

R 1437

STUW

waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde

turbulentiemetingen in de monding van de
Oosterschelde

verslag uitvoering en verwerking prototypemetingen

R1437

augustus 1980

stormvloedkering Oosterschelde

turbulentiemetingen in de monding van de
Oosterschelde

verslag uitvoering en verwerking prototypemetingen

R1437

augustus 1980

23 SEP. 1980

INHOUD

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

Lijst van symbolen

		blz.
<u>1</u>	<u>Inleiding</u>	1
1.1	Opdracht	1
1.2	Probleemstelling	1
1.3	Samenvatting metingen en verwerking	2
1.4	Belangrijkste resultaten en konklusies	3
<u>2</u>	<u>Doel van de metingen</u>	5
2.1	Inleiding	5
2.2	Turbulentie algemeen	5
2.3	Karakterisering van turbulentie	6
2.4	Invloed turbulentie op stroomkrachten	8
2.5	Doel van de metingen	10
<u>3</u>	<u>Opzet van de metingen</u>	12
3.1	Inleiding	12
3.2	Wijze van meten	12
3.3	Meetplaatsen	13
3.4	Meetduur	13
3.5	Kodering	14
3.6	Overzicht metingen	15
3.7	Meetomstandigheden	16
<u>4</u>	<u>Verwerking metingen en resultaten</u>	18
4.1	Overzicht verwerking	18
4.2	Overzicht verwerkte signalen	19
4.3	Verwerking	21
4.3.1	Opname op band	21
4.3.2	Omvormen signaal	21
4.3.3	Uitschrijven signaal	21
4.3.4	Filteren	22
4.3.5	Analyse signalen	23
4.3.5.1	Inleiding	23
4.3.5.2	Spektra	23

INHOUD (vervolg)

	blz.
4.3.5.3	Koherentiefunctie en faserelatie 24
4.3.6	Bepaling relatieve turbulentie-intensiteit 25
4.3.7	Verwerking met behulp van transformatie van het signaal 26
4.4	Verloop gemiddelde snelheden in vertikaal rond de kentering .. 27
<u>5</u>	<u>Konklusies naar aanleiding van de resultaten</u> 30
5.1	Inleiding 30
5.2	Algemene konklusie 30
5.3	Overige konklusies 31

LITERATUUR

BIJLAGE - Praktische uitvoering van de metingen

FIGUREN

Lijst van tabellen

1. Uitgevoerde turbulentieingen
2. Voorspelde stroomsnelheden en opgetreden LW en HW tijdens metingen
3. Overzicht verwerkte signalen
4. Relatieve turbulentie-intensiteiten bij metingen
5. Tijdsduur kentering
6. Verschil in kenteringstijdstip

Lijst van figuren

1. Overzicht meetposities turbulentiemetingen Oosterschelde
2. Positie getijpalen en meetpunten snelheidsmetingen op halve waterdiepte
3. Voorspelde stroomsnelheden en gemeten waterstanden tijdens turbulentiemeting 1RNR, 1RNRV
4. Voorspelde stroomsnelheden en gemeten waterstanden tijdens turbulentiemeting 1RMU, 1RMUV
5. Voorspelde stroomsnelheden en gemeten waterstanden tijdens turbulentiemeting 2RMU, 2RMUV
6. Voorspelde stroomsnelheden en gemeten waterstanden tijdens turbulentiemeting 2RNR, 2RNRV
7. Voorspelde stroomsnelheden en gemeten waterstanden tijdens turbulentiemeting 3RBU, 3RBUV
8. Voorspelde stroomsnelheden en gemeten waterstanden tijdens turbulentiemeting 3SR, 3SRV
9. Voorspelde stroomsnelheden en gemeten waterstanden tijdens turbulentiemeting 4RBUH, 4RBUM
10. Voorspelde stroomsnelheden en gemeten waterstanden tijdens turbulentiemeting 5RZUH, 5RZUM
11. Voorspelde stroomsnelheden en gemeten waterstanden tijdens turbulentiemeting 6HUU, 6HUM
12. Voorbeeld snelheidsregistratie turbulentiemeting Roompot-Noord tijdens maximum vloed
13. Voorbeeld snelheidsregistratie turbulentiemeting Roompot-Zuid tijdens maximum eb
14. Filterkarakteristiek van de bij de verwerking gebruikte filters
15. Spektra meting 1RNR, 2 uur maximum vloed
16. Vertikale korrelaties idem
17. Spektra meting 3RBU, 2 uur maximum eb
18. Vertikale korrelaties idem
19. Spektra meting 3RBU, 1 uur voor LWK
20. Vertikale korrelaties idem
21. Spektra meting 3RBU, 2 uur maximum vloed
22. Vertikale korrelaties idem
23. Spektra meting 3RBU, 1 uur voor HWK
24. Vertikale korrelaties idem
25. Spektra meting 3RBUV, 2 uur maximum eb
26. Vertikale korrelaties idem

Lijst van figuren (vervolg)

27. Spektra meting 3RBUV, 1 uur voor LWK
28. Vertikale korrelaties idem
29. Spektra meting 3SRV, 2 uur maximum eb
30. Vertikale korrelaties idem
31. Spektra meting 3SRV, 1 uur voor LWK
32. Vertikale korrelaties idem
33. Spektra meting 4RBUH, 2 uur maximum eb
34. Vertikale korrelaties idem
35. Spektra meting 4RBUH, 1 uur voor LWK
36. Vertikale korrelaties idem
37. Horizontale korrelaties 4RBUH/4RBUM, 2 uur maximum eb
38. Spektra meting 5RZUM, 2 uur maximum eb
39. Vertikale korrelaties idem
40. Spektra meting 5RZUM, 1 uur voor LWK
41. Vertikale korrelaties idem
42. Spektra meting 5RZUM, 1 uur maximum vloed
43. Vertikale korrelaties idem
44. Spektra meting 6HUM, 2 uur maximum eb
45. Vertikale korrelaties idem
46. Spektra meting 6HUM, 1 uur voor LWK
47. Vertikale korrelaties idem
48. Spektra meting 6HUM, 2 uur maximum vloed
49. Vertikale korrelaties idem
50. Verdeling relatieve turbulentie-intensiteit in de vertikaal bij turbulentie-metingen Oosterschelde
51. Spektrum meting 3RBU1, 4 uur eb
52. Verloop van de gemiddelde snelheden rond de kenteringen, meting 1RNR
53. Verloop van de gemiddelde snelheden rond de kenteringen, meting 2RMUV
54. Verloop van de gemiddelde snelheden rond de kenteringen, meting 3RBU
55. Verloop van de gemiddelde snelheden rond de kenteringen, meting 3SRV
56. Verloop van de gemiddelde snelheden rond de kenteringen, meting 4RBUH
57. Verloop van de gemiddelde snelheden rond de kenteringen, meting 5RZUM
58. Verloop van de gemiddelde snelheden rond de kenteringen, meting 6HUM
59. Bevestiging instrumenten bok; meting "gespannen draad"
60. Bevestiging instrumenten meetvaartuig; meting "losse draad"

Lijst van symbolen

B_e	resolutie bij analyse	[1/s]
d	waterdiepte ten opzichte van NAP	[m]
d'	waterdiepte -2 m ten opzichte van NAP	[m]
Δh	verschil tussen HW en LW	[m]
r	relatieve turbulentie-intensiteit	[-]
T	registratielengte signaal	[s]
v	snelheid	[m/s]
\bar{v}	gemiddelde snelheid	[m/s]
v'	fluctuatie snelheid rond gemiddelde	[m/s]
ε	relatieve nauwkeurigheid spektrum	[-]
Λ_x	integraalschaal (lengte)	[m]
Λ_t	integraalschaal (tijd)	[s]
σ	standaardafwijking snelheidssignaal	[m/s]

1 Inleiding

1.1 Opdracht

Met brief WT 20.506 dd. 27 december 1978 heeft de Hoofdafdeling Waterloopkunde van de Deltadienst Rijkswaterstaat aan het Waterloopkundig Laboratorium opdracht gegeven voor het assisteren bij en het verwerken van turbulentiemetingen in de monding van de Oosterschelde.

Het onderzoek maakt deel uit van projekt F7718S01 van de Hoofdafdeling Waterloopkunde.

De turbulentiemetingen zijn in de periode december 1978 tot oktober 1979 uitgevoerd door de afdeling Zierikzee van de Hoofdafdeling Waterloopkunde.

De verwerking en analyse van de metingen hebben in dezelfde periode plaatsgevonden en stonden onder leiding van ir. C. Deelen, die tevens dit verslag samenstelde. De bijlage, waarin nader wordt ingegaan op de praktische uitvoering van de metingen is van de hand van ing. W.J. de Vos van de afdeling Zierikzee van de Hoofdafdeling Waterloopkunde van de Deltadienst Rijkswaterstaat.

1.2 Probleemstelling

Een van de eerste fasen in de bouw van de stormvloedkering Oosterschelde is het plaatsen van de pijlers in de sluitgaten. Tijdens deze bouwfase is het verval klein en de mate van blokkering van de stroming door de pijlers gering. Verwacht mag derhalve worden dat met het oog op de dynamische krachten op de pijlers instationaire stromingsverschijnselen in de aanstroming van belang zullen zijn naast de instationaire verschijnselen in het vertragingsgebied achter de pijler. Ten aanzien van deze turbulente verschijnselen in de aanstroming kan worden gedacht aan wervels met afmetingen in orde-grootte gelijk aan de waterdiepte, maar ook aan neren met verticale as die afmetingen hebben groter dan de waterdiepte. Zij ontstaan als grootschalige loslaat- en vrije grenslaagverschijnselen bij oevers, dammen, platen en daar waar stromen samenvloeien.

Naast de invloed van deze verschijnselen op de krachten op de geplaatste pijlers zullen zij ook van belang kunnen zijn tijdens het plaatsen van de pijlers. Laagfrequentie stromingsverschijnselen kunnen het regelsysteem van het hefschip in moeilijkheden brengen, waardoor de plaatsingsnauwkeurigheid van de pijler wordt verkleind.

Omdat uit de literatuur gebleken is dat turbulente aanstroming van invloed is op de stationaire stroomkrachten is er tijdens het modelonderzoek naar stroomkrachten op de pijlers van de SVKO tijdens de bouwfases aandacht aan besteed. Zowel eenfijnschalige als een grofschalige turbulentie is opgewekt. Uit de resultaten bleek dat de invloed van het type stromingsverschijnsel op de gemiddelde krachten niet zo groot was, maar dat het verschil zich vooral manifesteerde in de dynamische krachtskomponenten, met name bij kleine aanstroomhoeken.

Het werd derhalve van groot belang geacht om meer inzicht te krijgen in de niet-stationaire stromingsverschijnselen die zich in de monding van de Oosterschelde bevinden.

De prototypemetingen die voordien zijn gedaan (zie lit. [3]) waren puntmetingen in de Hammen bij vloed, waarbij er niet simultaan is gemeten. De resultaten vertonen een vrij zware intensiteit van een mogelijk grof karakter. Omdat het karakter van het turbulentiebeeld sterk bepaald wordt door de bovenstroomse geulen- en platenconfiguratie kan dit voor ieder sluitgat en stroomrichting anders zijn.

Gegevens uit de literatuur zijn zeldzaam en voor zover beschikbaar alleen geldig voor een meer fijnschalige stroming in pijpen en kanalen.

Gezien het belang van meer kennis omtrent het aanwezige turbulentiebeeld en de gebrekkige aanwezige kennis daarvan werd besloten in de monding van de Oosterschelde op meerdere plaatsen turbulentiemetingen te gaan uitvoeren.

1.3 Samenvatting metingen en verwerking

Van het gehele ingewikkelde stromingsveld kunnen vanwege praktische beperkingen alleen door middel van een beperkte bemonstering gegevens worden verkregen.

Aan de hand van deze metingen kan dan via een statistische verwerking een indruk worden verkregen van de kenmerkende stromingseigenschappen.

Tijdens alle metingen zijn er simultaan snelheden gemeten in 3 punten in de vertikaal (2 m boven de bodem en ongeveer 1/3 en 2/3 van de waterdiepte boven de bodem). In enkele gevallen zijn er twee vertikalen naast elkaar gemeten zodat behalve verticale korrelaties ook horizontale korrelaties bepaald konden worden.

De metingen duurden ongeveer 14 uur en vonden plaats op 6 verschillende plaatsen in de sluitgaten van de Oosterschelde: 4 in de Roompot, 1 in de Hammen en 1 in de Schaar van Roggenplaat.

In vrijwel alle gevallen is er gemeten met Ott-molens, die bevestigd waren aan een verticale draad. Er waren twee meetmethoden: de methode "gespannen draad" en de methode "loshangende draad", die aan het uiteinde is verzwaard. Alle meetsignalen zijn ter plaatse op tape opgenomen om een verdere verwerking mogelijk te maken.

Op het laboratorium zijn alle snelheidssignalen na omvorming tot analoge signalen uitgeschreven waarna in overleg is besloten welke stukken signaal van welke metingen verder verwerkt zouden worden.

Deze verdere verwerking betrof stukken signaal van 2 uur maximum stroomsnelheid (i.v.m. belastingen op pijler) en 1 uur voor kentering (i.v.m. het plaatsen van de pijler rond kentering).

Perioden groter dan 10 minuten en kleiner dan 10 seconden werden weggefilterd omdat alleen perioden hier tussen overeenkomen met wervelafmetingen van de orde van grootte van de pijlerafmetingen. Tenslotte zijn de signalen met een signal analyzer geanalyseerd waarbij energiedichtheidsspektra van de afzonderlijke signalen en koherentiefuncties en faserelaties van een combinatie van twee signalen zijn gemaakt.

Uit de snelheidsspektra en de van de registraties afgelezen gemiddelde snelheid is de relatieve turbulentie-intensiteit bepaald.

Een laatste aspect van de verwerking betrof het verloop van de gemiddelde snelheid in de drie punten in de vertikaal rond de kenteringen, dit in verband met het plaatsen van de pijlers in die periode. Aan de hand van de uitgeschreven signalen is de tijdsduur van de kentering (gedefinieerd als de tijd tussen $\bar{v} = 0,5$ m/s en $\bar{v} = -0,5$ m/s) in de drie punten in de vertikaal en het verschil in kenteringstijdstip tussen het onderste en bovenste meetpunt bepaald.

1.4 Belangrijkste resultaten en konklusies

Uit de verwerkingsresultaten van de metingen blijkt dat er een sterke gelijkvormigheid is ten aanzien van de vorm van de spektra, de verdeling van de relatieve turbulentie-intensiteit in de vertikaal en de korrelaties tussen de verschillende meetpunten in de vertikaal. De spektra vertonen geen overheersende frekwenties.

Het verloop is vrij vlak en de energiedichtheid neemt toe bij afnemende frekwentie.

Met uitzondering van een meting in de Roompot-Noord tijdens vloed is de relatieve turbulentie-intensiteit niet gelijkmatig verdeeld over de vertikaal en

kan bij de bodem vrij zwaar zijn: 15% is niet onmogelijk. De korrelatie tussen de punten in de vertikaal is gering: met name tussen het onderste en bovenste meetpunt is de korrelatie te verwaarlozen.

Bovenstaande resultaten leiden tot de konklusie dat het turbulentiebeeld in de monding van de Oosterschelde meer fijn dan grof van structuur is en wat betreft intensiteit vrij zwaar kan zijn. Bovendien is de intensiteit afhankelijk van de plaats.

2 Doel van de metingen

2.1 Inleiding

Voordat het doel van de metingen nader wordt omschreven wordt ingegaan op turbulentie en turbulente stromingsverschijnselen. Nader wordt aangeduid wat turbulentie is en welke verschijnselen er onder gerekend worden.

Vervolgens wordt nagegaan in hoeverre het karakteriseren van een turbulentiebeeld in een bepaald gebied mogelijk is. Aan de hand van de invloed die turbulentie kan hebben bij stroming rond voorwerpen in de stroom wordt tenslotte aangegeven met welk doel de turbulentiemetingen zijn uitgevoerd.

2.2 Turbulentie algemeen

Een exakte definitie van turbulentie is niet te geven. Volstaan moet daarom worden met het geven van een aantal kenmerken die karakteristiek voor turbulentie zijn: "turbulente vloeistofbeweging is een onregelmatige stromingsconditie waarin de verschillende fysische grootheden een willekeurige variatie in ruimte en tijd vertonen" (zie lit. [2]).

Een belangrijk kenmerk is dus in de eerste plaats de onregelmatigheid. Dit laat geen ruimte voor een deterministische maar alleen voor een statistische aanpak. Beschrijving van turbulentie is alleen mogelijk aan de hand van statistisch bepaalde grootheden.

Echte turbulentie is in principe driedimensionaal: de wervelsterktefluctuaties hebben componenten in alle koördinaatrichtingen. Typisch voor turbulentie is tenslotte het diffusieve karakter: er vindt een sterke menging plaats van impuls, warmte en massa.

Turbulentie wordt opgewekt als gevolg van de aanwezigheid van snelheidsgradiënten in de hoofdstroom. Onder invloed van de viscositeit wordt de kinetische energie van de turbulente stroming gedissipeerd.

Naast bovengenoemde turbulentie zijn er nog andere niet-stationaire turbulente stromingsverschijnselen die niet tot de echte turbulentie worden gerekend.

Een belangrijk voorbeeld hiervan is een stroombeeld met grote neren die afmetingen hebben van de grootte van de waterdiepte of nog groter.

Dit meer laagfrequent stromingsverschijnsel is meer twee- dan driedimensionaal van karakter. Het kan bijvoorbeeld worden opgewekt als een grootschalig loslaat- of vrije grenslaagverschijnsel. In verband met deze manier van opwekken is het ook grofschalig van karakter, dit in tegenstelling tot de echte

turbulentie die een meer fijschalige structuur heeft.

Het is moeilijk in werkelijkheid onderscheid te maken tussen echte turbulentie en die andere stromingsverschijnselen. Bij stroming in een estuarium als de Oosterschelde bijvoorbeeld treedt altijd een combinatie van beide typen op. Beiden worden verder in dit rapport dan ook onder één noemer gevangen en samen turbulentie genoemd.

