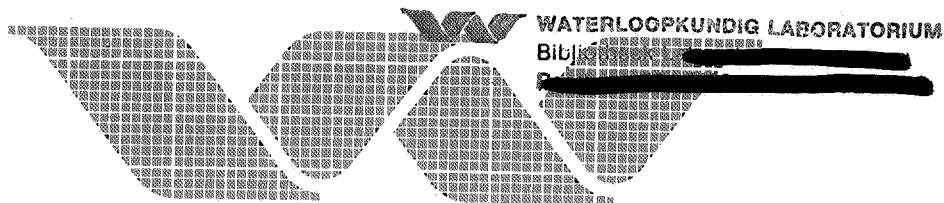


R 1921



waterloopkundig laboratorium delft hydraulics laboratory

Duwvaartsluizen Philipsdam

Krachten in trossen en verplaatsingen van schepen
t.g.v. dwarskrachten bij het begin van het neer-
waarts uitwisselen.

C.J. Sprengers

Notitie

R 1921

december 1983

27 JUN 1985

INHOUD

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

	blz.
<u>1</u> <u>Inleiding</u>	1
<u>2</u> <u>Dwarskrachten Krammersluizen</u>	2
2.1 Oorzaak.....	2
2.2 Opbouw.....	2
<u>3</u> <u>Enquête Volkeraksluizen</u>	5
<u>4</u> <u>Meerkabels</u>	6
4.1 Meest voorkomende materialen.....	6
4.2 Verzinkte staalkabel.....	6
4.3 Polyethyleen touw.....	7
4.4 Polypropyleen touw.....	7
<u>5</u> <u>Scheepskategorieën</u>	8
<u>6</u> <u>Rekenmodel</u>	9
<u>7</u> <u>Uitgangspunten onderzoek</u>	13
<u>8</u> <u>Indeling onderzoek</u>	15
<u>9</u> <u>Toelichting figuren</u>	16
<u>10</u> <u>Konklusies</u>	18

INHOUD (vervolg)

	blz.
<u>11</u> <u>Aanvullend onderzoek</u>	21
11.1 Materiaal doorsnede staalkabels.....	21
11.2 Mogelijke verhoging uitwisseldebiet.....	22
11.3 Aanpassingen Q na bereiken F_d -max.....	22
11.4 Aangepaste criteria.....	23
11.5 Aanvullende konklusies.....	25

Literatuur

Tabellen I t/m IV

Figuren 1 t/m 14

Lijst van tabellen

I Scheeps- en trosgegevens

II Wijze van afmeren

III Gebruikte trossen bij onderzoek

IV Bepaling maximale uitwisseldebiet bij een smalle duweenheid

Lijst van figuren

1. Spanning-rek relaties van kunststof touw onder diverse omstandigheden volgens British Ropes en R1921.
2. Vergelijking verplaatsing smalle duweenheid ingeval van gebruik van hydrodynamische koëfficiënten en in geval van berekening waterbeweging rond het schip.
3. Plaatsing scheepsbolders bij 3 categorieën.
4. Diverse afmeersituaties bij een smalle duweenheid, categorie 3. Afmeren met 2 trossen.
5. Diverse afmeersituaties bij een smalle duweenheid, categorie 3. Afmeren met 3 trossen.
6. Diverse afmeersituaties bij een smalle duweenheid, categorie 3. Afmeren met 4 trossen.
7. Verband tussen Q_{\max} , tros lengten en aantal trossen bij afmeren met een smalle duweenheid [A].
Invloed Q_{\max} op verplaatsing (y_{\max}) en troskracht bij afmeren binnenvaartschip [B].
8. Diverse afmeersituaties bij een Spits, categorie 1: 251-450 ton. Afmeren met 2 trossen.
9. Maatgevende afmeersituaties bij een Spits, categorie 1: 251-450 ton. Invloed bijplaatsen trossen op verplaatsing.
10. Maximale verplaatsingen uit kolkwand (y) ten gevolge van dwarskrachten bij afmeren Spits.
11. Diverse afmeersituaties bij een binnenvaartschip, categorie 2: 851-1250 ton. Afmeren met 2 trossen.
12. Maatgevende afmeersituatie bij een binnenvaartschip, categorie 2: 851-1250 ton. Invloed bijplaatsen trossen.
13. Maximale verplaatsingen uit kolkwand (y_{\max}) ten gevolge van dwarskrachten bij afmeren binnenvaartschip.
14. Verband tussen Q_{\max} en V_{\max} , en tussen Δ_y en V_y in twee afmeersituaties.

1 Inleiding

De Krammersluizen zullen worden uitgerust met een zout-zoet-scheidingsysteem volgens het Kreekraksysteem, hetgeen weer afgeleid is van dat van de sluizen bij Duinkerken.

Dit systeem is erop gebaseerd, dat bij gesloten sluisdeuren een zoete, respectievelijk zoute kolkinhoud verwisseld wordt voor een zoute, respectievelijk zoete kolkinhoud.

Dit wordt ook wel uitwisselen genoemd.

In het verleden is reeds gekonstateerd dat tijdens het uitwisselen dwarskrachten op schepen, die in de kolk aanwezig zijn, kunnen optreden [1, 3].

In het kader van het onderzoek "Duwvaartsluizen Philipsdam", ook wel Krammersluizen genoemd, is onderzoek verricht naar dwarskrachten op schepen in de kolk bij het begin van zeewaarts uitwisselen [3]. Neerwaarts uitwisselen is die fase van de schutcyclus waarbij een zoute kolkinhoud door een zoete vervangen wordt.

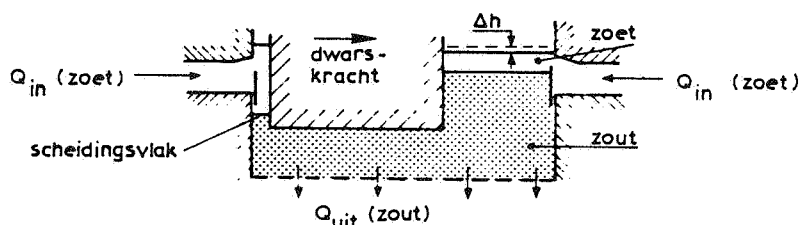
Op 24 februari 1983 is door de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst van Rijkswaterstaat aan het Waterloopkundig Laboratorium opdracht gegeven een onderzoek te verrichten naar het effect van genoemde dwarskrachten op de krachten in de meerkabels en op de verplaatsingen van de schepen.

Het onderzoek is uitgevoerd en gerapporteerd door ing. C.J. Sprengers in de periode april - november 1983.

2 Dwarskrachten Krammersluizen

2.1 Oorzaak

Bij het neerwaarts uitwisselen zakt het scheidingsvlak tussen zout- en zoet water aan weerszijden van een asymmetrisch in de kolk gelegen schip niet even snel. Het scheidingsvlak tussen het schip en de kolkwand, waaraan het schip afgemeerd ligt, zakt sneller.



Aangenomen wordt, dat, in de periode tot het tijdstip dat het scheidingsvlak de onderkant van het schip bereikt, ter plaatse van de onderzijde van het schip een drukevenwicht wordt gehandhaafd.

Dit drukevenwicht zorgt ervoor dat de waterstand tussen het schip en de kolkwand waaraan het afgemeerd ligt hoger is dan aan de andere zijde.

Dit waterstandsverschil heeft een dwarskracht tot gevolg, die tijdens het begin van het neerwaarts uitwisselen van de kolkwand af gericht is. Deze dwarskracht zal het schip van de kolkwand af doen bewegen hetgeen een reactiekracht in de trossen tot gevolg heeft.

De grootte van de dwarskracht is afhankelijk van de opbouw en grootte van het uitwisseldebiet, de diepgang van het schip, het dichtheidsverschil tussen zout- en zoetwater, de kolkbezetting en de mate van asymmetrie in de ligging van het schip.

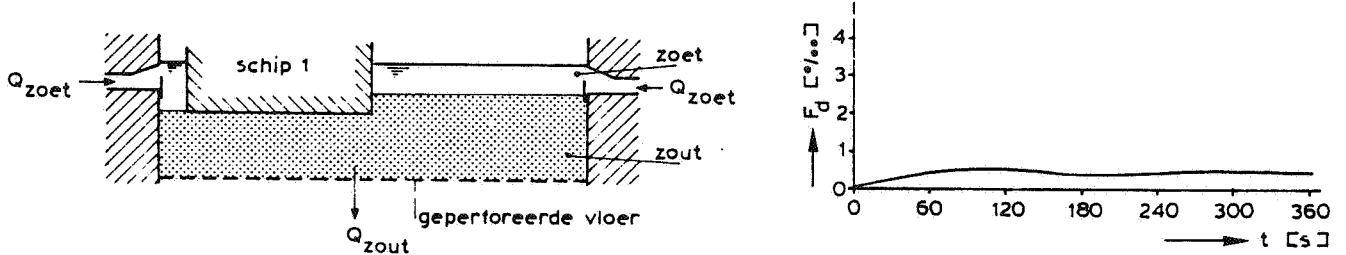
In het modelonderzoek M1908 [3] is een en ander nader onderzocht.

2.2 Opbouw

Voor wat betreft het verloop van de dwarskracht als functie van de tijd tijdens uitwisselen kan men drie karakteristieke situaties onderscheiden.

a. Het verloop wanneer één schip ligt afgemeerd

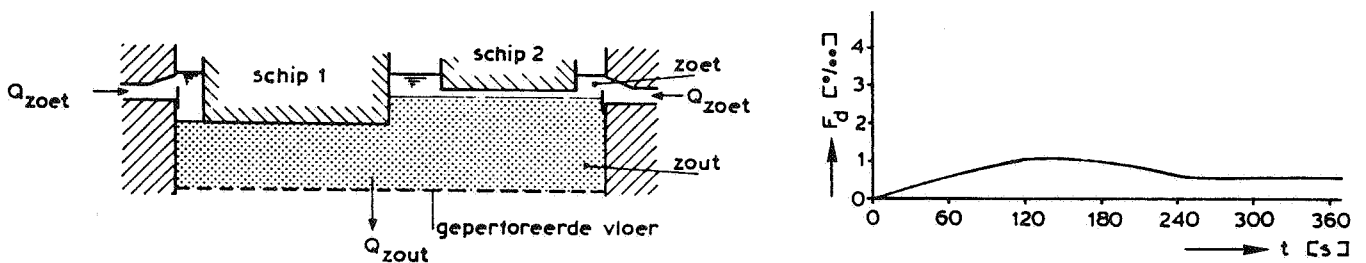
De opbouw van het hierbij behorende scheidingsvlakhoogteverschil is reeds in de voorgaande paragraaf besproken. Schematisch wordt het dwarskrachtverloop hieronder weergegeven.



dwarskrachtverloop bij één schip in de kolk

b. Het verloop bij een geladen schip, afgemeerd t.o. een ongeladen schip

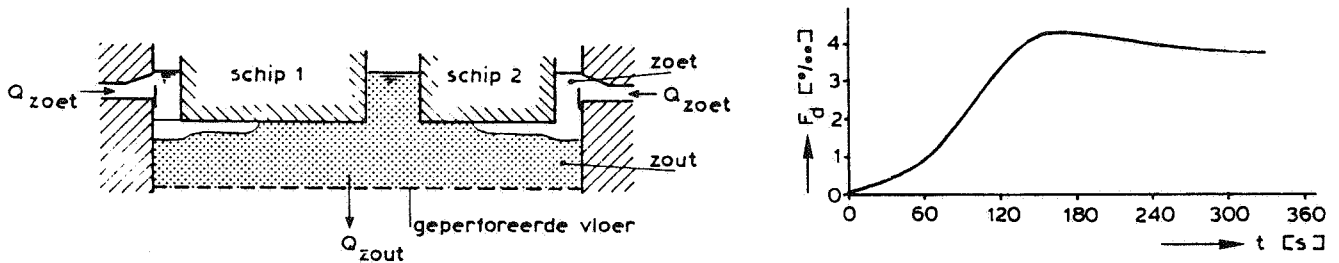
De opbouw van het hierbij behorende scheidingsvlakhoogteverschil wordt beïnvloed door het tweede, ongeladen schip. De ruimte tussen de schepen wordt pas enige tijd nadat het uitwisselen begonnen is, opgevuld met zoet water. Het ongeladen schip houdt het opvullen van die ruimte dus enigszins tegen. Dit resulteert in een hogere maximale dwarskracht, totdat de ruimte tussen de schepen opgevuld wordt waarna de dwarskracht weer afneemt.



c. Het verloop bij een geladen schip, afgemeerd t.o. een geladen schip

Het opvullen van de ruimte tussen de schepen met zoet water, waarover onder b al gesproken is, wordt nu nog meer tegengegaan. Op het moment dat het scheidingsvlak tussen kolkwand en schip 1 de onderzijde van het schip heeft bereikt, kan de ruimte tussen de schepen nog steeds zout zijn. De dwarskracht neemt ontoelaatbaar toe (tot 4 ‰).

In deze situatie worden de criteria ruimschoots overschreden.



Ten behoeve van het onderzoek is, onder uitsluiting van situatie c, als maatgevende situatie, b gekozen: een verloop behorend bij een geladen schip dat afgemeerd is tegenover een ongeladen schip.

Onder aanpassing van het maximale debiet en de grootte van het afgemeerde schip is het verloop, zoals dat geschetst is onder b, bij het onderzoek R1921 gebruikt.

3 Enquête Volkeraksluizen

Door Rijkswaterstaat Dienst Verkeerskunde is in de periode 14 t/m 18 februari 1983 een enquête gehouden naar het gebruik van trossen bij het afmeren in de kolken van de Volkeraksluizen [4].

Daarbij zijn de volgende grootheden in beschouwing genomen:

- de schepen in de kolk
- de gebruikte trossen
- de wijze van afmeren.

De gegevens die uit genoemde enquête zijn verkregen, zijn verwerkt in de tabellen I en II van deze notitie.

In tabel I worden de schepen naar categorieën volgens laadvermogen ingedeeld. Per categorie is vervolgens gekeken naar lengte en tonnage van de schepen, geladen of ongeladen, gebruikte trosmaterialen en het aantal trossen. Voor wat betreft de gebruikte trosmaterialen en het aantal trossen zijn percentages weergegeven, voor wat betreft de lengten en tonnages van de schepen zijn per categorie het gemiddelde en de standaardafwijking bepaald.

In tabel II zijn, eveneens per categorie en geladen of ongeladen, de gebruikte trossen voor wat betreft materiaal, diameter, lengte en hoogte nader onderverdeeld. Dit alles voor afmeersituaties met één voortros en één achtertros. Onder lengte wordt hierbij verstaan, de afstand tussen de gebruikte scheepsbolder en kolkwandbolder; onder hoogte wordt verstaan het hoogteverschil tussen de zojuist bedoelde bolders.

Steeds is weer het gemiddelde en de standaardafwijking bepaald.

4 Meerkabels

4.1 Meest voorkomende materialen

Uit de gegevens van DVK [4] blijkt dat meer dan 95% van de gebruikte trossen uit de volgende materialen bestaat:

- polyethyleen
- polypropyleen
- verzinkt staal met touwkernen.

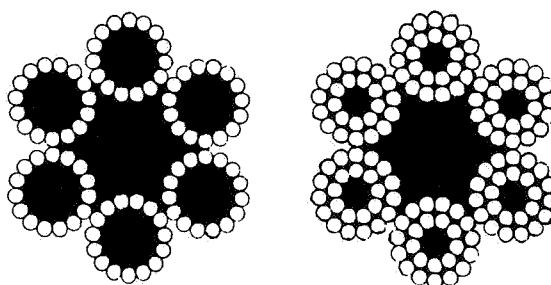
De resterende 5% van de gebruikte trossen bestaat uit nylon, cobra of hercules-touw (touw met staalkernen).

In dit hoofdstuk zullen van bovengenoemde drie belangrijkste trosmaterialen de maatgevende eigenschappen aangegeven worden.

4.2 Verzinkte staalkabel

De verzinkte staalkabel zoals die tijdens de enquête voorkwam, bestaat uit 6 x 15 staaldraden + 7 touwkernen.

In de duwvaart worden echter meestal verzinkte staalkabels gebruikt [10], bestaande uit 6 x 24 staaldraden + 7 touwkernen. De doorsneden van beide staalkabels worden hieronder gegeven.



staalkabel 6 x 15 + 7

6 x 24 + 7

De spanning-rek relatie van genoemde staalkabels zoals die tijdens het onderzoek waar onderhavige notitie betrekking op heeft gebruikt is, ziet er als volgt uit [10]:

$$T = \alpha \times A \times 667080 \times (\Delta l/l)^{1.5} \quad (4.1)$$

waarin:	T = trekkracht in de kabel	[N]
	α = faktor die verhouding tussen opp. van het staal in de doorsnede en opp. van de nominale doorsnede aangeeft	[-]
	Δl = rek in de kabel	[m]
	l = lengte van de onbelaste kabel (tussen de bolders)	[m]
	A = nominale oppervlakte van de doorsnede	[mm ²]

De faktor α die de verhouding tussen de oppervlakte van het staal in de doorsnede en de oppervlakte van de nominale doorsnede aangeeft is bij het onderzoek R1921 voor de staalkabel 6 x 15 + 7 op 0,26 en voor de staalkabel 6 x 24 + 7 op 0,40 gesteld [10].

4.3 Polyethyleen touw

In [5] geeft British Ropes aan dat er voor wat betreft de spanning-rek relatie voor een kunststof touw duidelijke verschillen bestaan tussen een nieuw touw en een herhaaldelijk belast touw.

De gebruikte spanning-rek relatie bij het onderzoek R1921 voor polyethyleen touw ziet er als volgt uit [9]:

$$T = 0,65 \times A \times 2045.079 \times (\Delta l/l)^{1.828} \quad (4.2)$$

In figuur 1 is te zien dat de spanning-rek relatie van het polyethyleen-touw zoals die bij het onderzoek R1921 gebruikt is veel lijkt op de spanning-rek relatie van polypropyleen-touw dat voor het eerste belast wordt (curve A).

