

NAUTISCH ONDERZOEK BOCHTAFSNIJDING BATH

Optimalisatie van het kanaalprofiel voor de bochtafsnijding op basis van bevaarbare breedte, met behulp van de voorlopige resultaten van het nautisch onderzoek (september 1973, zonder vericht simulatoronderzoek)

Waterbouwkundig Laboratorium
Borgerhout

BIBLIOTHEEK

281030

NAUTISCH ONDERZOEK BOCHTAFSNIJDING BATH

Optimalisatie van het kanaalprofiel voor de bochtafsnijding
op basis van bevaarbare breedte, met behulp van de voorlopige
resultaten van het nautisch onderzoek (september 1973, zonder
verricht simulatoronderzoek)

HNO 74/20-3/nr.50

ir. A. Roos

Rijkswaterstaat

Directie Waterhuishouding en Waterbeweging

Hydro - Nautisch Onderzoek

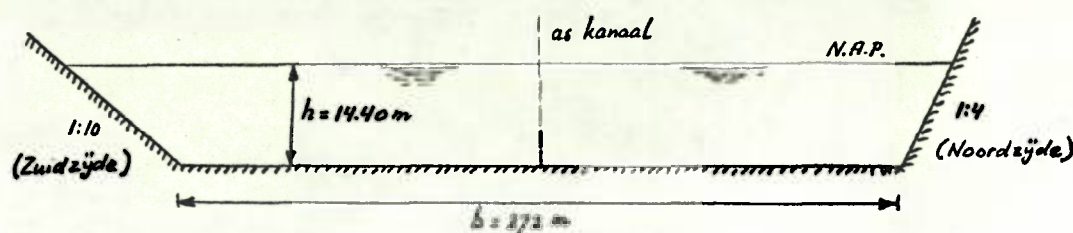
Inhoud

1. Inleiding
2. Berekende evenwichtsroerhoeken en bepaling van de bevaarbaarheidsgrenzen in het kanaalprofiel.
3. Aannamen bij de optimalisatieberekening.
4. Optimalisatie van de vorm van het huidige kanaalprofiel van de bochtafsnijding (op basis van het 15° -evenwichtsroerhoekcriterium).
5. Optimalisatie van twee alternatieve kanaalprofielvormen voor de bochtafsnijding (op basis van het 15° -evenwichtsroerhoekcriterium).
6. Onderlinge vergelijking van de beschouwde kanaalprofielvormen uit oogpunt van maximaal bevaarbare breedte.
7. Vergroten van de bevaarbare breedte door het toepassen van "oren".
8. Samenvatting en conclusies.

Literatuurlijst

1. Inleiding

Uit het hydraulisch onderzoek in Borgerhout is voor de bochtafsnijding bij Bath het kanaalprofiel gevonden, dat staat afgebeeld in fig. 1.



figuur 1

In het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation is een onderzoek verricht naar de nautische kwaliteiten van dit kanaalprofiel.

Als maatgevende schepen waarmee het onderzoek is verricht zijn gekozen een TRIO-containerschip (lengte 270.00 m, breedte 32.20 m, diepgang 11.50 m) en een 80.000 DWT-tanker (lengte 229.40 m, breedte 37.00 m, diepgang 12.82 m).

Het onderzoek bestaat uit twee gedeelten:

1. Studie naar de hydrodynamische verschijnselen bij het varen met hoge snelheden in het kanaal.
2. Studie naar het gedrag van het door de mens gestuurde schip in het kanaal.

Het eerste onderdeel is onderzoek met modelschepen varend in het kanaal, het tweede onderdeel betreft onderzoek op de manoeuvreersimulator. In dit rapport wordt alleen gebruik gemaakt van de resultaten van het eerste deel van het onderzoek, d.w.z. alleen de hydrodynamische verschijnselen worden in beschouwing genomen, niet de aspecten van het door de mens gestuurde schip.

Tijdens het eerste deel van het onderzoek zijn ondermeer krachten gemeten aan de beide schepen, varend met verschil-

lende snelheden en bij verschillende waterdiepten op een aantal plaatsen in het kanaalprofiel. Hoewel het kanaalpand van de bochtafsnijding gekromd is ($R = 3000 \text{ m}$), zijn deze proeven verricht in een recht kanaal. Op basis van de uit krachtmetingen af te leiden resultaten is een analyse gegeven van de bevaarbaarheid van het in fig. 1 staande kanaalprofiel, zie litt. [1].

In dit rapport wordt een poging gedaan om met behulp van dezelfde (uit de krachtmetingen afkomstige) resultaten de vorm van het kanaalprofiel (breedte-diepte-verhouding) te optimaliseren. Onder de optimale vorm van het kanaalprofiel wordt verstaan die breedte-diepte-verhouding waarbij de bevaarbare breedte maximaal is. Bij dit optimalisatie-proces wordt de breedte-diepte-verhouding gevarieerd onder constant houden van het waterafvoerend vermogen van het kanaalprofiel. Naast het in fig. 1 getoonde kanaalprofiel zullen ook een tweetal andere profielen, één met beide oevers 1:4 en één met beide oevers 1:10 in beschouwing worden genomen. Tevens zal aandacht worden besteed aan de invloed van "oren" op de bevaarbaarheid van het kanaalprofiel.

2. Berekende evenwichtsroerhoeken en bepaling van de bevaarbaarheids grenzen in het kanaalprofiel.

Vaart een schip langs de oever in een (recht) kanaal dan zal het invloed van deze oever ondervinden. Dit is het gevolg van de in dat geval optredende asymetrische omstroming van het schip. Om op een bepaalde vaste afstand uit de oever te blijven varen zal het schip een bepaalde evenwichtsroerhoek nodig hebben. Deze evenwichtsroerhoeken zijn voor beide schepen op basis van de verrichte krachtmetingen berekend. Men vindt ze voor het kanaalprofiel van fig. 1 op de bijlagen 1 en 2 voor resp. het containerschip en de tanker als functie van de plaats in het kanaal voor verschillende waterdiepte-diepgangverhoudingen D/T en scheepssnelheden v .

In voorgaande onderzoeken (zie o.a. litt [2] is met betrekking tot de bevaarbaarheid van kanalen het criterium gebruikt dat de grens van bevaarbaarheid (bij sturen door de mens) in een kanaal daar ligt, waar een schip een benodigde evenwichtsroerhoek van 15° heeft. In principe is de keuze van 15° evenwichtsroerhoek als grens van bevaarbaarheid arbitrair. De grootte van de evenwichtsroerhoek waarbij de grens van bevaarbaarheid wordt bereikt zal namelijk onder meer afhankelijk zijn van het type schip, de vaarsnelheid, de waterdiepte-diepgangverhouding, de navigatiehulpmiddelen, de bochtstraal (die hier buiten beschouwing blijft), e.d. Voor een eerste beoordeling is het echter een alleszins aanvaardbaar criterium.

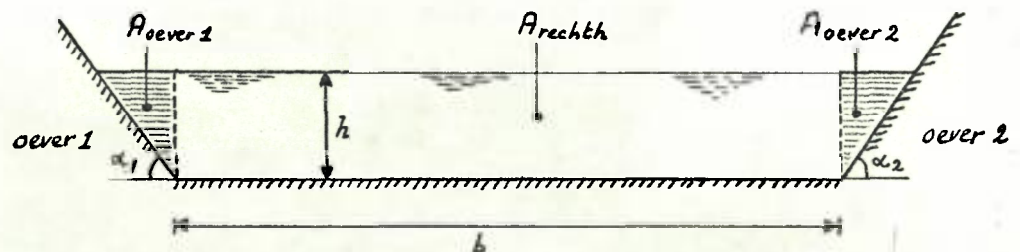
De 15° -evenwichtsroerhoekgrenzen zijn in de figuren op bijlage 1 en 2 als horizontale streeplijnen aangegeven. De snijpunten van deze streeplijnen met de krommen, die het verband geven tussen evenwichtsroerhoek en de plaats in het kanaal, leveren de bevaarbaarheids grenzen van het kanaalprofiel.

3. Aannamen bij de optimalisatieberekening.

De bevaarbare breedte van het kanaal neemt toe met zowel toename van de diepte als toename van de breedte van het profiel. Tussen breedte en diepte bestaat echter een relatie omdat het waterafvoerend vermogen van het kanaalprofiel constant wordt gehouden. Globaal (nl. afgezien van de delen van het profiel boven de oevers) is het product van breedte en diepte constant. Er zal dus een optimale verhouding tussen breedte en diepte zijn waarbij de bevaarbare breedte maximaal is.

Bij de optimalisatieberekening worden een tweetal aannamen gedaan. De eerste betreft de relatie tussen breedte en diepte van het kanaalprofiel bij variëren van hun verhouding, de tweede heeft betrekking op de breedte van de niet bevaarbare gebieden langs de beide oevers bij variëren van de kanaalvorm.

1^e aanname. Van het kanaalprofiel (zie fig. 2) wordt de vorm (breedte-diepteverhouding, oeverhellingen) zodanig gevarieerd, dat het waterafvoerend vermogen constant blijft. Aangenomen wordt dat de afvoer Q evenredig is met $(A_{\text{rechth}} + c \cdot A_{\text{oever 1}} + c \cdot A_{\text{oever 2}})$, waarin A_{rechth} het oppervlak is van het recht-



figuur 2

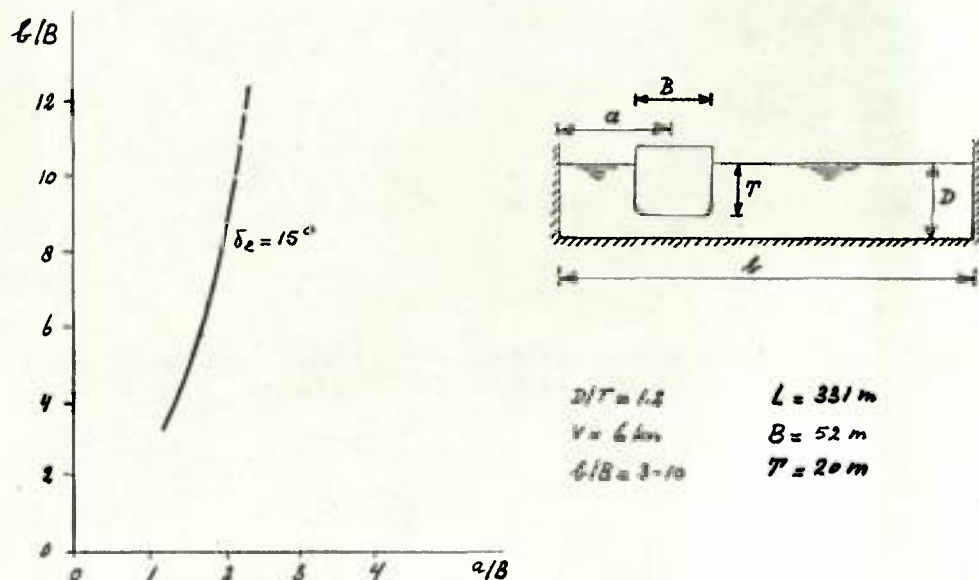
hoekige gedeelte van het profiel (zie fig. 2), $A_{\text{oever 1}}$ en $A_{\text{oever 2}}$ zijn de oppervlakken van het profiel boven de beide oevers. De factor c is een coëfficiënt die de verhouding geeft tussen de afvoer per oppervlakte-eenheid boven de oevers en de afvoer per oppervlak-eenheid in het rechthoekig gedeelte van het kanaalprofiel. Bovenstaande betekent dat:

$$bh + c(\frac{1}{2}h^2 \cot \alpha_1 + \frac{1}{2}h^2 \cot \alpha_2) = \text{constant} \dots (1)$$

De constante in het rechter lid wordt berekend door voor b , h , α_1 en α_2 de waarden in te vullen van het kanaalprofiel van fig. 1. Voor de coëfficiënt c wordt de waarde 0.5 genomen. Voor de constante wordt aldus gevonden 6075 m^2 . Bij variëren van de kanaalvorm in de optimalisatieberekening dient men dus te voldoen aan de voorwaarde:

$$bh + 0.5(\frac{1}{2}h^2 \cot \alpha_1 + \frac{1}{2}h^2 \cot \alpha_2) = 6075 \text{ m}^2 \dots (2)$$

2^o aanname. Bij het bepalen van de bevaarbaarheidsgrenzen wordt gebruik gemaakt van de figuren op bijlage 1 en 2. In feite gelden deze slechts voor het kanaalprofiel dat in fig. 1 staat. Om deze figuren ook te kunnen gebruiken voor kanaalprofielen met afwijkende vorm (andere breedte-diepte-verhouding, andere oeverhellingen) wordt verondersteld dat het verloop van de lijnen, die het verband geven tussen evenwichtsroerhoek en de plaats in het kanaalprofiel in de omgeving van de 15° -evenwichtsroerhoeklijn alleen wordt bepaald door de dichtstbijzijnde oever. Dit impliceert dat de plaats van de bevaarbaarheidsgrens (op basis van het 15° -evenwichtsroerhoekcriterium) t.o.v. de dichtstbijzijnde oever onafhankelijk is van de plaats en de helling van de tegenoverliggende oever in het kanaal. Een aanwijzing voor de geldigheid van deze aanname wordt gegeven door een bewerking op evenwichtsroerhoekgegevens van Eda [2], blz. 6 t/m 8. Eda heeft krachten gemeten aan het model van een 250.000 DWT-tanker varende in kanalen met een rechthoekig dwarsprofiel van verschillende breedte. Voor de verschillende kanaalbreedten heeft hij het verband gegeven tussen de afstand uit de as van het kanaal en de evenwichtsroerhoek. Op basis van zijn resultaten is fig. 3 samengesteld, waaruit blijkt hoe de plaats van de 15° -evenwichtsroerhoekgrens afhangt van de breedte van het kanaal. De lengte-maten zijn in de scheepsbreedte uitgedrukt. De figuur geldt voor een snelheid van 6 knopen. Men ziet dat de afstand van de 15° -evenwichtsroerhoekgrens uit de oever voor $b/B > 10$ vrijwel onafhankelijk is van de breedte van het kanaal, dus van de plaats van de tegenoverliggende oever. In de optimalisatieberekening is de waarde van b/B in de orde 10-15.



figuur 3

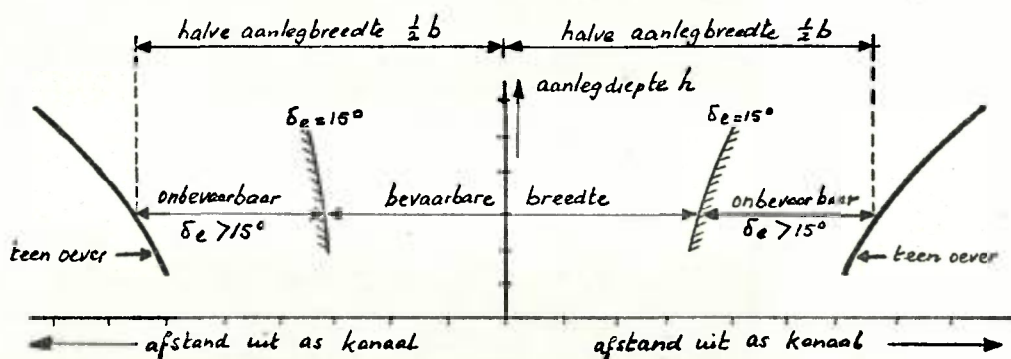
De geringe invloed van de kanaalbreedte (bij grote waarden van b/B) op de ligging van de 15° -evenwichtsroerhoekgrens kan ook worden verklaard uit de opmerking van Norrbijn [3], blz. 873, dat de invloed van de beide oevers superponeerbaar is. Vaart het schip dicht onder de ene oever dan zal de invloed van de tegenoverliggende oever bij grote b/B -waarden gering zijn. Verschuiven van die tegenoverliggende oever (= variëren van de kanaalbreedte) zal dan ook nauwelijks invloed hebben op de ligging van de 15° -evenwichtsroerhoekgrens t.o.v. de dichtsbijzijnde oever.