Wanneer in een getijgebied als de Oosterschelde op een bepaald punt de snelheid wordt gemeten zullen in het snelheidssignaal veel perioden te onderscheiden zijn. Enerzijds zijn daar de componenten ten gevolge van het getij met perioden van orde 10 minuten en groter. Aan de andere kant zijn er componenten ten gevolge van windgolven met perioden van orde 10 seconden en kleiner. Alle snelheidscomponenten met perioden die liggen tussen ongeveer 10 seconden en 10 minuten worden hier tot turbulentie gerekend.

2.3 Karakterisering van turbulentie

Gezien het in het algemeen zeer complexe karakter van turbulentie is het onmogelijk een geheel turbulentiebeeld zoals dat in een bepaald gebied voorkomt, vast te leggen. Noodgedwongen moet daarom gekozen worden voor snelheidsmetingen op bepaalde punten. Via een statistische behandeling van de meetsignalen moet dan een beeld van het totale stromingsgedrag worden verkregen.

Het signaal van een snelheidsmeting in een bepaald punt is onregelmatig van karakter: de snelheid in een punt is op te vatten als een stochastisch proces. Uitgaande van de aanname dat het een stationair, ergodisch proces is, zal een enkele meting gedurende een bepaalde tijd voldoende zijn om het gehele proces vast te leggen. Indien de gemiddelde snelheid bijvoorbeeld door getij-invloed niet konstant is mag meestal wel worden aangenomen dat het proces gedurende een bepaalde tijd stationair is.

De turbulentie in een bepaald punt kan dus worden gekarakteriseerd aan de hand van één snelheidsregistratie $v(t)$.

Bij de karakterisering zijn gewoonlijk twee dingen van belang: de intensiteit en de schaal van de turbulentie.

De turbulentie-intensiteit is gedefinieerd als de standaardafwijking σ van het snelheidssignaal.

Indien $v(t) = \bar{v} + v'(t)$ geldt dat $\sigma = \sqrt{(\overline{v-v})^2} = \sqrt{\overline{v'^2}}$. De relatieve turbulentie-intensiteit is dan gelijk aan het kotient van standaardafwijking en gemiddelde snelheid: $r = \sigma/\bar{v}$.

De intensiteit betreft dus de grootte van de fluktuaties: een "zware" turbulentie heeft een grotere relatieve turbulentie-intensiteit dan een "lichte" turbulentie .

Naast de intensiteit is de turbulentieschaal van belang, de tijdschaal en de lengteschaal. De lengteschaal zegt iets over de afmetingen van de meest karakteristieke wervels van een turbulente stroming.

De schaal van de wervels volgt uit de afstand waarover nog korrelatie bestaat. Een maat hiervoor is ook wel de integraalschaal Λ_x die gelijk is aan $\bar{v} \times \Lambda_t$. De tijdschaal Λ_t is als volgt gedefinieerd:

$$\Lambda_t = \int_0^{\infty} R_v(\tau) d\tau$$

waarin $R_v(\tau)$ de auto-korrelatiefunctie van het snelheidssignaal $v(t)$ is. Een grofschalige turbulentie heeft een grotere tijds- en lengteschaal dan fijnschalige turbulentie.

Veelal wordt bij de karakterisering van turbulentie in een punt gebruik gemaakt van de spektrumvoorstelling. Indien de turbulente waterbeweging opgebouwd gedacht is uit een grote hoeveelheid wervels met ieder een bepaalde kinetische energie en een bepaalde tijdsschaal, overeenkomend met een frequentie, levert het energiedichtheidsspektrum informatie over de verdeling van de energie over de frequenties. Aan de hand hiervan kan iets gezegd worden over de periode en de afmetingen van de grote wervels. Aangezien het spectrumoppervlak een maat is voor de standaardafwijking, geeft het energiedichtheidsspektrum ook informatie over de turbulentie-intensiteit.

Aan de hand van de volgende 3 aspecten kan enig inzicht worden verkregen in het karakter van het totale turbulentiebeeld in een bepaald gebied indien op bepaalde punten snelheidsmetingen zijn verricht.

ad 1. Verdeling van de relatieve turbulentie-intensiteit in de vertikaal.

Uit de literatuur blijkt dat er door verschillende onderzoekers metingen gedaan zijn naar de turbulentiestruktuur bij stroming in pijpen en kanalen. Hierbij is de verdeling van de relatieve turbulentie-intensiteit in de vertikaal gemeten. Voor de echte fijnschalige en meer driedimensionale turbulentie, waarop deze metingen betrekking hadden, blijkt dat de relatieve turbulentie-intensiteit niet gelijkmatig verdeeld is in de vertikaal, maar bij de bodem een faktor 2 à 3 groter dan dichtbij het wateroppervlak. In dit beeld mag

verwacht worden dat wanneer de relatieve turbulentie-intensiteit redelijk gelijkmatig is het turbulentiebeeld meer tweedimensionaal van karakter is.

ad 2. Spektrumvorm.

Het energiedichtheidsspektrum van een snelheidsregistratie geeft informatie over de verdeling van de energie over de frekwenties en dus de tijd- en lengteschalen. Bij de grofschalige tweedimensionale turbulentie zal de energie-inhoud bij de lagere frekwenties en dus de grotere wervelschalen groot zijn ten opzichte van de inhoud bij de hogere frekwenties.

ad 3. Koherentie tussen verschillende meetpunten.

Indien op meerdere punten tegelijk de snelheid wordt gemeten, kan worden nagegaan of er een korrelatie bestaat tussen de metingen in de verschillende meetpunten. Hiervoor kan de koherentiefunctie worden bepaald, die in feite de korrelatiecoëfficiënt geeft als functie van de frekwentie (zie par. 4.3.5.3). Bij een zuiver driedimensionale turbulentie zal er in het algemeen nauwelijks of geen koherentie zijn tussen de verschillende punten in de vertikaal. De aanwezigheid van koherentie, en dan voornamelijk in de lage frekwenties wijst op een meer tweedimensionaal karakter van de turbulentie.

Het zal duidelijk zijn dat het ondanks het bovenstaande zeer moeilijk is om aan de hand van enkele snelheidsmetingen op bepaalde punten een turbulentiebeeld te karakteriseren. Het blijft bij een poging.

2.4 Invloed turbulentie op stroomkrachten

Op voorwerpen die zich in de stroom bevinden worden door het water statische en dynamische krachten uitgeoefend. De instationaire krachten kunnen worden veroorzaakt door turbulente verschijnselen in het vertragingsgebied en door turbulente verschijnselen die zich in de aanstroming bevinden en dus niet als gevolg van de aanwezigheid van het lichaam worden opgewekt.

In het algemeen kan worden gesteld dat turbulente aanstroming gepaard gaat met fluktuaties in de stroomsnelheid en de stroomrichting, als gevolg waarvan de stroomkrachten zullen variëren.

Ten behoeve van het onderzoek naar de stroomkrachten op de pijlers van de SVKO tijdens bouwfasen is er een literatuuronderzoek verricht naar de invloed van turbulente aanstroming op de stroming rond niet-gestroomlijnde voorwerpen

(zie lit. [3]). Deze literatuurgegevens hebben bijna alleen betrekking op de invloed van turbulentie op de gemiddelde krachten.

Turbulente aanstroming heeft volgens deze gegevens invloed op het stroombeeld rondom het lichaam en derhalve op de gemiddelde langskrachten. De invloed hangt nauw samen met de vorm van het lichaam, met name de lengte-breedteverhouding. De belangrijkste invloedsfactor is de relatieve turbulentie-intensiteit; de turbulentieschaal blijkt van minder betekenis te zijn voor de gemiddelde stroomkrachten.

Bij het modelonderzoek naar de stroomkrachten op de pijlers van de SVKO tijdens bouwfasen (lit. [3]) zijn zowel de gemiddelde stroomkrachten als de krachtsfluctuaties gemeten. Er zijn metingen verricht met twee verschillende soorten turbulentie:

- een fijnschalige, lichte turbulentie, waarbij de relatieve turbulentie-intensiteit niet gelijkmatig verdeeld is over de diepte
- een grofschalige, zware turbulentie met een gelijkmatig over de diepte verdeelde relatieve turbulentie-intensiteit.

Uit de resultaten blijkt dat de invloed van de soort turbulentie op de gemiddelde belastingen gering is. Een grotere invloed manifesteert zich bij de fluctuaties van de belastingen, met name bij geringe aanstroomhoeken.

Bij de grofschalige, zware turbulentie zijn de fluctuaties in bijna alle gevallen groter dan bij de lichte fijnschalige turbulentie. Hierdoor zijn met name de verschillen in maximale belasting groot. Voor de dwarskracht bijvoorbeeld zijn verschillen van 50% niet onmogelijk.

De verschillen tussen de beide soorten turbulentie die bij bovengenoemd modelonderzoek zijn opgewekt betreffen de grootte van de relatieve turbulentie-intensiteit, de verdeling ervan over de diepte en de turbulentieschaal. Het is moeilijk om vast te stellen wat de bepalende factor is waarmee de verschillen in fluctuaties bij de beide soorten turbulentie verklaard kunnen worden. Vermoedelijk is de turbulentieschaal het meest van belang. Bij een grofschalige turbulentie zal de aanstroomhoek sterk variëren, als gevolg waarvan grote fluctuaties in met name de dwarskracht zullen voorkomen.

Op basis van de resultaten van literatuur- en modelonderzoek kan worden gekonkludeerd dat de turbulentie in de aanstroming van invloed is op de belastingen op voorwerpen in de stroom. Met name met het oog op de maximale belastingen is kennis van het aanwezige turbulentiebeeld derhalve van groot belang.

2.5 Doel van de metingen

Een van de eerste fasen in de bouw van de SVKO is het plaatsen van de pijlers in de sluitgaten van de Oosterschelde. Tijdens deze bouwfase is het verval klein en de mate van blokkering gering. Bovendien is er sprake van een getijgebied met een grillig gevormd geulen- en platenstelsel. Met het oog op de dynamische krachten op de pijler zijn derhalve voornamelijk de turbulente stromingsverschijnselen in de aanstroming van belang.

In het licht van de invloed die turbulentie kan hebben zijn twee belangrijke aandachtsgebieden in de problematiek rond de SVKO het vervoeren en plaatsen van de pijlers met het hefschip en de belastingen op de pijler tijdens de bouwfasen.

De pijlers zullen met het hefschip vervoerd worden vanuit het bouwdok naar de plaats van bestemming in één van de sluitgaten van de Oosterschelde. De pijler is hierbij opgehangen in het hefschip met behulp van takels.

Turbulentie in de aanstroming kan van belang zijn bij survivaalkondities tijdens maximum stroomsnelheid in verband met de maximale belastingen op het hefschip.

Het afvieren van de pijler zal rondom kentering plaatsvinden. Bij een grofschalige turbulentie kunnen er neren in de aanstroming zijn met afmetingen die van dezelfde orde van grootte zijn als de lengte-afmetingen van de pijler. Hierdoor kunnen er aanzienlijke slingeringen van de pijler optreden waardoor het regelsysteem van het hefschip in moeilijkheden gebracht wordt. Bovendien wordt de plaatsingsnauwkeurigheid van de pijler dan kleiner.

Tijdens de bouwfase zijn de pijlers nog niet onderling verbonden via dorpelbalk en bovenbalk en is de pijlervoet nog niet ingepakt in de drempelconstructie.

Voor de maximale belastingen op de pijler tijdens de bouwfase is kennis van het aanwezige turbulentiebeeld derhalve nodig.

De kennis omtrent het in de Oosterschelde aanwezige turbulentiebeeld is zeer gering.

In 1972 is er door Rijkswaterstaat een bodemmeting verricht in de Schaar van Roggenplaat. De gemiddelde relatieve turbulentie-intensiteit was 12%.

Ten behoeve van het onderzoek M 1525 (lit. [3]) zijn er in de Hammen bij vloed turbulentiemetingen verricht. Deze meting vond plaats ongeveer 1 km bovenstrooms van de stromvloedkering. In verband met de problemen tijdens het meten is er geen gelijktijdige vertikaalmeting beschikbaar. Op ongeveer 2 m boven de bodem bedroeg de relatieve turbulentie-intensiteit 13-15%. Hoewel de metin-

gen in de vertikaal niet simultaan hebben plaatsgevonden, kan toch worden gekonkludeerd dat de relatieve turbulentie-intensiteit in de vertikaal niet konstant is, maar naar boven toe afneemt. Turbulentiemetingen in het overzichtsmodel van de Oosterschelde vertonen hetzelfde beeld.

Van de zuidkant van de Roompot, waar zich in de aanstroming vermoedelijk grote wervels bevinden die worden opgewekt door de stroming langs de oever, is geen informatie beschikbaar.

De turbulentiegegevens uit de literatuur zijn ook erg schaars. Indien aanwezig hebben zij betrekking op de stroming in pijpen en kanalen, waar sprake is van een meer driedimensionale turbulentie die fijnschalig van karakter is. Deze situatie is niet te vergelijken met het turbulentiepatroon in een getijgebied met veel geulen en platen, zoals dat van de Oosterschelde.

De gebleken invloed van turbulentie en de zeer geringe kennis van het turbulentiebeeld in de Oosterschelde hebben tot de beslissing geleid om turbulentiemetingen te gaan verrichten in de monding van Oosterschelde. Het doen van deze metingen is in december 1978 urgent geworden in verband met de modelproeven van het plaatsen van de pijlers van de SVKO met het hefschip. Aan de hand van de prototypemetingen zou dan enig inzicht verkregen moeten worden in het soort stromingsverschijnsel, grootte en verdeling van de relatieve turbulentie-intensiteit en de schaal van de turbulentie.

3 Opzet van de metingen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal meer in het algemeen worden ingegaan op de opzet van de metingen ten aanzien van de manier van meten, de meetplaatsen, meetduur enz. De turbulentiemetingen zijn uitgevoerd door Rijkswaterstaat Deltadienst WTZ. Zij vereisten zeer veel organisatie en mankracht. Omdat bovendien turbulentiemetingen in een getijgebied als de Oosterschelde moeilijk en zeer zeldzaam zijn, zijn naast de resultaten van de meting ook de gehele organisatie en uitvoering ervan van groot belang. Met het oog hierop wordt in een bijlage nader ingegaan op de praktische uitvoering van de metingen. Hierin komen onder anderen aan de orde de gebruikte meetinstrumenten, de bevestiging daarvan, de verankering en plaatsbepaling van de meetboten en de opgetreden storingen en moeilijkheden.

3.2 Wijze van meten

De manier waarop wordt gemeten moet gerelateerd worden aan de te verwachten turbulente verschijnselen en aansluiten op een zinvolle verwerking. Gewenst zou eigenlijk zijn een meting en daarop aansluitende verwerking waaruit de gevolgen van turbulente aanstroming op krachten eenvoudig afgeleid zouden kunnen worden. Gezien het ingewikkelde karakter van de te meten verschijnselen in het prototype is het niet mogelijk een zo uitgebreide meting te doen. Bovendien is een vertaling van gegevens over het stromingsveld in krachten en krachtsfluctuatie thans theoretisch niet mogelijk. Andere belangrijke criteria die hierbij ook een rol spelen zijn de kosten, de tijd en de kans van slagen van de metingen.

Gekozen is derhalve voor snelheidsmetingen in bepaalde punten. Bij de prototypemetingen is op drie punten in de vertikaal simultaan de snelheid gemeten.

Het onderste meetinstrument bevond zich 2 m boven de bodem; de beide andere instrumenten waren gepositioneerd op $1/3$ en $2/3$ van de waterdiepte (t.o.v. 2 m boven de bodem).

Bij deze manier van meten kan de verdeling van de relatieve turbulentie-intensiteit over de vertikaal worden bepaald en kunnen correlaties worden gemaakt tussen de verschillende punten in de vertikaal. Het is niet zo eenvoudig gebleken om een goede vertikaalmeting uit te voeren in verband met

het op hun plaats houden van de meetinstrumenten. Verschillende pogingen hiertoe zijn gedaan en uiteindelijk is het gelukt een goede meetopstelling te krijgen. Verder kan hiervoor worden verwezen naar de bijlage.

3.3 Meetplaatsen (zie fig. 1)

In verband met het feit dat de pijlers in drie verschillende sluitgaten zullen worden geplaatst, is er in alle sluitgaten van de Oosterschelde gemeten. Dit is mede nodig omdat turbulentie in de aanstroming sterk bepaald wordt door de bovenstroomse geulen- en platenconfiguratie. Als gevolg van een ander aanmaakproces van turbulentie kunnen er verschillen in turbulentiestructuur zijn tussen de sluitgaten onderling.

De metingen in de Hammen en de Schaar van Roggenplaat zijn uitgevoerd in het midden van het sluitgat. In verband met de grotere breedte en omdat met name daar grofschalige turbulentie werd verwacht, is er in de Roompot op drie plaatsen gemeten: Roompot-Noord, Roompot-Midden en Roompot-Zuid.

Omdat het meten in de as van de SVKO gezien de aanwezige bodembescherming problemen opleverde voor de verankering is er tijdens de eerste 4 meetdagen gemeten op ongeveer 800 m uit de as. Verwacht werd niet dat de daar aanwezige turbulentiestructuur wezenlijk zou verschillen van die ter plaatse van de as van de stormvloedkering. Omdat met name bij eb grofschalige turbulente verschijnselen werden verwacht is er binnengaats gemeten. Alleen in de Roompot-Zuid was dit niet mogelijk in verband met de aanwezige bodemconfiguratie. Omdat toen verankering aan de inmiddels geplaatste ankerpalen mogelijk was, konden de 5e en 6e turbulentiemeting wel ter plaatse van de as van de SVKO worden uitgevoerd.

3.4 Meetduur

Zoals in paragraaf 2.5 is aangegeven, zijn turbulentiegegevens van belang met het oog op het plaatsen van de pijler, survivaalkondities in verband met de belastingen op het hefschip en de bouwfasebelastingen op de pijler.

