



waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

buitenmeting spuisluis Haringvliet

AFGEHANDELD

evaluatieverslag

M 754 deel 4

oktober 1981

buitenmeting spuisluis Haringvliet

evaluatieverslag

M 754 deel 4

oktober 1981

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING

	pag.
<u>1</u> <u>Inleiding</u>	1
1.1 Algemeen.....	1
1.2 Samenvatting en konklusies.....	2
<u>2</u> <u>Doelstelling van de buitenmetingen</u>	4
<u>3</u> <u>Opzet van de meetinstallatie</u>	6
3.1 Beschrijving van de meetinstallatie.....	6
3.2 Evaluatie van de installatie.....	7
<u>4</u> <u>Metingen</u>	11
4.1 Opzet van het meetprogramma.....	11
4.2 Evaluatie van het meetprogramma.....	12
4.3 Evaluatie van de uitvoering van de metingen.....	14
<u>5</u> <u>Resultaten van de metingen</u>	16
5.1 Excitatiemetingen.....	16
5.2 Momentane korrelatiemetingen.....	17
5.2.1 Trillingmetingen.....	17
5.2.2 Golfbelastingmetingen.....	19
5.3 Tijdkorrelatiemetingen.....	20
5.4 Permanente bewakingmetingen.....	21
<u>6</u> <u>Evaluatie van de resultaten</u>	22
6.1 Vergelijking met oorspronkelijke modelmetingen.....	22
6.2 Vergelijking met aangenomen ontwerpbelastingen.....	23
6.3 Eindresultaat in het licht van de oorspronkelijke doelstelling..	23

INHOUDSOPGAVE (vervolg)

BIJLAGE 1: Nadere uitwerking van 52 gemeten golfklappen

BIJLAGE 2: Korrelaties tussen golfklappen en golfomstandigheden

LITERATUUR

TABELLEN 1 t/m 4

FIGUREN 1 t/m 23

Lijst van tabellen

1. Bepaling van de golfklapparameters
2. Bepaling van de uitgebreidheid van 9 golfklappen
3. Golfklappen met bijbehorende omstandigheden
4. Overzicht jaarlijkse onderzoekskosten

Lijst van figuren

1. Situatie van de spuisluis
2. Doorsnede van de spuisluis
3. Overzicht spuisluis
4. Posities van de drukopnemers op de zeeschuif
5. Posities van de drukopnemers op de rivierschuif
6. Pijlerdrukdoos
7. Posities van de versnellingsopnemer
8. Meetplaatsen van de rekstroken op de pendels
9. Meetplaatsen van de rekstroken op de poten van de zeeschuif
10. Meetplaatsen van de rekstroken op de poten van de rivierschuif
11. Schema van de metingen
12. Samenvatting van de resultaten van de trillingmetingen EZ3 t/m EZ8
13. Samenvatting van de resultaten van de trillingmetingen ER4 t/m ER11
14. Onderranden van zee- en rivierschuiven in model en prototype
15. Trillingamplituden in model en prototype: waarden die door 30% van de amplituden worden overschreden
16. Definities golfklapparameters
17. Voorbeeld golfklapsignaal: type a
18. Voorbeeld golfklapsignaal: type b
19. Voorbeeld golfklapsignaal: type c
20. Voorbeeld golfklapsignaal: type d, type e
21. Voorbeeld golfklapsignaal: type f
22. Voorbeeld golfklapsignaal: type g, type h
23. Golfklapverdelingen over de hoogte

SAMENVATTING

In dit verslag worden in het kort de doelstellingen van de metingen, de meetinstallatie, het meetprogramma, de uitvoering van de metingen en de meetresultaten beschreven en geëvalueerd. Voorts worden de meetresultaten vergeleken met de uitkomsten van het oorspronkelijk modelonderzoek en met de aangenomen ontwerpbelastingen. Tenslotte wordt het geheel geëvalueerd in het licht van de oorspronkelijke doelstelling van het projekt.

BUITENMETINGEN SPUISLUIS HARINGVLIET - EVALUATIEVERSLAG

1 Inleiding

1.1 Algemeen

De spuisluis in het Haringvliet heeft de functie van stormvloedkering en tevens die van regelkraan voor de waterhuishouding van het Noordelijk Delta-bekken. Bij het hydraulisch modelonderzoek ter begeleiding van het ontwerp is dan ook aandacht besteed aan zowel de belastingen door golven als die door stroom, en aan de responsie van de konstruktie op die belastingen.

Omstreeks 1960 werd besloten om na het gereedkomen van het spuisluiscomplex (zie situatie en doorsnede in de figuren 1 en 2) prototype-metingen te verrichten naar de optredende belastingen door golven en stroom en de responsie van de konstruktie daarop. Het Waterloopkundig Laboratorium kreeg opdracht van de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat om de metingen voor te bereiden, de meetapparatuur te (doen) ontwikkelen en te (doen) installeren en de metingen te verrichten.

De voorbereiding van de metingen is uitgevoerd in nauw overleg met de verschillende bij het projekt betrokken diensten van de Rijkswaterstaat. In een later stadium werd hiertoe de Werkgroep Bewakingsmetingen ingesteld, bestaande uit vertegenwoordigers van:

- Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst
- Direktie Benedenrivieren, Arrondissement Dordrecht
- Direktie Bruggen
- Direktie Sluizen en Stuwen
- Instituut TNO voor Werktuigkundige Constructies (TNO-IWECO)
- Waterloopkundig Laboratorium.

Deze werkgroep was ook belast met de begeleiding van de feitelijke metingen.

De meetinstallatie is ontworpen in samenwerking met TNO-IWECO die ook de bouw van de installatie grotendeels heeft uitgevoerd. Een beschrijving van de meetinstallatie wordt gegeven in [3].

Om de dynamische eigenschappen van de schuiven en de liggers te bepalen zijn

door TNO-IWECO tussen november 1966 en juni 1967 excitatiemetingen uitgevoerd, zowel in de droge bouwput als in de gedeeltelijk en de volledig geïnundeerde situatie [4, 5, 6, 7, 8].

Vanaf de ingebruikneming van de spuisluis, omstreeks augustus 1970, zijn door het Waterloopkundig Laboratorium de eigenlijke metingen verricht. De resultaten zijn voor een belangrijk deel vastgelegd in de tussentijdse verslagen [10, 11, 12]. In oktober 1979 werd, na een meetperiode van bijna 10 jaren, door de Deltadienst van de Rijkswaterstaat besloten om de metingen te beëindigen en het projekt af te sluiten met een evaluatieverslag. In het voorliggende verslag worden het projekt en de resultaten ervan beschreven en beoordeeld, en wordt waar mogelijk aangegeven hoe een toekomstig projekt van een dergelijke aard qua opzet en uitvoering verbeterd kan worden.

De buitenmetingen zijn uitgevoerd door P. Bosland en (achtereenvolgens) ir J.D. van den Bunt, ir. P. van Groen, ir. J.D. van den Bunt en ir. A.C.M. Vermeer. De beide laatsten zijn tevens verantwoordelijk voor dit Evaluatieverslag.

1.2 Samenvatting en konklusies

In dit evaluatieverslag worden in het kort de meetinstallatie, het vooropgezette meetprogramma en de uitvoering van de metingen beschreven en wordt beoordeeld in welke opzichten deze wel en niet aan het doel hebben beantwoord. Voorts worden de in eerdere verslagen gepresenteerde meetresultaten samengevat en wordt in Bijlage 1 een nadere analyse van de golfklapvormen en de uitgebreidheid van de klap gegeven. Deze meetresultaten worden voorzover mogelijk vergeleken met de oorspronkelijke modelmetingen en met de aangenomen ontwerpbelastingen. Tenslotte wordt het projekt in zijn totaliteit geëvalueerd in het licht van de oorspronkelijke doelstelling.

Ten aanzien van de meetinstallatie en het meetprogramma worden enkele tekortkomingen vermeld en suggesties voor verbeteringen gegeven in par. 3.2 en par. 4.2.

Voor wat betreft de uitvoering van de metingen werd het beeld bepaald door het feit dat de golfklappen veel geringer in aantal en in grootte waren dan op grond van het vroegere modelonderzoek werd verwacht. Daardoor hadden de me-

tingen voornamelijk het karakter van "klappen zoeken" aan de hand van papierregistraties en werd weinig op magneetband geregistreerd voor nadere uitwerking en bestudering.

In totaal zijn ca. 180 golfklappen met drukpieken groter dan 10 kPa waargenomen. Daarvan zijn er 52 nader bestudeerd, zie Bijlage 1. Verder is getracht het optreden van klappen te korreleren aan de golfomstandigheden, zie Bijlage 2. Dit leverde echter geen belangwekkende uitkomsten op.

De hoogste waargenomen drukpiek over een meetduur van bijna 10 jaren bedroeg 75 kPa, ongeveer een derde van de maximale druk die ooit in het model werd waargenomen. De ruimtelijke uitgebreidheid was eveneens gering vergeleken met het model, waardoor de klappen ook nauwelijks doorkwamen in de pootkrachten. De oorzaken worden voornamelijk gezocht in de destijds toegepaste techniek voor de golfopwekking.

Vergeleken met de aangenomen ontwerpbelastingen kan ruwweg worden geschat dat de optredende belastingen een faktor kleiner zijn, en wel voor de plaatselijke belasting (geïntegreerd over de schuifhoogte) een faktor 1,5 à 2, voor de poot een faktor 3 à 5, voor de schuif een faktor 5 à 10 en voor het hefwerk een faktor > 10. (Voor deze vergelijking zijn ontwerpbelastingen en optredende belastingen uiteraard naar dezelfde overschrijdingsfrequenties gereduceerd).

De trillingmetingen zijn geslaagd, de trillingen van de zeeschuif (in principe de regelschuif) waren zeer gering, die van de rivierschuif waren groter dan in het oorspronkelijke model maar nog steeds gering t.o.v. de trillingen tijdens heffen en strijken van de schuif.

De tijdkorrelatiemetingen moeten door technische problemen als verloren worden beschouwd. De pendelkrachtbewaking vertoonde zoveel storingen dat deze niet aan het doel beantwoordde.

De totaal-evaluatie van het projekt is gemengd. Positief is dat vastgesteld kon worden dat noch uit trillingen noch uit golfklappen omstandigheden voortkomen die beperkend zijn voor de bedrijfsvoering of andere voorzorgen vergen. Negatief is dat het projekt geen resultaten heeft opgeleverd op grond waarvan nadere fysische kennis met betrekking tot golfklapverschijnselen ontwikkeld kunnen worden.

2 Doelstelling van de buitenmetingen

De oorspronkelijke doelstelling van de metingen is geformuleerd in het uitgewerkte voorstel van het onderzoek [1] waarvan hierna het hoofdstuk "Doel van de metingen" wordt geciteerd.

De metingen zijn zo ingericht dat ze gegevens verschaffen waarmee een inzicht kan worden verkregen in de voor de belasting bepalende omstandigheden, de aard van de belasting en de responsie van de konstruktie op een belasting. Op grond van deze gegevens kan worden nagegaan in hoeverre de door de extrapolatie verkregen ontwerpgolf, de uit modelproeven bepaalde ontwerpbelastingen en de langs verschillende wegen berekende responsie van de konstruktie, juiste grondslagen zijn geweest voor het ontwerp van het kunstwerk.

Hoewel deze controle op zichzelf van belang is, is van minstens even grote betekenis het verkrijgen van gegevens die, gezien vanuit wetenschappelijk standpunt, bepalend zijn voor een verder inzicht op het gebied van golfopwekking, de golfvervorming en de golfbelasting. Daarnaast zal op grond van de metingen het bedrijf van de sluis nader kunnen worden gespecificeerd.

Samenvattend zal de volgende informatie van belang zijn:

1. Karakteristieke grootheden van de konstruktie;
 - controle op de uitgangspunten voor model en berekening.
2. Golftoestand in de nabijheid van het kunstwerk
 - controle op de voor het ontwerp aangehouden golfkriteria.
3. Verband tussen golftoestand en belastingtoestand;
 - controle op de modelmetingen, bepaling van de belastingspreiding, algemene studie over golfbelasting.
4. Verband tussen golfvorm en golfklap;
 - algemene studie over de modelwetten voor het golfklapverschijnsel en fysische achtergrond van de golfklap.
5. Transmissie van golfbelasting in de konstruktie, te weten:
 - pootkrachten en krachten in nabla-ligger en hefwerk bij diverse standen

- van de schuiven;
- controle op en beschouwing van de responsieberekening en het modelonderzoek met het elastisch gelijkvormige model en het hefkrachtenmodel.
6. Reactie van schuiven en hefwerktuigen op de onderdoorstroming bij gedeeltelijk geheven schuiven (zonder golfactiviteit);
- controle op het modelonderzoek van de trillingsverschijnselen
7. Vastleggen van omstandigheden waaronder het kunstwerk verkeert;
- van belang voor bedrijfsvoorschriften, beveiligingsinrichtingen, reparaties, vervanging, beoordeling van schade en criteria voor nieuwe konstrukties.

3 Opzet van de meetinstallatie

Als richtlijn voor de opzet van de installatie diende de eerder genoemde Nota [1]. De gerealiseerde installatie staat volledig beschreven in [3], met dien verstande dat later door het WL hierop een aanvulling met betrekking tot de computereenheid is geschreven. Een globale beschrijving van de meetinstallatie wordt gegeven in de navolgende paragraaf.

3.1 Beschrijving van de meetinstallatie

De meetinstallatie was voornamelijk gekoncentreerd in vak 8 in het midden van de spuisluis (zie figuur 3). Er waren in totaal 63 opnemers aangebracht (zie ook het schema in figuur 11):

- 35 drukopnemers op zeeschuif 8 (figuur 4), rivierschuif 8 (figuur 5) en pijler 8 (figuur 6)
- 10 versnellingsopnemers (figuur 7)
- 4 rekstrookbruggen voor de golfklapopnemer (pijlerdrukdoos) (figuur 6)
- 4 rekstrookbruggen voor de twee hefkonstrukties van de zeeschuif en die van de rivierschuif (figuur 8)
- 7 rekstrookbruggen voor de poten 1, 2, 3 (2x) en 4 van de zeeschuif (figuur 9) en voor poot 3 (2x) van de rivierschuif (figuur 10)
- 3 rekstrookbruggen voor zeeschuif 1 poot 1, zeeschuif 2 poot 3 en zeeschuif 16 poot 3 (zie eveneens figuur 9).

Al deze kanalen kwamen samen in een geklimatiseerde meetruimte die zich in de middelste driehoek van de nabla-lijger bevond. Deze meetruimte bevatte een aansluitkast met voedings-, versterker-, doorverbindings-, afregel- en kalibratie-eenheden, en de registratieapparatuur. Geregistreerd werd op vier zeven-kanaals analoge magneetbandopnemers en op een 8 kanaals u-v-recorder.

In deze meetruimte kwamen ook binnen de signalen van 2 golfhoogtemeters, op 1,25 en 2,5 m voor pijler 8, geïnstalleerd door en in beheer bij de Rijkswaterstaat. De meetruimte bevatte verder een computeraansluiting en een procescomputer met in- en uitvoereenheden voor de tijdkorrelatiemetingen. Ten behoeve van de momentane korrelatiemetingen had de Rijkswaterstaat een radareenheid opgesteld om daarmee het golfpatroon voor de schuif te kunnen vastleggen. Tenslotte bevatte de meetruimte nog een bescheiden kantoor-annex keukenruimte.

Verder konden van verschillende diensten van de Rijkswaterstaat gegevens worden verkregen betreffende wind, golven op 1 km buiten en binnen de spuilsuis, waterstanden en schuifstanden.

Om het functioneren van de tijdkorrelatiemetingen te kunnen controleren en een indruk van de optredende belastingen te kunnen krijgen werd een aantal gegevens via de procescomputer continu aan een telefoonbeantwoordingsapparaat doorgemeld.

3.2 Evaluatie van de installatie

Wanneer een beoordeling wordt gegeven van het ontwerp en van de realisatie van de meetopstelling moet een zo groot mogelijke objectiviteit in acht worden genomen. Het oordeel wordt geformuleerd in 1981 over een installatie die is ontworpen in 1965 tot 1968. In de jaren 1965 tot 1970 is de techniek in de elektronika sterk ontwikkeld waardoor na het gereedkomen van de apparatuur in 1970 deze in feite reeds verouderd was. Dit geldt voor het analoge verwerkingsdeel maar sterker nog voor het computerdeel: real time data processing stond in de kinderschoenen en voor het Waterloopkundig Laboratorium was dit het eerste projekt van die aard. Verder is na een meetperiode van 10 jaar een aantal zaken bekend geworden (m.n. de grootte van de golfklappen) die bij bekendheid vooraf tot een andere meetopstelling hadden geleid.

Het voorgaande in acht nemend mag worden gesteld dat de meetinstallatie zorgvuldig is voorbereid en, gegeven de toenmalige stand van de techniek, goed is uitgevoerd. Niettemin kan een aantal tekortkomingen worden aangeduid. Sommige hiervan hadden voorzien kunnen worden, de meeste zijn konstateringen achteraf. Hierna volgt een opsomming van de belangrijkste punten.

a. meetbereik en nulpuntstabiliteit van de drukopnemers

Het bereik van de drukopnemers van 1750 kPa is groot te noemen in vergelijking met de maximale druk van de orde van 400 kPa die in het onderzoek M 399 bij zeer extreme omstandigheden werd waargenomen. Deze metingen werden echter verricht volgens de toenmalige stand van de modeltechniek, d.w.z. bij sterk overdreven windsnelheden, wat een sterke overschatting van de drukpieken oplevert. De grootste klap die tijdens de buitenmetingen is waargenomen gaf een drukpiek van 75 kPa. Het bereik van de drukopnemers had dus minstens een faktor 10 kleiner kunnen zijn. (In 1977 moesten 10 opnemers worden vervangen

waarvoor opnemers met een bereik van 200 kPa zijn gekozen). Door de geringe grootte van de optredende drukken t.o.v. het meetbereik waren de meetsignalen erg storinggevoelig en traden nulpunt-instabiliteiten op die voor de tijdkorrelatiemetingen vaak tot onbruikbare resultaten leidden.

b. Valse spijkers

Door schakelpieken en andere vervuillingsbronnen van het elektriciteitsnet traden veelvuldig spijkers op het meetsignaal op waarvan het effect nog werd versterkt door de kleine verhouding tussen signaalgrootte en max. meetbereik. Door de momentane korrelatiemetingen waren deze signaalpieken bijna altijd als stoorpieken te herkennen. Voor de tijdkorrelatiemetingen (automatische computerverwerking) waren ze alleen als stoorpieken herkenbaar bij rustig weer en niet tijdens de meer interessante omstandigheden. Hoewel bij de huidige stand van de elektronikatechniek meer dan 90% van de netstoringen niet tot het meetsignaal zou doordringen valt ook thans automatische verwerking zonder de mogelijkheid tot nakontroleniet aan te bevelen.

c. Permantent bewakingsmetingen

De pendelkrachtbewaking is erg storinggevoelig gebleken. Deze storingen waren het gevolg van enerzijds de vervuiling van het elektriciteitsnet en anderzijds de lange signaalkabel (ca. 750 m) tussen meetkabine en bedieningsgebouw, lopend door een storingrijke omgeving. Daardoor werden in het bedieningsgebouw zo veelvuldig valse alarmmeldingen gegeven dat het systeem niet optimaal aan zijn doel beantwoordde.

d. Plaatpijlerdrukdoos

De pijlerdrukdoos, bedoeld om golfklapverschijnselen in meer fundamentele zin te onderzoeken, is gemonteerd met het hart op NAP +0,15 m. Gegeven de korrelatie tussen waterstanden en het optreden van golfklappen had de pijlerdrukdoos beter ca. 1,5 m hoger geplaatst kunnen worden. Op de schuif zelf zijn op niveau's van NAP +0,55 of lager over de meetperiode van 10 jaren slechts 6 klappen met een piekdruk van meer dan 10 kPa gekonstateerd. Op de pijlerdrukdoos zelf zijn nooit klappen gemeten. Overigens is omstreeks 1976 een van de rekstrookbruggen van de grote opnemers stuk gegaan. Deze kon niet eenvoudig gerepareerd worden aangezien het ontwerp van de opnemer dit niet toestond.

e. Verplaatsing versnellingsopnemers

De meetinstallatie bevat 5 versnellingsopnemers in de zeeschuif en 5 in de rivierschuif. Tussen trillingsmetingen en golfklapmetingen en vice versa moesten de plaats en de meetrichting van deze opnemers door hermontage gewijzigd worden. Aangezien hoge afvoer door de betreffende spuiopening en storm slecht voorspelbaar waren, en het hermonteren in een natte schuif gevaarlijke situaties gaf moet deze bezuiniging op opnemers onjuist genoemd worden.

f. Golfbaken

De kabelvormige golfbakens voor pijler 8 hadden weliswaar een grote voorspanning maar interpretatie van het signaal in samenhang met de registratie van de pijlerdrukdoos zou toch moeilijk zijn geweest in verband met de grote horizontale uitwijkingen van de bakens tengevolge van de golven. Verder gaven ze na een spuiperiode, wanneer er zoet water voor de sluis aanwezig was, geen signaal. Tenslotte zijn ze door technische gebreken verschillende malen langere tijd buiten bedrijf geweest.

g. Golfpalen

Op ca. 1 km zeewaarts en rivierwaarts van de spuisluis stonden golfpalen. De meetresultaten waren echter moeilijk te interpreteren doordat het aandeel van de golfreflektie vanaf de sluis niet te herleiden was.

h. Radaropnamen van het golfbeeld

In de "Leidraad" werd gesteld dat "...het golfpatroon zou kunnen worden bepaald met behulp van radarfoto's, die door de Waterloopkundige Afdeling beschikbaar worden gesteld...". Inderdaad is een radareenheid ter plaatse opgesteld, doch deze heeft nooit goed gefunctioneerd.

i. Onderhoud van de meetinstallatie

De bedoeling was dat de apparatuur ca. 10 jaar zou functioneren. Vastgesteld moet worden dat de bekabeling, ook onder water, nooit problemen heeft gegeven. Ook de versnellingsopnemers en de rekstrookopnemers op de poten hebben zich goed gehouden. Een groot aantal drukopnemers en ook versterkers zijn in de loop van de tijd problemen gaan geven. In de beginperiode worden steeds ad hoc onderhoud en reparaties gepleegd terwijl later nogal eens defekte opnemers werden uitgewisseld voor goede opnemers die zich, naar toen inmiddels kon worden beoordeeld, op minder interessante lokaties bevonden. Verder is de dokumentatie van aangebrachte wijzigingen niet steeds optimaal geweest. Meer

planmatig onderhoud begeleid door zorgvuldige dokumentatie was op zijn plaats geweest.