Beide helften van de figuren op bijlage 1 en 2 kunnen op basis van de gestelde aanname onafhankelijk van elkaar worden gebruikt voor allerlei kanaalconfiguraties met oevers onder hellingen 1:10 en 1:4. Op bijlage 3 en 4 zijn in de figuren a, b en c voor resp. het containerschip en de tanker de verbanden gegeven tussen de evenwichtsroerhoek en de afstand uit de teen van de oever voor de beide oeverhellingen 1:10 en 1:4. De evenwichtsroerhoeken zijn op deze bijlagen in absolute grootte gegeven, in tegenstelling tot de wijze waarop ze op de bijlage 1 en 2 staan, nl. voorzien van een richting (SB/BB). De omcirkelde snijpunten met de 15° -evenwichtsroerhoeklijnen zijn de bevaarbaarheidsgrenzen op basis van

het 15° -evenwichtsroerhoekcriterium. Uitgaande van deze omcirkelde punten zijn op de bijlage 3 en 4 in fig. d de bevaarbaarheidsgrenzen (lijnen waarlangs geldt $\delta_e = 15^\circ$) voor de verschillende D/T-verhoudingen gegeven als functie van de vaarsnelheid. De gearceerde zijde van deze lijnen geeft het onbevaarbare gebied aan met $\delta_e > 15^\circ$. In de onderste figuur e op deze bijlagen zijn de bevaarbaarheidsgrenzen gegeven voor verschillende snelheden als functie van de diepte van het kanaal. Deze figuren e worden in het vervolg van de optimalisatieberekening gebruikt.

4. Optimalisatie van de vorm van het huidige kanaalprofiel van de bochtafsnijding (op basis van het 15° -evenwichtsroerhoek-criterium).

Met vergel. (2) is het verband bepaald tussen b en h voor het huidige kanaalprofiel, d.w.z. met $\cot \alpha_1 = 10$ en $\cot \alpha_2 = 4$. Men vindt dit verband tussen aanlegbreedte b (= afstand tussen de tenen van beide oevers) en de aanlegdiepte h als dikke lijnen in de figuren op bijlage 5 en 6. Ten opzichte van de as van het kanaal is naar beide zijden $\frac{1}{2}b$ uitgezet als functie van h (zie ook fig. 3). Op de twee bijlagen 5 en 6 zijn verder voor resp. het containerschip en de tanker de bevaarbaarheids-grenzen (op basis van het 15° -evenwichtsroerhoek criterium) gegeven, geldend bij verschillende vaarsnelheden als functie van de aanlegdiepte van het kanaal. Dit is gedaan voor een drietal waterstanden, n.l. N.A.P., N.A.P. + 1 m en N.A.P. + 2 m. De bevaarbaarheidsgrenzen zijn op de volgende wijze bepaald (zie fig. 4).



figuur 4

Bij een bepaalde aanlegdiepte h en waterstand t.o.v. N.A.P. volgt de waterdiepte in het kanaal D , n.l.:

$$\text{waterdiepte } D = \text{aanlegdiepte } h + \text{waterstand t.o.v. N.A.P.}$$

..... (3)

Bij de gevonden waterdiepten worden de onbevaarbare breedten langs beide oevers afgelezen op de bijlagen 3 en 4 in fig. e. Dit gebeurt voor een aantal vaarsnelheden. De onbevaarbare breedten worden vanuit de tenen van beide oevers uitgezet en

men vindt de bevaarbaarheidsgrenzen (waarlangs geldt $\delta_e = 15^\circ$). Het gebied tussen de bevaarbaarheidsgrenzen is de bevaarbare breedte van het kanaalprofiel. Men kan deze breedten op de bijlagen 5 en 6 aflezen voor resp. het containerschip en de tanker als functie van aanlegdiepte kanaal, waterstand en vaarsnelheid. Tevens zijn langs de vertikale as de D/T-verhoudingen gegeven.

Men ziet uit de figuren op bijlage 5 en 6 dat de bevaarbare breedten voor het containerschip kleiner zijn dan voor de tanker. De oever onder helling 1:4 werkt sterker vaarbreedte beperkend dan de oever onder 1:10. De bevaarbare breedte blijkt toe te nemen met afname van de snelheid en met afname van de aanlegdiepte (= toename van de aanlegbreedte). Toename van de waterstand in het kanaal levert grotere waarden voor de bevaarbare breedte. Het merkwaardige verloop van de bevaarbaarheidsgrenzen voor de tanker langs de oever 1:4 wordt verklaard door de sterk gekromde lijnen die men aantreft op bijlage 4, fig. e, langs oever 1:4.

De invloed van de aanlegbreedte op de bevaarbare breedte blijkt veel sterker te zijn dan de invloed van de aanlegdiepte. Men ziet dat het kanaal (op basis van het 15° -evenwichtsroerhoekcriterium) qua bevaarbare breedte beter is, naarmate de aanlegdiepte kleiner (en dus de aanlegbreedte groter) is.

5. Optimalisatie van twee alternatieve kanaalprofielvormen voor de bochtafsnijding (op basis van het 15°-evenwichtsroerhoekcriterium).

Naast de huidige kanaalprofielvorm worden ook twee alternatieve kanaalprofielvormen in beschouwing genomen, één met beide oevers 1:4 en één met beide oevers 1:10.

Voor het kanaalprofiel met beide oevers onder helling 1:4 is met vergel. (2) het verband tussen b en h bepaald, door voor $\cot \alpha_1$ en $\cot \alpha_2$ de waarde 4 in te vullen. Men vindt dit verband tussen b en h in de figuren op bijlage 7 en 8. In deze figuren zijn, op dezelfde wijze als dit voor het kanaalprofiel op bijlage 5 en 6 is gebeurd, de bevaarbaarheidsgrenzen getekend. Men kan op bijlage 7 en 8 voor resp. het containerschip en de tanker de bevaarbare breedte aflezen als functie van aanlegdiepte kanaal, waterstand en vaarsnelheid. Daar het kanaalprofiel symmetrisch is (beide oeverhellingen gelijk) zijn de figuren symmetrisch om de kanaalas. Opnieuw blijkt dat de bevaarbare breedten voor het containerschip kleiner zijn dan voor de tanker. De bevaarbare breedte neemt toe met afname van de snelheid en afname van de aanlegdiepte (= toename van de aanlegbreedte) van het kanaal. De bevaarbare breedte is groter naarmate de waterstand hoger is.

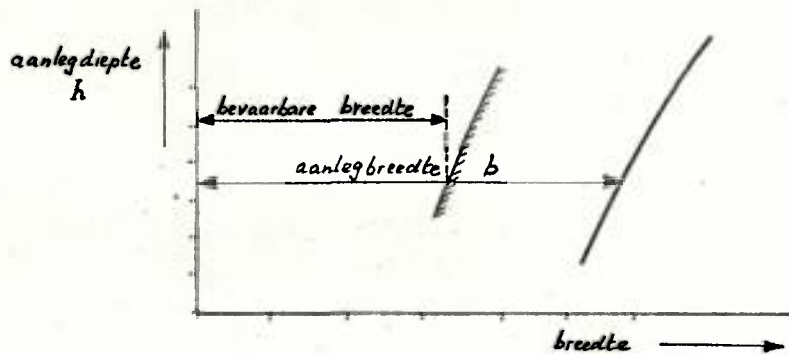
Voor het kanaalprofiel met beide oevers onder helling 1:10 is met vergel. (2) het verband tussen b en h bepaald, door voor $\cot \alpha_1$ en $\cot \alpha_2$ de waarde 10 in te vullen. Men vindt dit verband tussen b en h in de figuren op bijlagen 9 en 10. Men vindt hier opnieuw de bevaarbaarheidsgrenzen aangegeven, met behulp waarvan de bevaarbare breedte als functie van aanlegdiepte kanaal, waterstand en vaarsnelheid kan worden afgelezen. De figuren vertonen symmetrie om de kanaalas vanwege het symmetrische kanaalprofiel. Ook hier blijkt weer dat de bevaarbare breedten voor het containerschip kleiner zijn dan voor de tanker. De bevaarbare breedte neemt toe met afname van de vaarsnelheid en afname van de aanlegdiepte (= toename van de aanlegbreedte) van het kanaal. De bevaarbare breedte is groter naarmate de waterstand hoger is.

Voor deze beide alternatieve kanaalprofielvormen geldt eveneens dat het kanaal qua bevaarbare breedte beter is, naarmate de aanlegdiepte kleiner (en dus de aanlegbreedte groter) is.

6. Onderlinge vergelijking van de beschouwde kanaalprofielvormen uit oogpunt van maximaal bevaarbare breedte.

De drie beschouwde kanaalprofielvormen zijn ieder op zich optimaal bij zo klein mogelijke aanlegdiepte. Thans zullen de drie beschouwde kanaalprofielvormen onderling worden vergeleken uit oogpunt van maximaal bevaarbare breedte.

Op bijlage 11 vindt men voor de drie beschouwde kanaalprofielvormen de aanlegbreedte b uitgezet als functie van de aanlegdiepte h (als dikke lijnen, zie ook fig. 5). In de figuren op deze bijlage zijn tevens de bevaarbare breedten te vinden die



figuur 5

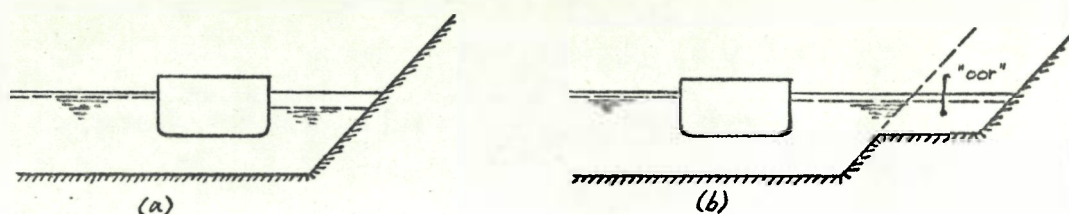
voor het containerschip en de tanker in de verschillende kanaalprofielen beschikbaar zijn bij de waterstand N.A.P. + 1 m (zie ook fig. 5). De bevaarbare breedten zijn gegeven als functie van de aanlegdiepte kanaal bij verschillende vaarsnelheden, ze zijn afkomstig van de bijlagen 5 t/m 10. Langs de verticale as is naast de aanlegdiepte ook de D/T-verhouding gegeven.

Men ziet op bijlage 11 dat de bevaarbare breedten groter zijn naarmate de aanlegdiepte kleiner is. Bij het kanaal met oevers 1:4 is de bevaarbare breedte gevoeliger voor de aanlegdiepte dan bij het kanaal met oevers 1:10, speciaal voor het containerschip varende met hoge snelheid. Het kanaal met beide oevers 1:10 is qua bevaarbare breedte het gunstigst. De winst in bevaarbare breedte t.o.v. de huidige kanaalprofiel is echter klein, maximaal (nl. afhankelijk van vaarsnelheid en aanlegdiepte) in de orde van 30 m.

Verwisselen van de huidige kanaalprofielvorm (oevers 1:10 en 1:4) voor het kanaal met beide oevers 1:10 lijkt qua winst in bevaarbare breedte niet lonend. Richt men zich op de huidige kanaalprofielvorm dan zal de minimale aanlegdiepte (bepaald door het verkeersaspect) het optimale kanaalprofiel opleveren. In die zin is het huidige ontwerp (zie fig. 1) optimaal te noemen.

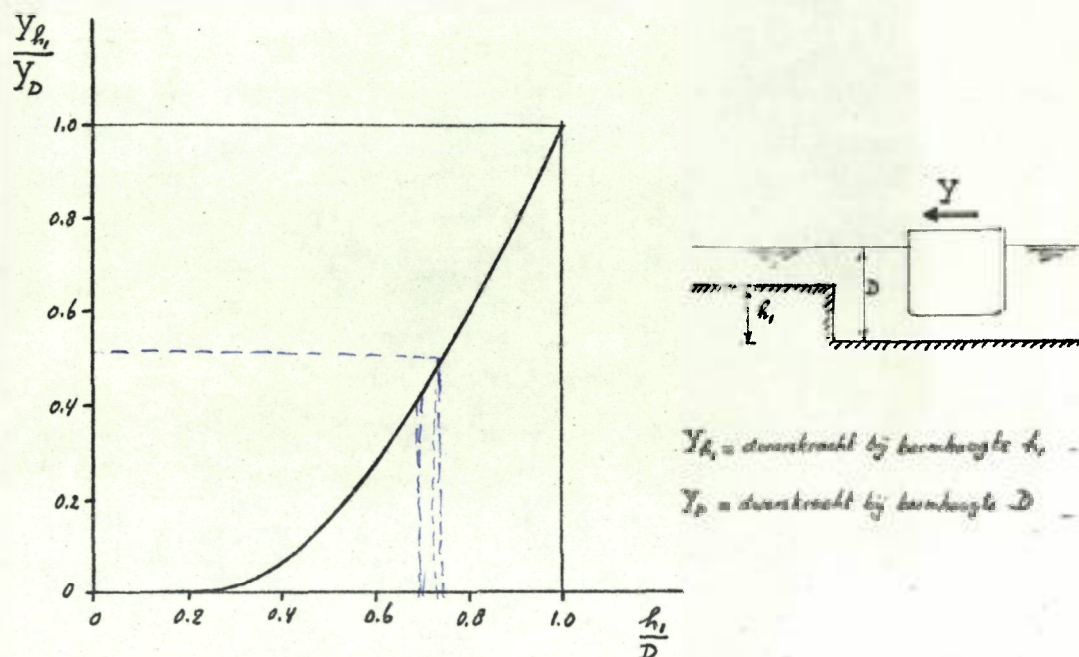
7. Vergroten van de bevaarbare breedte door het toepassen van "oren"

Indien een schip in een kanaal langs één der oevers vaart dan ondervindt het invloed van deze oever. Dit is het gevolg van de asymetrische omstroming van het schip. Hierdoor ontstaan onder meer verhangen in dwarsrichting van het kanaal (zie fig. 6^a), deze zijn verantwoordelijk voor de krachten die het schip t.g.v. de oeverwerking ondervindt. De ontstane niveauverschillen kunnen worden gecompenseerd door toestromen van



figuur 6

water uit aangrenzende kanaaldelen. In fig. 6^b is deze toestromingsmogelijkheid aanwezig door het aanbrengen van een "oor" aan het kanaalprofiel. De dwarsverhangen zullen hierdoor kleiner zijn en de krachten die het schip t.g.v. de oever ondervindt eveneens. Over de mate waarin de krachten afnemen is een aanwijzing beschikbaar in een publicatie van Norrbín [4], blz. 61. Norrbín heeft krachtmetingen verricht aan het model van een 280.000 DWT-tanker varende langs een berm, waarvan de hoogte h_1 (zie fig. 7) varieerde van 0 tot D. In fig. 7 is het verband gegeven tussen de bij bermhoogte h_1 gemeten dwarskracht Y_{h_1} (uitgedrukt in de bij bermhoogte D gemeten dwarskracht Y_D) en de bermhoogte h_1 (uitgedrukt in D). Opvallend is de snelle afname van de dwarskracht bij slechts geringe waterlaagdikten boven de berm. De waterlaag boven de berm was bij deze experimenten zeer breed. Bij oren met beperkte breedte (zie fig. 6b) zal het effect geringer zijn dan in fig. 7 is gegeven. De mate waarin de krachten afnemen bij verschillende vormen van oren in het kanaalprofiel van Bath zal moeten blijken uit onderzoek waarin metingen worden verricht aan modelschepen varende in een kanaalprofiel met "oren".



figuur 7

Door afname van de krachten op het schip in het geval dat er "oren" worden toegepast, zullen de bevaarbaarheidsgrenzen (op basis van het 15° -evenwichtsroerhoekcriterium) dichtter bij de teen van de oever komen te liggen. De breedte van de onbevaarbare gebieden langs de oevers zullen daardoor afnemen met als gevolg een toename van de bevaarbare breedte in het kanaalprofiel.