Het plaatsen van de pijlers zal in het algemeen plaats vinden bij LWK, hoewel plaatsen tijdens HWK niet uitgesloten is. Het afvieren van de pijler zal beginnen bij een stroomsnelheid van ongeveer 1 m/s.

Ten aanzien van de overlevingskondities van het hefschip en de bouwfasebelastingen op de pijler is het van belang om turbulentiegegevens te kennen bij maximale stroomsnelheden, zowel bij vloed als bij eb. Uit het bovenstaande

volgt dat er om de benodigde informatie tijdens de van belang zijnde perioden in het getij te verkrijgen gemeten moest worden gedurende ongeveer een geheel getij.

De metingen zijn in de praktijk gestart vlak na of tijdens een bepaalde kentering en duurden tot en met dezelfde eerstvolgende kentering. Zij duurden in de regel ongeveer 14 uur.

3.5 Kodering

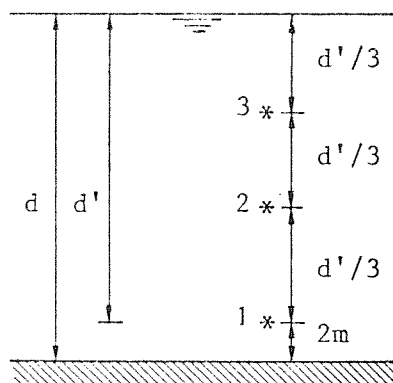
De gemeten snelheidssignalen zijn als volgt gekodeerd.

- Meetdag
 - 1. 15/16-12-1978
 - 2. 18/19-12-1978
 - 3. 20/21-12-1978
 - 4. 18/19-6-1979
 - 5. 7/8-9-1979
 - 6. 4/5-10-1979

- Meetplaats (zie fig. 1)
 - a. binnengaats (~ 800 m uit as kering)
 - RN Roompot-Noord
 - RM Roompot-Midden
 - S Schaar-Midden
 - b. in as kering
 - H Hammen-Midden
 - RZ Roompot-Zuid
 - c. buitengaats (~ 800 m uit as kering)
 - RB Roompot-Zuid

- Meetboten
 - U Ursus (bok)
 - UV Vlet (Houtvliet) naast Ursus
 - R Roggenplaat (boorbak)
 - RV Vlet (Molenvliet) naast Roggenplaat
 - UH Houtvliet naast Ursus
 - UM Molenvliet naast Ursus
 - UO Orisant naast Ursus

- Meetpunt in de vertikaal



d is de diepte ten opzichte van NAP

De kodering is als volgt opgebouwd:

meetdag - meetplaats - meetboot - meetpunt

Bijvoorbeeld: 5RZUM2 is het snelheidssignaal gemeten op 7/8-9-1979 in de Roompot-Zuid met de Molenvliet op ongeveer $2/3$ waterdiepte onder het wateroppervlak.

3.6 Overzicht metingen

Omdat de metingen in Roompot-Midden en Roompot-Noord tijdens de 1e meetdag mislukt zijn, zijn deze metingen herhaald op de 2e meetdag.

De metingen op de 4e meetdag in de Roompot-Zuid zijn speciaal uitgevoerd ten behoeve van het bepalen van korrelaties in horizontale richting.

Tijdens de 5e meetdag is er in de Roompot-Zuid gemeten bij springtij om een eventuele invloed hiervan op de turbulentie te kunnen nagaan.

In de volgende tabel is een overzicht gegeven van de uitgevoerde turbulentie-metingen.

Tabel 1

Datum	Plaats	Kodering	Diepte (m t.o.v. NAP)
15/16-12-1978	Roompot-Midden	1RMU	37
		1RMUV	
	Roompot-Noord	1RNR	10
		1RNRV	
18/19-12-1978	Roompot-Midden	2RMU	37
		2RMUV	
	Roompot-Noord	2RNR	10
		2RNRV	
20/21-12-1978	Roompot-Zuid	3RBU	20
		3RBUV	
	Schaar-Midden	3SR	20
		3SRV	
18/19-6-1979	Roompot-Zuid	4RBUH	16
		4RBUM	
7/8-9-1979	Roompot-Zuid	5RZUH	20
		5RZUM	
4/5-10-1979	Hammen-Midden	6HUO	22
		6HUM	

3.7 Meetomstandigheden

- Meetplaats.

De plaatsen waar in de diverse sluitgaten is gemeten staan aangegeven op figuur 1.

- Voorspelde stroomsnelheden.

Aan de hand van uitgevoerde snelheidsmetingen met Flachseestroommeters zijn er door Rijkswaterstaat Deltadienst WTZ voorspellingen gemaakt wat betreft

de te verwachten stroomsnelheden in de sluitgaten. De meetposities van deze stroommeters, waarmee de snelheden op halve waterdiepte zijn gemeten, zijn te vinden op figuur 2.

Deze voorspelde gemiddelde snelheden staan uitgezet op de figuren 3 t/m 11.

- Waterstanden.

Met de getijpalen OS 4 en OS 9 (voor de positie zie fig. 2) zijn de waterstanden gemeten die tijdens de turbulentiemetingen zijn opgetreden. Voor de Roompotmetingen is paal OS 9 gebruikt en voor de metingen in Hammen en Schaar van Roggenplaat paal OS 4.

De opgetreden verticale getijden tijdens de metingen zijn eveneens getekend op de figuren 3 t/m 11.

Onderstaande tabel geeft de tijdens de metingen opgetreden minimale en maximale waterstanden, het getijverschil en de voorspelde maximale stroomsnelheden bij eb en vloed.

Tabel 2

Datum	Plaats	Metingen	LW	HW	Δh [m]	v_{\max} [m/s]	
			tov NAP	tov NAP		eb	vloed
15/16-12-1978	Roompot	1RMU, 1RMUV 1RNR, 1RNRV	1,05 ⁻	1,95 ⁺	3,00	1,80	1,76
18/19-12-1978	Roompot	2RMU, 2RMUV 2RNR, 2RNRV	1,55 ⁻	1,35 ⁺	2,90	1,74	1,50
20/21-12-1978	Roompot	3RBU, 3RBUV	1,30 ⁻	1,10 ⁺	2,40	1,60	1,30
	Schaar	3SR, 3SRV	1,30 ⁻	1,10 ⁺	2,40	1,44	1,08
18/19-6-1979	Roompot	4RBUH, 4RBUM	1,65 ⁻	1,40 ⁺	3,05	1,70	1,70
7/8-9-1979	Roompot	5RZUH, 5RZUM	1,70 ⁻	2,00 ⁺	3,70	2,00	2,12
4/5-10-1979	Hammen	6HUO, 6HUM	1,35 ⁻	1,70 ⁺	3,05	1,34	1,72

4 Verwerking metingen en resultaten

4.1 Overzicht verwerking

In deze paragraaf wordt in grote lijnen aangegeven hoe de verwerking van de turbulentiemetingen in het algemeen heeft plaatsgevonden. In paragraaf 4.3 wordt nader op de afzonderlijke onderdelen van de verwerking ingegaan.

De gemeten signalen zijn tijdens de meting alle opgenomen op tape. Aangezien vrijwel alle signalen pulssignalen waren, zijn ze om ze voor verdere verwerking geschikt te maken op het laboratorium omgevormd tot analoge signalen met speciaal hiervoor ontwikkelde puls-analoog omvormers. Na filtering, waarbij alle perioden kleiner dan 10 s zijn weggefilterd, zijn alle vastgelegde meetsignalen uitgeschreven.

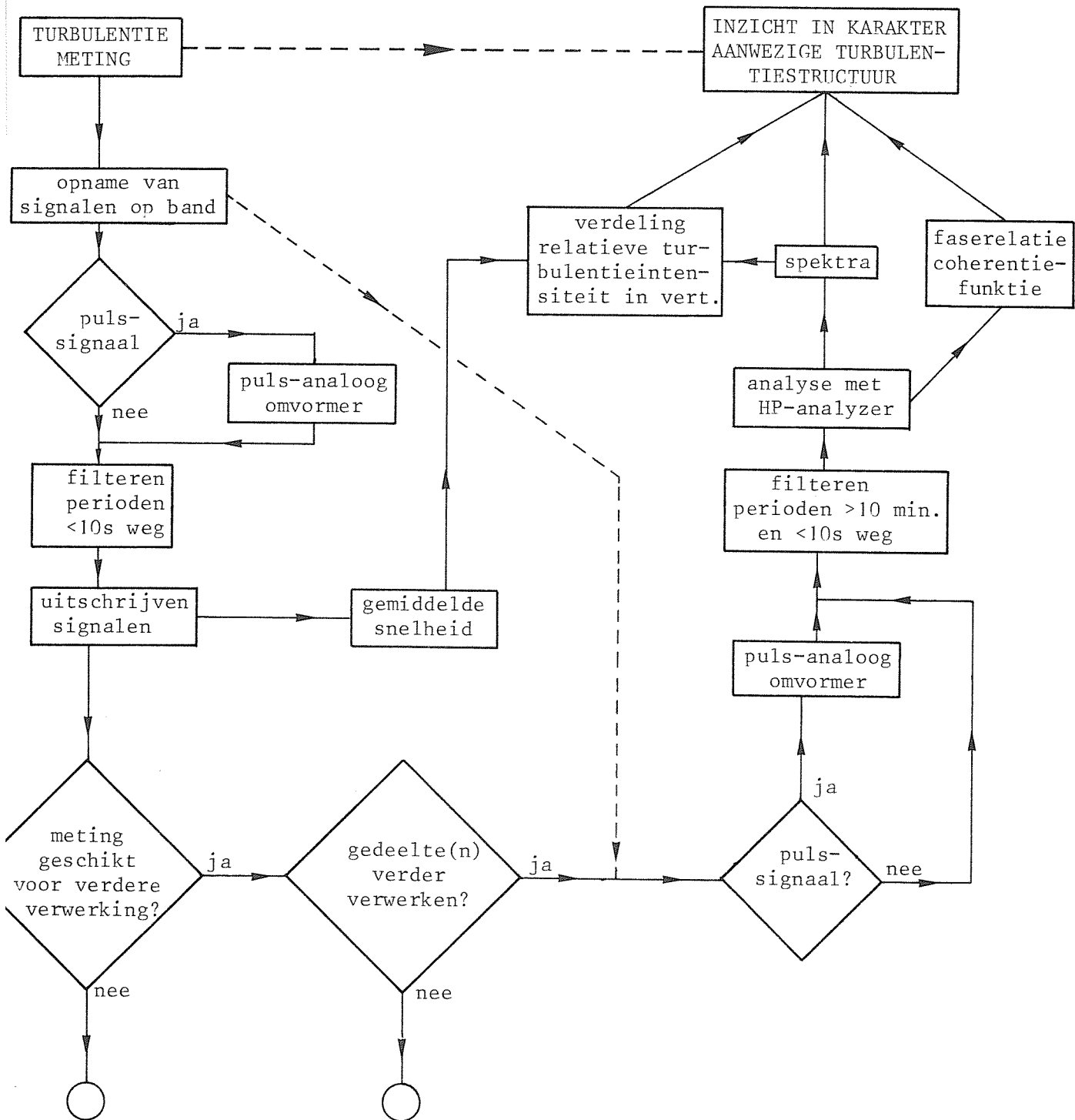
Bekeken is of verder verwerken zinvol was, waarna in overleg is vastgesteld welke gedeelten van het signaal verder moesten worden verwerkt en wat die verwerking zou inhouden.

Deze verdere verwerking betrof altijd twee signalen tegelijk: meestal twee signalen uit één vertikaal, maar soms ook twee signalen van snelheden gemeten in hetzelfde horizontale vlak.

Na omvorming tot analoge signalen werden zij allereerst zo gefilterd dat perioden groter dan 10 minuten en kleiner dan 10 seconden werden weggefilterd. Na filtering vond de analyse plaats met behulp van de Hewlett-Packard Digital Signal Analyzer 5420A. Deze analyse hield in het maken van energiedichtheidspektra van beide snelheidssignalen en het bepalen van de koherentiefunctie en de faserelatie. Beide laatstgenoemde functies geven informatie over de relatie die er mogelijk bestaat tussen de beide signalen. Het energiedichtheidsspektrum levert informatie over de verdeling van de energie over de frekwenties, terwijl de spektruminhoud een maat is voor de turbulentie-intensiteit. Tezamen met de van de registraties af te lezen gemiddelde snelheid is zo de verdeling van de relatieve turbulentie-intensiteit in de vertikaal bepaald.

In onderstaand verwerkingsschema wordt de verwerking schematisch aangegeven:

VERWERKINGSSCHEMA



4.2 Overzicht verwerkte signalen

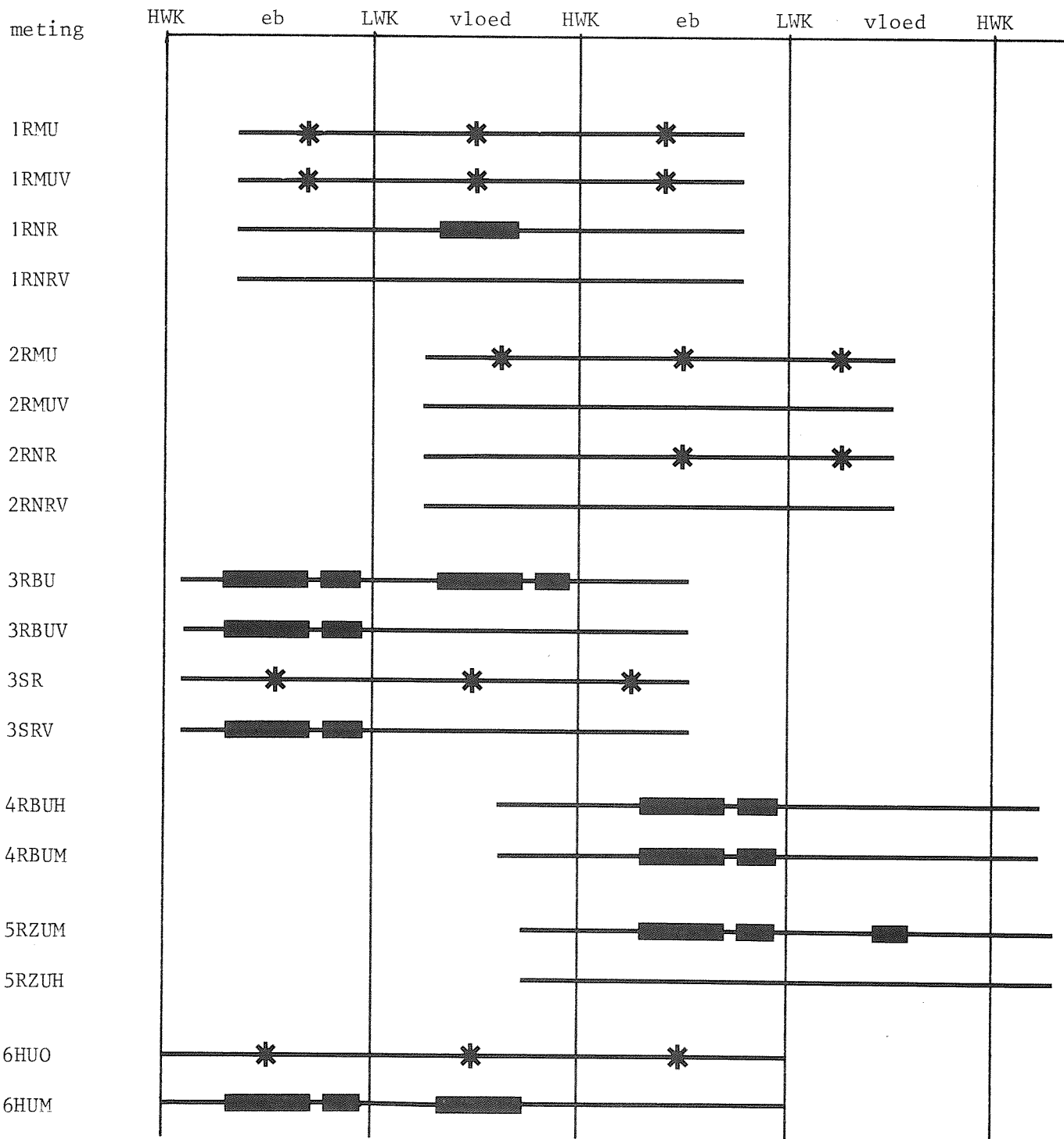
In onderstaand overzicht hebben 1, 2 en 3 betrekking op de meetpunten in de vertikaal. Korrelatie 1/2 houdt in dat koherentiefunctie en faserelaties bepaald zijn tussen de meetpunten 1 en 2 (zie par. 3.5).

