien alle punten van een allongatie (toevallig) op dezelfde hoogte liggen dan is de allongatie daarmee een waterlijn. Liggen zij allen op dezelfde breedte dan is de allongatie een verticaal. In het algemeen zijn de allongaties lijnen die min of meer willekeurig over het scheepsoppervlak lopen.

3. PROGRAMMAWERKING

Het programmapakket bestaat uit een aantal deelprogramma's en diverse bestanden die de dataopslag en interprogramma-communica-
tie verzorgen (De programmanaam is **dik** gedrukt) :



4. BESPREKING VAN DE DIVERSE PROGRAMMA'S

4.1 H&MOPT

Met de methode van Holtrop & Mennen [8] kan een weerstandsschatting van een schip gemaakt worden, waarbij de invoer voor de berekening bestaat uit een aantal parameters die de vorm van het schip karakteriseren. Door deze parameters systematisch te variëren kan die combinatie bepaald worden waarbij de weerstand minimaal is.

De parameters die gevarieerd kunnen worden zijn :

- V - snelheid
volume
- L - lengte
- B - breedte
- T - diepgang
- CB - blokcoefficient
- AT - spiegeloppervlak
- ABT - oppervlak van de dwarsdoorsnede t.p.v. de bulb
- HB - hoogteligging van het bulbzwaartepunt
- CM - grootspantcoefficient
- LCB - drukingspuntligging (in % t.o.v. $L_{wl}/2$)

Verder is de aanname gedaan dat het schip gelijklastig is en dat er geen aanhangsels zijn (voor een weerstandsminimalisatie is de aanhangselweerstand niet van belang, omdat ze voor alle alternatieven vrijwel gelijk is).

Als voorbeeld is in tabel 1 een weerstandsminimalisatie gemaakt. De ingevoerde parameters zijn :

- Snelheid - 18 knoop
- Volume - 8526 m³
- Lengte - 100.00 m.
- Breedte - 21.00 m.
- Diepgang - 6.75 en 7.00 m.
- Blokcoefficient- Afhankelijk van L, B, en T
- Spiegeloppervl.- 0 m²

Bulboppervlak - 0,1,2,3 en 4 m²
Bulbzwaartepunt- 2.20 m.
Grootspantcoef.- 0.976
Drukkingspunt - -3, -1, +1 en +3 % voor L/2

We zien dat de weerstand minimaal is voor :

Diepgang - 7.000 m.
Blokcoefficient- 0.580 m.
Bulboppervlak - 4.00 m²
Drukkingspunt - 1 % achter L/2

De gevonden parameters zullen gebruikt worden bij het construeren van een voorbeeldschip.

4.2. HET DOORSNEDE MENU

De programma's KVS en VORMGEN maken gebruik van het zg. doorsnede-menu. Hiermee kunnen tweedimensionale doorsneden gemanipuleerd worden. De doorsnede wordt op het beeldscherm getekend. De mogelijkheden van dit menu zijn :

- Oppervlakte van een kromme berekenen.
- Kromme, zoveel mogelijk met behoud van de globale vorm, aanpassen aan een gegeven oppervlak. Bij de Kromme van spantoppervlakken (KVS) is dit gegeven oppervlak gelijk aan het scheepsvolume. Bij de dwarsdoorsneden wordt het gegeven oppervlak uit de KVS berekend.
Ook kan het zwaartepunt aangepast worden (van belang bij de KVS).
- Cirkel tekenen, bv. t.b.v. de kimstraal of een schroefraam.
- Raster tekenen, om steun bij de maatvoering te krijgen.
- Van splinepunten naar vertices gaan. Een lijn kan dus zowel in vertices als in werkelijke (spline-)punten opgegeven worden.
- Van vertices naar splinepunten gaan.
- Kromming tekenen. De kromming is een zeer gevoelig hulpmiddel om de mate van "stroken" van een lijn te beoordelen. Een slecht strokend punt uit zich in een discontinuïteit van de kromming. (Zie ook hoofdstuk 2)
- Nieuwe vertex toevoegen.
- Vertex verwijderen.
- Spline tekenen en verwijderen.
- Twee maal verkleinen.
- Aantal vertices wijzigen, met behoud van de splinevorm.
- Vertices tekenen en verwijderen.
- Vertex wijzigen
- Inzoomen tussen zelf gekozen grenzen.
- De plaats van de grafische cursor opvragen in werkelijke maten.

4.3. KVS

Het programma KVS begint met het vragen van algemene gegevens :

- Naam van het schip of project
- Lengte
- Breedte
- Diepgang
- Holte
- Blokcoefficient
- Vlaktilling
- Schuinite van de zijden

Vervolgens moeten de grootspantcoefficient (CM) en de drukkingpuntligging (LCB) ingevoerd worden. Dit kan op twee manieren gebeuren :

- De CM en LCB kunnen uit de weerstandsminimalisatie afgeleid worden.
- De CM en LCB kunnen aan de hand van statistische benaderingsformules berekend worden.

Ook het genereren van de KVS kan op twee manieren gebeuren :

- De KVS kan op de beeldbuis ontworpen worden door enkele KVS-punten of vertices op te geven. Het is hierbij wel noodzakelijk dat de ontwerper een globaal idee van de vorm van de KVS heeft. De KVS wordt hierna gewijzigd (in het doorsnede menu) zodat de careneinhoud en de LCB de opgegeven waarden hebben.
- De KVS kan uit de diagrammen van Lap (Fig. 8 en 9) berekend worden.

Met het doorsnede-menu kan nabewerking plaatsvinden.

Als de KVS naar tevredenheid is dan kan de uitvoer op diverse manieren plaatsvinden :

- Teken op papier (Fig. 10).
- Afdrukken van de getalswaarden. (Tabel 2)
- Opslaan op schijf. De opgeslagen KVS dient als invoer voor het programma VORMGEN. Ook kan zij weer met het programma KVS opgepakt worden.

4.4. VORMGEN

Het programma VORMGEN behandelt het voor-en achterschip afzonderlijk.

Als er een nieuwe scheepshelft ingevoerd wordt dan is de volgorde van de bewerkingen als volgt :

- 1 - Inlezen van de hoofdafmetingen, coëfficiënten en de KVS van schijf. (Deze grootheden vormen immers de uitvoer van het programma KVS)
- 2 - Tekenen van het stevencontour.
- 3 - Tekenen van de deklijn.
- 4 - Tekenen van een aantal (typisch aantal is 4) dwarsdoorsneden. Het oppervlak van deze dwarsdoorneden wordt aangepast naar het oppervlak dat uit de KVS door het programma berekend is.
- 5 - Nu kunnen enkele tussenspannten geïnterpoleerd worden (typisch aantal is 10).
- 6 - Deze tussenspannten worden eventueel in vorm en oppervlak aangepast.
- 7 - Vervolgens kunnen er enkele allongaties bekeken worden. Niet goed strokende delen worden bijgewerkt. Hierna weer naar punt 6. Dit net zolang te herhalen totdat zowel allongaties en dwarsdoorsneden goed van vorm en oppervlak zijn.

De geconstrueerde scheepsvorm loopt aan de negatieve kant van hartschip nog door. (zie fig. 11). Dit gedeelte wordt bij de uitvoer weggelaten. De scheepsvorm is eigenlijk een gedeelte van een half-oneindig lichaam.

4.5. VORMUIT

Het programma VORMUIT heeft de volgende mogelijkheden :

- Hydrostaticafile schrijven, voor de nabewerking en de verdere berekeningen aan de scheepsvorm.
- Gegevens afdrukken. Afgedrukt wordt :
 - Stevencontour
 - Deklijn
 - Tabel van knikken
 - Waterlijn - Spanttabel (Zie tabel 3)
- Spantenraam plotten. (Zie ook fig. 12 en 13)

5. VOORBEELDEN EN CONCLUSIES

In de figuren 14 t/m 19 zijn enkele voorbeelden te vinden.

De ervaring met het vormgeneratiesysteem is nog te gering om een uitputtende lijst met conclusies op te kunnen stellen. Maar in deze denkbeeldige lijst kunnen de volgende conclusies niet ontbreken :

- De tijd die nodig voor de ontwerpsessie van een "gemiddeld" schip is 1 à 2 uur. Dit cijfer kan vergeleken worden met een tijd van vele uren tot enkele dagen voor een handmatig ontwerp.
- Alle scheepsvormen die uit de scheepsbouwpraktijk bekend zijn kunnen met het programma behandeld worden, waarbij echter een kanttekening moet worden geplaatst bij de schepen die zijn opgebouwd uit ontwikkelbare plaatsoppervlakken.
De beoordeling of een vorm al dan niet ontwikkelbaar is, is niet aan het programma. De ontwerper zal eigen (hand-)methoden moeten hebben om een vorm te toetsen op ontwikkelbaarheid. Het programma kan dus wel overweg met ontwikkelbare vormen, maar het weet niet dat een bepaalde vorm ontwikkelbaar is.

- De methode is geschikt voor "schepen" en "scheepsachtigen". Met veel pijn en moeite zou bv. ook een staalconstructie ontworpen kunnen worden, maar voordelig is dat niet, mede omdat een staalconstructie vrij snel handmatig te ontwerpen is. Naarmate de samenstellende delen minder gekromd zijn wordt het gebruik van het scheepsvormgeneratiesysteem minder voordelig. De stelregel hierbij is : "Hoe eenvoudiger een schip handmatig te ontwerpen is, hoe moeilijker dat met het scheepsvormgeneratieprogramma is." De SWATH uit figuur 19 is een randgeval.
- De nauwkeurigheid is beter dan die van een schaal 1:50 lijnenplan. Een karakteristieke onnauwkeurigheid is bv. dat de onderkant van de spanten die op de basislijn zouden moeten liggen, daar soms 10 mm vandaan liggen. Voor zover het zich nu laat aanzien is de controle op het stroken door het beoordelen van de kromming zeer effectief. Het concept van de kromming als strookparameter heeft zeker de potentie om in de toekomst het stroken op tekening of spantenvloer te verdringen. Geheel automatisch kan dat echter niet gaan, menselijk sturen blijft voorlopig noodzakelijk.
- Getallen, nauwkeurigheid, cijfers en nog eens getallen. Het gevaar bestaat dat de werkelijke wereld, het doel notabene, uit het oog wordt verloren als er een masse overgestapt wordt op een vorm van binaire getalsmystiek :

'Bewonderenswaardige burcht', zei hij, 'die in zijn proporties de gulden regel overneemt die aan de bouw van de ark ten grondslag lag. Opgetrokken in drie verdiepingen, want drie is het getal van de Drievuldigheid, drie dat van de engelen die Abraham bezochten, van de dagen die Jona in de buik van de grote vis doorbracht, van die welke Jezus en Lazarus in het graf verbleven, van de keren dat Christus de Vader vroeg de bittere kelk aan Hem te laten voorbijgaan, van de keren dat Hij zich terugtrok om met de discipelen te bidden. Drie maal werd Hij door Petrus verloochend en drie maal verscheen Hij na de verrijzenis aan de Zijnen. Drie in getal zijn de theologale deugden, de heilige talen, de delen van de ziel, de klassen van verstandelijke schepselen: engelen, mensen en duivels; drie ook de geluidsoorten: vox, flatus, pulsus; drie de tijdperken van

de menselijke geschiedenis: vóór, tijdens en na de wet."

"Wonderbaarlijke harmonie van mystieke overeenkomsten", beaamde William.

"Maar ook de vierkante vorm", vervolgde de abt, "is rijk aan geestelijke leringen. Vier is het getal van de hoofdwindstreken, de seizoenen, de elementen van koud, warm, vochtig en droog, van geboorte, groei, volwassenheid en ouderdom, en de diersoorten die in de hemel, op de aarde, in de lucht en in het water leven; vier de kleuren waaruit de regenboog is samengesteld en het aantal jaren dat nodig is om aan een schrikkeljaar te komen".

"Jazeker", zei William, "en drie plus vier is zeven, mystiek getal bij uitstek, terwijl drie vermenigvuldigd met vier twaalf is, getal van de apostelen, en twaalf maal twaalf hondervierenveertig, het getal van de uitverkorenen." En aan deze laatste proeve van mystieke kennis van de bovenaardse wereld der getallen had de abt niets meer toe te voegen.

Hetgeen William de gelegenheid bood ter zake te komen.....