4.4 Polypropyleen touw

In tegenstelling tot de spanning-rek relatie van polyethyleen touw ligt die van polypropyleen touw zoals die bij het onderzoek R1921 gebruikt is, in de buurt van de spanning-rek relatie van herhaaldelijk belaste touwen (curve B, fig. 1).

De gebruikte spanning-rek relatie bij het onderzoek R1921 voor polypropyleen touw ziet er als volgt uit [9]:

$$T = 0,64 \times A \times 5428.088 \times (\Delta l/l)^{1.776} \quad (4.3)$$

5 Scheepskategorieën

Ten behoeve van het onderzoek R1921, waar deze notitie betrekking op heeft, zijn drie categorieën schepen samengesteld. Hiertoe hebben de enquêtegegevens van DVK [4] als uitgangspunt gediend.

De samengestelde categorieën zijn de volgende:

kategorie	representatief scheepstype	tonnage- grenzen [ton]	lengte [m]	breedte [m]	diepgang geladen [m]	massa geladen [10 ³ kg]
1	Spits	251- 450	40	5,10	2,40	450
2	Dortmunder	851-1250	70	8,20	2,60	1240
3	Duweenh."2+1"	6550	150	11,40	3,90	6550

Bovenstaande categorieën met bijbehorende maten en gewichten zijn als zodanig bij het onderzoek R1921 gebruikt.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat bij categorie 3, duweenheid "2+1", de duwboot in de berekeningen geschematiseerd is tot een extra stukje duwbak ter lengte van 13,50 m. De totale massa is op $6550 \cdot 10^3$ kg gehouden.

6 Rekenmodel

Gebruik makend van de gegevens die in voorgaande hoofdstukken behandeld zijn, te weten: dwarskrachtverloop, afmeergegevens, eigenschappen van meerkabels en relevante grootheden van schepen, kan men met behulp van een rekenmodel komen tot krachten in de meerkabels en verplaatsingen van de schepen.

Ten behoeve van het onderzoek R1921 is een rekenmodel opgesteld dat uitgaat van de volgende bewegingsvergelijkingen:

loodrecht op de kolkwand (verzetricting):

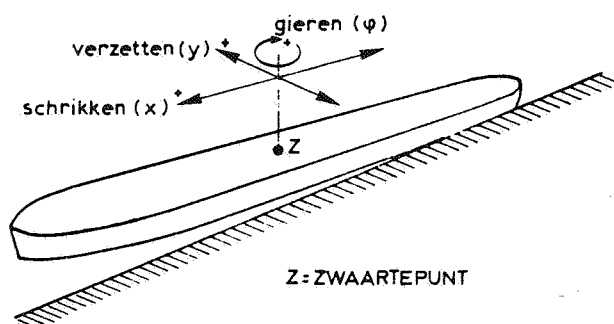
$$(m_s + a) \ddot{y} + b \dot{y} = \Sigma F_y$$

evenwijdig aan de kolkwand (schrikrichting):

$$m_s \ddot{x} = \Sigma F_x \quad (6.1)$$

in rotatierichting (gierrichting):

$$(J_z + a_r) \ddot{\phi} + b_r \dot{\phi} = \Sigma M_z$$



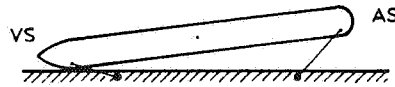
waarin:	m_s	= massa schip	[kg]
	a	= toegevoegde watermassa	[kg]
	\ddot{y}	= versnelling in y-richting	[m/s ²]
	b	= toegevoegde waterdemping	[kg/s]
	\dot{y}	= snelheid in y-richting	[m/s]
	ΣF_y	= sommatie van de uitwendige krachten in y-richting	[N]
	\ddot{x}	= versnelling in x-richting	[m/s ²]
	ΣF_x	= sommatie van de uitwendige krachten in x-richting	[N]
	J_z	= massa traagheidsmoment t.o.v. zwaartepunt	[kgm ²]
	a_r	= toegevoegde massatraagheidsmoment	[kgm ²]
	$\ddot{\phi}$	= hoekversnelling	[s ⁻²]
	b_r	= toegevoegde rotatiedemping	[kgm ² /s]
	$\dot{\phi}$	= hoeksnelheid	[s ⁻¹]
	ΣM_z	= sommatie van de uitwendige momenten tov zwaartepunt	[Nm]

Bovenstaande heeft alleen betrekking op beweging in het horizontale vlak. Tevens geldt bovenstaande bij een ongestoorde beweging van het schip (geen contact met de wand).

Wanneer het schip òf met het voorschip (vs) òf met het achterschip (as) de kolkwand raakt gelden de volgende bewegingsvergelijkingen:

Evenwijdig aan de kolkwand (schrikrichting):

$$m_s \ddot{x} = \Sigma F_x$$



in rotatierichting:

(6.2)

$$(J_{as,vs} + a_r') \ddot{\phi} + b_r' \dot{\phi} = \Sigma M_{as,vs}$$

- waarin: ΣF_x = sommatie van de uitwendige krachten in x-richting uit vergel. (6.1) + de wrijvingskracht schip-kolkwand [N]
- $J_{as,vs}$ = massatraagheidsmoment t.o.v. achterschip c.q. voorschip [kgm²]
- a_r' = toegevoegde massatraagheidsmoment t.o.v. voorschip c.q. achterschip [kgm²/s]
- $\Sigma M_{as,vs}$ = sommatie van de uitwendige momenten t.o.v. achterschip c.q. voorschip [Nm]

In de sommatie van de uitwendige krachten in (6.1) en (6.2) zijn naast de eventuele wrijvingskracht tussen schip en kolkwand steeds de ontbondenen van de dwarskracht en van de krachten in de meerkabels in x- en y-richting betrokken. Met uitwendige momenten worden de momenten bedoeld ten gevolge van eerder genoemde ontbonden krachten.

De oplossing van de bewegingsvergelijkingen vindt in het rekenmodel numeriek plaats waarbij per tijdstap, Δt , de versnellingen berekend worden volgens:

$$\begin{aligned} \ddot{x}_{t+\Delta t} &= \Sigma F_{x_t} / m_s \\ \ddot{y}_{t+\Delta t} &= (\Sigma F_{y_t} - b_y \dot{y}_t) / (m_s + a) \\ \ddot{\phi}_{t+\Delta t} &= (\Sigma M_{z_t} - b_r \dot{\phi}_t) / (J_z + a_r) \end{aligned} \quad (6.3)$$

of:

$$\ddot{\phi}_{t+\Delta t} = (\Sigma M_{as,vs} - b'_r \dot{\phi}) / (J_{as,vs} + a'_r)$$

Vervolgens worden snelheden en verplaatsingen berekend volgens:

$$\begin{aligned} \dot{x}_{t+\Delta t} &= \dot{x}_t + \ddot{x}_{t+\Delta t} \cdot \Delta t; x_{t+\Delta t} = x_t + \dot{x}_{t+\Delta t} \cdot \Delta t \\ \dot{y}_{t+\Delta t} &= \dot{y}_t + \ddot{y}_{t+\Delta t} \cdot \Delta t; y_{t+\Delta t} = y_t + \dot{y}_{t+\Delta t} \cdot \Delta t \\ \dot{\phi}_{t+\Delta t} &= \dot{\phi}_t + \ddot{\phi}_{t+\Delta t} \cdot \Delta t; \phi_{t+\Delta t} = \phi_t + \dot{\phi}_{t+\Delta t} \cdot \Delta t \end{aligned} \quad (6.4)$$

Wanneer op tijdstip $t+\Delta t$ de nieuwe positie van het schip bepaald is kunnen aan de hand van de gevonden tros lengten en de spanning-rek relaties de krachten in de meerkabels berekend worden.

Tezamen met de toegeleverde dwarskracht op dit tijdstip, de dempingskrachten en een eventuele wrijvingskracht van het schip langs de kolkwand (wrijvingscoëfficiënt = 0,3) levert dit de nieuwe randvoorwaarden voor de volgende tijdstap.

De toegevoegde watermassa, a , de toegevoegde waterdemping, b , het toegevoegde massatraagheidsmoment, a_r , en de toegevoegde rotatiedemping, b_r , zijn bepaald aan de hand van het onderzoek M1374 [6].

De bij het onderzoek M1374 met behulp van de lange golf theorie gevonden hydrodynamische coëfficiënten, zoals bovengenoemde grootheden ook wel worden genoemd, stemmen goed overeen met de resultaten van Van Oortmerssen [7]. Hij vond daarbij dat de nabijheid van wanden bij lange perioden van de heen- en weergaande beweging van een schip, nauwelijks van invloed is op de grootte van de hydrodynamische coëfficiënten.

Ook worden goede overeenkomsten gevonden tussen de lange golftheorie en de methode waarbij de waterbeweging onder en naast het schip middels een rekenmodel wordt gesimuleerd. Dit is echter alleen in de verzetrichting gebeurd. In figuur 2 worden beide methoden met elkaar vergeleken. Uiteindelijk zijn de hydrodynamische coëfficiënten in het rekenmodel ingebouwd volgens:

$$a = \frac{4 \cdot g \cdot D \cdot (h-D) \cdot \rho \cdot B \cdot D \cdot L}{\omega^2 \cdot B^2 \cdot h + 4 \cdot g \cdot (h-D)^2}$$

$$b = \frac{5 \cdot \omega^2 \cdot B \cdot D \cdot \sqrt{gh} \cdot \rho \cdot B \cdot D \cdot L}{\omega^2 \cdot B^2 \cdot h + 4 \cdot g \cdot (h-D)^2}$$

$$a_r = a \cdot \frac{1}{12} \cdot L^2$$

$$b_r = b \cdot \frac{1}{12} \cdot L^2$$

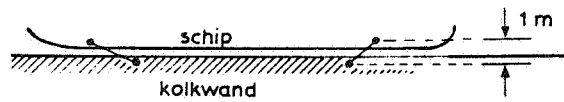
waarin:	a	= toegevoegde watermassa	[kg]
	g	= versnelling t.g.v. zwaartekracht	[m/s ²]
	D	= diepgang schip	[m]
	h	= waterdiepte	[m]
	ρ	= soortelijke massa water	[kg/m ³]
	B	= breedte schip	[m]
	L	= lengte schip	[m]
	ω	= frekwentie heen- en weergaande beweging	[s ⁻¹]
	b	= toegevoegde waterdemping	[kg/s]
	a_r, b_r	= toegevoegde watermassa en -demping in gierrichting	[kgm ² , kgm ² /s]

7 Uitgangspunten onderzoek

Onder gebruikmaking van het in hoofdstuk 6 behandelde rekenmodel is het onderzoek R1921 uitgevoerd. Daarbij gelden de volgende uitgangspunten:

- Reduktie van de dwarskracht ten gevolge van de verplaatsingen van het schip wordt niet toegepast. Dit wordt als volgt gemotiveerd.
Bij een smalle duweenheid zijn, wegens het afmeren met staalkabels, de verplaatsingen dermate gering dat van een reductie van de dwarskracht nauwelijks sprake is.
De verplaatsingen van het grote binnenvaartschip en de Spits zijn met toepassing van kunststof trossen dermate groot dat een reductie van de dwarskracht noodzakelijk lijkt.
Deze maximale verplaatsingen zijn echter nagenoeg geheel afhankelijk van de eerste opbouw van de dwarskracht (0 - 60 s), waarbij het schip zich nog in de nabijheid van de kolkwand bevindt. Een reductie van de dwarskracht lijkt dus niet direkt noodzakelijk.
- Het onderzoek is hydraulisch gezien 2-dimensionaal uitgevoerd. Kopeffekten zijn in de beschouwing niet meegenomen.
- De opbouw van de dwarskracht geldt steeds voor een geladen schip waarnaast een ongeladen binnenvaartschip ligt afgemeerd met breedte 8,00 m en diepgang 1,00 m.
- De spanning-rek diagrammen volgens hoofdstuk 4.
- De scheepskategorieën volgens hoofdstuk 5.
- De bewegingsvergelijkingen en hydrodynamische coëfficiënten volgens hoofdstuk 6.
- Trekkkrachtcriterium.
Als maximale trekkkracht in de meerkabels wordt de helft van de minimale breukkracht, die door de fabrikant is opgegeven, aangehouden.
Dus: $T_{\max} = 0,5 \times T_{\text{breuk}}$
- Het verplaatsingscriterium bedraagt 0,30 m.
Dit heeft als achtergrond het feit dat in de praktijk sluiskolken dikwijls in breedterichting zō ingedeeld worden dat er nog ca. 1 à 1,5% van de kolkbreedte vrij is (Krammersluizen: 0,01 à 0,015 x 24).
- De afstand tussen de bolders in de kolkwand bedraagt 15,00 m.

- De boldergeometrie op de schepen van de drie scheepskategorieën volgens figuur 3.
- De afstand loodrecht op de kolkwand tussen de bolders op de schepen en de bolders in de kolkwand bedraagt in de uitgangspositie steeds 1 m.



- De in tabel III vermelde grootheden van de te gebruiken meerkabels.
- In principe kan steeds vrij afgemeerd worden.

8 Indeling onderzoek

- Er wordt van uitgegaan dat de geladen smalle duweenheid "2+1" maatgevend is.
- Daarbij wordt de maatgevende afmeersituatie bepaald (met 2 trossen).
- Bij de maatgevende afmeersituatie wordt het maximaal toelaatbare debiet bepaald waarbij òf het trekkrachtcriterium in de kabel, òf het verplaatsingscriterium bepalend is (eventueel beiden).
- Nagegaan wordt welke invloed het bijplaatsen van trossen heeft op de grootte van het maximaal toelaatbare debiet.
- Met het gevonden maximale uitwisseldebiet bij het afmeren van een smalle duweenheid "2+1" met 2 trossen worden de maatgevende afmeersituaties bij de Spits en de Dortmunder bepaald.
Daarbij worden voor wat betreft de tros lengten, diameters en materialen de enquêteresultaten van DVK gebruikt [4].
De voortros lengten variëren daarbij volgens: $\bar{L}_1 + 2\sigma$, $\bar{L}_1 + \sigma$ en eventueel dwarsuit. De achtertros lengte wordt daarbij gezocht. Tevens wordt een symmetrische situatie onderzocht. Dit alles geschiedt bij gemiddelde trosdiameter en meest voorkomend tros materiaal.
- Bij de maatgevende afmeersituatie wordt het effect van het bijplaatsen van trossen op de maximale verplaatsing bekeken.
- Tevens wordt het effect nagegaan van de spreiding in trosdiameters ($\bar{D} \pm 2\sigma$, $\bar{D} \pm \sigma$) en tros materialen op de maximale verplaatsing.
- Gekeken wordt ook naar de verhouding van de maximaal opgetreden trekkracht in de trossen tot de maximaal toegestane trekkracht bij de diverse afmeersituaties (T/T_{\max}).
- Bij de maatgevende afmeersituaties met twee trossen wordt de invloed van de grootte van het maximale uitwisseldebiet op de verplaatsing uit de kolkwand nagegaan.

Een en ander zal in figuren met toelichting gepresenteerd worden.

Daaruit zullen een aantal konklusies worden getrokken.

9 Toelichting figuren

Smalle duweenheid, categorie 3

In figuur 4 staan 6 afmeersituaties vermeld waarbij de voortros lengte gevarieerd is en de achtertros lengte daarop aangepast is. Met inachtneming van het troskracht- en verplaatsingscriterium zijn daarbij de maximale uitwisseldebieten gegeven.

Dit alles bij afmeren van een smalle duweenheid met 2 staalkabels, \emptyset 26 mm, 6 x 24 + 7.

In figuren 5 en 6 is hetzelfde gedaan voor respectievelijk 3 en 4 trossen. Daarbij hebben steeds de afmeersituaties met 2 trossen als basis gediend. De overige trossen zijn bijgeplaatst.

In figuur 7A zijn de resultaten van de figuren 4 t/m 6 samengevat. Daarbij is te zien welke afmeersituatie bij 2 trossen bepalend is en wat de invloed van het bijplaatsen van trossen op de grootte van het maximaal uitwisseldebiet is.

In tabel IV kan men zien bij welke berekeningen de criteria bereikt of overschreden worden.

Uit de berekeningen komt naar voren, dat het maximaal toelaatbare uitwisseldebiet tijdens het eerste gedeelte van het neerwaarts uitwisselen totdat de scheidingsvlakken aan weerszijden van het schip de onderzijde van het schip bereikt hebben, 25 m³/s kan bedragen, mits aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan. Hiermee is dan ook het overige gedeelte van het onderzoek uitgevoerd.

Spits, categorie 1

In figuur 8 zijn diverse afmeersituaties van een Spits met twee trossen gegeven; gebruikt zijn polypropyleen trossen, \emptyset 32 mm. In figuur 8 is tevens gepresenteerd hoe groot de maximale verplaatsing is (y_{\max}), en, of deze door het voorschip (y_{VS}) of door het achterschip (y_{AS}) gerealiseerd wordt. Daarnaast wordt de verhouding tussen de tijdens de berekeningen opgetreden maximale trekkracht en de maximaal toegestane trekkracht in de trossen gegeven (T/T_{\max}).

In figuur 9 zijn bij de maatgevende afmeersituatie van de Spits met twee

trossen steeds trossen bijgeplaatst, tot een maximum van 6 trossen in totaal. De indeling van de figuur is weer dezelfde als die van figuur 8.

In figuur 10 zijn de resultaten van figuren 8 en 9 samengevat. Te zien is welke invloed de voortros lengte heeft op de maximale verplaatsing uit de kolkwand. Ook kan men zien dat bij gebruik van andere kolkwandborders de maximale verplaatsing sterk afneemt. Dit alles bij 2 trossen.

In figuur 10 is ook het effect van het bijplaatsen van trossen op de maximale verplaatsing uit de kolkwand weergegeven.

Daarbij is de spreiding in trosdiameter- en materiaal zichtbaar gemaakt.

