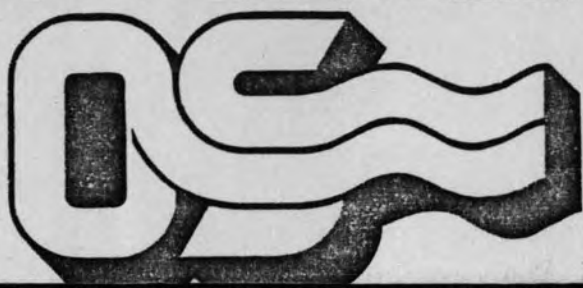
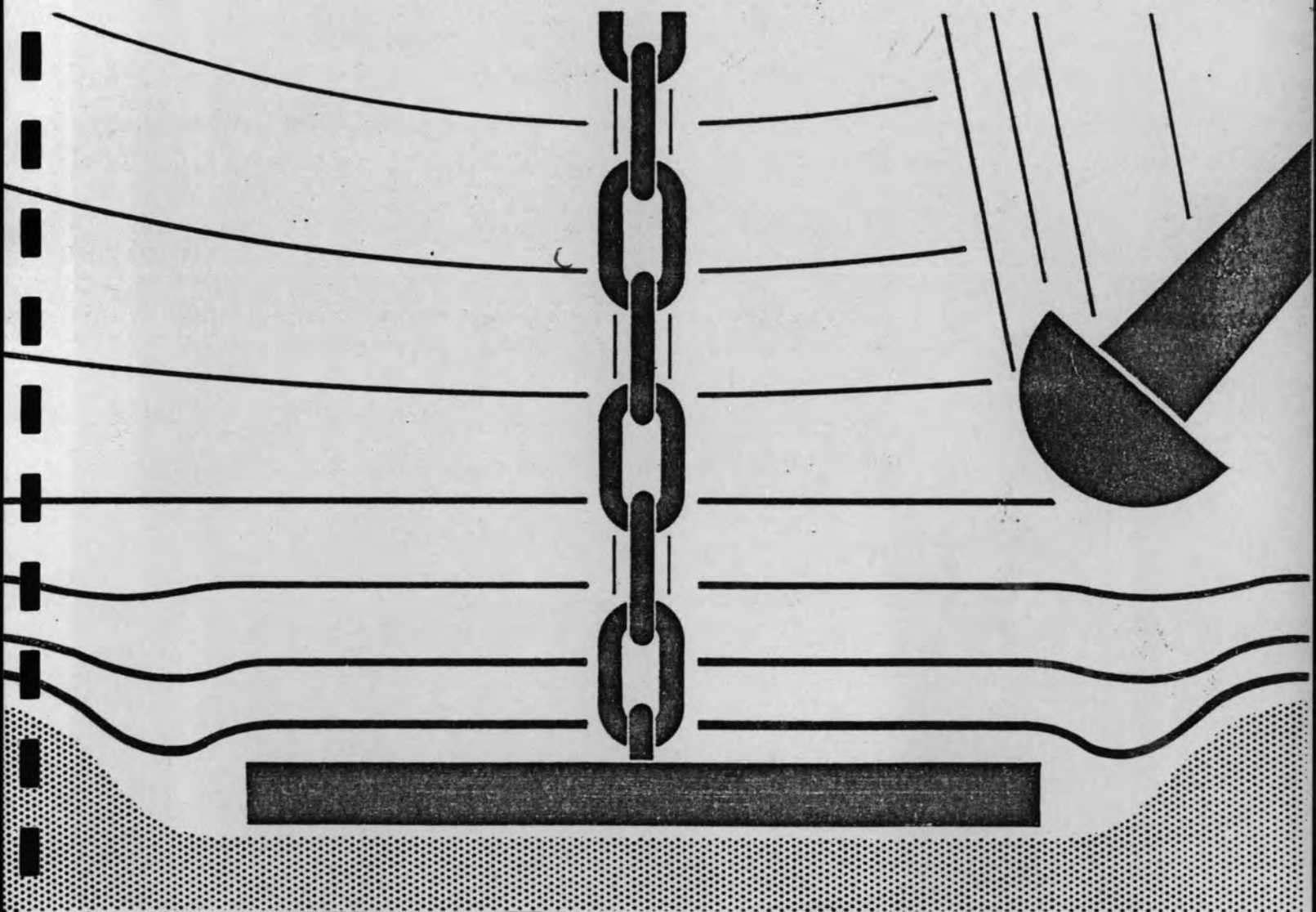


232ETR-N-81007

Evaluatie trilplaatverdichting

filterconstructie Damaanzet

Schouwen



**oosterscheldekering
trilplaatverdichting
damaanzet schouwen
evaluatienuota**

deltadienst

notitie 2PROBU-M-81092

→ PPO
3/12
500000 2/2

aan: PGO

van: Voorzitter PB-II

datum: 23-11-1981

onderwerp: Evaluatie trilplaatverdichten

bijlage : 232TRI-N-81007 Evaluatie trilplaatverdichting filterconstructie
damaanzet Schouwen.

cc. : PB-III, UTE

Evaluatie trilplaatverdichten

Hierbij doe ik u de nota "Evaluatie trilplaatverdichting filterconstructie damaanzet Schouwen" (232TRI-N-81007) toekomen.

Zoals eerder gemeld (2PROBU-M-81060 - juni 1981) hebben zich bij het trilplaatverdichten tijdens de 1e fase damaanzet Schouwen onvoorziene problemen voorgedaan (verdichtingsresultaat en meetrillen Johan V). Naar aanleiding hiervan is het verdichtingsproces geevalueerd en verder onderzoek gedaan, teneinde :

- het rendement van de trilplaat te verhogen
- de trillingshinder op het schip/ponton te beperken
- een extrapolatie naar de Cardiumtrilplaten te maken.

Kortheidshalve wordt verwezen naar de "Conclusies en aanbevelingen" uit de nota.

Voor zover deze betrekking hebben op de damaanzetten wordt vermeld dat de aangepaste trilplaat (gatpercentage ca. 25%) bij de verdichting van de damaanzet Roggenplaat Zuid reeds succesvol is toegepast..

De conclusies en aanbevelingen m.b.t. de Cardium-trilplaat zijn door PB-III overgenomen.

De controle van de voorspellingen zal een onderdeel zijn van de proefperiode Cardium onder verantwoordelijkheid van PB-III.

Met deze nota heeft de werkgroep 232Evaluatie Trilplaatverdichten (ETRI) aan haar taak voldaan, zodat deze kan worden opgeheven.

*De blz 1. "systematisch" onderzoek → strategie als bijlage genomen?
Eenige informatie over indringing materiaal ontbreekt
De blz 26. invloed plaatdiepte op figuur!*

Evaluatie trilplaatverdichting filterconstructie
Damaanzet Schouwen

232ETR-N-81007

1. Inleiding
 - 1.1. Doel van het onderzoek
 - 1.2. Organisatie ETRI

2. Conclusies en aanbevelingen
 - 2.1. Conclusies
 - 2.2. Aanbevelingen

3. Ervaringen met de verdichting van de filterconstructie van de damaan-
zet Schouwen
 - 3.1. Versnellingsmetingen trilplaat Johan V.

4. Onderzoek naar de oorzaak van het meetrilverschijnsel
 - 4.1. Proeven m.b.v. Dynapac trilplaat 1,1 x 0,9 m²
 - 4.2. Conclusie t.a.v. oorzaak meetrilverschijnsel
 - 4.3. Berekening meewerkende watermassa Dynapac trilplaat 1,1 x 0,9 m²

5. Onderzoek naar oplossingen ter beperking van de meewerkende water-
massa
 - 5.1. De uitgevoerde metingen
 - 5.2. Verwerking en interpretatie van de metingen
 - 5.2.1. Verdichtingsresultaat
 - 5.2.2. Scheepshinder door trillingen
 - 5.3. Conclusies

6. Evaluatie onderzoeksresultaten
 - 6.1. De Johan V trilplaat
 - 6.2. De Cardium trilplaat
 - 6.2.1. Bepaling van de invloed van de trilplaatafmetingen op de water-
overspanningen
 - 6.2.2. De invloed van het met meerdere platen te gelijk trillen

Appendix: Relatie tussen de plaatafmetingen van vlakke trilplaten en de meewerkende watermassa.

1. Inleiding

Tijdens de uitvoering van de trilplaat verdichting van de filterconstructie damaanzet Schouwen deden zich de volgende problemen voor:

- * De vereiste verdichtingsgraad werd met het toegepaste trilproces niet gehaald, terwijl proeven t.p.v. het werkterrein Schelphoek hadden uitgewezen dat met het toegepaste trilproces gemakkelijk de gestelde verdichtingseis kon worden bereikt.

- * Tijdens het verdichten werd de afvierponton Johan V in trilling gebracht; de mate van meetrillen werd groter naarmate de trilplaatdiepte afnam.
Vanwege de grote trillingen is daarom de top laag van de filterconstructie nog niet verdicht (de trillingen werden ontoelaatbaar groot).

Teneinde de oorzaak van het meetrillen van de afvierponton en van het daarmee samenhangende trilenergieverlies te kunnen bepalen, is een systematisch onderzoek uitgevoerd. M.b.v. de resultaten van dit onderzoek is vervolgens geanalyseerd op wat voor wijze het meetrilproblemen kan worden opgelost. Hierbij is tevens een evaluatie gemaakt naar de trilplaat verdichting van het Cardium. Het onderzoek is uitgevoerd door de werkgroep Evaluatie Trilplaatverdichting, ressorterend onder Pb 2.

1.1. Doel van het onderzoek

Het uiteindelijke doel van het uitgevoerde onderzoek is als volgt:

- a) Het verhogen van het rendement van de trilplaat (m.a.w. het beperken van het trilenergie verlies), waardoor een beter verdichtingsresultaat kan worden verkregen;

- b) De trilplaat zodanig aanpassen dat op het schip geen trillingshinder wordt ondervonden;

- c) Een extrapolatie maken voor het ontwerp van de Cardium trilplaten.

1.2. Organisatie ETRI

De werkgroep Evaluatie TRIplaatverdichting bestaat uit de volgende leden:

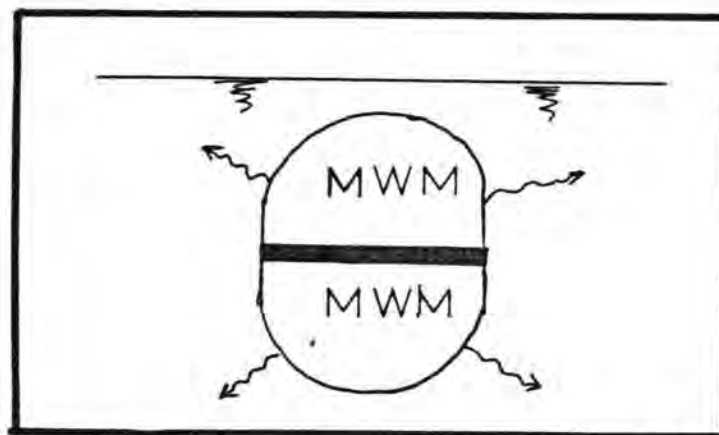
P. Davis(vz)	Deltadienst WW
H. Nelissen	Deltadienst WT-G/LGM
H. Hoffman	DOS
T. Pladet	DOS
J. IJsseldijk(tot 1/9)	DOS

Tevens heeft de heer Kolkman van het Waterloopkundig Laboratorium te Delft ondersteuning verleend. De proeven zijn uitgevoerd onder leiding van K.v.d. Hoek (Deltadienst ONW).

2. Conclusies en aanbevelingen

2.1. Conclusies

- a) De optredende trilenergieverliezen en het meetrillen van de afvierpon-
ton wordt veroorzaakt door het mee in trilling brengen van het water.
Het water dat als massa wordt toegevoegd aan het dynamisch gewicht van
de trilplaat, wordt meewerkende watermassa (MWM) genoemd, en kan wor-
den gepresenteerd door een bol of cylinder rondom de trilplaat (zie
figuur 1).



figuur 1: Principe meewerkende watermassa

Naarmate de meewerkende watermassa toeneemt, zal het rendement van de
trilplaat afnemen, zodat er minder energie kan worden besteed aan het
verdichten. Tevens zal bij een grotere meewerkende watermassa de invloed
van de trillingen zich verder uitstrekken. De wateroverspanningen die
door de trilplaat worden gegenereerd, worden verondersteld een maat te
zijn voor de grootte van de trillingen aan boord van een schip.

- b) Uit de resultaten van het onderzoek naar oplossingen ter beperking van
de meewerkende watermassa blijkt dat voor de Johan V trilplaat ($3,4 \times$
 $2,6 \text{ m}^2$), door toepassing van een plaat met een gatpercentage van ca.
25%, het rendement tot ca. 80% kan worden opgevoerd. Dit rendement is
voldoende om de aan de filterconstructie van de damaanzet gestelde
verdichtingseisen te bereiken. De bij dit gatpercentage, geringe gege-
nereerde wateroverspanningen leveren geen hinder op voor de Johan V.

c) Indien de Cardiumtrilplaat binnen de hieronder volgende uitgangspunten blijft, zullen er naar verwachting geen ontoelaatbare wateroverspanningen optreden, terwijl aan de gestelde verdichtingseisen kan worden voldaan:

- * gatenpercentage 10 à 20%, hetgeen een rendement van 70-90% geeft
- * versnellingen in de orde van 6-12 gm/s²
- * plaatdiepten > 15 m (hierbij geen wateroverspanning)
- * frequentie 20-25 hz
- * plaatafmetingen 4-10 m²

ex. Trilplaat



2.2. Aanbevelingen

Aangezien de ontwerpafmetingen van de Cardium trilplaat ca. 16 m² bedragen, verdient het aanbeveling om met deze ontwerpplaat metingen (versnellings- en waterspanningsmetingen) aan respectievelijk de trilplaat en het Cardium te verrichten. Gezien de resultaten van de totale analyse is de verwachting dat bij deze ontwerpafmetingen het Cardium vrijwel geen trillingshinder zal ondervinden, mits de platen zich dieper dan ca. 17 à 18 m beneden onderkant Cardium bevinden.

Voor wat betreft de constructie van het carter, kan worden overwogen de bovenzijde af te schuiven, hetgeen een verlaging van de meewerkende watermassa tot gevolg heeft.

3. Ervaringen met de verdichting van de filterconstructie van de damaanzet Schouwen

Voor de verdichting van het grind/zandmengsel werd een PTC trilblok H1 toegepast. De afmetingen van de trilplaat bedragen $3,40 \times 2,60 \text{ m}^2$.

Deze afmetingen waren gekozen om:

- constructieve overwegingen
- productie te kunnen maken
- bij het gegeven trilblok een slagkracht van ca. 140 KN/m^2 (bij $f = 25 \text{ Hz}$) te kunnen halen.

Tevens werd als eis gesteld dat de trilblokconstructie zo laag mogelijk moest zijn.

De verdere gegevens van de trilunit zijn als volgt:

- gewicht onderplaat 42 KN
- gewicht carter 47 KN
- gewicht bovenplaat 36 KN

M.a.w. het dynamisch gewicht bedraagt 89 Kn

- excentrisch moment = 500 Nm
- amplitude boven water = 0,56 cm

De onderbegrenzing van de achter breuksteenkaden geklapt grind/zand filterconstructie ligt op ca. 21 m -N.A.P., de bovenbegrenzing op ca. 3,5 m -N.A.P. Het grind/zand is m.b.v. splijtbakken gestort totdat een laagdikte van ca. 3 m is bereikt, waarna deze laag m.b.v. de trilplaat is verdicht. Na controle van de verdichting is de volgende laag van 3 m gestort. De verdichting is zodanig uitgevoerd dat de stroken van $3,40 \times 2,60 \text{ m}^2$ "koud" tegen elkaar liggen, dus zonder over- of onderlap. Als afvierponton voor de trilplaat is de grondonderzoekponton Johan V toegepast. M.b.v. deze ponton en de duikerklok is tevens het controle verdichtingsonderzoek uitgevoerd.