Uit : In de naam van de roos
Umberto Eco

LITERATUURLIJST

- [1] Computer aided design of ship's lines by nonlinear distortion of parent forms.
W.A. Alef & G. Collatz
Uit [d]
- [2] A practical guide to splines
C. de Boor
1978
- [3] Surface patches and B-spline curves
S.A. Coons
Uit [a]
- [4] Interactive curve creation from formparameters by means of B-splines.
G. Creutz & Chr. Schubert
Schiffstechnik Bd.25 - 1978 pp. 121-145
- [5] Computational Geometry for Design and Manufacture
I.D. Faux & M.J. Pratt
1981
- [6] B-splines curves and surfaces
W.J. Gordon & R.F. Riesenfeld
Uit [a]
- [7] Early Design-Stage Approach to Reducing Hull Surface Forces due to Propellor cavitation.
Holden, Hagerfjord & Frostad
SNAME transactions, Vol. 88, 1980 pp. 403-442
- [8] An approximate power prediction method
J. Holtrop & G.G.J. Mennen
International Shipbuilding Progress, juli 1982
- [9] Computer aided design of plane and axisymmetric shapes.
W. Jonas & M Martin
Uit [f]

- [10] Computer aided synthesis of ship form.
Sv. Kovachev & Y.Y Ovev
Uit [h]
- [11] Design of bulbous bows
A.M. Kracht
SNAME transactions vol. 86, 1978, pp. 197-217
- [12] Preliminary design of ship lines by mathematical methods.
G. Kuiper
Journal of Ship Research, Vol.14, 1970, pp.52-66
- [13] Computer methods for ship surface design
C. Kuo
1971
- [14] Direct generation of fair ship hull surface from design parameters.
C. Kuo & A. Kyan
Uit [c]
- [15] Mathematical Hull Design for Sailing Yachts
John S. Letcher
uit : The fifth Chesapeake Cailing Yacht Symposium
SNAME, 1981
- [16] Method of sequence of circular rates with its partial application in the Hudong hull construction system
X. Li-Tong & S. Wenrong
Uit [f]
- [17] Mathematical ship lines and surfaces
F. Munchmeyer
Marine Technology, Vol.19, juli 1982, pp. 219-227
- [18] Applications of differential geometry to ship design
F. Munchmeyer & R. Haw
Uit [f]

- [19] Interactive design of fair hull surfaces using B-Splines.
F.C. Munchmeyer, C. Schubert, H. Nowacki
Uit [e]
- [20] Curve fit and form design procedure using rotated parabolas.
C. Myrianthis
Journal of Ship Research, Vol.27, Juni 1983, pp. 93-102
- [21] Ship lines creation by computers - Objectives, Methods and results.
H. Nowacki, G. Creutz, F.C. Munchmeyer
Uit [b]
- [22] Shades : A ship hydrodynamical assessment and design system for single-screw ship forms.
A.Y. Odabasi, P.A. Fitzsimmons. B.D.W. Wright (BSRA)
Uit [h]
- [23] B-spline curves and surfaces for ship hull definition.
D.F. Rogers
Uit [b]
- [24] A computer system for the hull surface generation and powering estimation based on methodical series.
A.S. Sabit & T. Søndvedt
Uit [g]
- [25] Ship hull form fairing.
G. Stroobant & D. Mars
Uit [f]
- [26] Application of nonlinear optimization technique to hull form design based on wave resistance theory.
K. Suzuki & H. Maruo
Uit [h]
- [27] The role of splines in computer aided ship design
F. Theilheimer & J.M. McKee
Uit [b]

- [28] Design of ship lines with computer
Wang Xiling
± jaren '70
- [29] A multi-purpose program for generation of fair hull surfaces.
Wang Xiling
Uit [f]
- [30] Computer aided initial hull design procedure - Viewpoint of propulsive performance.
A. Yazaki, N. Nagatani, M. Sumiyoshi & K. Onodera
Uit [g]

Congresverslagen en verzamelingen

- [a] Computer aided geometric design
R.E. Barnhill & R.F. Riesenfeld (ed.)
1974
- [b] Proceedings of the first international symposium on computer-aided hull surface definition.
26-27 september 1977, Annapolis, USA
SNAME
- [c] The International Conference on computer applications in the automation of shipyard operation and ship design 1.
28-30 augustus 1973, Tokyo, Japan
- [d] The International Conference on computer applications in the automation of shipyard operation and ship design 2.
8-11 juni 1976, Gotenburg, Zweden
eds. Jacobsson et al
- [e] The International Conference on computer applications in the automation of shipyard operation and ship design 3.
18-21 juni 1979, Glasgow, Schotland
eds. C. Kuo, K.J. MacCallum, T.J. Williams

- [f] The International Conference on computer applications in the automation of shipyard operation and ship design 4. 7-10 juni 1982, Annapolis, USA
eds. D.F. Rogers, B.C. Nehrling, C. Kuo
- [g] First international symposium on practical design in shipbuilding. (PRADS)
Oktober 1977, Tokyo, Japan
- [h] Second international symposium on practical design in shipbuilding. (PRADS)
16-18 oktober 1983, Tokyo, Japan