8. Samenvatting en conclusies

In dit verslag is een poging gedaan om de optimale vorm van het kanaalprofiel voor de bochtafsnijding bij Bath te vinden uit oogpunt van bevaarbare breedte. Hierbij is gebruik gemaakt van de voorlopige resultaten van het nautisch onderzoek, waarbij als maatgevende schepen een 80.000 DWT tanker en een TRIO-containerschip zijn gekozen. De bevaarbare breedten zijn gebaseerd op de veronderstelling dat de grens van bevaarbaarheid in een kanaal ligt op de plaats waar het schip een evenwichtsroerhoek van 15° nodig heeft. De beschouwing geldt voor een recht kanaal. Bij de optimalisatie van de vorm van de kanaaldoorsnede zijn nog een tweetal aannamen gedaan:

1. Het waterafvoerend vermogen van het kanaalprofiel wordt constant gehouden.
2. De breedte van het onbevaarbare gebied langs de oevers is slechts afhankelijk van de dichtsbijzijnde oever en onafhankelijk van de kanaalbreedte en de helling van de tegenoverliggende oever.

In de optimalisatieberekening worden een drietal kanaalvormen beschouwd:

1. Huidige kanaalprofielvorm, oevers 1:10 en 1:4.
2. Kanaalprofiel met beide oevers 1:4.
3. Kanaalprofiel met beide oevers 1:10.

Vergelijkt men de bevaarbare breedten van deze drie kanaalprofielen dan blijkt dat het kanaal met beide oevers 1:10 het gunstigste is. De winst in bevaarbare breedte t.o.v. de huidige kanaalprofielvorm (met oevers 1:10 en 1:4) is echter gering. Verder blijkt dat (uitgaande van constant waterafvoerend vermogen) de grootste bevaarbare breedten worden gevonden bij zo klein mogelijke aanlegdiepte van het kanaal.

Laat men de geringe verbetering in bevaarbare breedte van het kanaal met beide oevers 1:10 t.o.v. de huidige kanaalvorm met oevers 1:10 en 1:4 buiten beschouwing (als niet lonend), dan kan worden geconcludeerd dat het huidige kanaalprofiel (zie

fig. 1), waarbij de aanlegdiepte zo klein mogelijk is (bepaald door verkeersaspect), optimaal is. In het huidige kanaalprofiel vindt men afhankelijk van snelheid en waterstand de volgende bevaarbare breedten (zie litt [1]):

80.000 DWT tanker : 250-350 m

TRIO-containerschip : 100-250 m

Door het aanbrengen van "oren" aan het huidige kanaalprofiel van fig. 1 wordt een vergroting van deze bevaarbare breedten verwacht. De mate waarin deze breedten toenemen zal door onderzoek moeten worden vastgesteld.

De in dit rapport behandelde aspecten hebben betrekking op de hydrodynamische verschijnselen bij het schip varend in een stationaire positie door het kanaal. De belangrijke invloed van de wijze van navigeren en sturen is hier buiten beschouwing gebleven. Deze invloed zal in een volgend rapport aan de orde komen, waarbij de resultaten van het onderzoek op de manoeuvreersimulator in de beschouwing zullen worden betrokken.

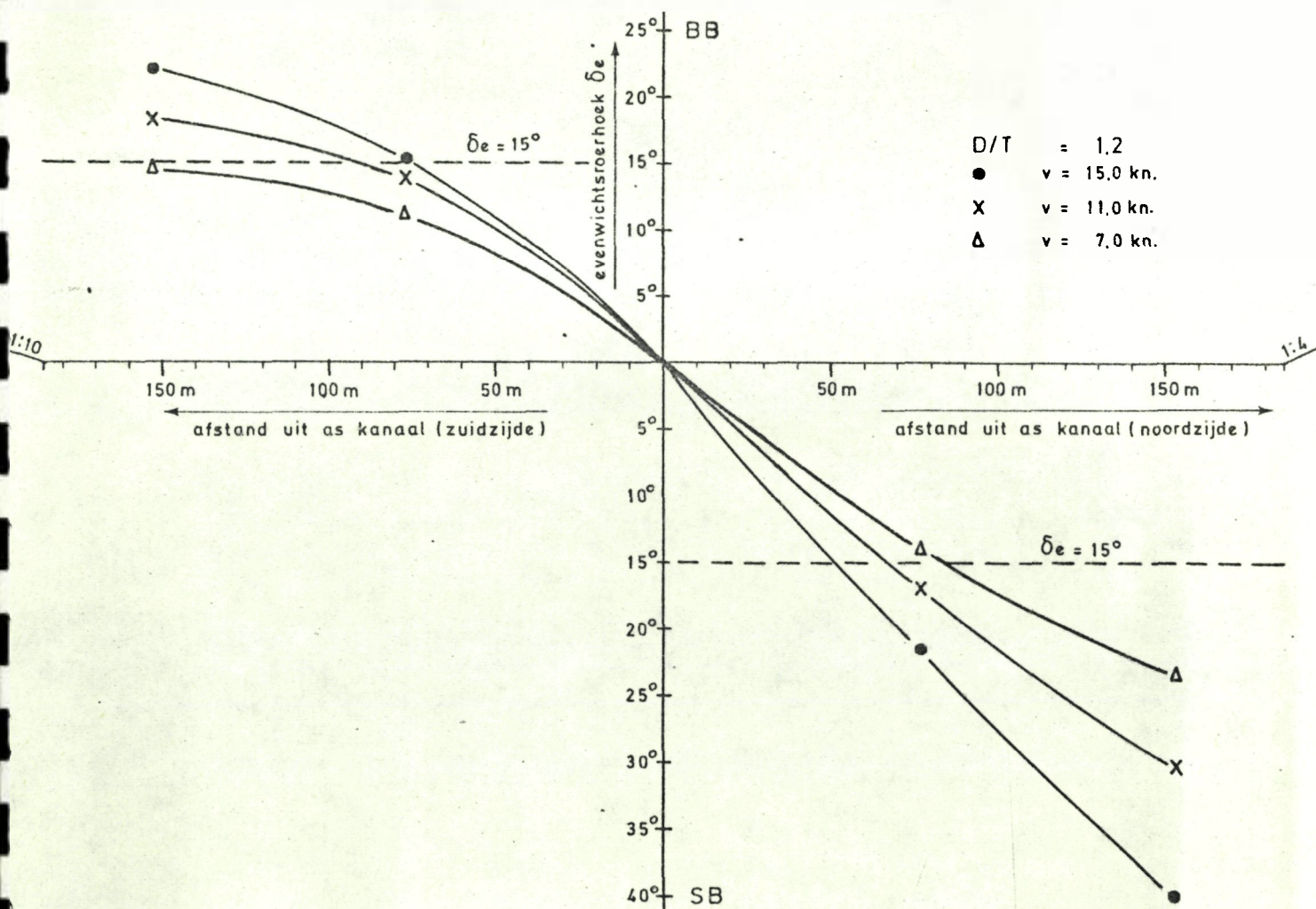
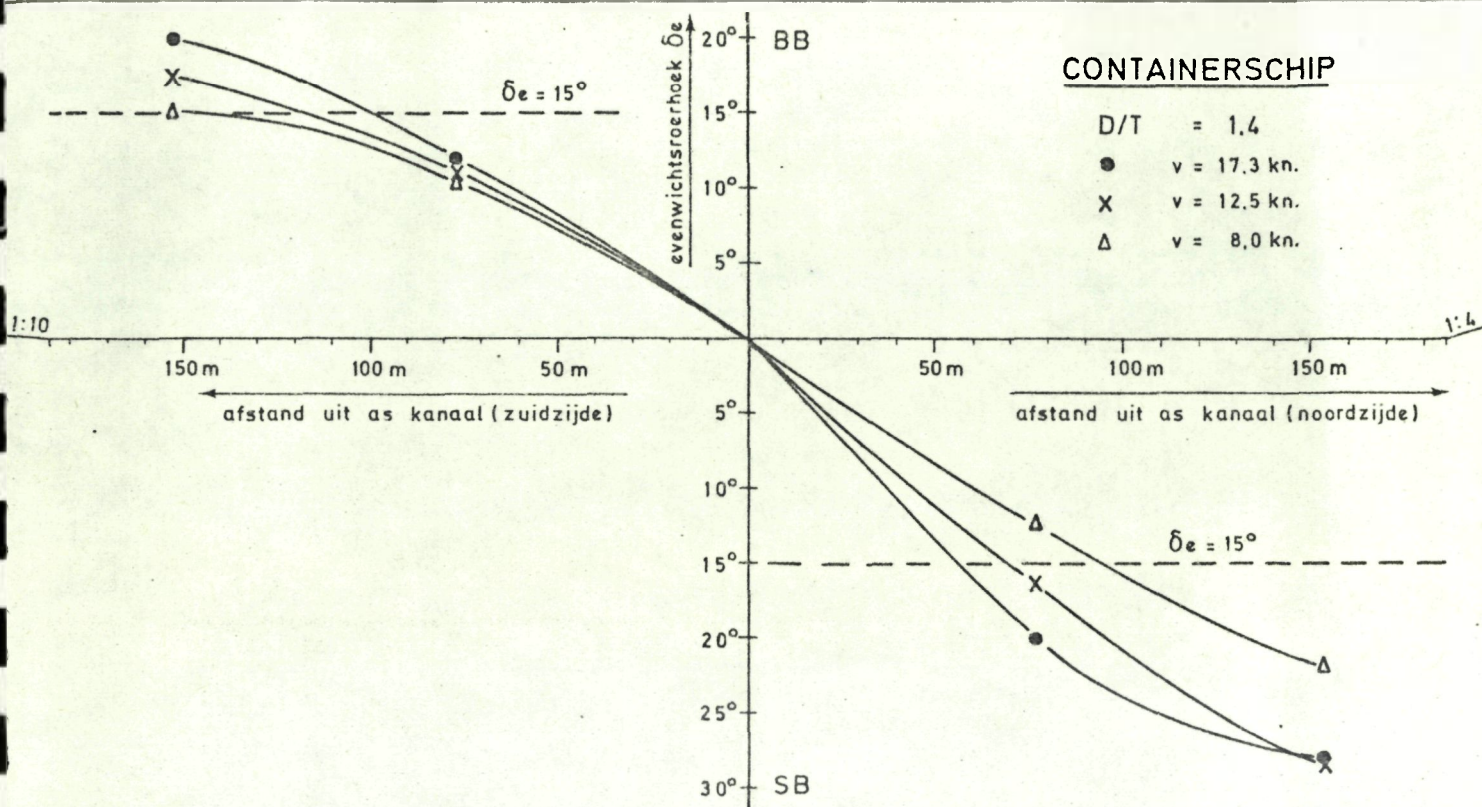
Litteratuurlijst

- [1] Analyse van het kanaalprofiel voor de bochtafsnijding Bath op basis van de voorlopige resultaten van het nautisch onderzoek (september 1973, zonder verricht simulatoronderzoek). HNO 74/25-1/nr. 15.

- [2] H. Eda - Directional Stability and Control of Ships in Restricted Channels.
The Society of Naval Architecture and Marine Engineers, november 1971.

- [3] N.H. Norrbin - Theory and Observations on the Use of a Mathematical Model for Ship Manoeuvring in Deep and Confined Waters.
S.S.P.A. Publication no. 68, 1971

- [4] N.H. Norrbin - Bank Effects on a Ship moving through a Short Dredged Channel.
Paper presented on "Symposium on Naval Hydrodynamics", Boston, U.S.A., june 1974.



VERBAND TUSSEN DE EVENWICHTSROERHOEK EN DE
PLAATS IN HET KANAAL VOOR HET CONTAINERSCHIP

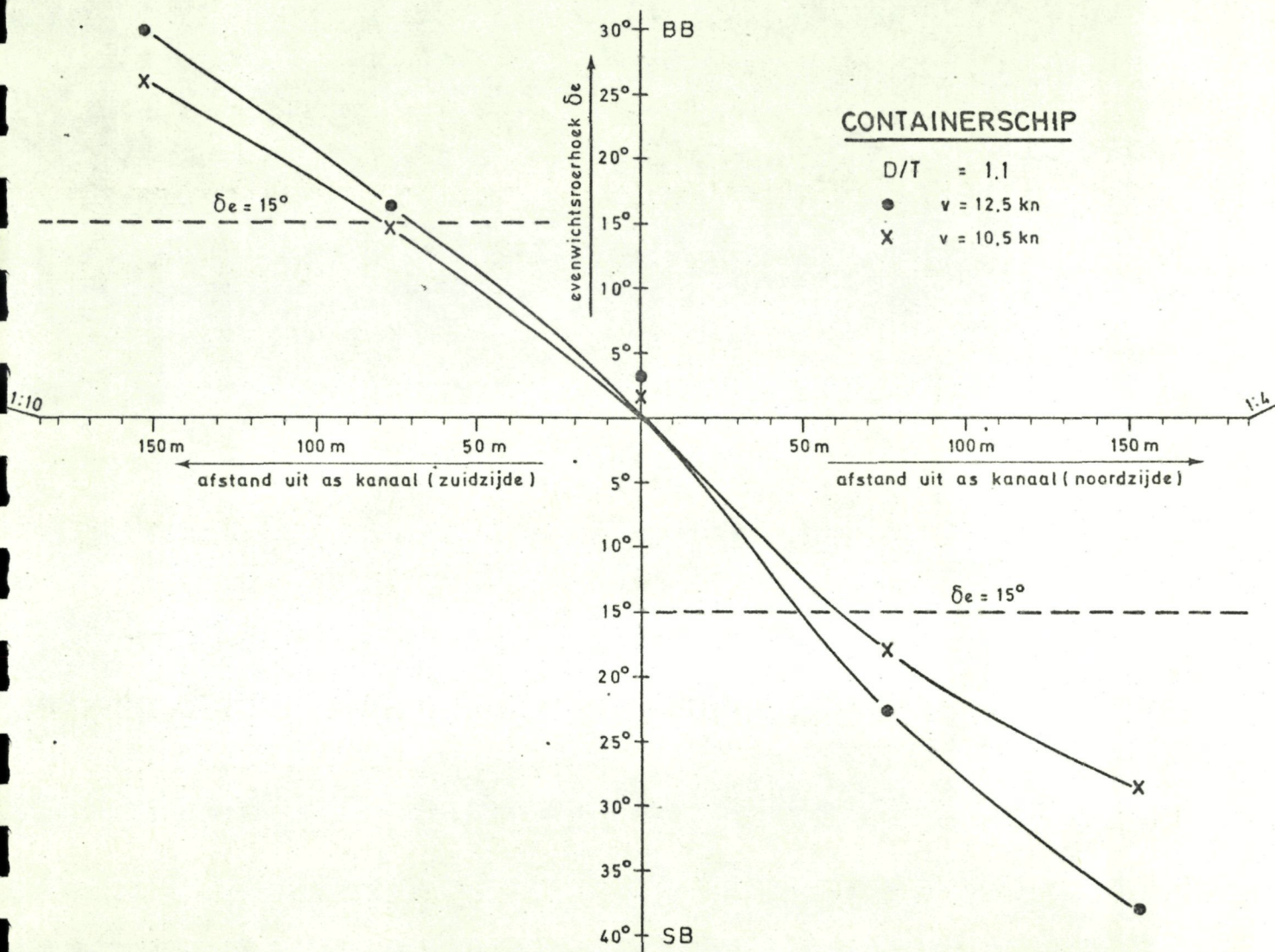
Bijlage 1^a

RIJKSWATERSTAAT
DIRECTIE W. en W.
HYDRO - NAUTISCH ONDERZOEK

Getek. Gezien Acc.