Binnenvaartschip, categorie 2

Wat in de figuren 8, 9 en 10 voor het afmeren van een Spits weergegeven is, wordt in figuren 11, 12 en 13 voor een binnenvaartschip (~ Dortmund) gedaan. Daarbij zijn als trosmaterialen zowel polyethyleen als staal gebruikt, en wel: polyethyleen \emptyset 36 mm, staal 6 x 15 + 7, \emptyset 24 mm.

Tenslotte is in figuur 7B gepresenteerd wat het effect van de grootte van het maximale uitwisseldebiet bij een Dortmund is op de maximale verplaatsing uit de kolkwand.

Dit, bij een maatgevende afmeersituatie met 2 trossen.

Door in figuren 10 en 13 ingeval van kunststof trossen respectievelijk polypropyleen door polyethyleen te vervangen en polyethyleen door polypropyleen te vervangen is enigszins het effect van nieuw gebruikte en herhaaldelijk gebruikte trossen op de maximale verplaatsing na te gaan. Zulks, getuige het verloop van de spanning-rek diagrammen in figuur 1.

10 Konklusies

Een maximaal uitwisseldebiet van $25 \text{ m}^3/\text{s}$ is haalbaar mits aan enkele voorwaarden wordt voldaan. Deze voorwaarden zullen hieronder per categorie worden weergegeven.

Spits, categorie 1

- Wanneer de mogelijkheid bestaat kolkwandbolders te gebruiken die 30 m uit elkaar staan, kan bij afmeren met twee trossen aan het verplaatsingscriterium goed voldaan worden. De trossen staan hierbij bijna dwarsuit.

Het troskrachtcriterium wordt nog lang niet bereikt.

- Wanneer de afstand tussen de gebruikte kolkwandbolders 15 m bedraagt wordt in de regel het verplaatsingscriterium sterk overschreden. Alleen bij afmeren met 4 of meer trossen en extra grootte van de trosdiameter is aan het verplaatsingscriterium te voldoen.

Vergelijk: 4 trossen, $\emptyset 32 \text{ mm} \rightarrow \Delta y_{\text{max}} = 0,66 \text{ m}$ (fig. 10)

4 trossen, $\emptyset 70 \text{ mm} \rightarrow \Delta y_{\text{max}} = 0,30 \text{ m}$ (extrapolatie)

- In het algemeen kan men stellen dat een verandering in trosdiameter een omgekeerd evenredige verandering in maximale verplaatsing tot gevolg heeft.

Binnenvaartschip (~ Dortmund), categorie 2

- Bij gebruik van kunststof trossen en kolkwandbolders die 30 m uit elkaar staan, zijn de verplaatsingen onaanvaardbaar. Voor de verdere berekening van het afmeerproces zijn bij kunststof trossen steeds kolkwandbolders gebruikt die 45 m uit elkaar staan.

Dit geldt bij gebruik van polyethyleen trossen.

- Bij gebruik van kunststof trossen en afstand kolkwandbolders = 45 m is in geen van de gevallen die in de figuren 11, 12 en 13 weergegeven zijn het verplaatsingscriterium haalbaar gebleken. Zelfs wanneer de spreiding van de resultaten met betrekking tot trosdiameter en -materiaal in beschouwing wordt genomen kan niet aan het verplaatsingscriterium voldaan worden.

Wanneer bijvoorbeeld polypropyleentrossen worden toegepast bij afmeren met 4 trossen en als diameter $\bar{x} + 2\sigma = 44 \text{ mm}$ wordt gebruikt is de maximale verplaatsing nog altijd $36/44 \times 0,62 = 0,51 \text{ m}$ (fig. 13).

- Bij gebruik van stalen trossen en kolkwandbolders die 45 m uit elkaar staan kan men goed aan het verplaatsingscriterium voldoen bij afmeren met 2 trossen. Het troskrachtcriterium wordt niet gehaald.
- Bij gebruik van stalen trossen en kolkwandbolders die 30 m uit elkaar staan is reeds door het bijplaatsen van een derde tros naar de dichtstbijzijnde scheepsbolder het verplaatsingscriterium haalbaar.
- De invloed van het debiet op de maximale verplaatsing is beperkt en wel dusdanig dat een afname van het debiet van 25 m³/s tot 10 m³/s (faktor 2,5) leidt tot een afname van de maximale verplaatsing van 1,27 tot 1,12 m (faktor 1,13). Dit, ingeval van 2 polyethyleentrossen van 3,40 m lengte en diameter 36 mm (fig. 7B).

Smalle duweenheid "2+1", categorie 3

- Wanneer bij een bolderafstand van 135 m in de kolkwand afgemeerd wordt met 2 trossen kan, indien $L_2/L_1^* = 0,8$, bij een maximaal uitwisseldebiet van 25 m³/s aan de criteria voldaan worden.
- Bij andere lengteverhoudingen tussen voor- en achtertros is het nodig trossen bij te plaatsen, het een en ander onder bepaalde voorwaarden. Deze voorwaarden zijn:
 - Bij voorkeur geen trossen dwarsuit. Immers, wegens de grote asymmetrie in de tros lengte zal het schip met die zijde waar de tros dwarsuit staat, snel tegen de kolkwand aanliggen waardoor de tros die dwarsuit staat ten gevolge van iedere willekeurige verplaatsing vrij zwaar belast wordt. Hierbij kan de maximaal toegestane trekkracht al snel overschreden worden (tabel IV, ber. 1).
 - Indien er toch een tros dwars uit staat, bij voorkeur 2 trossen bijplaatsen.
 - Bij voorkeur de tros lengten zo symmetrisch mogelijk verdelen.
- Wanneer met 4 trossen afgemeerd wordt, 1 tros voorschip, 1 tros achterschip en 2 trossen midscheeps, is nagenoeg in alle afmeersituaties aan de criteria te voldoen bij $Q_{\max} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$ (fig. 7A).

* L_1 = lengte voortros

L_2 = lengte achtertros

In alle gevallen dient bij bovenstaande bedacht te worden dat met Q_{\max} bedoeld wordt, het maximale uitwisseldebiet tijdens het eerste gedeelte van het neerwaarts uitwisselen; dit is de periode waarbij de scheidingsvlakken aan weerszijden van het schip, de onderzijde van het schip nog niet bereikt hebben. Zie de figuur in hoofdstuk 2 paragraaf 2.

Het voorgaande kan als volgt worden samengevat.

Bij uitwisseldebieten van $25 \text{ m}^3/\text{s}$ in de situatie van een geladen schip tegenover een ongeladen schip wordt gekonkludeerd:

- Kunststofrossen vertonen in vergelijking met stalen rossen een grote rek.

De verplaatsingen van de schepen met kunststof rossen zijn daarom groot mede door het dynamische effect.

Bij kunststof rossen is meestal het verplaatsingscriterium (0,30 m) maatgevend, bij stalen rossen merendeels het trekkrachtcriterium ($0,5 \times T_{\text{breuk}}$).

- Bij kunststof rossen voor Spits en Dortmunder wordt in de meeste situaties het verplaatsingscriterium overschreden. Wanneer gezorgd wordt dat de grootst mogelijke bolderafstand in de kolkwand gebruikt wordt en de rossen zo dwars en symmetrisch mogelijk uitgezet worden, zullen de verplaatsingen beperkt blijven.

Voor een Spits met bolderafstand van 30 m in de kolkwand is de situatie aanvaardbaar, voor een Dortmunder is geen aanvaardbare oplossing met meerdere rossen mogelijk.

- Stalen rossen zijn voor een Dortmunder wel aanvaardbaar voor wat betreft het verplaatsings- en trekkrachtcriterium. Bolderafstanden van 45 m vergen 2 rossen, bolderafstanden van 30 m vergen minimaal 3 rossen.

- Smalle duweenheden worden steeds vastgelegd met stalen rossen. Bij een symmetrische afmeerwijze met 2 rossen wordt aan het trekkracht- en verplaatsingscriterium voldaan. De bolderafstand is daarbij 135 m.

Verschillen de 2 tros lengten te veel (waarbij 1 tros bijna dwarsuit staat) dan wordt het trekkrachtcriterium overschreden.

Gebruik van 4 rossen geeft steeds een aanvaardbare situatie.

11 Aanvullend onderzoek

Naar aanleiding van de bespreking van de voorgaande hoofdstukken met R.W.S. Directie Zeeland, Directie Sluizen en Stuwen, Dienst Verkeerskunde en de Deltadienst, d.d. 16-09-1983 zijn enkele aanvullende vragen gesteld. Tevens zijn de criteria gewijzigd. De vragen worden in dit hoofdstuk behandeld. De criteria worden nog eens getoetst.

Onder hoofdstuk 4 zijn de gebruikte staalkabels aan de orde geweest. Bij de start van het aanvullende onderzoek zijn meer realistische gegevens omtrent de materiaaldorsnede van de kabels beschikbaar gekomen. De gevolgen hiervan voor de resultaten van het onderzoek R1921 zullen in paragraaf 11.1 worden behandeld.

In de volgende paragrafen worden achtereenvolgens behandeld:

- Wat is de invloed van het toepassen van nieuwe gegevens omtrent de materiaaldorsnede van staalkabels op de resultaten van het onderzoek R1921? (par. 11.1)
- Zijn er hogere uitwisseldebieten mogelijk wanneer de smalle duweenheid wat preciezer wordt afgemeerd? (par. 11.2)
- Na het bereiken van de maximale dwarskracht kan het debiet opgevoerd worden zonder dat de maximale dwarskracht overschreden wordt.
Wat is hiervan de invloed op de maximale trekkrachten en verplaatsingen? (par. 11.3)
- De nieuwe criteria, te weten een ruimer verplaatsingscriterium en een nieuw snelheidscriterium kunnen een ander licht op de zaak werpen. Dit wordt nader uitgewerkt. (par. 11.4)
- Aanvullende konklusies. (par. 11.5)

11.1 Materiaal doorsnede staalkabels

Volgens nieuwe tabellen [10] bedraagt de faktor α uit vergelijking (4.1) voor staalkabels $6 \times 15 + 7$: 0,198 in plaats van 0,26 en voor staalkabels $6 \times 24 + 7$: 0,316 in plaats van 0,40.

Dit houdt in dat bij toepassing van de nieuwe waarden voor α een toename van de rek plaatsvindt bij gelijkhouden van de diameter en de lengte.

Met de aangepaste waarden voor α zijn enkele berekeningen van het onderzoek R1921 in het aanvullende onderzoek opnieuw uitgevoerd.

Als konklusies kunnen gelden:

- De maximale krachten in de kabels blijven gelijk of worden iets gunstiger.
- De maximale verplaatsingen nemen iets toe (orde 5 cm).

Gezien het bovenstaande kan gesteld worden dat de aangebrachte wijziging van de faktor α geen gevolgen heeft voor de maximale trekkracht in de staalkabels. Daar deze trekkracht bepalend is voor de bepaling van Q_{\max} , is er geen reden om over te gaan tot aanpassing van Q_{\max} .

In het aanvullend onderzoek is verder gerekend met de nieuwe waarden voor de faktor α uit vergelijking (4.1).

11.2 Mogelijke verhoging uitwisseldebiet

Bij het bijplaatsen van 1 of meer trossen ingeval reeds met 2 trossen afge-meerd is kan men gebruik maken van bolders midscheeps of van extra bolders op voor- of achterschip.

Ingeval van afmeren met de smalle duweenheid wordt meestal gekozen voor het laatste geval.

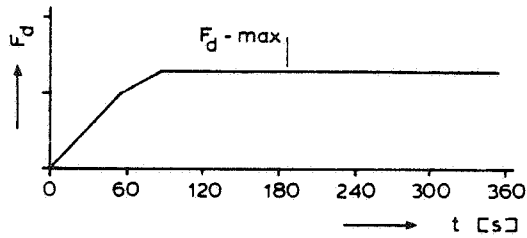
In het onderzoek R1921 is echter in eerste instantie voor de eerste mogelijkheid gekozen. Op basis daarvan is het maximale uitwisseldebiet terechtgekomen op $25 \text{ m}^3/\text{s}$.

De berekeningen 7 uit figuur 5 en 13 uit figuur 6 zijn opnieuw uitgevoerd met bijplaatsing van de extra trossen niet midscheeps maar op voor- en/of achterschip.

Als konklusie kan gelden dat voor wat betreft de grootte van het toegestane maximale debiet niets verandert. Dit blijft $25 \text{ m}^3/\text{s}$.

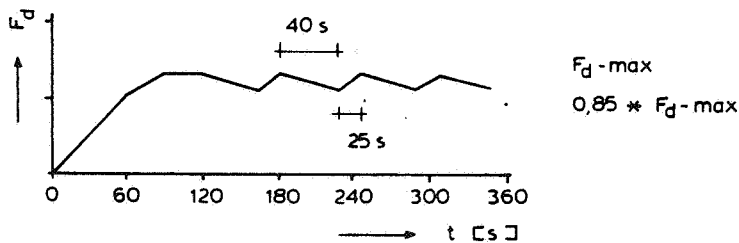
11.3 Aanpassingen Q na bereiken F_d -max

Een aantal berekeningen uit de kategorieën 1 (Spits), 2 (Dortmunder) en 3 (smalle duweenheid "2+1") zijn opnieuw uitgevoerd. Hierbij is na het bereiken van de maximale dwarskracht, dit maximum konstant aangehouden.



Genoemd verloop heeft geen effect op de grootte van het eerste maximum in zowel de kracht in de trossen als van de verplaatsing. De demping die vervolgens plaatsvindt leidt ertoe dat de eerder gehaalde maxima niet meer bereikt worden.

Omdat in het toekomstige prototype een gelijkmatig verloop zoals hierboven geschetst is uit besturings-overwegingen niet te verwachten valt is ook een "zaagtand"-vormig verloop doorgerekend. Dit verloop kan gezien worden als het gevolg van het met tussenpozen bijstellen van het debiet.



Ook dit "zaagtand"-vormig verloop heeft geen nadelige invloed op de grootte van de maxima.

11.4 Aangepaste criteria

Tijdens genoemde besprekingen met belanghebbenden d.d. 16-09-1983 zijn de te hanteren criteria nog eens op een rij gezet waarbij tevens naar volledigheid gestreefd is. Daar bij afmeren van de smalle duweenheid alleen het criterium voor wat betreft de krachten in de kabels bepalend is (de andere criteria worden daarbij nooit bereikt) blijft voor de smalle duweenheid als criterium gelden:

- De kracht in de trossen mag de helft van de door de fabrikant opgegeven minimale breeksterkte niet overtreffen.

Naast het hierboven vermelde krachtscriterium gelden voor de Spits en de Dortmunder bovendien de volgende criteria:

- De snelheid op het moment van botsen van voor- of achterschip of zijkant schip met een ander schip mag niet méér bedragen dan 0,5 km/uur ofwel 0,14 m/s.
- De verplaatsing evenwijdig aan de kolkwand mag niet méér bedragen dan 4% van de scheepslengte.
- De verplaatsing loodrecht op de kolkwand van voor- of achterschip of beide, mag ten hoogste 1 à 1,5 m bedragen (i.p.v. 0,30 m in hoofdstuk 7).

Met gebruikmaking van het dwarskrachtverloop waarbij de dwarskracht konstant gehouden is na het bereiken van het maximum (zie par. 11.3) zijn van de categorieën 1 en 2 enkele maximale debieten doorgerekend bij bepaalde afmeersituaties.

Dit is gedaan om met name het verband tussen de snelheden van voor- of achterschip en het maximale uitwisseldebiet te bepalen.

Tevens kan men in maatgevende situaties voor wat betreft het verplaatsingscriterium de daarbij optredende snelheden berekenen.

Voor wat betreft de Spits is afmeersituatie 3B van figuur 9 (bolderafstand 15 m, 4 polypropyleen trossen) opnieuw berekend terwijl dit bij de Dortmunder afmeersituatie 4 van figuur 11 (bolderafstand 45 m, 3 polyethyleen trossen) betreft. Hierbij zijn de debieten 10, 25 en 40 m³/s gebruikt.

In figuur 14 is in de bovenste helft het verband tussen Q_{\max} en V_{\max} weergegeven. Zoals te zien valt wordt de gestelde maximale snelheid (0,14 m/s) lang niet bereikt, zelfs niet bij $Q_{\max} = 40 \text{ m}^3/\text{s}$. Het verband tussen Q_{\max} en V_{\max} bezit een lineair karakter.

In de onderste helft van figuur 14 is aangegeven hoe de relatie ligt tussen de verplaatsing en de op dat punt optredende snelheid, beide dwars op de kolkwand gezien.

Te zien is dat de maximale snelheid reeds optreedt voordat de helft van de maximale verplaatsing bereikt is (Δy_{\max} : Spits = 0,66 m, Dortmunder = 1,64 m). Een mogelijke botsing met een ander schip zal op grotere afstand van de kolkwand dan de in figuur 14 gevonden waarden, voorkomen. Wanneer dat het geval is, dan is bij de Spits de snelheid waarmee dit gebeurt al aanzienlijk afgenomen, getuige de vlugge afbouw van de snelheid bij toeneming van de verplaatsing.

11.5 Aanvullende konklusies

- Ook bij het afmeren van de smalle duweenheid waarbij de bijgeplaatste trossen niet midscheeps maar op het voor- en/of achterschip voorkomen blijft het maximale uitwisseldebiet $25 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Aanpassing van het uitwisseldebiet zodanig dat na het bereiken van de maximale dwarskracht dit maximum (nagenoeg) konstant gehouden wordt leidt niet tot hogere maximale waarden van de trekkracht in de kabels en van de verplaatsing.
- Wanneer de Spits en de Dortmunder zodanig afgemeerd worden, dat het verplaatsingscriterium ($\Delta y \leq 1,50 \text{ m}$), loodrecht op de kolkwand gezien, niet overschreden wordt, dan worden ook het snelheidscriterium en het verplaatsingscriterium evenwijdig aan de kolkwand niet overschreden.
- De maximum snelheid loodrecht op de kolkwand treedt op bij verplaatsingen van $0,35$ à $0,45$ maal de maximale verplaatsing (loodrecht op de kolkwand).