Fig. 1

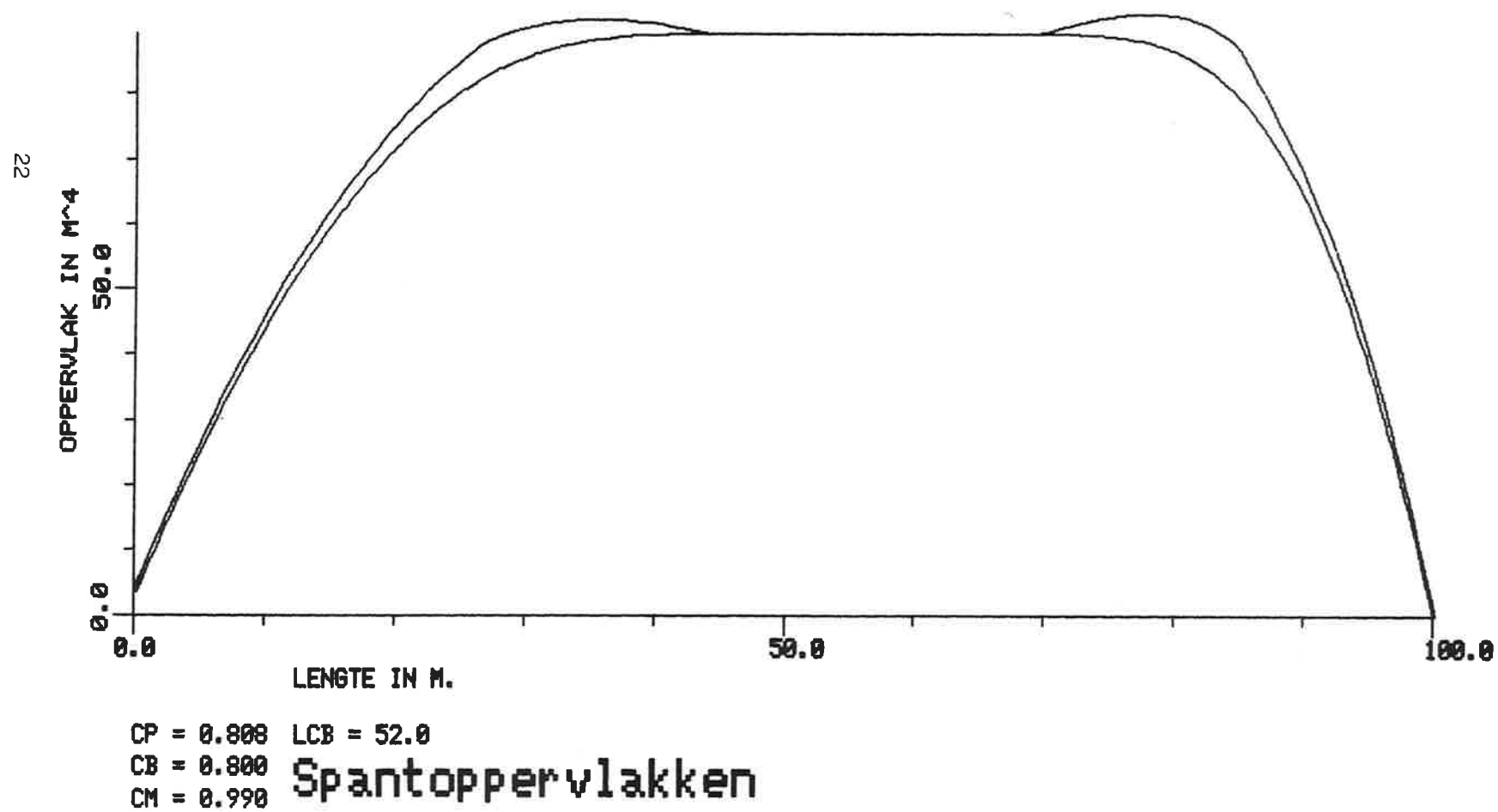


Fig. 2

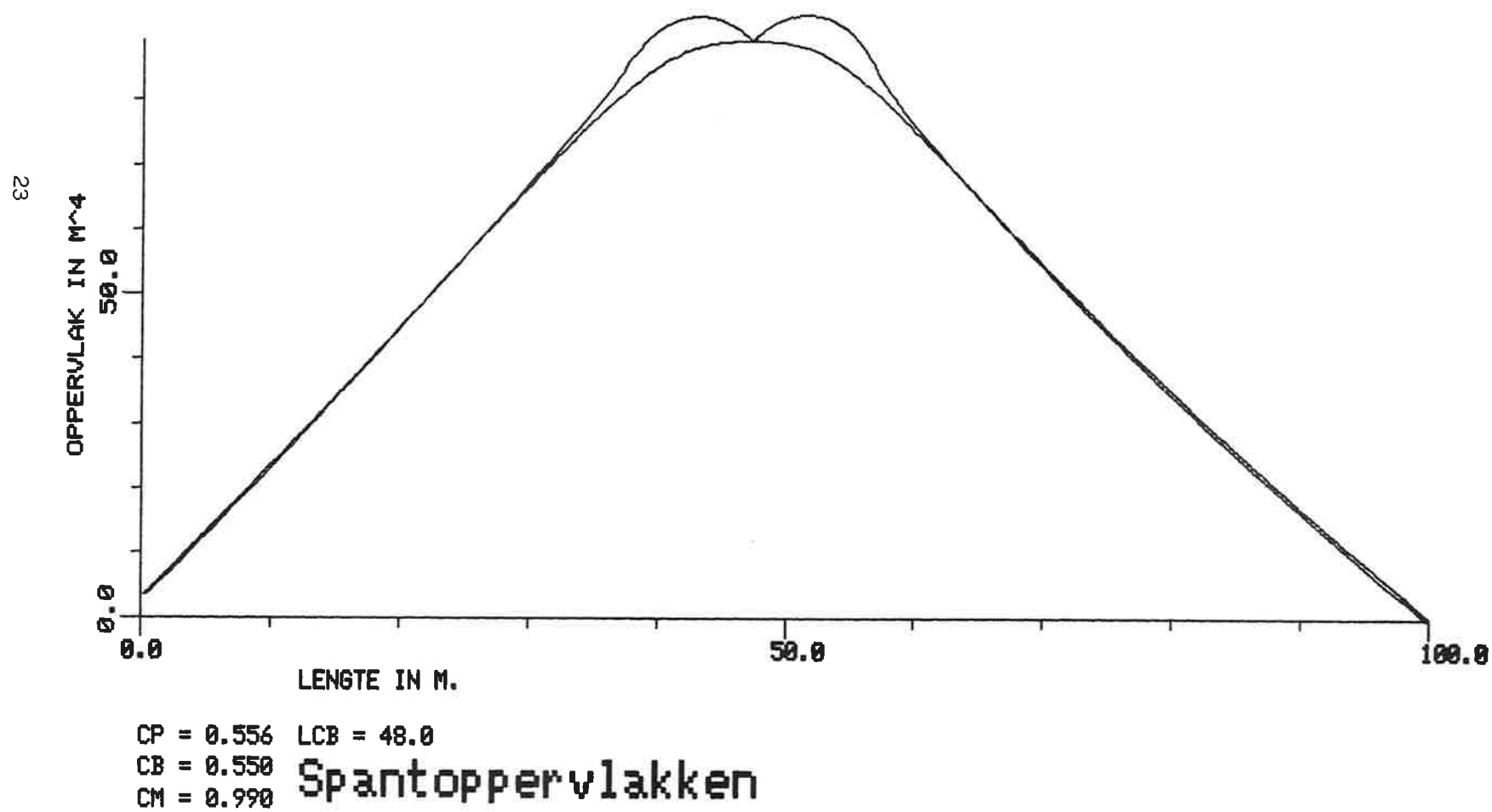


Fig. 3

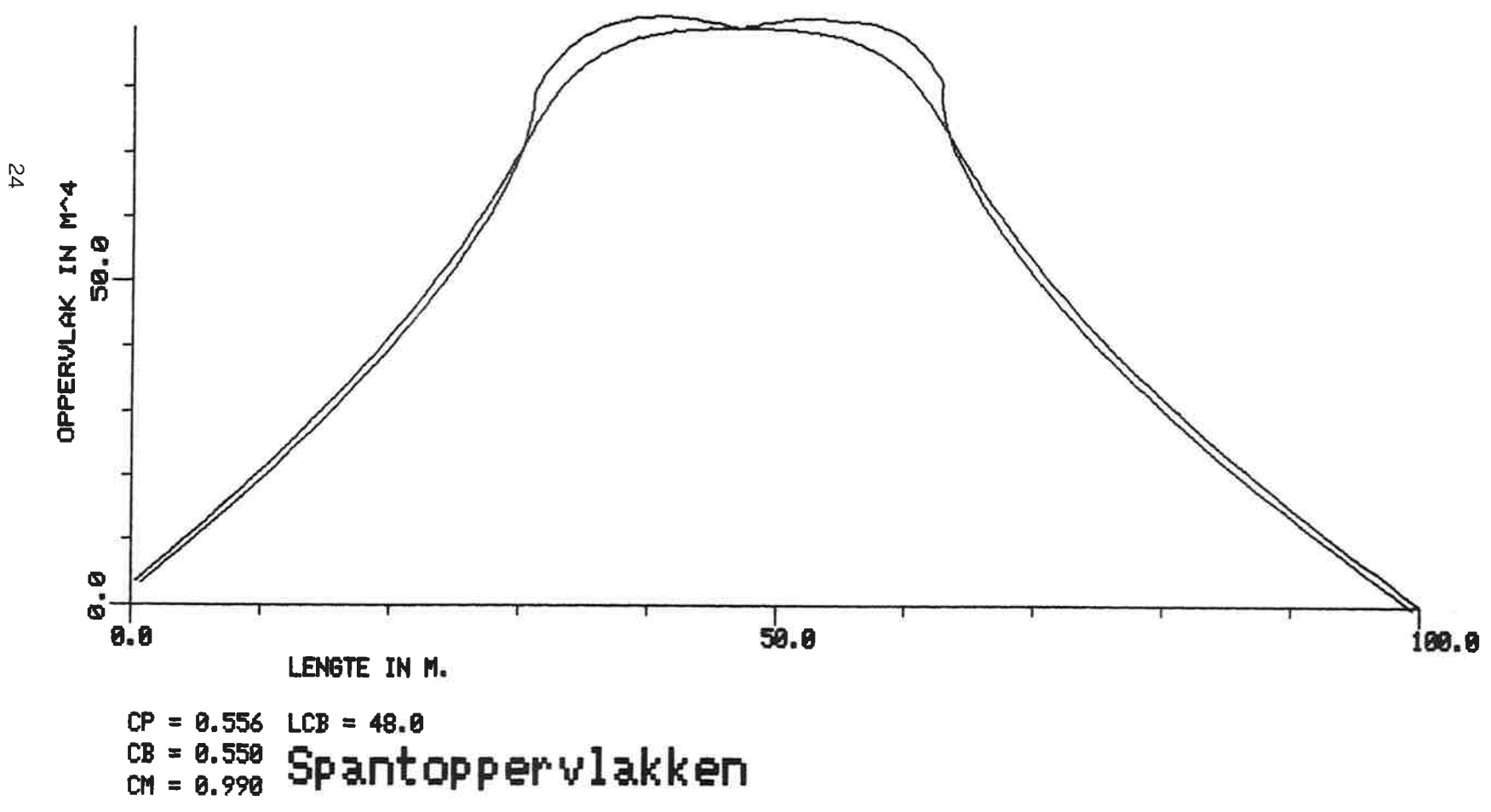
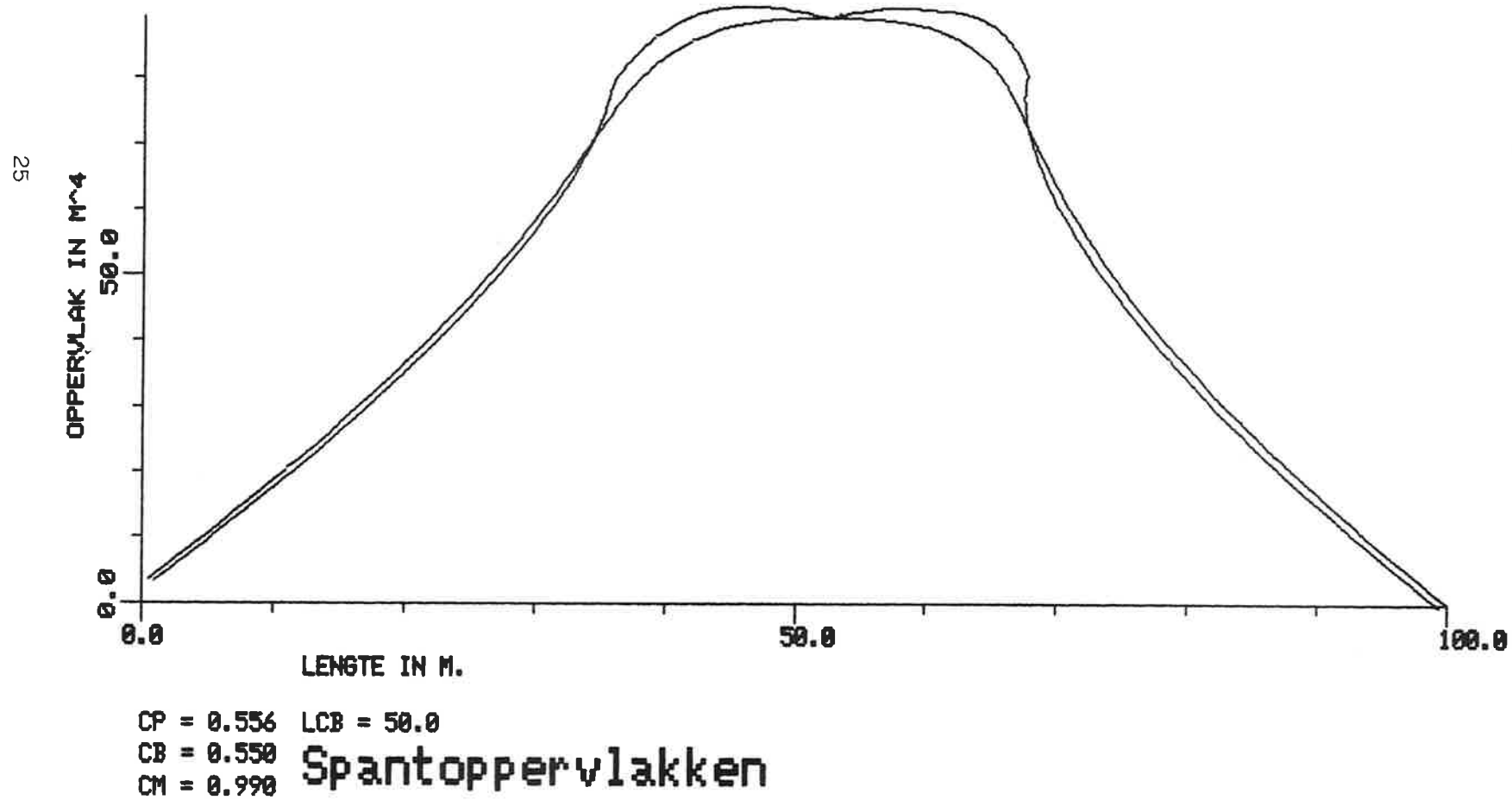
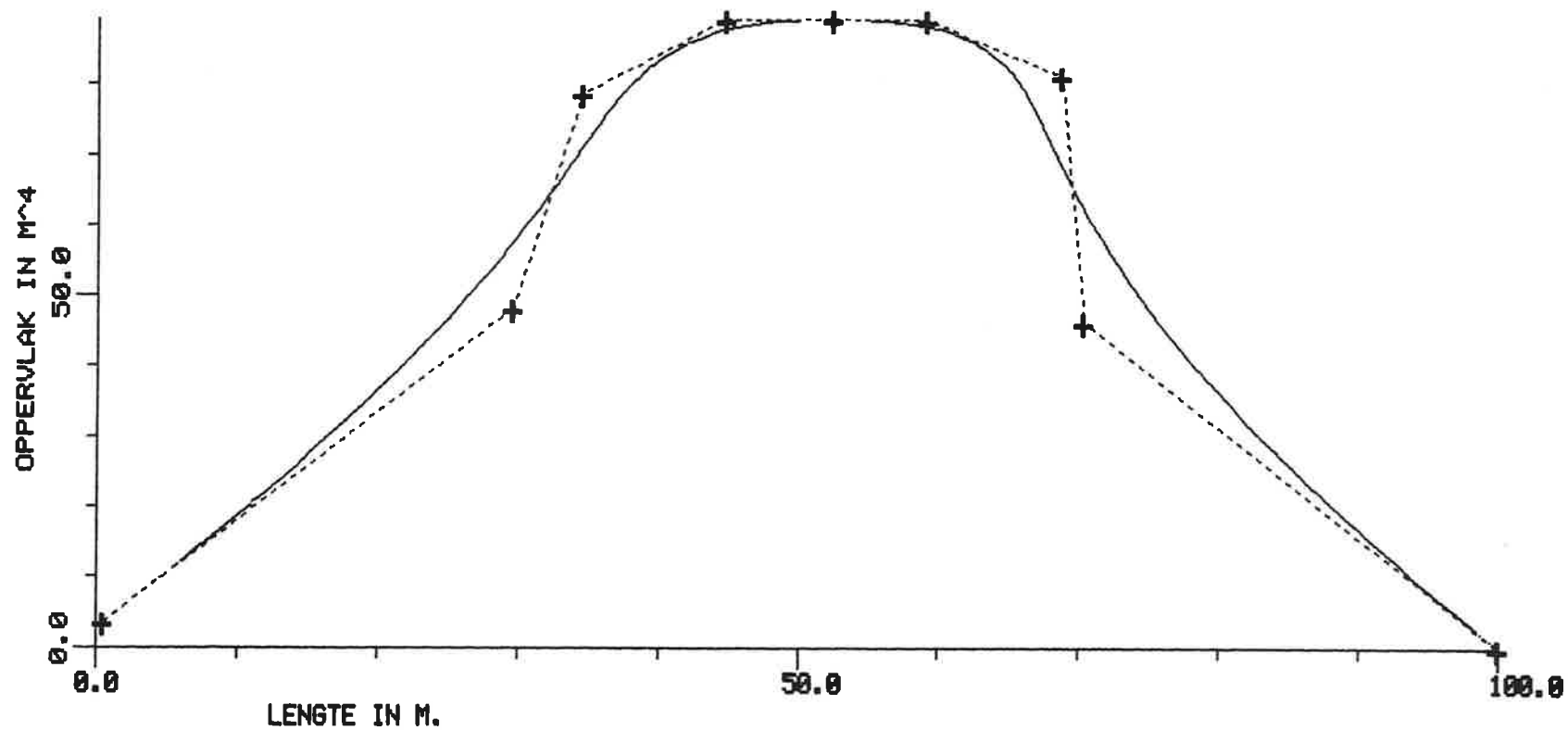