HNO 74/20 - 3/nr. 50

DIN A4 Nr. 74.049



VERBAND TUSSEN DE EVENWICHTSROERHOEK EN DE
PLAATS IN HET KANAAL VOOR HET CONTAINERSCHIP

Bijlage 1b

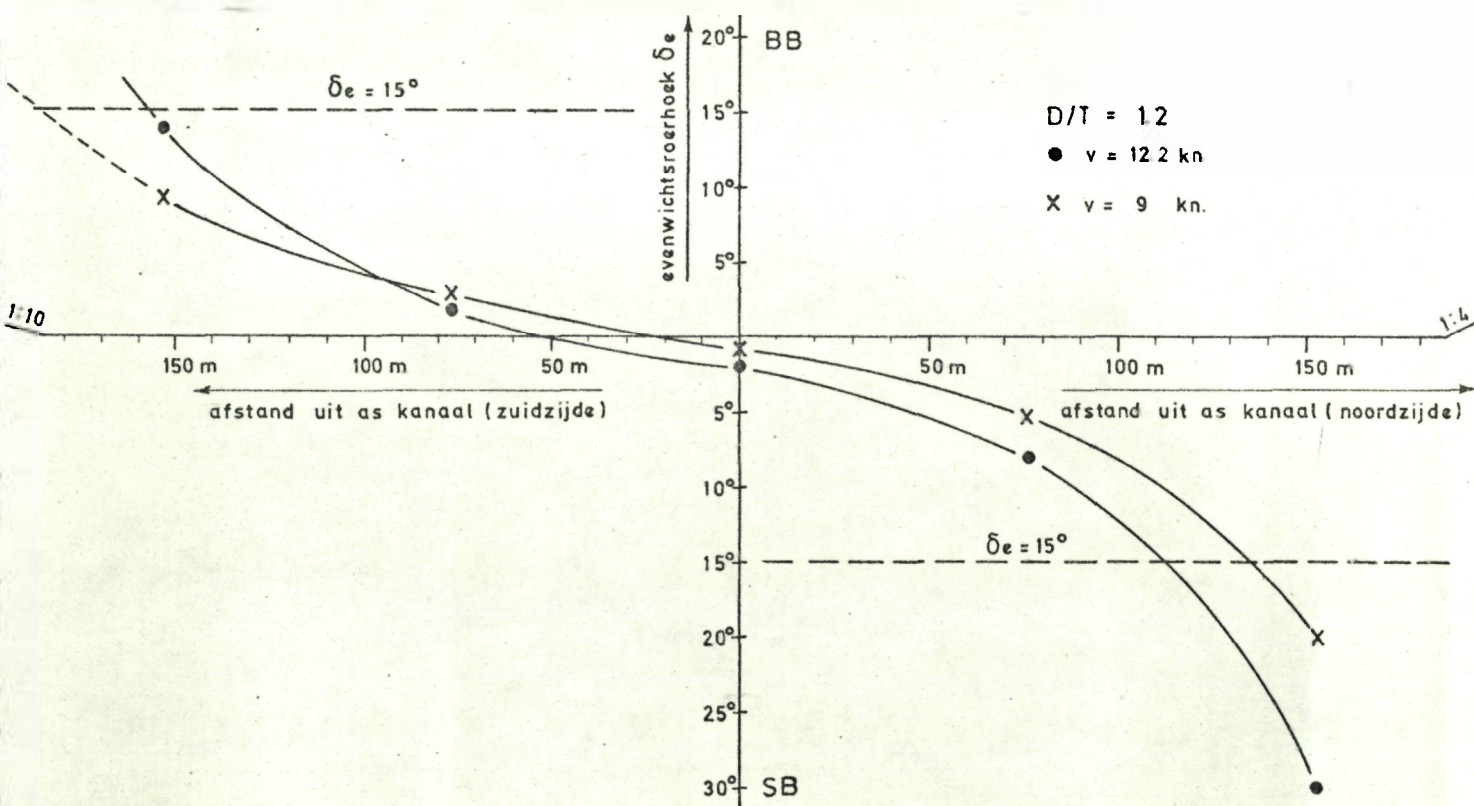
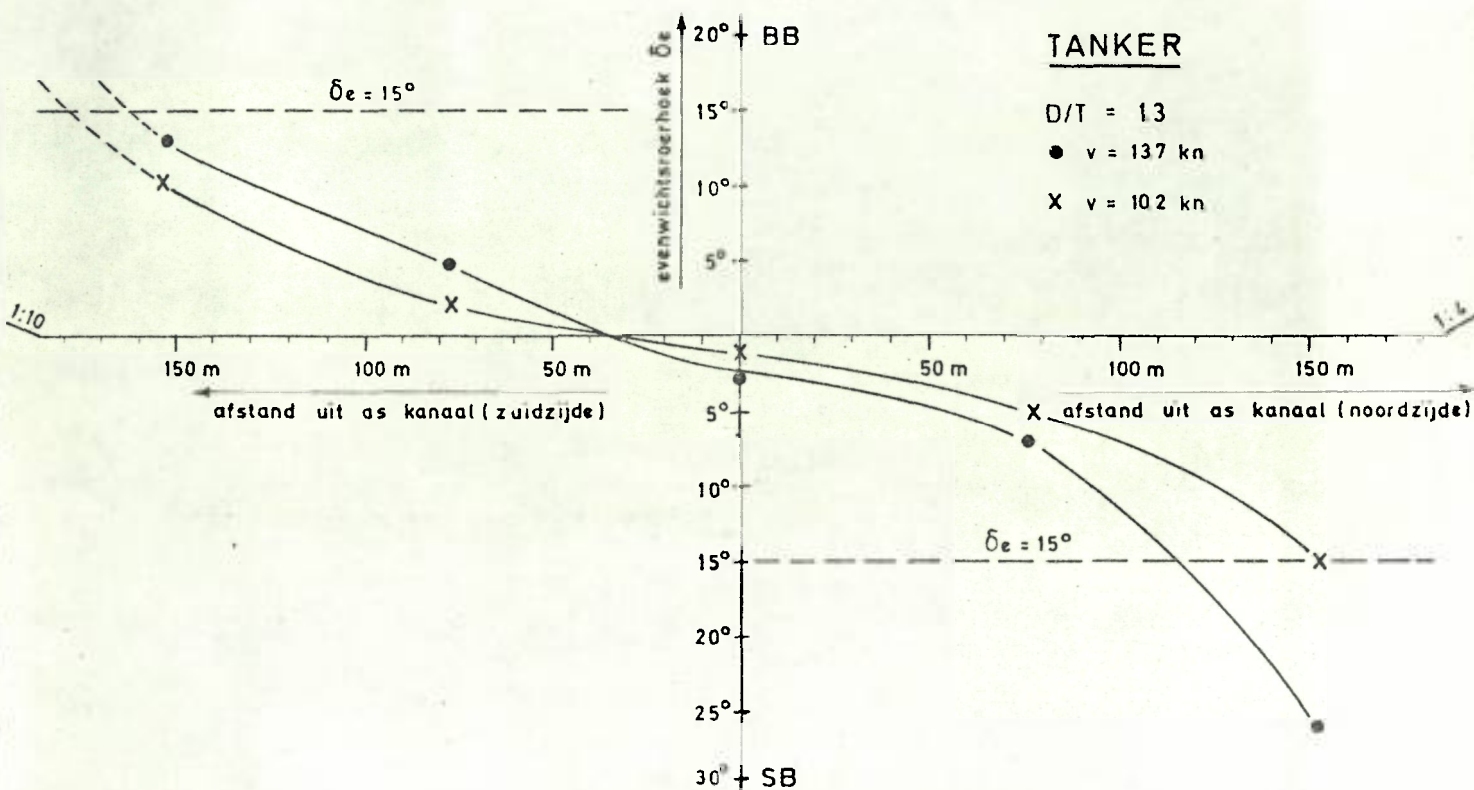
RIJKSWATERSTAAT
DIRECTIE W. en W.
HYDRO-NAUTISCH ONDERZOEK

Getek. Gezien Acc.

Soendjohar *[Signature]* *[Signature]*

HNO 74/20-3/nr.50

DIN A4 Nr. 74.050



VERBAND TUSSEN DE EVENWICHTSROERHOEK EN
DE PLAATS IN HET KANAAL VOOR DE TANKER

Bijlage 2^a

RIJKSWATERSTAAT

DIRECTIE W en W.

HYDRO - NAUTISCH ONDERZOEK

Getek

Gezien

Acc.

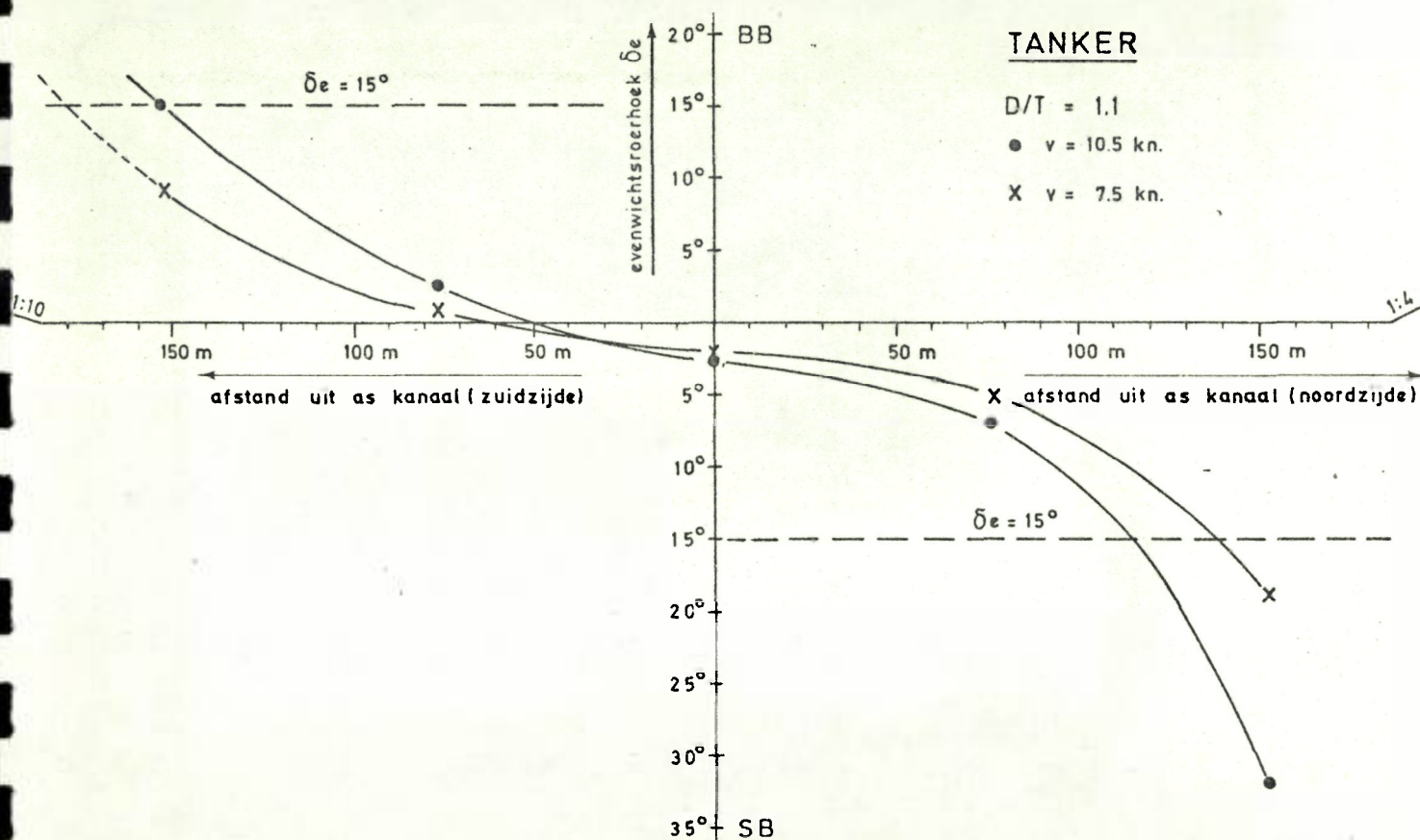
HNO 74/20 - 3/nr. 50

GE

STO

PR

DIN A4 | Nr. 74.051



VERBAND TUSSEN DE EVENWICHTSROERHOEK EN
DE PLAATS IN HET KANAAL VOOR DE TANKER

Bijlage 2b

HNO 74/20 - 3/nr. 50

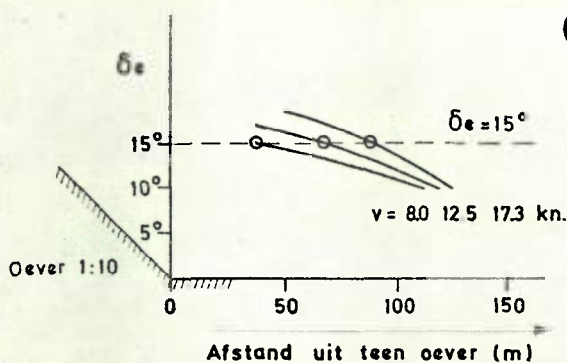
RIJKSWATERSTAAT
DIRECTIE W. en W.
HYDRO - NAUTISCH ONDERZOEK

Getek. Gezien Acc.