Literatuur

1. Waterloopkundig Laboratorium
Zoutbestrijding Kreekraksluizen, voltooiing onderzoek zoutbestrijding volgens systeem Duinkerken
Verslag onderzoek M865-VIII.
2. Waterloopkundig Laboratorium
Duwvaartsluizen Philipsdam, afleiden randvoorwaarden debietverloop uit langs- en dwarskrachten op schepen
Verslag onderzoek R1249-I, juli 1982.
3. Waterloopkundig Laboratorium
Duwvaartsluizen Philipsdam, dwarskrachten op schepen bij het begin van het neerwaarts uitwisselen
Verslag onderzoek M1908, april 1983.
4. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde
Enquête naar het gebruik van trossen in de Volkeraksluis
Enquête resultaten en toelichting, projektnummer S82.150, maart 1983.
5. British Ropes
Ropes made from man-made fibres. Behaviour under load
Publication No. 1104 D/1.5 m/3.79.
6. Waterloopkundig Laboratorium
Belasting op remmingwerken en dukdalven door varende schepen
Verslag M1374-V/R1401-III TOW-C, juli 1983.
7. Van Oortmerssen, G. "The motions of a moored ship in waves"
Proefschrift juni 1976.
8. Waterloopkundig Laboratorium
Troskrachtcriteria voor zeeschepen
Verslag onderzoek R673-I, november 1974.

Literatuur (vervolg)

9. Lankhorst Touwfabrieken, catalogus
Postbus 203, 8600 AE Sneek.

10. Den Haan Staalkabelfabriek N.V., tabellen
Afdeling Staalkabels, Gorinchem.

Kategorie volgens laadvermogen ton	geladen/ ongeladen g/o	aantal waarne- mingen	lengte m		schip		tonnage		staal %	trosmateriaal		aantal trossen	
			\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ		poly- propyleen %	poly- ethyleen %	1	2
< 50	8 0												
51-250	8 0	3	37.67	7.09	165.83	49.17	-	16.67	83.33	-	100.00	-	
251-450	8 0	4	33.54	4.18	139.25	55.72	-	75.00	25.00	-	100.00	-	
451-650	8 0	27	40.69	3.46	345.63	48.12	-	37.50	62.50	3.70	85.19	-	
651-850	8 0	11	41.49	4.48	345.73	20.91	9.52	42.86	47.62	9.09	90.91	-	
851-1050	8 0	17	54.47	4.26	556.24	60.26	16.67	41.67	41.67	-	94.12	5.88	
1051-1250	8 0	10	52.35	2.83	534.70	54.07	10.00	35.00	55.00	-	80.00	20.00	
1251-1800	8 0	13	64.73	4.94	753.54	71.20	3.85	61.54	34.62	7.69	84.62	7.69	
1801-3200	8 0	10	65.10	2.60	746.00	69.45	15.00	35.00	50.00	-	100.00	-	
3201-6500	8 0	22	70.95	6.33	936.68	55.34	14.89	34.04	51.06	-	95.45	4.55	
> 6500	8 0	13	68.38	2.63	935.54	41.65	8.00	52.00	40.00	7.69	92.31	-	
	8 0	23	77.69	4.71	1146.39	49.81	37.50	22.92	39.58	-	100.00	-	
	8 0	18	82.84	8.37	1171.06	47.48	33.33	30.30	36.36	-	94.44	-	
	8 0	19	83.73	5.26	1430.37	133.73	45.00	20.00	35.00	5.56	89.47	10.53	
	8 0	21	84.05	3.20	1487.73	136.73	44.19	13.95	41.86	-	95.24	-	
	8 0	15	98.26	6.42	2350.40	377.45	66.67	23.33	10.00	6.67	86.67	6.67	
	8 0	13	98.38	8.34	2326.00	350.44	62.96	22.22	14.81	-	92.31	-	
	8 0	3	154.67	38.70	4451.00	1017.16	16.67	50.00	33.33	-	100.00	-	
	8 0	-	183.00	-	10964.00	-	100.00	-	-	-	-	-	

TABEL I Scheeps- en trosgegevens

categorie volgens laadvermogen [ton]	geladen/ongeladen g/o	trosmat. s = staal pp = polyprop. pe = polyethe	aantal waarnemingen	voortros						achtertros								
				diameter [mm]		lengte [m]		hoogte [m]		diameter [mm]		lengte [m]		hoogte [m]				
				\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ			
-50 51-250	g	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	g	pp	1	1	32.00	-	4.00	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-		
251-450	o	pe	5	2	28.00	5.56	5.75	6.01	0.75	0.35	30.67	2.31	3.17	1.89	1.12	1.05	3	
		s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	g	pp	6	2	28.00	4.00	2.67	1.53	0.67	1.15	24.67	3.06	5.33	2.52	0.50	0.87	3	
		pe	2	1	28.00	-	3.00	-	0.00	-	30.00	-	3.00	-	0.00	-	-	1
	451-650	o	s	2	1	18.00	-	13.00	-	0.00	-	18.00	-	1.00	-	0.00	-	1
			pp	8	4	31.00	6.83	5.75	2.22	0.75	0.87	29.00	3.83	2.50	1.00	0.58	0.65	4
g		pe	8	4	32.00	-	5.38	2.56	1.15	1.28	30.00	2.31	4.63	2.21	1.25	1.19	4	
		s	4	3	18.67	1.15	7.00	3.46	0.33	0.29	16.00	-	1.5	-	0.3	-	1	
o		pp	15	6	34.67	4.84	6.42	2.54	0.32	0.25	32.22	5.14	4.22	1.18	0.68	0.44	9	
		pe	13	7	32.29	3.35	6.50	3.12	1.07	0.79	31.33	3.01	5.42	1.20	0.73	0.70	6	
651-850	o	s	1	0	-	-	-	-	-	-	18.00	-	1.50	-	1.50	-	1	
		pp	3	0	-	-	-	-	-	-	34.67	2.31	3.67	2.52	0.77	1.08	3	
	g	pe	8	6	34.00	2.53	6.92	2.82	1.17	0.82	35.00	7.07	3.00	2.83	0.10	0.14	2	
		s	1	1	26.00	-	5.00	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	
	o	pp	9	5	36.50	3.42	5.80	1.79	0.16	0.74	35.00	7.13	6.50	2.26	0.85	0.54	6	
		pe	8	4	37.50	9.15	3.75	1.71	0.63	0.48	30.67	6.11	4.25	0.96	0.83	1.04	4	
851-1050	o	s	5	4	20.00	5.66	6.75	3.59	1.63	1.11	14.00	-	2.00	-	0.00	-	1	
		pp	7	3	33.33	2.31	6.67	2.02	0.77	0.40	38.00	2.31	3.25	3.23	0.70	0.60	4	
	g	pe	10	4	32.50	2.52	5.13	2.72	0.88	1.18	32.33	3.20	4.50	3.03	1.13	0.85	6	
		s	8	5	20.40	2.19	7.00	4.00	0.66	0.59	19.33	1.15	5.50	4.27	0.43	0.51	3	
	o	pp	12	5	37.60	3.58	6.50	5.57	0.66	0.48	35.14	3.24	4.71	3.20	1.00	0.50	7	
		pe	23	11	34.20	3.58	7.95	3.03	0.95	0.75	34.18	2.75	5.92	3.25	0.86	0.68	12	
1051-1250	o	s	2	1	24.00	-	10.00	-	1.00	-	18.00	-	5.00	-	2.00	-	1	
		pp	13	6	36.33	5.72	5.42	3.98	1.30	1.04	36.86	3.63	5.21	1.75	0.82	0.85	7	
	g	pe	7	4	37.50	3.79	8.75	3.10	1.31	1.52	31.33	8.08	4.00	2.78	2.00	1.50	3	
		s	16	8	22.75	1.83	7.63	2.81	1.28	0.97	22.50	2.07	6.13	4.11	1.68	0.94	8	
	o	pp	10	4	40.00	1.63	8.25	2.87	0.68	0.35	36.00	2.83	4.50	3.42	0.88	0.69	6	
		pe	18	10	36.20	2.74	8.10	4.87	0.62	0.40	36.25	3.11	6.94	1.86	0.76	0.64	8	
1251-1800	o	s	11	5	21.60	2.19	6.00	1.87	1.06	0.86	20.33	3.44	7.92	3.64	1.13	0.89	6	
		pp	11	5	36.00	4.00	7.70	4.82	0.40	0.63	37.00	3.03	6.58	2.65	0.92	0.80	6	
	g	pe	12	7	35.43	3.60	9.14	4.68	0.47	0.51	34.00	2.83	5.80	2.61	0.91	0.50	5	
		s	18	8	22.25	1.98	7.38	3.67	1.35	1.09	21.40	1.90	4.85	3.32	0.97	0.84	10	
	o	pp	5	2	34.00	2.83	7.50	2.12	2.25	0.35	40.67	5.03	4.50	0.71	1.85	0.21	3	
		pe	11	7	40.29	6.78	8.00	3.96	0.93	0.35	30.50	4.43	5.75	4.99	0.75	0.65	4	
1801-3200	o	s	19	10	21.80	2.39	6.70	3.09	1.06	0.98	20.00	2.00	6.56	4.71	1.16	0.54	9	
		pp	6	2	44.50	0.71	5.00	-	0.75	0.35	39.25	10.69	2.75	1.71	0.75	0.87	4	
	g	pe	15	8	39.38	6.52	8.56	3.64	0.99	0.89	36.57	2.76	5.57	2.70	1.26	1.10	7	
		s	16	9	22.44	3.71	6.11	2.76	1.56	1.10	20.29	3.15	8.57	4.39	1.93	1.27	7	
	o	pp	5	1	40.00	-	5.00	-	0.00	-	37.00	3.83	4.50	3.79	0.58	0.30	4	
		pe	3	2	38.00	2.83	4.75	1.77	0.65	0.49	40.00	-	5.00	-	0.20	-	1	
3201-6500	o	s	18	9	22.67	1.41	5.67	2.65	1.30	0.67	22.89	1.45	6.89	4.11	1.22	0.83	9	
		pp	4	2	39.00	1.41	6.50	0.71	0.90	0.14	32.00	-	6.50	7.78	1.50	2.12	2	
	g	pe	4	2	27.50	17.68	15.00	-	1.50	2.12	36.00	5.66	3.50	0.71	0.65	0.49	2	
		s	1	1	26.00	-	11.00	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	
	o	pp	3	1	46.00	-	8.00	-	1.00	-	41.00	7.07	7.00	2.83	0.60	0.57	2	
		pe	2	1	32.00	-	5.00	-	0.25	-	42.00	-	6.00	-	2.00	-	1	
10964	g	s	2	1	26.00	-	5.00	-	2.00	-	26.00	-	3.00	-	2.00	-	1	

Tabel II

Wijze van afmeren

R1921 GEBRUIKTE TROSSEN BIJ HET ONDERZOEK

	SPITS	BINNENWAARTSCHIP	DUWEENHEID	
DOORSNEDE (\bar{x}) :	32 mm	36 mm	24 mm	26 mm
STANDAARDAFWIJKING				
DOORSNEDE :	4 mm	4 mm	2 mm	-
MATERIAAL :	PP	PE	ST 6x15+7	ST 6x24+7
MAX. TREKKRACHT* :	64 kN	65 kN	78 kN	140 kN
LENGTE VOORTROS (\bar{x}) :	7,50 m	7,50 m	7,50 m	-
STANDAARDAFWIJKING				
LENGTE VOORTROS :	3,35 m	3,00 m	3,00 m	-

* MAXIMALE TREKKRACHT = 0,5 x BREUKKRACHT, DIE DOOR FABRIKANT IS OPGEGEVEN

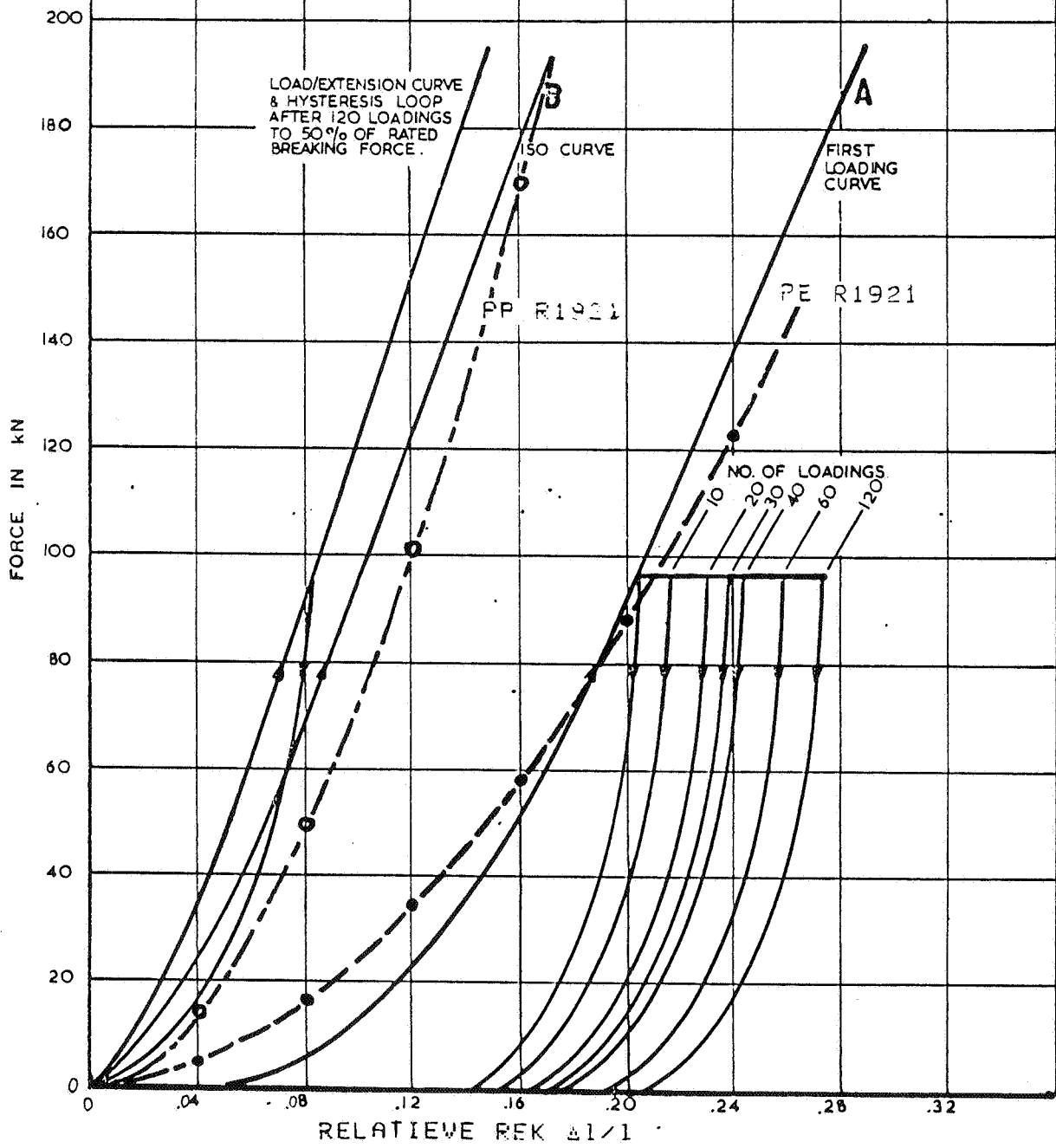
TABEL III GEBRUIKTE TROSSEN BIJ ONDERZOEK

NUMMER BEREKENING	AANTAL TROSSEN [-]	Q_{\max} IN BEREKENING [m ³ /s]	T/T_{\max} [-]	$\Delta y/\Delta y_{\max}$ [-]	Q_{\max} UITEINDELIJK [m ³ /s]
1	2	1	<u>3,99</u> (vs)	<u>3,27</u> (as)	0
2	2	5	0,69	<u>1,07</u> (as)	3
3	2	20	0,89	0,93	20
3A	2	25	0,95	0,70	25
4	2	10	0,81	<u>1,33</u> (vs)	5
5	2	1	<u>1,34</u> (as)	0,40	0
6	3	30	0,84	0,50	30
7	3	30	<u>1,06</u> (as,L4)	0,67	25
8	3	30	<u>1,06</u> (as,L4)	0,67	25
8A	3	30	<u>1,04</u> (as,L4)	0,93	25
9	3	10	0,77	1,13	10
10	3	5	<u>1,34</u> (as,L4)	0,40	0
11	4	30	0,91	0,43	30
12	4	30	0,99	<u>1,13</u> (as)	25
13	4	30	0,96	0,70	30
13A	4	30	0,89	0,67	30
14	4	30	0,84	0,60	30
15	4	10	<u>1,10</u> (as,L2)	0,20	8

(vs),(as),(as,L4): criterium wordt bereikt bij voorschip of achterschip;
 troskrachtcriterium wordt bereikt in de desbetreffende tros

TABEL IV BEPALING MAXIMALE UITWISSELDEBIET BIJ EEN SMALLE DUWEENHEID

LOAD/EXTENSION DIAGRAMS & HYSTERESIS LOOPS
OBTAINED FROM A Ø40mm 3 STRAND FIBREFILM
POLYPROPYLENE ROPE.



CURVE A
Standard Load/extension diagram obtained from rope with gauge length measured under relaxed conditions.

CURVE B
Load/extension diagram obtained from gauge length applied to rope after recovering from 10 loadings to 50% of breaking load for one hour.