Verder is in de loop van de tijd de behoefte ontstaan om de opnemers statisch te testen en te her-ijken, dit mede in verband met de aangroei van zeepokken op de drukopnemers.

4 Metingen

4.1 Opzet van het meetprogramma

De doelstellingen van de buitenmetingen zijn uitgewerkt in nauw overleg met alle betrokken Direkties van de Rijkswaterstaat, vertegenwoordigd in de zogenaamde "Werkgroep Bewakingsmetingen". Het resultaat van deze uitwerking is neergelegd in de "Leidraad voor de metingen aan de voltooide spuisluis in het Haringvliet" [2], hierna kortweg "Leidraad" te noemen. Het programma omvat vier groepen metingen die hierna kort worden omschreven.

A Excitatiemetingen ter bepaling van de relevante dynamische eigenschappen van de nablaligger en de zeeschuif, en van de invloed van het omringende water op deze eigenschappen.

B Momentane korrelatiemetingen, uit te voeren bij extreme omstandigheden, ter bepaling van de direkte samenhang tussen uitwendige omstandigheden, belastingen op de konstruktie en responsie van de konstruktie op die belastingen. Aan de hand van de resultaten, diende te worden vastgesteld of bij bepaalde omstandigheden beperkingen aan de bedrijfsvoering opgelegd moeten worden. Verder moesten de momentane korrelatiemetingen een aanvulling geven op de statistische gegevens, verkregen met de onder C te noemen metingen, met name voor extreme omstandigheden.

Om verschillende specifieke aspecten van golf- en stroomaanval te kunnen bestuderen zijn tien meetprogramma's opgesteld, zie ook figuur 11, met selecties uit het totale aantal meetkanalen, t.w.:

B1 Bij golfaanval uit zee

- B1 - 1 Belasting van hefkonstrukties van zee- en rivierschuif 8
- B1 - 2 Belastingen in detail op de pijlerdrukdoos
- B1 - 3 Uitgebreidheid van de golfklap en verdeling van de golfbelasting over de poten van de zeeschuif 8
- B1 - 4 Meetrillende watermassa
- B1 - 5 Golfspreiding over het sluisfront en golfdemping in de landhoofden
- B1 - 6 Krachten op de rivierschuif 8 bij geopende zeeschuif 8

B2 Bij golfaanval uit het Haringvliet

B2 - 1 Uitgebreidheid en verdeling golfbelasting over rivierschuif 8

B2 - 2 Meetrillende watermassa

B3 Bij windstil weer

B3 - 1 Trillen van zeeschuif 8 bij onderdoorstroming

B3 - 2 Trillen van rivierschuif 8 bij onderdoorstroming.

C Tijdkorrelatiemetingen met als doel het verzamelen van statistische gegevens betreffende de omstandigheden op zee en de belastingen op het kunstwerk.

D Permanente bewakingsmetingen waarbij in de centrale bedieningsruimte signaleringen werden gegeven wanneer de belastingen in een hefkonstruktie van zee- of rivierschuif 8 bepaalde waarden overschrijden. Deze bewaking is tot de hefwerken beperkt omdat deze de zwakste schakels in het geheel werden geacht. Opgemerkt moet worden dat in afwijking van de "Leidraad" het bewakingssyteem van het hefwerk van de rivierschuif nooit is gerealiseerd.

4.2 Evaluatie van het meetprogramma

Nadat bijna 10 jaar met het meetprogramma is gewerkt kan worden gesteld dat het in grote lijn een zeer geschikt en goed bruikbaar meetprogramma was. Niettemin zou met de huidige inzichten en technische mogelijkheden een nu opgesteld programma er anders uitzien. Een aantal opmerkingen in die richting volgt hierna.

a. Momentane korrelatiemetingen als aanvulling op tijdkorrelatiemetingen

Als één van de doelstellingen van de momentane korrelatiemetingen is gesteld het aanvullen van de tijdkorrelatiemetingen, met name bij extreme omstandigheden. Een bezwaar hierbij was dat tijdens momentane korrelatiemetingen de tijdkorrelatiemetingen moesten worden onderbroken. Voor eerstgenoemde metingen moesten keuzen uit een tiental combinaties van opnemers worden gemaakt, waardoor het statistisch materiaal voor de juist zo interessante stormperiodes niet geheel compleet kon worden gehouden.

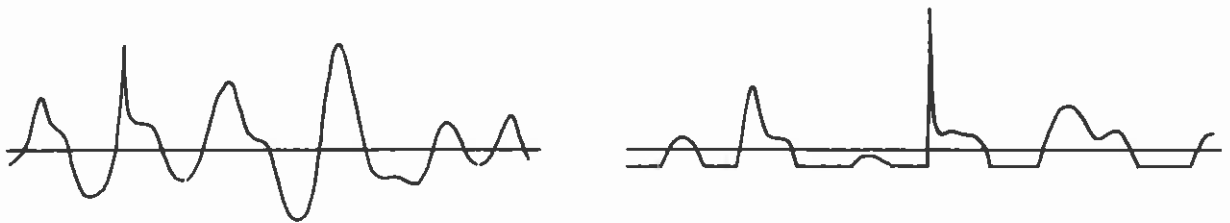
b. Programmakeuze bij momentane korrelatiemetingen

Het overschakelen van de ene meting op de andere bleek in de praktijk erg hinderlijk en tijdrovend. Een wat duurdere maar betere aanpak is om alle

signalen simultaan te registreren. Wel zou dan nog onderscheid kunnen worden gemaakt tussen golfaanval uit NW en uit SE op zee- en rivierschuif om het max. aantal kanalen tot ca. 35 te beperken, en eventueel zou een iets verdere beperking van het aantal opnemers nog wel aanvaardbaar zijn geweest. Bij de analyse van de meetresultaten kan dan een vrije keuze voor de te onderzoeken betrekkingen worden gemaakt. Door de registratieperioden af te stemmen op die van de tijdkorrelatiemetingen zou tevens het onder a genoemde bezwaar kunnen worden ondervangen.

c. Verwerking van de golfdruksignalen t.b.v. de tijdkorrelatiemetingen

Om de invloed van het verticale getij op de druksignalen te elimineren is een zogenaamde DC-ontkoppeling ingebouwd die elektrisch een soort glijdend gemiddelde genereert. De computer turft dan de drukpieken ten opzichte van dit glijdend gemiddelde. Echter, voor de opnemers die rond de stilwaterlijn liggen, en voor wat betreft golfklappen zijn dit de meest interessante, wordt zo een zeer willekeurig en niet te herleiden nulniveau gegenereerd.



opnemer onder water
"nul" $\hat{=}$ stilwaterlijn

opnemer rond stilwaterlijn
"nul" is oncontroleerbaar

Een andere verwerkingsmethode had dit kunnen voorkomen, bijvoorbeeld nul-top én nul-dal waarden turven, of on-line de waterstand aftrekken.

Zo men wil kan verder nog een vraagteken worden gezet bij de bemonsteringsfrequentie. Achter de drukopnemers zijn (elektrisch) zogenaamde dynamische geheugens geplaatst die de maximale waarde van een zeer kort durende drukpiek even vasthoudt. Zo wordt vermeden dat de computer, die een tiental kanalen aftast, juist de scherpe piek zou missen. Niettemin is een bemonsteringsfrequentie van 1000 Hz opgelegd wat, zeker gezien de gebleken aard van de golfbelastingen, een overdreven hoge frequentie is (en destijds bij het programmeren nogal wat

problemen heeft gegeven).

d Printer uitvoer

Verzuimd is om in de uitvoer van de Teletype het golfsignaal zelf en het totale aantal golven op te nemen.

4.3 Evaluatie van de uitvoering van de metingen

a. Excitatiemetingen

Over de uitvoering van de excitatiemetingen aan schuiven en nablaligger zijn in feite geen opmerkingen. TNO-IWECO heeft de metingen korrekt uitgevoerd en verwerkt.

b. Momentane korrelatiemetingen

De bepalende faktor, zowel fysisch als psychologisch, bij de uitvoering van deze metingen was het v er bij de verwachtingen achterblijven van de dynamische golfbelastingen. Op basis van het modelonderzoek mochten frekwent optredende golfklappen worden verwacht. Met verder de visuele indrukken van de klappen op het kruinelement van de golfbrekers van IJmuiden (waar de pijlerdrukdoos is beproefd) nog voor ogen, waren de omstandigheden voor de schuiven van de spuisluis bepaald oninteressant en saai te noemen. Anekdotisch is dat een glasraam met een handbediende ruitenwisser was gemaakt om in de nablaligger tegen een mangat te zetten en zo de golven bij de schuif te kunnen bekijken. De realiteit was dat ook bij de zwaarste stormen dit mangat kon worden gepasseerd en de schuifpoten begaanbaar waren tot op enkele meters van de schuif, en veelal zelfs tot aan de schuif.

De weinig spannende verschijnselen hebben niet verhinderd dat het stand by zijn en uitrukken bij verwachte NW-storm en het uitvoeren van de metingen door het 2   3-mans team van het Waterloopkundig Laboratorium uitstekend zijn verricht. Met enige trots kan worden gesteld dat geen enkele storm aan de aandacht is ontsnapt en men zelfs bij de storm van 21 september 1973, die slechts 2 uur van te voren door het KNMI werd voorzien, op tijd ter plekke was. Door het zo weinig frekwent voorkomen van golfklappen hebben de metingen zelf een ander karakter gekregen dan bedoeld was. Niet het opnemen van de uitgebreidheid, de verdeling of de responsie van de klap, maar het wanhopig wachten op en zoeken naar golfklappen van enige importantie werd hoofdzaak. Daarbij werd doorgaans van een aantal drukopnemers rond de waterlijn het signaal geregistreerd op papier en pas wanneer die voldoende interessant waren

werden de metingen volgens de Leidraad uitgevoerd. Dit leidde ertoe dat slechts weinig op band is geregistreerd en dat van de bandregistraties slechts een gering deel verder is uitgewerkt omdat de rest eenvoudig niet interessant genoeg was. Het meest sprekende voorbeeld is de pijlerdrukdoos: uit par. 3.2 sub. d valt af te leiden dat indien tijdens alle stormen continu meting B1-2 was uitgevoerd er (mede door de lage positie van de opnemer) minder dan 10 klappen van 10 kPa of meer geregistreerd zouden zijn. Niettemin heerst achteraf toch het enigszins ontevreden gevoel dat wanneer alles op magneetband was vastgelegd en was uitgewerkt er enige nuttige informatie verkregen had kunnen worden, al was het maar met betrekking tot quasi-statische belastingen.

De toelevering van gegevens door de Rijkswaterstaat was wisselend van bruikbaarheid. De waterstand tussen de schuiven is maar gedurende korte tijd gemeten. De golfhoogten op zee werden pas verkregen na een schriftelijke aanvraag en met grote vertragingen, wat weinig inspirerend werkt. Ook werd de meetpaal onderwijl verplaatst wat de homogeniteit van het materiaal niet ten goede kwam. De medewerking verkregen van de staf in het centrale bedieningsgebouw was doorgaans uitstekend en de ad hoc opgevraagde informatie werd steeds prompt verstrekt. Tenslotte moet vermeld worden dat steeds enthousiaste medewerking werd verkregen van het KNMI in Zierikzee.

Toch moet worden gekonstateerd dat het verkrijgen van gegevens uit verschillende bronnen niet ideaal verliep en strakker van opzet had moeten zijn.

De metingen van schuiftrillingen door stroom zijn goed verlopen. Er is een vrij volledig beeld van de hydro-elastische eigenschappen verkregen voor vervallen tot ca. 2,0 m bij eb en tot ca. 1,2 m bij vloed. Gezocht is naar omstandigheden met nog grotere ebvervallen doch deze deden zich in de meetperiode niet voor.

c. Tijdkorrelatiemetingen

Over deze metingen zijn in het kader van dit hoofdstuk geen opmerkingen: het niet functioneren van de tijdkorrelatiemetingen vond zijn oorzaken in de apparatuur en niet in de wijze van meten zelf.

d. Permanente bewakingsmetingen

Hiervoor geldt hetzelfde commentaar als voor c.

5 Resultaten van de metingen

5.1 Excitatiemetingen

De excitatiemetingen zijn uitgevoerd tussen november 1966 en juni 1967, gedeeltelijk in de droge bouwput en gedeeltelijk tijdens en na het vollopen van de put. De resultaten zijn gerapporteerd in [4] t/m [7] en samengevat in [8]. Enkele hoofdzaken zijn voorts nog in de "Leidraad" weergegeven.

Het doel van het onderzoek was de dynamische eigenschappen van de schuif en de nablaligger te leren kennen, teneinde het dynamisch gedrag van het complex bij een golfaanval of tijdens het onderdoorstromen van water te kunnen interpreteren. Tevens hadden de metingen tot doel de berekeningen van de dynamische eigenschappen aan de werkelijkheid te toetsen. Omdat de metingen zowel in de droge als in de natte bouwput werden uitgevoerd, kon het effect van het water op de dynamische eigenschappen van met name de schuif worden nagegaan.

De metingen werden uitgevoerd door de zeeschuif 8 en de ligger 8 op verschillende plaatsen en in verschillende richtingen met een reeks frekwenties aan te stoten en de responsies te meten. Voor de volledige uitkomsten wordt verwezen naar [4] t/m [8]; enkele van de belangrijkste resultaten, uitgedrukt in eigen frekwenties, worden hierna geresumeerd.

Voor zeeschuif 8, geëxciteerd in tangentiële richting met de onderzijde juist los van de vloer werden in droge en natte toestand de volgende eigen frekwenties, uitgedrukt in Hz, gevonden:

	droog	nat
symmetrische trilling	2,37	1,95
keersymmetrische trilling	3,76	3,15
tweeknoopstrilling	8,24	6,95

Daarbij was de symmetrische trilling een vorm waarbij de stijf gedachte schuif in de hefwerken veert, de keersymmetrische een vorm waarbij de schuif rond een knop in het midden roteert, en de tweeknoopstrilling een vorm met vrij bewegende uiteinden, een buik in het midden en een knoop aan weerszijden, tussen

buik en uiteinde.

De gemeten frekventies weken nogal af van de waarden waarvan bij het vroegere modelonderzoek (schaal 1:20) was uitgegaan. De massa van de schuif was te laag aangenomen, de buigstijfheid te hoog en de stijfheid van de hefwerken te laag, zie "Leidraad" blz. 10.

De nablaligger 8 werd in het midden van de tussenvloer in horizontale en verticale richting aangestoten. Keersymmetrische trillingsvormen werden daarvoor niet gevonden. De eigenfrekventies van de ligger in droge en natte conditie (waterstand ca. NAP) waarbij de schuiven juist los waren van de vloer waren in Hz:

	droog	nat
vertikaal	5,71	6,50
horizontaal + torsie	7,37	8,00

Deze frekventies lagen 5 à 15% hoger dan door TNO-IWECO was berekend (zie ook [9]).

5.2 Momentane korrelatiemetingen

De momentane korrelatiemetingen hadden tot doel om, speciaal bij extreme omstandigheden, de directe samenhang te bepalen tussen de uitwendige omstandigheden, de belastingen op de constructie en de responsie van de constructiemetingen betroffen het optreden van schuiftrillingen door stroomexcitatie en van golfbelastingen.

5.2.1 Trillingsmetingen

Bij gedeeltelijk geheven schuiven en onderdoorstroming kunnen als gevolg van stroomexcitatie de schuiven in trilling komen. In de periode tussen augustus 1970, nog voor de ingebruikneming van de spuisluis, en eind 1979 zijn in totaal 25 trillingsmetingen verricht. De meeste metingen vielen in de eerste drie jaren terwijl later speciaal naar meer extreme vervallen werd gezocht. Het gewenste verval van ca. 2,5 m heeft zich echter helaas niet voorgedaan.

De uitgevoerde metingen zijn onderscheiden en gekodeerd als volgt:

EZ: trillingen van de zeeschuif bij eb

ER: trillingen van de rivierschuif bij eb

VZ: trillingen van de zeeschuif bij vloed

VR: trillingen van de rivierschuif bij vloed.

Tijdens een meting werd in het algemeen de schuifstand in stappen van 0,25 m gevarieerd en werd per stand gedurende 5 minuten geregistreerd.

De resultaten van de metingen zijn gerapporteerd in [10]. De schuiven bleken weinig trillinggevoelig te zijn. De belangrijkste optredende trillingvorm was de symmetrische (ca. 2,5 Hz), die vaak gepaard ging met een zwakkere keersymmetrische (ca. 4 Hz). In de gemaakte energiedichtheidsspektra was veelal ook de tweeknoopstrilling (ca. 8 Hz) herkenbaar.

De trillingen van de zeeschuif bij eb waren gering. De spreiding in meetwaarden was matig, zie figuur 12. De versnellingen zullen denkkelijk nooit groter worden dan enkele procenten van de zwaartekrachtversnelling g .

De trillingen van de rivierschuif bij eb waren eveneens gering maar wat sterker en regelmatiger dan die van de zeeschuif. De spreiding in de meetwaarden was groot, zie figuur 13. Ook bij de uitwerking met de hand vanaf de papierregistraties werden zowel de symmetrische als de keersymmetrische trillingsvormen herkend. De sterkste trillingen traden op bij schuifstanden van ca. NAP -2,0 m en NAP -3,5 m wat wellicht wijst op twee verschillende mechanismen.

Bij vloed waren de trillingen van de zeeschuif en de rivierschuif steeds gering en verwaarloosbaar.

De trillingen die optraden tijdens heffen en strijken van de schuiven overtroffen steeds de versnellingen tengevolge van stroomexcitatie. Daarbij was de eigen frekwentie 30% lager dan tijdens stilstand. Blijkbaar werd de veerconstructie bij heffen of strijken kleiner.

De belangrijkste resultaten zijn samengevat in de figuren 12 en 13. Bij toenemende hefhoogte blijkt de frekwentie van de tangentiële trilling ook toe te nemen. Dit komt overeen met de te verwachten afname van de meetrillende watermassa. Ook de effectieve stijfheid van de hefwerken kan echter een functie zijn van de hefhoogte.

Voor de zeeschuif zijn excitatiemetingen verricht waarvan de resultaten zijn toegevoegd in figuur 12. Daarbij is de waterstand bij de excitatiemetingen

omgerekend naar een schuifstand bij de trillingmetingen. De invloed van de variatie van de hefwerkstijfheid met de hefhoogte is hierin niet verwerkt, niettemin komen de waargenomen frekventies goed overeen.

5.2.2 Golfbelastingmetingen

In de periode tussen 1970 en 1979 zijn bij 25 gelegenheden golfbelastingen gemeten. De metingen verricht tot 1974 zijn gerapporteerd in [11], de overige in [12]. Zoals in 4.3 vermeld leidde het geringe aantal golfklappen en de beperkte grootte van de klappen ertoe dat de metingen veelal meer het karakter hadden van het "klappen zoeken" dan het bepalen van de verschillende aspecten van dynamische golfbelastingen.

Er deden zich in de meetperiode geen omstandigheden voor die een meting bij golfaanval uit het Haringvliet rechtvaardigden. Tijdens de metingen bij golfaanval uit zee werden in totaal ca. 180 golfklappen met piekkrachten groter dan 10 kPa waargenomen. De grootste piekkracht werd geregistreerd tijdens de januaristorm van 1976; de waarde bedroeg 75 kPa.

In de verslagen [11] en [12] is het uitwerken van de metingen beperkt gebleven tot het opzoeken van de klappen in de registratie en het vaststellen van de piekwaarden ten opzichte van het tijdsgemiddelde van het signaal (Dit tijdsgemiddelde is uiteraard afhankelijk van de plaats van de betreffende opnemer t.o.v. de stilwaterlijn). Ten behoeve van dit verslag zijn ca. 50 golfklappen nader bestudeerd, zie Bijlage 1. Voorts is getracht om de intensiteit en de frekventies van optreden van golfklappen te korreleren aan de golfomstandigheden, zie Bijlage 2.

In het kader van deze evaluatie worden de volgende konstateringen en conclusies geresumeerd

- Tijdens spuien bereiken de hogere golven de (deels) geheven schuiven niet doordat ze t.g.v. stroomrefractie op enige afstand van de sluis breken op de tegenstroom.
- Bij gesloten schuiven treedt sterke reflectie op. Daardoor ontstaan op een afstand van enkele golflengten vanaf de schuif veel brekers waardoor, statistisch gezien, de steilheid van de golven vlakbij de schuif wat geringer is geworden.
- Voor het merendeel van de voorgekomen stormen was de uitgebreidheid van de

golfklappen zeer beperkt. Slechts de decemberstorm van 1977 vormt hierop een uitzondering, zij het dat daarbij geen grote golfklappen voorkwamen.

- In de pootkrachtsignalen konden regelmatig zwakke oscillaties worden onderkend die mogelijk het gevolg waren van golfklappen. Uit de registraties kon echter geen duidelijke korrelatie tussen klappen op drukopnemers en oscillaties in pootkrachten worden gevonden. Voorts waren de oscillaties (van 3 Hz en hoger) qua amplituden slechts ca. 10% van de kwasi-statische pootbelastingen (van 0,3 à 0,5 Hz)
- De waargenomen belastingen van de pendels bij gedeeltelijk geheven schuif tengevolge van golven waren steeds kleiner dan 100 kN, tegenover een statische hefkracht van ca. 1300 kN.