Fig. 4





CP = 0.556 LCB = 50.0

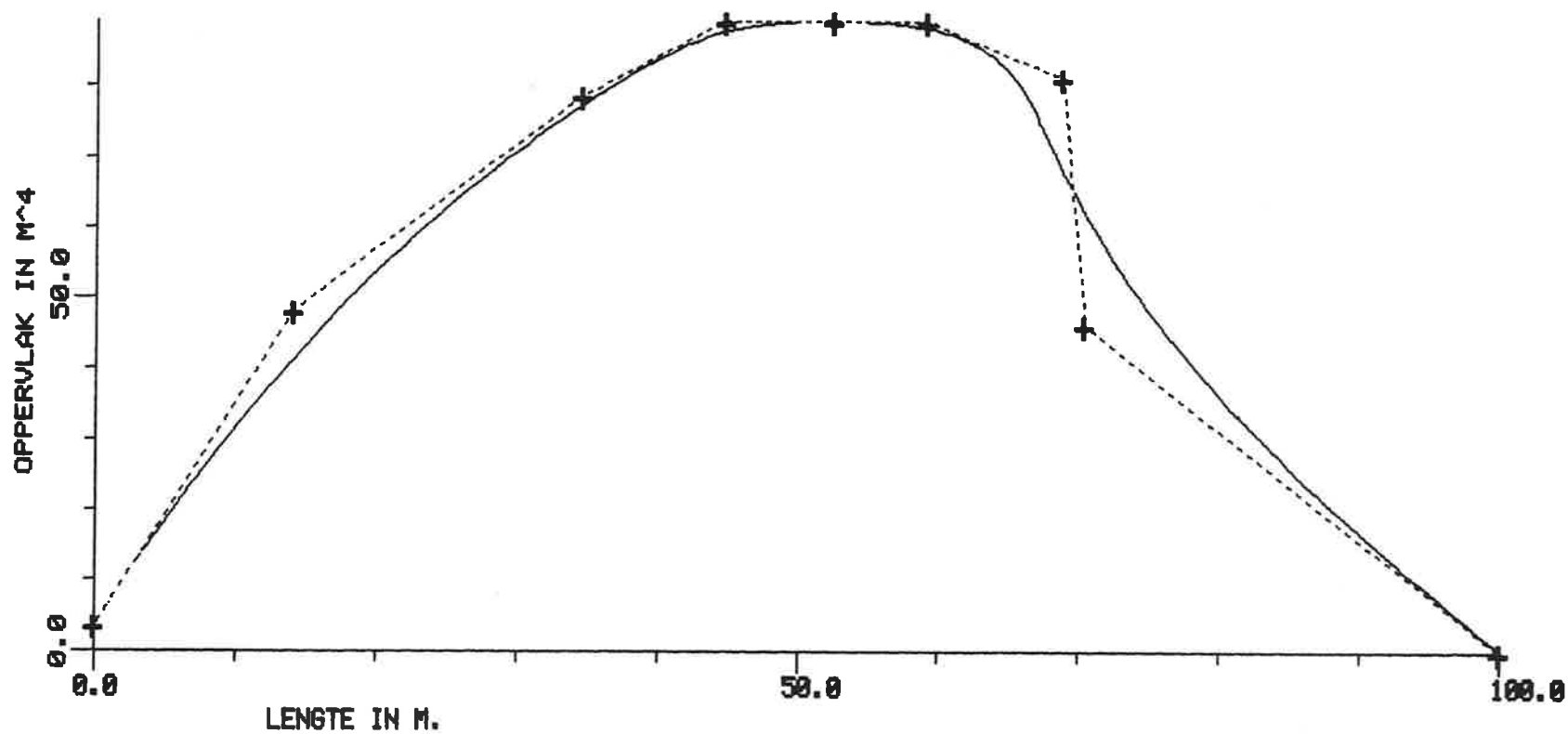
CB = 0.550

CM = 0.990

Spantoppervlakken

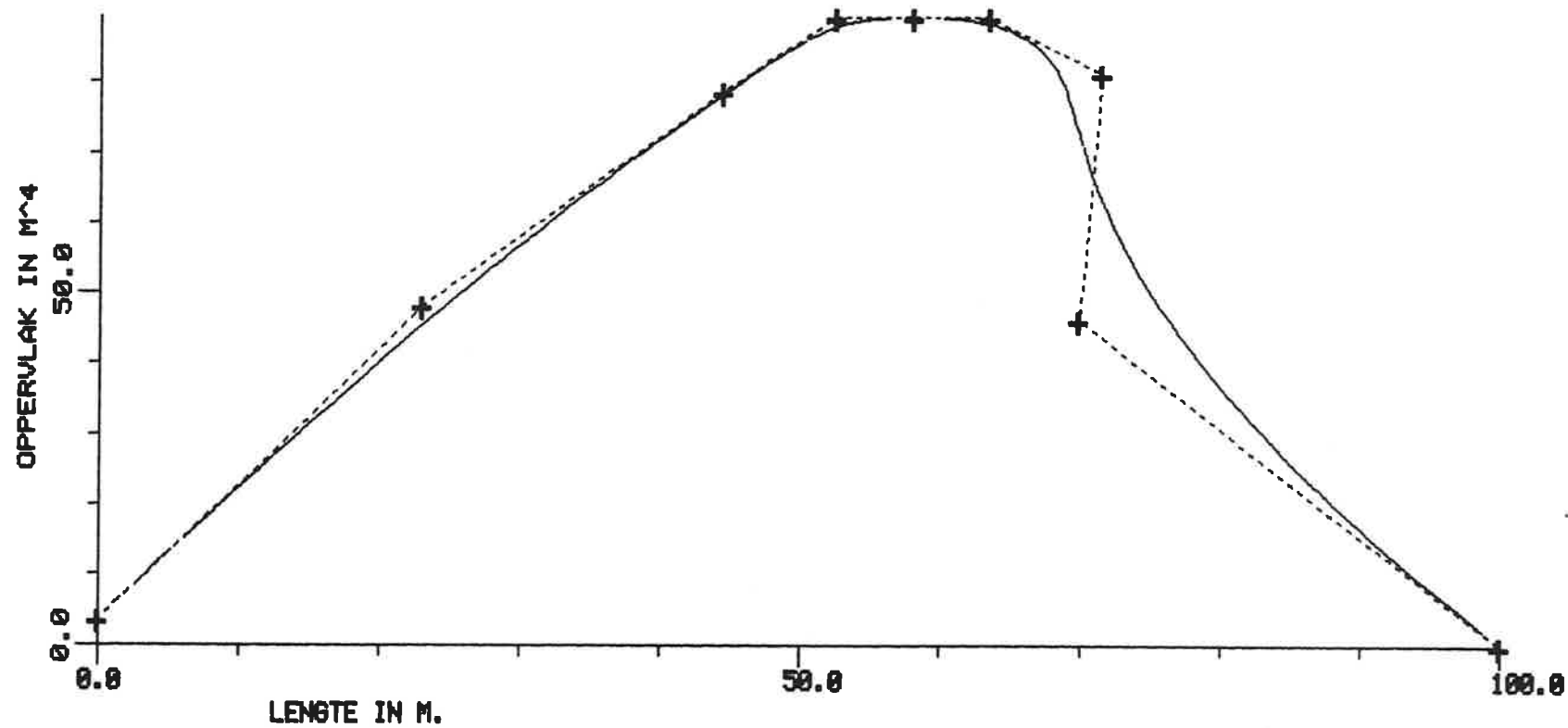
Fig. 5

Fig. 6



CP = 0.606 LCB = 47.460 m.

CB = 0.600
CM = 0.990 **Spantoppervlakken**



CP = 0.556 LCB = 50.0

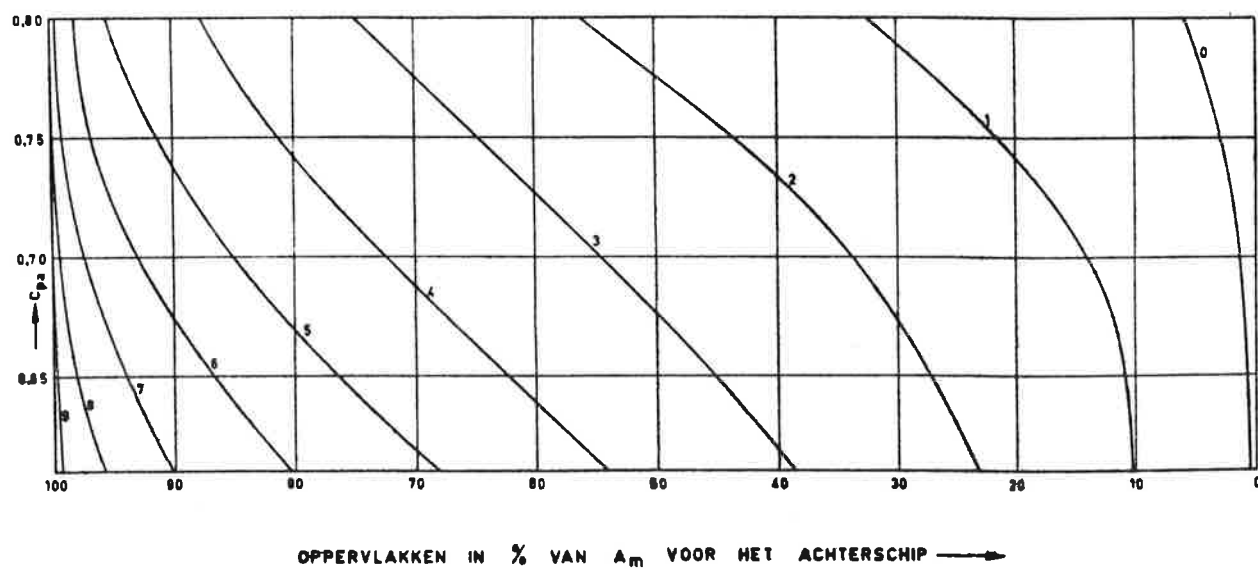
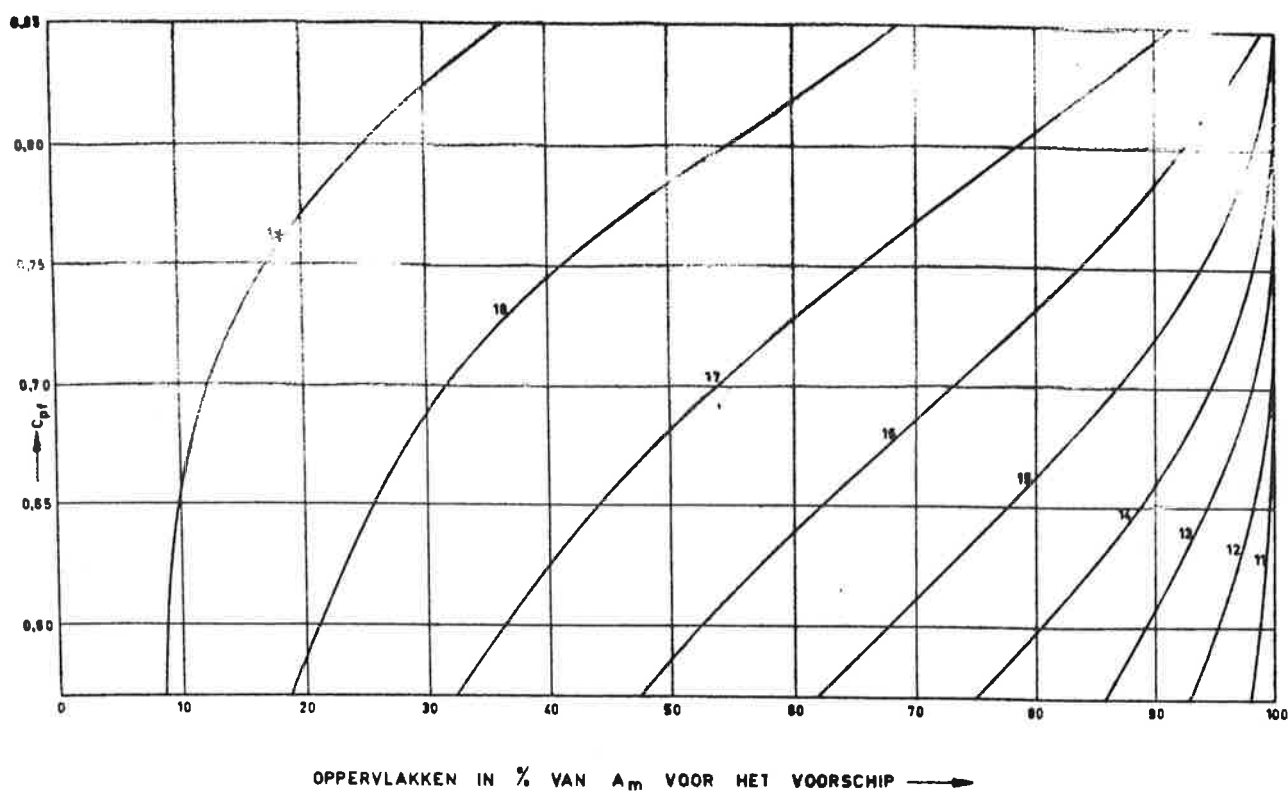
CB = 0.550

CM = 0.990

Spantoppervlakken

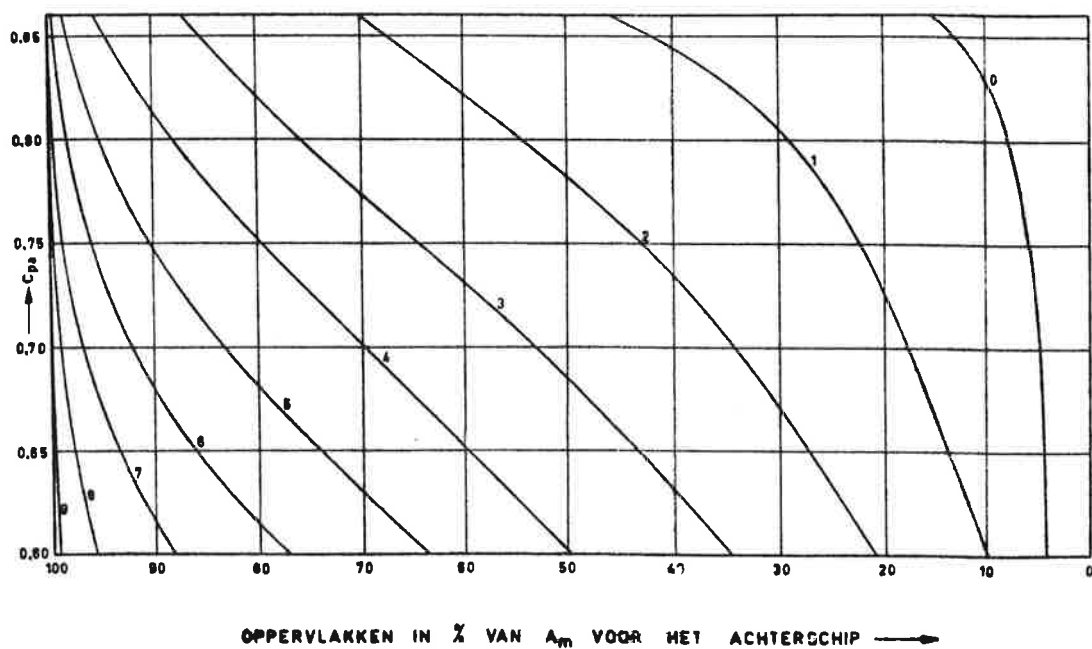
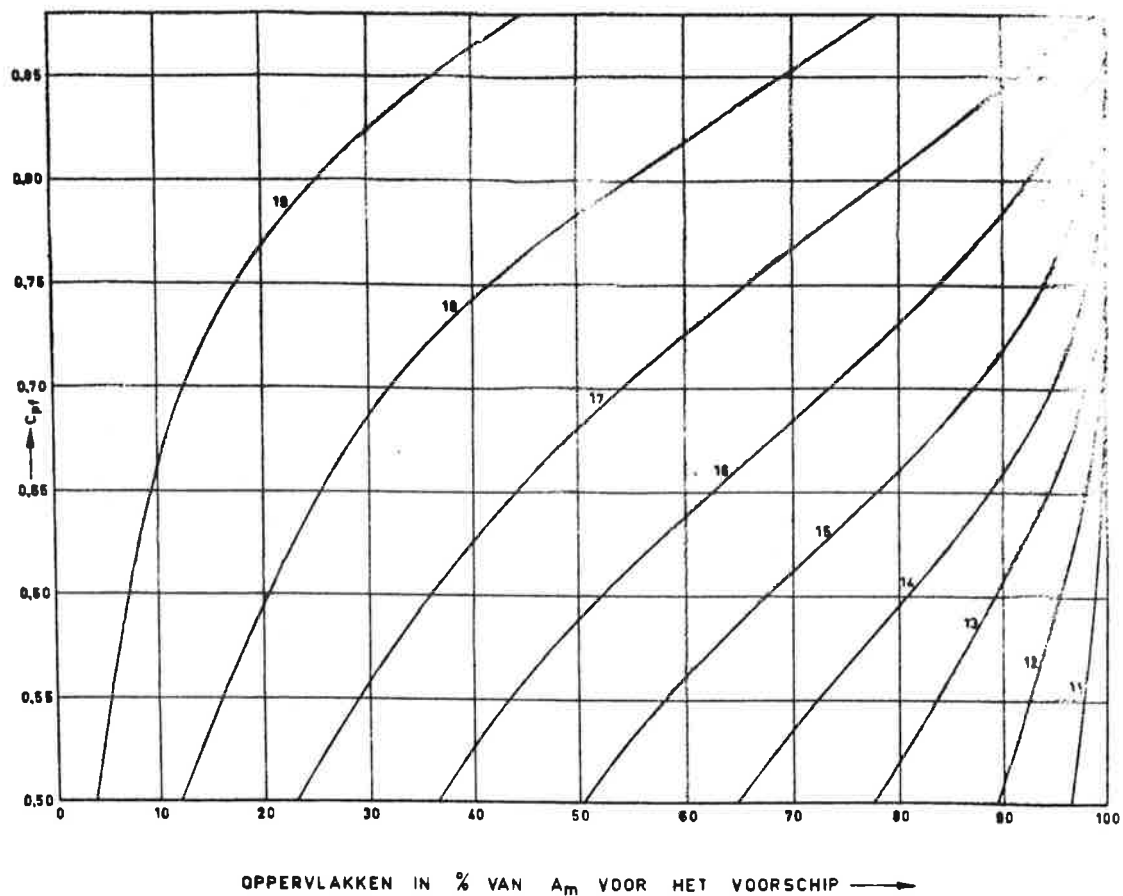
Fig. 7