SPANNING-REK RELATIES VAN KUNSTSTOF TOUW
ONDER DIVERSE OMSTANDIGHEDEN
VOLGENS BRITISH ROPES EN R1921

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R1921

FIG 1

MASSA SCHIP

$$a_{12} = \frac{4 \cdot \rho \cdot D \cdot (h \cdot D)}{2 \cdot B \cdot D \cdot L} \cdot \frac{1}{\rho \cdot g} \cdot \frac{1}{h} \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{1}{L}$$

$$b_{12} = \frac{B \cdot W \cdot B \cdot D}{\rho \cdot g \cdot B \cdot D \cdot L} \cdot \frac{1}{\rho \cdot g} \cdot \frac{1}{h} \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{1}{L}$$

$$a_{12} = a_{12} / m_s$$

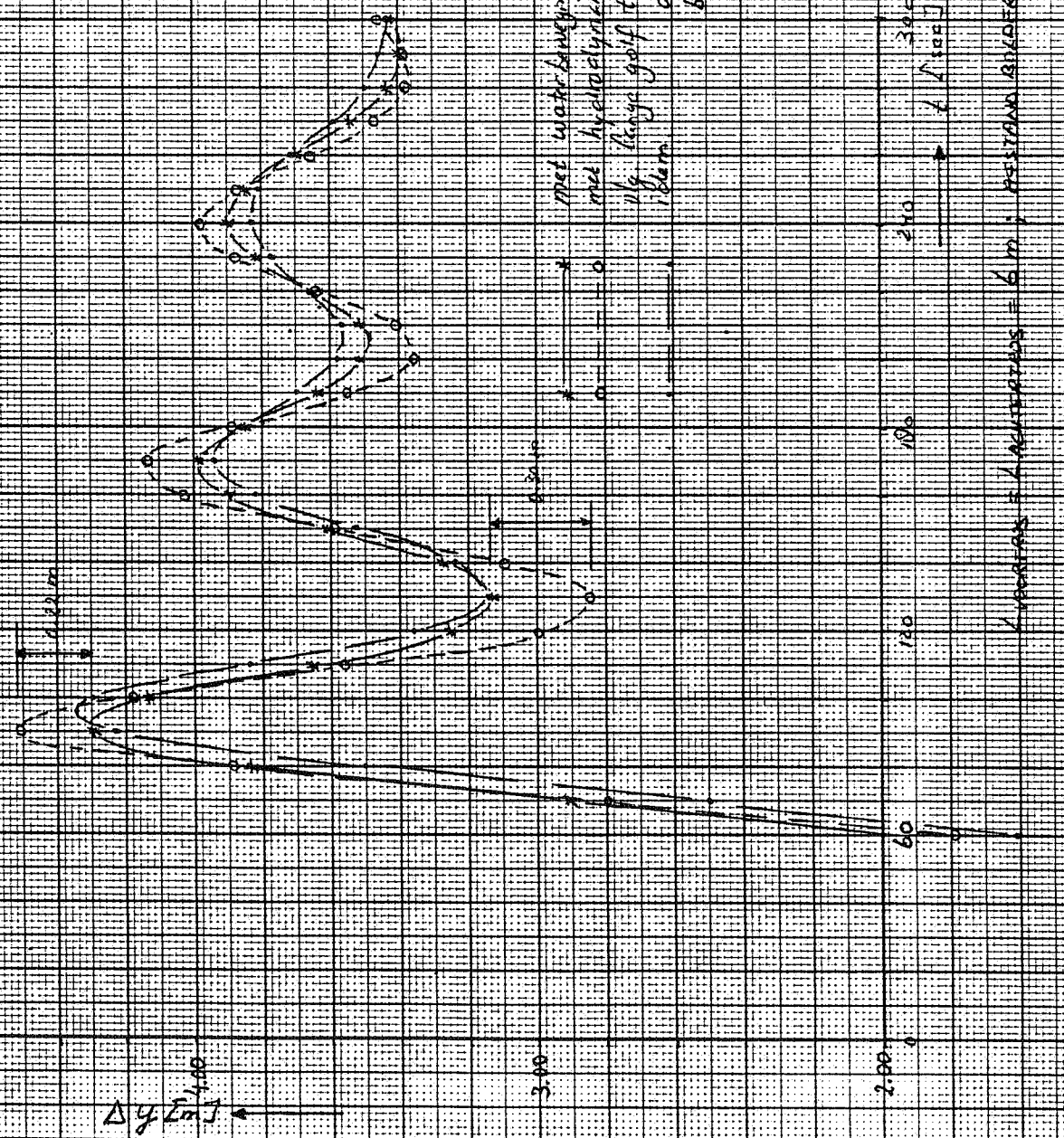
$$b_{12} = b_{12} / m_s + \sqrt{B \cdot L \cdot g}$$

$$a_{12} = 1.6100$$

$$b_{12} = 0.0383 \quad (\beta = 4)$$

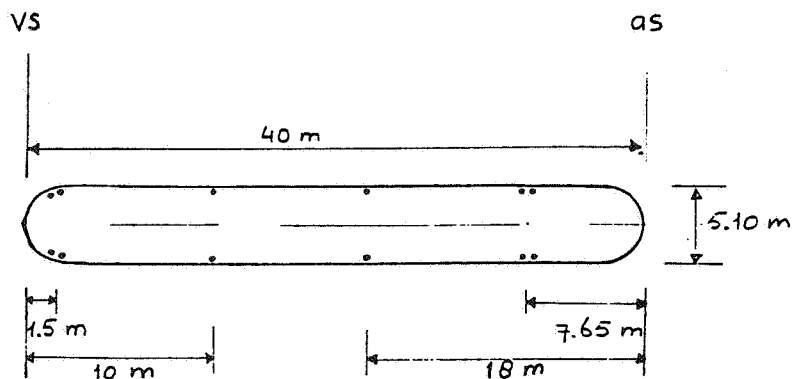
$$a_{12} = 1.6100$$

$$b_{12} = 0.0575 \quad (\beta = 6)$$

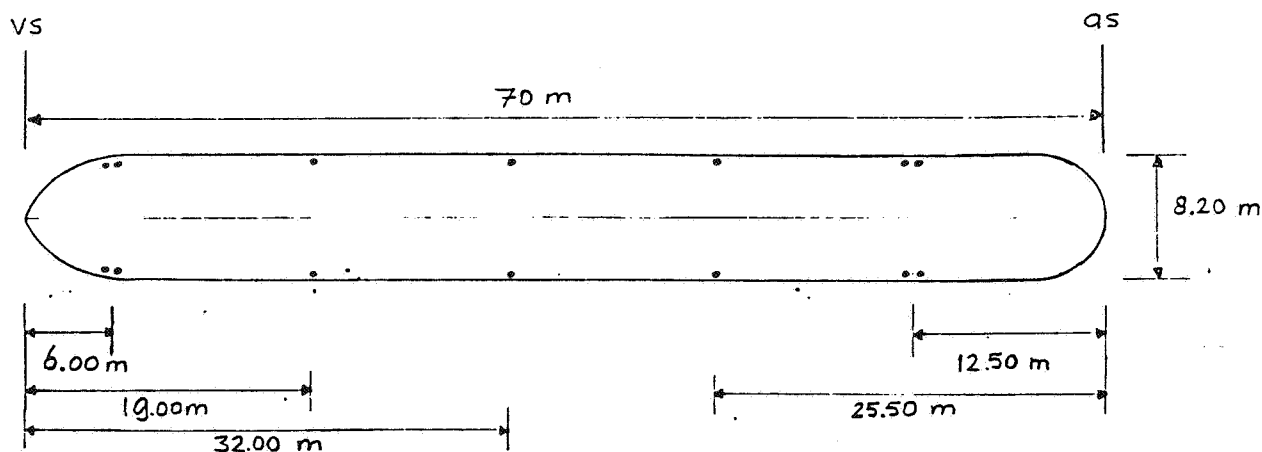


VERGELIJKING VERPLAATSING SMALLE DUWEEENHEID
 INGEVAL VAN GEBRUIK VAN HYDRODYNAMISCHE
 COEFFICIENTEN EN IN GEVAL VAN BEREKENING
 VAN DE WATERBEWEGING ROND HET SCHIP

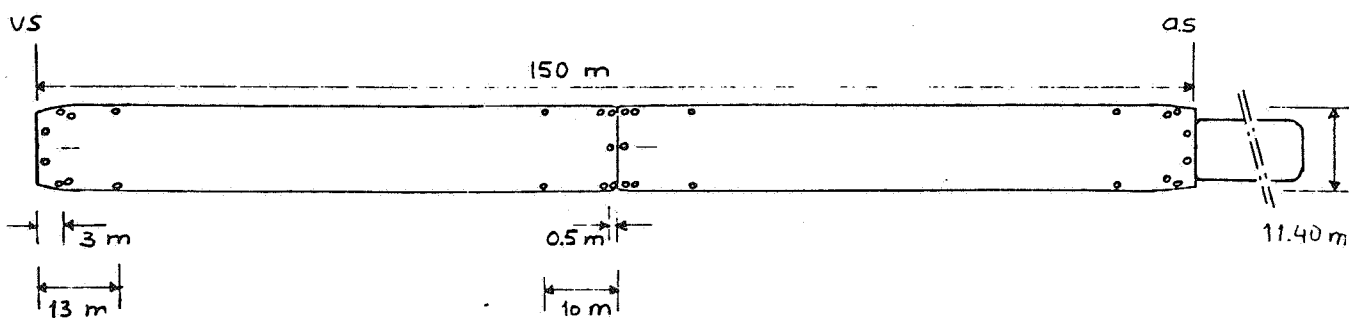
A4



SPITS 1:500 CATEGORIE 1: 251-450 ton
 massa: $450 \cdot 10^3$ kg diepgang: 2.40 m



BINNENVAARTSCHIP 1:500 CATEGORIE 2: 851-1250 ton
 massa: $1240 \cdot 10^3$ kg diepgang: 2.60 m



SMALLE DUWEENHEID 1:1000 CATEGORIE 3: "2+1"
 massa: $6550 \cdot 10^3$ kg diepgang: 3.90 m

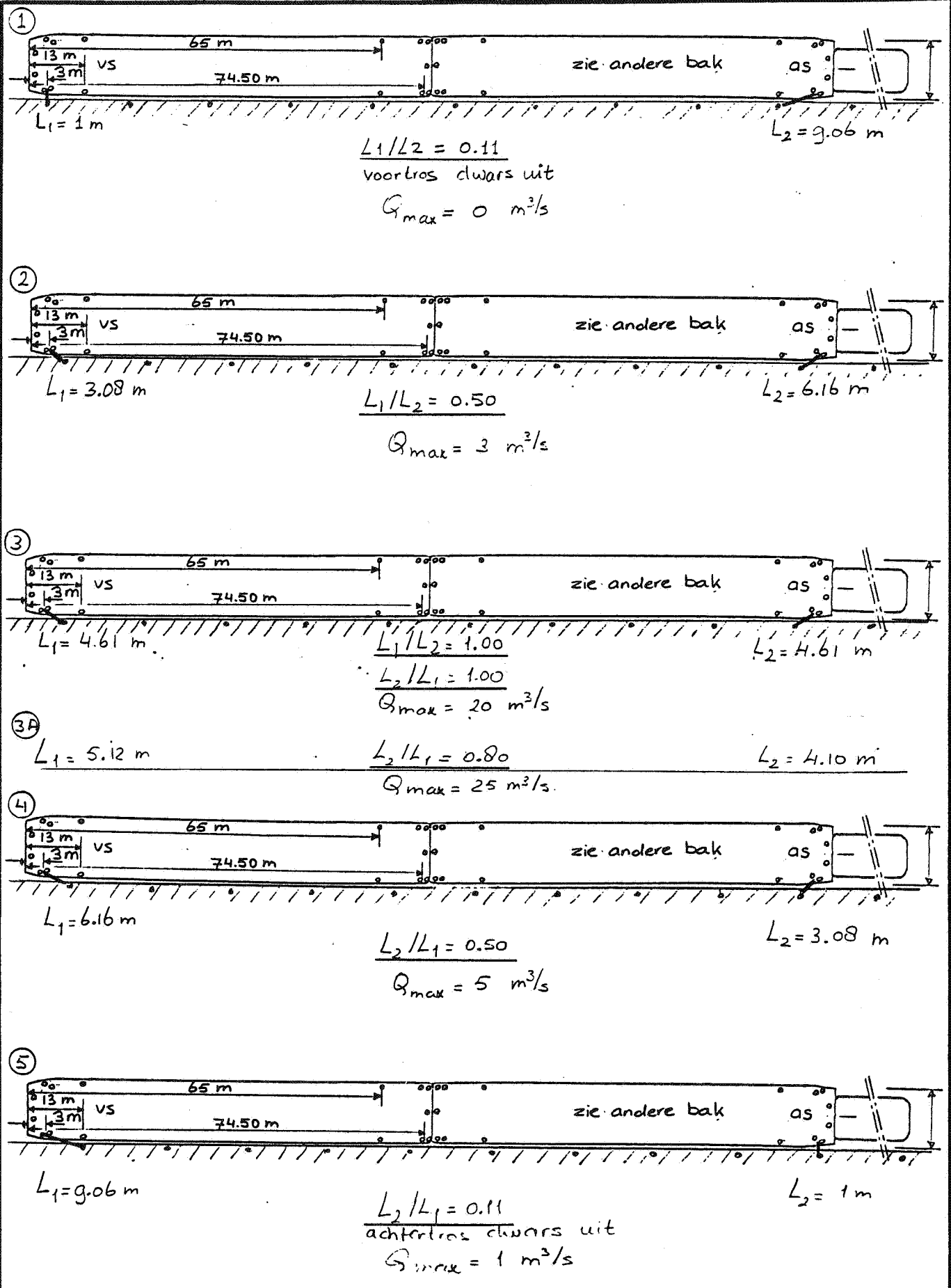
PLAATSIING SCHEEPSBOLDERS BIJ
 DRIE CATEGORIEEN

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R1921

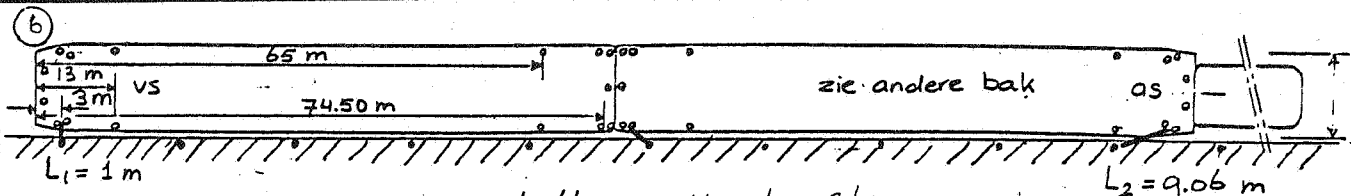
FIG 3



DIVERSE AFMEERSITUATIES BIJ EEN SMALLE DUWENHEID, CATEGORIE 3 AFMEREN MET 2 TROSSEN

TROSSEN: Ø 26mm
 STAAL 6*24+7
 T-max = 140 kN
 Δy-max = 30 m

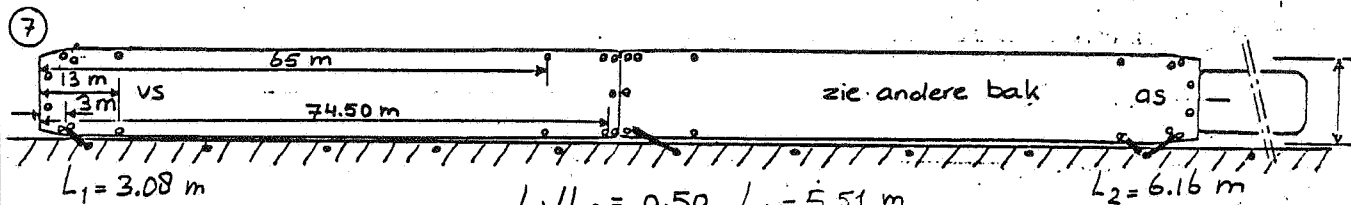
A4



$$L_1/L_2 = 0.11 \quad L_4 = 2.69 \text{ m}$$

voortros dwars uit

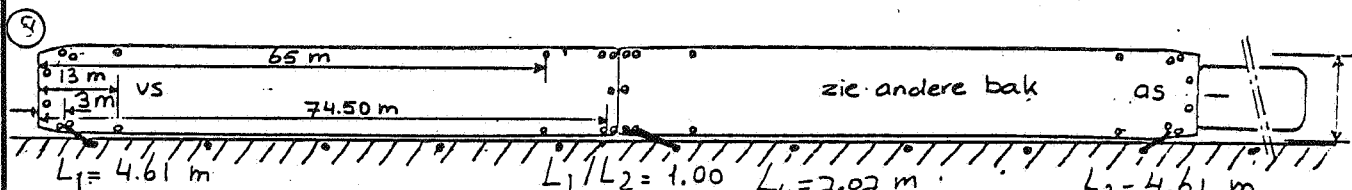
$$Q_{\max} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$$



$$L_1/L_2 = 0.50 \quad L_4 = 5.51 \text{ m}$$

$$Q_{\max} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$$

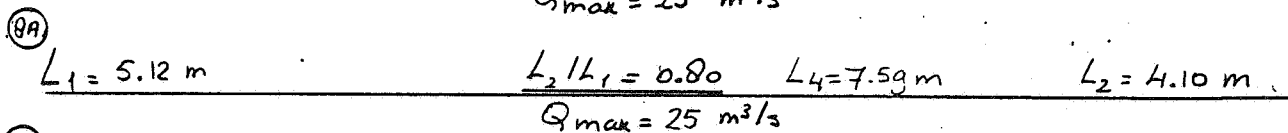
($L_4 = 4.04 \text{ m}$ bij aanvullend onderzoek)