5.3 Tijdkorrelatiemetingen

Na een aanlooperperiode met kinderziekten en storingen zijn de tijdkorrelatiemetingen van 1973 tot 1979 vrijwel ononderbroken uitgevoerd. Op grond van de momentane korrelatiemetingen werden wel de belastingniveaus qua drempelwaarde en uitvoer verlaagd t.o.v. de in de "Leidraad" genoemde waarden. De verwerking kon niet worden geautomatiseerd tengevolge van schuifmanipulaties, netstoringen, "valse spijkers en andere signaalstoringen, en zou dus met de hand geschieden.

Hoewel reeds in 1976 een begin wordt gemaakt werd de feitelijke verwerking pas in 1979 aangepakt. Daarbij kwamen onverklaarbare verschillen tussen tijd- en momentane korrelatiemetingen aan het licht waarvan in [12] een aantal voorbeelden wordt gegeven.

De naar aanleiding hiervan uitgevoerde beproeving van de computer toonde aan dat deze in orde was en dat de oorzaak lag in de gebrekkige nulpuntstabiliteit van het analoge circuit welke niet kon worden bijgesteld. Mede door de geringe signaalgrootte resulteerde dit in het soms wel en soms ook niet in de computer doorkomen van het signaal.

Daarnaast bleken nog steeds "valse spijkers" door te komen, ondanks de tussentijds aangebrachte isolatieversterkers tussen computeraansluitkast en computer. Deze bleken bij rustig weer wel, maar tijdens de juist interessante zwaar weer-perioden niet van het eigenlijke meetsignaal onderscheiden te kunnen worden.

Tenslotte bleken ook nog andere storingen een rol te spelen: niet alle diskrepancies konden uit voornoemde oorzaken worden verklaard.

De hierboven gesignaleerde problemen en onzekerheden hebben tot de beslissing geleid om de tijdkorrelatiemetingen niet verder uit te werken.

5.4 Permanente bewakingsmetingen

Gegeven hun aard vallen van deze metingen geen resultaten te rapporteren. Wel moet worden vermeld dat de storingsgevoeligheid en daarmee het aantal valse alarmeringen, zo groot is gebleken dat de metingen niet goed aan hun doel hebben beantwoord. Overigens valt uit de pendelkrachtmetingen tijdens storm af te leiden (par. 5.2.2, laatste konklusie) dat de waargenomen pendelkrachten (orde 100 kN) een faktor 50 kleiner zijn dan de kritiek geachte belastingen (4500 kN).

6 Evaluatie van de resultaten

6.1 Vergelijking met oorspronkelijke modelmetingen

Aan de bouw van de spuisluis is uitgebreid hydraulisch modelonderzoek voorafgegaan, zie [4] voor wat het trillingsgedrag en [13] en [15] voor wat de golfbelasting betreft.

De vergelijking tussen prototypemetingen en modelmetingen met betrekking tot de trillingen is niet goed mogelijk. Ten eerste wek de uiteindelijke massa- en stijfheidsverdeling af van de waarden die werden voorzien ten tijde van het modelonderzoek. Daardoor waren de eigen frekwenties in het model aanmerkelijk lager dan in prototype, zie ook par. 5.1. Verder werd de vorm van de onderrand gewijzigd ten opzichte van die in het model, zie figuur 14. Tenslotte zijn de modelmetingen slechts uitgevoerd bij schuifstanden tussen NAP -5,5 en -4,0 m waarbij met name de standen lager dan -5,25 m interessant waren. Voor de werkelijke schuif konden vaste standen lager dan ca. -5,3 m door een bepaalde beveiliging niet gerealiseerd worden.

Geprobeerd is om de prototype- en modelresultaten tot een vergelijkbare vorm om te rekenen. Uitgegaan is van figuur 57 uit [14] waar het eindresultaat van het modelonderzoek, omgerekend naar prototype, is weergegeven in termen van standaardafwijkingen (van de amplitudenverzameling) als functie van verval en schuifstand. De prototype-resultaten zijn daartoe naar deze zelfde grootheden benaderend omgerekend en in dezelfde grafiek ingeplot, zie figuur 15.

De zeeschuif blijkt veel geringere trillingen te ondergaan dan het model deed verwachten. Voor de rivierschuif wordt het beeld vertroebeld door de grote spreiding in prototypesresultaten. Indien naar de bovengrens van gemeten waarden wordt gekeken blijken de trillingen in prototype voor schuifstanden van NAP -4,5 m en hoger een faktor 2 à 5 sterker te kunnen zijn dan werd voorzien op basis van het modelonderzoek. Niettemin zijn de trillingen nog steeds zwak te noemen.

Voor de vergelijking van golfbelastingen gemeten in model en prototype wordt verwezen naar par. 7 van Bijlage 1: de grootte en de uitgebreidheid van de klappen blijken in prototype geringer te zijn dan in het model.

Als belangrijke oorzaak van de diskrepantie tussen het modelonderzoek, wat vóór 1960 werd uitgevoerd, en de werkelijkheid wordt de destijds toegepaste wijze van golfopwekking gezien. Deze was weliswaar voor die tijd geavanceerd te noemen, doch de toegepaste overdreven windsnelheden leidden tot te steile golven en golffronten en daarmee tot teveel golfklappen en te hoge drukpieken. Hiermee wordt niet gesuggereerd dat er buitendien geen schaafeffekten zijn opgetreden. Waar echter met name de uitgebreidheid van de klap in verticale zin in model veel groter was, kan de golfvorm als hoofdoorzaak worden aangewezen.

Een andere kwestie wordt dan nog gevormd door de horizontale uitgebreidheid van de klappen die destijds niet is onderzocht: de zwaarste belasting in het tweedimensionale model werd geacht simultaan over de hele schuifbreedte te kunnen vóórkomen.

6.2 Vergelijking met aangenomen ontwerpbelastingen

Ten aanzien van trillingen door stroom zijn, voorzover bij de schrijvers van dit verslag bekend, geen extra belastingen in rekening gebracht. De waargenomen trillingen zijn gering ten opzichte van de trillingen die optreden tijdens heffen en strijken van de schuif, en qua versnellingen gering ten opzichte van de zwaartekrachtversnelling.

Voor de golfbelastingen is uitgegaan van een ontwerpbelasting van 100 tf/m^1 (werkend over de gehele schuifbreedte) overeenkomend met een overschrijdingskans van 5×10^{-5} per jaar, zie [16] par. 5.1 en fig. 10. Uit deze fig. 10 blijkt verder dat de belasting die gemiddeld éénmaal per 9 jaar wordt overschreden $69 \text{ tf/m}^1 \approx 680 \text{ kN/m}^1$ bedraagt. Gegeven de waargenomen golfbelastingen, het zeer lokale karakter van de golfklappen en de kortkammigheid van de golven wordt geschat dat de lokale druk een faktor 1,5 à 2, de pootbelasting een faktor 3 à 5 en de totale schuifbelasting een faktor 5 à 10 lager zijn dan als ontwerpbelasting (exclusief stootcoëfficiënten) werd aangenomen. Zoals in par. 5.4 van dit verslag is aangeduid zijn ook de golfbelastingen in de hefwerken minstens een faktor 10 kleiner dan de aangenomen ontwerpbelastingen.

6.3 Eindresultaat in het licht van de oorspronkelijke doelstelling

Het eindresultaat van het project is geen onverdeeld succes te noemen. Een

belangrijk positief resultaat is dat op grond van de prototypemetingen kan worden gekonkludeerd dat golfbelastingen op schuiven, poten, hefwerken en liggers zo beperkt zijn dat er geen gevaar voor overbelasting bestaat. Er hoeven daardoor uit dien hoofde geen voorzorgen genomen te worden. De vergelijking van opgetreden trillingen met voorziene trillingsintensiteiten laat zien dat de werkschuif meer trilt dan werd verwacht. Echter, op grond van de buitenmetingen blijkt evenmin noodzaak tot voorzorgen met betrekking tot de bedrijfsvoering.

Een gemengd beeld ontstaat wanneer de resultaten worden geprojecteerd op de doelstellingen, zoals vermeld in hoofdstuk 2. De grondoorzaak lag in het feit dat de frekwentie van vóórkomen en de grootte van de golfklappen zeer gering waren. Deze laatste vaststelling is op zichzelf een waardevol resultaat maar betekende anderzijds dat de mogelijkheden om interessante uitkomsten uit nadere fysische studies te verkrijgen zeer beperkt waren. Voorts lag een oorzaak in het falen van verschillende onderdelen van de meetopstelling resp. het niet tijdig ingrijpend wijzigen van opnemers of apparatuur. Wanneer zo de punten 1 t/m 7 van hoofdstuk 2 worden nagelopen valt kort samenvattend de volgende evaluatie te geven:

- ad 1 De bepaling van karakteristieken van de uiteindelijke konstruktie (de excitatiemetingen) is volledig geslaagd.
- ad 2 De controle op de voor het ontwerp aangehouden golfkriteria kon nauwelijks plaatsvinden doordat er geen geschikte meting-mogelijkheden waren. De twee golfbakens voor pijler 8 gaven geen golfsignalen die eenduidig tot een ongestoorde inkomende golf (de vereiste referentiegrootte) waren om te rekenen. Buitendien waren ze verschillende malen vrij langdurig buiten bedrijf door technische problemen. Ook de golfmeetpaaluitkomsten waren, door een onbekende reflektiebijdrage vanaf het sluisfront, niet tot een ongestoorde inkomende golf te herleiden.
- ad 3 T.a.v. het verband tussen golftoestand, belastingspreiding en belastingtoestand (ter controle van de modelmeting) zijn tengevolge van het ontbreken van goede golftoestandgegevens en tengevolge van het geringe aantal waargenomen grotere klappen slechts zeer globale en kwalitatieve uitspraken gedaan. De beschikbare meetgegevens rechtvaardigen niet een meer diepgaande studie met betrekking tot golfbelastingen.
- ad 4 Bestudering van de fysische achtergrond van de golfklap en daarmee het vaststellen van de modelwetten voor het golfklapverschijnsel, waartoe de golfklapopnemer ("pijlerdrukdoos") was geïnstalleerd was niet mogelijk

doordat van deze opnemer geen waarnemingsmateriaal ter beschikking is gekomen.

- ad 5 Om dezelfde redenen als onder ad 3 aangegeven heeft geen verdere besturing van de responsie van schuif, hefwerk of ligger op de geringe golfklappen plaatsgevonden.
- ad 6 De trillingmetingen zijn met sukses voltooid. De verschillen tussen deze uitkomsten en die van het vroegere modelonderzoek zijn terug te voeren op verschillen in de vormgeving van de onderranden en in de dynamische eigenschappen van de schuiven en hun ophangingen.
- ad 7 Het onderzoek is succesvol geweest voor wat betreft de bewakingsaspecten: de konstruktie bleek minder zwaar te worden belast dan werd verwacht. Daardoor zijn geen speciale bedrijfsvoorschriften of voorzieningen nodig

BIJLAGE 1

NADERE UITWERKING VAN 52 GEMETEN GOLFKLAPPEN

1 Inleiding

Van 52 klappen die tijdens verschillende stormen zijn geregistreerd zijn enkele fysische karakteristieken nader bepaald. In deze bijlage worden de wijze van verwerken en de resultaten gegeven.

2 Wijze van verwerken

Voor verwerking kwamen alleen die metingen in aanmerking waarbij op grond van de u-v-registraties ook tot registratie op magneetband werd besloten. Daarbij is volstaan met een selectie uit de meest interessante drukpieken. Als keuze-kriteria zijn gehanteerd de maximale druk (> 10 kPa), de stijgtijd (kort) en de vorm ("toren-aan-kerk vorm").

Door de geringe grootte van de drukpieken ten opzichte van het meetbereik kwamen in het signaal hinderlijke storingen voor, t.w.: een ruis met frekwenties in de orde van 1000 Hz en een min of meer periodieke storing met een frekwentie van 3 à 5 Hz. Daardoor kon slechts een verwerking worden toegepast waarbij het signaal met een grote papersnelheid ongefilterd werd uitgeschreven en de verschillende karakteristieken "met de hand" werden bepaald.

Voor die gevallen waar bij mogelijk ook op naastliggende of hoger of lager liggende drukopnemers dynamisch werden belast is ook de uitgebreidheid van de klap bestudeerd. Dit betrof een selectie van 14 golfklappen; van de overige 38 klappen kan dus worden gesteld dat de omliggende drukdozen geen korresponderende klap registreerden.

3 Schematisering van de golfklap

Ten behoeve van de analyse van de golfdruksignalen is een aantal karakteristieke componenten onderscheiden. Erkend wordt dat in de onderscheiding en de kwantificering van deze componenten subjectieve elementen meespelen. Waargenomen werden (zie ook figuur 16):

- een vloeiend verlopend "kwasi-statisch" golfdruksignaal waarin veelal het tijdelijk droogvallen van de drukopnemer was te onderkennen.
- daarop was soms gesuperponeerd een oscillatie met frekwentie f_2 en amplitude a_2
- een "dynamische" golfklap, i.h.a. geschematiseerd tot een driehoekig verloop in de tijd
- op de achterflank van het dynamische deel was soms een oscillatie met frekwentie f_1 en amplitude a_1 te herkennen (de eerste top van deze trilling viel meestal samen met de top van de golfklap).

4 Resultaten

Van de papierregistraties werden de volgende karakteristieken bepaald:

- maximale drukpiek P
- stijgtijd van de klap Δt
- totale duur van de klap t
- kwasi-statische druk a_0 direkt na de klap
- indien van toepassing: de frekwentie en de amplitude f_1 en a_1 van de oscillatie op de golfklap
- idem: f_2 en a_2 van de oscillatie op de kwasi-statische golfdruk.

Uit deze parameters werden nog de volgende karakteristieke grootheden afgeleid:

- grootte van het niet-oscillerende deel van de golfklap

$$\Delta P = P - \frac{\Delta t}{t} \cdot a_0 - a_1$$

- impulsinhoud van het dynamisch gedeelte van de golfklap gedurende de stijgtijd

$$I_1 = \frac{1}{2} \cdot \Delta P \cdot \Delta t$$

- totale dynamische impulsinhoud van de klap

$$I_2 = \frac{1}{2} \cdot \Delta P \cdot t$$

De resultaten van de verwerking van de 52 klappen zijn gegeven in tabel 1. Voor de met * gemerkte klappen is tevens de uitgebreidheid bekeken.

5 Analyse

De analyse leidde tot een onderscheiding in 8 golfklaptypen, t.w.

- a. (figuur 17) Relatief snelle golfklap met een stijgtijd van enkele milliseconden en een totale klapduur van maximaal ca. 10 ms. De totale impulsinhoud I_2 is in het algemeen kleiner dan 100 Pa.s. Dit type kwam het meeste voor: 20 stuks
- b. (figuur 18) Langzame klappen met een stijgtijd van meer dan 100 ms en bijgevolg een relatief grote impulsinhoud, tot maximaal 6 kPa.s. Dit type had in de selectie van 52 klappen 5 representanten.
- a/b Klappen met stijgtijden tussen 5 en 100 ms: 12 stuks
- c. (figuur 19) Klappen met een korte stijgtijd maar met een piek die niet boven de kwasi-statische golfdruk uitstijgt: 2 stuks
- d. (figuur 20) Dubbeltoppers: 4 stuks
- e. (figuur 20) Enkele spetters: 3 stuks
- f. (figuur 21) Klappen met een moeilijk tot een lijn te schematiseren achterflank: 2 stuks
- g. (figuur 22) Uitdempende trilling, zonder klap: 1x
- h. (figuur 22) Eemmalige opslingering: 3 stuks.

Opgemerkt wordt dat deze uitwerking vanaf magneetband niet volledig aansluit bij de eerdere rapportering. ([11] en [12]) die was gebaseerd op de tijdens de metingen gemaakte u-v-papierregistraties. De piekwaarden van de golfklappen kunnen wat verschillen.

6 Uitgebreidheid van de golfklappen

Voor 14 van de 52 uitgewerkte golfklapsignalen in tabel 1 met * gemerkt, zijn ook de signalen van omringende drukopnemers uitgeschreven en geanalyseerd (Het betreft 9 golfklappen die op in totaal 14 drukopnemers scherpe krachtpieken veroorzaakten). De resultaten zijn gepresenteerd in tabel 2. De globale conclusie is dat de uitgebreidheid overwegend gering was. Slechts de storm van januari 1977 vormt hierop een uitzondering, doch deze kon niet worden uitgewerkt doordat er geen magneetbandregistratie was gemaakt.

7 Vergelijking met het oorspronkelijk modelonderzoek

Hoewel de ontmoete prototypeomstandigheden minder extreem waren dan in het model ([13], deel I), zijn enkele vergelijkingen toch interessant:

- de grootste druk ooit gemeten bedroeg (lokaal) 75 kPa hetgeen slechts 36% is van de in het model gemeten maximale waarde
- in prototype was de stijgtijd, en daarmee de impulsinhoud, in de meeste gevallen (type a) veel kleiner dan in model
- slechts de klappen van type b komen qua stijgtijd en beeld enigszins overeen met de modelwaarnemingen. De maximale totale impulsinhoud (6 kPa.s) is echter een faktor 5 kleiner dan de gemiddelde inhoud in het model (ca. 30 kPa.s)
- het belangrijkste verschil betrof de uitgebreidheid van de klappen. In het model trad de drukstoot steeds simultaan over vrijwel de gehele schuifhoogte op. In het prototype werd slechts bij uitzondering een dynamisch deel herkend in het signaal van een lager gelegen opnemer. Ook de horizontale uitgebreidheid was zeer beperkt.

(De hierboven genoemde modelgrootheden zijn steeds volgens de modelwet Froude omgerekend naar prototype-grootheden).

BIJLAGE 2KORRELATIES TUSSEN GOLFKLAPPEN EN GOLFOMSTANDIGHEDEN1 Inleiding

Om de verbanden tussen golfomstandigheden enerzijds en aantallen golfklappen en hoogten van bijbehorende drukpieken anderzijds te onderzoeken zijn alle relevante metingen nog eens getabelleerd, zie tabel 3. Daarbij zijn ook de metingen waarbij geen klappen of klappen geringer dan 10 kPa optraden meegenomen. Naast de waargenomen klappen zijn vermeld de meetduur, de schuifopening, de gemiddelde waterstand aan de zeezijde (SWL), het vrijboord (d.i. de hoogte van de bovenrand van de schuif boven SWL) en de positie van de drukopnemer waarvoor de drukpiek is vermeld t.o.v. SWL. Voorts zijn ter korrelatie vermeld de windrichting en de significante golfhoogte H_g , gemeten bij paal E, gelegen op ca. 1200 m NW van het noordelijke landhoofd. Er wordt op gewezen dat deze golfmeting wordt verstoord door een onbekende hoeveelheid door dam en spuilsuis gereflekteerde golfenergie, terwijl voor westelijke golfrichtingen diffractie en refractie door de Goereese kust storend werken. De vermelde klappen voor de metingen 2.4.3, 6.7, 7.1 en 7.2 zijn overgenomen uit tabel 1, de overige uit [11] en [12].

2 Verband tussen de golfhoogten en aantallen en intensiteiten van golfklappen

Uit tabel 3 valt te konkluderen dat de golfhoogten tijdens de metingen binnen slechts nauwe grenzen varieerden: bij $H_g < 0,8$ m is niet uitgerukt voor metingen, en zelfs tijdens de zwaarste storm bleef $H_g < 1,4$ m.

In onderstaande tabel worden de aantallen metingen n_1 aangegeven waarbij een bepaalde golfhoogte werd waargenomen. Verder zijn vermeld de aantallen n_2 waarbij klappen > 10 kPa werden waargenomen.

aantal	H_g (m)							
	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	totaal
n_1	2	3	4	6	20	6	3	44
n_2	1	-	2	2	13	4	1	23

Voor n_2 vallen 75% van de waarnemingen in de band $1,2 < H_g < 1,3$ m, en vaststellen hoe de drukpieken als functie van H_g variëren is daardoor niet met voldoende betrouwbaarheid mogelijk. Voorzover er waarnemingen voor $H_g = 1,3$ en $1,4$ m zijn, zijn de drukpieken en hun frekwenties van voorkomen lager dan bij $H_g = 1,1$ en $1,2$ m. Hierbij moet rekening worden gehouden met het feit dat voor $H_g = 1,3$ à $1,4$ m de wind in 7 van de 9 gevallen uit 270° tot 290° kwam, hetgeen kleinere klappen met zich meebrengt (zie figuur 23).

Gegeven het beperkte aantal bruikbare waarnemingen is het niet gerechtvaardigd geoordeeld om nog verder te onderscheiden naar golfperioden of spektrumvormen.

3 Golfklapverdelingen over de hoogte

Voor de metingen waarbij per drukopnemer meerdere golfklappen werden waargenomen zijn frekwentieverdelingen gemaakt waarbij de piekdruk is uitgezet tegen het aantal malen per uur dat deze druk wordt overschreden. Daarbij zijn gevallen waarbij het vrijboord kleiner was dan H_g weggelaten. Waarnemingen voor drukopnemers op gelijke niveaus zijn bijeen genomen. Om de verschillende frekwentielijnen aan elkaar te kunnen relateren zijn ze gereduceerd tot de drukpiek welke tweemaal per uur werd overschreden. Voor de zo verkregen karakteristieke waarden zijn twee windrichting-sektoren onderscheiden, t.w. 280° tot 300° en 310° tot 340° , waarna ze zijn uitgezet tegen de hoogte van de opnemer boven de stilwaterlijn, zie figuur 23. Er is niet genormeerd naar golfhoogten. De waarden van H_g , die weinig uiteenliepen, zijn bijgeschreven.