In de eerste helft van 1980 is gestart met de bouw van de eerste damaanzet, nl. de damaanzet Schouwen (grenzend aan het noordelijk deel van het sluitgat Hammen).

Voor de filterconstructie van de damaanzet Schouwen werd als eis gesteld dat na het verdichten de conusweerstand over de totaal te verdichten hoogte (21 m tot 3,5 m -N.A;P.) ca. 25 MN/m² moet bedragen: eventuele teruggangen in conusweerstand mogen de 20 MN/m² niet onderschrijden. Omdat de verdichtingseis niet per te verdichten laag van 3m dikte was gesteld, moest in het begin van het verdichten de benodigde trilduur al proefsgewijs worden vastgesteld.

Voor de eerste te verdichten laag werd in eerste instantie een trilduur van 3 à 4 minuten per positie aangehouden.

Bij toepassing van deze trilduur werd na verdichting een gemiddelde conusweerstand van ca. 8 MN/m² bereikt. M.a.w. deze bereikte conusweerstand lag ver beneden de gestelde verdichtingseis. Tevens werd geconstateerd dat de trilplaat tijdens het verdichten vrij diep in het grind wegzakte. Op grond van de bereikte verdichting in de eerste stortlaag van 3m werd besloten om de volgende 3m dikke stortlaag in twee keer te verdichten. Voor de eerste 1,5 m werd een verdichtingstijd van ca. 2 minuten toegepast; de tweede 1,5 m dikke laag werd met een trilduur van ca. 6 minuten verdicht.

Met deze trilprocedure werd wel bewerkstelligd dat de trilplaat minder diep in het grind wegzakte; de gemiddelde conusweerstand na verdichten van deze tweede 3m dikke stortlaag bedroeg echter slechts even boven de 10 MN/m².

M.a.w. ook met deze aangepaste verdichtingsmethode werd de gestelde verdichtingseis bij lange na niet gehaald.

Uit de resultaten van op het land uitgevoerde verdichtingsproeven op met water verzadigd grind/zand 0,3 - 32 mm, bleek, dat met een soortgelijke verdichtingsprocedure met gemak conusweerstand tot ver boven de 20 MN/m² werden bereikt (zelfs tot ca. 70 MN/m²).

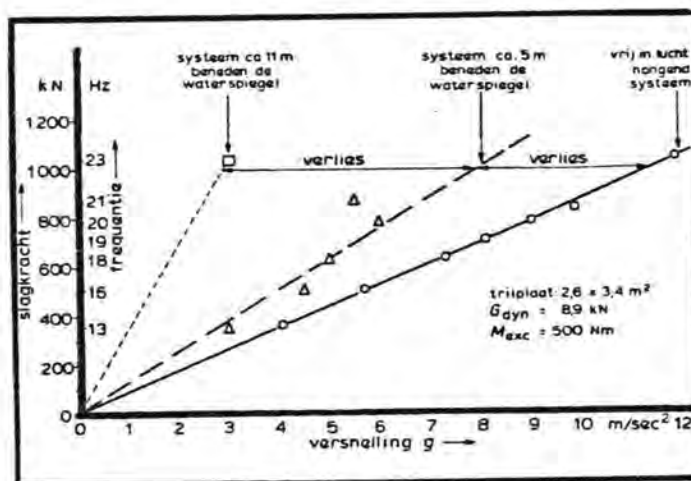
Gezien deze ervaring en de constatering dat de geoponton Johan V (afvierponton voor het trilblok) reeds vanaf het begin der verdichting meetrilde alsmede de onvoldoende verdichtingsresultaten, bestond het vermoeden dat niet de totaal beschikbare energie aan de grond werd afgegeven, m.a.w. er moest door een of andere oorzaak energieverlies zijn opgetreden. Er werd daarom besloten alvorens verder te gaan met de verdichting, versnellingsmetingen aan de trilplaat uit te voeren.

3.1. Versnellingsmetingen trilplaat Johan V

De eerste versnellingsmeting werd uitgevoerd bij een waterdiepte van ca. 11m. Op deze waterdiepte bedroeg de versnelling t.p.v. het carter van het trilblok ca. 3 gm/s^2 (bij een frequentie van 21-23 hz). De overeenkomstige versnelling op dezelfde plaats van het trilblok in lucht bedraagt ca. $11,9 \text{ gm/s}^2$; m.a.w. op ca. 11 m waterdiepte gaat er ca. $8,3 \text{ gm/s}^2$ aan versnelling verloren, hetgeen een energieverlies van ca. 75% betekent.

Behalve een versnellingsmeting werd bij deze waterdiepte tevens de waterspanning t.p.v. de onderkant van de geoponton Johan V gemeten. De gemeten waterverspanningen bedroegen ca. 40 cm waterkolom (top-top). Uit de resultaten van deze metingen kon worden geconcludeerd dat het meetrillen van de geoponton wordt veroorzaakt door drukgolven, welke t.g.v. het plaattrillen op de bodem ontstaan. De tegenvallende verdichtingsresultaten zijn verklaarbaar door het grote energieverlies dat optreedt, waardoor niet de benodigde energie aan de grond kan worden afgegeven.

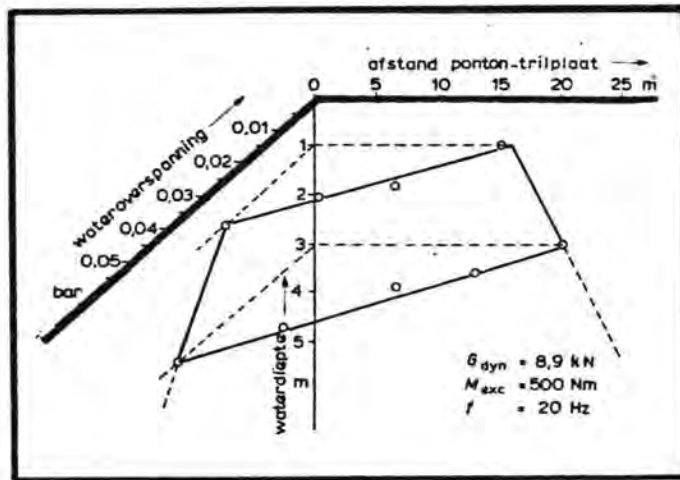
In aansluiting op deze metingen zijn vervolgens een serie metingen uitgevoerd bij een waterdiepte van ca. 5 m. De versnellingsmetingen zijn hierbij uitgevoerd bij verschillende frequenties van de trilunit. De resultaten van deze metingen zijn in figuur 2 grafisch weergegeven.



Figuur 2: Versnellingsmetingen aan de Johan V trilplaat (2,6 x 3,4 m²)

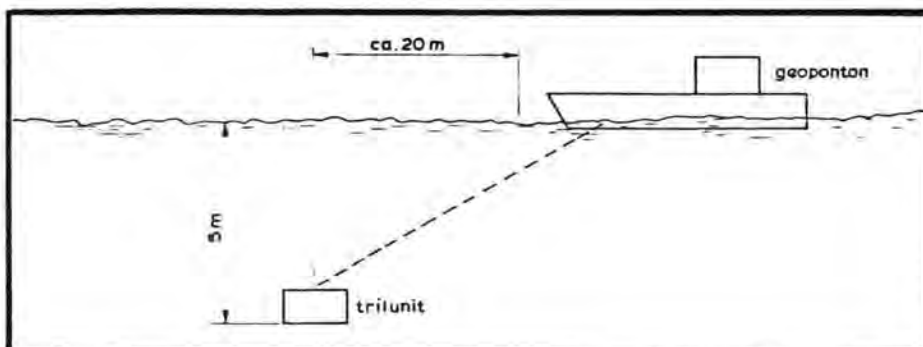
Uit de resultaten van deze metingen blijkt dat het verlies aan versnelling op een waterdiepte van ca. 5 m bij een frequentie van 21-23 Hz ca. $3,5 \text{ gm/s}^2$ bedraagt (op 11m waterdiepte ca. $8,3 \text{ gm/s}^2$); m.a.w. het energieverlies neemt toe met de waterdiepte. Tevens blijkt uit de meetresultaten dat het energieverlies procentueel bij elke onderzochte frequentie vrijwel hetzelfde blijft.

Naast de versnellingsmetingen zijn eveneens waterspanningsmetingen uitgevoerd, en wel op waterdiepten van respectievelijk 3 m en 1 m (trilunit ligt op 5 m waterdiepte). Hierbij is tevens gekeken naar de horizontale invloedssfeer van de drukgolven. Deze meetresultaten zijn in figuur 3 grafisch weergegeven.



figuur 3; Waterspanningsmetingen Johan V trilplaat ($2,4 \times 3,6 \text{ m}^2$)

Uit deze waterspanningsmetingen blijkt dat, indien het trilblok op een waterdiepte van 5 m hangt, t.p.v. de wateroppervlakte op een afstand van ca. 20 m vanuit de trilunit de t.g.v. de trillingen ontstane drukgolven niet merkbaar meer zijn (figuur 4).



figuur 4; Invloedssfeer drukgolven

Het op deze wijze verdichten kostte echter zeer veel tijd en geld daar het steeds opzij- en terugleggen van de geoponton een enorme stagnatie van de totale uitvoeringstrein zou betekenen (storten m.b.v. geoponton-verdichten m.b.v. geoponton-storten-verdichten enz.).

Er is bij de bouw van de filterconstructie van de damaanzet Schouwen daarom net zolang met de oorspronkelijke uitvoeringswijze doorgegaan tot dat de trillingen op de geoponton ontoelaatbaar groot werden. Deze grens werd bereikt bij het verdichten op een niveau van ca. 8 m -N.A.P.

De bouw van de filterconstructie is toen op dit niveau stopgezet. Vervolgens is een onderzoek gestart naar de oorzaak van het meetrillen van de geoponton Johan V, alsmede naar eventuele maatregelen om het meetrillen te beperken c.q. te elimineren.

4. Onderzoek naar de oorzaak van het meetrilverschijnsel

Voor het ontstaan van de drukgolven kunnen 2 mogelijke oorzaken worden aangewezen:

- A. De toegevoegde (meewerkende) watermassa boven en onder het vlak van de trilplaat. Er treedt dan geen energie-uitstraling op, hetgeen resulteert in een constante relatie tussen de versnelling en de slagkracht. De drukmeetvlakken t.p.v. de platen zijn in fase (trillingsbron t.o.v. plaats waar gemeten wordt); in het systeem (meewerkende watermassa en trilplaat) treedt geen energieverlies op.
- B. De onderplaat van de trilunit is te beschouwen als een luidspreker; in dit geval speelt de compressibiliteit van het water een rol. De oorzaak voor het ontstaan van de drukgolven moet dan in akoestische richting worden gevonden. In dit systeem treedt dan wel energieverlies op. In het algemeen zal bij lage frequenties de toegevoegde watermassa overheersen, bij hoge frequenties de akoestische richting. De overgang van het ene naar andere effect gebeurt geleidelijk.

Uit de resultaten van de versnellingsmetingen aan de Johan V trilplaat, waarbij het trilblok op een waterdiepte van ca. 5 m hing, blijkt dat er tussen de slagkracht en de versnelling een vrijwel lineair verband bestaat (figuur 1). Hieruit kan worden geconcludeerd dat bij frequenties van 15-23 hz waarschijnlijk de toegevoegde watermassa overheerst. Teneinde dat verder te onderzoeken zijn met een wat kleiner trilblok enige aanvullende proeven in de werkhaven Schelphoek uitgevoerd.

4.1. Proeven m.b.v. Dynapac trilplaat 1,1 x 0,9 m²

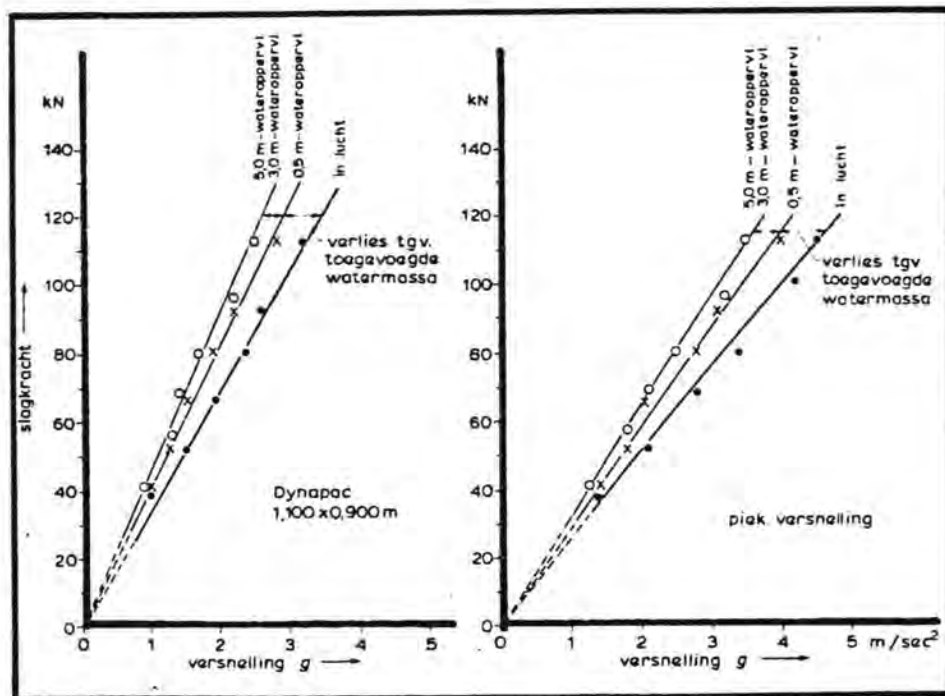
In eerste instantie werden een aantal proeven uitgevoerd met een Dynapac trilunit; de afmetingen van de trilplaat bedroegen hierbij 1,1 x 0,9 m². Deze trilunit met de betreffende trilplaat afmetingen is nl. standaard aanwezig op het werkkerrein van de werkhaven Schelphoek. De trilplaat is bij deze proeven aan de rijksbok Ursus gehangen; t.p.v. de onderplaat is behalve de versnelling ook de amplitude geregistreerd. Er is vrij in lucht (boven water) en respectievelijk 0,5, 3 en 5 m onder water getrild. De resultaten van de metingen tijdens deze proef zijn in tabel I weergegeven.

frequentie f (hz)	slagkracht Fs(KN)	max.versnelling t.p.v. trilplaat (gm/sec ²)				amplitude (mm)			
		.h=0	.h=0,5	.h=3	.h=5	.h=0	.h=0,5	.h=3	.h=5
25	11 3	4,5	4,0	3,5	3,5	1,4	1,05	1	1
23	9 6	4,0	3,1	3,0	3,0	1,3	1	1	1
21	8 0	3,4	2,8	2,4	2,4	1,1	1,05	1	1
19	6 6	2,8	2,1	2,0	2,0	1,3	1,025	1	1
17	5 2	2,1	1,8	1,4	1,4	1,2	1,025	1	1
15	3 1	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,025	1	1

Tabel I : Metingen Dynapac trilunit met trilplaat 1,1 x 0,9 m²
 h = waterdiepte; h = 0--- vrij in lucht
 g = zwaartekrachtversnelling (10m/sec²)

4.2. Conclusie t.a.v. oorzaak meetrilverschijnsel

De gemeten maximale (piek) versnellingen zijn in figuur 5 grafisch tegen de slagkracht Fs uitgezet. Ook uit deze grafiek blijkt dat er een vrijwel lineair verband bestaat tussen de versnelling en de slagkracht, waaruit weer kan worden geconcludeerd dat het energie-verlies, voornamelijk het gevolg is van de meewerkende watermassa. In tabel II is het verlies aan versnelling (evenredig met de aan het water afgegeven trilenergie) bij in water trillend t.o.v. bij in lucht hangend, procentueel weergegeven.