$$L_1/L_2 = 1.00 \quad L_4 = 7.07 \text{ m}$$

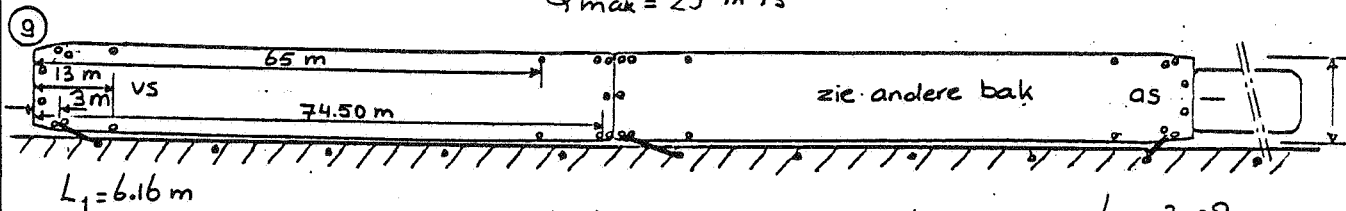
$$L_2/L_1 = 1.00$$

$$Q_{\max} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$$



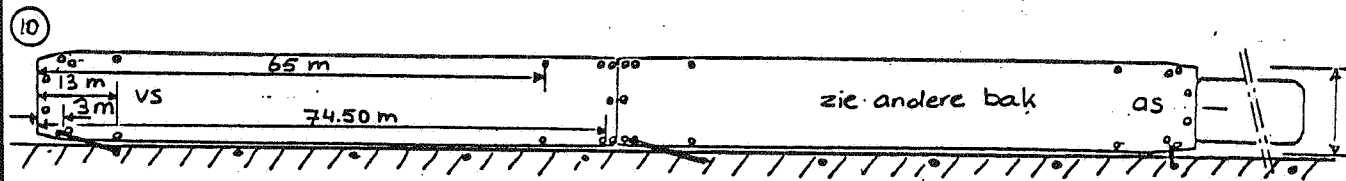
$$L_2/L_1 = 0.80 \quad L_4 = 7.59 \text{ m}$$

$$Q_{\max} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$$



$$L_2/L_1 = 0.50 \quad L_4 = 8.64 \text{ m}$$

$$Q_{\max} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$$



$$L_2/L_1 = 0.11 \quad L_4 = 11.54 \text{ m}$$

achtertros dwars uit

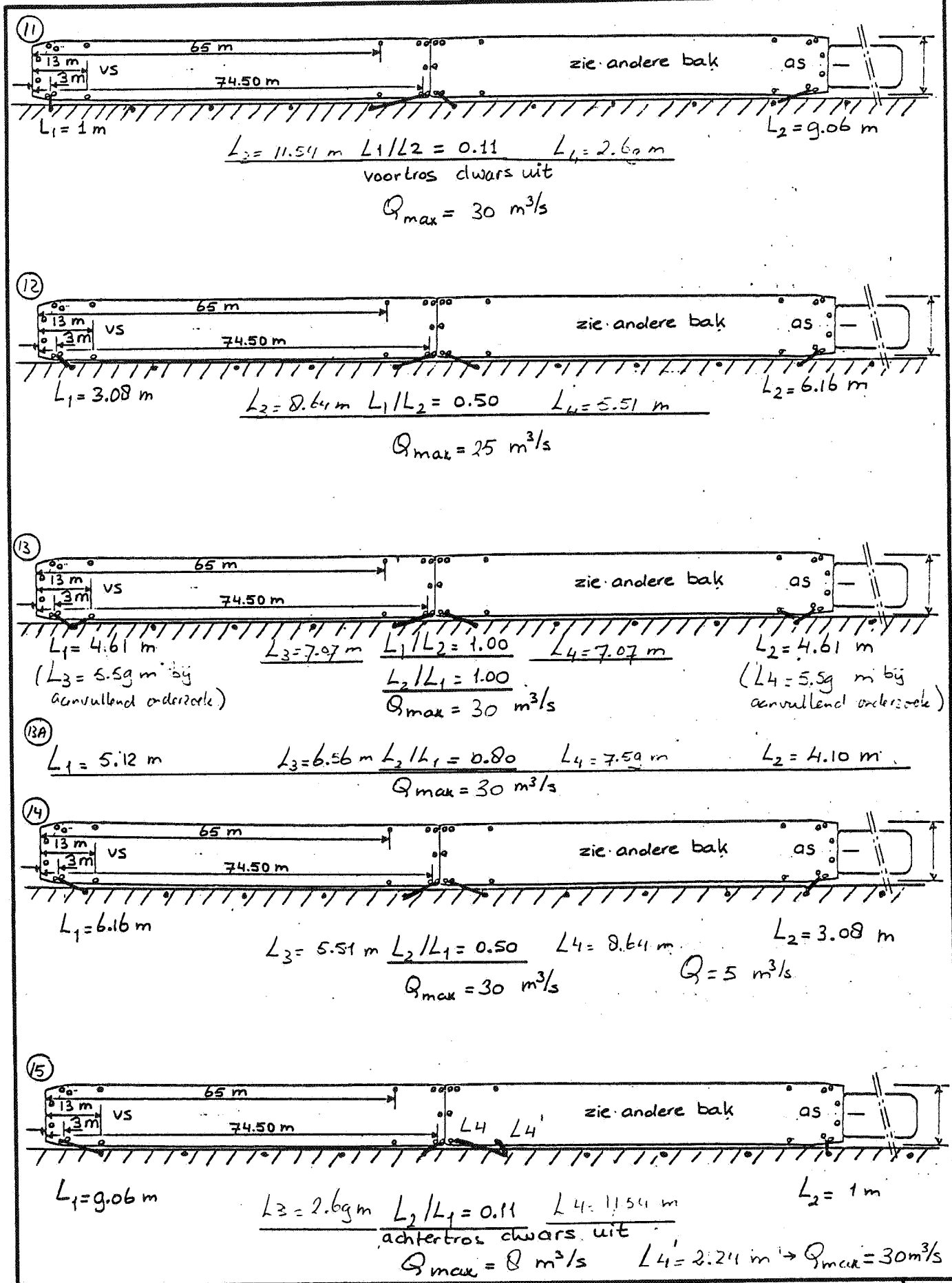
$$Q_{\max} = 0 \text{ m}^3/\text{s}$$

DIVERSE AFMEERSITUATIES BIJ EEN SMALLE DUWEEHED, CATEGORIE 3 AFMEREN MET 3 TROSSEN

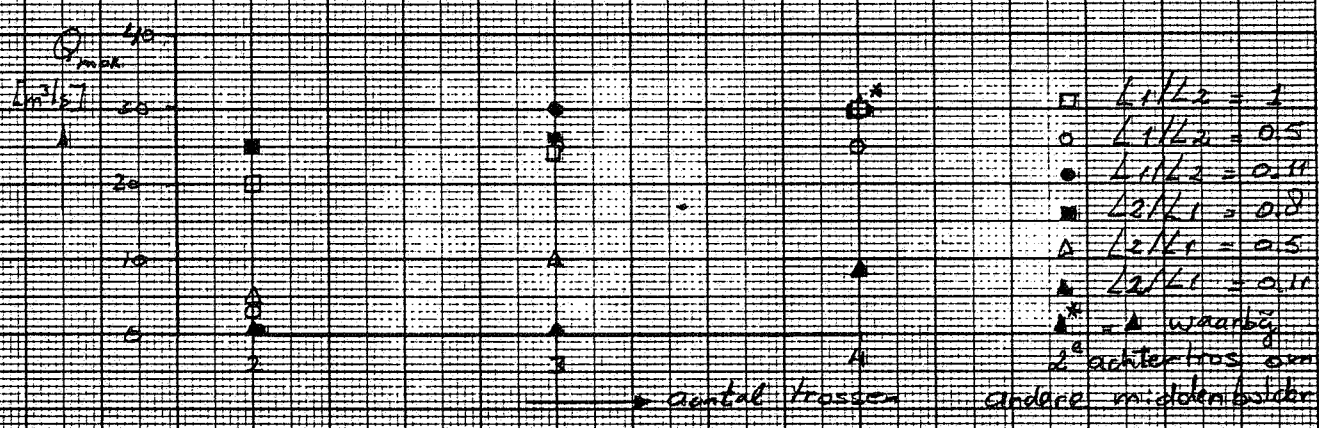
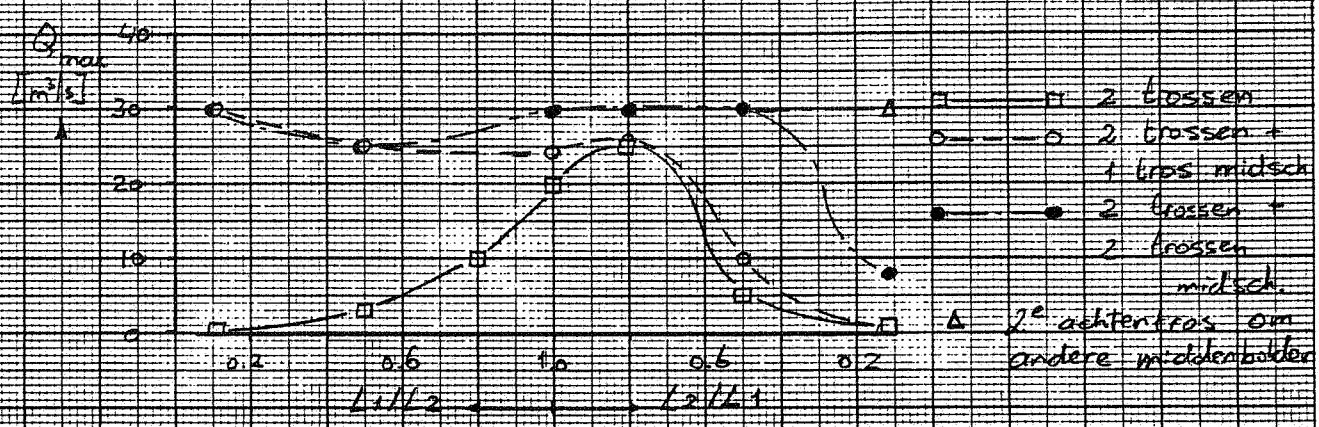
TROSSEN: Ø 26mm
STAAL 6*24+7

T-max = 140 kN
 $\Delta\gamma$ -max = 30 mm

A4

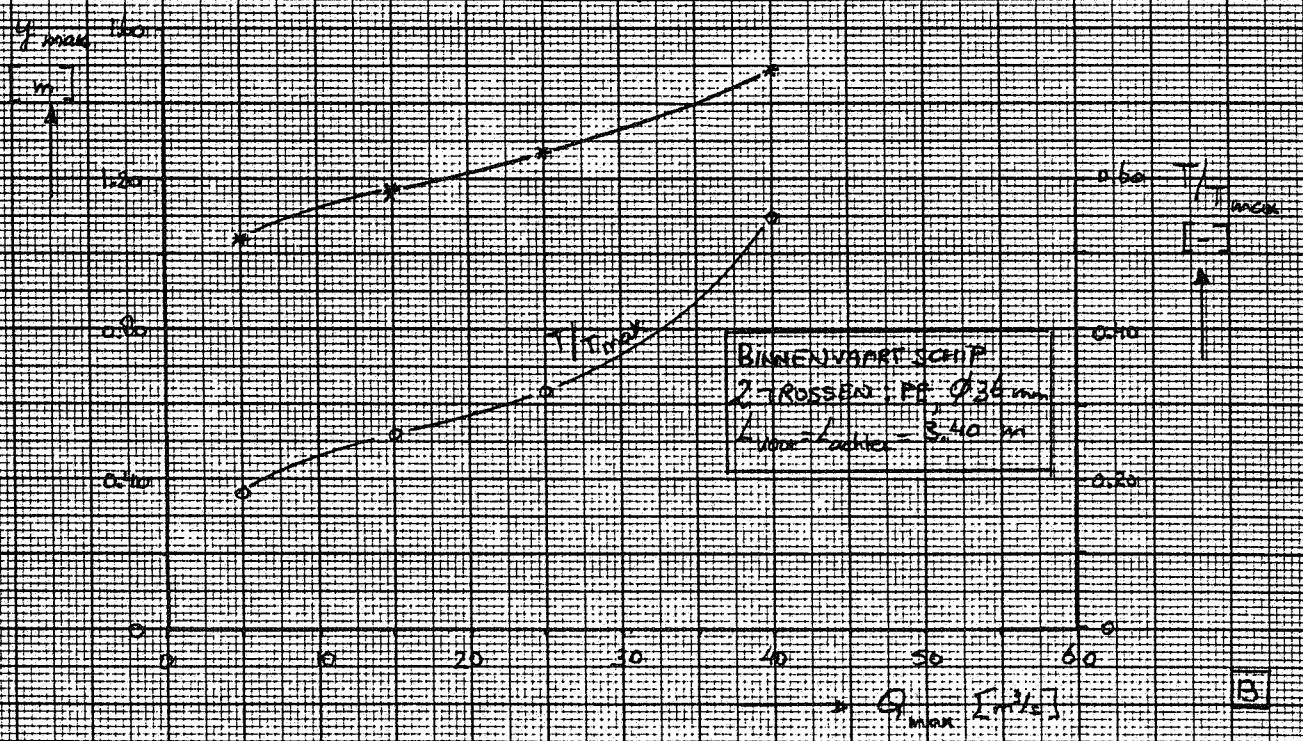


DIVERSE AFMEERSITUATIES BIJ EEN SMALLE DUWENHEID, CATEGORIE 3 AFMEREN MET 4 TROSSEN	TROSSEN: \varnothing 26mm STAAL 6*24+7	
	T-max = 140 kN Δy -max = .30 m	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R1921	FIG 6



TROSSEN: STAAL $\phi 26$ mm, 6x24+7

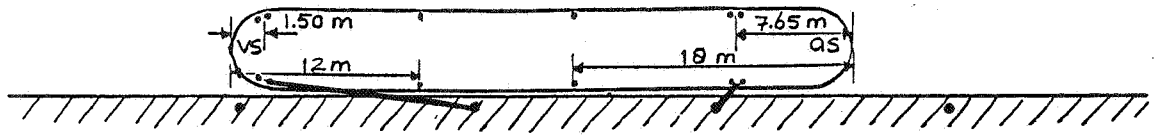
Q_{max} ALS FUNKTIE VAN LENGTEVERHOUDING VOORTROSS EN ACHTERTROSS BIJ AFMEREN MET 2 TROSSEN, EN ALS FUNKTIE VAN HET AANTAL TROSSEN, BIJ EEN SMALLE DUWEEENHEID. A



-VERBAND TUSSEN Q_{max} , TROSLENGTE EN AANTAL TROSSEN BIJ AFMEREN MET SMALLE DUWEEENHEID. A
 -INVLOED Q_{max} OP VERPLAATSING (Δy_{max}) EN TREKKRACHT BIJ AFMEREN BINNENVAARTSCHIP. B

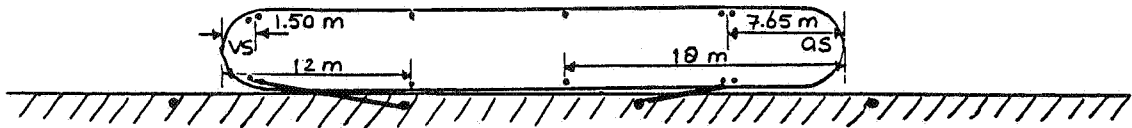
A4

①



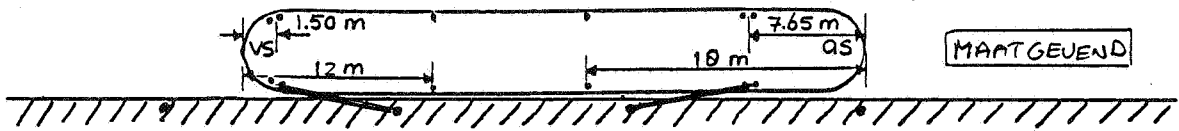
VOORTROS: $L_1 = 14.20 \text{ m}$ $L_2 = 1.96 \text{ m}$
 $\bar{x} = 7.50 \text{ m}$
 $C = 3.35 \text{ m}$
VOORTROS $\bar{x} + 2C$ $y_{VS} = y_{\max} = 2.95 \text{ m}$ $\frac{T}{T_{\max}}: 0,33$

②



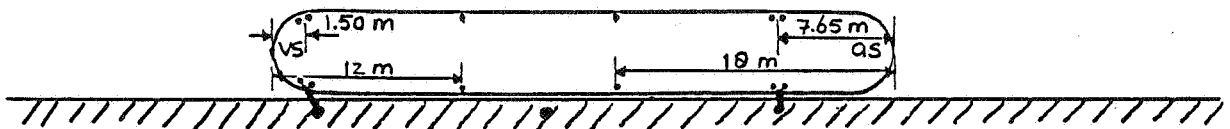
$L_1 = 10.85 \text{ m}$ $L_2 = 5.15 \text{ m}$
VOORTROS $\bar{x} + C$ $y_{\max} = y_{VS} = 3.40 \text{ m}$ $\frac{T}{T_{\max}}: 0,25$

③



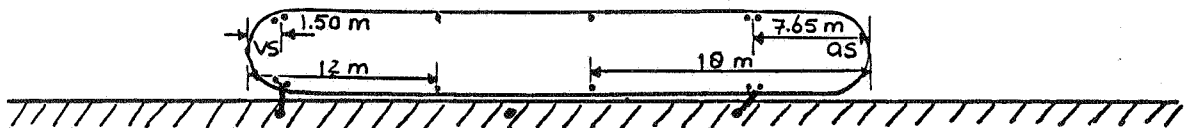
$L_1 = 7.99 \text{ m}$ $L_2 = 7.99 \text{ m}$ MARTGEVEND
VOORTROS IS. ACHTERTROS $y_{\max} = y_{AS} = 3.82 \text{ m}$ $\frac{T}{T_{\max}}: 0,27$

④



$L_1 = 1.31 \text{ m}$ $L_2 = 1 \text{ m}$
ACHTERTROS DWARS-UIT $y_{\max} = y_{VS} = 0.16 \text{ m}$ $\frac{T}{T_{\max}}: 0,17$

⑤



$L_1 = 1 \text{ m}$ $L_2 = 1.31 \text{ m}$
VOORTROS DWARS-UIT $y_{\max} = y_{AS} = 0.27 \text{ m}$ $0,17$