Tabel 3

Kodering meting:	Meetplaats:	Verwerking:
1RMU	Roompot-Midden	meting mislukt
1RMUV	Roompot-Midden	meting mislukt
1RNR	Roompot-Noord	verwerkt: spektra 2 uur max. vloed korrelaties 1/2, 2/3 en 1/3
1RNRV	Roompot-Noord	meting gelukt, niet verwerkt
2RMU	Roompot-Midden	meting mislukt
2RMUV	Roompot-Midden	meting gelukt, niet verwerkt
2RNR	Roompot-Noord	meting gedeeltelijk gelukt, niet verwerkt
2RNRV	Roompot-Noord	meting gelukt, niet verwerkt
3RBU	Roompot-Zuid	verwerkt: spektra 2 uur max. eb korrelaties 1/2 en 2/3 spektra 1 uur voor LWK korrelaties 1/2 en 2/3 spektra 2 uur max. vloed korrelaties 1/2, 2/3 en 1/3 spektra 1 uur voor HWK korrelaties 1/2, 2/3 en 1/3
3RBUV	Roompot-Zuid	verwerkt: spektra 2 uur max. eb korrelaties 1/2 en 2/3 spektra 1 uur voor LWK korrelaties 1/2 en 2/3
3SR	Schaar-Midden	meting mislukt
3SRV	Schaar-Midden	verwerkt: spektra 2 uur max. eb korrelaties 1/2 en 2/3 spektra 1 uur voor LWK korrelaties 1/2 en 2/3
4RBUH	Roompot-Zuid	verwerkt: spektra 2 uur max. eb korrelaties 1/2, 2/3 en 1/3 spektra 1 uur voor LWK korrelaties 1/2, 2/3 en 1/3
4RBUM	Roompot-Zuid	verwerkt: horizontale korrelaties 2 uur max. eb H1/M1, H2/M2, H3/M3

5RZUM	Roompot-Zuid	verwerkt: spektra 2 uur max. eb korrelaties 1/2, 2/3 en 1/3 spektra 1 uur voor LWK korrelaties 1/2, 2/3 en 1/3 spektra 1 uur max. vloed korrelaties 1/2, 2/3 en 1/3
5RZUH	Roompot-Zuid	meting gelukt, niet verwerkt
6HUO	Hammen-Midden	meting mislukt
6HUM	Hammen-Midden	verwerkt: spektra 2 uur max. eb korrelaties 1/2, 2/3 en 1/3 spektra 1 uur voor LWK korrelaties 1/2, 2/3 en 1/3 spektra 2 uur max. vloed korrelaties 1/2, 2/3 en 1/3

SCHEMATISCH OVERZICHT



- METING GELUKT, NIET VERWERKT
- *———— METING MISLUKT
- █———— METING GELUKT, GEDEELTE VERWERKT

4.3 Verwerking

4.3.1 Opname op band

Verreweg het grootste gedeelte van de metingen is uitgevoerd met Ott-molens type C31.00 die pulssignalen afgeven. Daarnaast zijn nog de TPD-molen en de Hydro-Productmeter gebruikt die beide een analoge output hebben (zie bijlage). De Ott-molen geeft bij iedere omwenteling van de propeller 1 puls af en is zo gekalibreerd dat een stroomsnelheid van 1 m/s overeenkomt met 4 pulsen per seconde: $4\text{Hz} \hat{=} 1 \text{ m/s}$. De pulssignalen zijn direkt ter plaatse via een batterijkast versterkt tot ~ 9 Volt en daarna opgenomen op een recorder Analog-7 of Racal 4. Aangezien de ingangshevoeligheid van deze recorders 5 Volt is werd het pulssignaal bij 5 Volt afgekapt en ontstond een keurig bloksignaal. De analoge signalen van beide andere meetinstrumenten zijn ook na versterking op de band opgenomen en wel zodanig dat 1 Volt aan de uitgang van de recorder overeenkomt met 3 m/s. De opnamesnelheid van de recorders was 15/16 "/s. Vanzelfsprekend zijn de meetsignalen van de meetinstrumenten in één vertikaal op dezelfde band opgenomen en bij de metingen ten behoeve van het maken van horizontale korrelaties de signalen van beide meetvertikalen. In verband met een mogelijke storing in de opname-apparatuur, waardoor de meting waardeloos zou worden, waren er vrijwel altijd twee recorders aanwezig die de signalen opnamen.

4.3.2 Omvormen signaal

De opgenomen snelheidssignalen zijn op het laboratorium 32x versneld (bandsnelheid 30 "/s) afgespeeld. Om de pulssignalen van de Ott-molens voor verdere verwerking geschikt te maken zijn zij omgevormd tot analoge signalen. Ten behoeve hiervan zijn er speciale puls-analoog omvormers ontwikkeld. Deze waren zo gekalibreerd dat bij 32x versneld afspelen 128 Hz overeenkwam met 1 Volt. Uitgaande van de kalibratie van de Ott-molen ($4 \text{ Hz} \hat{=} 1 \text{ m/s}$) komt 1 Volt aan de uitgang van de omvormer overeen met 1 m/s in het prototype. Om verwerking van meerdere signalen tegelijk mogelijk te maken waren er 3 puls-analoog omvormers.

4.3.3 Uitschrijven signaal

Na een eventueel omvormen werden alle gemeten signalen volledig uitgeschreven.

Enkele voorbeelden van registraties zijn te vinden op de figuren 12 en 13. Aan de hand van de uitgeschreven signalen kan worden bekeken of de meting geschikt was voor verdere verwerking en zo ja, welke gedeelten verder verwerkt moesten worden.

Uit de uitgeschreven signalen kan ook een indruk worden verkregen van de zwaarte van de turbulentie. De vuistregel dat de maximale top-dalwaarde ongeveer 6x de standaardafwijking is, levert na aflezing van de gemiddelde waarde van de snelheid een schatting van de relatieve turbulentie-intensiteit op. Tevens kan het uitgeschreven signaal een indicatie geven voor overheersende frekwenties in het signaal. Andere interessante informatie die is gehaald uit de registraties is de tijdsduur van kentering en het verloop van het kenteringstijdstip over de vertikaal (zie verder par. 4.4).

4.3.4 Filteren

Bij de verwerking van alle signalen zijn in verband met het uitschrijven de perioden kleiner dan 10 s weggefilterd. Bij de verdere verwerking van een gedeelte van de signalen zijn perioden groter dan 10 minuten en kleiner dan 10 s weggefilterd.

Uitgaande van een 32x versneld afdraaien van de band komt dit overeen met afkapfrequenties van 0,053 Hz en 3,2 Hz.

Genoemde perioden zijn vrij arbitrair gekozen. Er is van uitgegaan dat perioden kleiner dan ongeveer 10 seconden voornamelijk perioden zijn als gevolg van de aanwezigheid van windgolven en perioden groter dan orde 10 minuten perioden van getijcomponenten zijn. Alleen perioden tussen 10 seconden en 10 minuten komen overeen met lengteschalen van wervels die van dezelfde orde van grootte zijn als de pijlerafmetingen.

Voor het filteren is gebruik gemaakt van Rockland 1020 F band-pass filters. De filterkarakteristiek van deze filters bij 3,2 Hz LP (Low-Pass) en 0,05 Hz HP (High-Pass) filteren is te vinden op figuur 14. Deze filterkarakteristiek is als volgt bepaald. Vergeleken zijn een spectrum van witte ruis en een spectrum van 3,2 Hz LP en 0,05 Hz HP gefilterde witte ruis. In figuur 14 zijn de overdrachtsfunctie tussen beide spektra (boven) en de faserelatie tussen beide spektra (onder) getekend.

Uit de overdrachtsfunctie (doorlaatkarakteristiek) blijkt dat slechts frequenties tussen 0,2 Hz en 2 Hz als gevolg van het filteren volledig worden doorgelaten. Dit betekent dat de energie-inhoud van de van gefilterde signalen gemaakte spektra te klein is tussen 0,05 Hz en 0,2 Hz en tussen 2 Hz en 3,2 Hz. De invloed hiervan op de totale energie van 0,05 Hz tot 3,2 Hz is echter

niet zo groot.

Uit de faserelatie (fasekarakteristiek) blijkt tevens dat er ten gevolge van het filteren van een signaal aanzienlijke faseverschuivingen ontstaan.

Omdat er bij het bekijken van de faserelatie tussen twee signalen vanuit mag worden gegaan dat beide signalen door filtering dezelfde faseverschuiving hebben ondergaan heeft dit geen verdere konsekwenties voor de faserelatie tussen twee signalen.

4.3.5 Analyse signalen

4.3.5.1 Inleiding

Voor de analyse van de signalen is gebruik gemaakt van de Hewlett-Packard Digital Signal Analyzer 5420A. De gefilterde signalen zijn twee aan twee (vrijwel altijd twee signalen van meetpunten in dezelfde vertikaal) in de analyzer gestuurd en geanalyseerd. De bemonsteringsfrequentie was 1,56 Hz (N.B. de hoogste in het signaal voorkomende frequentie was ongeveer 0,1 Hz) en de resolutie 1,53 mHz. Een resolutie of scheidend vermogen van 1,53 mHz houdt in dat alleen pieken in spektrum, koherentiefunctie en faserelatie met een interval groter dan 1,53 mHz van elkaar onderscheiden kunnen worden. De lengte van de verwerkte stukken signaal bedroeg 2 uur (stukken maximaal getij) en 1 uur (stukken voor kentering).

Bovengenoemde waarden hebben betrekking op niet versneld analyseren. In werkelijkheid is de band 32x versneld afgedraaid zodat de bemonsteringsfrequentie en resolutie in feite een faktor 32 groter waren en de registratieduur een faktor 32 kleiner.

Spektra, koherentiefuncties en faserelaties van de verwerkte stukken signaal zijn te vinden in de figuren 15 t/m 49.

4.3.5.2 Spektra

Van beide signalen zijn allereerst energiedichtheidsspektra gemaakt van 0,00167 Hz tot 0,1 Hz.

Hierbij is een zodanige kalibratie ingesteld dat de schalen op de assen overeenkomen met prototypeschalen in m^2/s (vertikale as) en $1/s$ (horizontale as). Ten aanzien van de nauwkeurigheid van de gemaakte spektra kan het volgende worden opgemerkt.

Indien de relatieve nauwkeurigheid gelijk is aan ϵ houdt dit voor een spectrum

$G(f)$ in dat het 70% betrouwbaarheidsinterval ligt tussen $(1-\varepsilon) G(f)$ en $(1+\varepsilon) G(f)$ en het 95% betrouwbaarheidsinterval tussen $(1-2\varepsilon) G(f)$ en $(1+2\varepsilon) G(f)$.

Volgens lit. [1] is de relatieve nauwkeurigheid ε :

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{B_e T}} \quad \text{met } B_e \text{ als resolutie en} \\ T \text{ als registratielengte.}$$

Uitgaande van $B_e = 0,00153$ Hz en $T = 7200$ s is $\varepsilon = 0,30$. Voor $T = 3600$ s geldt $\varepsilon = 0,43$.

Een grotere relatieve nauwkeurigheid zou bereikt kunnen zijn met een langere registratielengte.

Aan de lengte hiervan waren echter maxima gesteld omdat bij een grotere lengte de gemiddelde snelheid teveel zou variëren en derhalve niet meer gesproken zou kunnen worden van een stationair proces (zie par. 4.3.7).

4.3.5.3 Koherentiefunctie en faserelatie

Tegelijkertijd met het maken van de spektra van beide signalen zijn de koherentiefunctie en faserelatie van de signalen bepaald. Uit deze functies kan een indruk worden verkregen in welk frekwentiegebied er een koppeling is tussen twee signalen en wat de faseverschuiving dan is.

De definitie van de koherentiefunctie $\gamma_{xy}^2(f)$ luidt als volgt:

$$\gamma_{xy}^2(f) = \frac{|G_{xy}(f)|^2}{G_x(f) G_y(f)}, \quad 0 \leq \gamma_{xy}^2(f) \leq 1$$

$G_{xy}(f)$ is het kruisspektrum en $G_x(f)$ en $G_y(f)$ zijn de afzonderlijke energiedichtheidsspektra van de signalen $x(t)$ en $y(t)$. Als $x(t)$ en $y(t)$ statistisch onafhankelijk zijn, geldt dat $\gamma_{xy}^2(f) = 0$ voor alle frekwenties. Indien $x(t)$ en $y(t)$ volledig gekorreleerd en dus afhankelijk zijn geldt dat $\gamma_{xy}^2(f) = 1$. Het kruisspektrum $G_{xy}(f)$ bestaat uit een reëel deel $C_{xy}(f)$ en een imaginair deel $Q_{xy}(f)$. De faserelatie als functie van de frekwentie is het argument van het kruisspektrum:

$$\theta_{xy}(f) = \text{arctg} \frac{Q_{xy}(f)}{C_{xy}(f)}$$

Bedacht moet worden dat het alleen zinnig is over een faserelatie in een bepaalde frekwentieband te spreken indien de signalen in die frekwentieband gekorreleerd zijn, d.w.z. indien de koherentiefunctie niet al te lage waarden bereikt.

4.3.6 Bepaling relatieve turbulentie-intensiteit

De relatieve turbulentie-intensiteit is als volgt bepaald. Uit het spectrumoppervlak tussen 0,00167 Hz en 0,1 Hz is de standaardafwijking berekend door de wortel te nemen van deze oppervlakte.

De gemiddelde snelheid is afgelezen van de registratie. Omdat deze gemiddelde snelheid toch nog wel varieert gedurende de registratieduur is voor de 2-uursstukken de gemiddelde snelheid tijdens maximum stroom (eb of vloed) gekozen. Omdat de gemiddelde snelheid gedurende 1 uur voor de kentering nogal verloopt is voor deze 1-uursstukken de gemiddelde snelheid van het eerste gedeelte van de registratie genomen.

Het koefficient van standaardafwijking σ en gemiddelde snelheid \bar{v} levert de relatieve turbulentie-intensiteit $r = \sigma/\bar{v}$.

De waarden van σ , \bar{v} en r van de verwerkte metingen zijn vermeld in onderstaande tabel 4 (zie ook fig. 50).

Tabel 4

Meting nr.	Meetplaats	Periode	Oppervlakte spektrum [$10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$]	σ [m/s]	\bar{v} [m/s]	$r = \sigma/\bar{v}$ [%]	
1RNR	Roompot-N	2 uur max. vloed	1	8,19	0,090	0,88	10
			2	8,40	0,092	0,94	10
			3	7,23	0,085	1,00	9
3RBU	Roompot-Z	2 uur max. eb	1	15,82	0,126	0,88	14
			2	13,35	0,116	1,09	11
			3	11,38	0,107	1,31	8
3RBU	Roompot-Z	1 uur voor LWK	1	6,88	0,083	0,56	15
			2	7,46	0,086	0,75	12
			3	5,21	0,072	0,88	8
3RBU	Roompot-Z	2 uur max. vloed	1	6,16	0,078	0,75	11
			2	5,70	0,075	0,81	9
			3	4,56	0,068	0,88	8
3RBU	Roompot-Z	1 uur voor HWK	1	2,27	0,048	0,41	12
			2	2,21	0,047	0,44	11
			3	1,85	0,043	0,50	9
3RBUV	Roompot-Z	2 uur max. eb	1	13,68	0,117	0,72	16
			2	11,16	0,106	0,94	11
			3	7,67	0,088	1,19	8

Tabel 4 (vervolg)

Meting nr.	Meetplaats	Periode	Oppervlakte spektrum [$10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$]	σ [m/s]	\bar{v} [m/s]	$r = \sigma/\bar{v}$ [%]	
3RBUV	1 2 3	Roompot-Z LWK	1 uur voor	7,18	0,085	0,53	16
			LWK	6,85	0,083	0,63	13
			LWK	3,72	0,061	0,81	8
3SRV	1 2 3	Schaar	2 uur max.	13,06	0,114	0,69	17
			eb	8,90	0,094	1,06	9
			eb	3,46	0,059	1,24	5
3SRV	1 2 3	Schaar	1 uur voor	4,70	0,069	0,50	14
			LWK	2,82	0,053	0,63	8
			LWK	2,22	0,047	0,75	6
4RBUH	1 2 3	Roompot-Z	2 uur max.	9,56	0,098	0,94	10
			eb	8,63	0,093	1,25	7
			eb	5,97	0,077	1,31	6
4RBUH	1 2 3	Roompot-Z	1 uur voor	6,73	0,082	0,60	14
			LWK	5,03	0,071	0,78	9
			LWK	3,72	0,061	0,88	7
5RZUM	1 2 3	Roompot-Z	2 uur max.	22,46	0,150	1,13	13
			eb	12,66	0,113	1,41	8
			eb	9,35	0,097	1,50	6
5RZUM	1 2 3	Roompot-Z	1 uur voor	5,67	0,075	0,63	12
			LWK	3,38	0,058	0,91	6
			LWK	3,25	0,057	1,00	6
5RZUM	1 2 3	Roompot-Z	1 uur max.	13,65	0,117	1,13	10
			vloed	12,95	0,114	1,56	7
			vloed	7,03	0,084	1,75	5
6HUM	1 2 3	Hammen	2 uur max.	6,59	0,081	0,91	9
			eb	4,99	0,071	1,19	6
			eb	2,16	0,046	1,31	4
6HUM	1 2 3	Hammen	1 uur voor	3,56	0,060	0,56	11
			LWK	3,02	0,055	0,81	7
			LWK	1,41	0,038	0,94	4
6HUM	1 2 3	Hammen	2 uur max.	8,77	0,094	1,00	9
			vloed	6,69	0,082	1,38	6
			vloed	3,45	0,059	1,50	4

4.3.7 Verwerking met behulp van transformatie van het signaal

Reeds eerder is vermeld dat er door het niet konstant zijn van de gemiddelde snelheid eisen werden gesteld aan de analyseduur. Dit heeft consequenties voor de betrouwbaarheid van de verwerking van laagfrequentie verschijnselen. Zowel intensiteit als schaal hangen af van de gemiddelde snelheid. Om een bepaalde betrouwbaarheid en scheidend vermogen te kunnen bereiken is het signaal getransformeerd wat betreft schaal en intensiteit naar een genormeerde gemid-

delde snelheid. Aangenomen is dat de intensiteit recht evenredig en de schaal omgekeerd evenredig is met de gemiddelde snelheid. Met een variabele bemonsteringsfrequentie, gekoppeld aan de optredende gemiddelde snelheid, werd het signaal wat betreft schaal getransformeerd en met een eveneens aan de gemiddelde snelheid gekoppelde versterker wat betreft de intensiteit.

Op deze manier is het signaal in horizontale zin (tijdsas) en verticale zin (snelheidsas) zo opgerekt en ingekrompen dat een lang signaal werd verkregen met gemiddelde nul en behorende bij een konstante gemiddelde snelheid.

Eén signaal (3RBU 1 tijdens eb) is op bovenstaande manier getransformeerd, waarna het spektrum van een 4 uur durend signaal is bepaald. Dit spektrum wees niet significant af van het 2-uursspektrum (zie fig. 51).

4.4 Verloop gemiddelde snelheden in vertikaal rond de kentering

Aan de hand van de snelheidsregistraties van de drie meetpunten in de vertikaal is voor de verschillende metingen de tijdsduur van kentering en het verschil in kenteringstijdstip tussen de punten in de vertikaal bepaald.