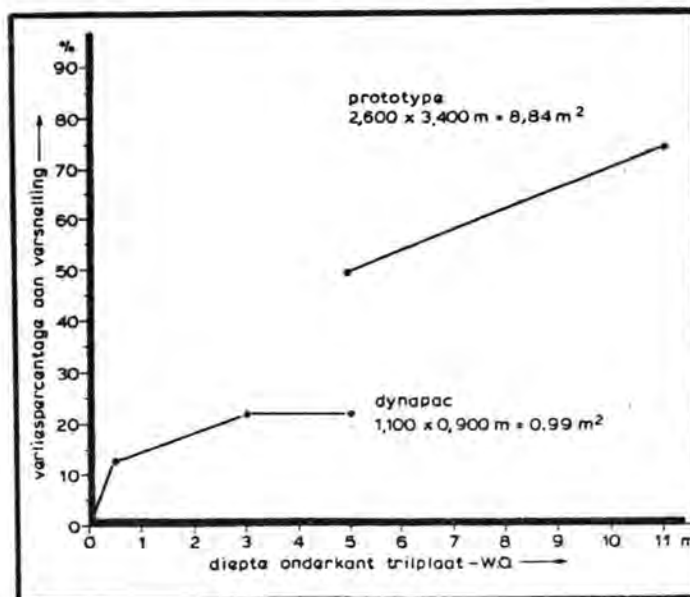


frequentie f (hz)	% versnelling t.o.v. vrij in lucht		
	h = 0,5 m	h = 3 m	h = 5 m
25	87,7	77,7	77,7
23	87	77,9	77,9
21	85,9	78,1	78,1
19	88,5	78,8	78,8
17	85,7	78,6	78,6
15	87,5	78,1	78,1
gem.	87	78	78

Tabel II; versnellingsverliespercentages Dynapac plaat 1,1 x 0,9 m²

Uit tabel II blijkt dat het versnellingsverliespercentage t.o.v. een vrij in lucht hangende trilplaat bij een bepaalde waterdiepte voor alle toegepaste frequenties vrijwel dezelfde is. M.a.w. het energieverlies en dus de grootte der meewerkende watermassa is vrij onafhankelijk van de frequentie. Uit de tabel blijkt tevens dat voor de Dynapac trilplaat 1,1 x 0,9 m² het energieverlies op een waterdiepte van 0,5 m reeds vrij groot is (ca. 13%); het energieverlies bereikt een maximum bij een waterdiepte tussen de ca. 1 à 3 m. Bij grotere waterdiepten blijft het energieverlies constant (vergelijk h = 3 m t.o.v. h = 5 m).

In figuur 6 is het energieverlies grafisch tegen de waterdiepte uitgezet.



Figuur 6: Verliespercentage aan versnellingen.

4.3. Berekening van de meewerkende watermassa Dynapac trilplaat 1,1 x 0,9 m²

De grootte der meewerkende watermassa kan op twee manieren worden berekend:

$$\text{M.b.v. } G_{\text{dyn}} = \frac{F_s}{x} \quad \text{of} \quad G_{\text{dyn}} = \frac{M_{\text{exc}}}{a}$$

Hierbij zijn:

G_{dyn} = de dynamische massa van het systeem trilunit + water

$G_{\text{dyn}} = G_{\text{trilunit}} + M_w$ G = dynamische massa
trilunit

M_w = meewerkende watermassa

F_s = slagkracht

x = versnelling

M_{exc} = excentrisch momentrilblok

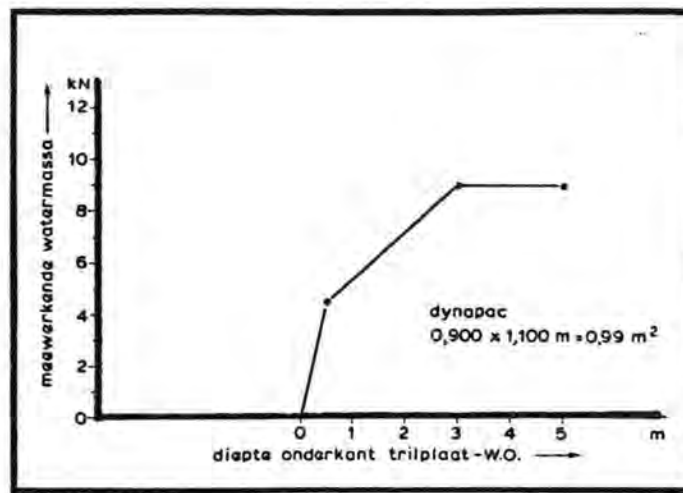
a = amplitude

In tabel III wordt een overzicht gegeven van de bij de verschillende frequenties berekende meewerkende watermassa's.

frequentie hz	meewerkende watermassa op waterdiepte (KN)		
	h = 0,5 m	h = 3 m	h = 5 m
25	3,1	6,2	7,1
23	4,8	7,5	7,8
21	5,4	10,4	9
19	4,2	10	8,3
gemiddeld	4,4	8,5	8

Tabel III: Meewerkende massa trilplaat 0,9 x 1,1 m² t.o.v. frequentie.

Uit de berekeningen blijkt de grootte der meewerkende watermassa voor de Dynapac trilplaat 0,9 x 1,1 m² op waterdiepten van 0,5, 3 en 5 m respectievelijk ca. 4,4, 8,5 en 8 KN te zijn (zie ook figuur 7).



figuur 7: Meewerkende watermassa Dynapac trilplaat 1,1 x 0,9 m²

Tevens blijkt dat voor het beschouwde frequentiegebied de grootte der meewerkende watermassa vrij onafhankelijk is van de frequentie. Tenslotte kan worden geconstateerd dat de meewerkende watermassa tot een bepaalde grensdiepte toeneemt tot een maximale waarde; beneden deze grensdiepte blijft de meewerkende watermassa constant. Ter vergelijking wordt vermeld dat de grootte der meewerkende watermassa voor de prototype trilplaat 2,6 x 3,4 m² op 5 m waterdiepte ca 40 KN bedroeg. Met deze eerste serie proeven t.p.v. de werkhaven Schelphoek werd bevestigd dat het tijdens de uitvoering der verdichting van de damaanzet Schouwen geconstateerde grote trillingsenergieverlies alsmede het meetrillen van de verdichtingsponton voornamelijk het gevolg is van de meewerkende watermassa.

Vervolgens is er gezocht naar oplossingen om de meewerkende watermassa te verminderen c.q. te elimineren. De oplossingen, welke in het algemeen neerkomen op het aanbrengen van modificaties aan de trilunit, zijn eveneens beproefd in de werkhaven Schelphoek.

5. Onderzoek naar oplossingen ter beperking van de meewerkende watermassa

Bij het onderzoek naar oplossingen ter beperking van de meewerkende watermassa zijn twee trilplaatafmetingen toegepast:

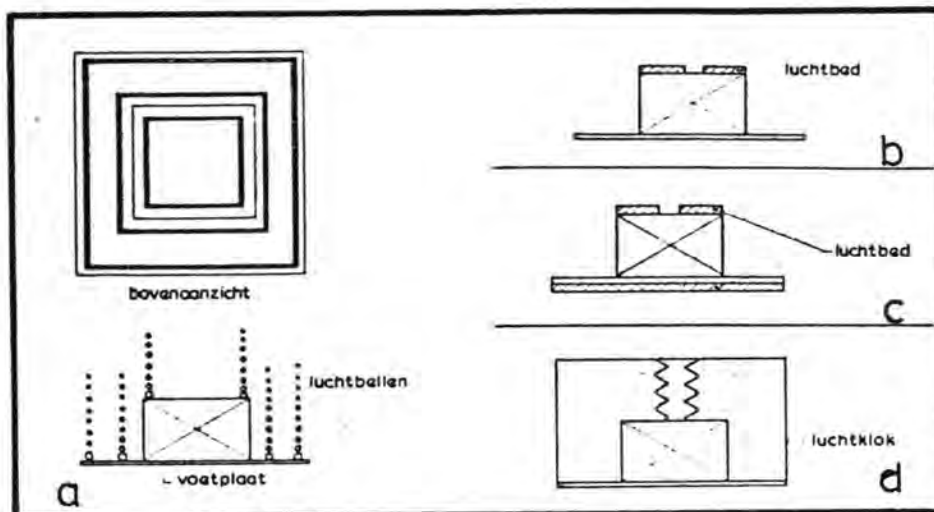
- a. De Johan V-plaat: $3,4 \times 2,6 \approx 8,9 \text{ m}^2$
- b. Aangepaste dynapac plaat: $2,5 \times 2,5 \approx 6,3 \text{ m}^2$

Alle modificaties van de platen zijn erop gericht de MWM te verlagen, en dientengevolge het rendement η te verhogen en de trillingen in het water, uitgedrukt in wateroverspanning Δp te verminderen.

In onderstaande tabel is een chronologisch overzicht van de plaatmodificaties en uitgevoerde metingen weergegeven (zie ook figuur 8):

plaat	Afmeting m^2	Modificatie	Metingen bij	
			frequentie Hz	plaatdiepten M-waterspiegel
Johan V	8,9	Geen	21-23	5-11
Dynapac	6,3	Luchtklok	15-17-19-21-23	6
Dynapac	6,3	Geen		
		Luchtbed boven		
		Luchtbed onder + boven	15-17-19-21-23	3-6
Johan V	8,9	"Fritesnijder"		
		gaten %: 43%	15-17-19-21-23	11
Johan V	8,9	gaten %: 10-20- 30-40%	15-17-19-21-23	5-11
Johan V	8,9	gaten %: 25%	21	8

Tabel III: Overzicht uitgevoerde proeven



Figuur 8: Trilplaat modificaties - a) luchtbellenscherm
b) luchtbed boven
c) luchtbed boven aan onder
d) luchtklok

5.1. De uitgevoerde metingen

Bij alle proeven zijn de volgende metingen uitgevoerd:

1) De versnelling (en/of amplitude) van de trilplaat:

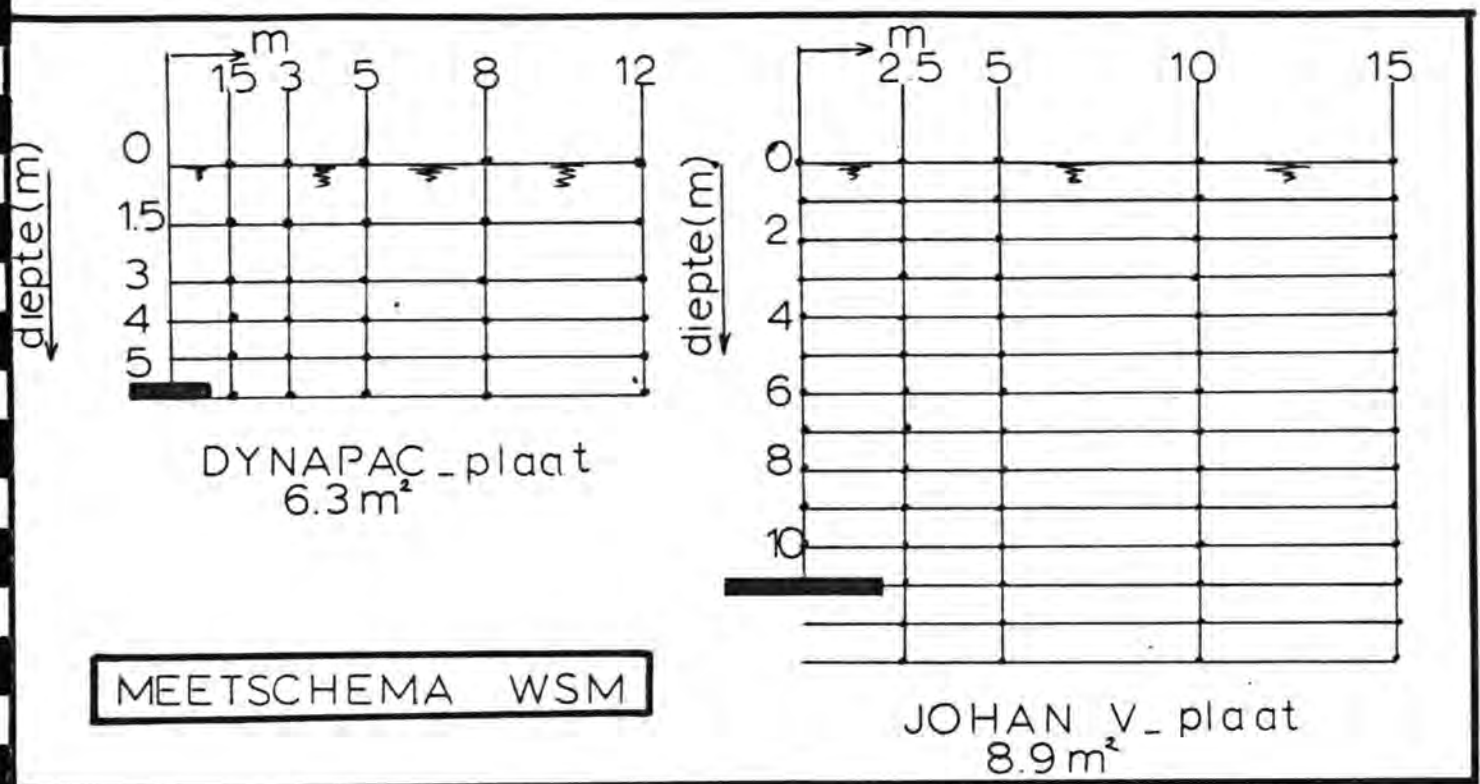
a) boven water g_1

b) onder water g_2

Het rendement van de plaat wordt gedefinieerd als

$$\eta = \frac{g_2}{g_1} \times 100\%$$

2) De wateroverspanning Δu ($1/2$ van de top-top waarde) op diverse afstanden van de plaat, een en ander volgens figuur 9:



figuur 9: De waterspanningsmeetraaien

5.2. Verwerking en interpretatie van de metingen

Bij de verwerking en interpretatie van de meetgegevens wordt onderscheid gemaakt tussen:

1. interpretatie ten behoeve van het verdichtingsresultaat. Hiervoor worden de versnellingsmetingen gebruikt.
2. interpretatie ten behoeve van de trillingshinder op het schip. Hiervoor worden de waterspanningsmetingen gebruikt.

5.2.1. Verdichtingsresultaat

Bij de bouw van damaanzet Schouwen is gebleken dat de energie die beschikbaar was voor het verdichten van een 3 m dik grind/zandpakket onvoldoende was om de gestelde verdichtingseisen te bereiken. Het rendement van de plaat bedroeg 25 à 50% met een versnelling van 3 à 6 g (bij $f = 23 \text{ Hz}$).

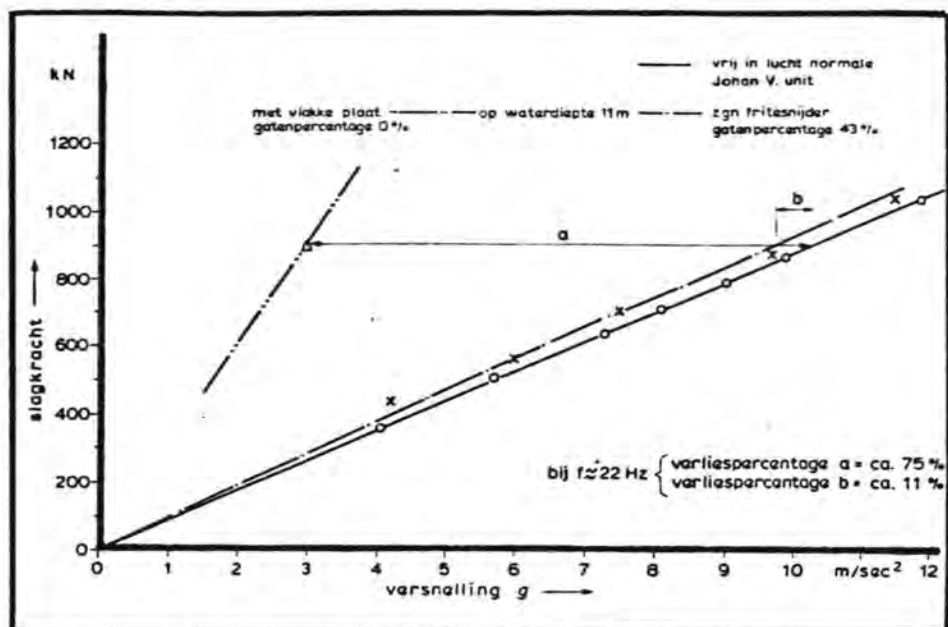
De grootte van het rendement en de vereiste versnelling hangen uiteraard af van de gestelde verdichtingseisen. Los van eventuele verdichtingseisen was het onderzoek erop gericht zodanige modificaties te vinden dat het rendement zeer sterk zou kunnen worden verbeterd. Afhankelijk van de verdichtingseisen in een bepaald geval kan worden gevarieerd met de triltijd.