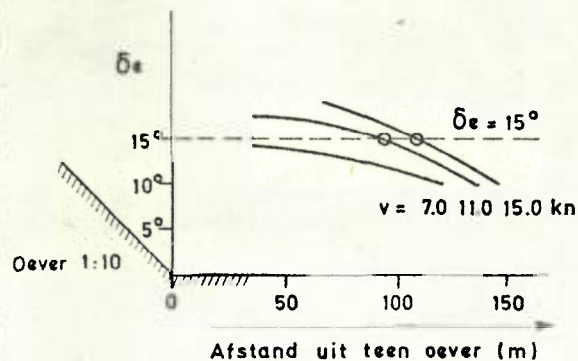
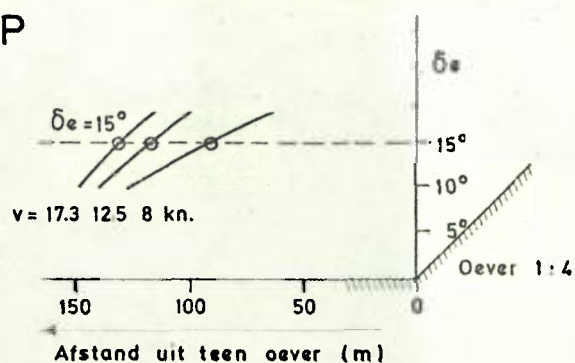
[Handwritten signatures]

DIN A4 Nr. 74.052

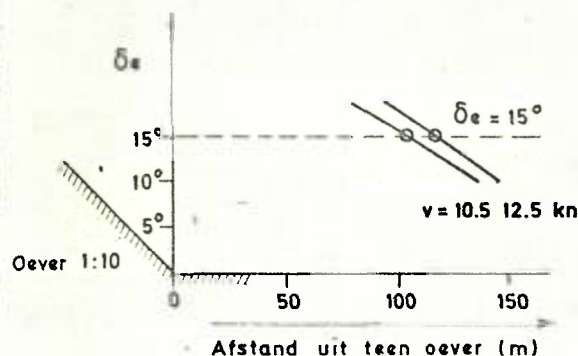
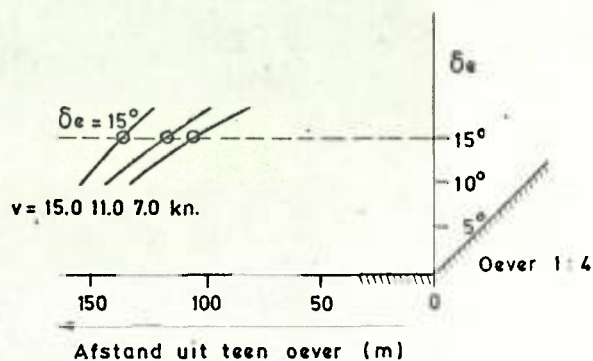
CONTAINERSCHIP



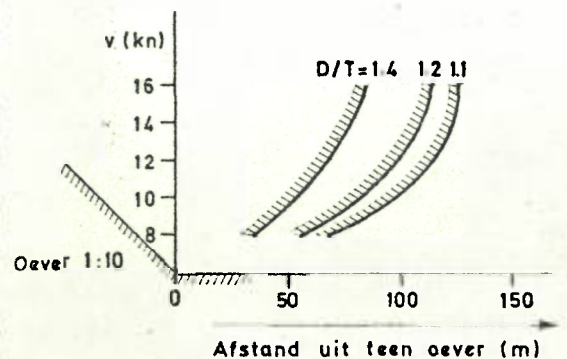
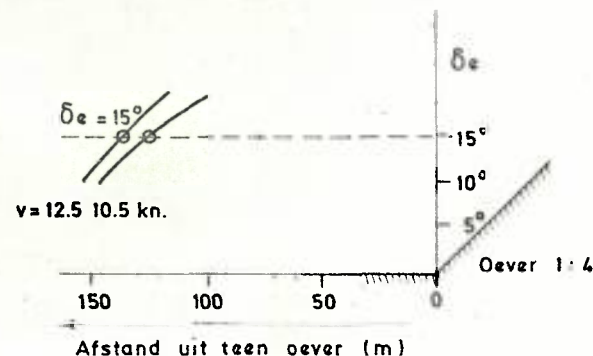
(a)
D/T = 1.4



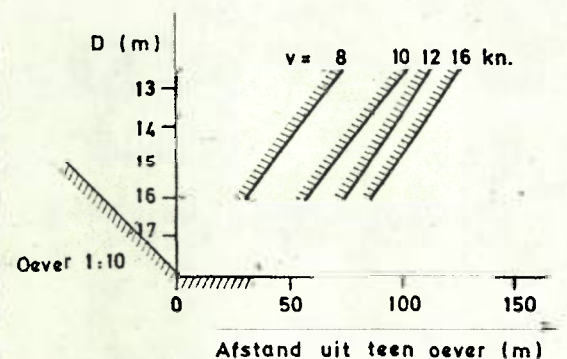
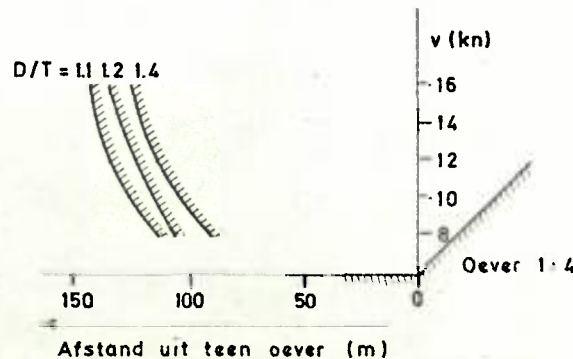
(b)
D/T = 1.2



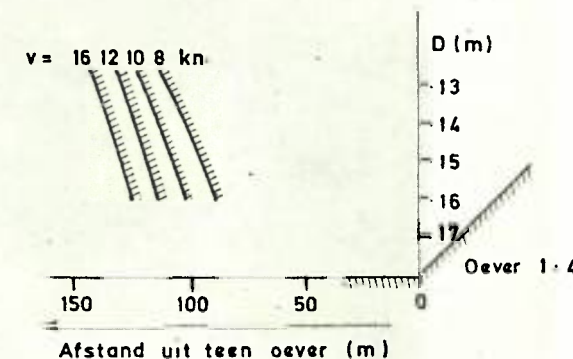
(c)
D/T = 1.1



(d)
Bevaarbaarheidsgrenzen,
lijnen waarlangs geldt
 $\delta_e = 15^\circ$



(e)
Bevaarbaarheidsgrenzen,
lijnen waarlangs geldt
 $\delta_e = 15^\circ$



BEVAARBAARHEIDSGRENZEN LANGS DE OEVERS
1:10 EN 1:4 VOOR HET CONTAINERSCHIP

Bijlage 3

RIJKSWATERSTAAT

DIRECTIE W. en W.

HYDRO-NAUTISCH ONDERZOEK

Get.

Gezien

Acc.

T. HOLLMAN

AR

HNO 74/20-3/nr.50

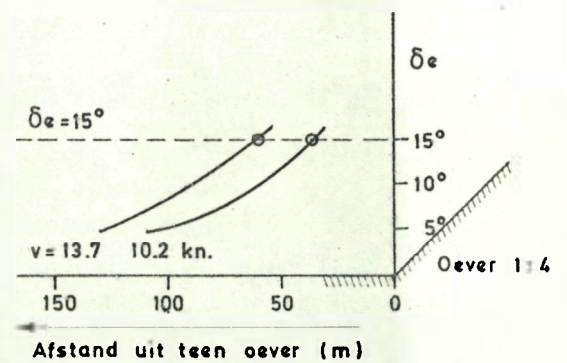
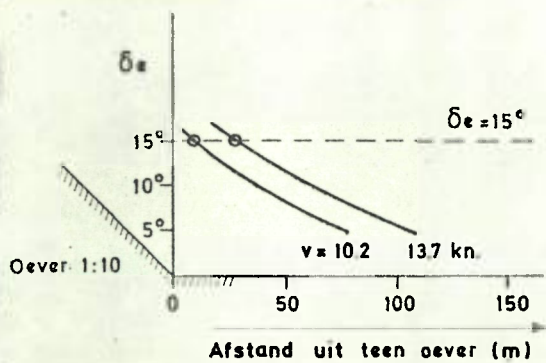
DIN A4

Nr. 74.053

TANKER

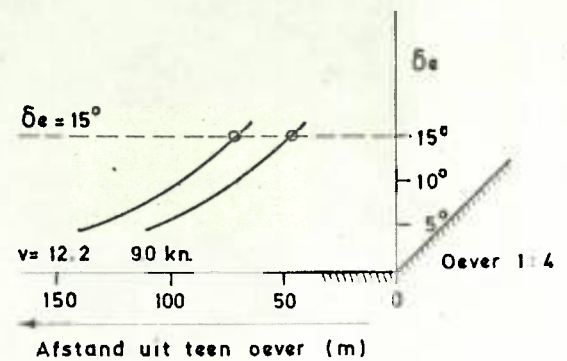
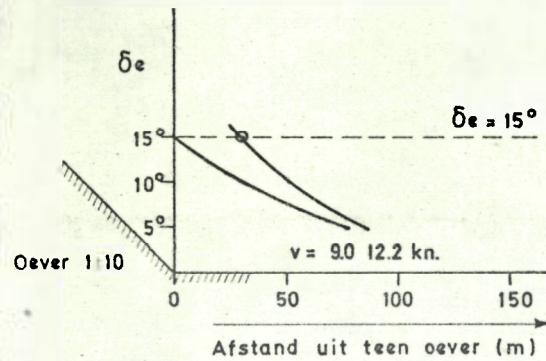
(a)

$D/T = 1.3$



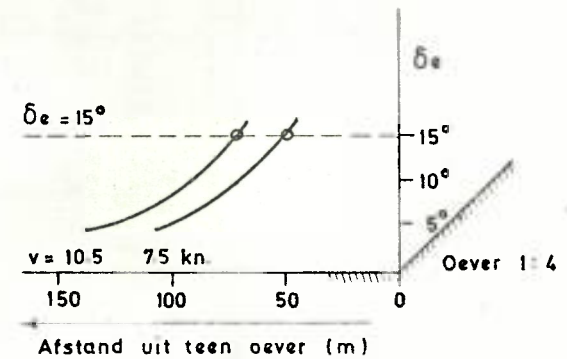
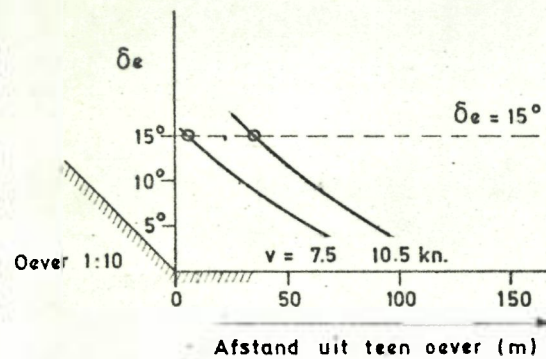
(b)

$D/T = 1.2$



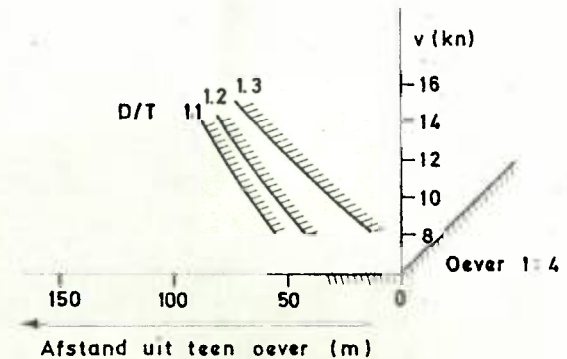
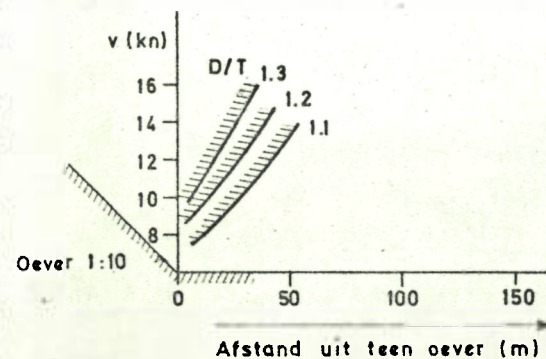
(c)

$D/T = 1.1$



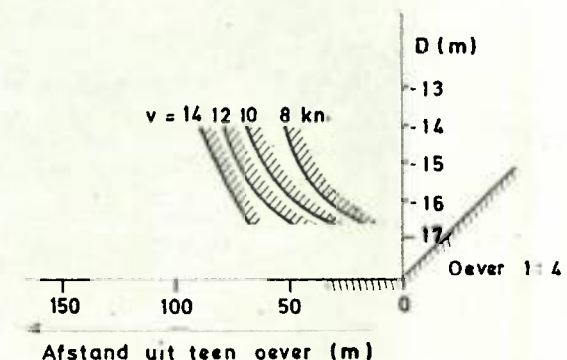
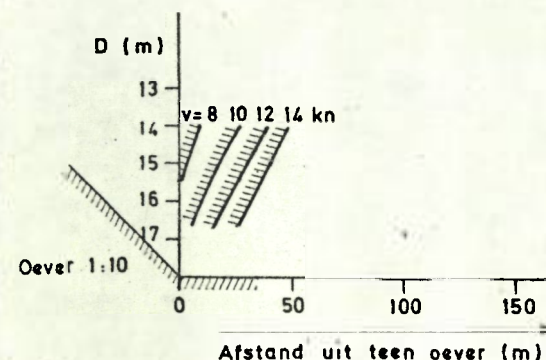
(d)

Bevaarbaarheidsgrenzen,
lijnen waarlangs geldt
 $\delta_e = 15^\circ$



(e)