Figuur 23 toont aan dat 310° tot 340° de belangrijkste golfsektor is en dat voor die sektor de verdeling van piekdrukken over de hoogte enigszins warrig

verloopt. De grotere golfklappen lijken zich te manifesteren in twee zones, t.w. op een hoogte van $0,3 \text{ à } 0,5 \times H_g$ en van $0,7$ tot $0,9 \times H_g$ boven SWL. Het is niet duidelijk waardoor tussen deze twee zones de klappen geringer zijn.

LITERATUUR

- 1 WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
Nota betreffende de uitvoering van metingen aan de voltooide uitwateringsluizen in het Haringvliet
M 754, Delft, december 1961.
- 2 WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
Leidraad voor de metingen aan de voltooide spuisluis in het Haringvliet
M 754, Delft, juli 1970.
- 3 TNI-IWECO
Handboek meetinstallatie spuisluis Haringvliet
Rapport No. 3851/14, Delft, Augustus 1970.
- 4 TNO-IWECO
Pulsatormetingen aan de schuif Z8 in droge bouwput
Rapport 3687/1, Delft, mei 1967.
- 5 TNO-IWECO
Excitatiemetingen aan de nablaligger 8 in droge bouwput
Rapport 3687/2, Delft, juni 1967.
- 6 TNO-IWECO
Pulsatormetingen aan de schuif Z8 in natte bouwput
Rapport 3687/3, Delft, augustus 1967.
- 7 TNO-IWECO
Excitatiemetingen aan ligger 8 in natte toestand
Rapport 3687/4, Delft, november 1967.
- 8 TNO-IWECO
Samenvatting meetresultaten excitatiemetingen aan schuif Z8 en ligger 8
Rapport 3687/5, Delft, maart 1968.

- 9 TNO-IWECO
Dynamisch gedrag Haringvlietsluizen
Rapport 3504, Delft, februari 1962.

- 10 WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
Buitenmetingen spuisluis Haringvliet
deel 1: Trillen van de schuiven door stroom
Verslag M 754-1, Delft, oktober 1977.

- 11 WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
Buitenmetingen spuisluis Haringvliet,
deel 2: Golfbelastingen
M 754-2, Delft, december 1974

- 12 WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
Buitenmetingen spuisluis Haringvliet
deel 3: Golfbelastingen
Verslag M 754-3, Delft, augustus 1980.

- 13 WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
Golfaanval Haringvlietsluizen
Verslag M 399 deel I , maart 1960
 deel II , maart 1960
 deel III, september 1960
 deel IV , februari 1961

- 14 WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
Trillen stuw Haringvliet
Verslag M 620 delen I, II en III, juni 1961.

- 15 WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
Tangentiale belasting van de segmentschuiven van de uitwateringsluis in
het Haringvliet.
Verslag M 621, deel I , juli 1960
 deel II, april 1961.

16 VENIS, W.A.

Determination of the wave attack anticipated upon a structure from
Laboratory and field observations.

Proceedings C.E.C., 1961.

klap nr	meting nr	opnemer	P (kPa)	ΔP (kPa)	Δt (ms)	t (ms)	I ₁ (kPa.s)	I ₂ (kPa.s)	a ₀ (kPa)	a ₁ (kPa)	a ₂ (kPa)	f ₁ (Hz)	f ₂ (Hz)	klap type	Opmerkingen	
4 a	Z 4.3	d 9	37,8	25,0	0,9	5	11,3	62,5	4,3	12,0	-	-	-	a] dubbeltopper	
5 a		d 9	18,9	14,9	1,5	8	11,2	59,6	3,4	-	-	-	-	a		
6 a		d 10	11,4	11,4	4,5	9	25,7	51,3	0,0	-	-	-	-	d		
6 b		d 10	14,1	9,7	4,7	21	22,8	102	2,0	4,0	-	-	-	d		
79	Z 6.7	d 4	14,4	12,2	2,4	5	14,6	30,5	4,6	-	-	-	-	a	steile golf } mogelijk enkele spetters alleen gedempte trilling	
80		d 4	9,9	-	300	-	-	-	9,9	-	-	-	-	c		
81		d 4	14,4	13,3	1,4	5	9,3	33,3	3,8	-	-	-	-	a		
17 *		d 4	30,4	27,4	1,7	6	23,3	82,2	10,6	-	3,8	-	107	-		a
87 a		d 8	13,2	12,3	2,3	5	14,1	30,8	1,9	-	-	-	-	e		
87 b		d 8	6,3	6,3	2,5	5	7,9	13,8	-	-	-	-	-	e		
87 c		d 8	5,0	5,0	2,5	5	6,3	12,5	-	-	-	-	-	e		
88 *		d 8	(65,5)	-	-	-	-	-	-	(65,5)	-	-	31	-		g
89		d 9	20,5	16,9	9,2	18	77,7	152	7,1	-	1,8	-	40	-		a/b
90 *		d 9	12,5	5,6	250	400	700	1120	5,3	-	3,6	-	-	-		b
91 a		d 9	32,0	12,9	2,9	8	18,7	52,0	6,2	-	16,9	-	1000	-		a
91 b		d 9	28,5	25,8	2,7	7	34,8	90,1	7,1	-	-	-	-	-		a
92		d 9	21,4	20,2	2,9	11	29,3	111	4,5	-	-	-	-	-		a
93		d 9	19,6	14,4	2,5	7	18,0	50,4	4,5	-	3,6	-	-	-		a
20		d 9	27,6	17,8	8,2	14	73,0	125	6,2	-	6,2	-	-	-		a/b
94	d 9	13,4	9,3	5,7	29	26,5	135	7,1	-	2,7	-	154	40	a/b		
95 *	d 9	16,0	-	430	-	-	-	-	16,0	-	-	-	-	c		
707	Z 7.1	d 9	31,3	25,7	1,6	5	20,6	64,3	5,1	4,0	1	1000	70	a		
708		d 9	15,2	13,6	1,8	7	12,2	47,6	6,1	-	2	-	86	a		
709		d 9	22,2	17,8	2,4	7	21,4	62,3	7,1	2,0	1	1000	107	a		
711		d 9	33,3	18,6	2,5	5	23,3	46,5	9,1	10,1	4	-	116	a		
714		d 9	29,3	18,5	1,7	5	15,7	46,3	5,1	9,1	2	-	143	a		
719		d 9	23,2	21,7	2,1	7	22,8	76,0	5,1	-	-	-	-	a		
27	Z 7.2	d 1	21,4	19,4	160	610	1552	5917	7,5	-	-	-	-	b	klap + overheersende trilling } één enkele opslingering 50 Hz ook trilling op de voorflank trilling vóór, tijdens en na klap] één enkele opslingering 154 Hz] dubbeltopper	
728		d 4	12,0	9,8	6,8	10	33,3	49,0	3,2	-	0,8	-	154	a/b		
729		d 4	8,8	3,5	26,0	40	45,5	70,0	3,2	3,2	4,0	-	91/154	a/b		
730		d 4	10,4	6,4	2,0	6	6,4	19,2	4,8	2,4	1,6	1000	151	a		
731		d 4	8,8	6,4	8,0	70	25,6	192	0,0	2,4	2,4	-	156	a/b		
732		d 4	(17,6)	-	-	-	-	-	-	-	(17,6)	-	150	h		
733 *		d 4	17,6	10,2	1,5	15	7,7	76,5	1,6	7,2	2,4	1000	143	a		
28 *		d 4	32,8	22,5	60,0	140	675	1575	1,6	9,6	-	40	-	a/b		
735		d 4	14,4	6,1	1,7	10	5,2	30,5	1,6	8,0	-	230	154	a		
736		d 4	16,8	8,6	3,2	75	2,6	322	4,0	8,0	-	64	-	a/b		
737		d 4	9,6	3,4	13,0	70	22,1	119	3,2	5,6	-	154	-	a/b		
738 a		d 4	10,4	10,4	1,2	5	6,3	27,6	0,0	-	1,6	-	154	h		
738 b		d 4	12,8	12,8	1,4	6	9,0	35,2	0,0	-	1,6	-	154	h		
30 *		d 5	19,8	14,0	134	260	938	1820	2,3	4,6	-	25	-	b		
740 *		d 8	14,7	7,2	0,8	18	2,9	64,8	2,7	7,4	-	1000	159	a		
741 a		d 8	6,1	6,1	3,3	23	10,1	70,2	0,0	-	-	-	156	d		
741 b		d 8	6,8	6,5	4,0	21	13,0	68,3	1,5	-	-	-	156	d		
742 *		d 8	11,4	10,9	11,7	70	63,8	382	3,0	-	-	-	-	a/b		
743		d 9	15,2	14,4	1,2	8	8,6	37,6	5,1	-	-	-	-	a		
744 *		d 9	8,1	3,3	38,0	190	62,7	314	4,0	4,0	-	50	-	a/b		
745		d 9	16,2	13,5	2,2	5	14,9	33,8	6,1	-	-	-	-	f		
746		d 9	14,1	11,1	2,5	6	13,9	33,3	7,1	-	-	-	-	f		
32		d 9	21,1	10,0	12,0	80	60,0	400	7,1	10,1	-	34	-	a/b		
748	d 17	11,3	9,2	300	700	1380	32200	4,9	-	-	-	-	b			
34	d 17	14,6	12,3	200	500	1230	30750	5,7	-	-	-	-	b			

TABEL 1 Bepaling van de golfklap-parameters

Van de klappen gemerkt met * is tevens de uiteenbreidheid bestudeerd.

klap nr	meting nr	opnemer	P (kPa)	ΔP (kPa)	Δt (ms)	t (ms)	I ₁ (kPa.s)	I ₂ (kPa.s)	a ₀ (kPa)	a ₁ (kPa)	a ₂ (kPa)	f ₁ (Hz)	f ₂ (Hz)	Opmerkingen
4 105 106 107 108 109 116	* Z 4.3	d 9 d 10 d 11 d 12 d 13 d 14 56	37,8 8,0 11,5 8,8 5,7 4,9 680 kN	25,0 - - - - - -	0,9 100 550 1000 800 1000 2000	5 - - - - - -	11,3 - - - - - -	62,5 - - - - - -	4,3 8,0 11,5 8,8 5,7 4,9 680 kN	12,0 - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	vertikale uitbreidheid golfklap pootkracht
5 110 111 112 113 114 115	* Z 4.3	d 9 d 10 d 11 d 12 d 13 d 14 56	18,9 8,7 15,1 10,2 8,5 5,6 983 kN	14,9 - - - - - -	1,5 300 1200 1100 1400 1400 2200	8 - - - - - -	11,2 - - - - - -	59,6 - - - - - -	3,4 - - - - - -	3,4 - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	vertikale uitbreidheid golfklap pootkracht
80 90 88	* Z 6.7	d 4 d 9 d 8	9,9 12,5 (65,5)	- 5,6 -	300 250 -	- 400 -	- 700 -	- 1120 -	9,9 5,3 -	- 3,6 65,5	- - -	- - 31	- - -	hor. + vert. uitbreidheid, toppen vallen niet samen. → alleen ged. trilling
17 100 82 83 101 84 103 17 83 84 85 86 100 101 102 103 104	* Z 6.7	d 4 d 9 d 1 d 5 d 10 d 6 d 12 d 4 d 5 d 6 d 7 d 8 d 9 d 10 d 11 d 12 d 13	30,4 19,6 17,7 21,4 13,1 19,9 14,0 30,4 21,4 19,9 12,3 5,7 19,6 13,1 15,0 14,0 6,1	27,4 6,4 - - - - - 27,4 - - - - 6,4 - - - -	1,7 15,0 750 300 180 640 480 1,7 300 640 900 400 15 180 430 480 700	6 60 - - - - - 6 - - - - 60 - - - -	23,3 48,0 - - - - - 23,3 - - - - 48,0 - - - -	82,2 192 - - - - - 82,2 - - - - 192 - - - -	10,6 6,2 17,7 21,4 13,1 19,9 14,0 10,6 21,4 19,9 12,3 5,7 19,6 13,1 15,0 14,0 6,1	- 11,6 - - - - - - - - - - 11,6 - - - -	3,8 - - - 38 - - - 3,8 - - - - 38 38 (38) - -	107/160 - 160 160 - 160 - 107/160 160 160 160 - 38 38 - - -	horizontale uitbreidheid horizontale uitbreidheid horizontale uitbreidheid horizontale uitbreidheid vertikale uitbreidheid vertikale uitbreidheid	
95 96 97 98 99	* Z 6.7	d 9 d 10 d 11 d 12 d 13	16,0 19,0 19,5 16,4 6,1	- - - - -	430 700 900 940 1200	- - - - -	- - - - -	- - - - -	16,0 19,0 19,5 16,4 6,1	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	vertikale uitbreidheid steile golf + spetter aan begin
27 727 -	* Z 7.2	d 1 d 2 d 5	21,4 13,7 6,7	19,4 9,2 -	160 800 400	610 1300 -	1552 7360 -	5917 11960 -	7,5 7,3 6,7	- - -	- - -	- - -	- - -	hor. + vert. uitgebr. { nauwelijks een klap: flauwe voorflank
733 742	* Z 7.2	d 4 d 9 d 8	17,6 3,0 11,4	10,2 - 10,9	210 - 12	15 - 70	7,7 - 63,8	76,5 - 381	1,6 3,0 3,0	7,2 - -	2,4 - -	1000 - -	143 - -	horizontale + vertikale uitbreidheid
28 - 30 30 b 30 a 28 30 30 a - - 30 b 30 c -	* Z 7.2	d 4 d 9 d 1 d 5 d 10 d 6 d 12 d 4 d 5 d 6 d 8 d 9 d 10 d 11 d 12	32,8 - 2,6 19,8 7,9 5,1 1,9 32,8 19,8 5,1 - - 7,9 5,3 1,9	22,5 - - 14,0 6,9 3,7 - 22,5 14,0 3,7 - - 6,9 4,4 -	60,0 - 950 134 300 500 560 60 134 500 - - 300 500 560	140 - 260 700 800 - - 140 260 800 - - 700 1000 -	675 - 938 1035 925 - - 675 938 925 - - 1035 1100 -	1575 - 1820 2420 1480 - - 1575 1820 1480 - - 2420 2200 -	1,6 - 2,6 2,3 2,4 2,2 1,9 1,6 2,3 2,2 - - 2,4 2,1 1,9	9,6 - - 4,6 - - - 9,6 4,6 - - - - - -	40 - - 25 - - - 40 25 - - - - -	- - - - - - - - - - - - - -	horizontale uitbreidheid horizontale uitbreidheid horizontale uitbreidheid vertikale uitbreidheid puntje op de golf vertikale uitbreidheid puntje op de golf	
740 744 - -	* Z 7.2	d 8 d 9 d 10 d 11	14,7 8,1 7,6 7,7	7,2 3,3 - -	0,8 38 160 290	18 190 - -	2,9 62,7 - -	64,8 314 - -	2,7 4,0 7,6 7,7	7,4 4,0 - -	- - - -	1000 30 - -	159 - - -	vertikale uitbreidheid

TABEL 2 Bepaling van de uitbreidheid van 9 golfklappen

Opn.: De met * gemerkte klapsignalen zijn ook in tabel 1 vermeld

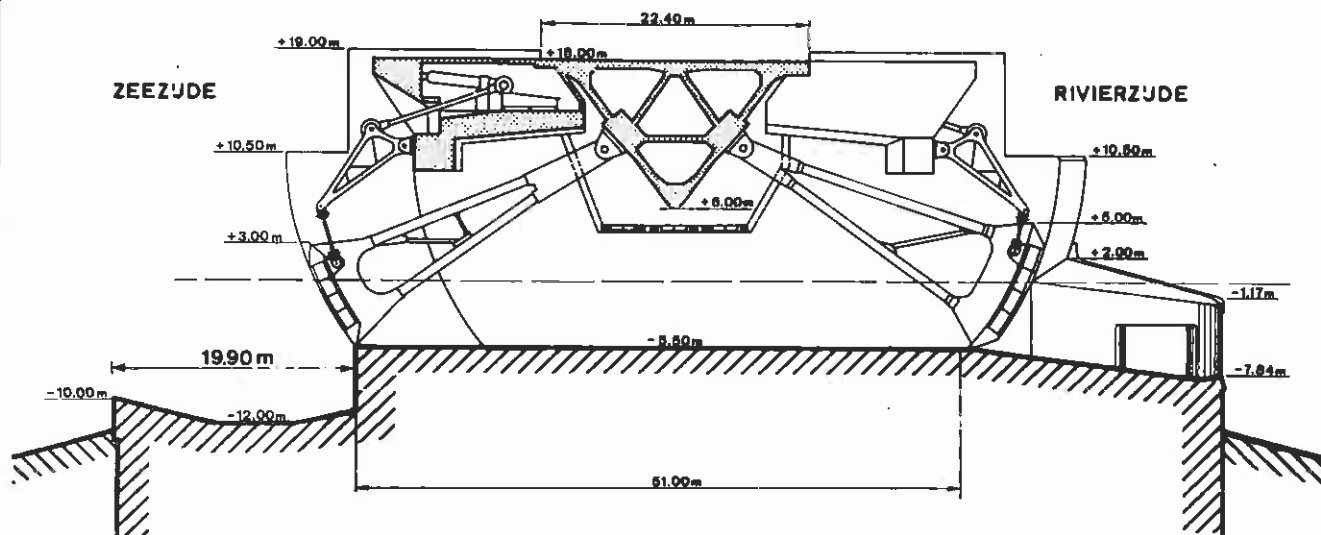
meting nr.	duur (min.)	schuif opening (m)	waterstand (NAF + m)	vrijboord (m)	windri. (N + °)	H _g paal E (m)	druk-opn.	druk-piek (kPa)	positie opn. + SWL (m)	
Z 17.3	120	0	~ + 1,4	~ 1,6	290	1,3	d 8	28 20 14 14 11	+ 0,8	
							d 9	18 15 14 13 12	+ 0,3	4 stuks 2 stuks 6 stuks
Z 17.4	120	0	+ 1,1	1,9	290	1,2	d 8	16 14 13 11	+ 1,3	3 stuks
							d 9	28 20 19 18 14 13 13 12	+ 0,5	
Z 17.5	110	0	+ 1,0	2,0	300	1,2	d 8	75 32 20 13	+ 1,4	
							d 9	22 16 11	+ 0,6	3 stuks
Z 18	150	0	~ + 0,6	~ 2,4	290	1,2	d 9	27	+ 0,5	
Z 19	~ 120	0	~ + 0,2	~ 2,8	290	0,8	d 10	13 10	+ 0,4	
Z 20.1	95	0	+ 1,2	1,8	290	1,2	d 8	13 12 11	+ 1,2	
							d 9	16 10 à 15	+ 0,4	9 stuks
Z 20.2	75	0	~ + 1,4	~ 1,6	290	1,2	d 4	18	~ + 0,4	
Z 20.3	40	0	~ + 1,8	~ 1,2	290	1,2	d 5 d 8	12 8 28 18 15	~ - 0,6 ~ + 1,1	
							d 9 d 15	18 11	~ + 0,1 ~ - 0,6	
Z 20.4	120	0	~ + 2,8	~ 0,2	290	1,3	d 8	< 10		
Z 20.5	120	0	~ + 2,7	~ 0,3	290	1,4				
Z 21	190	0	~ + 2,1	~ 0,9	330	1,2	div.	< 10		
Z 22.1	95	0	+ 2,5	0,5	320	1,1	d 8	< 10	- 0,2	
Z 22.2	110	2,0	~ + 1,9	~ 3,1	320	1,0	d 9	18 17 15 11	+ 1,6	
							d 11	17 10	+ 0,1	
							d 15	23 22 14 11	+ 0,6	
Z 22.3	35	0	+ 1,3	1,7	310	0,9		geen		
Z 22.4	75	0	~ + 1,0	2,0	310	1,0	div.	< 10	div.	
Z 23	65	0	~ + 2,4	~ 0,6	310	1,1		geen		
Z 24	65	0	~ + 1,2	~ 1,8	340	0,8		geen		
Z 25.1	60	0	~ + 2,4	~ 0,6	280	1,2		geen		
Z 25.2	85	0	+ 1,9	1,1	295	1,1	d 8	29 < 10	+ 0,7	3 stuks

TABEL 3 - 2
Golfklappen met
bijbehorende
omstandigheden

<u>Kalenderjaar</u>	<u>Onderzoekkosten</u>
1961	f 16.315,—
1962	f 21.815,—
1963	f 127.060,—
1964	f 103.355,—
1965	f 92.220,—
1966	f 249.640,—
1967	f 277.480,—
1968	f 198.250,—
1969	f 251.692,—
1970	f 411.359,—
1971	f 189.052,—
1972	f 172.036,—
1973	f 118.338,—
1974	f 87.591,—
1975	f 75.078,—
1976	f 163.211,—
1977	f 156.179,—
1978	f 52.510,—
1979	f 107.587,—
1980	f 86.140,—
1981	f 79.625,— (geschat)
	<hr/>
	f 3.036.533,—

(Bedragen zijn inclusief O.B. resp. BTW)

Tabel 4: Overzicht jaarlijkse onderzoekskosten



DOORSNEDE OVER DE SPUISLUIS

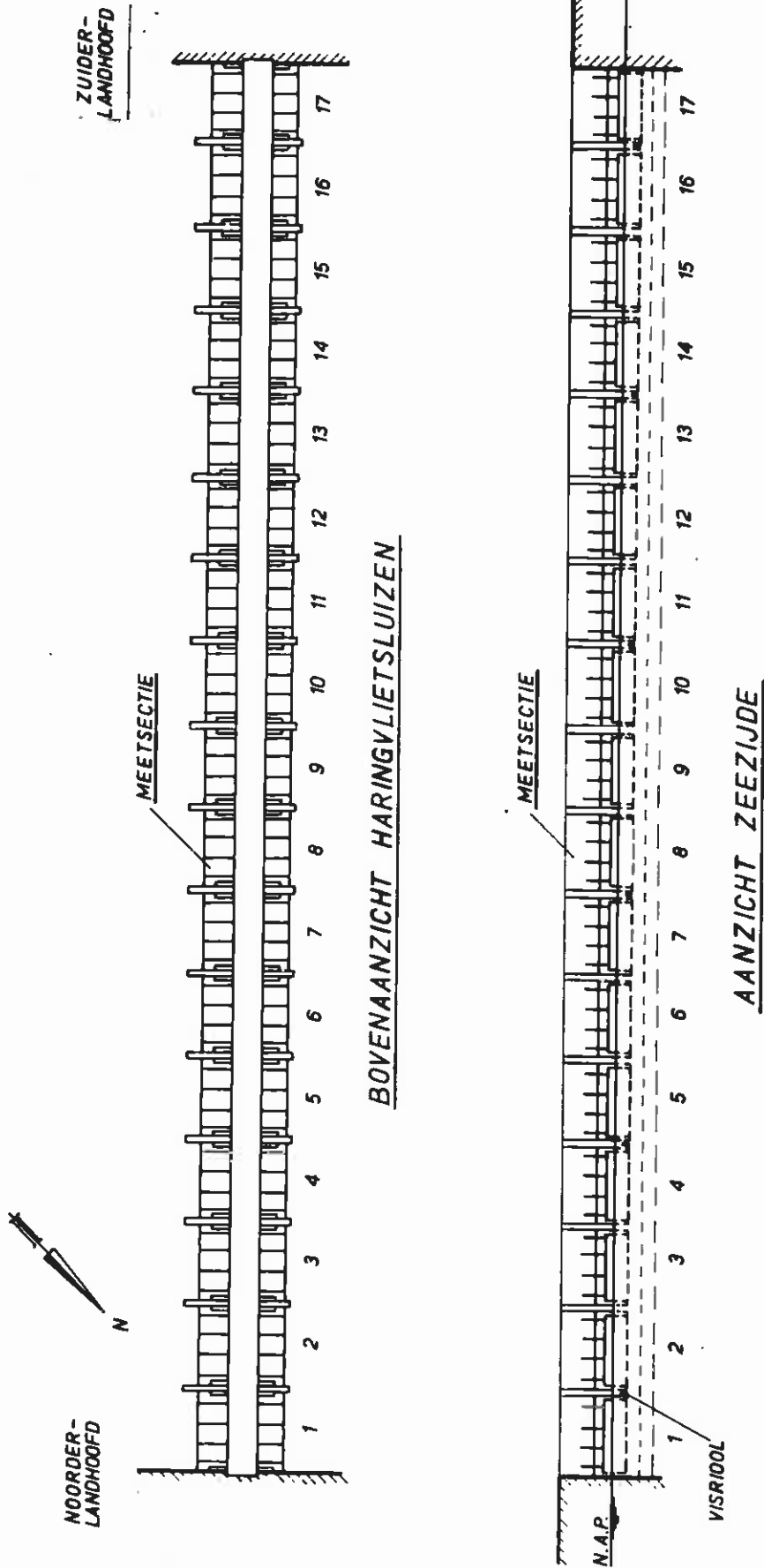
MATEN IN m R.R.