In onderstaande tabel zijn de resultaten van de versnellingsmetingen als berekende rendementen weergegeven voor de diverse modificaties. De rendementen zijn gemiddelde waarden voor de onderzochte frequenties.

plaat	Afmeting m ²	Modificatie	frequentie (Hz)	rendement in %
Johan V	8,9	Geen	21-23	25 à 50
Dynapac	6,3	Luchtklok	15-17-19-21-23	35 à 40
Dynapac	6,3	Geen		
		Luchtbed boven		20 à 35
		Luchtbed onder + boven	15-17-19-21-23	25 à 30 35 à 50
Johan V	8,9	"Fritesnijder"		
		gaten %: 43%	15-17-19-21-23	85 à 95 (zie figuur 10 en tabel VI)
Johan V	8,9	gaten %: 10-20- 30-40%	15-17-19-21-23	80 à 90
Johan V	8,9	gaten %: 25%	21	ca 80

Tabel IV: Overzicht rendementen

Uit deze resultaten blijkt dat modificaties die als uitgangspunt hebben het aanbrengen van een dempende laag (lucht) op de plaat, weinig succesvol zijn. Maar het aanbrengen van gaten in de plaat verhoogt het rendement van 25 à 50 tot 80 à 90%. Reeds 10 à 15% gatenoppervlak is voldoende om deze verbetering te bereiken. Dit is in overeenstemming met het onderzoek van het WL waarbij ook is gevonden dat een gering gatenpercentage reeds een grote invloed op het rendement heeft (zie figuur 11).

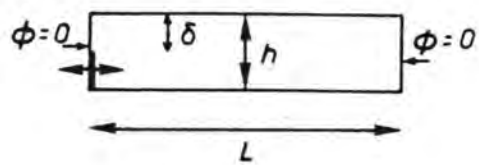


figuur 10: Versnellingsmetingen trilplaat $2,6 \times 3,4 \text{ m}^2$ met de fritesnijder modificatie. Bij deze grafiek behoort de hieronder volgende tabel V.

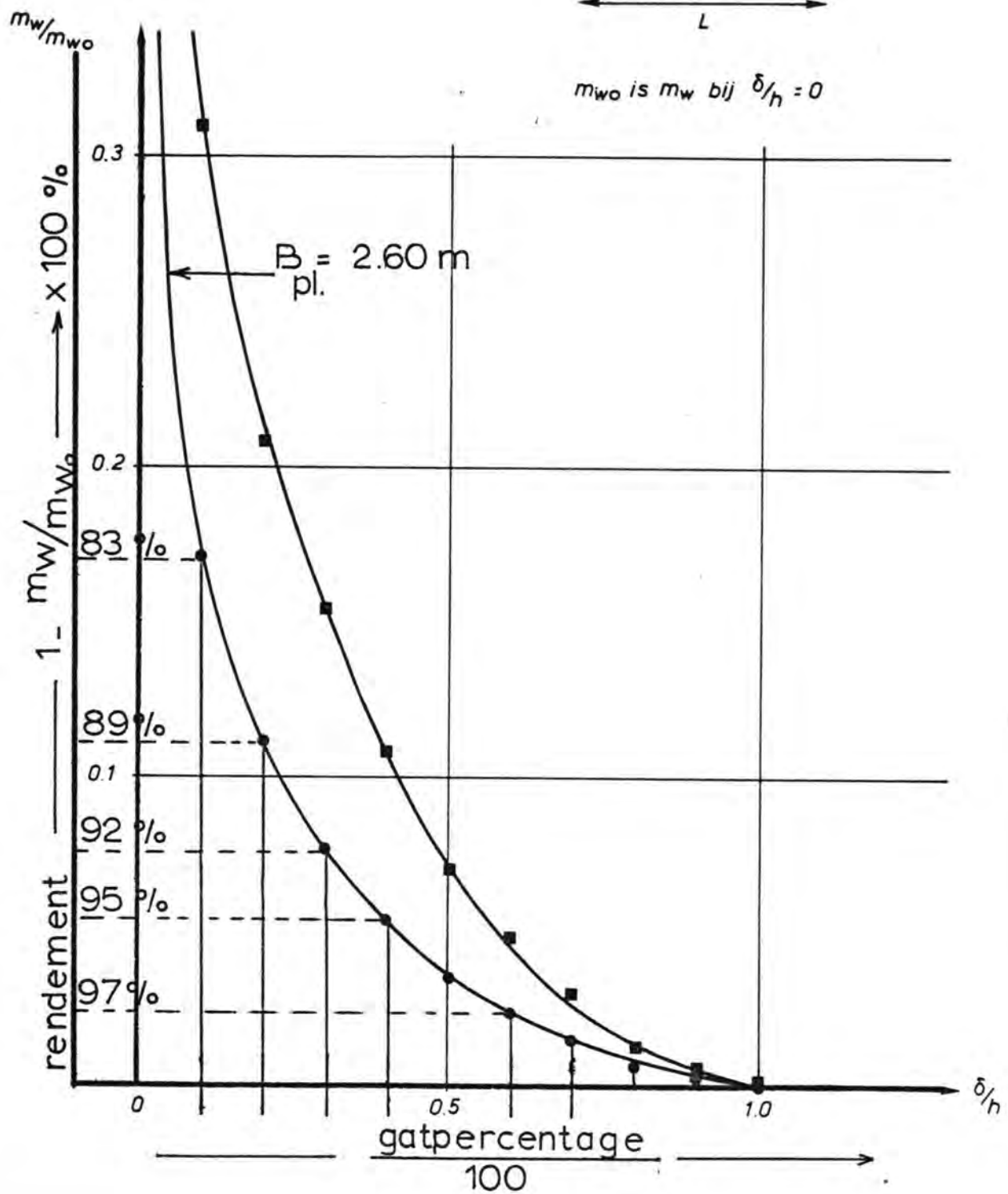
frequentie (hz)	versnelling (g m/s^2)		energieverlies (%)
	trilplaat vrij hangend in lucht	trilplaat op 11 m waterdiepte	
23	13,5	11,5	15
21	11	9,7	12
19	8,5	7,5	12
17	6,5	6	8
15	4,5	4,2	7
			gem. 11

Tabel V: Resultaten proeven trilplaat met gatenpercentage ca. 43% op een waterdiepte van 11 m.

? 10 grote gat. ● $L = 1.00\text{ m}$
 20 kleine gat. ■ $L = 0.50\text{ m}$



m_{w0} is m_w bij $\delta/h = 0$



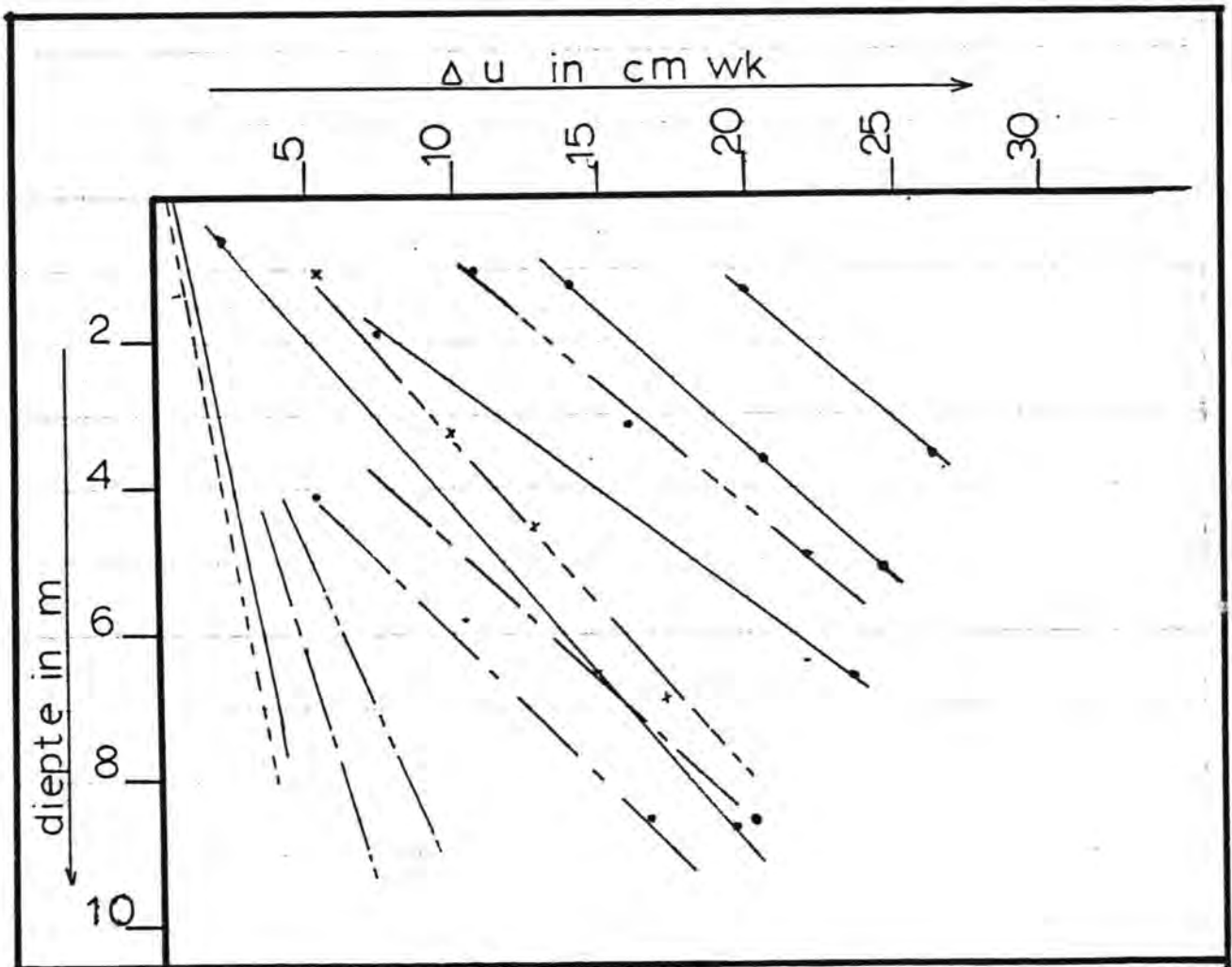
Figuur 11: Meewerkende watermassa als functie van het gatenpercentage /h (WL-rapport R 1594, april 1981).

5.2.2. Scheepshinder door trillingen

Bij de interpretatie van de waterspanningsmetingen is het doel tweeledig:

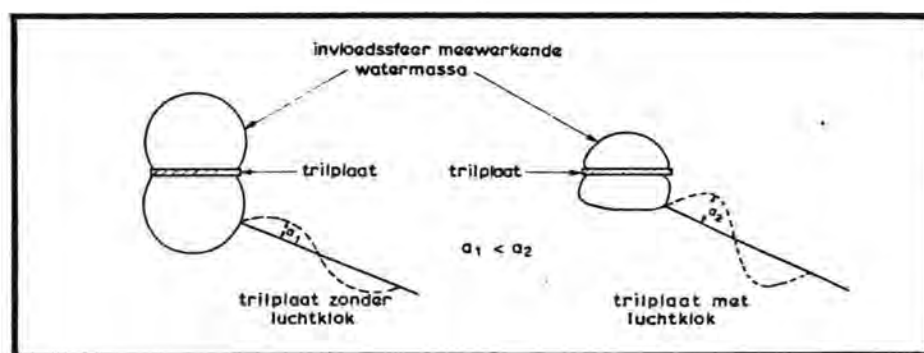
- a) In het algemeen een verband leggen tussen de wateroverspanning Δu en het rendement; de versnelling onder water en de plaatdiepte.
- b) Meer in het bijzonder: Een plaatontwerp moet zodanig zijn dat er geen trillingen op het schip optreden; of Δu moet nul of gering zijn aan de onderkant van het schip.

Op de bijlage 1 t/m 4 zijn de wateroverspanningen Δu uitgezet die bij de diverse proeven zijn gemeten in de eerste verticale raai naast de plaat (1,5 resp. 2,5 m uit het hart). De 0-raai, (hart plaat) wordt niet in de beschouwing meegenomen als gevolg van de verstoringen die het uitstekend carter veroorzaakt op het beeld van de wateroverspanningen. Op bijlage 5, die tevens in figuur 12 is weergegeven, zijn de resultaten verzameld.



figuur 12: De wateroverspanningen als functie van de diepte (de lijnen behoren bij de in tabel IV vermelde proeven).

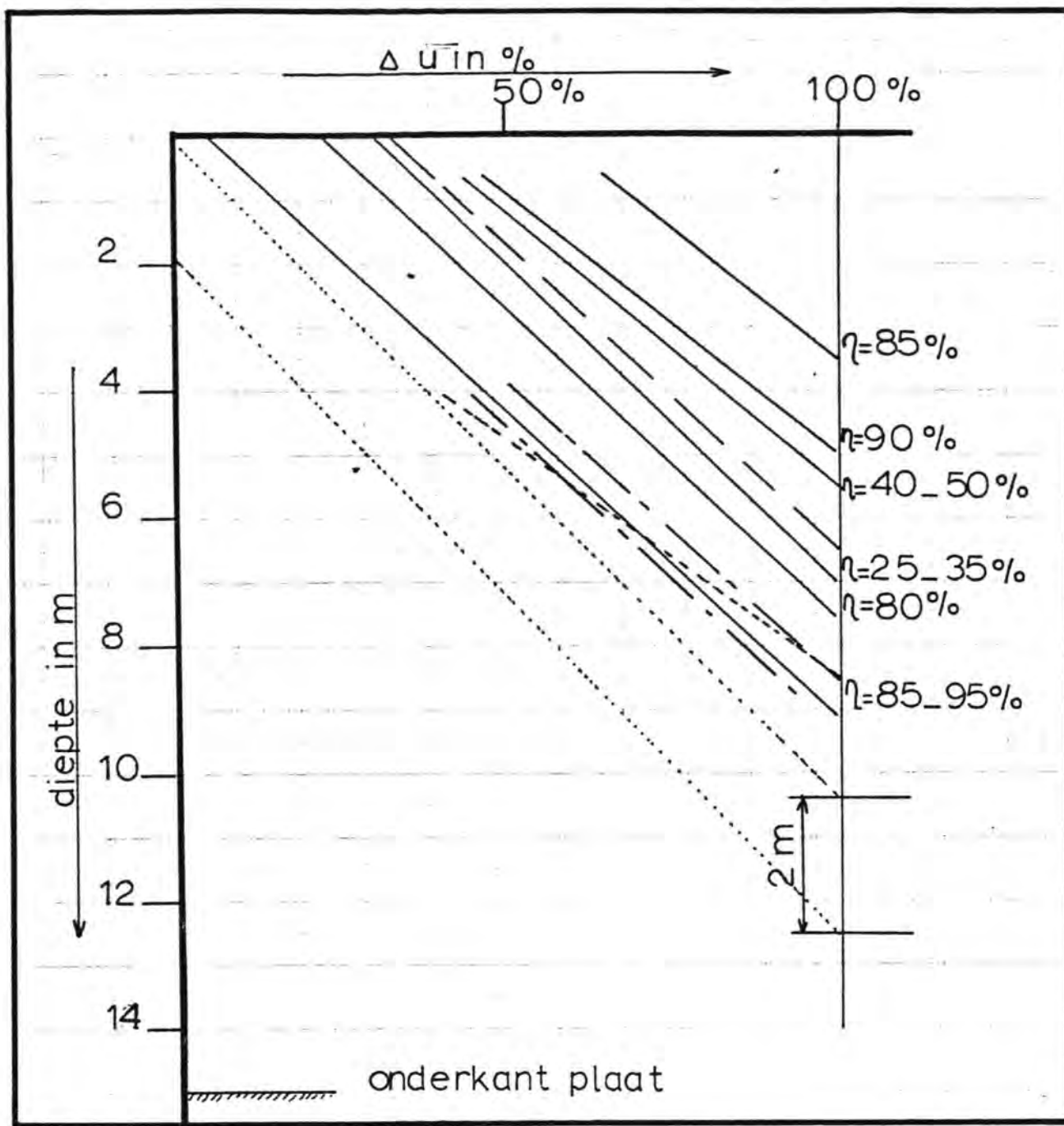
Het valt op, dat bij een hoger rendement, dus bij een hogere versnelling van de plaat de gegenereerde wateroverspanningen bij de plaat ook hoger zijn, maar dat ze in absolute zin sneller afnemen bij een toename van de afstand tot de plaat (zie ook figuur 13).



figuur 13: Invloed toepassing luchtklok op de waterspanningen.