DIVERSE AFMEERSITUATIES BIJ EEN
 SPITS, CATEGORIE 1:251-450 ton
 AFMEREN MET 2 TROSSEN

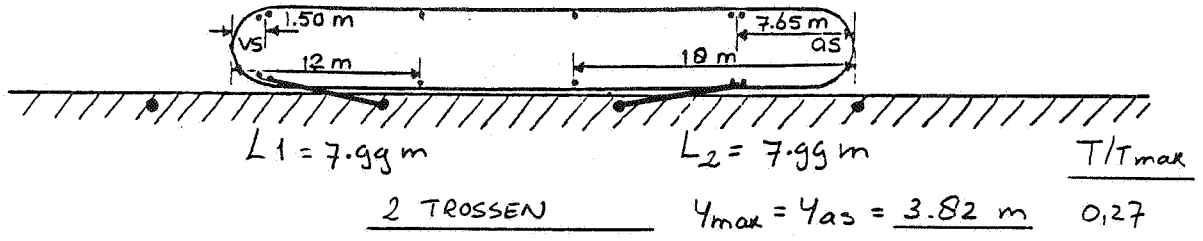
$Q_{\max} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$

TROSSEN: \varnothing 32mm
 POLYPROPYLEEN

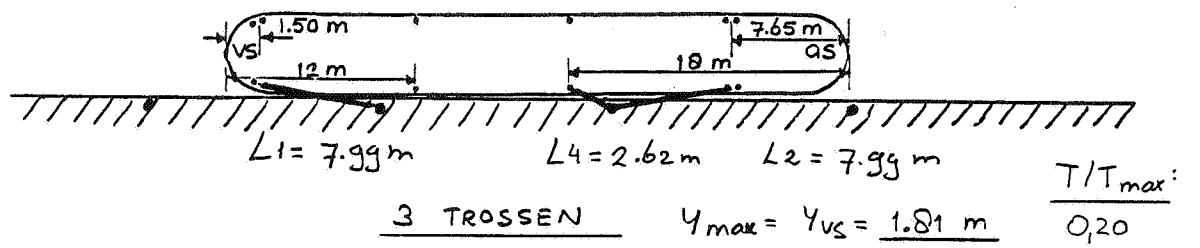
$T_{\max} = 64 \text{ kN}$
 $\Delta y_{\max} = 30 \text{ m}$

A4

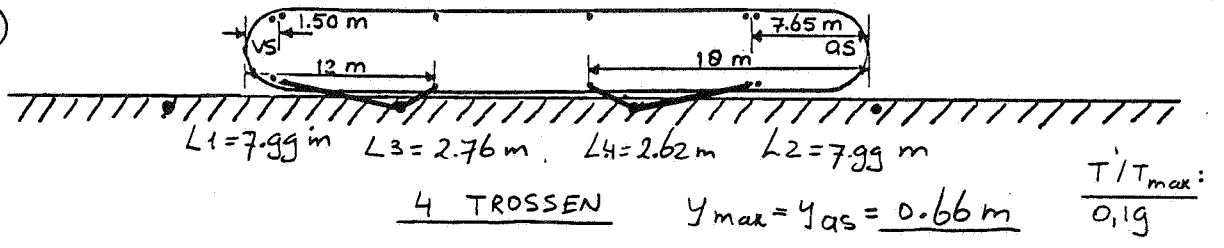
3



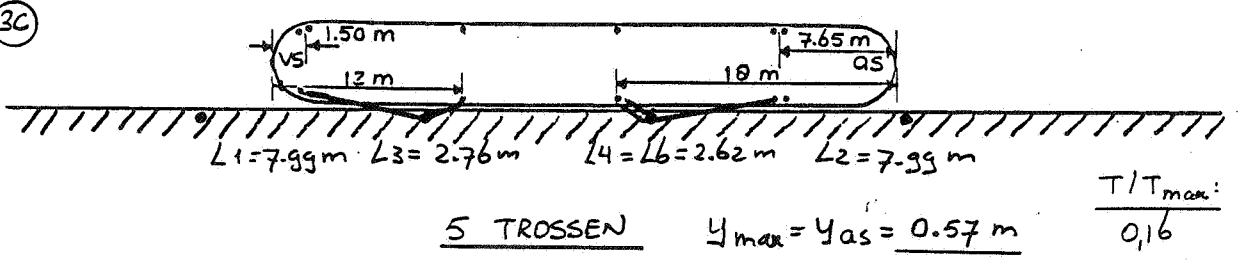
3A



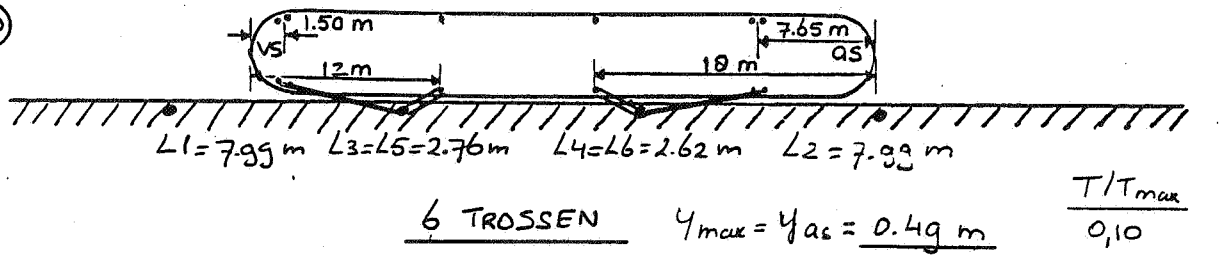
3B



3C



3D



DIVERSE AFMEERSITUATIES BIJ EEN
 SPITS, CATEGORIE 1: 251-450 ton
 INVLOED BIJPLAATSEN TROSSEN OP
 VERPLAATSING

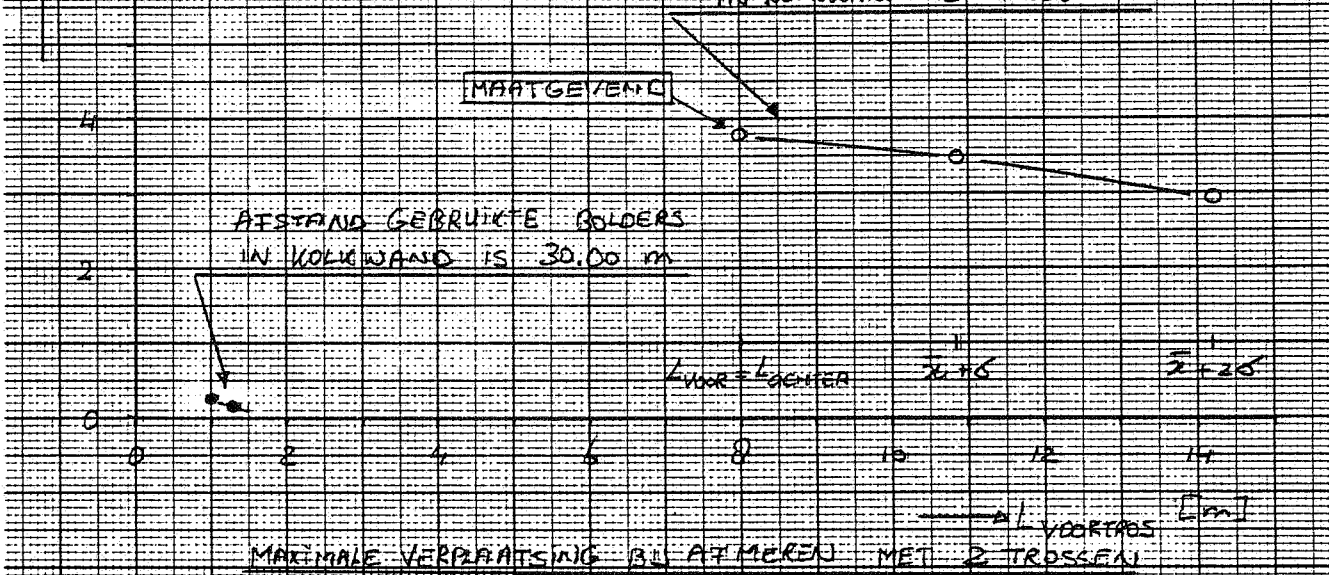
$Q_{max} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$

TROSSEN: Ø 32mm
 POLYPROPYLEEN

$T_{max} = 64 \text{ kN}$
 $\Delta y_{max} = 30 \text{ m}$

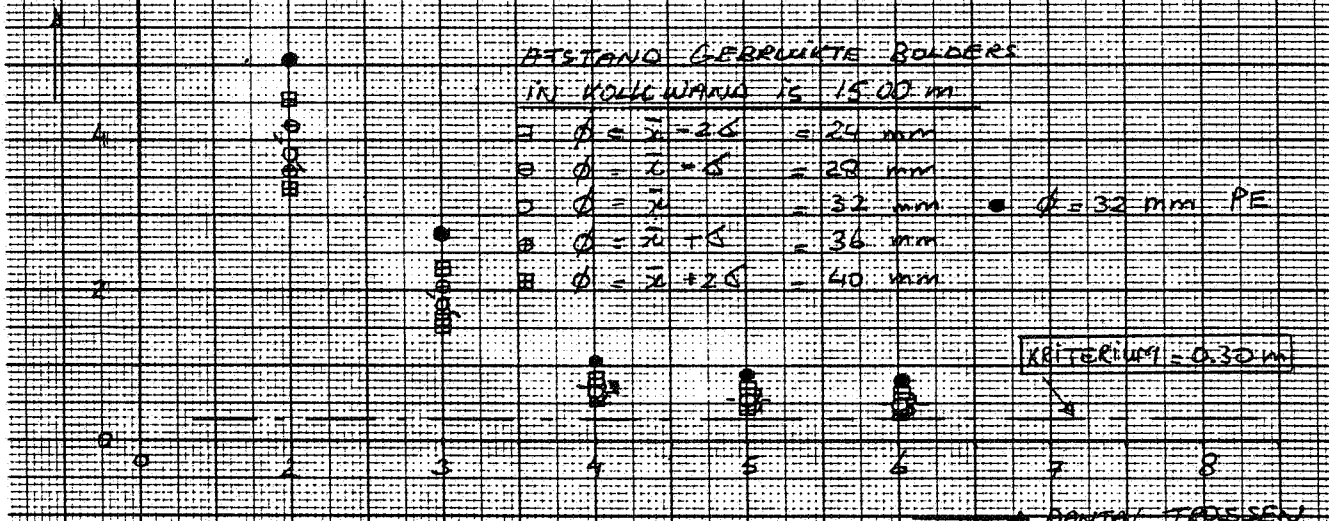
A4

Y max
Imm l
A



MAXIMALE VERPLAATSING BIJ AFMEREN MET 2 TROSSEN

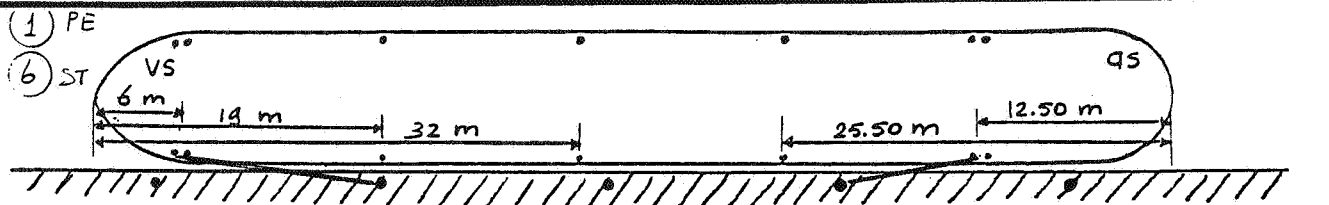
Y max
Imm l
A



MAXIMALE VERPLAATSING BIJ AFMEREN MET MEERDERE TROSSEN
UITGAANDE VAN MAATGEVENDE AFMEER SITUATIE MET 2 TROSSEN

GEMIDDELDSE LENGTE VOORTROS UIT ENQUÊTE	7.50 m	(2)
STANDAARD AFWIJKING	3.35 m	(2)
GEMIDDELDSE TROSDIAMETER	32.00 mm	(2)
STANDAARD AFWIJKING	4.00 mm	(2)
MAXIMALE TREKCRACHT / 0.5 x T _{breuk} - FABRIKANT	64.00 kN	

MAXIMALE VERPLAATSINGEN UIT KOLK WAND (Y) t.g.v. DWARSKRACHTEN BIJ AFMEREN SPITS	TROSSEN: Ø 32mm POLYPROPYLEEN	
	Q-max=25 m ³ /s	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM		R1921 FIG 10



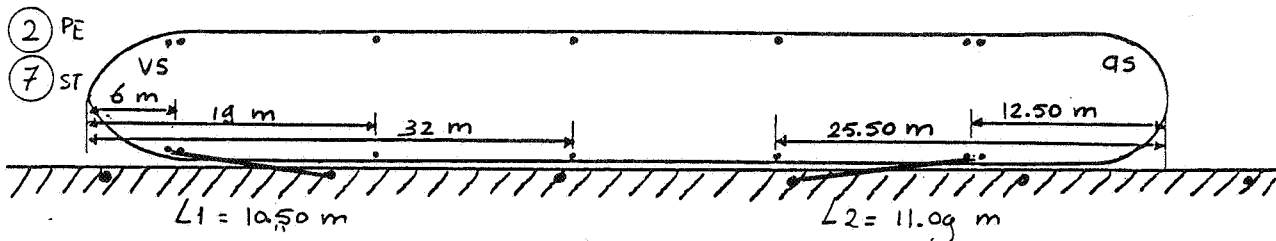
Voortros: $L_1 = 13.50$ m

$L_2 = 8.10$ m

$\bar{x} = 7.50$ m
 $\zeta = 3.00$ m

VOORTROS $\bar{x} + 2\zeta$

$y_{max} = y_{vs} = \frac{6.45 \text{ m PE}}{1.26 \text{ m ST}}$ T/T_{max}:
0,48
0,78

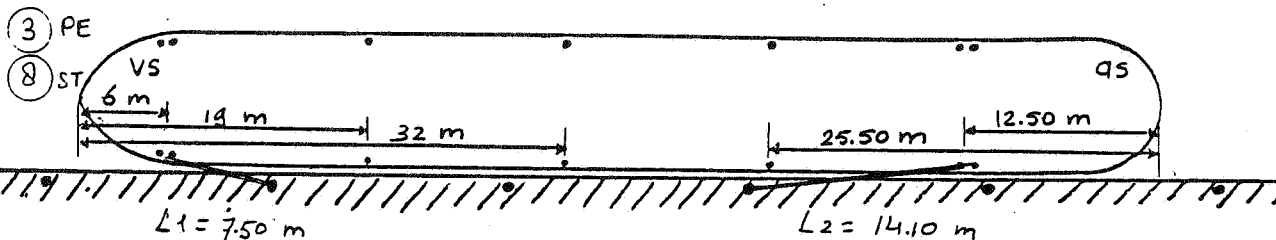


$L_1 = 10.50$ m

$L_2 = 11.09$ m

VOORTROS $\bar{x} + \zeta$

$y_{max} = y_{as} = \frac{6.410 \text{ m PE}}{1.39 \text{ m ST}}$ T/T_{max}:
0,51
0,82



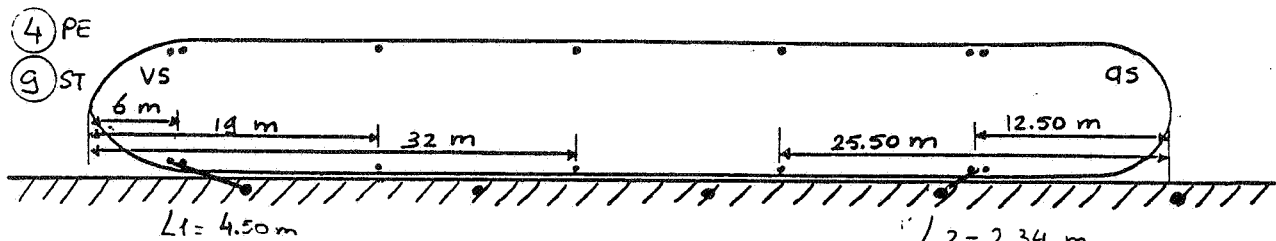
$L_1 = 7.50$ m

$L_2 = 14.10$ m

VOORTROS \bar{x}

$y_{max} = y_{as} = \frac{10.00 \text{ m PE}}{1.91 \text{ m ST}}$ T/T_{max}:
0,51
0,96

MAATGEVEND

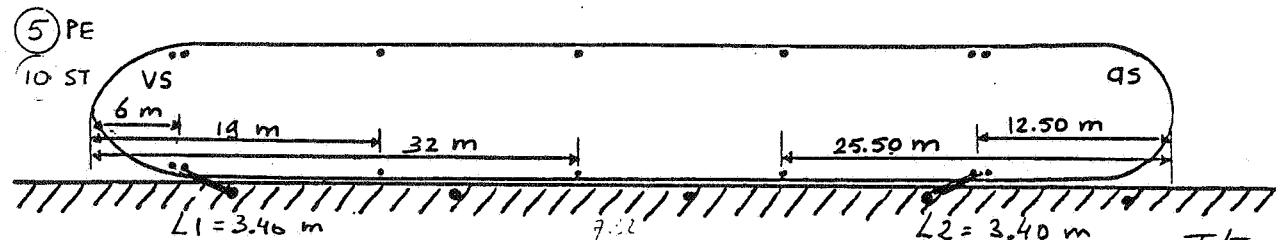


$L_1 = 4.50$ m

$L_2 = 2.34$ m

VOORTROS $\bar{x} - \zeta$

$y_{max} = y_{vs} = \frac{1.64 \text{ m PE}}{0.13 \text{ m ST}}$ T/T_{max}:
0,31
0,45



$L_1 = 3.46$ m

$L_2 = 3.40$ m

VOORTROS = ACHTERTROS

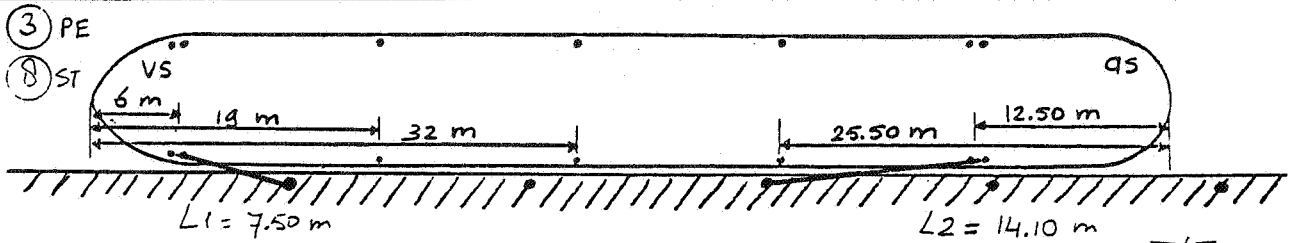
$y_{max} = y_{as} = \frac{1.27 \text{ m PE}}{0.14 \text{ m ST}}$ T/T_{max}:
0,32
0,44