PEILEN IN m
t.o.v. N.A.P. A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 754 - 1005

FIG. 2



OVERZICHT SPUISLUIS

HOR. SCHAAL 1: 5000

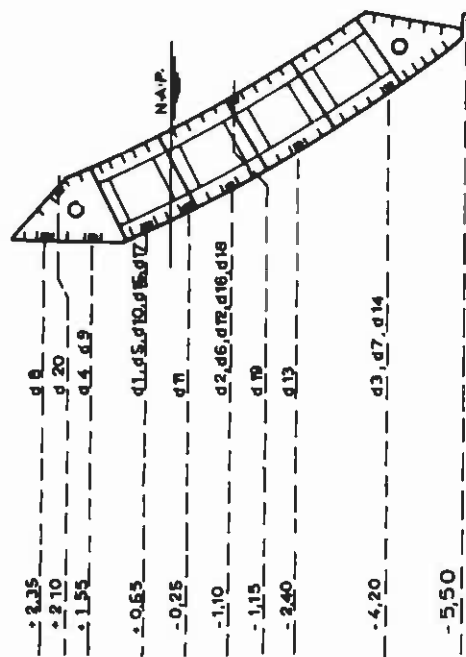
VERT. SCHAAL 1: 2500

A4

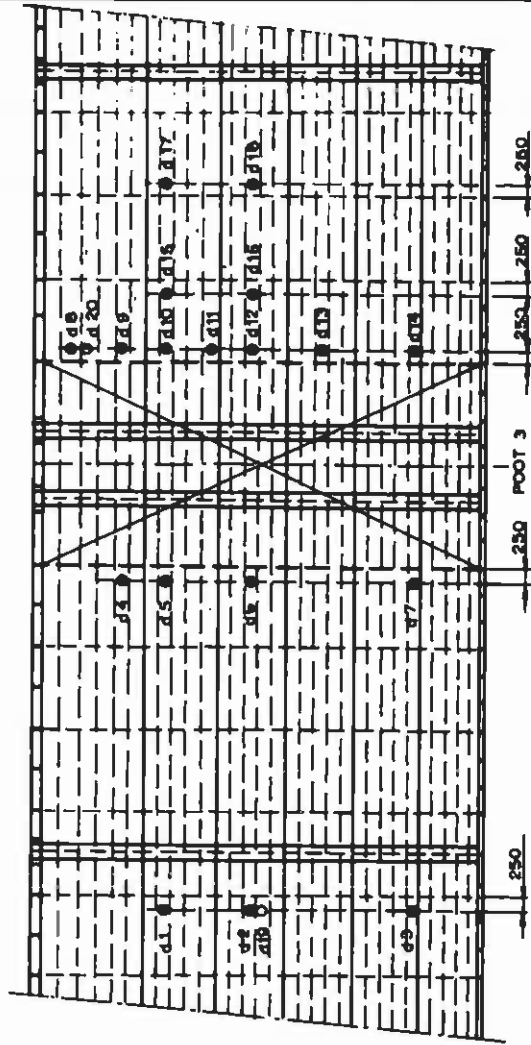
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 754 - 1006

FIG. 3



Dwarsdoorsnede



Aanzicht van zeezijde
Verstijvingen plaat aan zeezijde gestippeld

Maten in mm
 Peilen in m t.o.v. N.A.P.
 Drukopnemers in beplating
 ● aan zeezijde
 ○ aan rivierzijde

POSITIES VAN DE DRUKOPNEMERS
 OP DE ZEESCHUIF

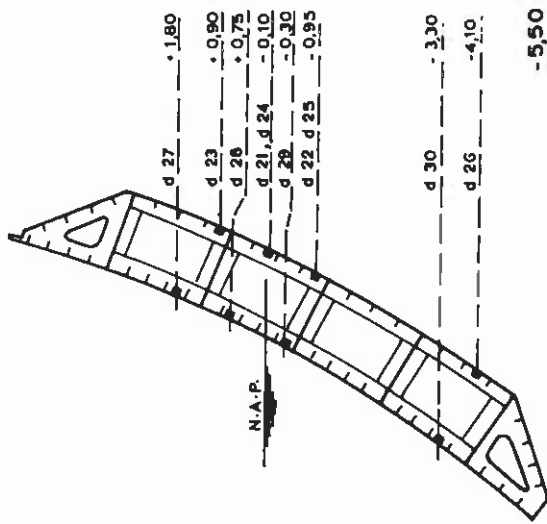
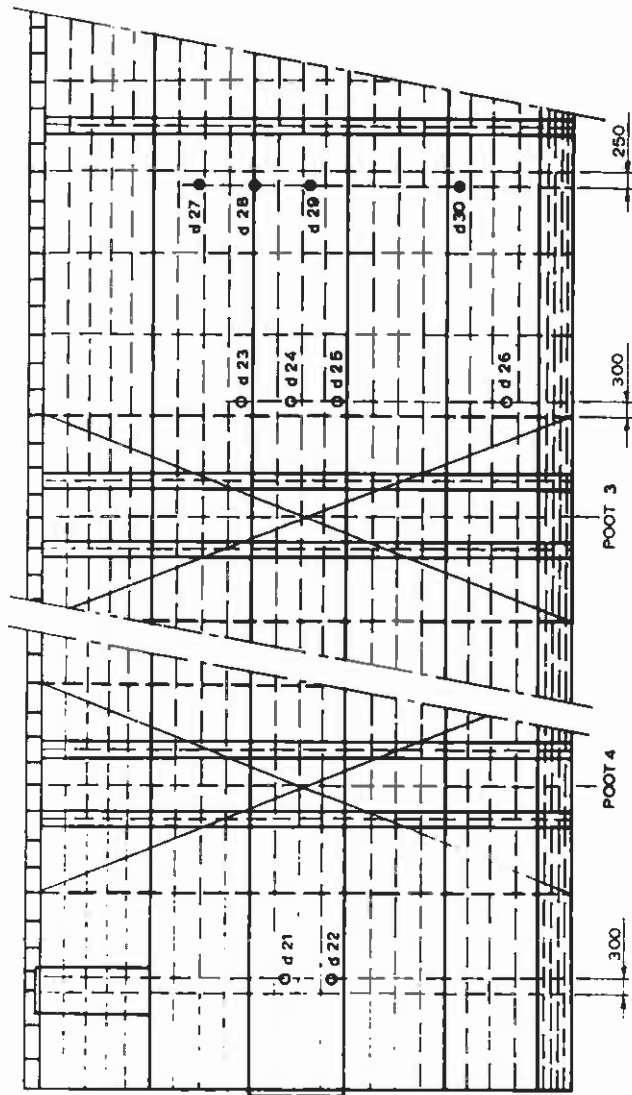
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R.R.

A4

M. 754 - 1008

FIG. 4



Dwarsdoorsnede

Aanzicht van rivierzijde

Verstijvingen plaat aan rivierzijde gestippeld

Maten in mm
 Pellen in m t.o.v. N.A.P.
 Druckopnemers in beplating
 ○ AAN ZEEZUDE
 ● AAN RIVIERZUDE

POSITIES VAN DE DRUKOPNEMERS
 OP DE RIVIERSCHUIF

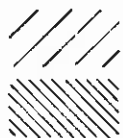
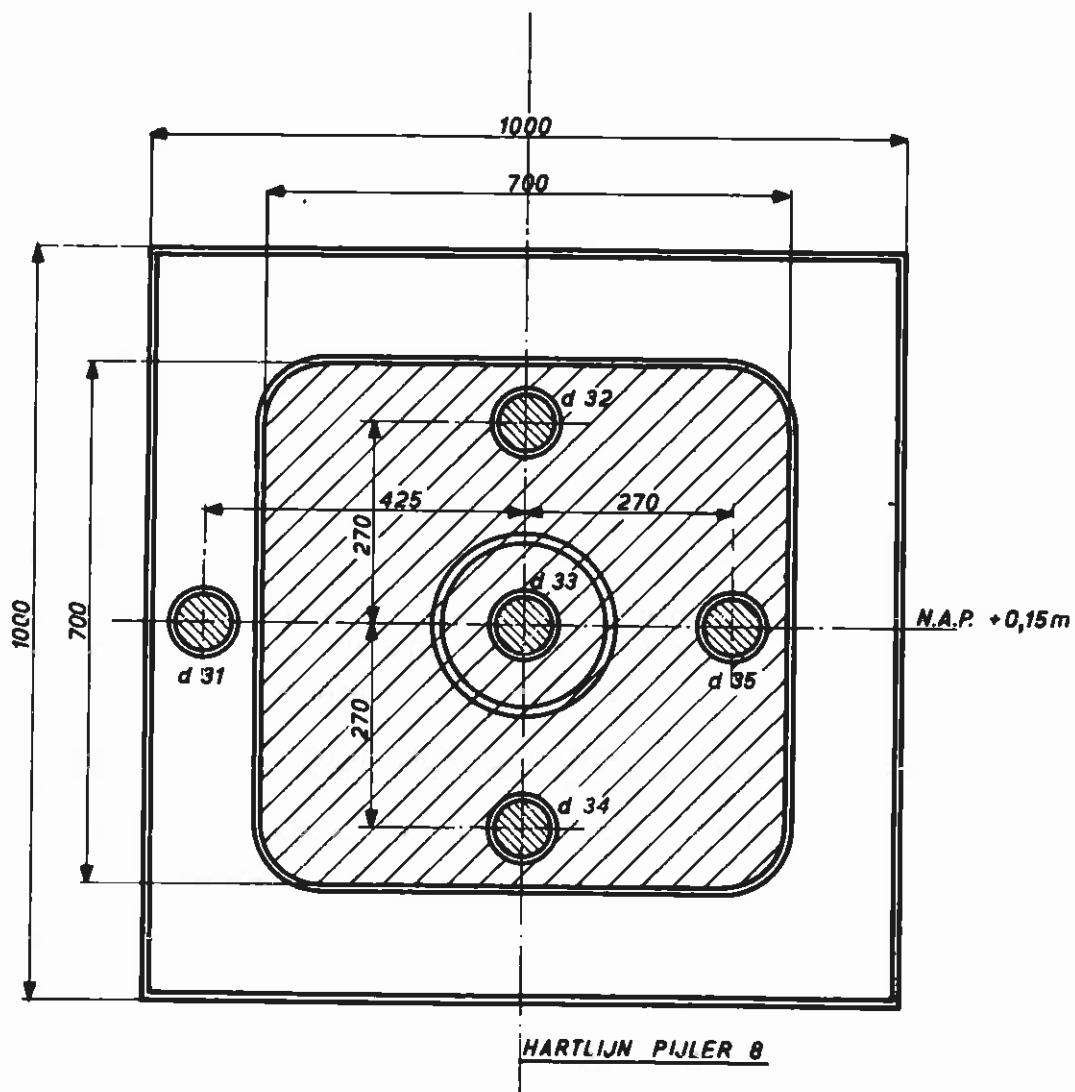
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R.R.

A4

M. 754 - 1009

FIG. 5



MEETOPPERVLAK GROTE DRUKDOOS

MEETOPPERVLAK KLEINE DRUKOPNEMERS ϕ 13

PIJLERDRUKDOOS

MATEN IN mm

R.R.

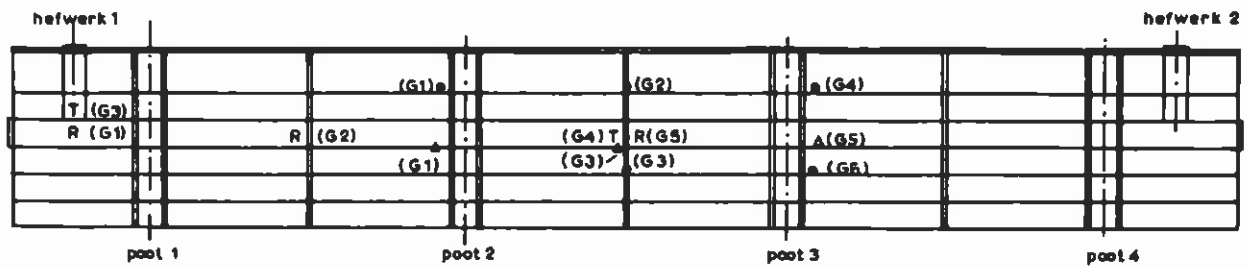
SCHAAL 1:10

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.754 1010

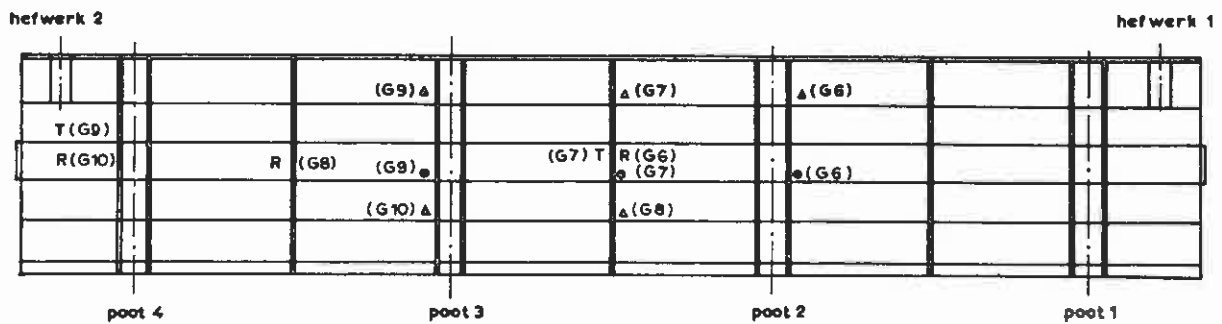
FIG. 6



AANZICHT VAN ZEEZIJDE

Meting nr	Versnellingsopn. (G)					Richting
	G1	G2	G3	G4	G5	
	V36	V37	V38	V39	V40	
B 1-4	●	●	●	●	●	Radiaal
B 2-2	△	—	△	—	△	Radiaal
B 3-1	R	R	—	—	R	Radiaal Tangentiaal
	—	—	T	T	—	

MEETPLAATSEN VERSNELLINGSOPNEMERS IN ZEE SCHUIF 8



AANZICHT VAN RIVIERZIJDE

Meting nr	Versnellingsopn. (G)					Richting
	G6	G7	G8	G9	G10	
	V41	V42	V43	V44	V45	
B 1-4	●	●	—	●	—	Radiaal
B 2-2	△	△	△	△	△	Radiaal
B 3-2	R	—	R	—	R	Radiaal Tangentiaal
	—	T	—	T	—	

MEETPLAATSEN VERSNELLINGSOPNEMERS IN RIVIER SCHUIF 8

POSITIES VAN DE VERSNELLINGSOPNEMERS

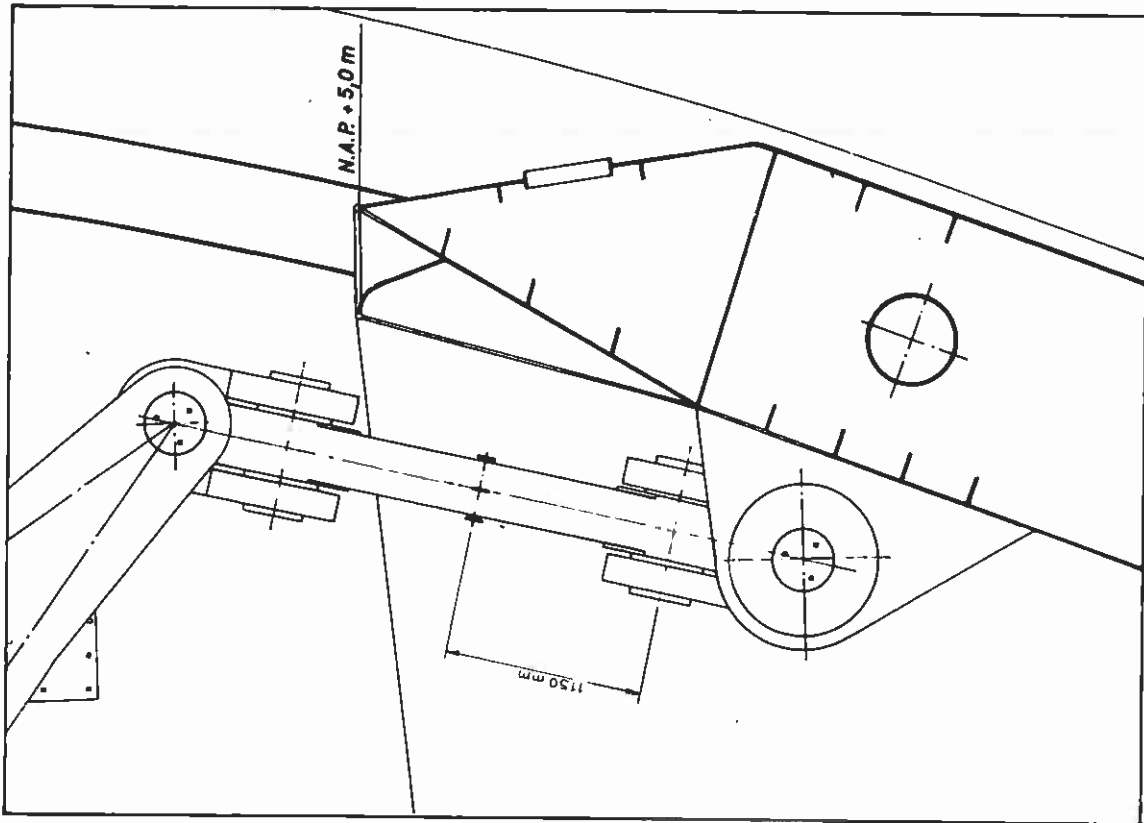
R.R.