Fig. 8



SPANTOPPERVLAKKEN VOOR EEN E.S.S.
(BEELDT HET VOOR KUSTVAARTUIGEN)

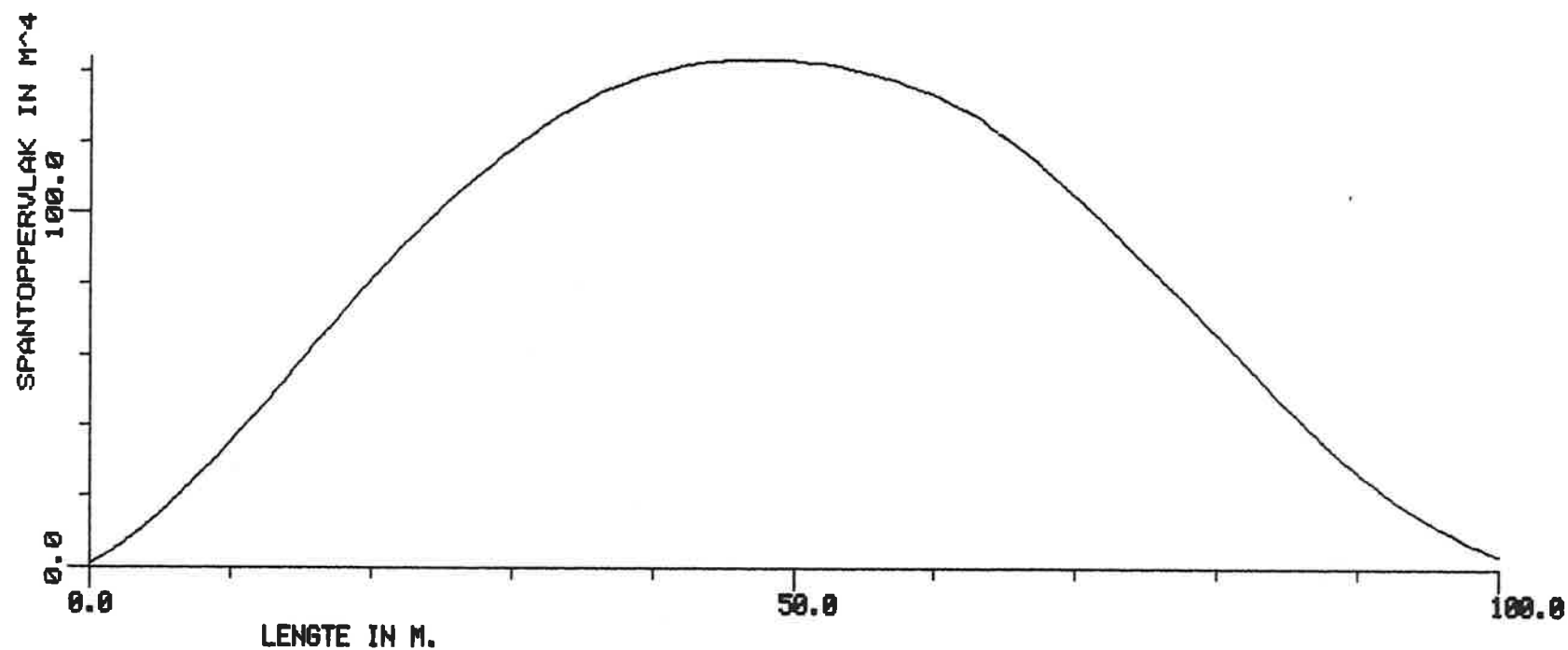
Fig. 9.



SPANTOPPERVLAKKEN VOOR EEN D.S.S.

Fig. 10

13



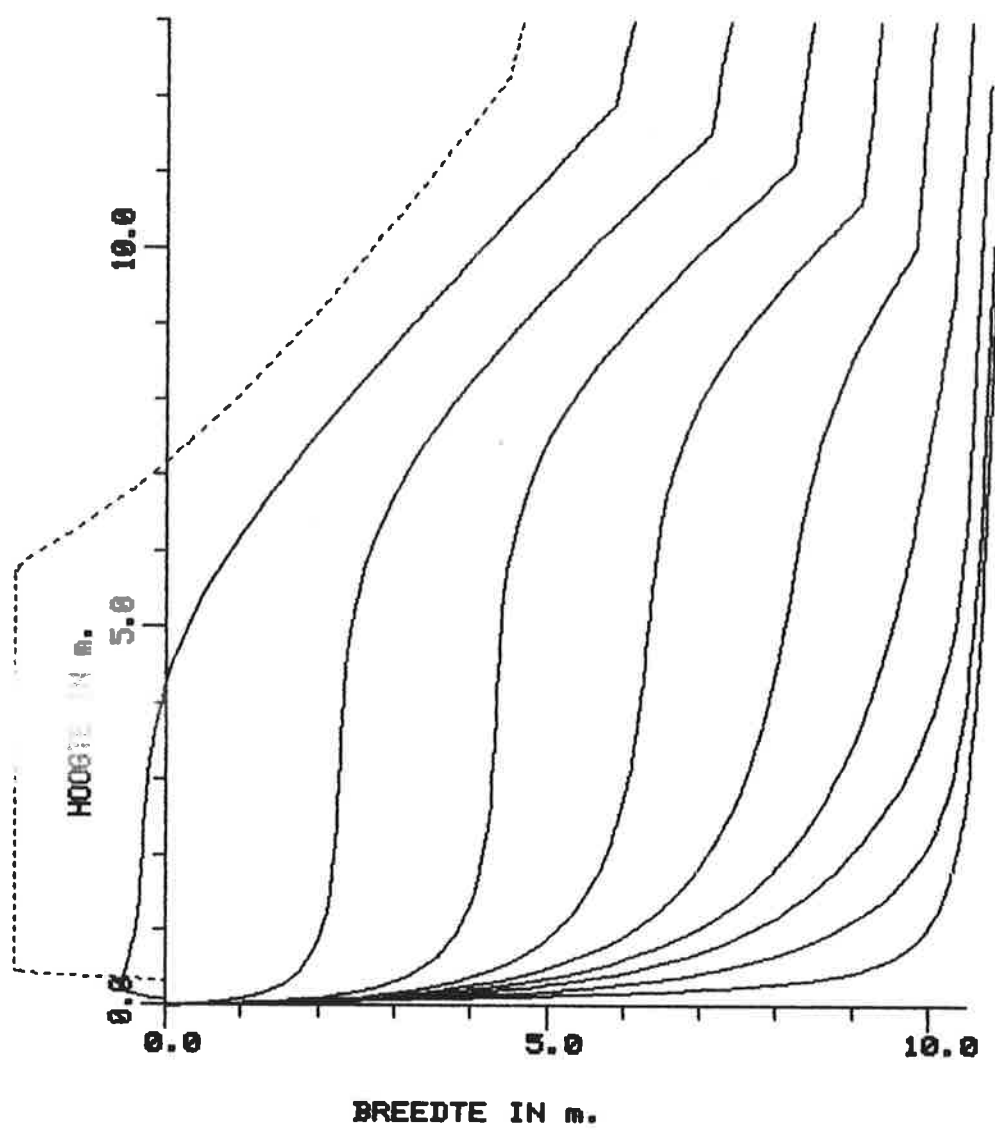
Lengte = 100.0 m
Breedte = 21.0 m
Diepgang = 7.0 m