Informatie hierover is van belang met het oog op het plaatsen van de pijlers. Omdat dit plaatsen slechts mogelijk is bij lage snelheden is het nodig te weten hoeveel tijd er beschikbaar is, d.w.z. hoe lang de kentering duurt. Een verschil in kenteringstijdstip tussen de verschillende punten in de vertikaal, zodat de stroomrichting bij de bodem een andere kan zijn dan dicht bij het oppervlak, kan konsekventies hebben voor de stabiliteit van de pijler tijdens plaatsen.

Op de figuren 52 t/m 58 is schematisch het verloop van de gemiddelde snelheid in de drie punten in de vertikaal ten opzichte van elkaar rond kentering aangegeven. Hierop staat tevens vermeld hoe groot de gemiddelde stroomsnelheden bij maximum eb- of vloedstroom zijn omdat deze vanzelfsprekend nauw samenhangen met de tijdsduur van kentering. Naarmate de gemiddelde snelheid tijdens maximum stroom groter is, zal de tijdsduur van kentering korter zijn en omgekeerd.

De tijdsduur van kentering is gedefinieerd als de tijd waarin de gemiddelde stroomsnelheid verloopt van +0,5 m/s tot -0,5 m/s. Als kenteringstijdstip is aangehouden het tijdstip midden tussen $\bar{v} = 0,1$ m/s en $\bar{v} = -0,1$ m/s.

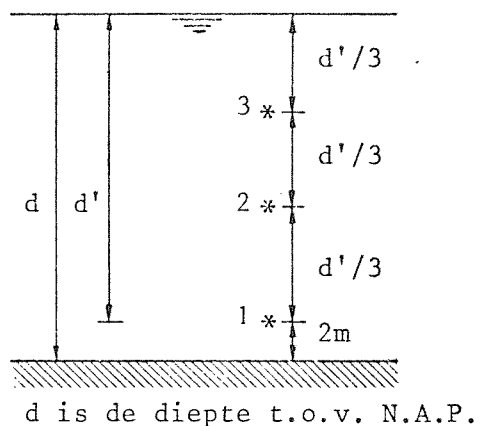
In onderstaande tabel is de tijdsduur van kentering voor de verschillende metingen aangegeven.

Tabel 5

meting nr.	tijdsduur LWK	tijdsduur HWK	\bar{v} tijdens max.	
			eb	vloed [m/s]
1RNR 1	> 4 uur	2 uur 5 min.		0,9
1RNR 2	> 4 uur	1 uur 45 min.		0,9
1RNR 3	> 4 uur	1 uur 35 min.		1,0
2RMUV 1	3 uur 10 min.	2 uur 5 min.	0,9	0,8
2RMUV 2	1 uur 35 min.	1 uur 25 min.	1,2	1,2
2RMUV 3	1 uur 40 min.	1 uur 25 min.	1,4	1,4
3RBU 1	3 uur 5 min.	3 uur 5 min.	0,9	0,8
3RBU 2	2 uur 45 min.	2 uur 10 min.	1,1	0,8
3RBU 3	2 uur 40 min.	2 uur	1,3	0,9
3SRV 1	> 4 uur	-	0,7	0,9
3SRV 2	2 uur 10 min.	-	1,1	1,0
3SRV 3	1 uur 55 min.	-	1,2	1,0
4RBUH 1	3 uur 10 min.	3 uur 10 min.	0,9	0,9
4RBUH 2	2 uur 40 min.	1 uur 50 min.	1,3	1,1
4RBHU 3	2 uur 15 min.	1 uur 40 min.	1,3	1,2
5RZUM 1	2 uur 45 min.	1 uur 30 min.	1,1	1,1
5RZUM 2	2 uur	1 uur 10 min.	1,4	1,6
5RZUM 3	1 uur 45 min.	1 uur 5 min.	1,5	1,8
6HUM 1	3 uur	1 uur 50 min.	0,9	1,0
6HUM 2	2 uur 35 min.	1 uur 25 min.	1,2	1,4
6HUM 3	2 uur 30 min	1 uur 20 min.	1,3	1,5

Uit bovengenoemde figuren 52 t/m 58 kan ook het verschil in kenteringstijdstip worden afgelezen.

Het verschil in kenteringstijdstip is gedefinieerd als het tijdstip van kentering in punt 3 verminderd met het tijdstip van kenteren in punt 1 van de vertikaal.



In onderstaande tabel zijn deze waarden verzameld:

Tabel 6

Meting nr.	Verschil in kenteringstijdstip	
	LWK	HWK
1RNR	40 min.	0
2RMUV	35 min.	5 min.
3RBU	45 min.	-10 min.
3SRV	20 min.	-
4RBUH	40 min.	0
5RZUM	25 min.	0
6HUM	25 min.	5 min.

Hieruit blijkt dat de stroom met name bij LWK, bij de bodem eerder kentert dan bij het oppervlak.

5 Konklusies naar aanleiding van de resultaten

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk komen in het kort de belangrijkste konklusies naar aanleiding van de resultaten van de turbulentiemetingen aan de orde. Eerst wordt ingegaan op de algemene konklusie omtrent het aanwezige turbulentiebeeld, waarna de overige konklusies puntsgewijs worden behandeld.

5.2 Algemene konklusie

Het doel van de prototypeturbulentiemetingen was het verkrijgen van meer inzicht in de turbulentiestructuur in de monding van de Oosterschelde. In paragraaf 2.3 is reeds aangegeven hoe aan de hand van snelheidsmetingen in punten daarover iets gezegd kan worden. Drie aspecten spelen hierbij een rol: de vorm van de spektra, de verdeling van de relatieve turbulentie-intensiteit in de vertikaal en de korrelaties tussen de verschillende meetpunten.

Uit de resultaten blijkt dat de metingen ten aanzien van genoemde aspecten een sterke gelijkvormigheid vertonen.

Het verloop van de spektra is vrij gelijkmatig, bij de lagere frekwenties (orde 0,01 Hz) is de energie-inhoud groter dan bij hogere frekwenties. Er zijn geen overheersende frekwenties in de signalen aanwezig.

De relatieve turbulentie-intensiteit is op één uitzondering na bij de verwerkte metingen niet gelijkmatig verdeeld over de vertikaal. Op 2 m boven de bodem is r het grootst en neemt naar boven toe af. Deze verdeling komt overeen met de verdeling die in de literatuur gevonden is en die daar een meer fijnschalige, driedimensionale turbulentie betreft. De relatieve turbulentie-intensiteit kan op 2 m boven de bodem wel vrij zwaar zijn: 15% is niet onmogelijk. Opvallend is wel een sterke afhankelijkheid hiervan van de meetplaats.

Alleen bij een meting in Roompot-Noord tijdens vloed is de relatieve turbulentie-intensiteit gelijkmatig verdeeld in de vertikaal en vrij licht ($\sim 10\%$). Een oorzaak hiervoor moet wellicht gezocht worden in het niet aangepast zijn van het snelheidsprofiel ter plaatse. De meetplaats bevindt zich aan de rand van de geul en het is vrij ondiep (~ 10 m).

De korrelatie tussen de punten in de vertikaal is in het algemeen gering. Als er al sprake is van een korrelatie tussen het middelste en het bovenste of onderste meetpunt, dan is toch de korrelatie tussen het onderste en bovenste meetpunt te verwaarlozen. Dit doet vermoeden dat de mate van korrelatie

nauw samenhangt met de afstand tussen de meetpunten, hetgeen wijst in de richting van een meer fijnschalige turbulentie.

Al met al leiden bovenstaande resultaten tot de voorzichtige algemene konklusie dat de in de monding van de Oosterschelde aanwezige instationaire stromingsverschijnselen meer fijn- dan grofschalig van structuur zijn en dat ze wat betreft intensiteit vrij zwaar kunnen zijn, afhankelijk van meetplaats en getijperiode.

5.3 Overige konklusies

- Bij drie metingen, 3RBU, 5RZUM en 6HUM zijn stukken signaal tijdens maximum eb en maximum vloed verwerkt. Van de metingen in de Roompot-Zuid is de turbulentie tijdens eb zwaarder dan tijdens vloed, bij de meting in de Hammen is er geen verschil.

- Bij vrijwel alle metingen is naast het 2-uursstuk tijdens maximum stroom ook een 1-uursstuk voor de eerstvolgende kentering geanalyseerd.

Uit de resultaten kan niet worden gekonkludeerd dat het turbulentiebeeld voor de kentering significant anders is dan tijdens maximum stroomsnelheid.

- Bij meting 4RBU is er met twee meetvertikalen simultaan gemeten om correlaties tussen twee meetpunten in het horizontale vlak te kunnen bepalen. De afstand tussen de twee vertikalen was ongeveer 22 m bij een waterdiepte van 16 m.

Uit figuur 37 blijkt dat er geen correlatie is hetgeen in overeenstemming is met de minimale correlatie tussen bovenste en onderste meetpunt in de vertikaal (fig. 34).

- Meting 5RZUM is verricht bij springtij. Uit tabel 4 blijkt dat er een gering verschil in intensiteit is met de metingen 3RBU en 4RBUH is, die overigens op een andere plaats zijn verricht in de Roompot-Zuid (zie figuur 1). Het verschil in intensiteit is vermoedelijk te wijten aan een verschil in meetplaats.

- Tijdens de eerste metingen is er gemeten met twee verschillende meetsystemen: systeem gespannen draad en systeem loshangende draad (zie bijlage). Van één meting zijn beide vertikalen verwerkt: 3RBU (gespannen draad) en 3RBUV (loshangende draad). Uit de resultaten blijkt dat de verschillen ten aanzien van verdeling en grootte van de relatieve turbulentie-intensiteit, de spektrumvorm en de correlaties niet significant groot zijn. Bovendien is er een sterke gelijkvormigheid van de meetsignalen. Dit rechtvaardigde de konklusie dat er ook met een loshangende, aan het uiteinde verzwaarde

draad goed gemeten kan worden.

Omdat deze methode veel minder tijdrovend is, is derhalve bij de laatste metingen de methode loshangende draad gebruikt.

- Uit tabel 5 blijkt dat LWK langer duurt dan HWK. De tijdsduur van kentering is in het algemeen bij de bodem het grootst en neemt af bij de hoger gelegen meetpunten.

Tabel 6 laat zien dat het verschil in kenteringstijdstip tussen het onderste en bovenste meetpunt bij HWK niet zo groot is. Bij de LWK moet er echter rekening mee worden gehouden dat de kentering in het onderste meetpunt tientallen minuten eerder kan plaatsvinden dan in het bovenste meetpunt.

LITERATUUR

1. BENDAT, J.S. and PIERSOL, A.G.
Random Data: analysis and measurement procedures
Wiley-Interscience, 1971

2. HINZE, J.O.
Turbulence, 2nd Edition
McGraw-Hill, New York

- 3 Waterloopkundig Laboratorium
Stormvloedkering Oosterschelde; onderzoek naar stroomkrachten op pijlers
tijdens bouwfasen
Verslag modelonderzoek M 1525, januari 1980

BIJLAGE - Praktische uitvoering van de metingen

1 Inleiding

In deze bijlage wordt nader ingegaan op de praktische uitvoering van de metingen.

De organisatie van de metingen berustte bij Rijkswaterstaat Deltadienst WTZ, die tevens zorgde voor meetschepen, meetapparatuur en mankracht. Door medewerking van de afdeling WWW van Rijkswaterstaat Deltadienst was er gedurende alle metingen de beschikking over de rijksbok "URSUS", welke dienst deed als vastverankerde ponton waar de meetschepen aan af konden meren.

Door de dienst Verkenning en Onderzoek Buitenslands (VOB) van het Waterloopkundig Laboratorium werd tijdens de metingen assistentie verleend in de vorm van mankracht en opneemapparatuur.

Achtereenvolgens komen in deze bijlage aan de orde een beschrijving van de gebruikte meetinstrumenten, de bevestiging van de meetinstrumenten, de verankering van de meetboten, een overzicht van de metingen wat betreft de uitvoering ervan en tenslotte de storingen en moeilijkheden die tijdens de metingen zijn opgetreden.

2 Meetinstrumenten

2.1 Ott-molen type C31.00 (zie fig. 60)

Een bekend robuust, betrouwbaar en bedrijfszeker meetinstrument met een propeller van metaal.

Bij elke omwenteling van de propeller wordt een elektrische impuls afgegeven. Door de "grote" massa van de propeller bedraagt de aanloopsnelheid 3-5 cm/s. De bij de meting gebruikte uitvoering had een spoed van 25 cm.

Om snelle, korte fluktuaties van stroomsnelheden te meten is deze stroommeter niet geschikt. In het kader van deze metingen zijn slechts fluktuaties met een periode groter dan 10 seconden van belang.

Een ander nadeel van deze molens is dat vooral rond de kenteringen te weinig pulsen afgegeven worden om de stroomsnelheidswisselingen in deze periode goed weer te geven.

Juist omdat bij het gebruik van deze molens zeer weinig storingen optraden en

bij het gebruik van andere meetinstrumenten zeer veel zijn later bij de metingen uitsluitend Ott-molens gebruikt.

2.2 TPD Snelle penmolen (zie fig. 59)

De Snelle penmolen van de TPD, met inductieve omzetter, bezit een plastic schoepje met een soortelijk gewicht dat nagenoeg gelijk is aan dat van water. Daardoor kunnen snel wisselende fluktuaties van de watersnelheid goed gevolgd worden door de propeller.

De aanloopsnelheid is ca. 3 cm/s.

De spoed van het schoepje bedraagt effectief 12,5 cm.

Bij registratie van een HP-schrijver geeft deze molen 20 pulsen per omwenteling, bij registratie op magneetband zoals bij de turbulentiemetingen 5 pulsen per omwenteling.

De verfijnde elektronika is een kwetsbaar punt van deze stroommeter.

Er waren 2 TPD-molens beschikbaar; ze zijn alleen tijdens de meting 1 en 2 (1RMU, 2RMU) op de URSUS gebruikt; later nog een enkele maal in de Elmarmeetvis, dus op een meting van ondergeschikt belang.

Op geen van deze metingen hebben zij naar behoren gewerkt.

Er was geen elektrisch signaal of het signaal was niet bruikbaar.

Na de 2e meting zijn deze molens door Ott-molens vervangen omdat deze wel werkten en geen storing gaven.

2.3 Hydro Products rotor + richting vaan

De Hydro Products stroommeters, die het WL leverde werden bij de metingen vanaf de bok op 2 meter boven de bodem gebruikt.

Deze meter was samengesteld uit twee delen:

1. Model 460 Current Speed Sensor
2. Model 645 Current Direction Sensor.

De snelheidsmeter bestaat uit een kunststofrotor, die rond een verticale as draait.

De aanloopsnelheid is iets meer dan $2\frac{1}{2}$ cm/s (0,05 knots).

De "spoed" van deze rotor bedraagt ca. 34,3 cm (90 omw/min = 1 knot).

Een omwenteling van de rotor geeft 10 pulsen.

Een vaan bepaalt de stroomrichting.

De richtingmeter is uitgerust met een magnetisch "kompas" ($\pm 5^\circ$).

De werking was bij de turbulentiemetingen onbetrouwbaar; ze werden onder aan de gespannen draad gebruikt bij meting vanaf de bok en de boorbak.

Enkel (bij de meting 1RNR) vanaf de boorbak op 10 meter water is de snelheidsmeting met deze meter gelukt, de richtingsmeting gaf een goed signaal maar de gemeten richting bleek $20-60^\circ$ af te wijken van waarden gevonden met de Elmar-stroomrichtingmeter. Op de 2e en 3e meting (2RNR, 3SR) vanaf de boorbak was er geen elektrisch signaal of geen bruikbaar signaal van de Hydro Products stroomsnelheids- en richtingmeter. Bij de 3e meting werd er boven de Hydro Products een Ott-molen gehangen.

Bij de meting 1 en 2 op de URSUS (1RMU, 2RMU) was er geen elektrisch signaal of geen bruikbaar signaal zodat bij de 3e meting de Hydro Products door een Ott-molen werd vervangen.

2.4 Elmar-stroomrichtingmeter

Een traagheidsgyrotol, gemonteerd in een meetvis, geeft de richting van de meetvis in het water aan; af te lezen op een registratiekast aan boord van het meetvaartuig.

Deze werd met de hand bediend en leverde extra informatie voor bepaling van de kenteringen.

De Elmar-meter is weinig geschikt voor automatische verwerking omdat:

1. Elk halfuur de drift van de traagheidsgyrotol bepaald en verrekend moet worden (achteraf!)
2. De Elmar-stroomrichtingmeter geen analoge of digitale uitgang heeft.

2.5 Echolood transducer

Om de hoogte van de onderste meetvis vanaf de meetvaartuigen tot de bodem te bepalen is gebruik gemaakt van een echolood transducer onder aan de meetvis.

Er zijn gebruikt een:

feruno echoloodje,

raytheon DE-719B echolood 210 KC,

Atlas DESO 20 transducers 210 KC.

Het feruno echoloodje is nauwelijks meer dan een navigatie echolood die registratie op papier heeft. Het is zeer handzaam van formaat en werkt met batterijvoeding.

De Raytheon, een survey echolood, is een zeer precies echolood, die met de zendfrequentie 210 KC werkt.

De voeding hiervan is een 12 Volts Auto Accu; de registratiekast is nogal groot.

Het gebruik van Deso 20 210 KC transducers gaf op eenvoudige wijze de beste resultaten.

De meetvaartuigen zijn namelijk uitgerust met de Deso 10 echoloden van Atlas, werkend met zowel 30 KC als 210 KC.

De nieuwe transducer kon als extra transducer op het bestaande echolood gezet worden en gaf dan uitstekende diepte-informatie.

Het slingeren van de meetvis ten gevolge van de stroomsnelheid was onbeduidend. Dit bleek uit echoloodregistraties tijdens de metingen.

Hiervoor bestond aanvankelijk wel vrees.

3 Bevestiging meetinstrumenten

3.1 Konstruktie en uitvoering bij de bok (zie fig. 59)

Op de twee bokken die tijdens de metingen zijn gebruikt, de URSUS en de Roggenplaat, werd uitgegaan van de 18 mm hijsdraad.

Aan deze draad werd een pallet, afmetingen 150 x 75 x 50 cm, gevuld met ballast met een totaal gewicht van 2 ton bevestigd.