A4

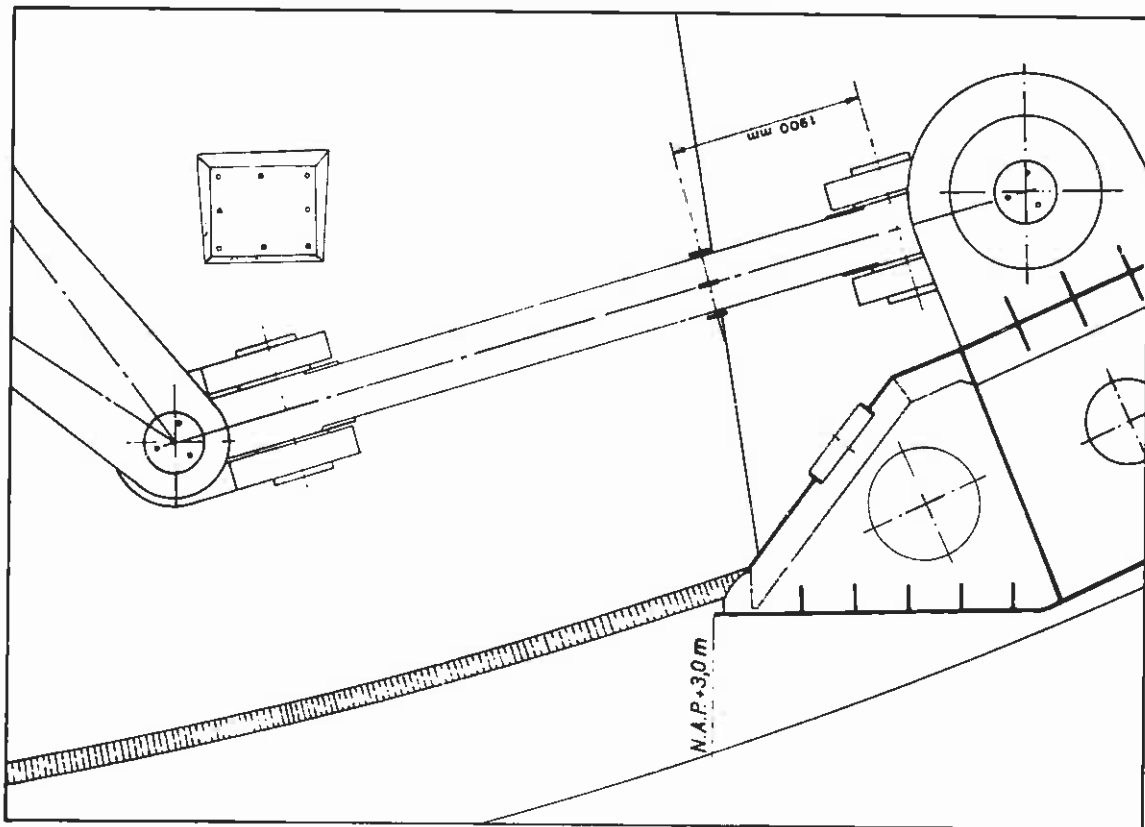
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 754 - 1011

FIG. 7



RIVERSCHUIF



ZEESCHUIF

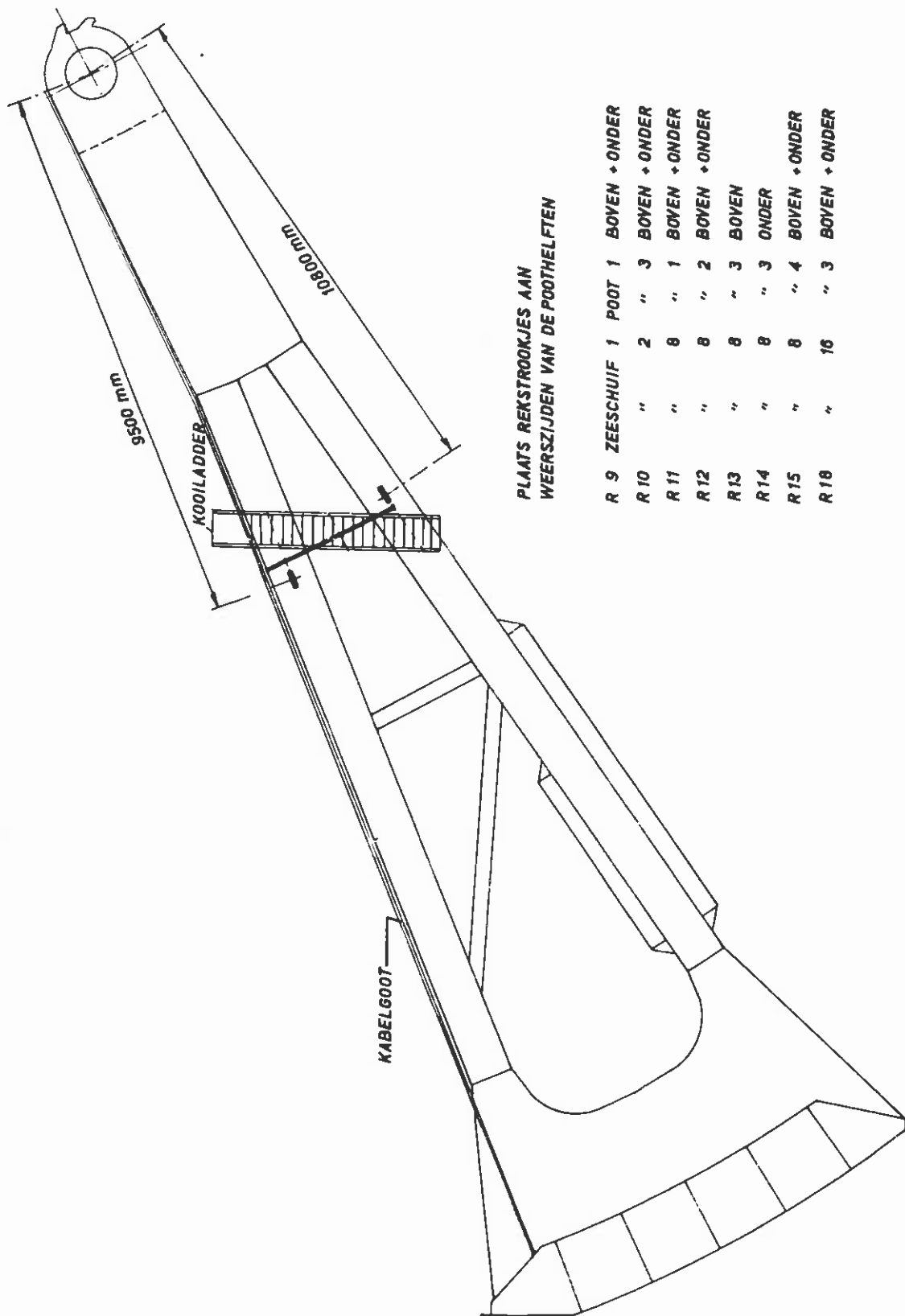
MEETPLAATSEN VAN DE REKSTROKEN
OP DE PENDELS

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 754-1045

FIG. 8

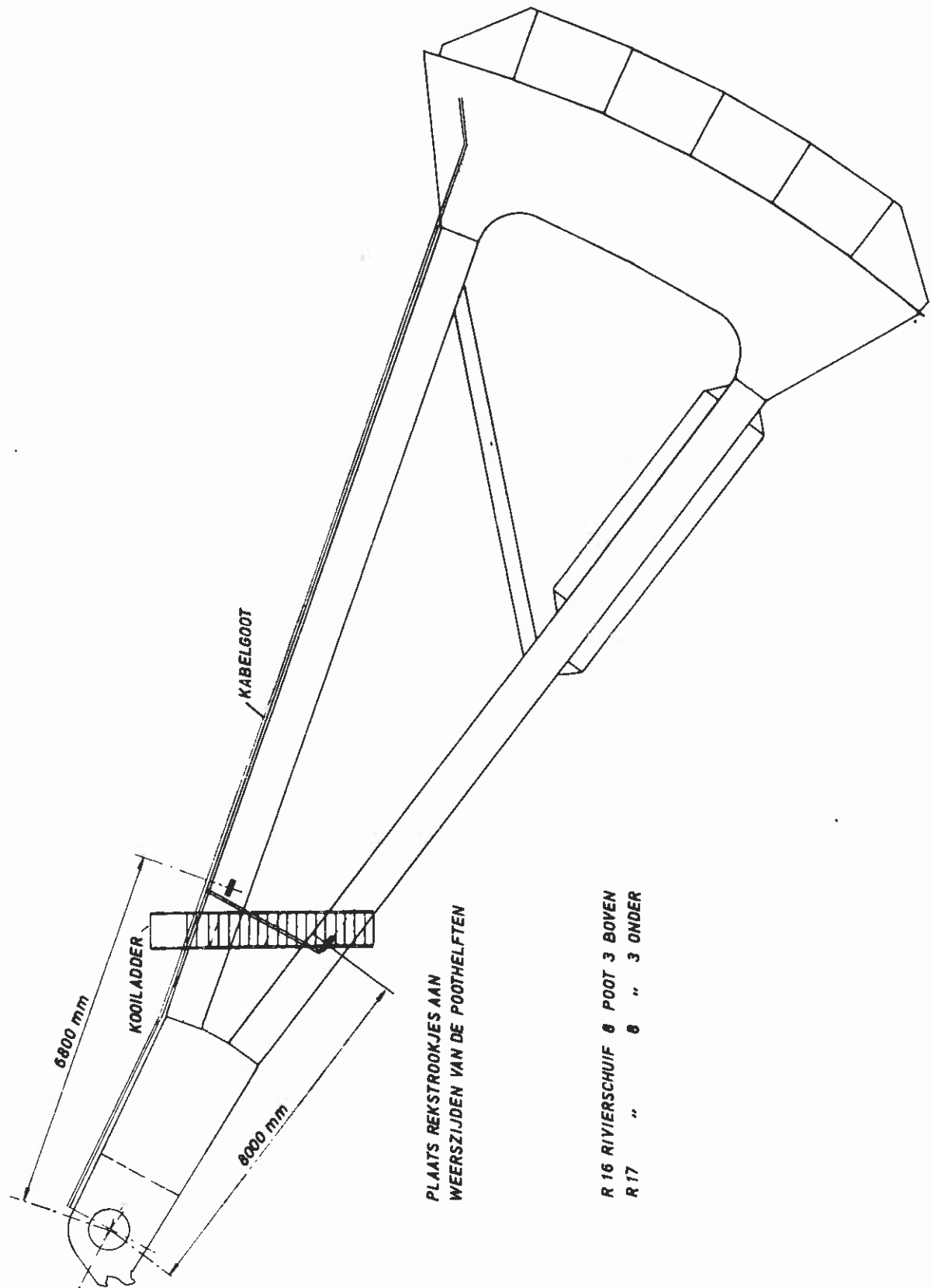
A4



PLAATS REKSTROOKJES AAN
WEERSZIJDEN VAN DE POTHELFTEN

R 9	ZEESCHUIF	1	POOT	1	BOVEN	+	ONDER
R 10	"	2	"	3	BOVEN	+	ONDER
R 11	"	8	"	1	BOVEN	+	ONDER
R 12	"	8	"	2	BOVEN	+	ONDER
R 13	"	8	"	3	BOVEN		
R 14	"	8	"	3	ONDER		
R 15	"	8	"	4	BOVEN	+	ONDER
R 16	"	16	"	3	BOVEN	+	ONDER

MEETPLAATSEN VAN DE REKSTROKEN OP
DE POTEN VAN DE ZEESCHUIF



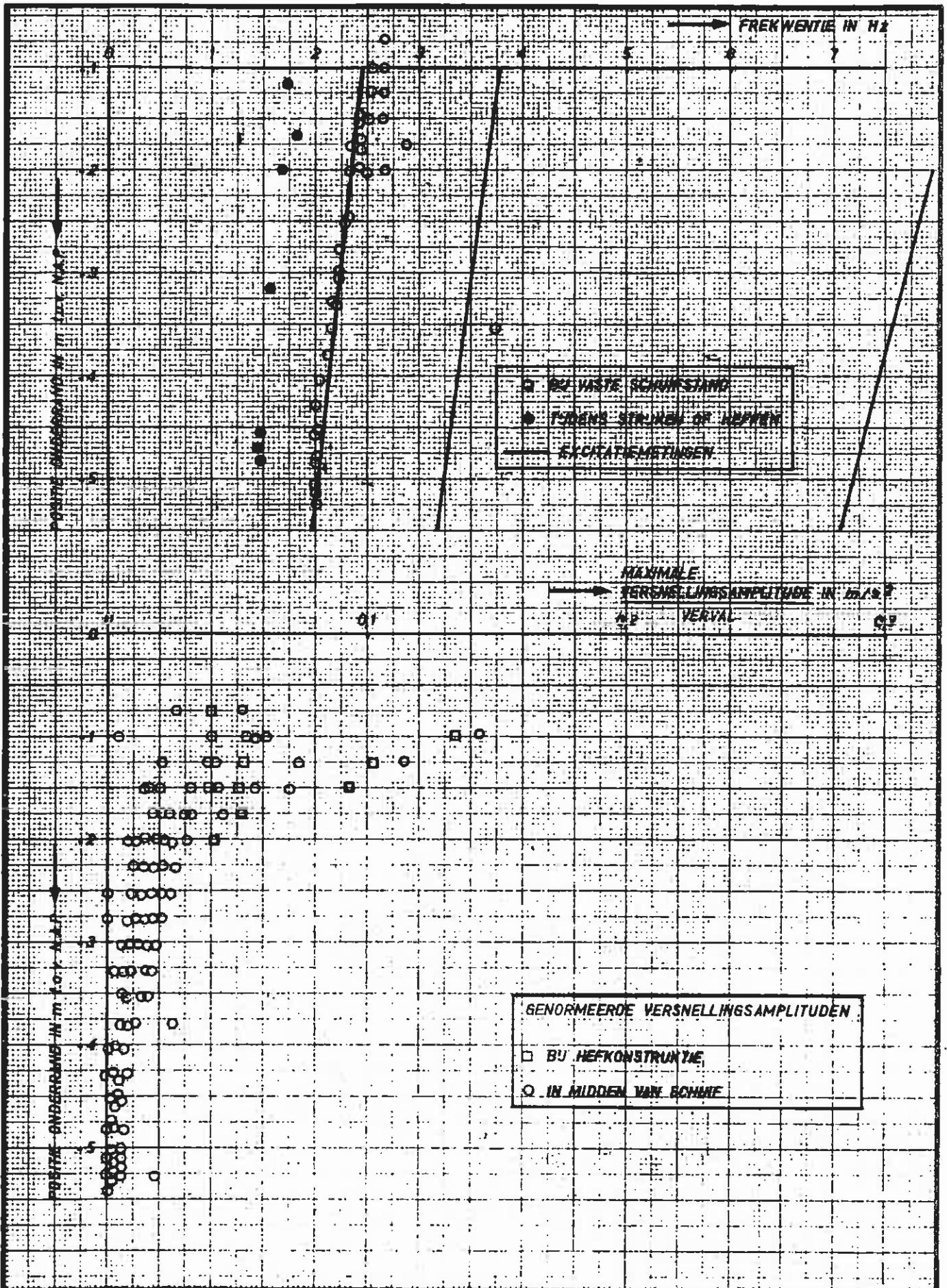
MEETPLAATSEN VAN DE REKSTROKEN OP
DE POTEN VAN DE RIVIERSCHUIF

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 754 -1047

FIG.10

A4

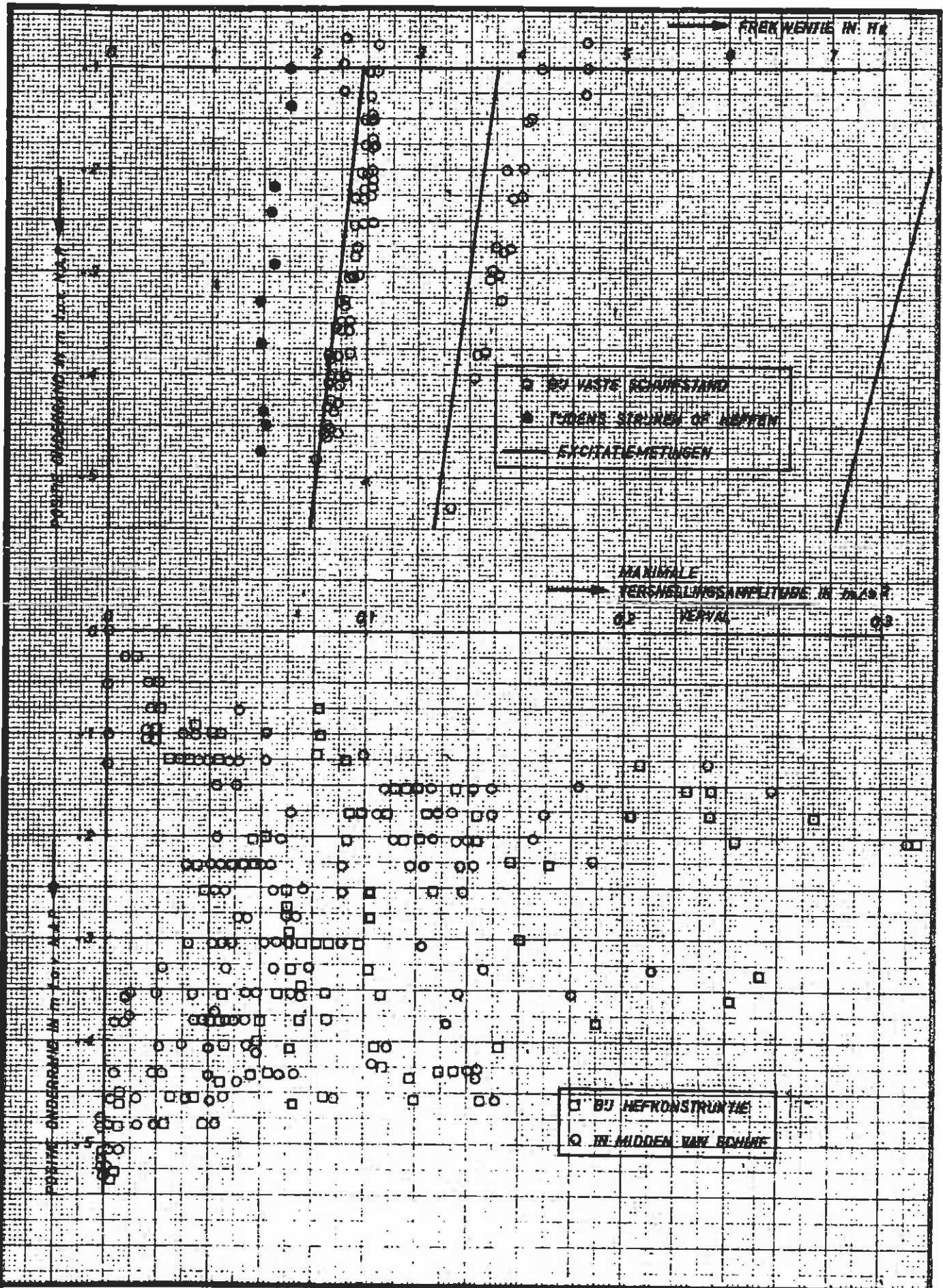


SAMENVATTING VAN DE RESULTATEN VAN DE TRILLINGS -
 METINGEN EZ 3 t/m EZ 8

(UITWERKING MET DE HAND)

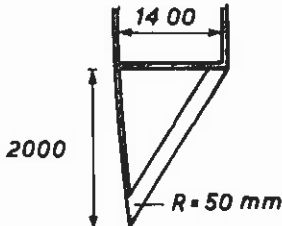
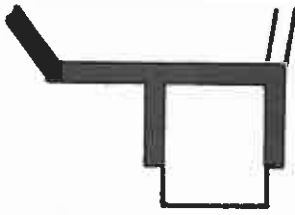
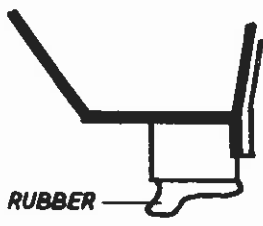
R.R.