Bevaarbaarheidsgrenzen,
lijnen waarlangs geldt
 $\delta_e = 15^\circ$



BEVAARBAARHEIDSGRENZEN LANGS DE OEVERS
1:10 EN 1:4 VOOR DE TANKER

Bijlage 4

HNO 74/20-3/nr.50

RUKSWATERSTAAT
DIRECTIE W.en W.
HYDRO-NAUTISCH ONDERZOEK

Get
T
HOOIJMANS

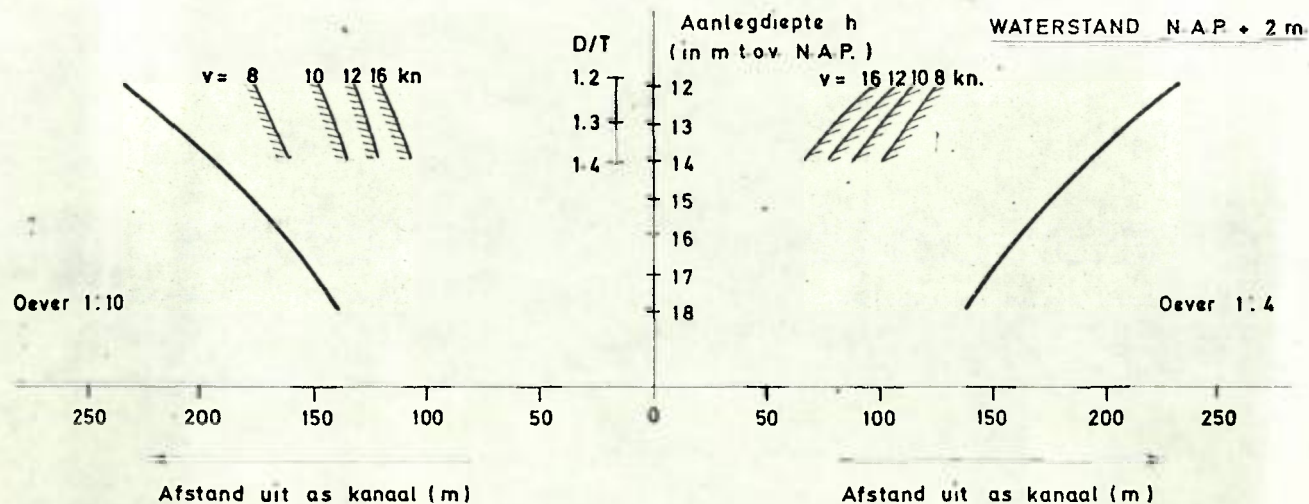
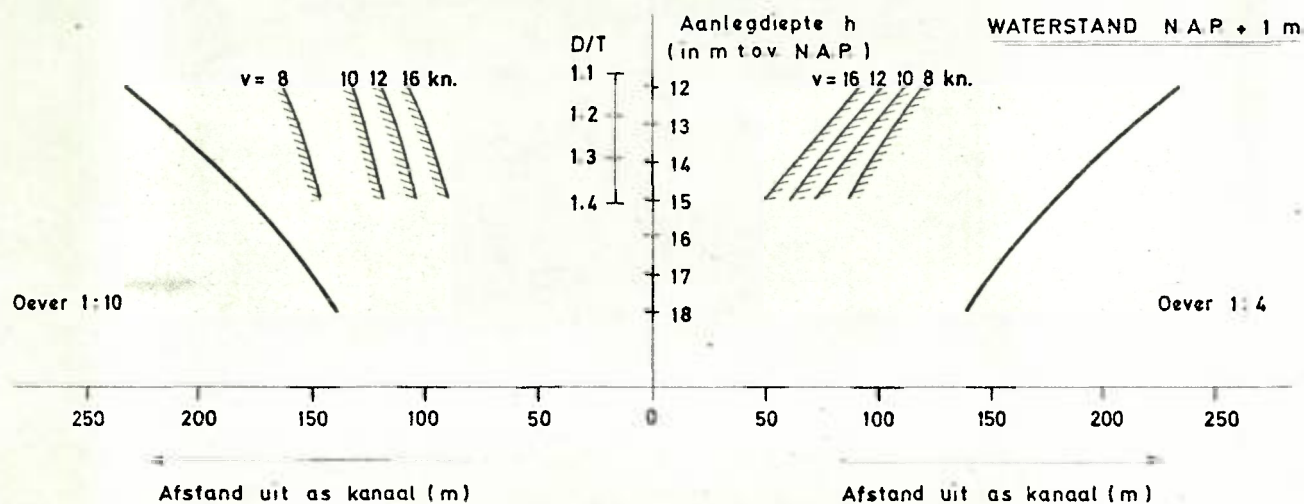
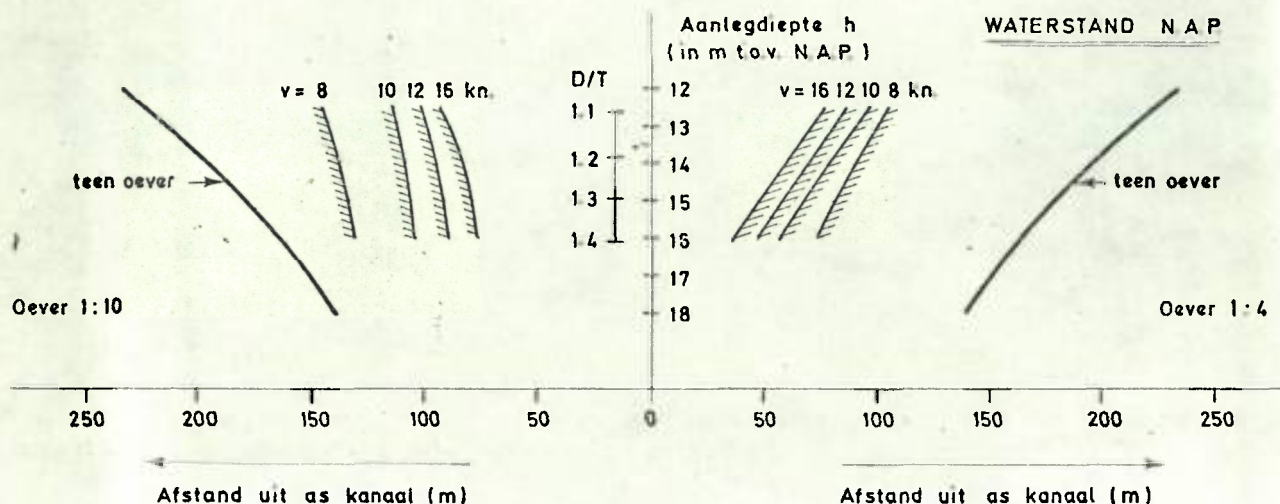
Gezien
(Handwritten signature)

Acc
(Handwritten signature)

DIN A4

Nr. 74.054

CONTAINERSCHIP



BEVAARBARE BREEDTEN VOOR HET CONTAINERSCHIP IN
KANAAL MET OEVERS 1:4 EN 1:10 ALS FUNCTIE VAN DE
AANLEGDIEPTE KANAAL, WATERSTAND EN VAARSNELHEID

RIJKSWATERSTAAT
DIRECTIE W. en W.
HYDRO-NAUTISCH ONDERZOEK

Get. Gezien Acc.

[Signature]

[Signature]

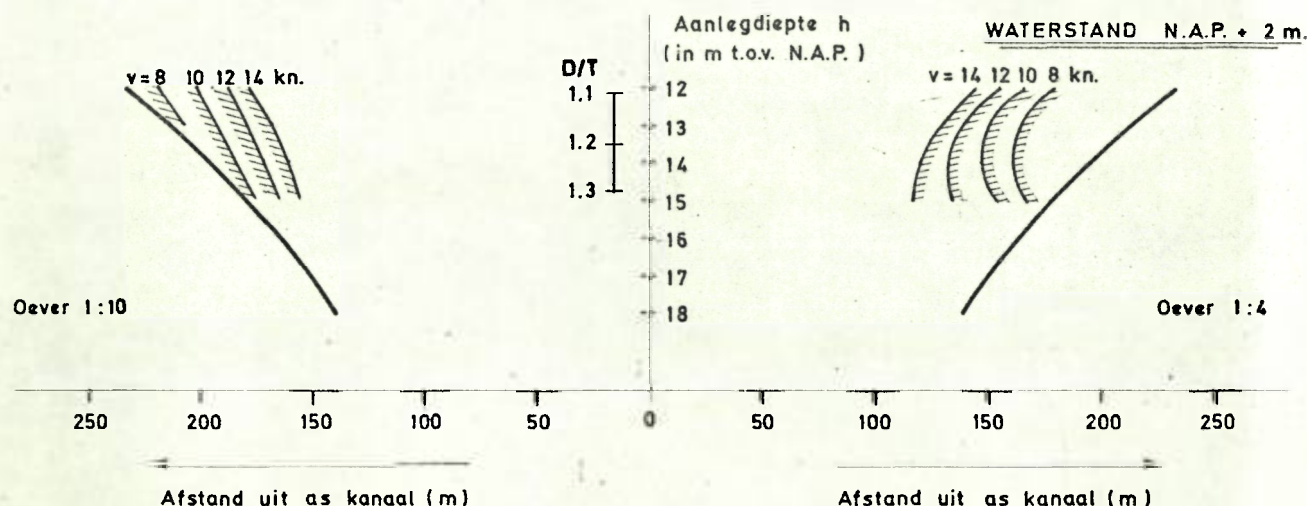
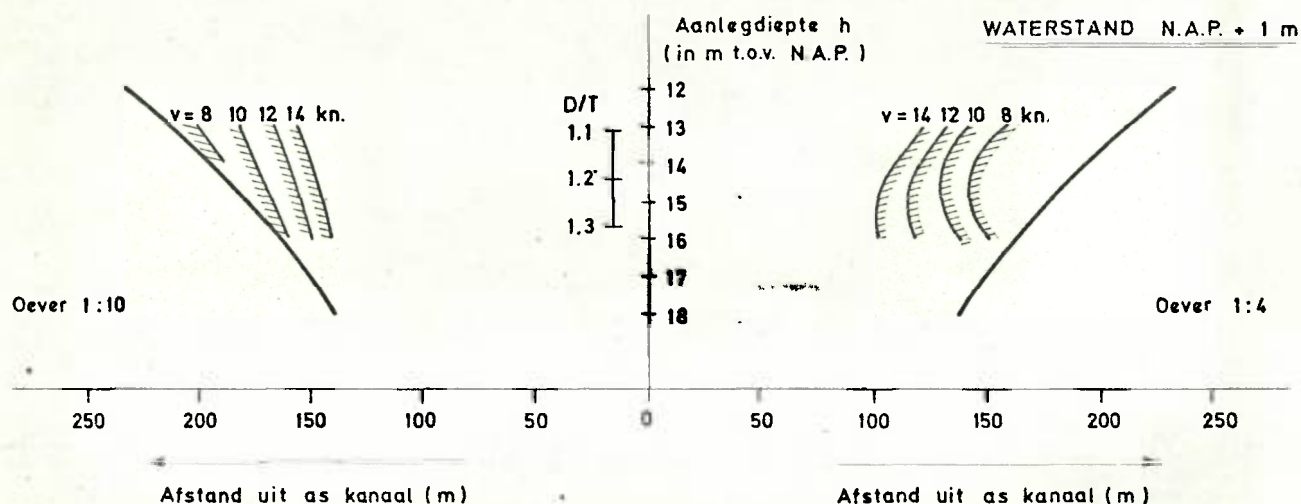
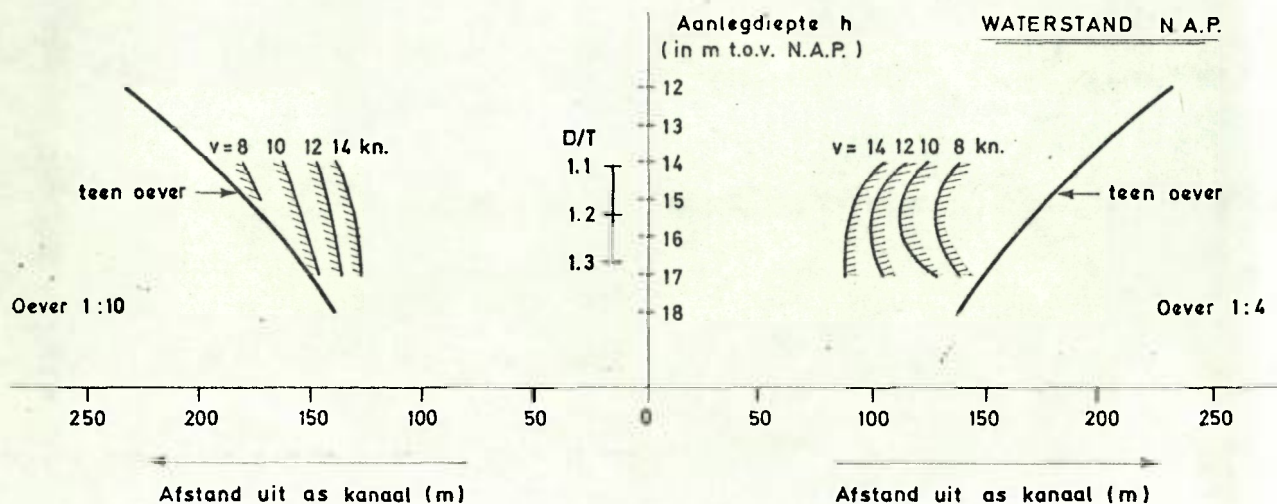
[Signature]

Bijlage 5

HNO 74/20 - 3/nr. 50

DIN A4 Nr. 74.055

TANKER



BEVAARBARE BREEDTEN VOOR DE TANKER IN KANAAL
MET OEVERS 1:4 EN 1:10 ALS FUNCTIE VAN DE
AANLEGDIEPTE KANAAL, WATERSTAND EN VAARSNELHEID

Bijlage 6

HNO 74/20-3/nr. 50

RIJKSWATERSTAAT
DIRECTIE W. en W.
HYDRO-NAUTISCH ONDERZOEK

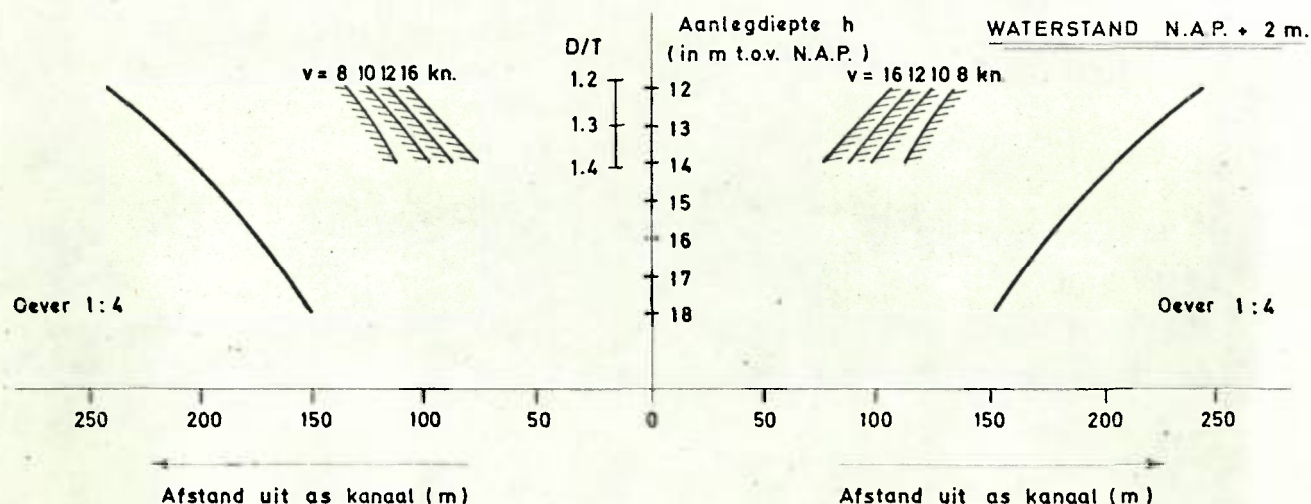
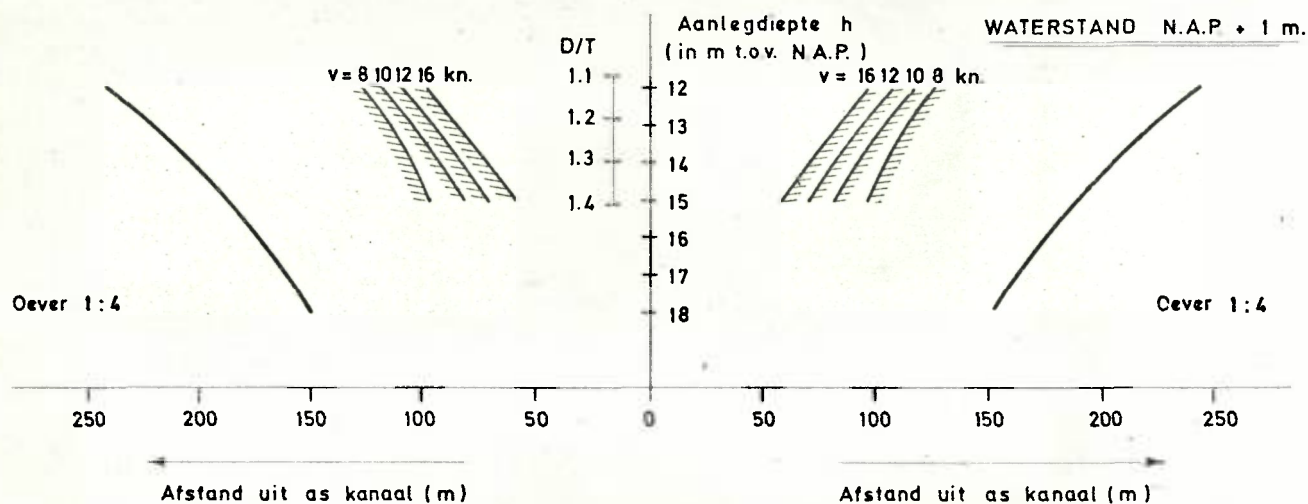
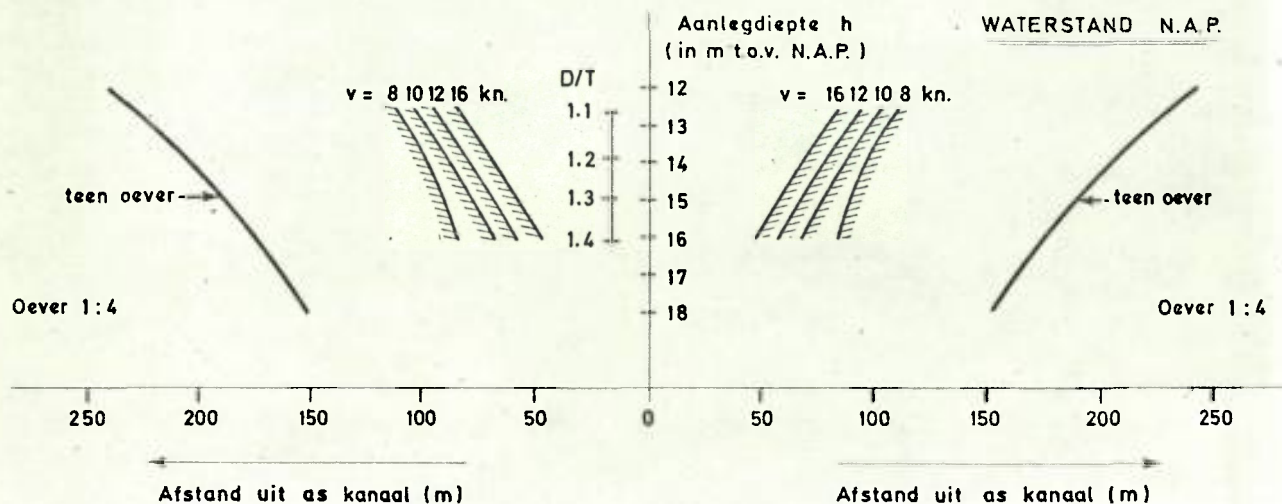
Get.