Op een afstand van 320 cm boven het pallet kwam een juk dat met 4 staaldraden aan de hoeken van het ballast pallet bevestigd was.

Tussen het juk en het vrij platte ballastgewicht was dus een vrije ruimte waartussen de Hydro Products stroomsnelheids- en richtingmeter kwam te hangen; het midden van de rotor werd op 2 meter boven de onderzijde van het op de bodem geplaatste ballast pallet gezet.

Omdat de hijsdraad niet kruisgeslagen was, wilde deze tijdens het laten zakken van de ballast gaan draaien; om dit tegen te gaan werd een 2 meter lange hefboom met een touw bevestigd.

Bij het meten van de bok werd het ballastblok op de grond gezet, bovenin de giek lag de hijsdraad over een schijf, aan deze draad hing een kontra gewicht van 500 kg om deze strak te houden.

Door deze konstruktie kon de bok met het getij op en neer gaan terwijl het ballastblok op de bodem bleef staan.

Op ca. 1/3 (waterdiepte -2 m) van de bodem werd met behulp van een soort vork-constructie een meetlichaam met vinvormige staart op de hijsdraad gezet.

Onder dit lichaam zat een klem op de draad om de juiste positie te fixeren.

Dit meetlichaam richtte zichzelf op de stroom, kon zeer goed bewegen zolang de meetkabel zich niet te dikwijls om de hijsdraad gewonden had.

In dit meetlichaam kon via een bajonetsluiting een Ott-molen of een TPD-molen bevestigd worden.

Op ca. 2/3 (waterdiepte -2 m) werd een zelfde meetlichaam met molen bevestigd.

De meetkabels van de onderste 2 meetinstrumenten werden met een losse staaldraad gekoppeld met behulp van colsonstrips, en naar boven gebracht.

De meetkabel van de bovenste stroommeter werd met colsonstrips, aan de hijsdraad gekoppeld naar boven gebracht.

Op ondiep water (10, 17 meter b.v.) kon niet exact op de bovengenoemde diepten gemeten worden.

De waterdiepte werd bepaald aan de hand van het NAP-vlak tot de bodem.

Bij ondiep + laag water zou het mogelijk zijn dat de bovenste molen beïnvloed is door de stroomsnelheidsverstoringen door bok of meetvaartuig.

De meethoogte van 2 m boven de bodem werd gehandhaafd, de andere op 1/3 en 2/3 werden aangepast in dit geval.

In de tabel in paragraaf 5 van deze bijlage zijn in de kolom "meetdiepte in m- NAP" de meetdiepten, waarop de meetinstrumenten hingen, voor alle metingen weergegeven.

Tijdens de eerste 3 turbulentiemetingen is op deze manier gemeten.

Omdat het werken zeer tijdrovend en onhandig was werden de metingen 4, 5 en 6 niet meer zo uitgevoerd.

Door het snel langs stromende water werd de gespannen hijsdraad in trilling gebracht. Die trilling werd tijdens maximum stroomsnelheid zo hevig dat diverse schroef- en boutverbindingen losdraaiden en technische mankementen vertoonden.

Het installeren van de gehele constructie kostte op diep water ongeveer 4 tot 5 uur tijd. Even ophalen om een technisch mankement te verhelpen was tijdens de meting niet mogelijk.

3.2 Konstruktie en uitvoering bij de meetvaartuigen (zie fig. 60)

Om te voorkomen dat een meting door een storing in de apparatuur waardeloos zou worden is er tijdens de eerste metingen ook vanaf een meetvaartuig naast de bok gemeten.

Vanaf de bok werd gemeten met een ballastblok op de bodem, zodat de hoogte van meetapparatuur in de vertikaal vast lag.

Vanuit praktisch oogpunt en mede omdat de davits van de meetvaartuigen maximaal met 300 kg belast mochten worden is deze konstruktie hier niet toegepast. Er werd voor een vrijhangende konstruktie gekozen, waarvan de onderste snelheidsmeter zich op exact 2 meter boven de bodem zou bevinden.

Deze 2 meter werd vastgesteld met behulp van een echolood transducer bevestigd aan de onderste meetvis.

Aan boord kon de positie van de meetvis kontinu gecontroleerd worden, indien noodzakelijk met behulp van de elektrische lieren bijgesteld.

Er werd bij deze meting gevreesd voor onnauwkeurigheden tijdens de meting door een slingereffekt van de loshangende konstruktie. Na uitwerking van de eerste metingen bleek deze vrees ongegrond (zie hfdst. 5, par. 3 van het verslag).

De diepteverdeling van de 3 meetinstrumenten in de vertikaal was exact gelijk aan die van de bok. De instrumenten waren alle 3 Ott-molens type C31.00. De bovenste 2 waren bevestigd in een bij de Brouwerssluis reeds gebruikt meetlichaam, een kleine meetvis, waarvan de voorzijde bestaat uit een buis waardoor de hijsdraad loopt.

Aan de onderzijde werd het langs de draad "afzakken" van het meetlichaam door een klem met ring tegengegaan.

De meetvis richtte zich op de stroom en kan zover de meetkabel toestaat onbelemmerd ronddraaien. Het gewicht van de meetvis was 16 kg.

Aan de onderzijde van de hijsdraad hing een Ott-lichaam van 115 kg, verzwaard met 2 ballastblokken van 45 kg elk.

Hierin was een Ott-molen bevestigd en eronder een echolood transducer.

De 3 meetkabels plus de echoloodkabel werden met behulp van colsonstrips om de 4 m aan de 6 mm hijsdraad bevestigd; ter plaatse van de "meetvinnen" werd er wat extra ruimte aan de kabels gegeven ten einde het vrijdraaien van de meetlichamen niet te beïnvloeden.

Doordat de meetkabels zo goed aan de hijsdraad bevestigd werden, ontstond een dikke streng met een excentrisch model.

Deze vorm verhinderde dat er trillingen optraden in de hijsdraad, zelfs bij hoge stroomsnelheden.

Het installeren van de meetinstrumenten kostte op diep water ca. 2 à 3 uur werk indien er geen onverwachte storingen als bijvoorbeeld kabelbreuk of kortsluiting tijdens montage optraden.

Door de betere meetresultaten en snellere montagetijd werden de laatste drie metingen vanaf 2 vaartuigen gelijktijdig uitgevoerd in plaats vanaf de bok en 1 vaartuig. De beide meetvaartuigen waren dan afgemeerd aan de beide lange zijden van de verankerde bok.

Tijdens de metingen werd met behulp van een Elmar-stroomrichtingsmeter en een Ott-molen gedurende de kentering continue en na de kentering éénmaal per uur snelheid en richting gemeten.

Deze controle werd op een vaste afstand vanaf de oppervlakte uitgevoerd, meestal op ongeveer de halve waterdiepte.

Dit was een aanvulling op de gegevens van de "geautomatiseerde" meting.

Deze Elmar-meting geschiedde met de hand omdat:

1. Elmar geen analoge of digitale uitgang heeft.
2. Elk half uur de drift van de gyrotol bepaald en verrekend moet worden (achteraf!).

4 Positie en verankering meetboten

Voor het uitvoeren van de turbulentiemetingen waren 5 meetposities aangegeven:

- 3 in de Roompot, ter plaatse van:
 - pijler 3-5 (h.m. 6,9-7,8) Roompot-Zuid
 - pijler 14-16 (h.m. 11,85-12,75) Roompot-Midden
 - pijler 30-32 (h.m. 19,05-19,95) Roompot-Noord
- 1 in het Midden van het Schaar van Roggenplaat
- 1 in het Midden van de Hammen.

Aangezien slechts in het cunet, een 80 m brede strook nabij de as, het ankeren was toegestaan en er buiten in verband met de aangebrachte bodembescherming niet, is er buiten de as van de stormvloedkering gemeten tijdens de eerste metingen.

De bodembescherming ligt in de 3 sluitgaten 500-600 m ter weerszijden van het tracé.

Bij het ankeren van de bokken moesten in verband met grote waterdiepten en hoge snelheden de ankers 200-300 m voor en achter weggebracht worden (de ankerdraadtrommels van de URSUS bezitten niet meer dan 300 m ankerdraad).

Omdat de rand van de bezinking in de sluitgaten op maximaal 600 m uit de as ligt, resulteerde dit in een meetpositie minimaal 800 m oost of west ten opzichte van de as.

Er werd voor oost gekozen in verband met iets meer beschutte positie ten opzichte van de golfslag. Dit kon niet in de positie Roompot-Zuid omdat daar ter plaatse een zeer diepe put was met een steil talud die gebruikt werd voor het dumpen van afvalmateriaal.

Bovendien zouden enige ankers in de bodembescherming van de Noord-Bevelandse oever terecht komen wat verboden was.

Daarom werd hier door de westelijke meetpositie gekozen.

Meting 5RZUM kon wel in de as plaatsvinden omdat door de week de baggermolen "Maas" op de meetpositie moest liggen.

In het weekend ging de baggermolen naar binnen; De URSUS werd dan gekoppeld aan de ankerdraden van deze baggermolen.

De ankers bleven in het weekend namelijk gewoon op de oude positie, bevestigd aan 2 ankerbakjes liggen.

Voor de uitvoering van meting 6HUM waren in de bezinking de ankerpalen geplaatst, zodat wel ter plaatse van de toekomstige pijlers gemeten kon worden. Om de URSUS en de Roggenplaat goed in positie te houden werd meestal met 6, soms met 5 of 4 ankers geankerd, die elk 200-300 m ver weggebracht werden. Dit waarborgde (m.u.v. de eerste meting Roompot-Midden) een vaste positie, die zowel bij eb als bij vloed dezelfde bleef.

Bij de verankering op ankerpalen werden bovendien in de 80 m brede ombeschermde bodem ter hoogte van de as nog zijankers uitgezet.

Ook hier vond verankering aan 5 tot 6 ankerdraden plaats.

De positie werd bepaald aan de hand van de decca ontvangers van de Molenvliet en Houtvliet, Deltachain OOB.

De bokken werden verhaald met behulp van de ankerlieren tot de juiste positie. De lijn van de as kon bovendien visueel door middel van verlichte raaipalen worden waargenomen.

De nauwkeurigheid van de positiebepaling kan grofweg gesteld worden op 0,01-0,02 Lane; ter plaatse ca. 8-15 m.

Vooraf via landmerken kon tijdens de meting gecontroleerd worden dat de meetpositie gefixeerd bleef.

5 Overzicht metingen

1.9

no.	datum	sluitgat SVKO	gemeten vanaf	bodemdiepte in m- NAP	meetdiepten in m- NAP	meet- instrumenten	kode meting	bijzonderheden
1	15/16-12-'78	Roompot-Midden	Rijksbok "Ursus"	37	11 23 35	TPD TPD H. Products	1RMU	hoofdmeting meting "gespannen draad door ankers gegaan ligt aan 6 ankers
1	15/16-12-'78	Roompot-Midden	"Houtvliet"	37	11 23 35	Ott Ott Ott	1RMUV	afgemeerd langs "Ursus" reservemeting meting "losse" draad
1	15/16-12-'78	Roompot-Noord	Boorbak "Roggenplaat"	10	3 5,5 8	Ott Ott H. Products	1RNR	hoofdmeting meting "gespannen" draad ligt aan 4 ankers
1	15/16-12-'78	Roompot-Noord	"Molenvliet"	10	3 5,5 8	Ott Ott Ott	1RNRV	afgemeerd langs "Roggenplaat" reservemeting meting "losse draad"
2	18/19-12-'78	Roompot-Midden	Rijksbok "Ursus"	37	11 23 35	TPD TPD H. Products	2RMU	hoofdmeting meting "gespannen" draad ligt aan 6 ankers
2	18/19-12-'78	Roompot-Midden	"Houtvliet"	37	11 23 35	Ott Ott Ott	2RMUV	afgemeerd langs "Ursus" reservemeting meting "losse" draad
2	18/19-12-'78	Roompot-Noord	Boorbak "Roggenplaat"	10	3 5,5 8	Ott Ott H. Products	2RNR	hoofdmeting meting "gespannen" draad ligt aan 4 ankers
2	18/19-12-'78	Roompot-Noord	"Molenvliet"	10	3 5,5 8	Ott Ott Ott	2RNRV	afgemeerd langs "Roggenplaat" reservemeting meting "losse" draad
3	20/21-12-'78	Roompot-Zuid	Rijksbok "Ursus"	20	6 12 18	Ott Ott Ott	3RBU	hoofdmeting meting "gespannen" draad ligt aan 5 ankers
3	20/21-12-'78	Roompot-Zuid	"Houtvliet"	19	6 12 17	Ott Ott Ott	3RBUV	afgemeerd langs "Ursus" reservemeting meting "losse" draad
3	20/21-12-'78	Schaar van Roggenplaat- Midden	Boorbak "Rog- genplaat"	20	6 12 17,3 18	Ott Ott extra Ott H. Products	3SR	hoofdmeting meting "gespannen" draad ligt aan 4 ankers
3	20/21-12-'78	Schaar van Roggenplaat- Midden	"Molenvliet"	20	6 12 18	Ott Ott Ott	3SRV	reservemeting meting "losse" draad afgemeerd langs "Roggenplaat"
4	18/19-6-'79	Roompot-Zuid	"Houtvliet"	18	6 11 16	Ott Ott Ott	4RBUH	afgemeerd N. langszijde "Ursus" bepalen horizontale korrelatie meting "losse" draad Ursus ligt aan 6 ankers
4	18/19-6-'79	Roompot-Zuid	"Molenvliet"	17	6 11 15	Ott Ott Ott	4RBUM	afgemeerd Z. langszijde "Ursus" bepalen horizontale korrelatie meting "losse" draad "Ursus" ligt aan 6 ankers
5	7/8-9-'79	Roompot-Zuid	"Houtvliet"	20	6 12 18	Ott Ott Ott	5RZUH	hoofd/reservemeting meting "losse" draad springtij, afgemeerd langs- zijde "Ursus" bok ligt aan ankers "Maas" + eigen ankers
5	7/8-9-'79	Roompot-Zuid	"Molenvliet"	20	6 12 18	Ott Ott Ott	5RZUM	hoofd/reservemeting meting "losse" draad springtij, afgemeerd langs- zijde "Ursus" bok ligt aan ankers "Maas" + eigen ankers
6	4/5-10-'79	Hammen-Midden	"Molenvliet"	24	7 14 22	Ott Ott Ott	6HUM	hoofd/reservemeting meting "losse" draad afgemeerd Z. langszijde "Ursus" "Ursus" ligt aan ankerpalen + eigen ankers
6	4/5-10-'79	Hammen-Midden	"Orisant"	21	7 14 19	Ott Ott Ott	6HUO	hoofd/reservemeting meting "losse" draad afgemeerd N. langszijde "Ursus" "Ursus" ligt aan ankerpalen + eigen ankers

5.1 Turbulentiemeting 1 (15 en 16 december 1978)

Roompot-Midden (1RMU, 1RMUV).

Zowel de meting vanaf de Ursus als vanaf de Houtvliet is mislukt.

De oorzaak van het mislukken is niet duidelijk aan te geven. Het is een combinatie van verschillende factoren:

- weigering van meetinstrumenten en
- elektrische- en mechanische storingen.

De Ursus ging enkele malen (20 à 30 m totaal) door de ankers bij maximum stroomsnelheid.

De grote waterdiepte (37 meter) stelde hoge eisen aan de meetinstrumenten en aan de bevestigingskonstructie van deze instrumenten.

Mogelijk zijn bij het door de ankers gaan ook instrumenten of meetkabels onklaar geraakt door contact met ankerdraden.

Roompot-Noord (1RNR, 1RNRV).

Zowel de meting vanaf de boorbak Roggenplaat als vanaf de Molenvliet is geslaagd.

Er werd op een waterdiepte gemeten van 10 m.

5.2 Turbulentiemeting 2 (18 en 19 december 1978)

Dit was een herhaling van de eerste meting.

Roompot-Midden (2RMU, 2RMUV).

Meting Ursus mislukt, meting vanaf Houtvliet geslaagd.

Roompot-Noord (2RNR, 2RNRV).

Meting Roggenplaat mislukt, meting vanaf de Molenvliet geslaagd.

5.3 Turbulentiemeting 3 (20 en 21 december 1978)

Roompot-Zuid (3RBU, 3RBUV).

De meting zowel vanaf de Ursus als vanaf de Houtvliet geslaagd.

Op de Ursus werden de vorige metingen 2 TPD-molens en een Hydro Products stroomsnelheids- en richtingmeter gebruikt.

Die zijn op deze meting door 3 Ott-molens vervangen.

Schaar van Roggenplaat-Midden (3SR, 3SRV).

De meting vanaf de boorbak Roggenplaat is mislukt, vanaf de Molenvliet geslaagd.

5.4 Turbulentiemeting 4 (18 en 19 juni 1979)

Roompot-Zuid (4RBUH, 4RBUM).

Deze meting diende om de horizontale korrelaties te kunnen bepalen.

De meetgegevens van 2 meetvertikalen werden op één band opgenomen.

Deze meting vanaf beide vaartuigen is geslaagd.

Voor de eerste maal werd enkel vanaf 2 meetvaartuigen gemeten.

De Ursus diende als verankeringspunt en werd zo gesteld dat de lengte-as van de bak loodrecht op de as stormvloedkering stond.

Ter weerszijden van de Ursus lagen de Houtvliet en de Molenvliet afgemeerd.

De meetvertikalen bevonden zich ca. 22 m van elkaar vandaan en lagen in een lijn evenwijdig aan de as van de stormvloedkering.

Dit werd vastgesteld met behulp van het scheepskompas, met verrekening van variatie en deviatie.

De bovenste 2 molens in de vertikaal lagen voor beide vaartuigen op exact dezelfde diepte.

De onderste molen van elk meetvaartuig bevond zich precies 2 meter boven de bodem, er was echter enig diepteverschil tussen de waterdiepte ter plaatse van de respektievelijke meetvertikalen (zie tabel).

5.5 Turbulentiemeting 5 (7 en 8 september 1979)

Roompot-Zuid (5RZUH, 5RZUM).