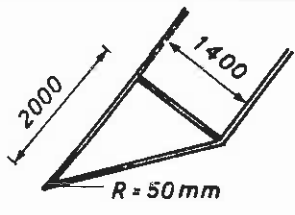
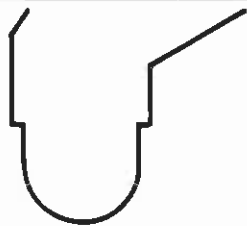
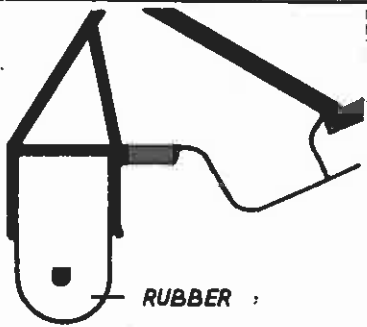
A4



SAMENVATTING VAN DE RESULTATEN VAN DE TRILLINGS -
 METINGEN ER 4 t/m ER 11 (UITWERKING MET DE HAND)

	RR.
	A4
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M.754 - 1033
	FIG.13

DETAIL ONDERRAND ZEESCHUIF		
MODELONDERZOEK		PROTOTYPE
 <p>1400 2000 R = 50 mm $n_l = 20$</p>	 <p>$n_l = 7$</p>	 <p>RUBBER</p>

DETAIL ONDERRAND RIVIERSCHUIF		
MODELONDERZOEK		PROTOTYPE
 <p>2000 1400 R = 50 mm $n_l = 20$</p>	 <p>$n_l = 7$</p>	 <p>RUBBER</p>

ONDERRANDEN VAN ZEE- EN RIVIERSCHUIVEN
IN MODEL EN PROTOTYPE

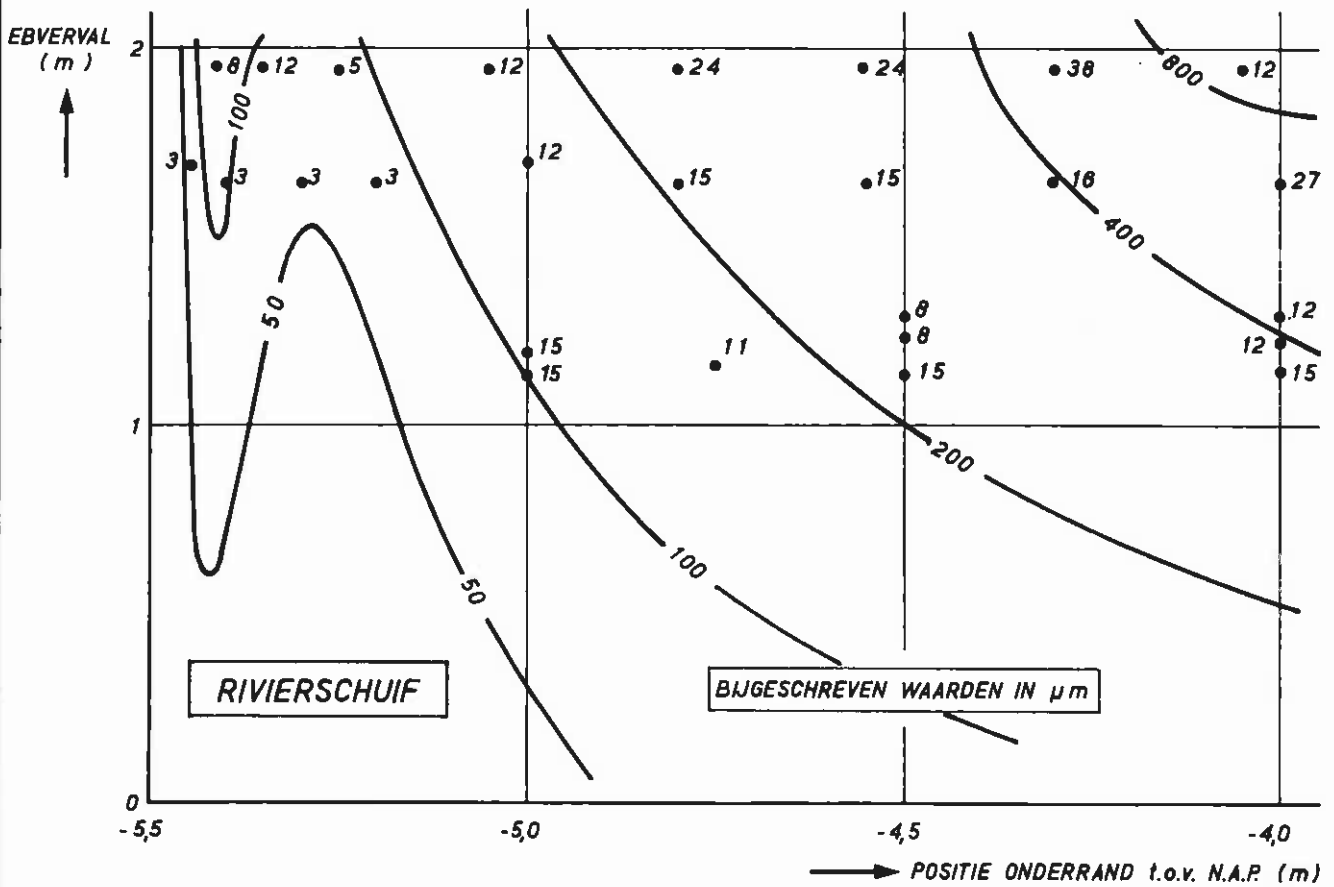
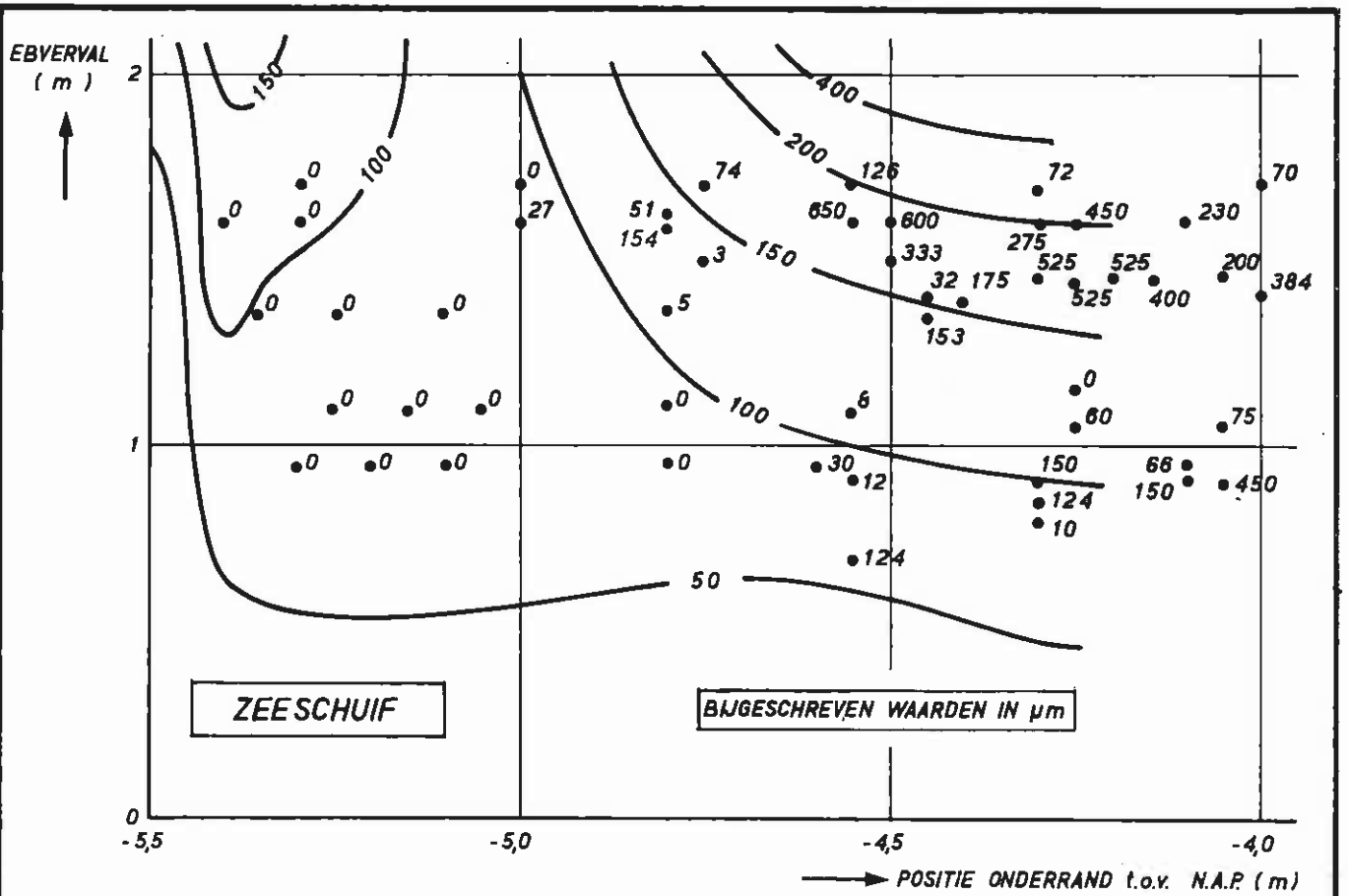
R.R.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 754 - 1058

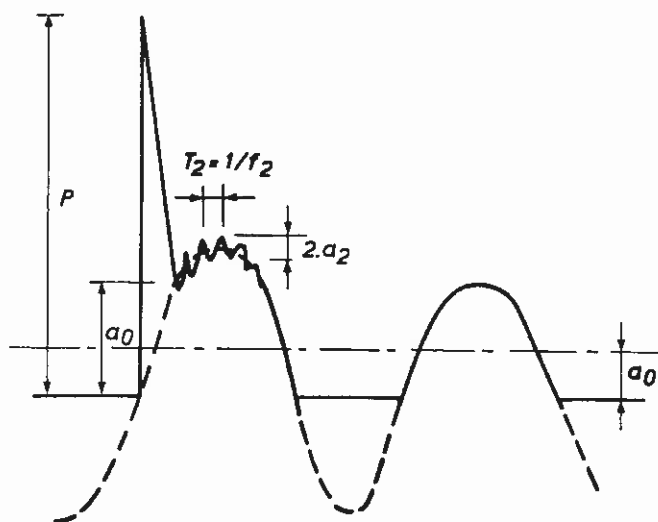
FIG.14



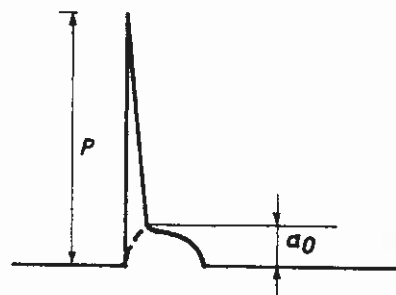
TRILLINGAMPLITUDEN IN MODEL EN PROTOTYPE : WAARDEN
 DIE DOOR 30% V.D. AMPLITUDEN WORDEN OVERSCHREDEN

R.R.

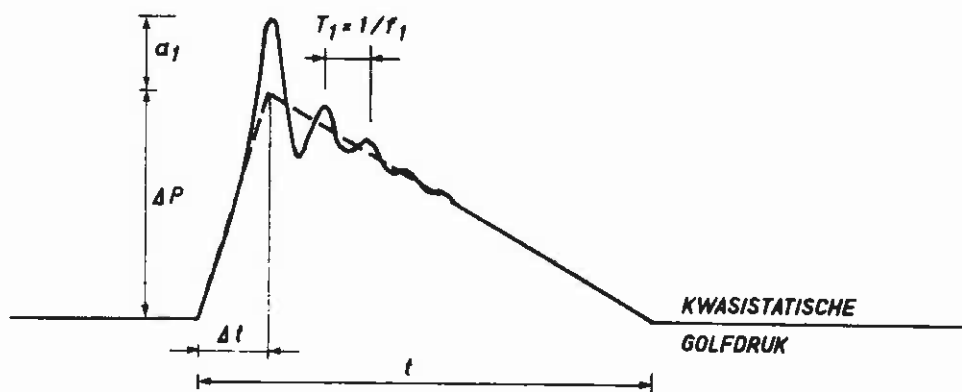
A4



GOLFDROKSIGNAAL, OPNEMER OP DE WATERLIJN



GOLFDROKSIGNAAL, OPNEMER BOVEN DE WATERLIJN



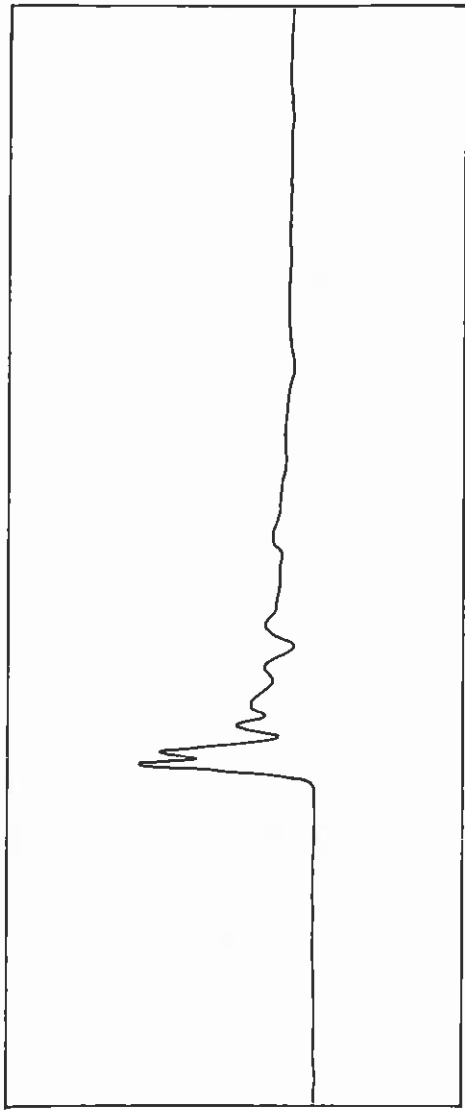
GOLFKLAPSIGNAAL = DYNAMISCH DEEL VAN HET GOLFDROKSIGNAAL

- P maximale golfdruk
- ΔP grootte niet-oscillerend deel van de golfklap
- a_0 kwasi-statische golfdruk na de klap
- a_1 (eerste) amplitude oscillerend deel van de golfklap
- a_2 amplitude oscillatie op kwasi-statische golfdruk
- f_1 frekwentie oscillerend deel van de golfklap
- f_2 frekwentie oscillatie op kwasi-statische golfdruk
- t^2 tijdsduur klap
- Δt stijgtijd klap

DEFINITIES GOLFKLAPPARAMETERS

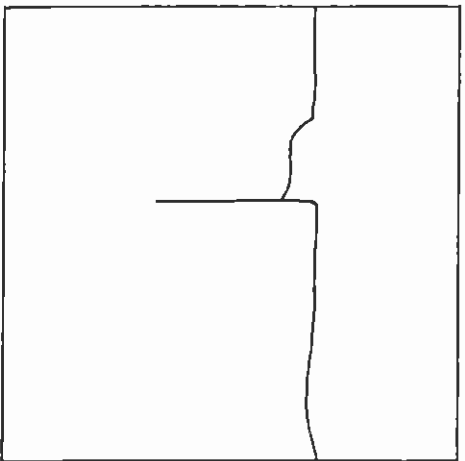
R.R.