CB = 0.580
CM = 0.976

Drukkingspunt = -1.289 %

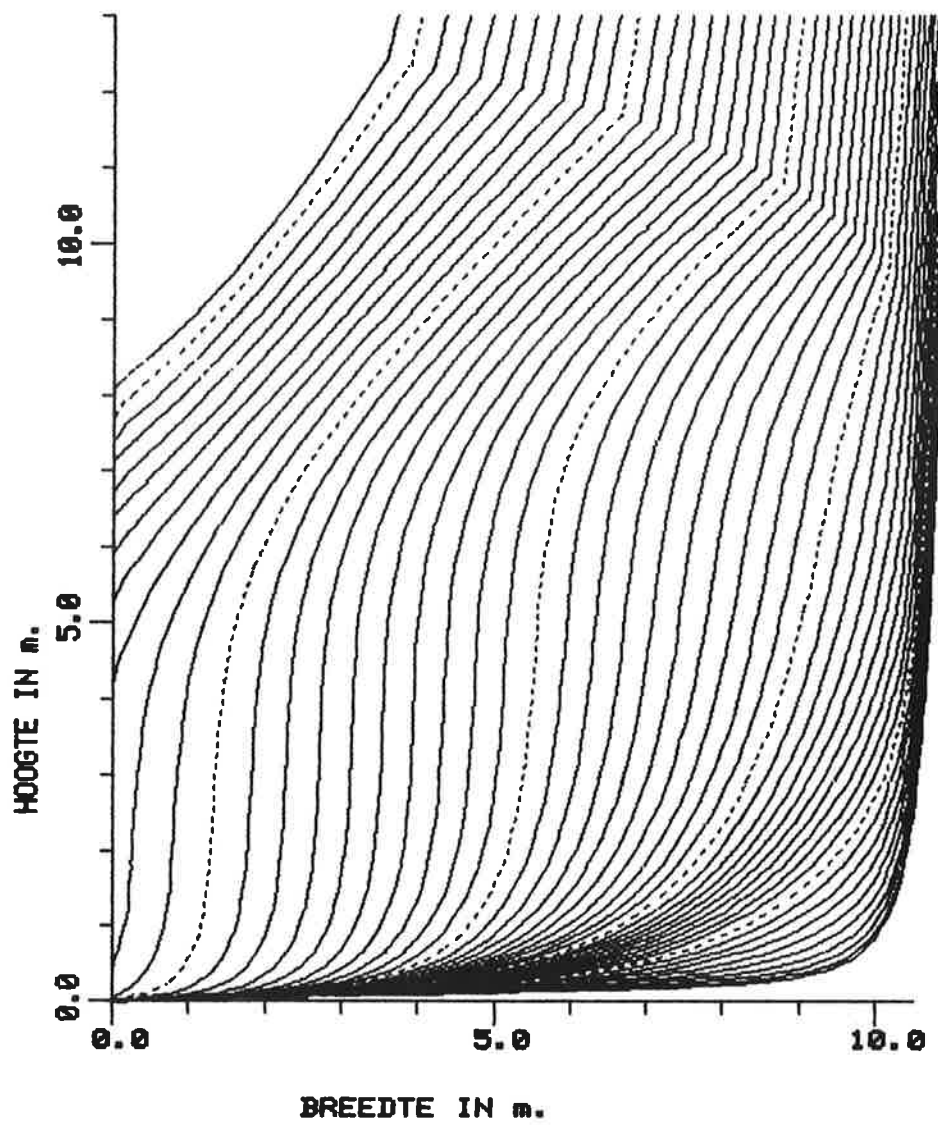
Voorbeeldschip, CB = 0.58

Fig. 11



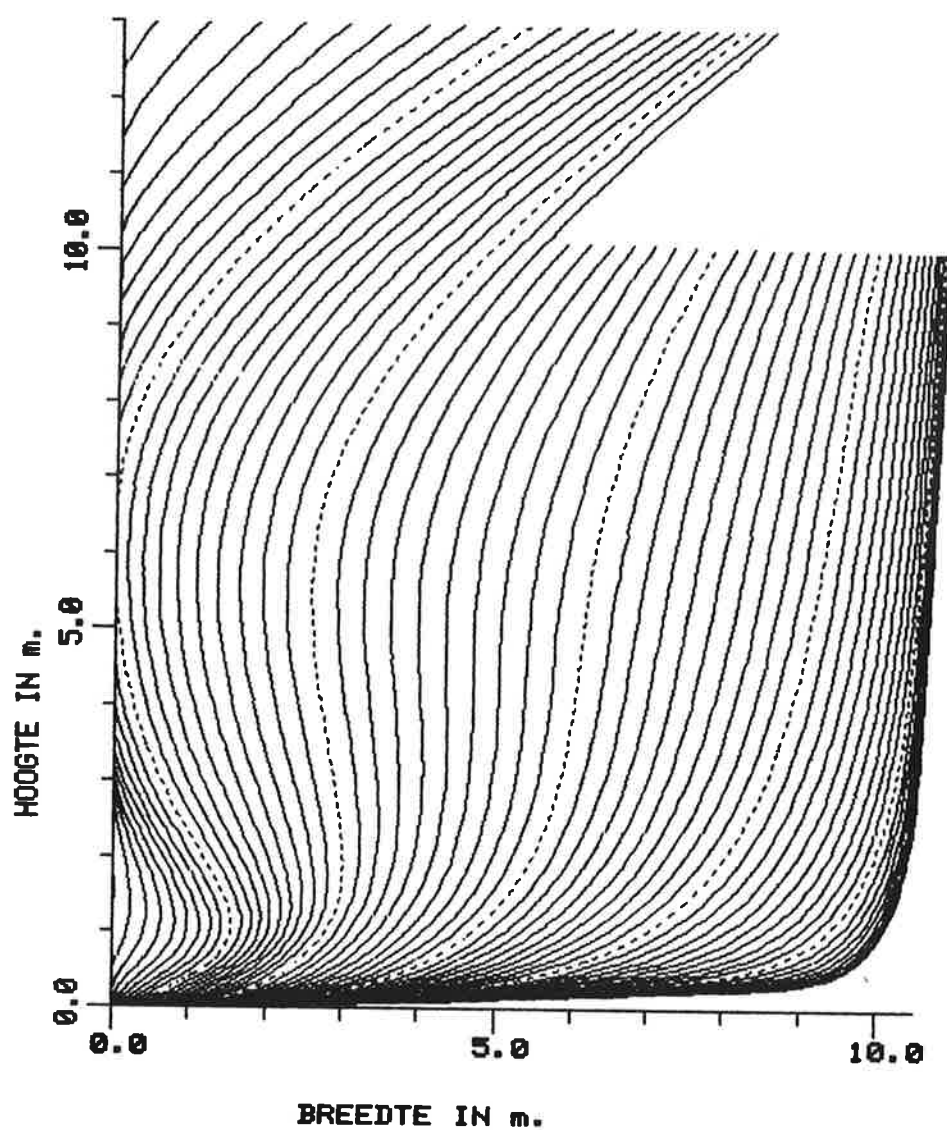
Voorbeeldschip, $CB = 0.58$

Fig. 12



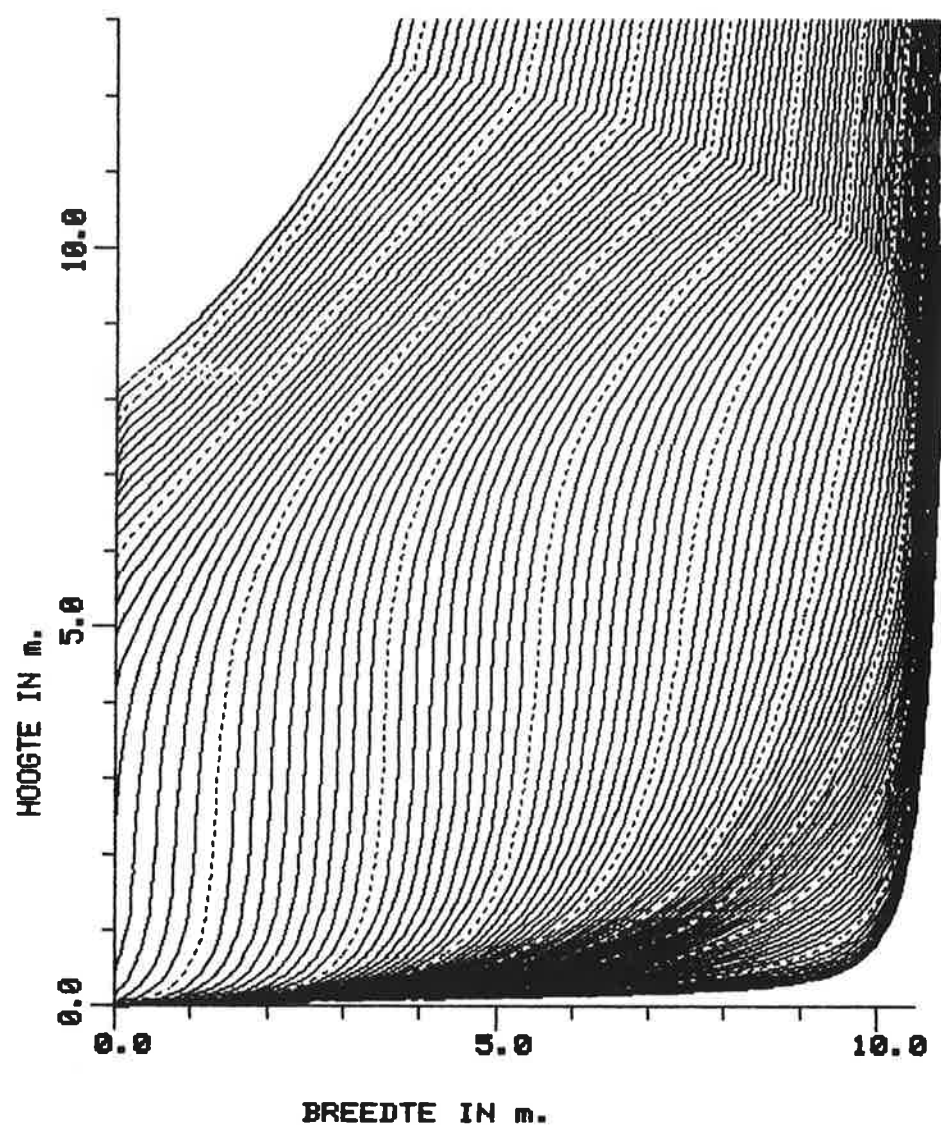
Voorbeeldschip, $CB = 0.58$

Fig. 13



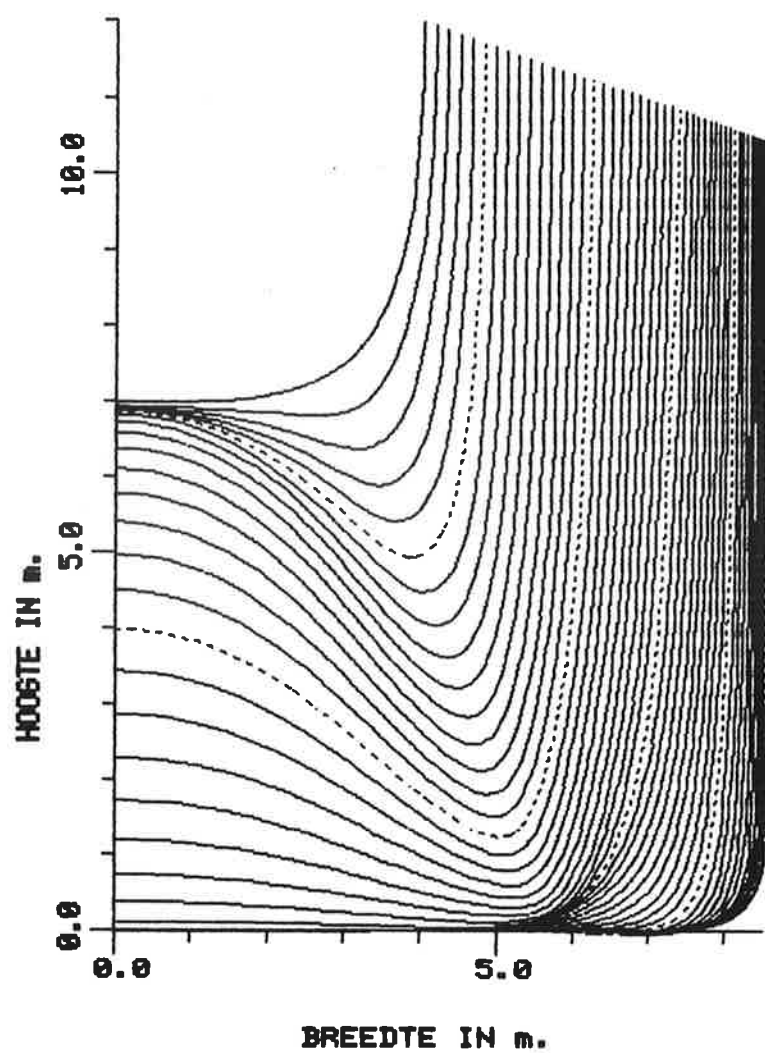
Voorbeeldschip, $CB = 0.58$

Fig. 14



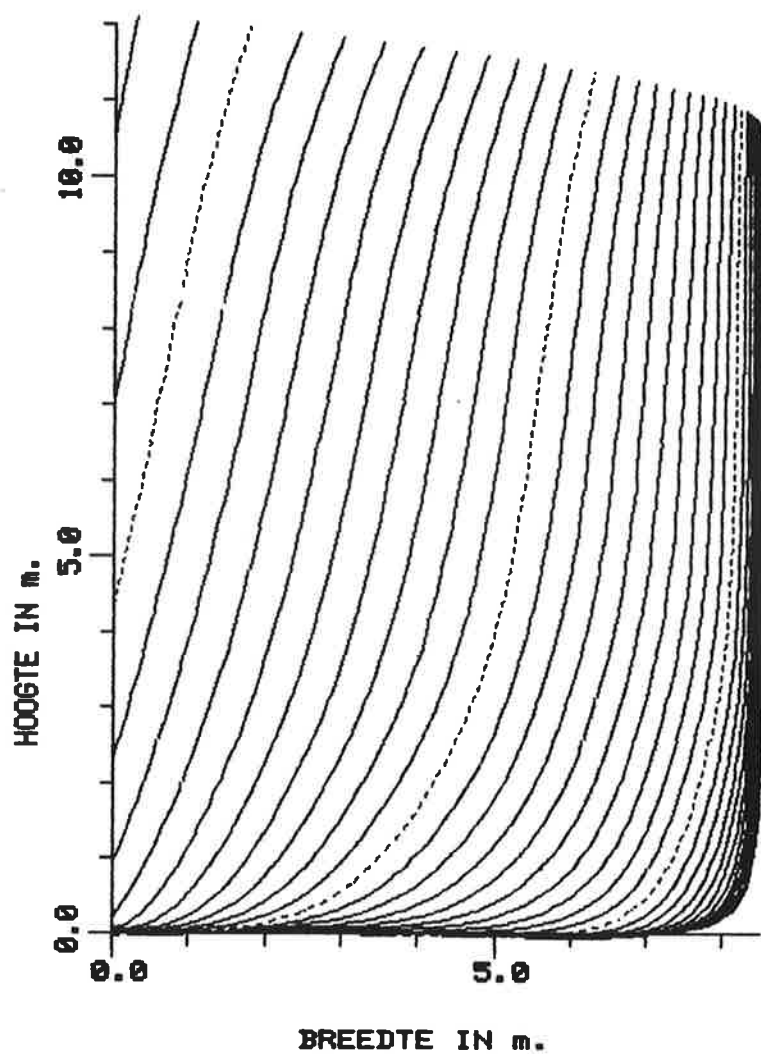
Voorbeeldschip, $CB = 0.58$

Fig. 15



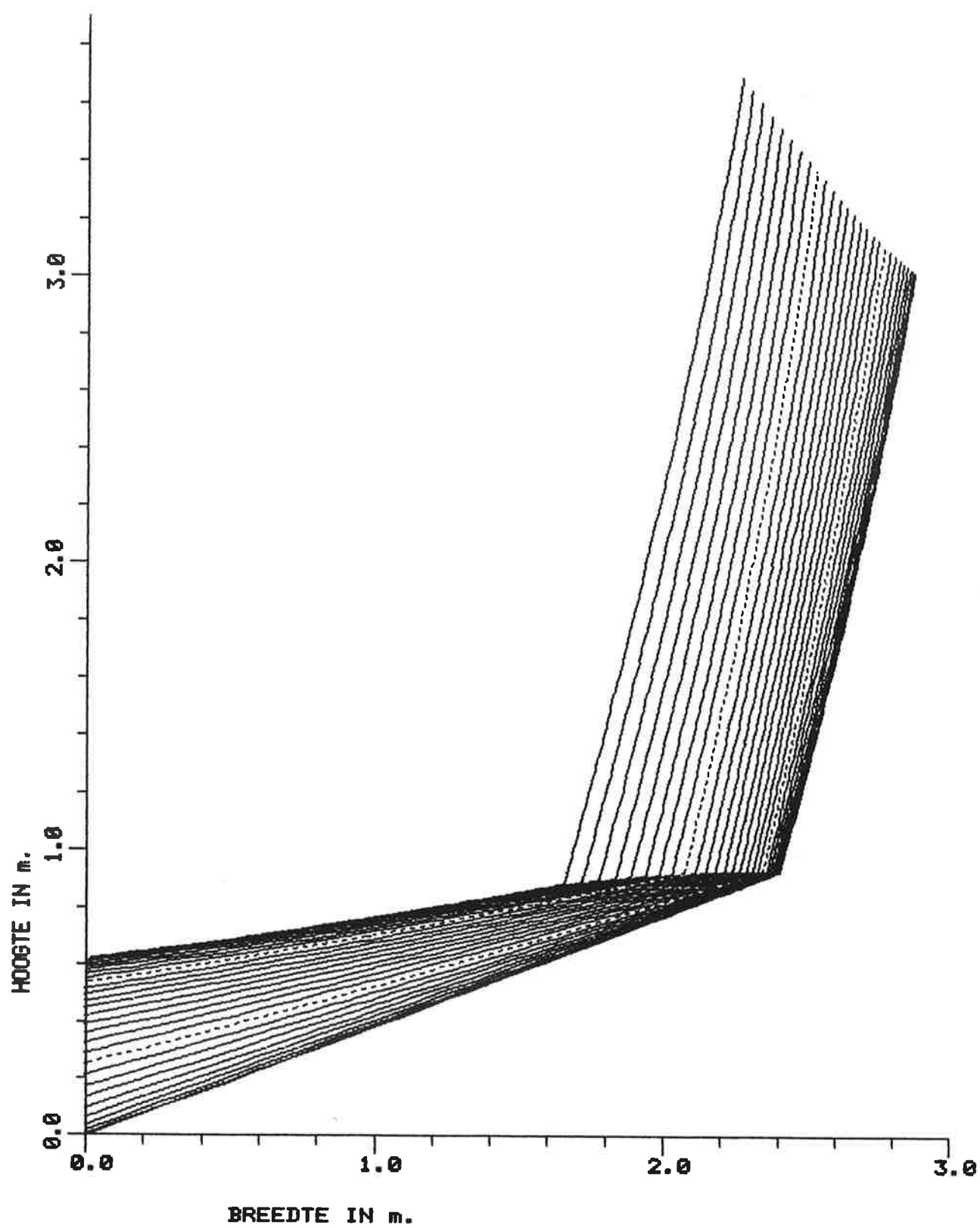
Voorbeeldschip, $CB = 0.75$

Fig. 16



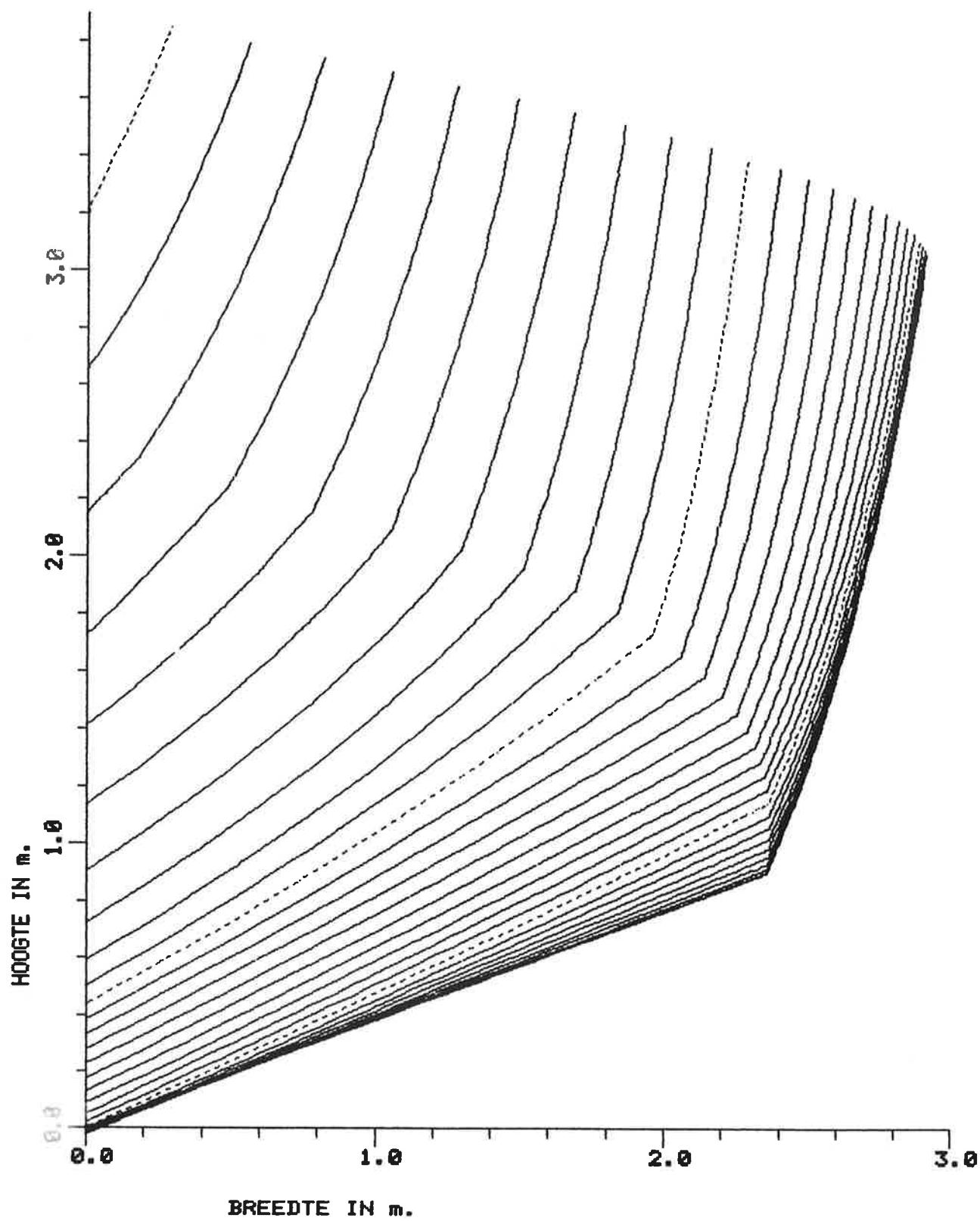
Voorbeeldschip, $CB = 0.75$

Fig. 17



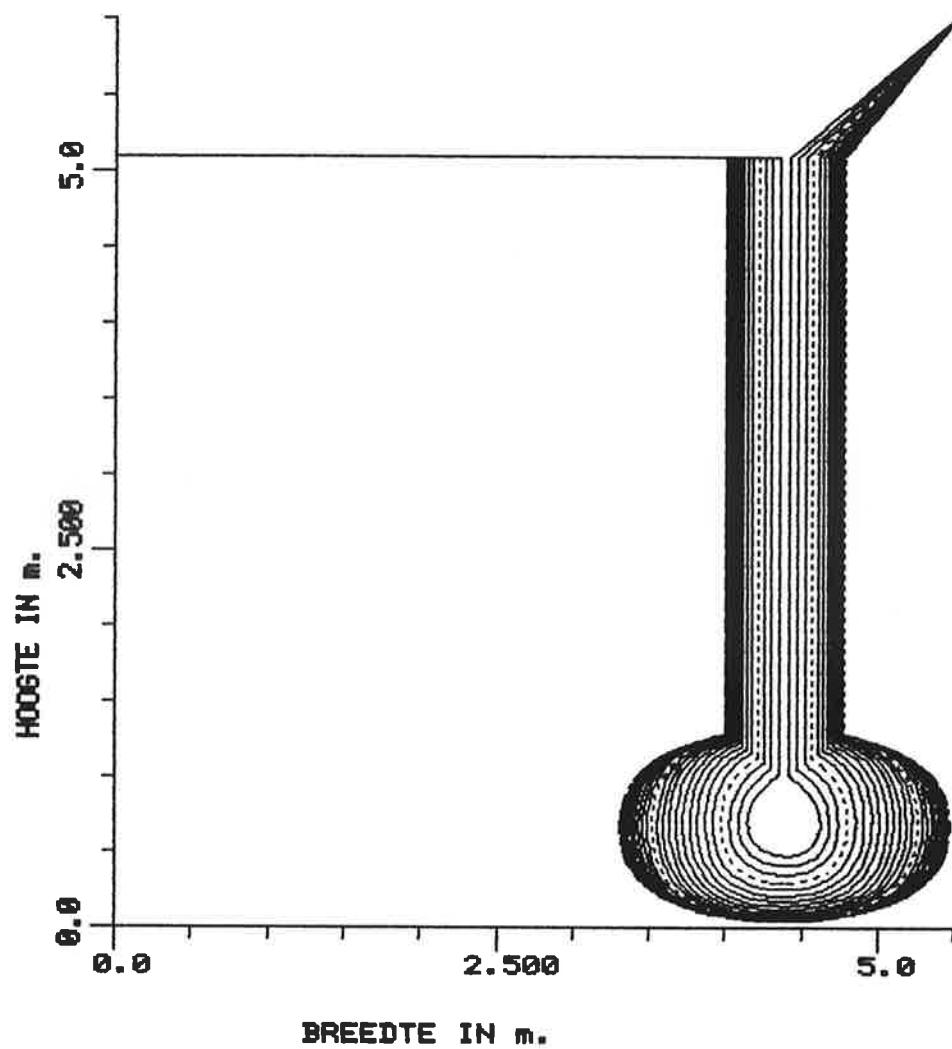
Voorbeeldschip knikspant

Fig. 18



Voorbeeldschip knikspant

Fig. 19



Voorbeeldschip SWATH

Tabel 14a

Slank voorbeeldschip

WEERSTANDSOPTIMALISATIE.

De berekening is gebaseerd op "An approximate power prediction method", door

J. Holtrop en G.G.J. Mennen, gepubliceerd in International Shipbuilding Progress van juli 1982

De voorspelling is geldig voor zeewater (1025 kg/m^3) bij 15 graden celcius, zonder golven en voor het schip zonder aanhangsels etc.

V knoop	Volume m^3	L m	B m	T m	CB	AT m^2	ABT m^2	HB m	CM	LCB %	Rvisc KN	Rgolf KN	Raanh KN	Rtoesl KN	Rtot KN
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	0.00	2.20	0.976	-3.00	205.13	275.02	0.00	54.59	534.73
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	0.00	2.20	0.976	-1.00	202.71	277.28	0.00	54.59	534.58
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	0.00	2.20	0.976	1.00	200.77	282.01	0.00	54.59	537.37
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	0.00	2.20	0.976	3.00	199.16	289.64	0.00	54.59	543.39
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	1.00	2.20	0.976	-3.00	205.47	260.59	0.00	54.68	520.74
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	1.00	2.20	0.976	-1.00	203.05	262.73	0.00	54.68	520.46
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	1.00	2.20	0.976	1.00	201.10	267.22	0.00	54.68	523.00
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	1.00	2.20	0.976	3.00	199.49	274.45	0.00	54.68	528.62
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	2.00	2.20	0.976	-3.00	205.81	251.49	0.00	54.77	512.06
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	2.00	2.20	0.976	-1.00	203.38	253.55	0.00	54.77	511.71
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	2.00	2.20	0.976	1.00	201.44	257.88	0.00	54.77	514.09
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	2.00	2.20	0.976	3.00	199.82	264.86	0.00	54.77	519.45
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	3.00	2.20	0.976	-3.00	206.15	243.90	0.00	54.86	504.91
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	3.00	2.20	0.976	-1.00	203.72	245.91	0.00	54.86	504.49