Een mogelijke verklaring hiervoor zou het volgende kunnen zijn: Door het hogere rendement worden grotere versnellingen aan de grond c.q. het omliggende water afgegeven. Dit resulteert in een grotere amplitude van de drukgolf en grotere wateroverspanningen.

De grafiek van figuur 12 is in bijlage 6 (tevens als figuur 14 aangegeven) omgewerkt in procenten. De wateroverspanning ter hoogte van de bovenkant van de plaat op raai I is hierbij op 100% gesteld.



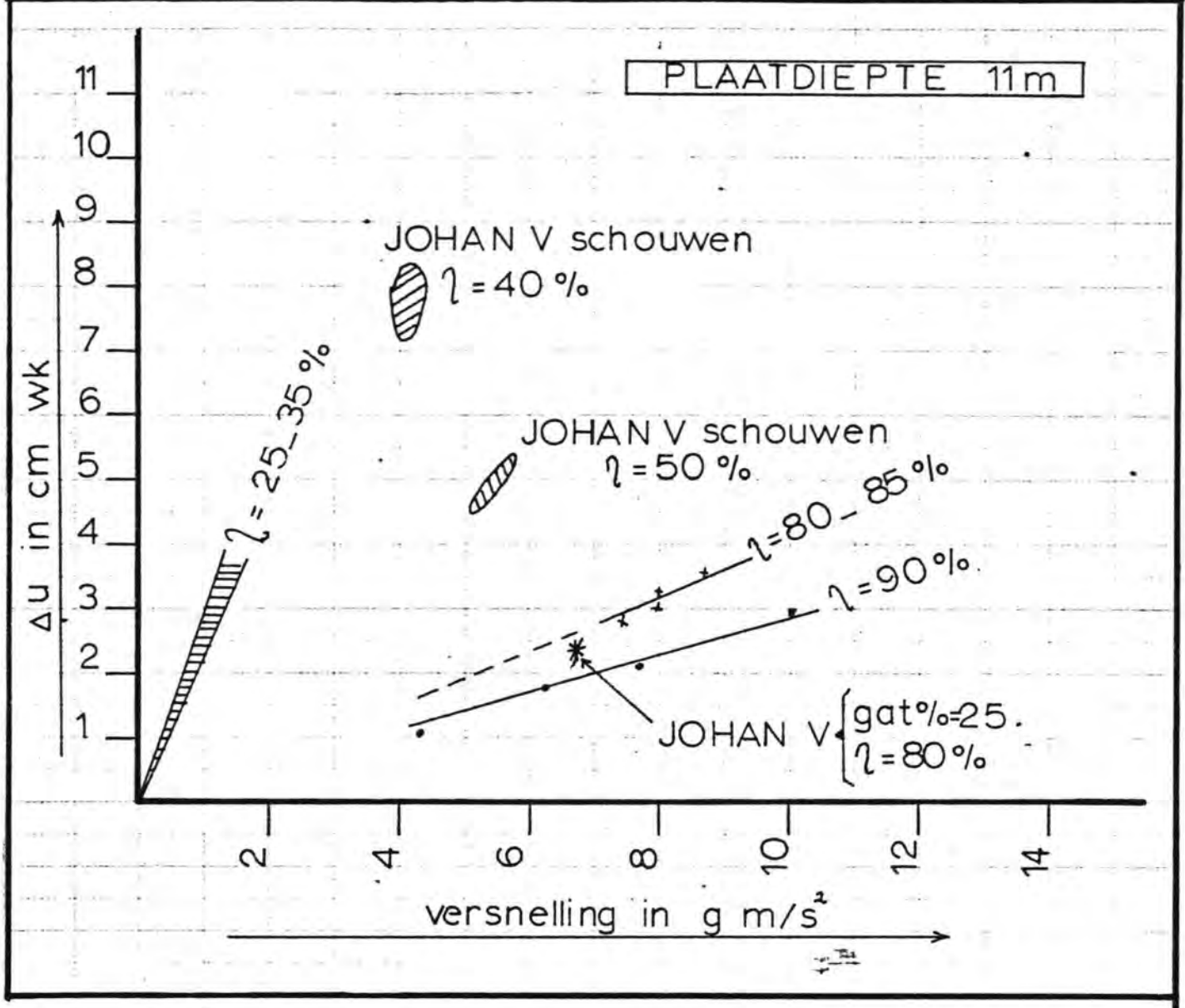
figuur 14: Wateroverspanning (in %) als functie van de diepte (De lijnen behoren bij de in tabel IV vermelde proeven)

Indien de wateroverspanningen procentueel worden uitgezet, blijkt, dat onafhankelijk van het rendement, de wateroverspanningen met gelijke percentages afnemen als functie tot de plaatafstand. Ook voor de onderzochte plaatafmetingen van ca. 6-9 m² is de afname van de wateroverspanning procentueel gelijk. Uit figuur 14 kan worden vastgesteld, dat binnen de randvoorwaarden van de proeven m.b.t. versnelling, frequentie, plaatafmeting, bij onderkant plaat = 15 m de wateroverspanning nul zal zijn in de bovenste twee meter.

Ten aanzien van het tweede doel dat is gesteld, nl. het maken van een plaat waarbij geen trillingshinder op het schip wordt ondervonden, kan dientengevolge worden geconcludeerd dat hieraan kan worden voldaan mits de afstand tussen de plaat en de onderkant van het schip tenminste 13 m + veiligheidsmarge is.

Hierbij blijft echter nog de vraag in hoeverre de plaatafmeting invloed heeft. Uit vorenstaande figuur blijkt dat voor platen van 6-9 m² de afmeting geen invloed heeft op het verloop van de wateroverspanning. Extrapolatie naar grotere afmetingen dient met de nodige voorzichtigheid te geschieden.

Hoewel het nuttig is uit te gaan van een grafiek waarin de afname van de wateroverspanning procentueel is uitgezet, geeft een dergelijke grafiek onvoldoende inzicht in de absolute wateroverspanningen indien de plaat zich binnen de critieke afstand tot het schip bevindt. Daarom is de volgende grafiek (figuur 15) gemaakt. Hierin is uitgezet de gemiddelde wateroverspanning in de bovenste 3 m van het water (bij een plaatdiepte van 11 m) als functie van de absolute waarde van de versnelling onder water en van het rendement. Bij een plaatdiepte van 11 m is de gemiddelde Δu in de bovensten 3 m ca. 20% van Δu_{\max} (zie figuur 14).



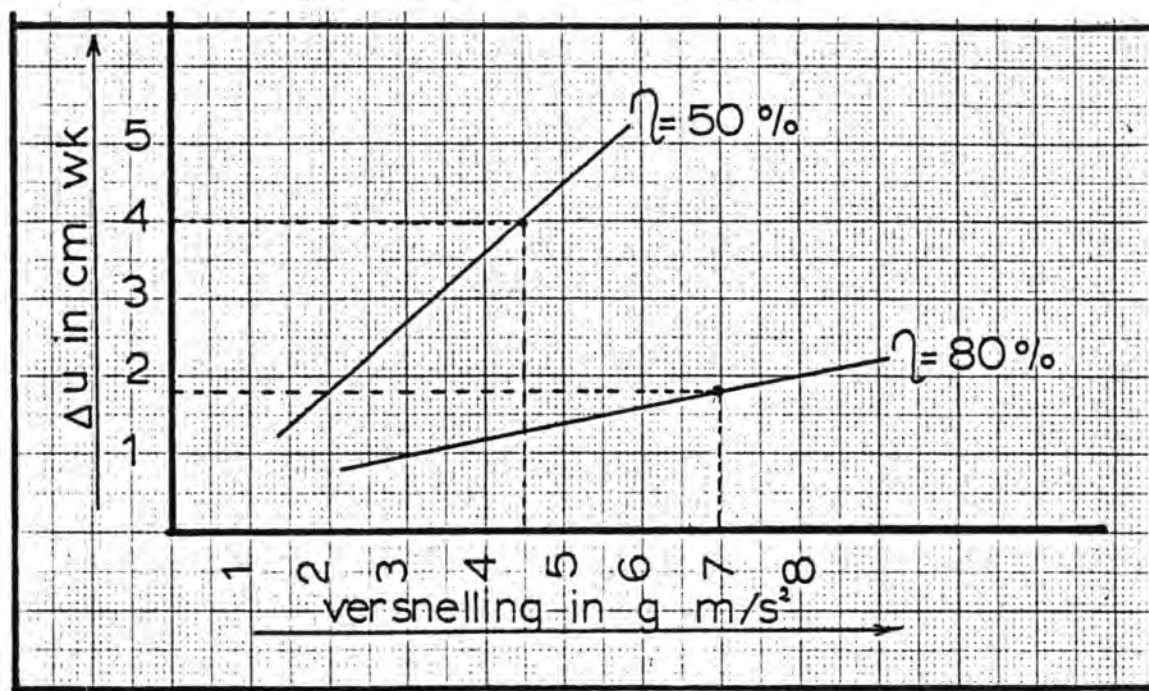
figuur 15: Gemiddelde wateroverspanning in de bovenste 3 m van het water (plaatdiepte is 11 m) als functie van de absolute waarde van de versnelling onder water en het rendement.

De grafiek in figuur 15 is m.b.v. figuur 14 te maken voor elke plaatdiepte van 0 tot ca. 11 m.

De conclusie van de figuren 12 en 15 levert het volgende:

1. Bij een gegeven rendement levert een hogere versnelling een hogere wateroverspanning.
2. Bij een gegeven plaat geeft een lager rendement hogere wateroverspanning.

Voor een concreet geval betekent dit het volgende:



figuur 16: Wateroverspanning als functie van de versnelling en het rendement.

Stel voor een plaat: $\eta = 80\%$ versnelling : $7g \rightarrow \Delta \mu \approx 2$ cmwk.

Indien dezelfde plaat een rendement heeft $\eta = 50\% \rightarrow$ voor de versnelling = $\underline{50} \times 7 \approx 4,5$ g. Bij deze lagere versnelling zal echter een hogere $\Delta \mu$ in 80

de bovenste meter worden gegenereerd!

De invloed van het rendement overheerst dus de invloed van de absolute waarde van de versnelling.

Bij het hoofdstuk 6.2.1. (plaatontwerp Cardium) zal verder worden ingegaan op de relatie tussen de wateroverspanning en het rendement-versnelling.

5.3. Conclusies

Uit de resultaten van de proeven kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- fig 11
tabel II (4218)*
- fig 14
byl 6*
- fig 16
byl 8*
- krst5.*
- Overeenkomstig het WL-onderzoek neemt het rendement al bij een gatenpercentage van 10% zeer sterk toe. Bij verdere toename van het gatenpercentage is de verdere toename van het rendement relatief gering.
 - Onafhankelijk van het rendement en de plaatgrootte neemt $\Delta \mu$ procentueel af van 100% \rightarrow 0% bij waterdiepten van $\pm 12 \rightarrow 0$ m.
 - Het rendement van de plaat bepaalt in belangrijke mate de grootte van de opgewekte wateroverspanningen. Hoe lager het rendement, hoe belangrijk ook de bijdrage van de absolute waarde van de versnelling wordt.
 - Bij het verdichten van de filterconstructie van de damaanzet Schouwen veroorzaakte een $\Delta \mu = 6 \text{ à } 8$ cmwk (0-11 m onder wateroppervlakte) ontoelaatbare trillingen aan boord van de Johan V.

6. Evaluatie onderzoeksresultaten

De evaluatie van de onderzoeksresultaten heeft betrekking op:

- a. De Johan V trilplaat (verdichten filterconstructie damaanzetten)
- b. De Cardium trilplaat (verdichten fundatiemat)

6.1. De Johan V trilplaat

Op grond van de resultaten van het onderzoek is voor de Johan V plaat gekozen voor een plaat met een gatenpercentage van 25%. Het rendement is ca. 80%; de versnelling onder water ca. 6,5 g. Bij de werkzaamheden met deze plaat bij de damaanzet Roggenplaat Zuid is gebleken dat de bereikte verdichting aan de gestelde eisen voldoet (een filterlaag van ca. 3 à 4 m kan in één keer worden verdicht tot een conusweerstand $> 30 \text{ MN/m}^2$ bij een triltijd van 3 minuten per positie).

Bij een plaatdiepte van 11 m worden in de bovenste 3 m wateroverspanningen opgewekt van ca. 2 cmwk (vs 25% van de ongemodificeerde plaat bij Schouwen). Deze wateroverspanningen geven geen aanleiding tot (ontoelaatbare) trillingen aan boord van de Johan V. Waarschijnlijk zullen de trillingen weinig hinder opleveren indien verdicht wordt met de plaat op een nivo van ca. 3 m -N.A.P. De verwachting is dat deze trillingshinder binnen het toelaatbare blijft.

6.2. De Cardium trilplaat

Gelet op de resultaten van de proeven en de mogelijkheden tot interpretatie ervan is van de Cardiumplaat een aantal randvoorwaarden te formuleren:

- 1) versnellingen in de orde van 6-12 g
- 2) plaatafmetingen in de orde van 4-10 m²
- 3) plaatdiepten in de orde van $> 8-15 \text{ m}$
- 4) frequentie in de orde van 20-25 Hz
- 5) rendement in de orde van 70%-90%
dwz 2 gatenpercentage 10 à 20%

Wordt bij het ontwerp bij een van deze punten belangrijk afgeweken dan verdient het aanbeveling in de proefperiode van het Cardium nader onderzoek te verrichten (versnellings- en waterspanningsmetingen aan de trilplaat en het Cardium).

6.2.1. Bepaling van de invloed van de trilplaatafmetingen op de wateroverspanningen

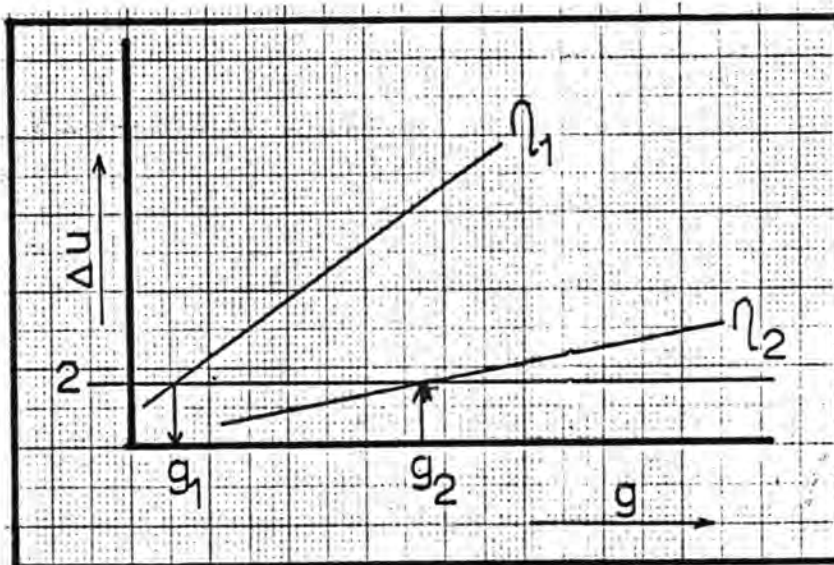
Een algemene benadering voor het ontwerp van een trilplaat kan geschieden volgens twee sporen:

- 1) De plaatdiepten zullen altijd meer dan 15 à 20 m bedragen. Afgezien van het afmetingen-effect zullen de wateroverspanningen geen rol van betekenis meer spelen. Alleen het rendement is van belang met het oog op de te bereiken verdichting.
- 2) De plaatdiepte kan zodanig zijn, dat er wel invloed van de wateroverspanning moet worden verwacht. In dit geval staan er opnieuw twee benaderingen ter beschikking:

a) Gelet op de trillingen die bij de Johan V bij Schouwen zijn opgetreden kan men als norm stellen (afhankelijk van het schip): b.v. $\Delta u_{0-3m} < 2$ cmwk.

of: gegeven: een plaat met rendement $\eta_1 \rightarrow g_1$ om te voldoen aan $\Delta u < 2$ cmwk

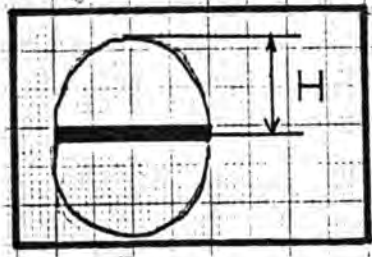
of: gegeven: een plaat die een bepaalde versnelling levert \rightarrow vereist rendement η_2



figuur 16: Wateroverspanning als functie van de versnelling en het rendement.