Dit was een meting bij springtij.

Er zou aan nieuw geplaatste ankerpalen verankerd worden, maar in verband met de aanleg van het manoeuvreerplateau door de baggermolen "de Maas" waren deze palen nog niet geplaatst.

Omdat de baggermolen ankerdraadtrommels bezit met een veel grotere capaciteit, lag de baggermolen aan eigen ankers afgemeerd, die zich bevonden ten oosten en westen van de bezinking (afstand ruim 1200 m), in de as van de stormvloedkering en op de wal.

Tijdens het weekend lag de baggermolen binnen in een werkhaven.

Tijdens deze meting zijn de ankerdraden van "de Maas" door de Ursus overgenomen en zijn nog eigen ankers bijgeplaatst in de as stormvloedkering. Metingen zowel vanaf de Houtvliet als de Molenvliet zijn geslaagd.

5.6 Turbulentiemeting 6 (4 en 5 oktober 1979)

Hammen-Midden (6HUM, 6HUO).

Deze meting vond plaats in de as van de stormvloedkering.

De Ursus werd verankerd aan de ankerpalen 7 en 10 in de as stormvloedkering werden eigen ankers uitgebracht.

Meting vanaf de Molenvliet geslaagd, vanaf de Orisant niet.

In de 2e helft van de meting kwamen van een paar molens van de Orisant de signalen onregelmatig en haperend door.

Inwendige kabelbreuk van de meetkabel en geblokkeerde Ott-propeller is hier vermoedelijk de oorzaak van geweest.

6 Storingen en moeilijkheden

6.1 Elektronisch

Het grote probleem op elektrisch gebied betrof de aarding van de meetapparatuur. Dit kwam omdat op vaartuigen het schip zelf als aarde gebruikt wordt; via het zeewater is er dan weer verbinding met de daarin hangende meetapparaten.

Hoewel het vaak om minieme spanningen gaat, was dit er bijvoorbeeld de oorzaak van dat de signalen van TPD-molens en Hydro Product-molens niet goed op de magneetband opgenomen konden worden. Een enkele molen ging prima, maar een 2e erbij gaf ontoelaatbare "brom" in de registratie.

De Hydro Products stroom- en richtingmeters hebben over het algemeen slecht of geheel niet gewerkt.

Een mogelijke oorzaak kan ten dele ook een te geringe bekendheid met deze meters zijn geweest bij montage.

Indien de richtingraai van deze meter werkte gaf zij grote afwijkingen (20° - 60°) ten opzichte van de werkelijke stroomrichting.

Het kan zijn dat de grote ijzermassa van het 2 ton zware ballastblok hier invloed op had.

Aan dit ballastblok was ook gelast wat misschien een tijdelijke magnetisering had opgewekt.

De snelle penmolen van de TPD gaf moeilijkheden: geen elektrisch signaal of geen bruikbaar signaal; aangezien deze geen eigendom van het WL was en de schema's derhalve niet bekend waren, werd de elektronika van deze meter niet geheel uit elkaar gehaald en gemodificeerd tijdens de meting.

Omdat Ott-molens al vele jaren bij WTZ gebruikt worden en de konstruktie eenvoudig en robuust is, hebben zij verreweg de beste resultaten opgeleverd.

6.2 Mechanische storingen

Deze storingen zijn in 4 hoofdgroepen te verdelen:

- a. Beschadiging van de kabels of molens door ankerdraden die uitgebracht werden, afmerende boten die de meetopstelling raakten en zware obstakels die in de meetdraad bleven hangen en kabelbreuk veroorzaakten. Deze storingen zijn enkele malen voorgekomen.
- b. Losdraaien van verbindingen in de meetvertikaal door trillingsverschijnselen. Deze kwamen alleen voor bij het meten vanaf de bok. Dit is vermoedelijk de belangrijkste reden waarom de bokmetingen op de "Ursus" mislukten (zie par. 3.1 van deze bijlage).
- c. Blokkering van de molens door vuil, groen, polypropyleen doek of meetkabel. Tijdens de meting ging een molen onregelmatig lopen of hield geheel op om daarna weer terug te komen.
Deze verschijnselen werden vooral een aantal malen zichtbaar tijdens kenteringen omdat een geringe weerstand van de propeller niet overwonnen kan worden door de stroom.
De ter plaatse van de meetvinnen ruim hangende meetkabels hingen bij weinig snelheid soms voor de molen.
Bij toename van de stroomsnelheid gingen ze gestrekt naar achteren staan en de storing was opgeheven.
- d. Vooral tegen de laatste turbulentiemetingen werd de konditie van de meetkabels snel minder.
Het lossnijden van de colsonstrips met een mes gaf soms mantelbeschadiging. Sommige kabels waren door uitwendige mechanische oorzaken inwendig gebroken. Bij testen op het droge bleken deze storingen vaak niet en ook niet bij het meten van lage snelheden. Vooral echter bij maximum stroomsnelheden lieten deze kabels het afweten.
Zij zijn derhalve dringend aan vervanging toe.

6.3 Meteorologische storingen

De windkracht en -richting waren voor deze metingen van groot belang. Vooral het sluitgat Roompot ligt bijzonder onbeschut tegen zeewinden. Bovendien kan deining in elk van de sluitgaten het meten ter plaatse onmogelijk maken.

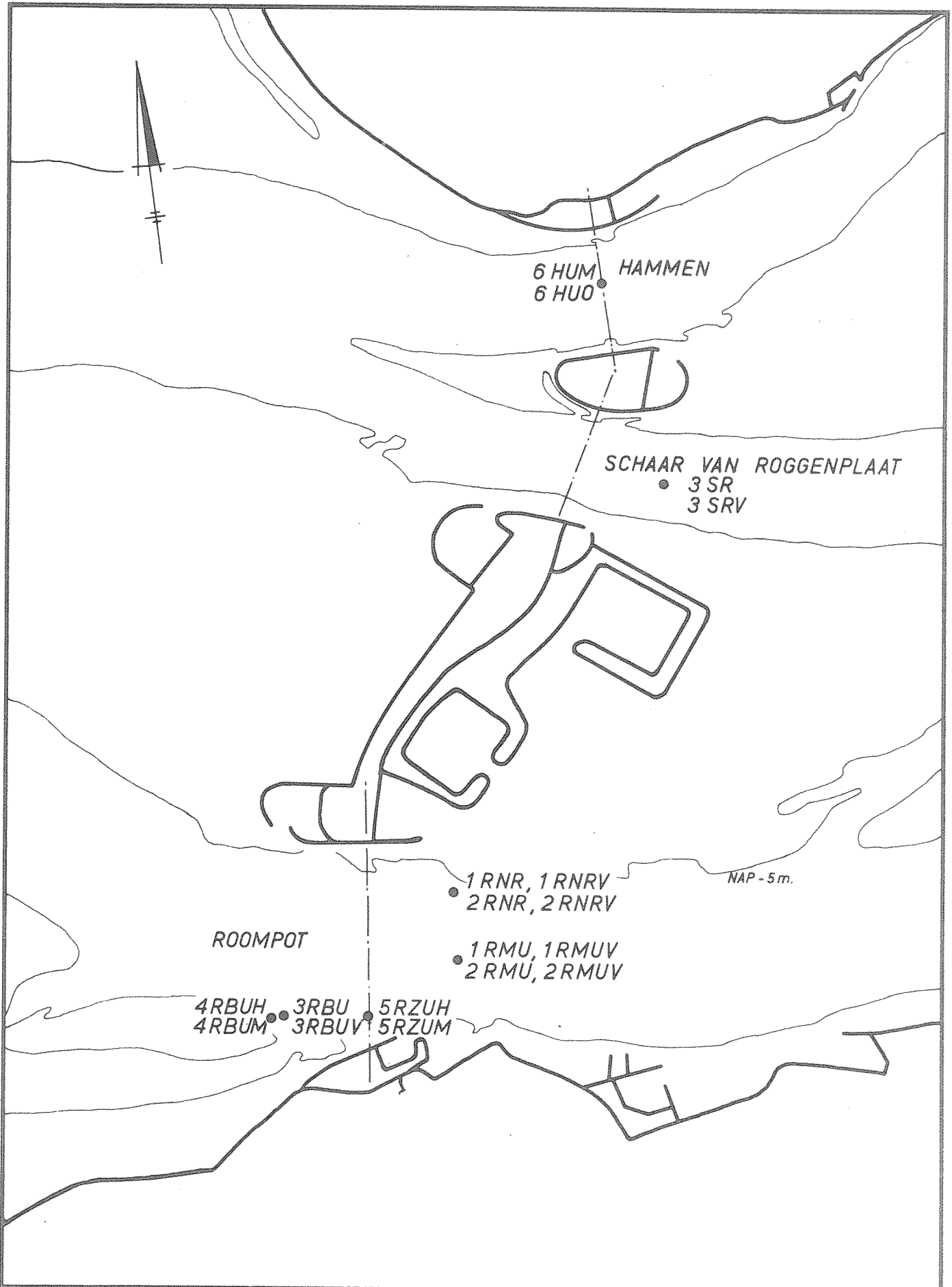
Bij een gewone meting wordt vaak een golfhoogte van ca. 50 cm als maximum aangehouden om nog te kunnen meten. Omdat bij deze metingen het vaartuig tegen de bok afgemeerd lag mocht er veel minder zee staan. Bij golfslag van 30 cm en hoger stoten vaartuig en het bok op zodanige wijze tegen elkaar, dat het werken aan boord bijna onmogelijk wordt. Meetinstrumenten die van tafel dreigen te vallen enz..

Op de turbulentiemeting moet dit nog niet zoveel invloed hebben, aangezien de periode van deze bewegingen altijd beneden de 10 s blijft.

Omdat het starten en beëindigen van de meting zeer veel tijd in beslag nam werd er altijd bij prima weersverwachtingen en geen deining gemeten. De golfslag en deining zijn bij de metingen niet boven de 30 à 35 cm uitgekomen, in de meeste gevallen was er geen waarneembare golfslag of slechts een rimpeling van het water.

Doordat in december 1978 zo'n grote spoed achter deze metingen zat, zijn er toen 2 valse starts gemaakt, op 6 en 11 december 1978.

De windkracht was te sterk en de golfslag te hoog. In dezelfde maand is er ook nog praktische hinder opgetreden van gladde werkdekken in verband met bevriezing buiswater en regen tijdens installeren van de meetapparatuur.



OVERZICHT MEETPOSITIES TURBULENTIEMETINGEN
OOSTERSCHELDE

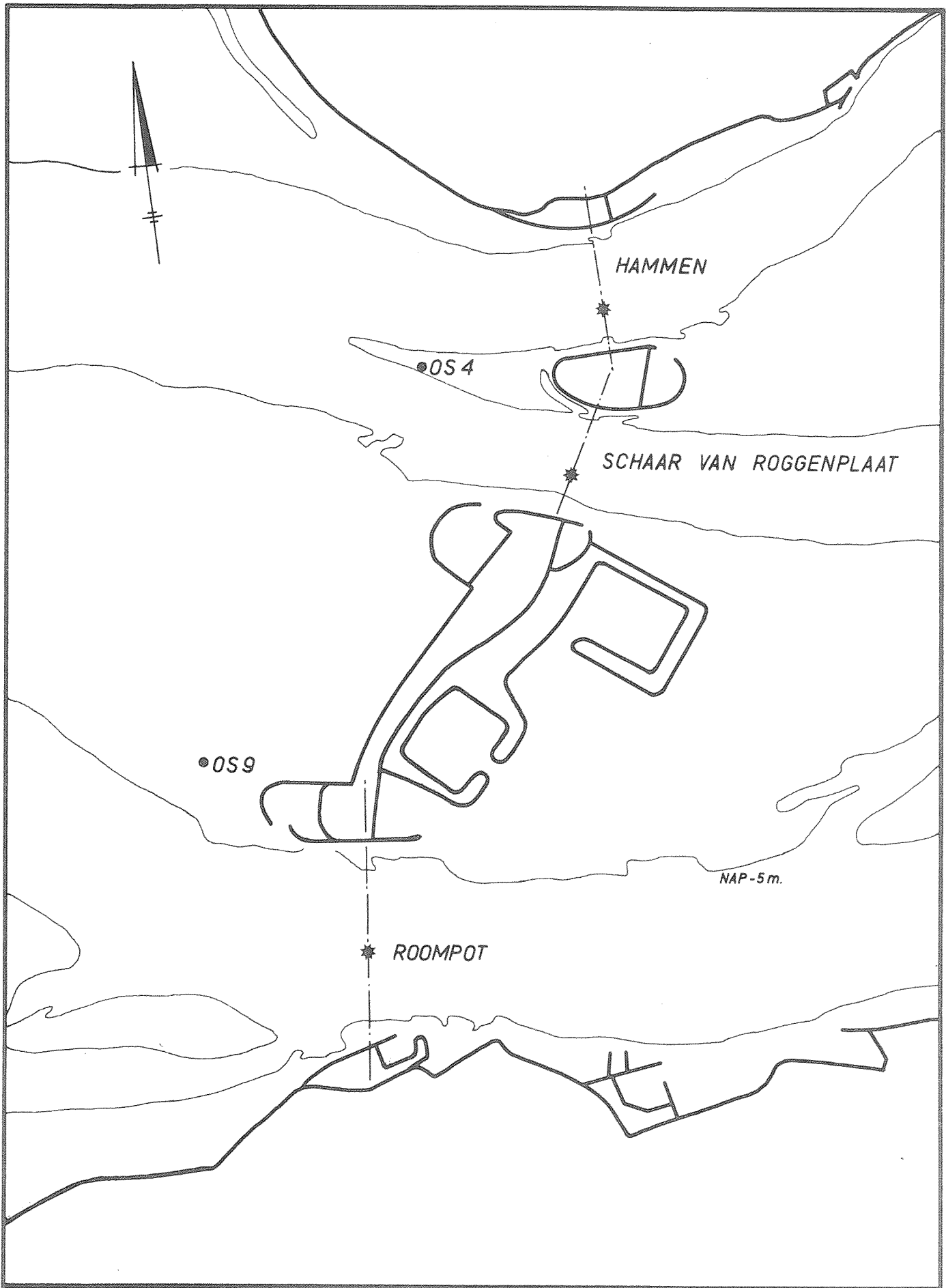
SCHAAL 1:50.000

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 1



POSITIE GETIJPALEN (●) EN MEETPUNTEN SNELHEIDS-
 METINGEN OP HALVE WATERDIEPTE (*) (I.V.M. VOOR-
 SPELDE STROOMSNELHEDEN)