Gezien

Acc.

DIN A4 Nr. 74.056

CONTAINERSCHIP



BEVAARBARE BREEDTEN VOOR HET CONTAINERSCHIP IN
KANAAL MET BEIDE OEVERS 1:4 ALS FUNCTIE VAN DE
AANLEGDIEPTE KANAAL, WATERSTAND EN VAARSNELHEID

Bijlage 7

HNO 74/20-3/nr. 50

RIJKSWATERSTAAT

DIRECTIE W. en W.

HYDRO-NAUTISCH ONDERZOEK

Get

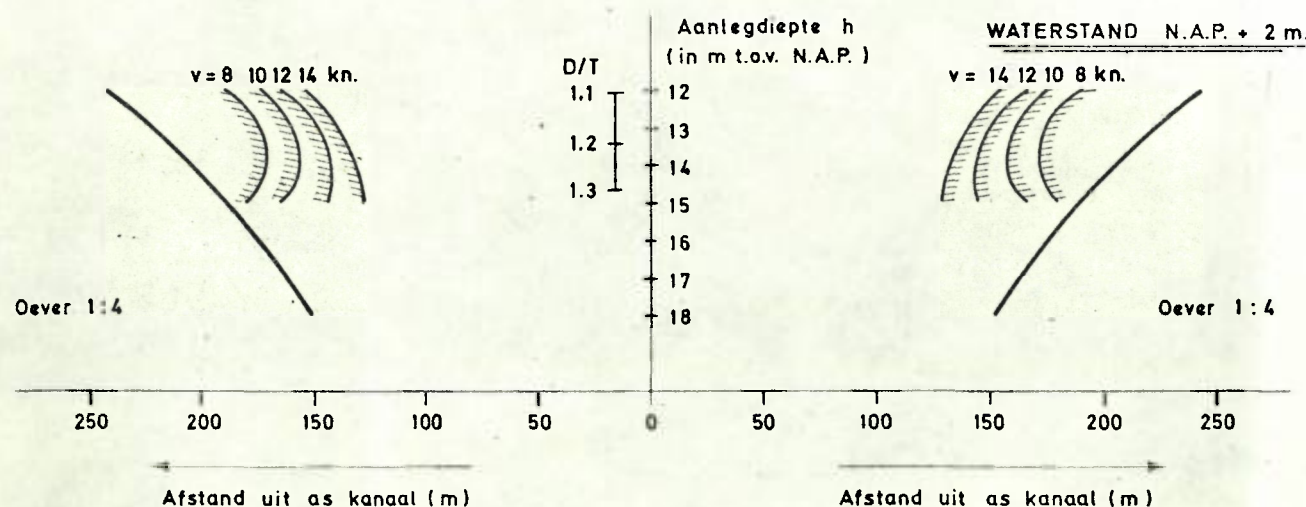
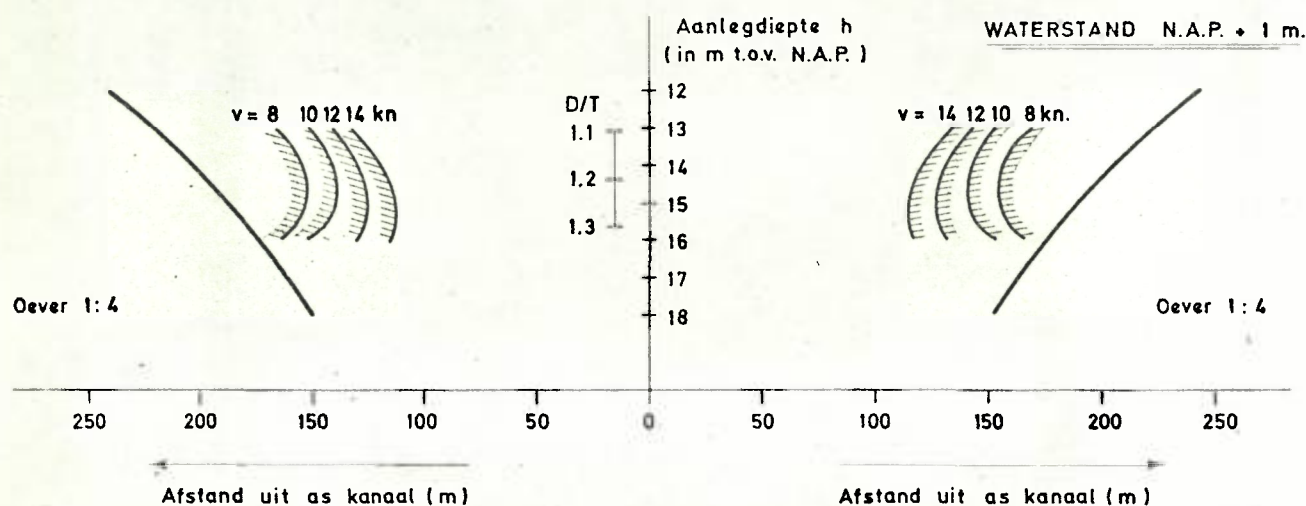
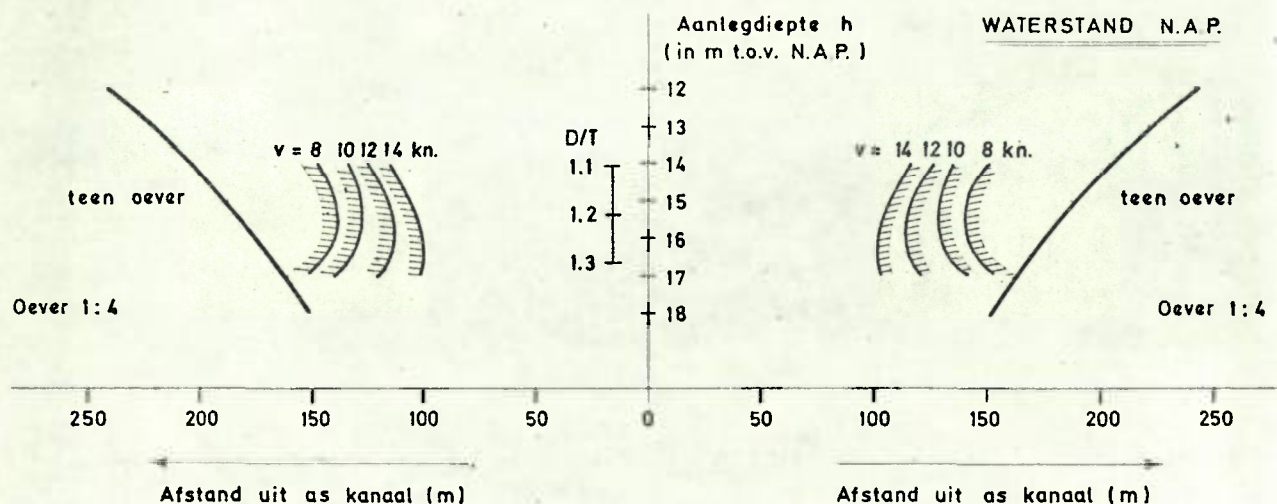
Gezien

Acc.

DIN A4

Nr. 74.057

TANKER



BEVAARBARE BREEDTEN VOOR DE TANKER IN KANAAL
MET BEIDE OEVERS 1:4 ALS FUNCTIE VAN DE
AANLEGDIEPTE KANAAL, WATERSTAND EN VAARSNELHEID

RUKSWATERSTAAT
DIRECTIE W. en W.
HYDRO-NAUTISCH ONDERZOEK

Get. Gezien Acc.

[Signature]

[Signature]

[Signature]

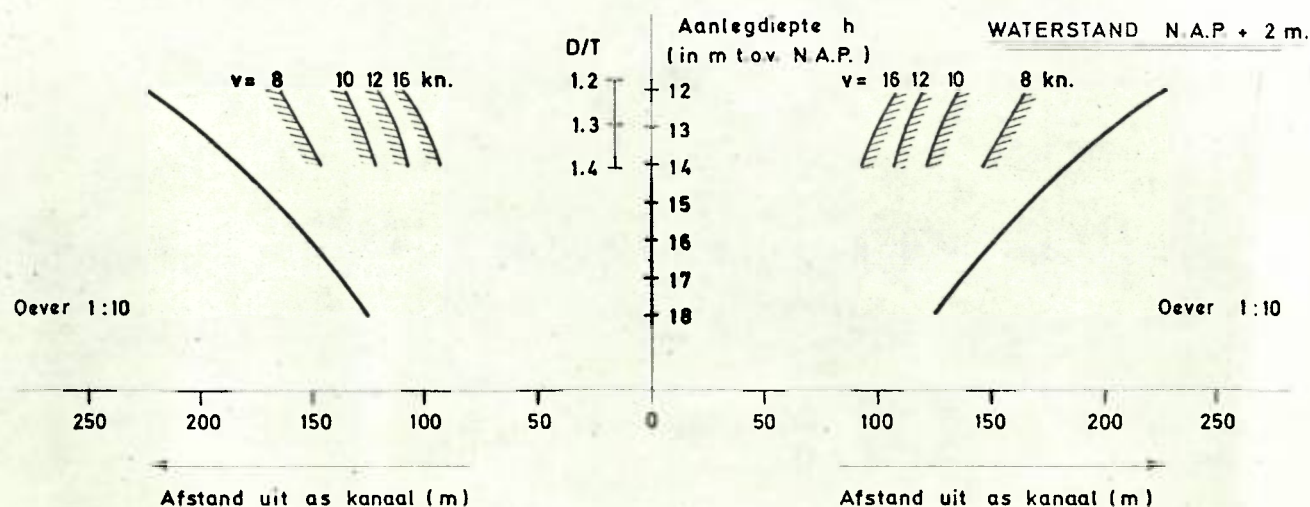
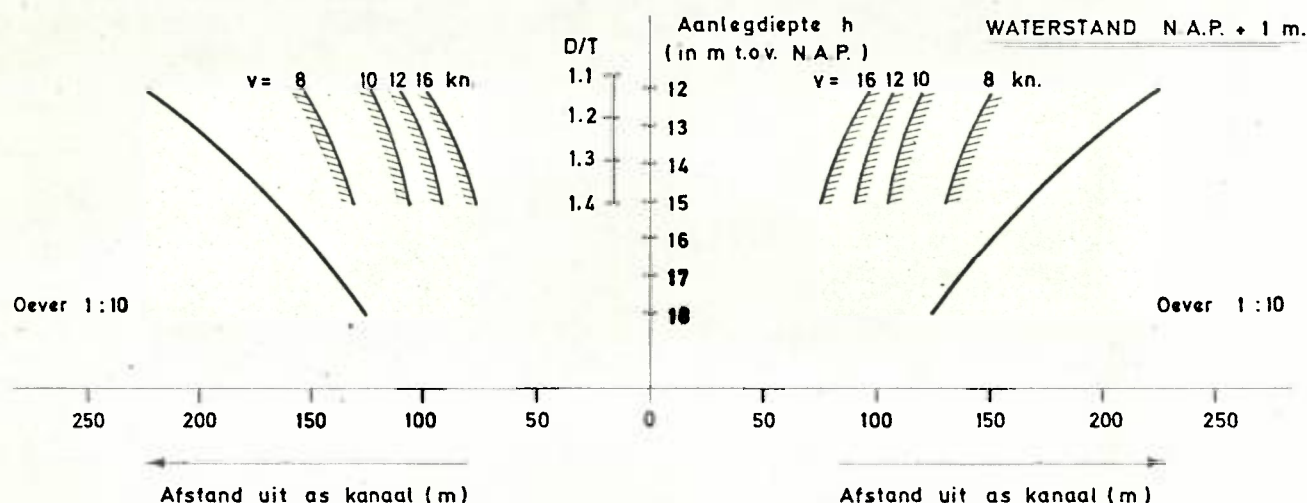
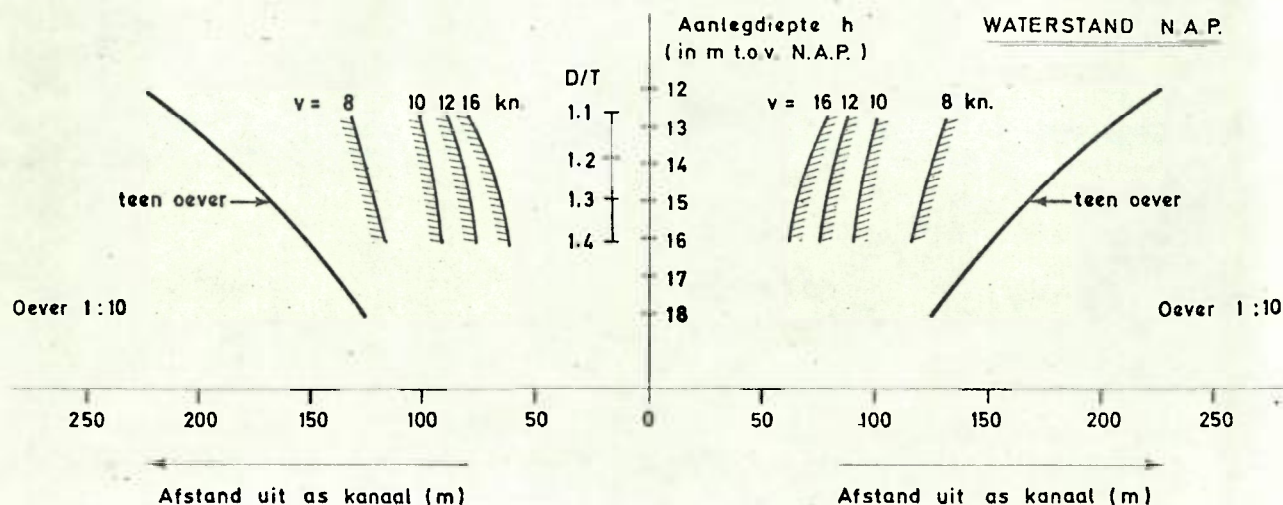
Bijlage 8

HNO 74/20 - 3/nr. 50

DIN A4

Nr. 74.058

CONTAINERSCHIP



BEVAARBARE BREEDTEN VOOR HET CONTAINERSCHIP IN
KANAAL MET BEIDE OEVERS 1:10 ALS FUNCTIE VAN DE
AANLEGDIEPTE KANAAL, WATERSTAND EN VAARSNELHEID

Bijlage 9

HNO 74/20-3/nr.50

RUKSWATERSTAAT

Get.