DIVERSE AFMEERSITUATIES BIJ EEN
 BINNENVAARTSCHIP, CATEGORIE 2: 851-1250 ton
 AFMEREN MET 2 TROSSEN

$Q_{max} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$

TROSSEN: Ø 36mm PP
 STAAL: Ø 24mm 6*15+7

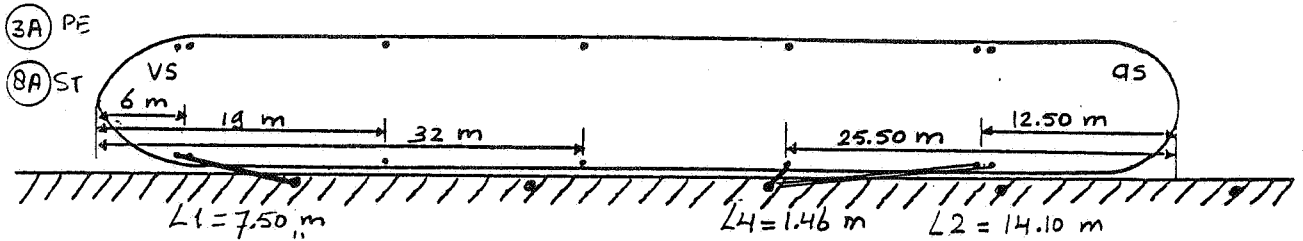
T-max = 65 kN (PP)
 78 kN (ST)



2 TROSSEN

$$y_{max} = y_{as} = \frac{10.00 \text{ m PE}}{= 1.91 \text{ m ST}}$$

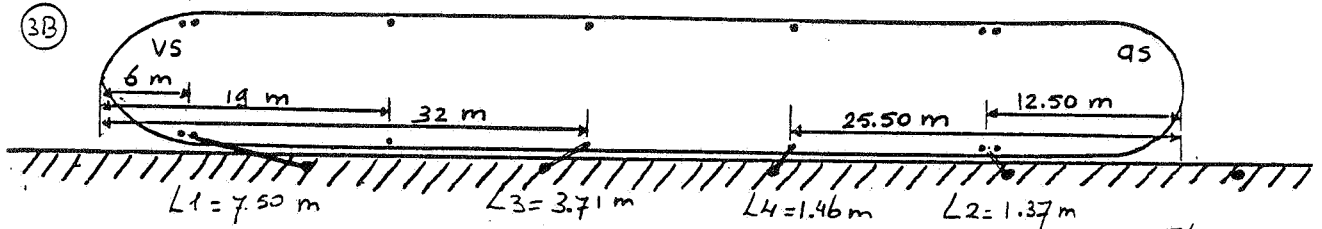
$$\frac{T}{T_{max}}: \frac{0.51}{0.96}$$



3 TROSSEN

$$y_{max} = y_{vs} = \frac{1.21 \text{ m PE}}{= 0.09 \text{ m ST}}$$

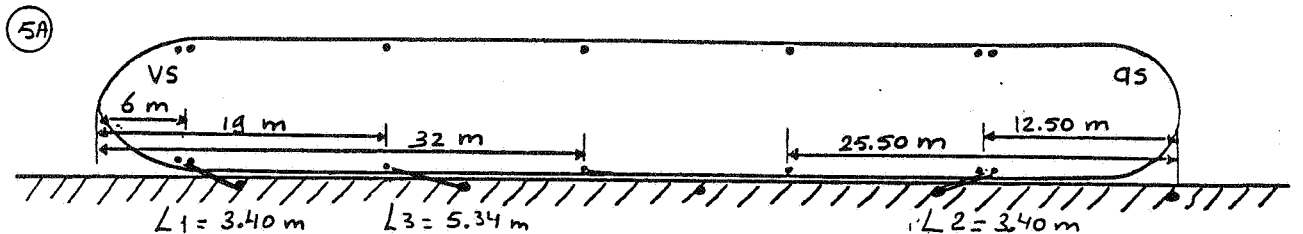
$$\frac{T}{T_{max}}: \frac{0.35}{0.36}$$



4 TROSSEN

$$y_{max} = y_{vs} = 0.76 \text{ m}$$

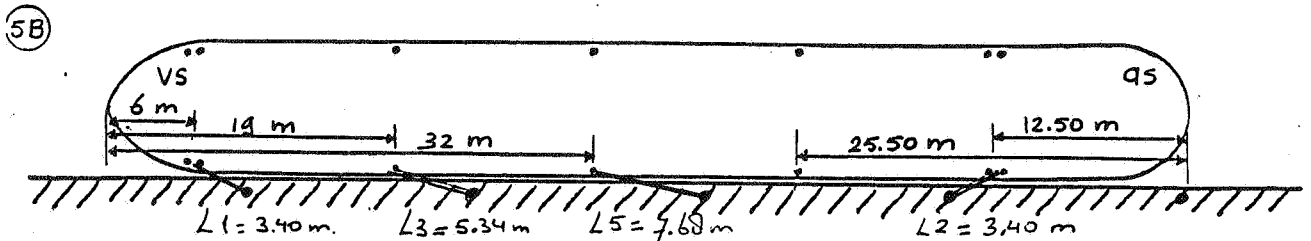
$$\frac{T}{T_{max}}: 0.34$$



3 TROSSEN

$$y_{max} = y_{as} = 1.02 \text{ m}$$

$$\frac{T}{T_{max}}: 0.34$$



4 TROSSEN

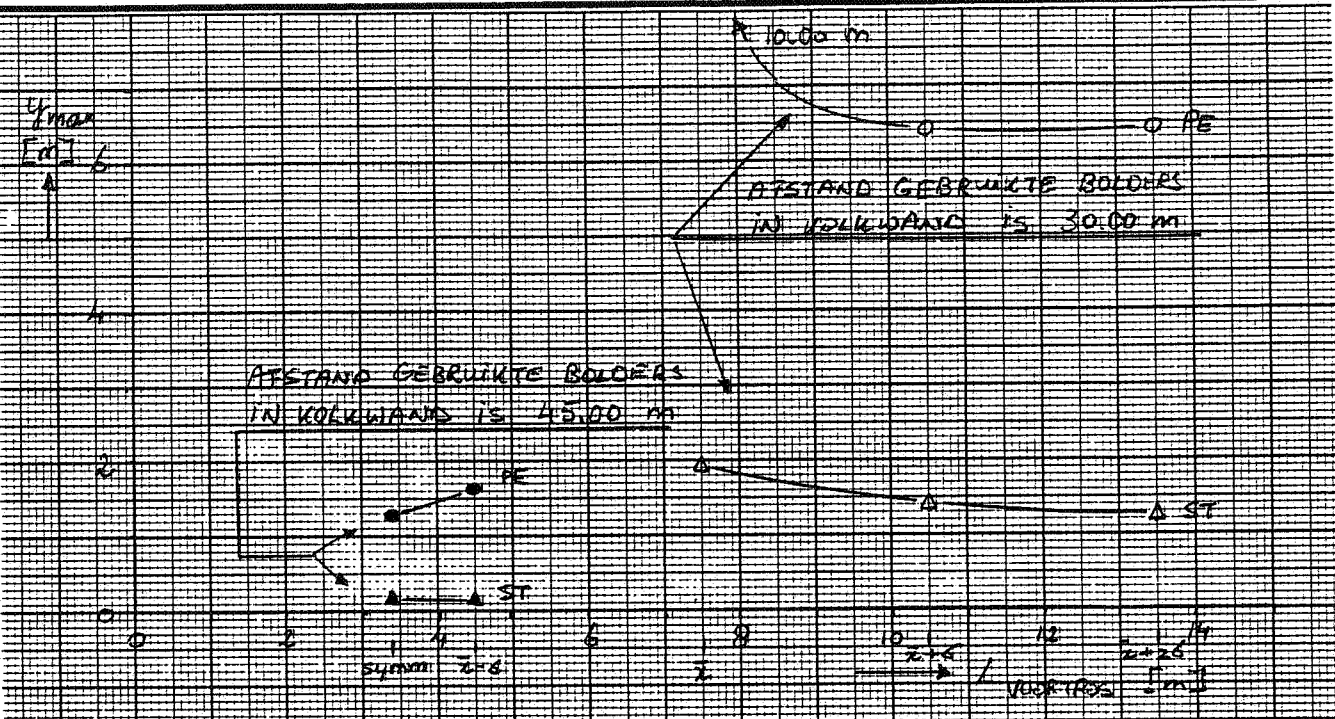
$$y_{max} = y_{as} = 0.94 \text{ m}$$

$$\frac{T}{T_{max}}: 0.34$$

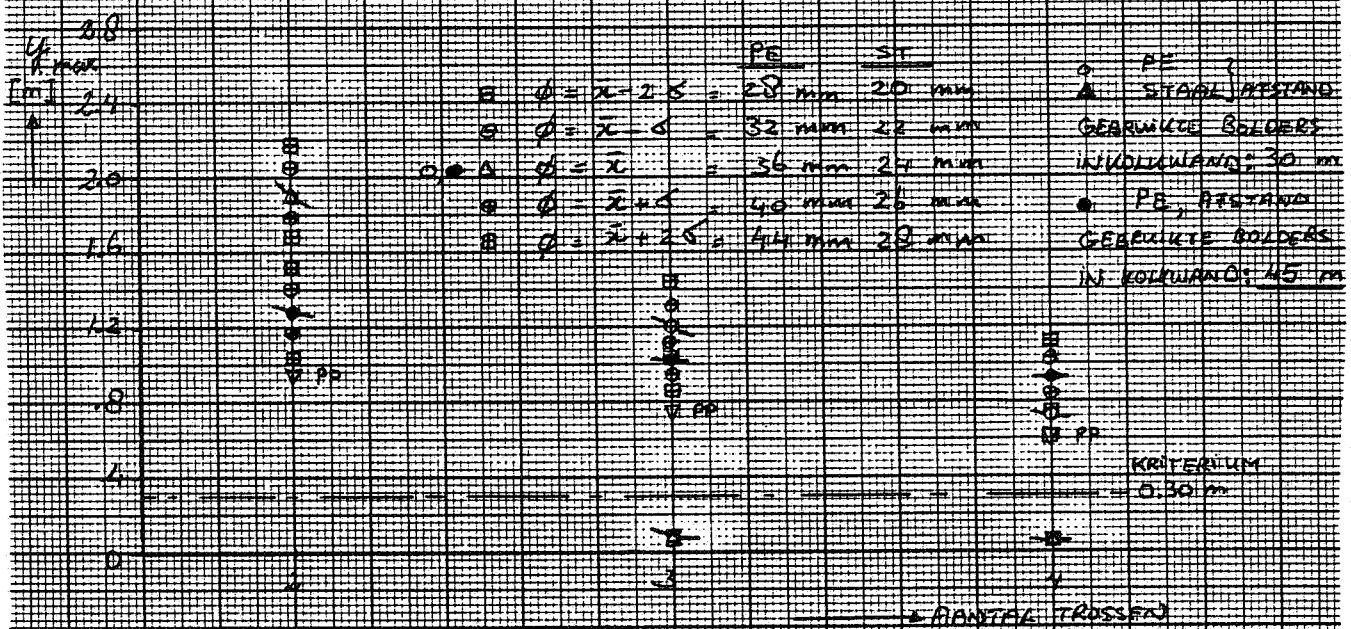
DIVERSE AFMEERSITUATIES BIJ EEN
BINNENVAARTSCHIP, CATEGORIE 2: 851-1250 ton
INVLOED BIJPLAATSEN TROSSEN

$$Q_{max} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$$

TROSSEN: Ø 36mm PP
STAAL: Ø 24mm 6*15+7
T-max = 65 kN(PP)
78 kN(ST)



MAXIMALE VERPLAATSING BIJ AFMEREEN MET 2 TROSSEN



MAXIMALE VERPLAATSING BIJ AFMEREEN MET MEERDERE TROSSEN
UITGAANDE VAN AFMEERSITUATIES MET 2 TROSSEN

	PELY-ETHYLEEN	STAAL 6x15+7
GEMIDDELTE LENGTE VOORDELS MET BAUGLACHT	7.50 m	7.50 m
STANDAARDAFWIJKING	3.00 m	3.00 m
GEMIDDELTE TROSDIAMETER	36.00 mm	24.00 mm
STANDAARDAFWIJKING	4.00 mm	2.00 mm
MAXIMALE TREKKRACHT (0.5 x T _{max} FABRIKANT)	65.00 kN	78.00 kN

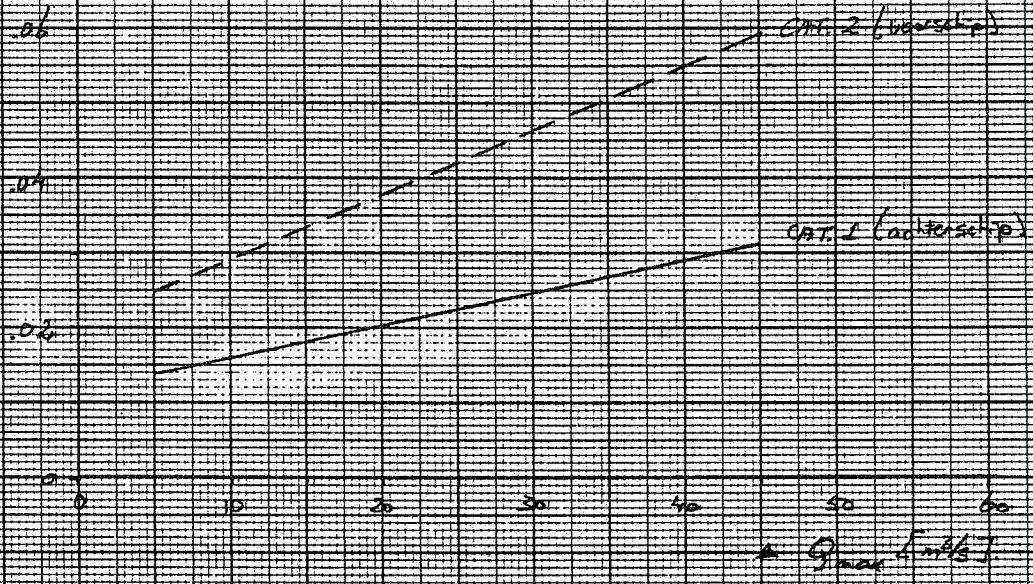
MAXIMALE VERPLAATSINGEN UIT KOLK WAND (Y) t.g.v. DWARSKRACHTEN BIJ AFMEREEN BINNENVAARTSCHIP

TROSSEN: ϕ 36mm PP
STAAL: ϕ 24mm 6x15+7

Q-max=25 m³/s A4

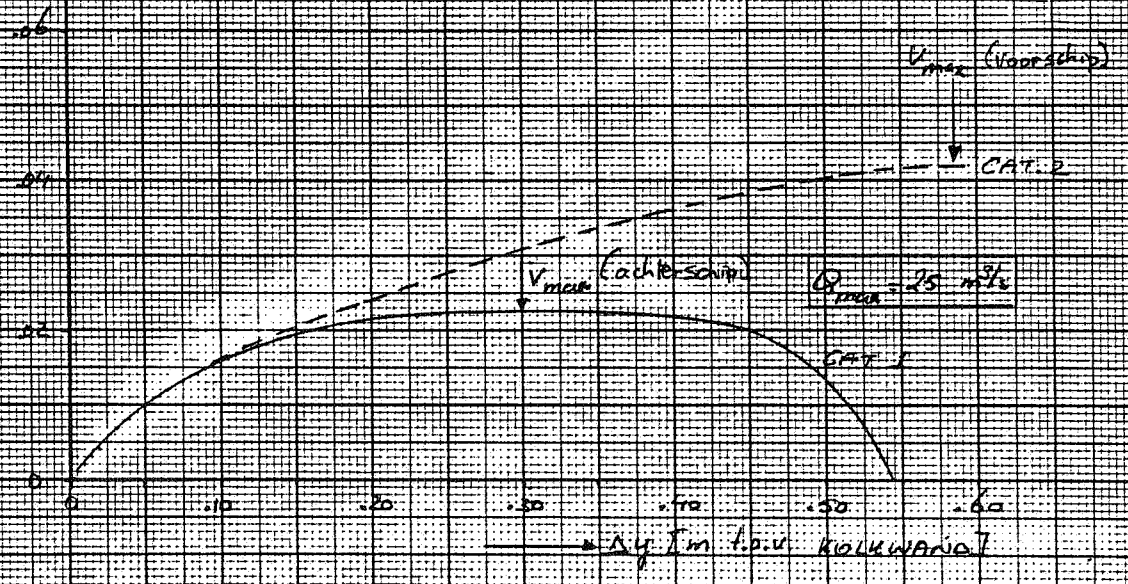
ΔV_{max} [m/s]

VERBAND $Q_{max} - V_{max}$ IN TWEE 2 AFMEERGEVALLEN
 CAT. 1: 4 TROSSEN; BER. 38 IN FIG 9
 CAT. 2: 2 TROSSEN; BER. 4 IN FIG 11
 Kriteriaal: $Q_{max} = 0,14 \text{ m}^3/\text{s}$



ΔV_y [m/s]

VERBAND $\Delta y - V_y$ BIJ BOVENSTANDE AFMEERGEVALLEN
 INGEVAL $Q_{max} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$



VERBAND TUSSEN Q-MAX EN V-MAX, EN TUSSEN Δy EN V_y IN TWEE AFMEERGEVALLEN

A4