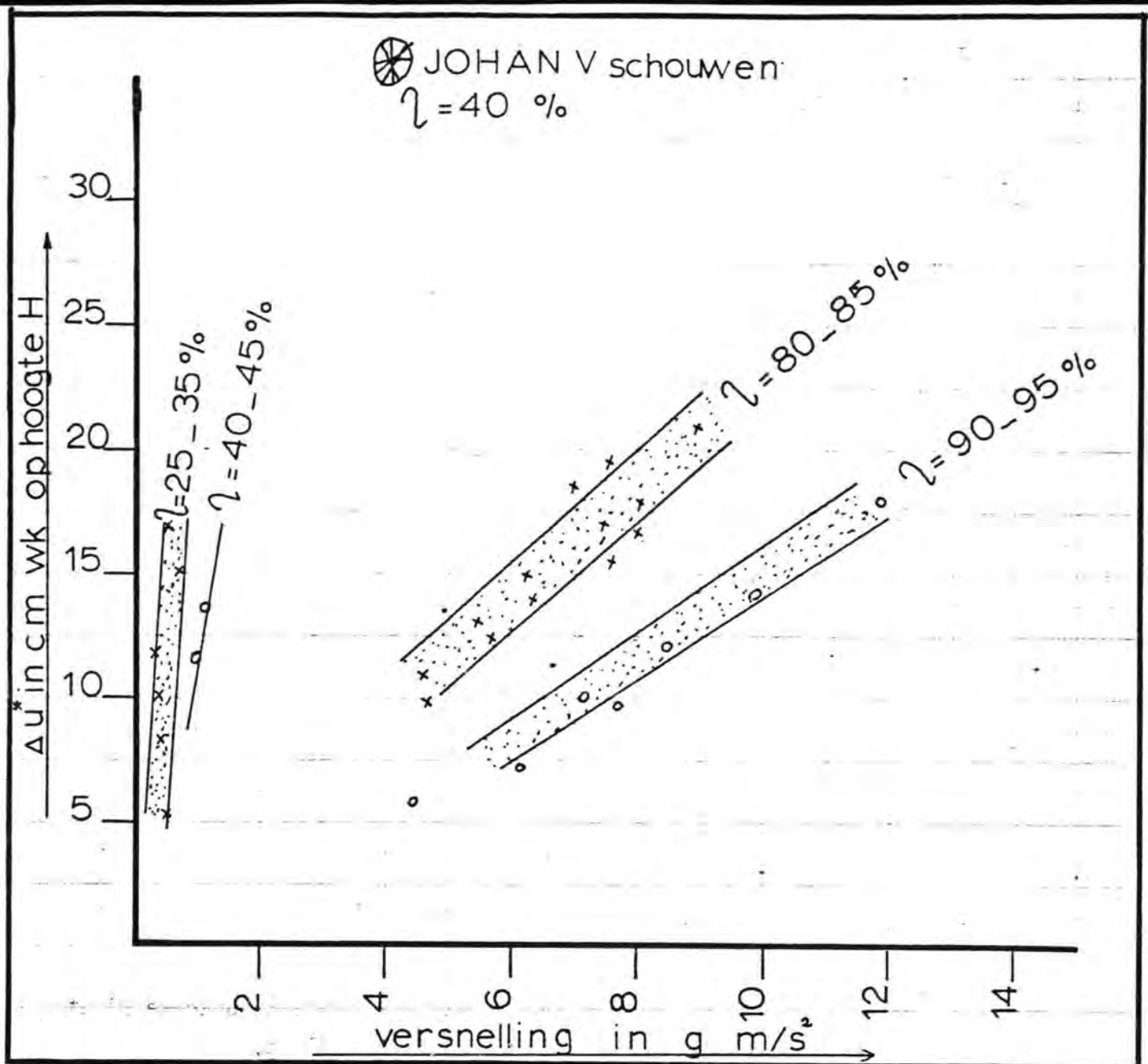
b) Een andere benadering is die via de berekening van de meewerkende watermassa. De zwakke schakel is echter de onzekerheid over de in de berekeningswijze gedaan aannamen. Volledigheidshalve wordt deze benaderingswijze hier vermeld. De toepassing dient echter met de nodige voorzichtigheid te geschieden.

Uit de gegevens van het rendement en de dynamische massa van de platen is de MWM te berekenen. Deze massa wordt als een bol gedacht rondom de plaat (figuur 17).



figuur 17: Schematisatie meewerkende watermassa

In de grafiek van figuur 18 is nu de $\Delta \mu$ op een hoogte H boven de plaat uitgezet als functie van het rendement en de versnelling.



figuur 18: Wateroverspanning op hoogte H als functie van de versnelling en rendement

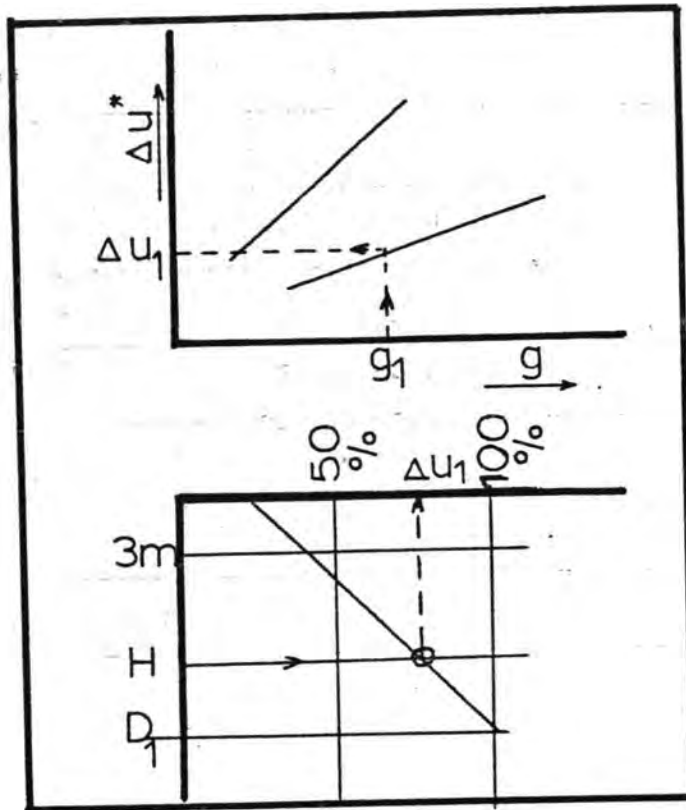
Het ontwerp kan nu als volgt verlopen:

Gegevens: plaatdiepte D_1
 rendement η_1
 dynamisch gewicht
 versnelling g_1

\Rightarrow MWM \rightarrow H in m

In vorenstaande grafiek wordt voor de betreffende versnelling en het rendement $\Delta \mu_1$ op hoogte H boven de plaat afgelezen.

In figuur 14 kan door het invoeren van de plaatdiepte en H worden afgelezen welk percentage $\Delta \mu_1$ van $(\Delta \mu)_{\max}$ is. Hieruit volgt dan weer de gemiddelde $(\Delta \mu)$ 0-3 m. Deze waarde kan worden vergeleken met de toelaatbare $\Delta \mu$ (0-3m).



figuur 19: Principe ontwerp trilplaat van de berekening van de meewerkende watermassa

6.2.2. Het synchron trillen van meerplaten.

In geval van het Cardium is er sprake van 4 ongeveer vierkante platen die naast elkaar liggen met een geringe tussenafstand. Een mogelijkheid om in deze situatie de trillingshinder te bepalen zou zijn een superpositie van de invloeden van de 4 afzonderlijke trilplaten. Hierbij wordt dan aangenomen dat de platen in fase trillen. Om in het algemeen een indicatie te krijgen van de invloed van begrenzingen enz. op de meewerkende watermassa is het nuttig zich te realiseren welke weg het water moet volgen bij een uitwijking van het lichaam in een bepaalde richting. Hoe moeilijker de weg is die het water moet volgen hoe groter de drukopbouw en dus hoe groter de toegevoegde watermassa wordt.

Op basis hiervan kan ten aanzien van de superpositie worden gesteld dat tengevolge van de geringe afstanden tussen de platen omstroming van de platen aan de zijkanten belemmerd wordt hetgeen inhoudt dat de drukken boven de plaat groter zullen worden. Daar staat tegenover dat er sprake is van geperforeerde platen waardoor veel water bij trilling door de platen heen zal stromen en er relatief weinig omstroming is.

Concluderend kan worden gesteld dat superpositieve zonder meer een te optimistisch beeld oplevert.

Hoewel moeilijk valt aan te geven hoeveel het beeld te gunstig is, toch ter oriëntering het volgende :

Op basis van de resultaten van modelonderzoek kan worden gesteld dat in het geval van dichte platen de totale toegevoegde watermassa van 4 afzonderlijke platen ongeveer 40% kleiner is dan de watermassa van een lange aaneengesloten plaat met gelijk totaaloppervlak.

Van het geval dat de platen niet in fase trillen mag worden verwacht dat de trillingshinder geringer zal zijn dan bij een in fase trillen van de platen. Het verdient in ieder geval aanbeveling t.z.t. uitgebreid te meten aan de Cardiumplaten.

Voor het geval er geperforeerde platen worden gebruikt, zal de afwijking van de superpositie kleiner zijn.

Appendix: Relatie tussen de plaaftmetingen van vlakke trilplaten en de meewerkende watermassa

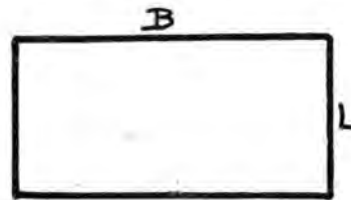
Door het Waterloopkundig Laboratorium te Delft wordt voor de maximale grootte der meewerkende watermassa de volgende "rekenregel" gehanteerd:

$$M_w \max = 1/4 \cdot \rho \cdot L^2 \cdot B \cdot$$

B = grootste lengte trilplaat

L = kleinste lengte trilplaat

ρ = soortelijke massa water



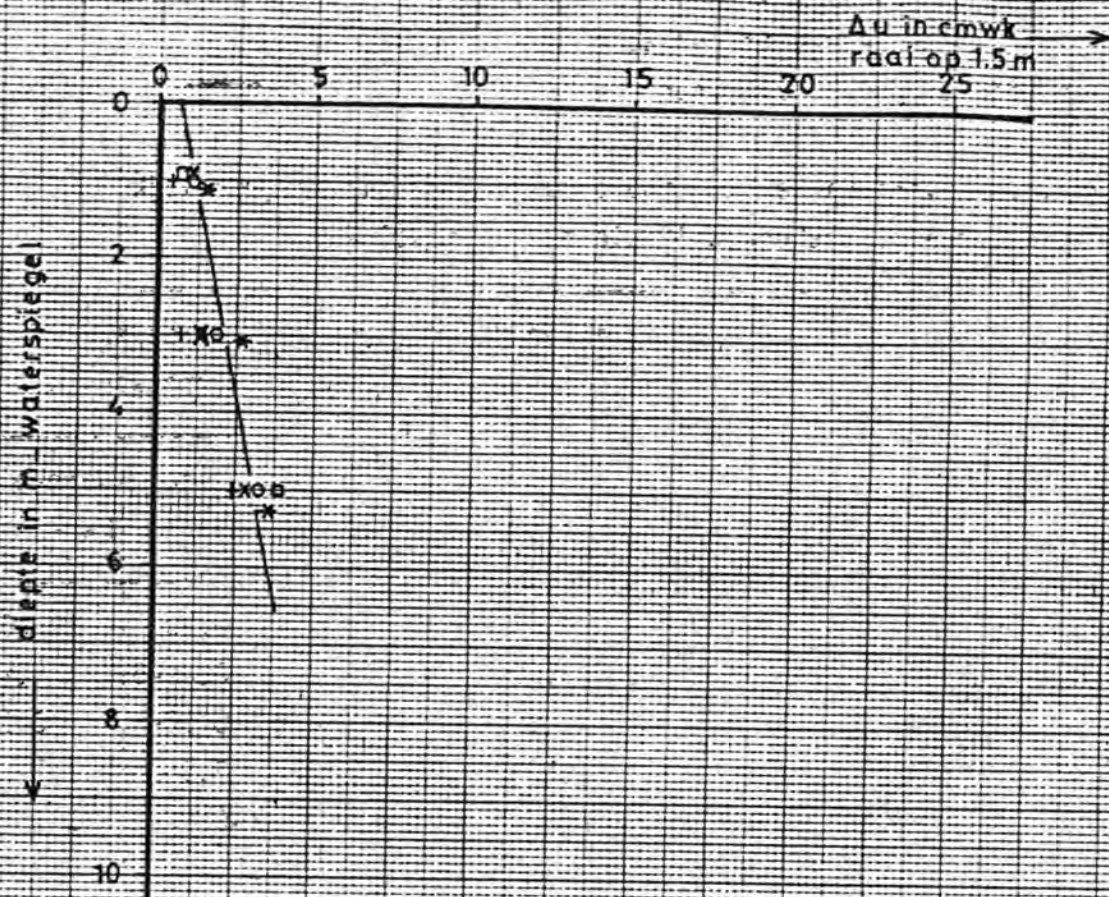
M.b.v. de verschillende uitgevoerde proeven is het mogelijk om na te gaan in hoeverre de "rekenregel" klopt (zie tabel A).

Omschrijving	Afmetingen trilplaat (m ²) L x B	Max. meewerkende watermassa (KN)	
		gemeten	berekend met M _w =
Lab. proeven met Dynapac platen	0,2 x 0,3	0,108	0,094
	0,28 x 0,42	0,2145	0,258
	0,22 x 0,315	0,109	0,12
Dynapacplaat	0,9 x 1,1	8,8	7
Dynapacplaat	2,5 x 2,5	140	123
Trilplaat Johan V	2,6 x 3,4	178	180

Tabel A: Vergelijking berekende t.o.v. gemeten meewerkende watermassa's

Uit tabel A blijkt dat de gemeten maximale meewerkende watermassa's vrij dicht bij de "theoretisch" berekende waarden liggen. Deze vergelijking bevestigt de juistheid van de zogenaamde "rekenregel" (vuistregel).

Uit het beschouwde blijkt dat de trilplaatmetingen of wel het horizontale plaatoppervlak wat de watermassa in beweging brengt, bij vlakke trilplaten, zeer belangrijk is.