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	3.00	2.20	0.976	1.00	201.77	250.11	0.00	54.86	506.74
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	3.00	2.20	0.976	3.00	200.15	256.88	0.00	54.86	511.89
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	4.00	2.20	0.976	-3.00	206.49	237.24	0.00	54.95	498.67
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	4.00	2.20	0.976	-1.00	204.06	239.19	0.00	54.95	498.19
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	4.00	2.20	0.976	1.00	202.10	243.27	0.00	54.95	500.32
18.00	8526	100.000	21.000	6.750	0.601	0.00	4.00	2.20	0.976	3.00	200.48	249.86	0.00	54.95	505.29
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	0.00	2.20	0.976	-3.00	201.97	235.05	0.00	54.24	491.27
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	0.00	2.20	0.976	-1.00	199.62	236.67	0.00	54.24	490.53
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	0.00	2.20	0.976	1.00	197.73	240.08	0.00	54.24	492.05
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	0.00	2.20	0.976	3.00	196.16	245.56	0.00	54.24	495.96
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	1.00	2.20	0.976	-3.00	202.32	223.23	0.00	54.33	479.89
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	1.00	2.20	0.976	-1.00	199.97	224.77	0.00	54.33	479.07
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	1.00	2.20	0.976	1.00	198.07	228.01	0.00	54.33	480.41
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	1.00	2.20	0.976	3.00	196.50	233.21	0.00	54.33	484.04
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	2.00	2.20	0.976	-3.00	202.67	215.74	0.00	54.43	472.84
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	2.00	2.20	0.976	-1.00	200.31	217.23	0.00	54.43	471.97
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	2.00	2.20	0.976	1.00	198.41	220.36	0.00	54.43	473.20
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	2.00	2.20	0.976	3.00	196.84	225.39	0.00	54.43	476.65
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	3.00	2.20	0.976	-3.00	203.02	209.50	0.00	54.52	467.04
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	3.00	2.20	0.976	-1.00	200.66	210.94	0.00	54.52	466.12
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	3.00	2.20	0.976	1.00	198.76	213.98	0.00	54.52	467.26
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	3.00	2.20	0.976	3.00	197.18	218.86	0.00	54.52	470.56
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	4.00	2.20	0.976	-3.00	203.37	203.99	0.00	54.62	461.98
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	4.00	2.20	0.976	-1.00	201.00	205.40	0.00	54.62	461.02
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	4.00	2.20	0.976	1.00	199.10	208.36	0.00	54.62	462.07
18.00	8526	100.000	21.000	7.000	0.580	0.00	4.00	2.20	0.976	3.00	197.52	213.11	0.00	54.62	465.24