A4



TIJD →

1 cm $\hat{=}$ 0,01 s

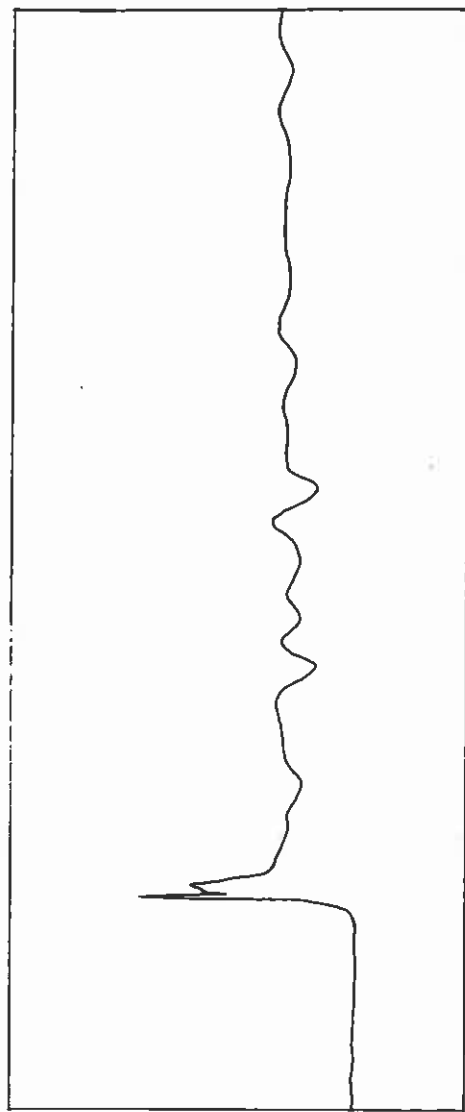


TIJD →

1 cm $\hat{=}$ 1 s

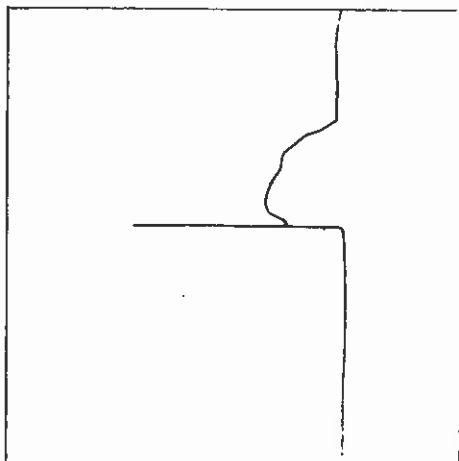
DRUK ←
1 cm $\hat{=}$ 11,0 kPa

K 719



TIJD →

1 cm $\hat{=}$ 0,01 s



TIJD →

1 cm $\hat{=}$ 1 s

DRUK ←
1 cm $\hat{=}$ 11,9 kPa

K 711

VOORBEELD GOLFKLAPSIGNAAL
TYPE a

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

A4

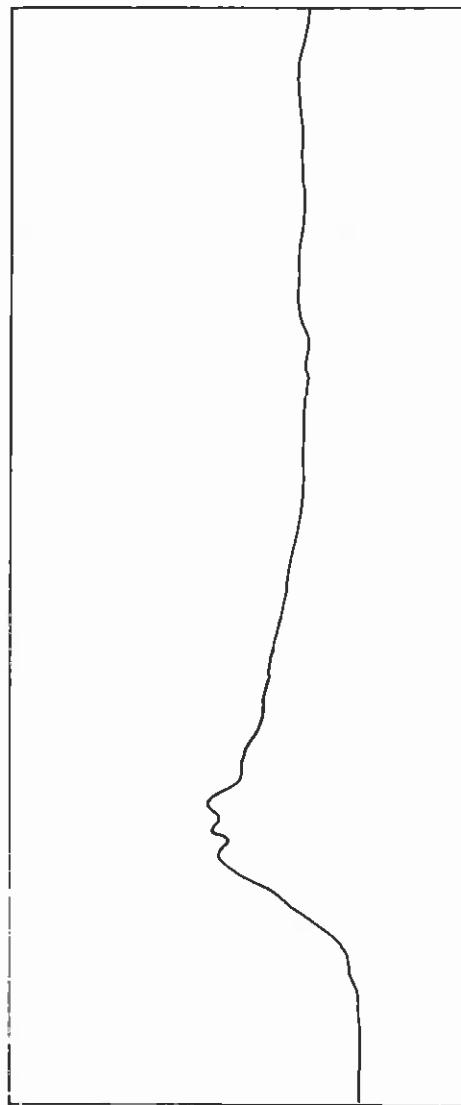
M 754-1061

FIG.17



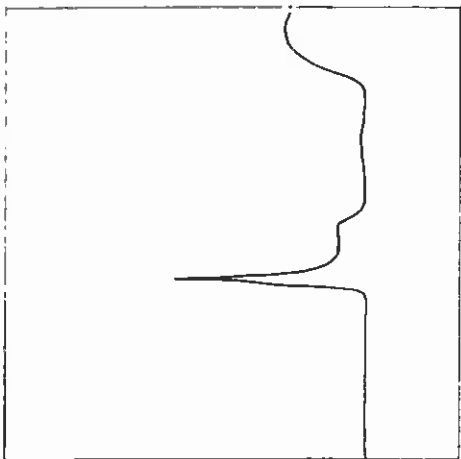
TIJD →

1cm ≅ 0,1 s



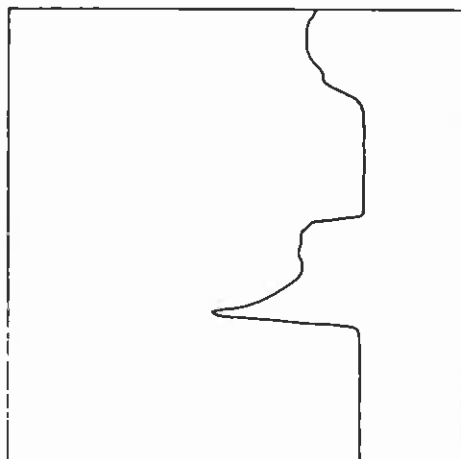
TIJD →

1cm ≅ 0,1 s



TIJD →

1cm ≅ 1 s



TIJD →

1cm ≅ 1 s

DRUK ←
1cm ≅ 7,8 kPa

K 30

DRUK ←
1cm ≅ 10,7 kPa

K 27

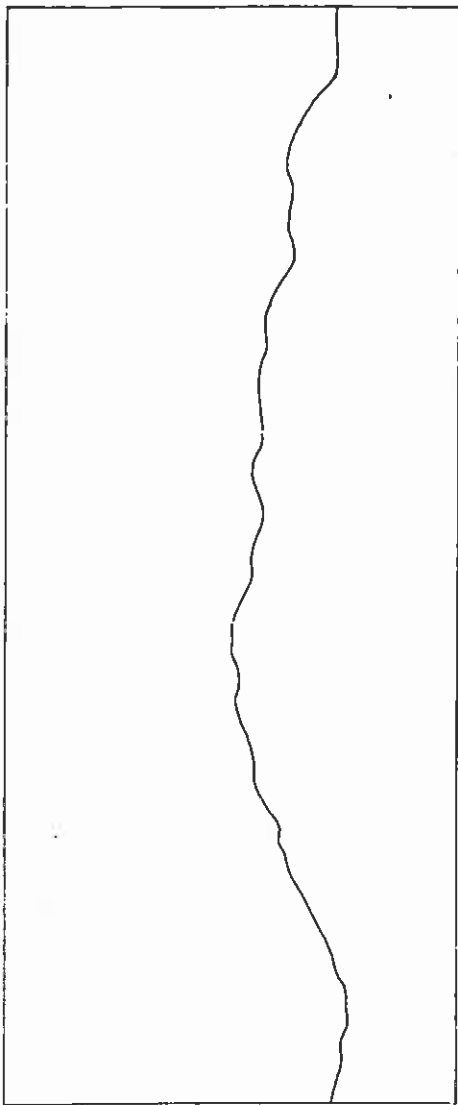
VOORBEELD GOLFKLAPSIGNAAL
TYPE b

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

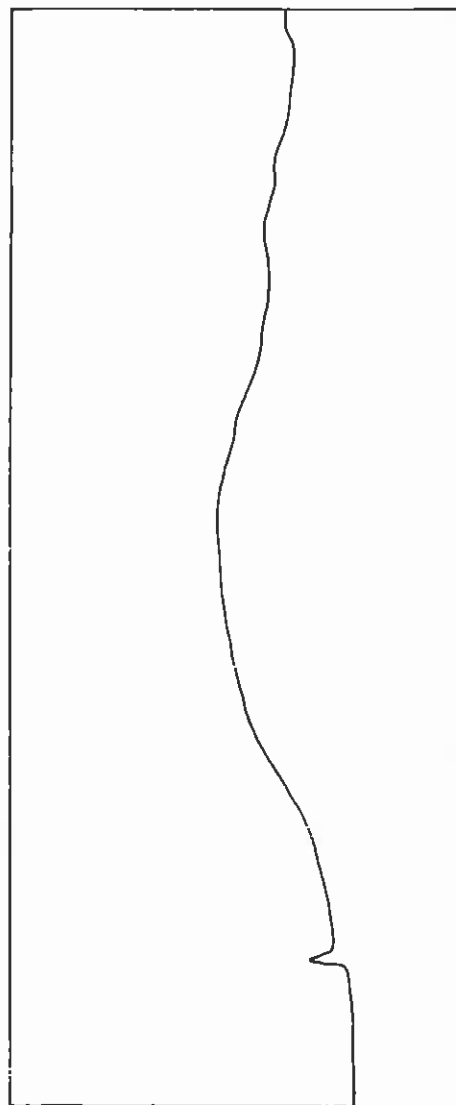
M 754- 1062

FIG.18



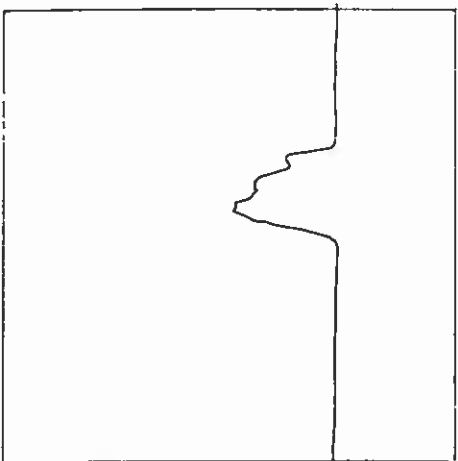
TIJD →

1 cm ≅ 0,1 s



TIJD →

1 cm ≅ 0,1 s

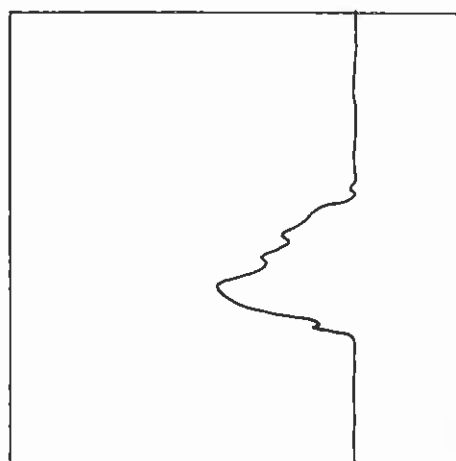


TIJD →

1 cm ≅ 1 s

DRUK ←
1 cm ≅ 7,1 kPa

K 80



TIJD →

1 cm ≅ 1 s

DRUK ←
1 cm ≅ 8,9 kPa

K 95

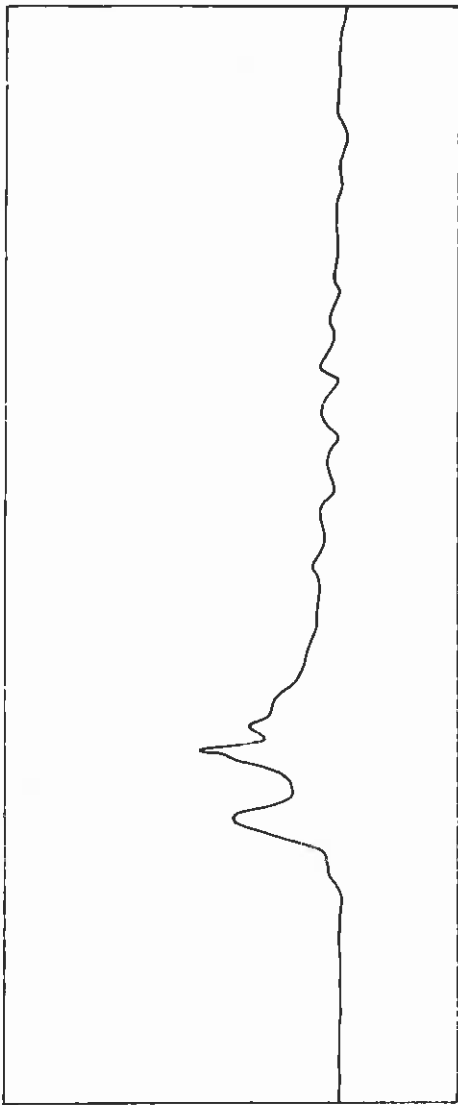
VOORBEELD GOLFKLAPSIGNAAL
TYPE c

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 754-1063

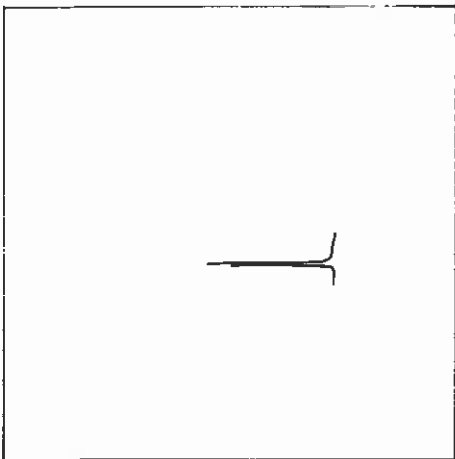
FIG. 19

A4



TIJD →

1cm ≅ 0,01 s

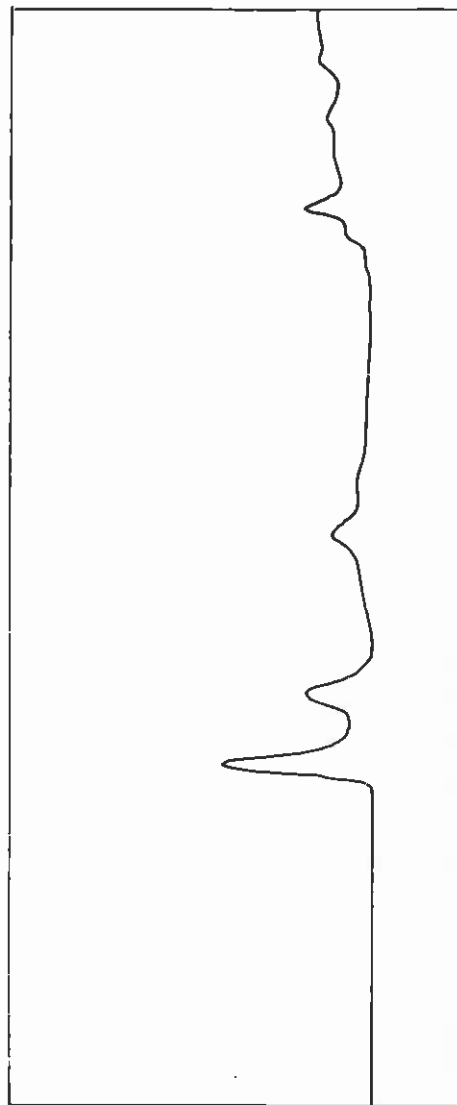


TIJD →

1cm ≅ 1s

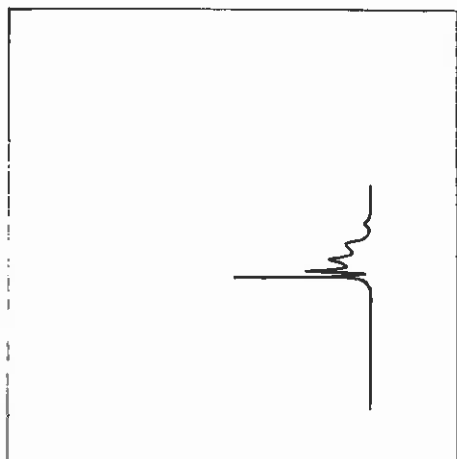
DRUK ←
1cm ≅ 8,3 kPa

K 6



TIJD →

1cm ≅ 0,01 s



TIJD →

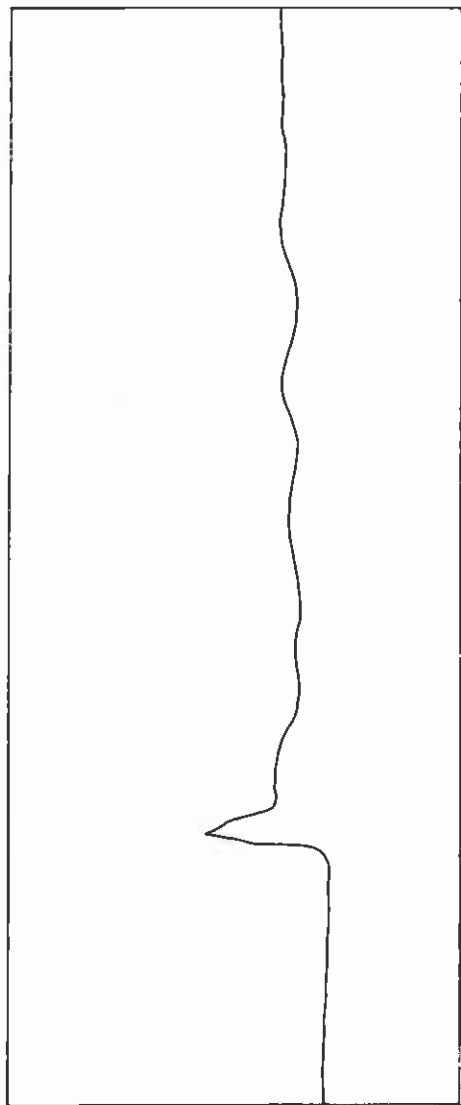
1cm ≅ 1s

DRUK ←
1cm ≅ 7,2 kPa

K 87

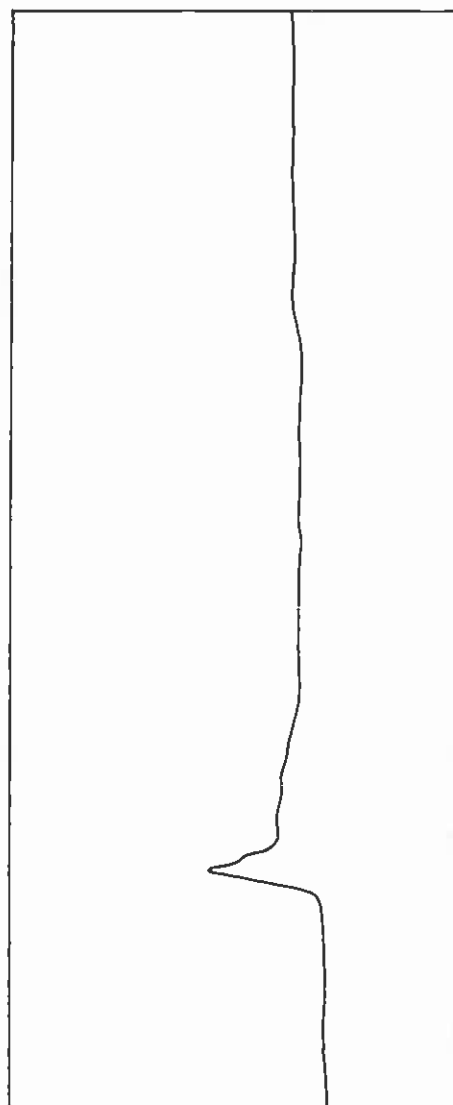
VOORBEELD GOLFKLAPSIGNAAL
TYPE d, TYPE e

A4



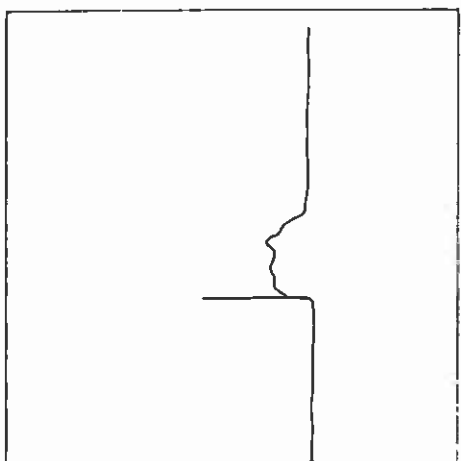
TIJD →

1 cm $\hat{=}$ 0,01 s



TIJD →

1 cm $\hat{=}$ 0,01 s

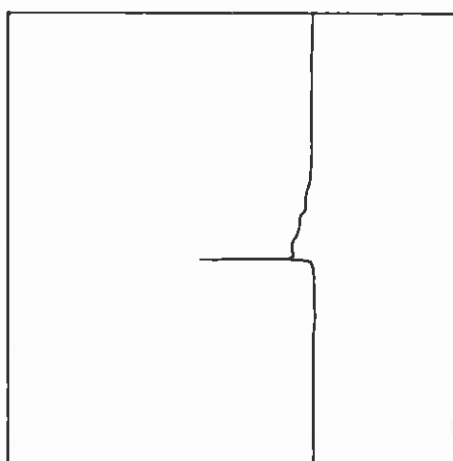


TIJD →

1 cm $\hat{=}$ 1 s

DRUK ←
1 cm $\hat{=}$ 10,8 kPa

K 745



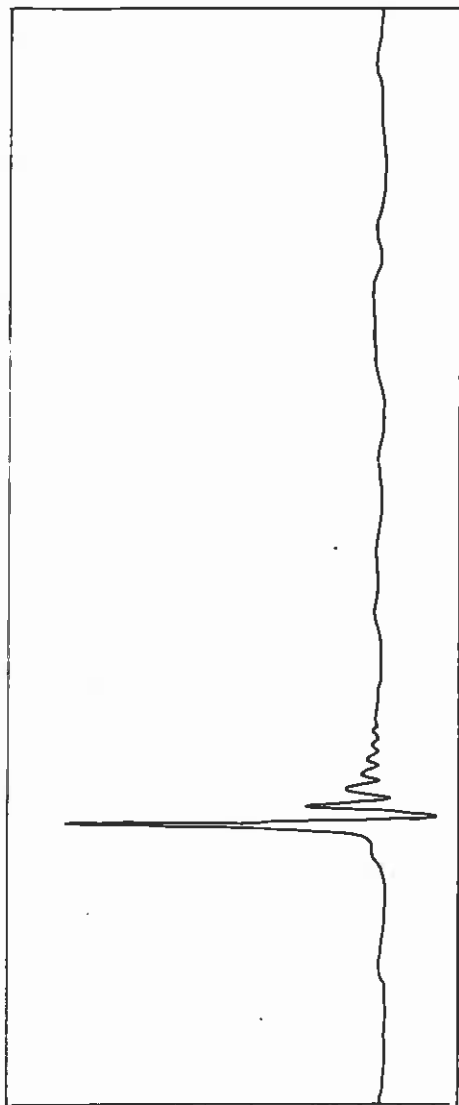
TIJD →

1 cm $\hat{=}$ 1 s

DRUK ←
1 cm $\hat{=}$ 9,2 kPa

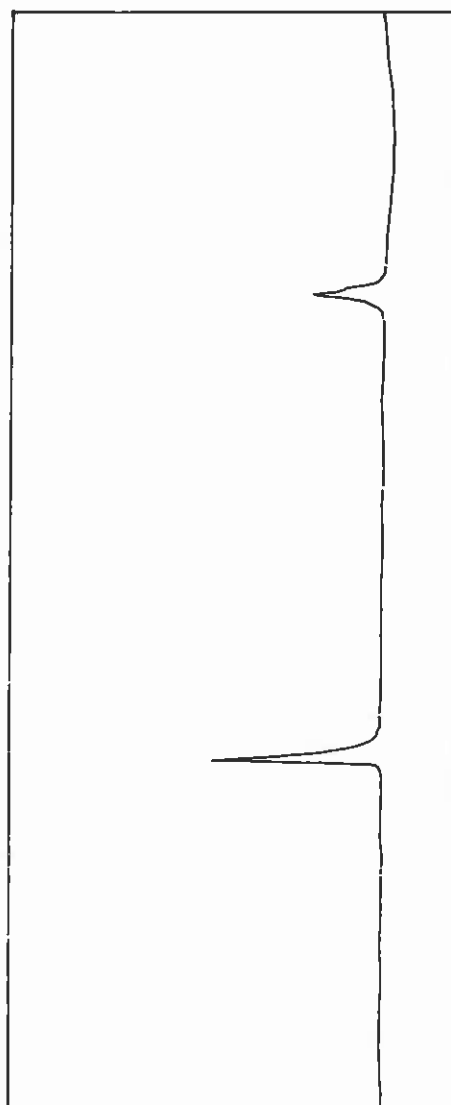
K 746

VOORBEELD GOLFKLAPSIGNAAL
TYPE f



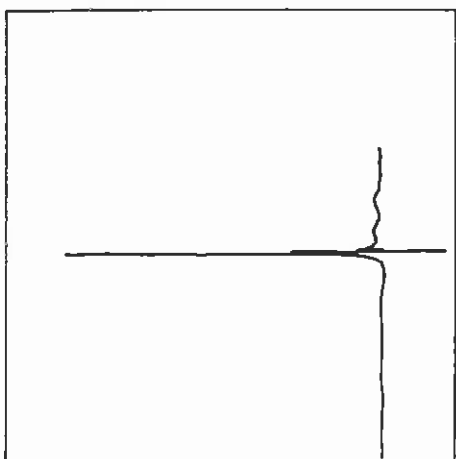
TIJD ↑

1 cm $\hat{=}$ 0,1 s



TIJD ↑

1 cm $\hat{=}$ 0,01 s

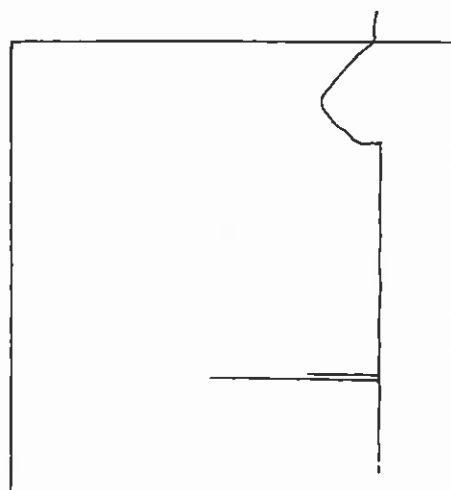


TIJD ↑

1 cm $\hat{=}$ 1 s

DRUK ←
1 cm $\hat{=}$ 15,6 kPa

K 88



TIJD ↑

1 cm $\hat{=}$ 1 s

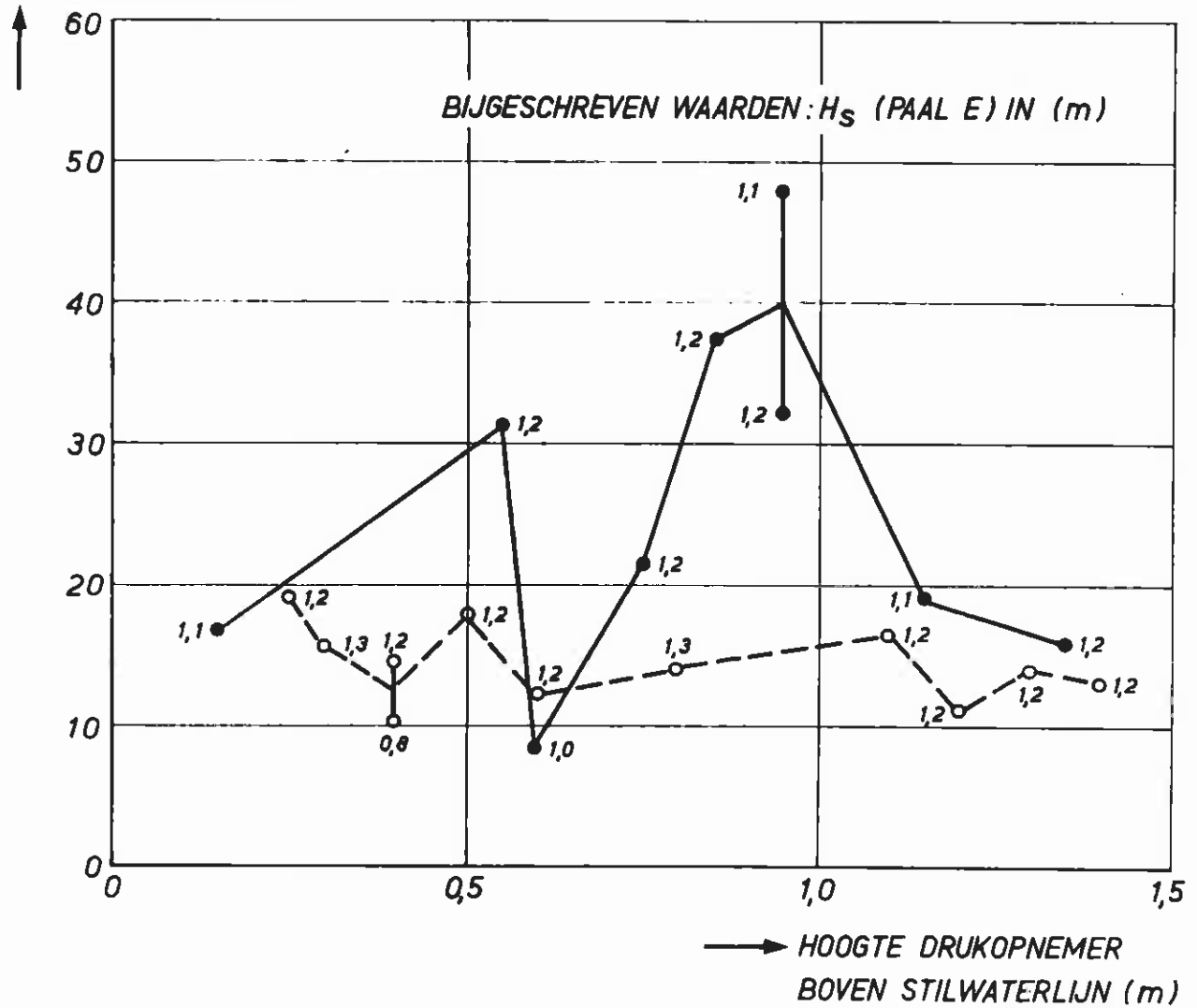
DRUK ←
1 cm $\hat{=}$ 7,8 kPa

K 732

VOORBEELD GOLFKLAPSIGNAAL
TYPE g, TYPE h

A4

PIEKDRUK DIE 2x PER UUR
WORDT OVERSCHREDEDEN (kPa)



● WINDRICHTING = 310° - 340°
 H_S (PAAL E) = 1,0 - 1,2 m

○ WINDRICHTING = 280° - 300°
 H_S (PAAL E) = 1,2 - 1,3 m

GOLFKLAP-VERDELINGEN OVER DE HOOGTE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 754 - 1067

FIG. 23

A4

p.o. box 177

2600 mh delft

the netherlands