Gezien

Acc.

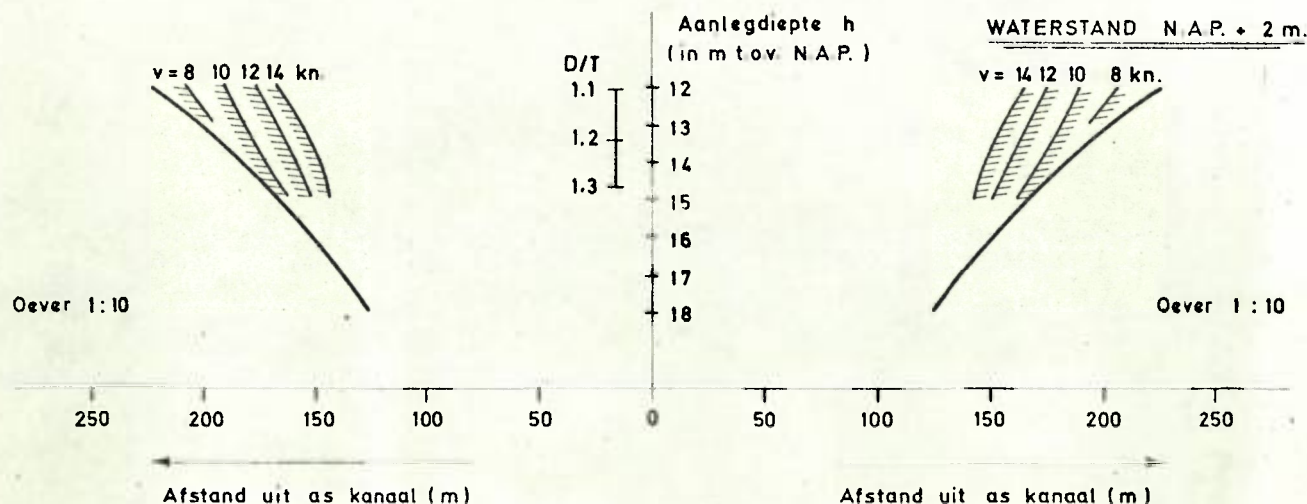
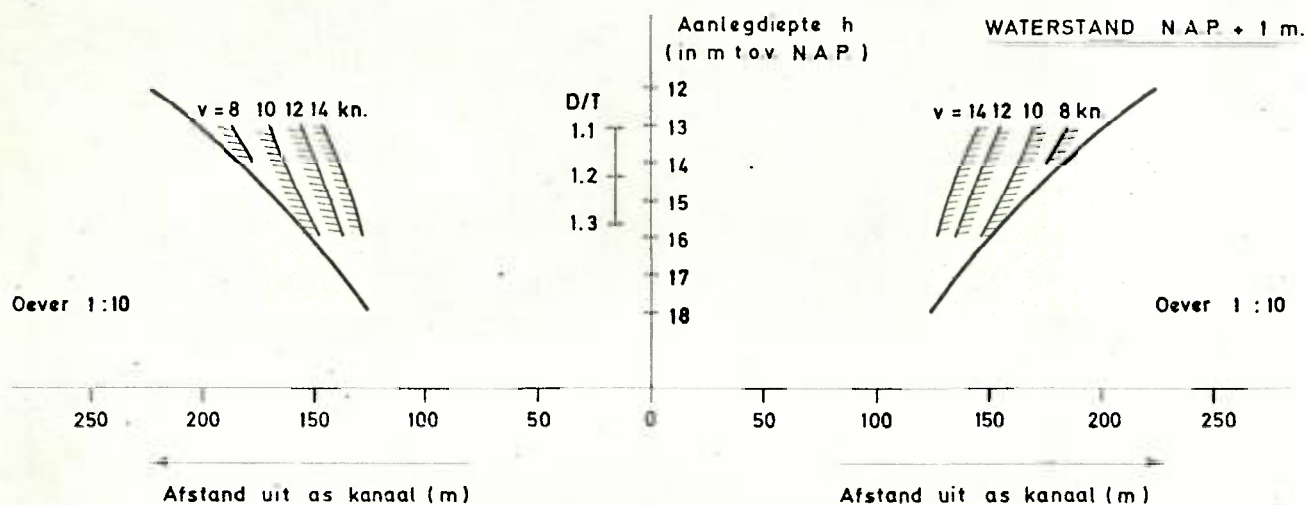
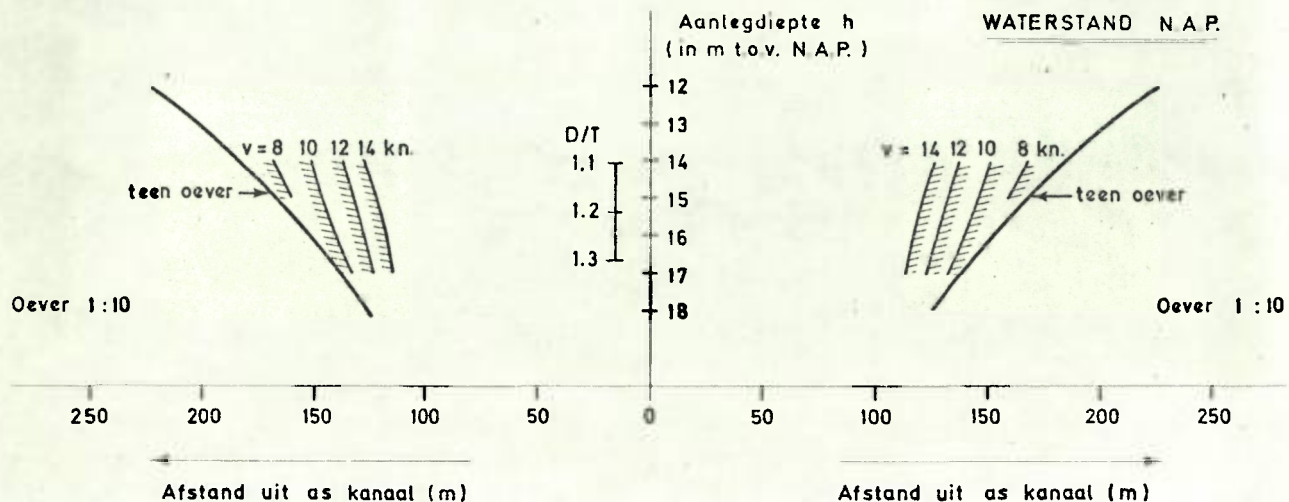
DIRECTIE W. en W.

HYDRO-NAUTISCH ONDERZOEK

DIN A4

Nr. 74.059

TANKER



BEVAARBARE BREEDTEN VOOR DE TANKER IN KANAAL
MET BEIDE OEVERS 1:10 ALS FUNCTIE VAN DE
AANLEGDIEPTE KANAAL, WATERSTAND EN VAARSNELHEID

Bijlage 10

HNO 74/20-3/nr. 50

RJKSWATERSTAAT

DIRECTIE W. en W.

HYDRO-NAUTISCH ONDERZOEK

Get.

Gezien

Acc.

[Signature]

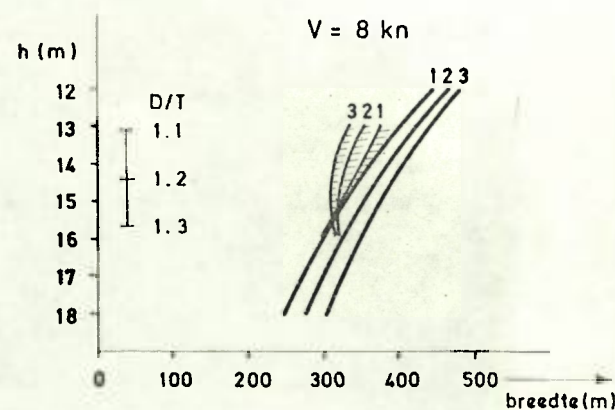
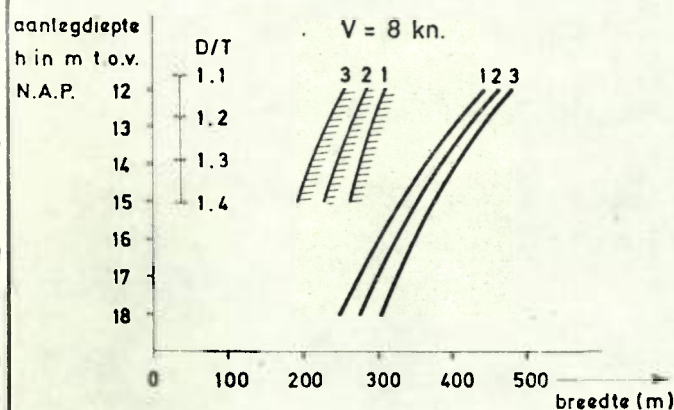
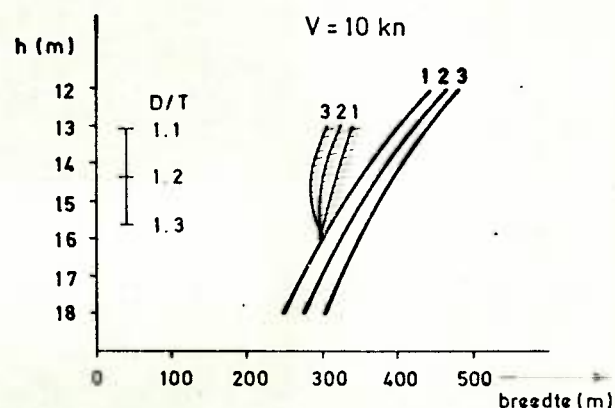
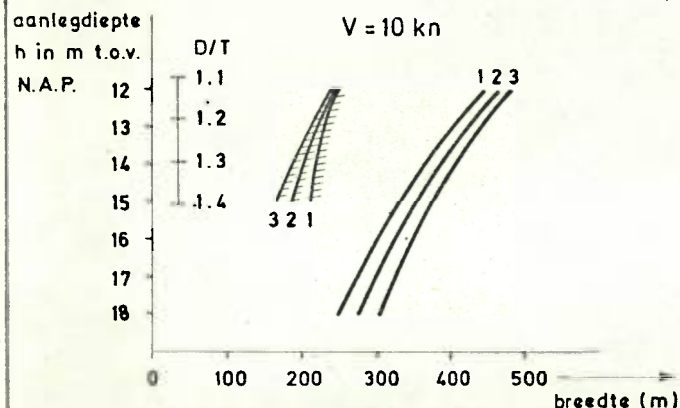
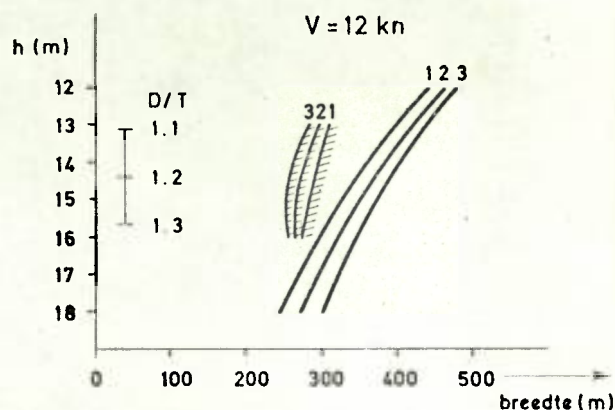
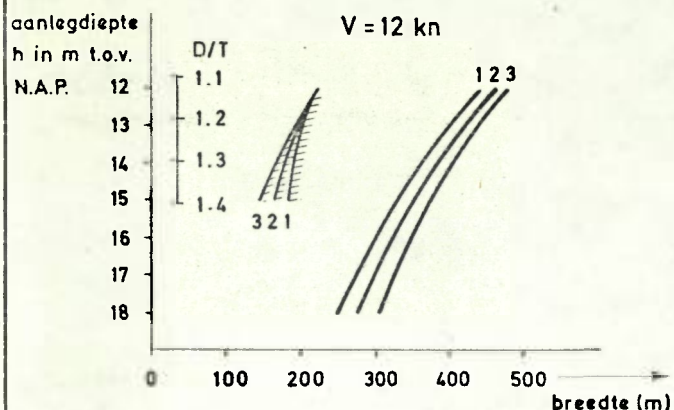
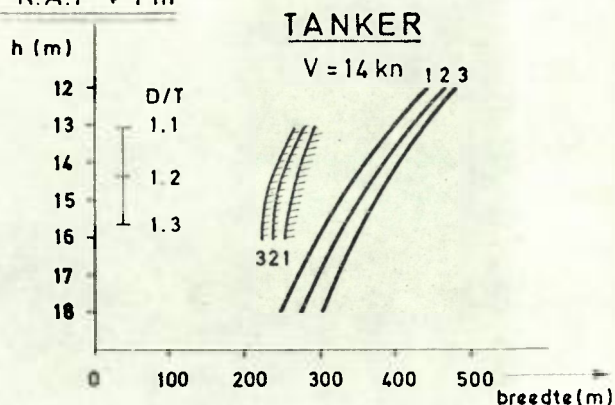
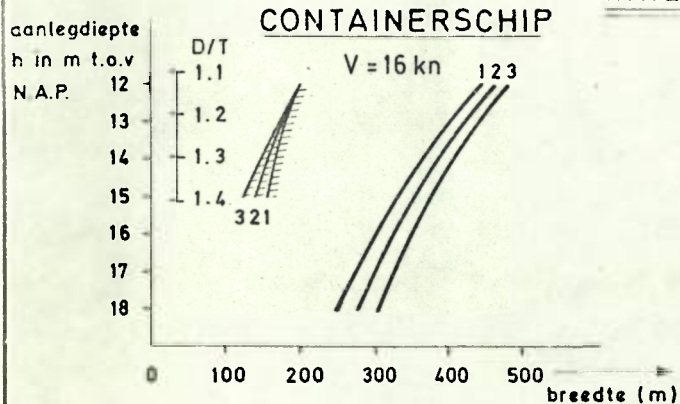
[Signature]

[Signature]

DIN A4

Nr. 74.060

WATERSTAND N.A.P. + 1 m



Toelichting: 1 = Kanaalprofiel met beide oevers 1:10 (bijl. 9 en 10)
 2 = Kanaalprofiel met oevers 1:4 en 1:10 (bijl. 5 en 6)
 3 = Kanaalprofiel met beide oevers 1:4 (bijl. 7 en 8)

VERGELUKING BEVAARBARE BREEDTEN VAN DE DRIE
 BESCHOUWDE KANAALPROFIELVORMEN VOOR CONTAINERSCHIP
 EN TANKER BIJ WATERSTAND N.A.P. + 1 m

Bijlage 11

HNO 74/20 - 3/nr. 50

RIJKSWATERSTAAT

DIRECTIE W. en W.

HYDRO-NAUTISCH ONDERZOEK

Get

Gezien

Acc

DIN A 4

Nr. 74.061