Tabel 3

Voorbeeldschip, CB = 0.58STEVENCONTOUR,

Spant		Steven	Deklijn	Knik	Kni
47.000	Hoogte :	0.000	10.048		
	Breedte :	0.000	10.911		
46.000	Hoogte :	0.000	10.048		
	Breedte :	0.000	10.909		
45.000	Hoogte :	0.000	10.048		
	Breedte :	0.000	10.906		
44.000	Hoogte :	0.000	10.048		
	Breedte :	0.000	10.901		
43.000	Hoogte :	0.000	10.048		
	Breedte :	0.000	10.893		
42.000	Hoogte :	0.000	10.048		
	Breedte :	0.000	10.882		
41.000	Hoogte :	0.000	10.048		
	Breedte :	0.000	10.868		
40.000	Hoogte :	0.000	10.048		
	Breedte :	0.000	10.850		
39.000	Hoogte :	-0.000	10.048		
	Breedte :	0.000	10.828		
38.000	Hoogte :	-0.000	10.048		
	Breedte :	0.000	10.801		
37.000	Hoogte :	-0.000	10.418		
	Breedte :	0.000	10.787		
36.000	Hoogte :	-0.000	11.296		
	Breedte :	0.000	10.794		
35.000	Hoogte :	-0.000	12.173		
	Breedte :	0.000	10.798		
34.000	Hoogte :	-0.000	13.000		
	Breedte :	0.000	10.797		
33.000	Hoogte :	-0.000	13.000		
	Breedte :	0.000	10.747		
32.000	Hoogte :	-0.000	13.000		
	Breedte :	0.000	10.689		
31.000	Hoogte :	-0.000	13.000		
	Breedte :	0.000	10.624		
30.000	Hoogte :	-0.000	13.000	9.349	
	Breedte :	0.000	10.550	10.325	
29.000	Hoogte :	0.000	13.000	9.491	
	Breedte :	0.000	10.468	10.242	
28.000	Hoogte :	0.000	13.000	9.629	
	Breedte :	0.000	10.378	10.150	
27.000	Hoogte :	0.000	13.000	9.764	
	Breedte :	0.000	10.279	10.050	
26.000	Hoogte :	0.000	13.000	9.895	
	Breedte :	0.000	10.171	9.942	
25.000	Hoogte :	0.000	13.000	10.022	
	Breedte :	0.000	10.056	9.825	
24.000	Hoogte :	0.000	13.000	10.146	
	Breedte :	0.000	9.932	9.699	
23.000	Hoogte :	0.000	13.000	10.266	
	Breedte :	0.000	9.800	9.566	

Voorbeeldschip, CB = 0.58

STEVENCONTOUR,

Spant		Steven	Deklijn	Knik	Kn
22.000	Hoogte :	0.000	13.000	10.383	
	Breedte :	0.000	9.659	9.424	
21.000	Hoogte :	-0.000	13.000	10.496	
	Breedte :	0.000	9.511	9.274	
20.000	Hoogte :	-0.000	13.000	10.606	
	Breedte :	0.000	9.355	9.116	
19.000	Hoogte :	-0.000	13.000	10.712	
	Breedte :	0.000	9.191	8.951	
18.000	Hoogte :	-0.000	13.000	10.816	
	Breedte :	0.000	9.018	8.777	
17.000	Hoogte :	-0.000	13.000	10.916	
	Breedte :	0.000	8.839	8.596	
16.000	Hoogte :	-0.000	13.000	11.013	
	Breedte :	0.000	8.651	8.407	
15.000	Hoogte :	0.000	13.000	11.107	
	Breedte :	0.000	8.456	8.211	
14.000	Hoogte :	0.000	13.000	11.199	
	Breedte :	0.000	8.253	8.008	
13.000	Hoogte :	0.001	13.000	11.287	
	Breedte :	0.000	8.043	7.797	
12.000	Hoogte :	0.003	13.000	11.373	
	Breedte :	0.000	7.825	7.580	
11.000	Hoogte :	0.007	13.000	11.457	
	Breedte :	0.000	7.600	7.356	
10.000	Hoogte :	0.013	13.000	11.538	
	Breedte :	0.000	7.367	7.125	
9.000	Hoogte :	0.023	13.000	11.617	
	Breedte :	0.000	7.128	6.888	
8.000	Hoogte :	0.036	13.000	11.694	
	Breedte :	0.000	6.881	6.644	
7.000	Hoogte :	0.054	13.000	11.769	
	Breedte :	0.000	6.627	6.394	
6.000	Hoogte :	0.484	13.000	11.842	
	Breedte :	0.000	6.366	6.138	
5.000	Hoogte :	4.241	13.000	11.913	
	Breedte :	0.000	6.098	5.875	
4.000	Hoogte :	5.340	13.000	11.982	
	Breedte :	0.000	5.823	5.607	
3.000	Hoogte :	5.957	13.000	12.049	
	Breedte :	0.000	5.541	5.334	
2.000	Hoogte :	6.419	13.000	12.115	
	Breedte :	0.000	5.252	5.054	
1.000	Hoogte :	6.807	13.000	12.180	
	Breedte :	0.000	4.957	4.769	
-0.000	Hoogte :	7.157	13.000	12.243	
	Breedte :	0.000	4.655	4.479	
-1.000	Hoogte :	7.487	13.000	12.305	
	Breedte :	0.000	4.347	4.184	
-2.000	Hoogte :	7.807	13.000	12.366	
	Breedte :	0.000	4.032	3.883	

Voorbeeldschip, CB = 0.58

STEVENCONTOUR,

Spant		Steven	Deklijn	Knik	Kni
-3.000	Hoogte :	8.120	13.000	12.426	
	Breedte :	0.000	3.710	3.578	

Voorbeeldschip, CB = 0.58

< - - - - - Waterlijnen -					
2.00	1.500	1.000	0.500	0.000	Spanten
8.50	8.000	7.500	7.000	6.500	
47.000	10.42	10.307	10.101	9.557	-
46.000	10.84	10.829	10.809	10.788	10.767
45.000	10.40	10.283	10.056	9.432	-
44.000	10.84	10.827	10.807	10.786	10.765
43.000	10.37	10.238	9.972	9.192	-
42.000	10.84	10.824	10.803	10.783	10.762
41.000	10.33	10.167	9.836	8.835	-
40.000	10.78	9.92	8.770	7.320	-
39.000	10.74	9.264	8.497	7.051	10.698
38.000	10.73	9.54	8.256	6.817	10.672
37.000	10.70	9.35	8.824	6.613	10.641
36.000	10.66	9.16	8.631	6.431	10.607
35.000	10.98	8.98	8.456	6.268	10.594
34.000	10.56	8.81	8.292	6.118	10.573
33.000	10.50	8.64	8.135	5.981	10.517
					10.477
					10.444
					10.403
					10.351
					10.300
					10.251
					10.200
					10.150
					10.100
					10.050
					10.000
					9.950
					9.900
					9.850
					9.800
					9.750
					9.700
					9.650
					9.600
					9.550
					9.500
					9.450
					9.400
					9.350
					9.300
					9.250
					9.200
					9.150
					9.100
					9.050
					9.000
					8.950
					8.900
					8.850
					8.800
					8.750
					8.700
					8.650
					8.600
					8.550
					8.500
					8.450
					8.400
					8.350
					8.300
					8.250
					8.200
					8.150
					8.100
					8.050
					8.000
					7.950
					7.900
					7.850
					7.800
					7.750
					7.700
					7.650
					7.600
					7.550
					7.500
					7.450
					7.400
					7.350
					7.300
					7.250
					7.200
					7.150
					7.100
					7.050
					7.000
					6.950
					6.900
					6.850
					6.800
					6.750
					6.700
					6.650
					6.600
					6.550
					6.500
					6.450
					6.400
					6.350
					6.300
					6.250
					6.200
					6.150
					6.100
					6.050
					6.000
					5.950
					5.900
					5.850
					5.800
					5.750
					5.700
					5.650
					5.600
					5.550
					5.500
					5.450
					5.400
					5.350
					5.300
					5.250
					5.200
					5.150
					5.100
					5.050
					5.000
					4.950
					4.900
					4.850
					4.800
					4.750
					4.700
					4.650
					4.600
					4.550
					4.500
					4.450
					4.400
					4.350
					4.300
					4.250
					4.200
					4.150
					4.100
					4.050
					4.000
					3.950
					3.900
					3.850
					3.800
					3.750
					3.700
					3.650
					3.600
					3.550
					3.500
					3.450
					3.400
					3.350
					3.300
					3.250
					3.200
					3.150
					3.100
					3.050
					3.000
					2.950
					2.900
					2.850
					2.800
					2.750
					2.700
					2.650
					2.600
					2.550
					2.500
					2.450
					2.400
					2.350
					2.300
					2.250
					2.200
					2.150
					2.100
					2.050
					2.000
					1.950
					1.900
					1.850
					1.800
					1.750
					1.700
					1.650
					1.600
					1.550
					1.500
					1.450
					1.400
					1.350
					1.300
					1.250
					1.200
					1.150
					1.100
					1.050
					1.000
					9.950
					9.900
					9.850
					9.800
					9.750
					9.700
					9.650
					9.600
					9.550
					9.500
					9.450
					9.400
					9.350
					9.300
					9.250
					9.200
					9.150
					9.100
					9.050
					9.000
					8.950
					8.900
					8.850
					8.800
					8.750
					8.700
					8.650
					8.600
					8.550
					8.500
					8.450
					8.400
					8.350
					8.300
					8.250
					8.200
					8.150
					8.100
					8.050
					8.000
					7.950
					7.900
					7.850
					7.800
					7.750
					7.700
					7.650
					7.600
					7.550
					7.500
					7.450
					7.400
					7.350
					7.300
					7.250
					7.200
					7.150
					7.100
					7.050
					7.000
					6.950
					6.900
					6.850
					6.800
					6.750
					6.700
					6.650
					6.600
					6.550
					6.500
					6.450
					6.400
					6.350
					6.300
					6.250
					6.200
					6.150
					6.100
					6.050
					6.000
					5.950
					5.900
					5.850
					5.800
					5.750
					5.700
					5.650
					5.600
					5.550
					5.500
					5.450
					5.400
					5.350
					5.300
					5.250
					5.200
					5.150
					5.100
					5.050
					5.000
					4.950
					4.900
					4.850
					4.800
					4.750
					4.700
					4.650
					4.600
					4.550
					4.500
					4.450
					4.400
					4.350
					4.300
					4.250
					4.200
					4.150

Voorbeeldschip, CB = 0.58

<----- Waterlijnen ----->					Spanten
0.000	0.500	1.000	1.500	2.00	8.50
6.500	7.000	7.500	8.000	8.50	
0.000	5.851	7.222	7.980	8.48	
10.221	10.286	10.342	10.389	10.42	
0.000	5.728	7.076	7.824	8.32	
10.054	10.133	10.204	10.268	10.32	
0.000	5.609	6.929	7.663	8.14	
9.848	9.938	10.025	10.109	10.19	
-	5.493	6.778	7.493	7.96	
9.606	9.705	9.806	9.911	10.02	
-	5.377	6.622	7.314	7.76	
9.332	9.435	9.548	9.673	9.81	
-	5.261	6.461	7.125	7.55	
9.030	9.135	9.256	9.399	9.56	
-	5.142	6.293	6.927	7.33	
8.706	8.811	8.938	9.095	9.28	
-	5.020	6.117	6.718	7.10	
8.365	8.469	8.600	8.769	8.97	
-	4.895	5.935	6.500	6.86	
8.009	8.113	8.248	8.427	8.65	
-	4.765	5.745	6.271	6.60	
7.642	7.747	7.886	8.075	8.32	
0.000	4.629	5.548	6.035	6.34	
7.269	7.376	7.521	7.720	7.98	
0.000	4.488	5.343	5.789	6.06	
6.892	7.003	7.155	7.366	7.64	
0.000	4.338	5.128	5.533	5.78	
6.513	6.629	6.791	7.014	7.30	
0.001	4.176	4.901	5.265	5.48	
6.134	6.258	6.430	6.667	6.97	
0.001	3.999	4.660	4.983	5.17	
5.756	5.888	6.073	6.324	6.64	
18.000					
19.000					
20.000					
21.000					
22.000					
23.000					
24.000					
25.000					
26.000					
27.000					
28.000					
29.000					
30.000					
31.000					
32.000					

Voorbeeldschip, CB = 0.58

Spanten	< - - - - - Waterlijnen -				
	0.000 6.500	0.500 7.000	1.000 7.500	1.500 8.000	2.000 8.500
17.000	0.001 5.379	3.805 5.523	4.402 5.722	4.687 5.988	4.85 6.31
16.000	0.000 5.007	3.592 5.163	4.127 5.377	4.376 5.658	4.51 6.00
15.000	- 4.639	3.356 4.809	3.833 5.038	4.050 5.334	4.16 5.69
14.000	- 4.276	3.097 4.461	3.520 4.707	3.708 5.017	3.80 5.38
13.000	- 3.919	2.813 4.120	3.186 4.383	3.348 4.706	3.43 5.08
12.000	- 3.568	2.502 3.786	2.830 4.064	2.971 4.401	3.04 4.78
11.000	- 3.221	2.162 3.457	2.450 3.752	2.573 4.101	2.63 4.49
10.000	- 2.879	1.792 3.134	2.046 3.445	2.154 3.805	2.20 4.20
9.000	- 2.540	1.392 2.815	1.616 3.142	1.711 3.513	1.75 3.91
8.000	- 2.203	0.962 2.500	1.159 2.843	1.242 3.224	1.28 3.63
7.000	- 1.868	0.500 2.187	0.673 2.546	0.747 2.937	0.78 3.35
6.000	- 1.531	0.007 1.874	0.156 2.251	0.222 2.652	0.25 3.07
5.000	- 1.190	- 1.561	- 1.956	- 2.368	- 2.79
4.000	- 0.840	- 1.243	- 1.659	- 2.083	- 2.51
3.000	- 0.474	- 0.916	- 1.358	- 1.798	- 2.23

Voorbeeldschip, CB = 0.58

Spanten				
0.000	0.500	1.000	1.500	2.00
6.500	7.000	7.500	8.000	8.50
=====				
-	0.082	0.576	1.050	1.509
-	0.212	0.730	1.214	1.67
-	-	0.390	0.909	1.39
-	-	0.016	0.588	1.09
-	-	-	0.238	0.79
-	-	-	-	0.46

< - - - - - Waterlijnen -