PLAAT \sphericalangle 6.25m²
 MWM = 6 a 8 11

	f	η	ρ
PLAAT OP 6m	+ 15 Hz	42%	0.45
	o 17 Hz	45%	0.60
	o 19 Hz	35%	0.60
	x 21 Hz	40%	0.80
	x 23 Hz	35%	0.90



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telex: 33326 solab nl

d.d.

gpc
[Signature]

STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE
 TRILPLAAT PROEVEN

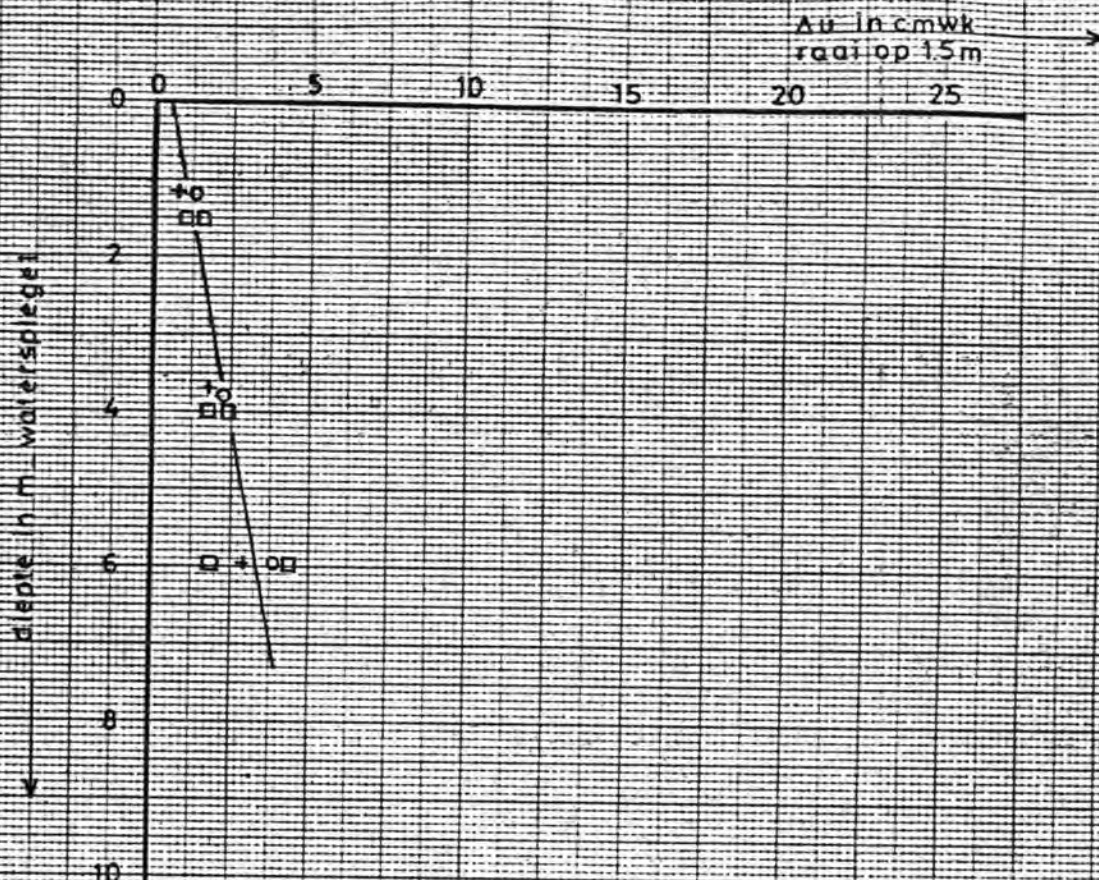
CO-405336

gpc.

DYNAPAC PLAAT MET LUCHTKLOK

BIJL. 1

form.
 A₄

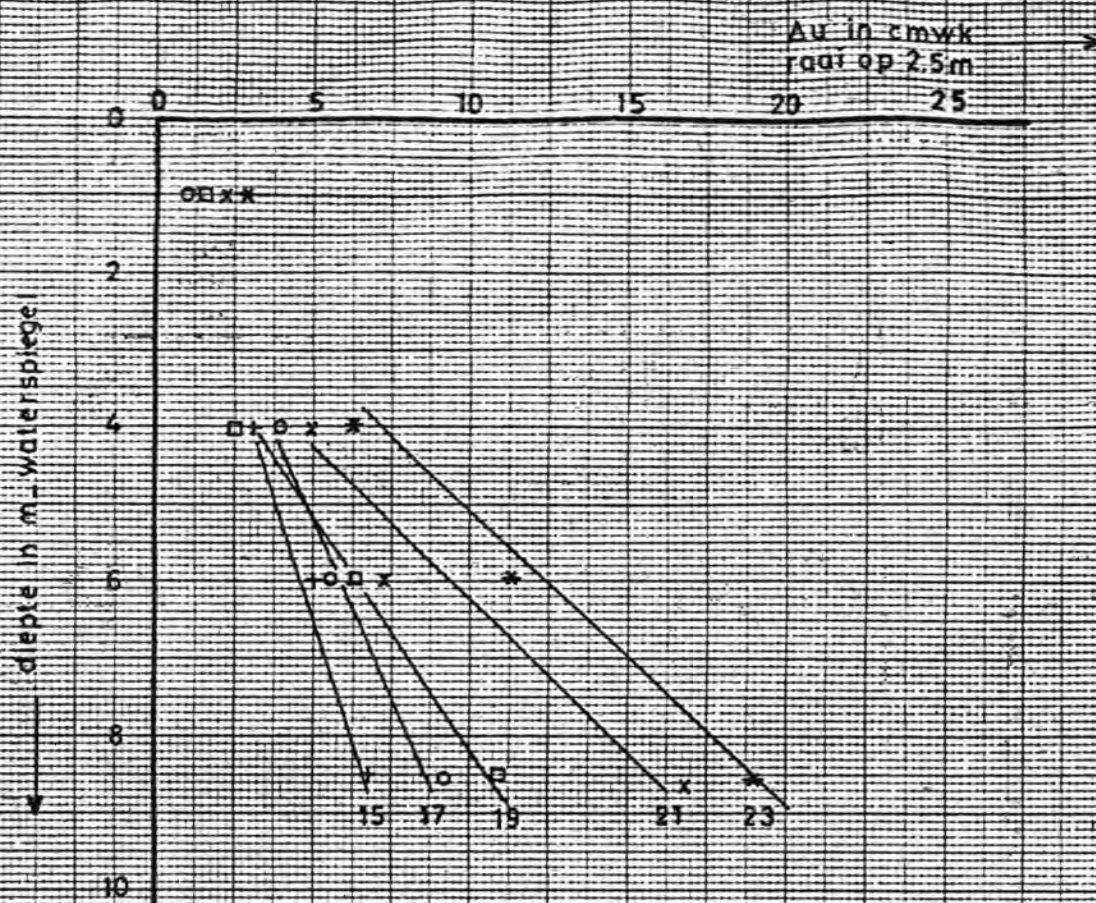


PLAAT \varnothing 6.25 m²
 MWM = 10 d 15 ft

PLAAT OP 6m -

+15 Hz	30-35%	0.26 resp. 0.30
o 19 Hz	22-36%	0.39 resp. 0.65
□ 23 Hz	25-65%	0.5 resp. 1.3

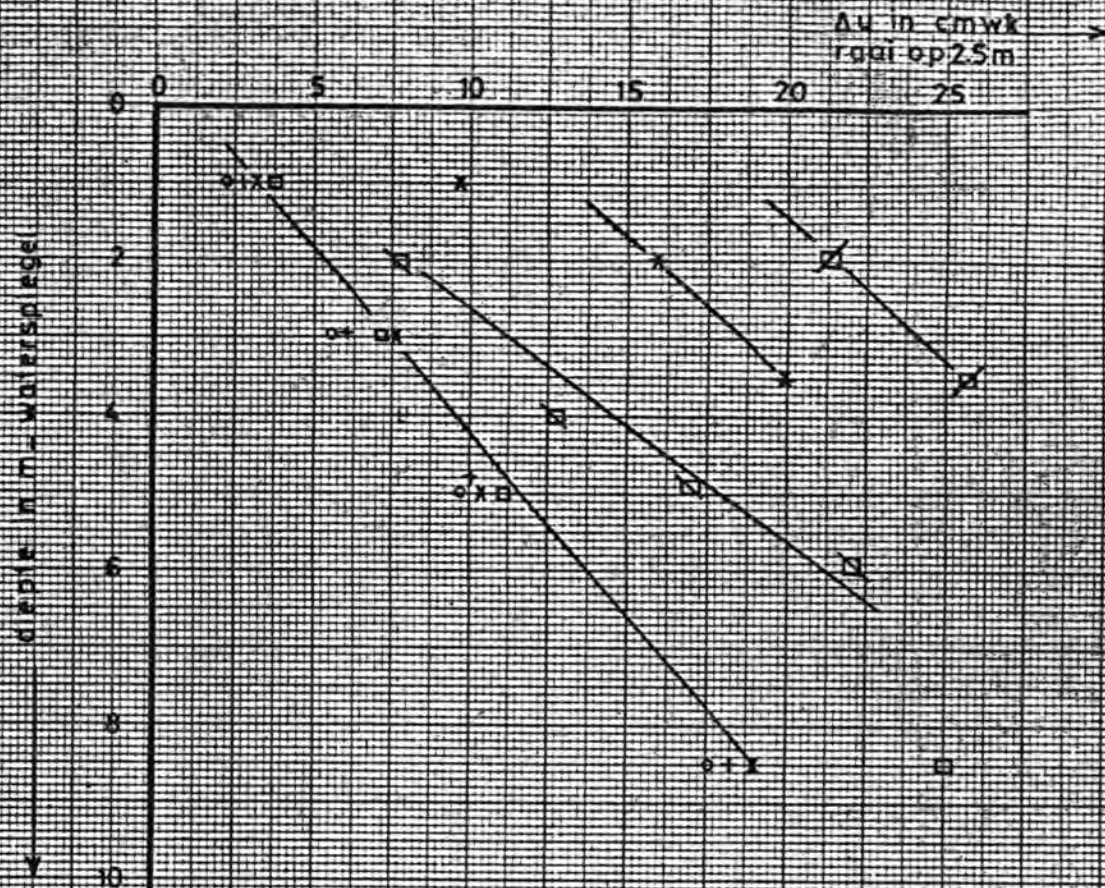
 laboratorium voor grondmechanica delft telefoon: (015) - 56 92 23 telex: 33326 solab nl	d.d.	 gec.
	STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE TRILPLAAT PROEVEN	
DYNAPAC PLAAT MET LUCHTKLOK	BIJL. 2	form. A ₄



PLAAT γ 9m² GAIPERCENTAGE 45%
 MWM 20411

f	η	g
15 Hz	93%	4.2
17 Hz	92%	6
19 Hz	88%	7.5
21 Hz	88%	9.7
23 Hz	85%	11.5

 laboratorium voor grondmechanica delft telefoon: (015) - 56 92 23 telex: 33326 solab nl	d.d.	 gec.
	STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE TRILPLAAT PROEVEN JOHAN V. FRITESNIJDERPLAAT	



$f = 23 \text{ Hz}$
 PLAAT $\sphericalangle 9 \text{ m}^2$
 MWM $\sphericalangle 103 \text{ kN}$

PLAATOP 11m	η	γ
□ 40% plaat	100	8.4
* 30% plaat	95	7.7
⊗ 20% plaat	83	7.6
○ 10% plaat	86	7.3
* 30% plaat	92	7.3
⊗ 40% plaat	85	7.1
□ 40% plaat	90	7.7



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 54 92 23

teleex: 33326 solab nl

d.d.

per
H. van der
Hout

STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE
TRILPLAAT PROEVEN

CO-405336

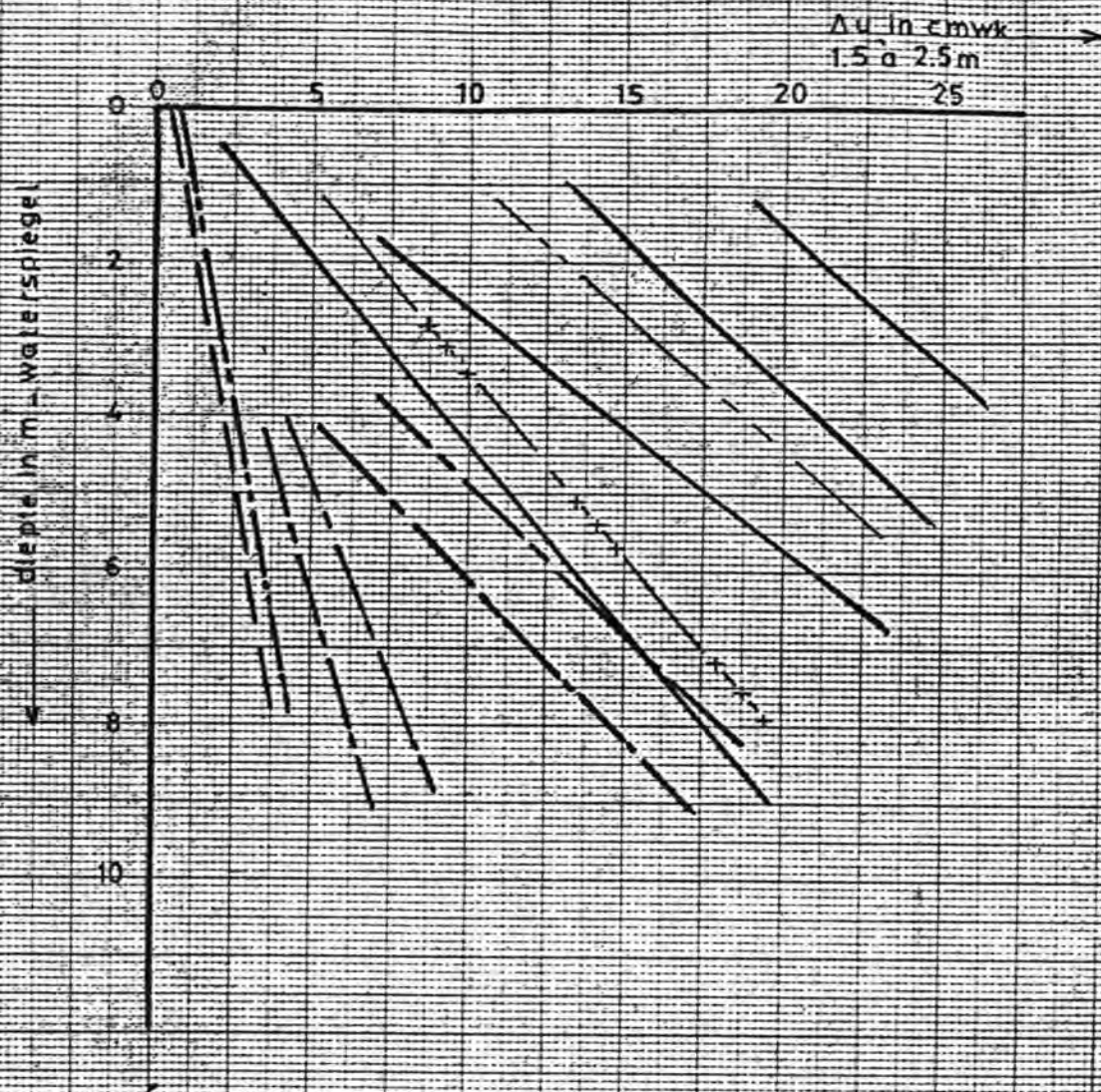
goc.

GEMODIFICEERDE FRITESNIJDER

BIJL. 4

form.

A₄



- GEMODIFICEERDE FRITESNIJDER
- DYNAPAC - MOD.
- - - FRITESNIJDER
- - - DYNAPAC - LUCHTKLOK
- JOHAN V ZONDER MODIFICATION
- · · · · JOHAN V 25% GATPERCENTAGE



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telefax: 33326 solab nl

d.d.

get.

H. Hoekstra

gec.

STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE
TRILPLAAT PROEVEN

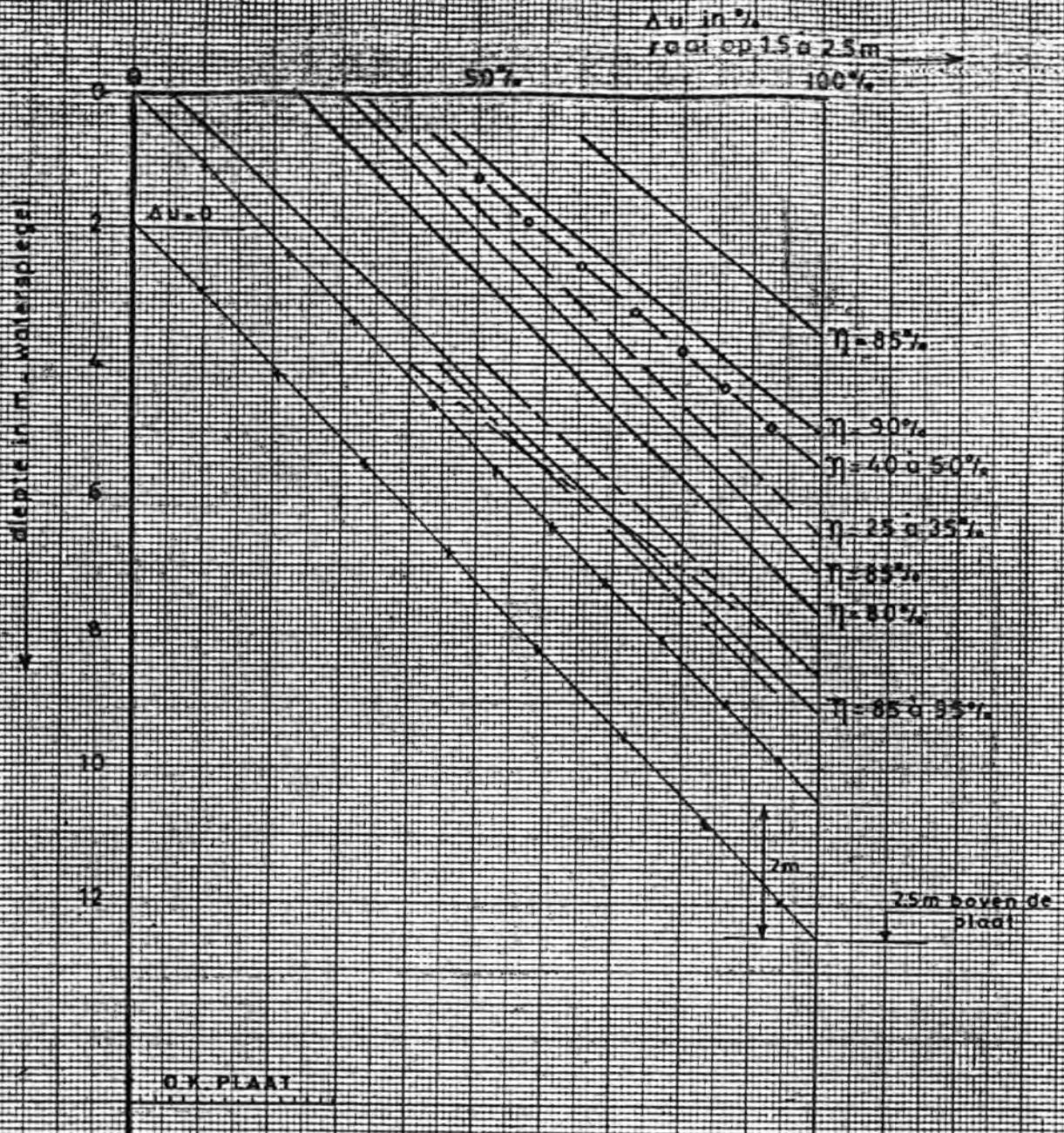
CO-405336

VERZAMELGRAFIEK WATEROVERSPANNING IN CMWK - DIEPTE.

BIJL. 5

form.

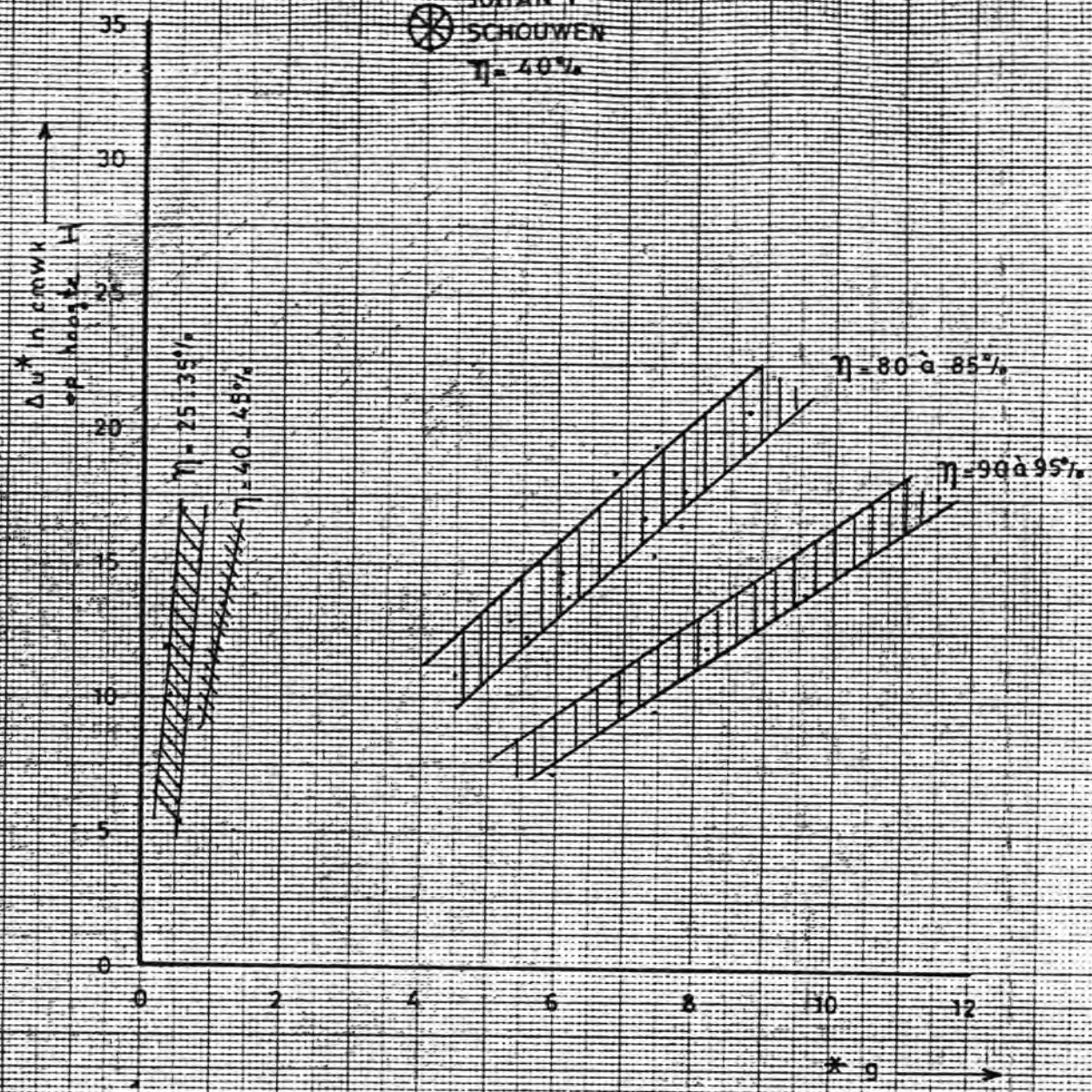
A₄




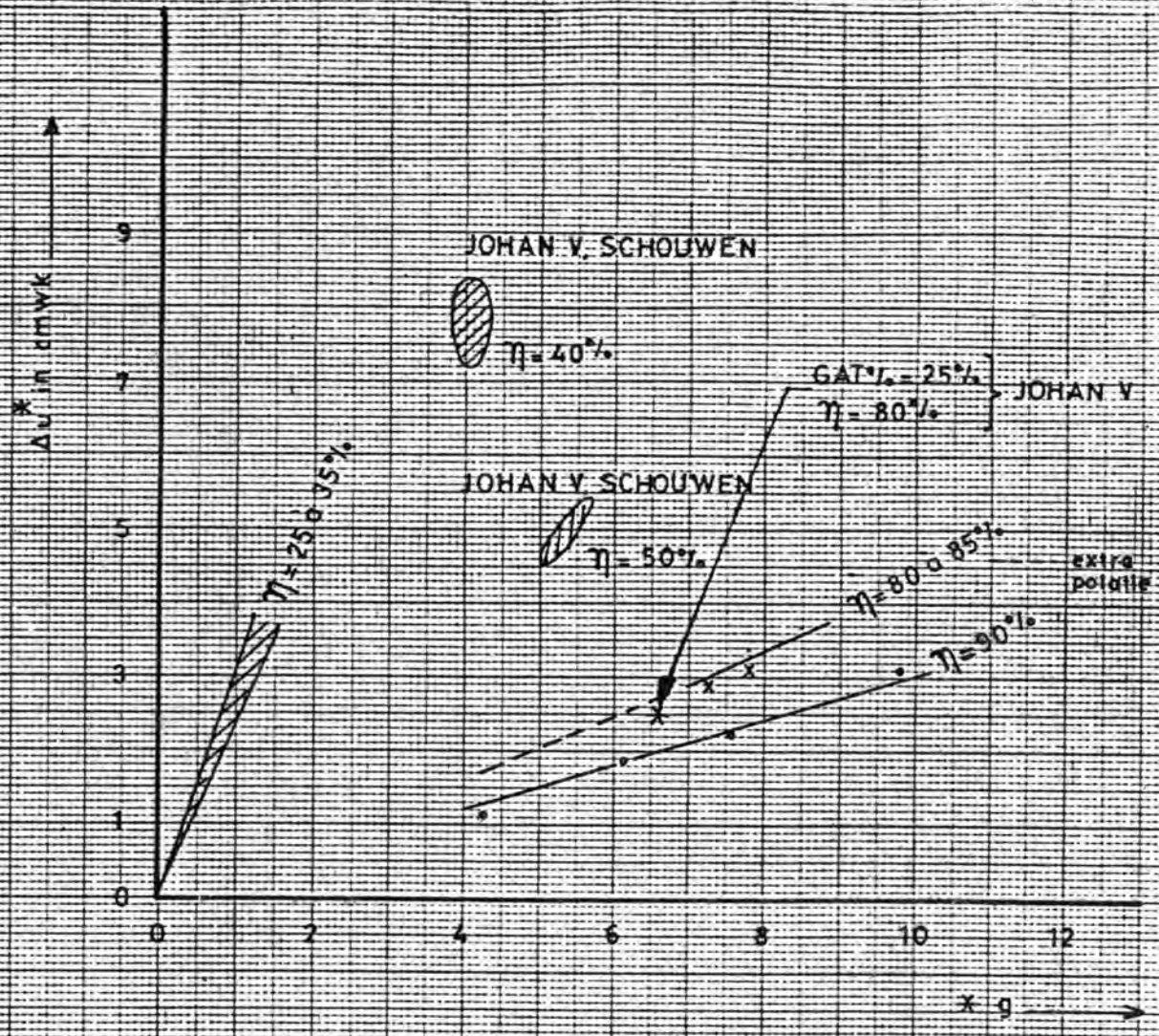
- DYNAPAC (2x)
- FRITESNIJDER
- GEMODIFICEERDE FRITESNIJDER
- ONGEMOD. JOHAN V PLAAT

 laboratorium voor grondmechanica delft telefoon: (015) - 56 92 23 telex: 33326 solab nl	d.d.	 gec.
	STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE TRILPLAAT PROEVEN	
VERZAMELGRAFIEK WATEROVERSPANNING IN %- DIEPTE	BIJL. 6	vorm. A₄

JOHAN V
SCHOUWEN
 $\eta = 40\%$



 laboratorium voor grondmechanica delft telefoon: (015) 56 92 23 telex: 33326 solab nl	d.d.	 gec.
	STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE TRILPLAATPROEVEN	



laboratorium voor grondmechanica delft
 telefoon: (015) - 58 92 23
 telex: 33326 solab nl

d.d.

[Handwritten signature]

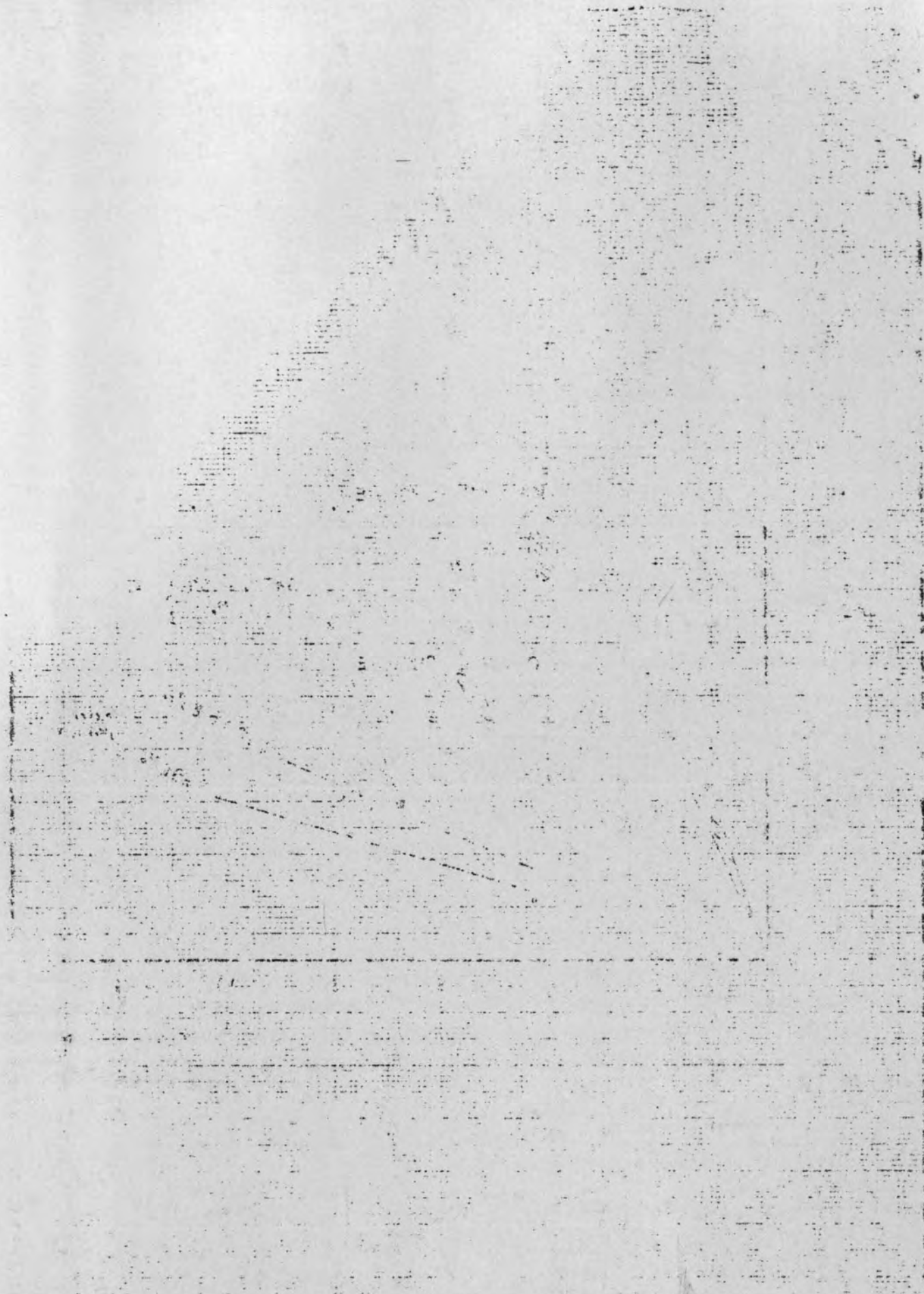
STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE
 TRILPLAAT PROEVEN

CO-405336

gec.

BIJL. 8

form.
 A₄



ACCEPTED

DATE: 10/10/50

1A 9 10/10/50