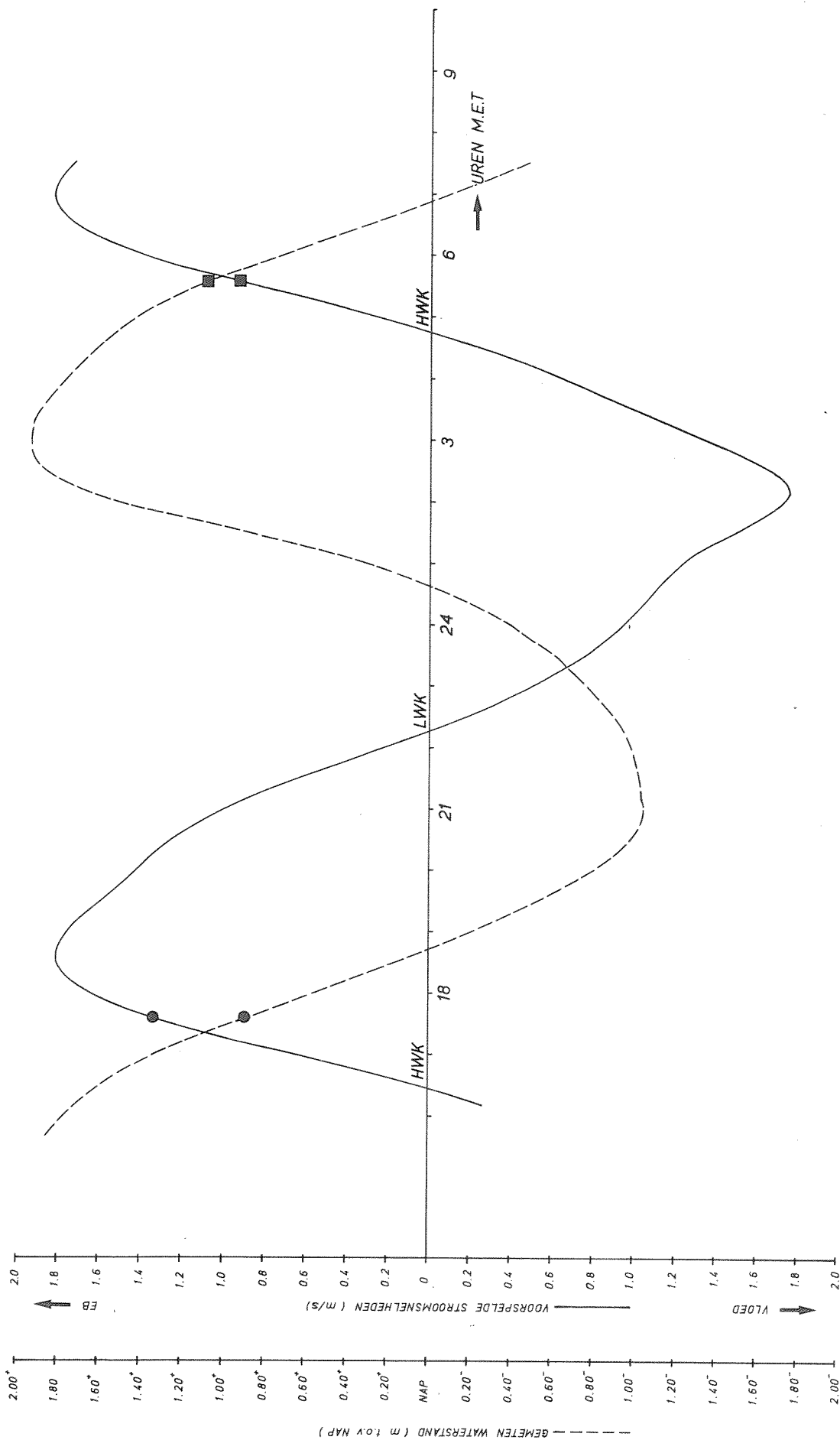
SCHAAL 1:50.000

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 2



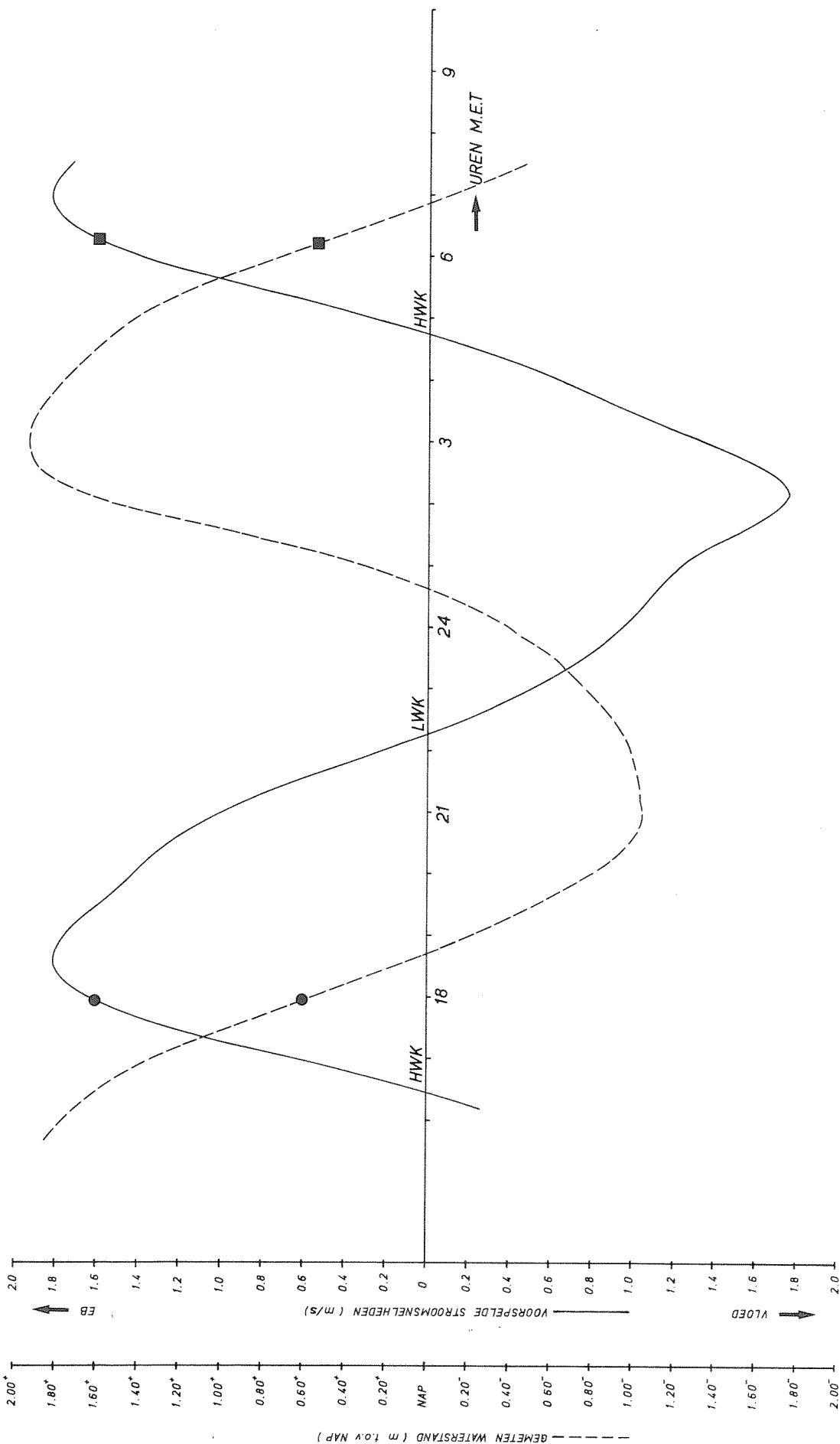
TURBULENTIEMETING ROOMPOT - NOORD

● START METING 17.35 UUR 15-12-1978

■ EINDE METING 05.35 UUR 16-12-1978

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN OP BASIS VAN METINGEN OP HALVE WATERDIEPTE IN ROOMPOT - MIDDEN GEMETEN WATERSTANDEN MET GETIJPAAL DS 9 VOOR POSITIE MEEPTUNEN ZIE FIGUUR 2

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN EN GEMETEN WATERSTANDEN TIJDENS TURBULENTIEMETING VOLGENS OPGAVE VAN RWS, DELTADIENST ZIERIKZEE	1RNR, 1RNRV	
	15/16-12-1978	A3
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1437	FIG. 3

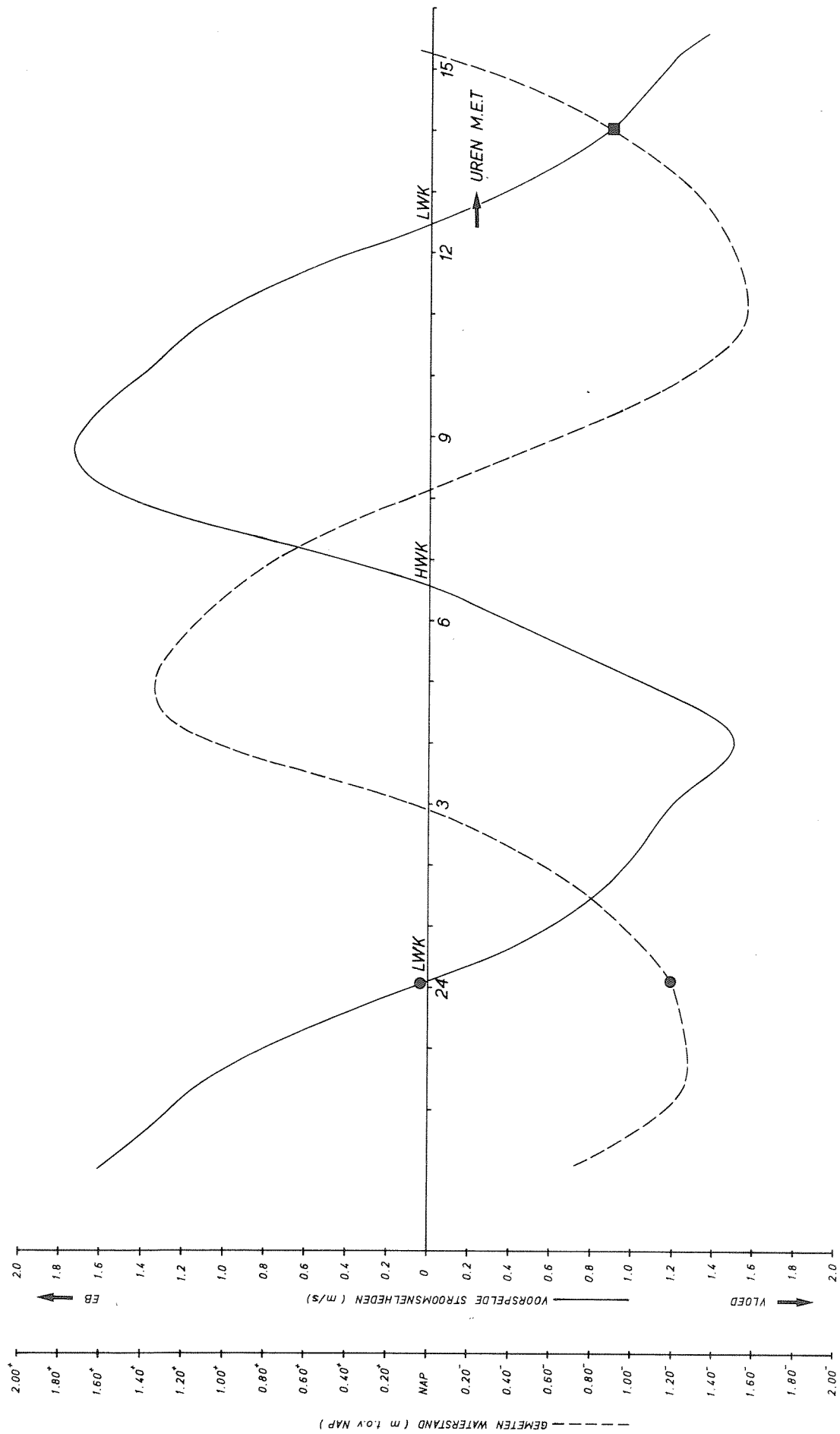


TURBULENTIEMETING ROOMPOT - MIDDEN

- START METING 17.57 UUR 15-12-1978
- EINDE METING 06.15 UUR 16-12-1978

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN EN GEMETEN WATERSTANDEN TIJDENS TURBULENTIEMETING VOLGENS OPGAVE VAN RWS, DELTADIENST ZIERIKZEE	1RMU, 1RMUV	
	15/16-12-1978	A3
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1437	FIG. 4

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN OP BASIS VAN METINGEN OP HALVE WATERDIEPTTE IN ROOMPOT - MIDDEN GEMETEN WATERSTANDEN MET GETUJPAAL OS 9 VOOR POSITIE MEEPUNTEN ZIE FIGUUR 2

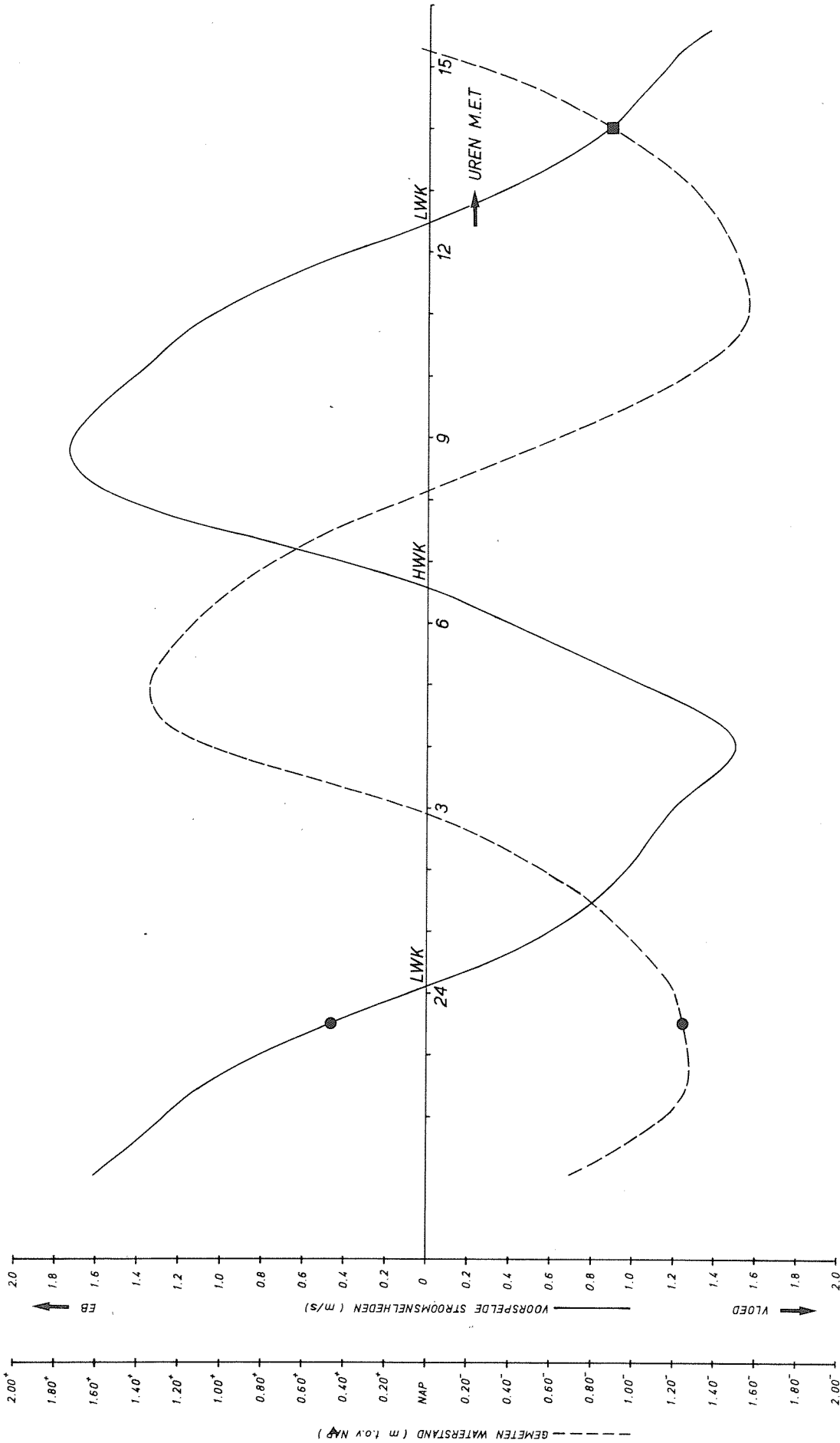


TURBULENTIEMETING ROOMPOT - MIDDEN

- START METING 00.04 UUR 19-12-1978
- EINDE METING 14.00 UUR 19-12-1978

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN OP BASIS VAN METINGEN OP HALVE WATERDIEPTE IN ROOMPOT - MIDDEN GEMETEN WATERSTANDEN MET GETIJPAAL OS 9 VOOR POSITIE MEEPTUNEN ZIE FIGUUR 2

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN EN GEMETEN WATERSTANDEN TIJDENS TURBULENTIEMETING VOLGENS OPGAVE VAN RWS, DELTADIENST ZIERIKZEE	2 RMU , 2 RMUV	
	19-12-1978	A3
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1437	FIG. 5

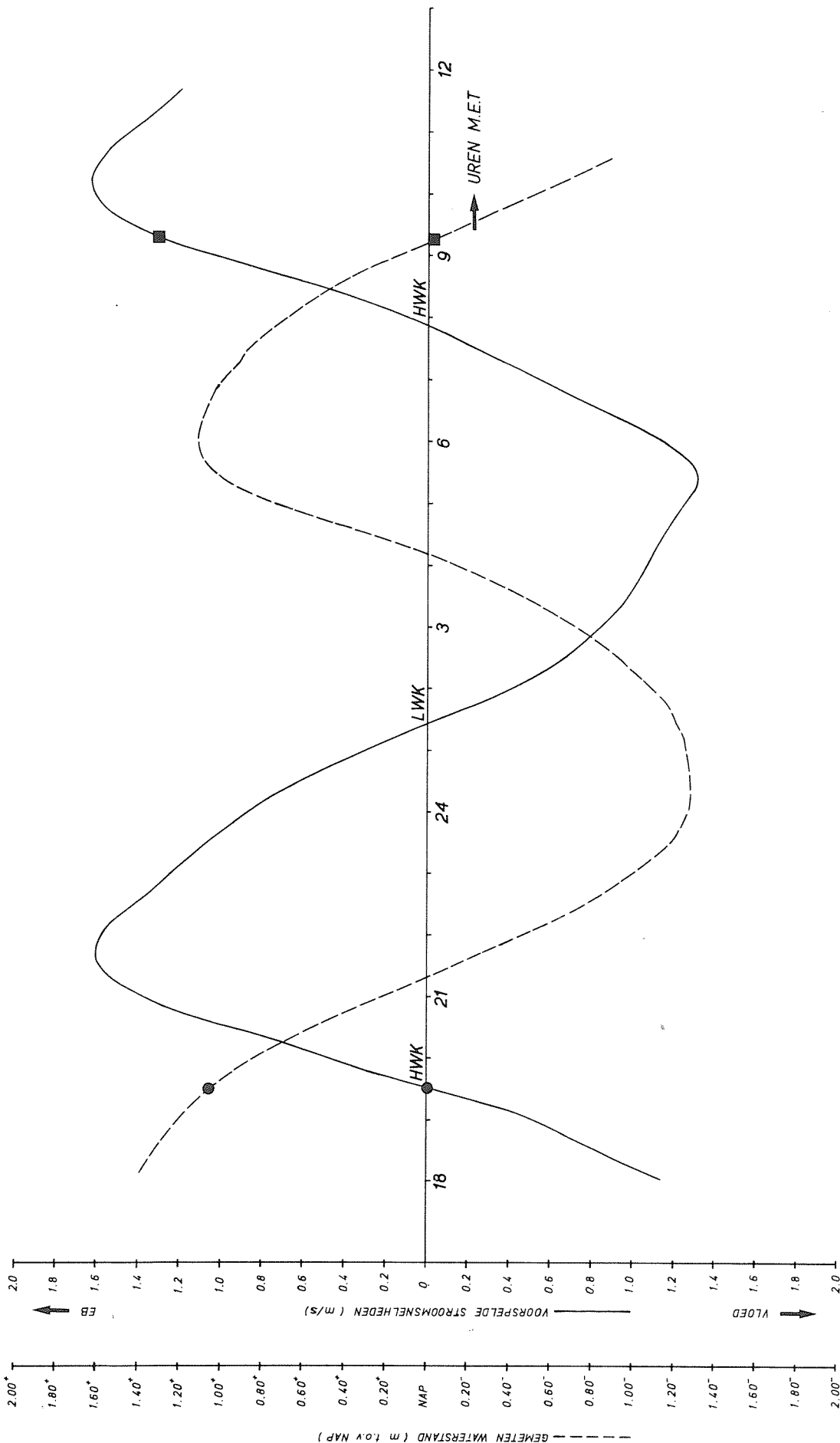


TURBULENTIEMETING ROOMPOT - NOORD

- START METING 23.30 UUR 18-12-1978
- EINDE METING 14.00 UUR 19-12-1978

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN EN GEMETEN WATERSTANDEN TIJDENS TURBULENTIEMETING VOLGENS OPGAVE VAN RWS, DELTADIENST ZIERIKZEE	2RNR, 2RNRV	
	18/19-12-1978	A ₃
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1437	FIG. 6

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN OP BASIS VAN METINGEN OP HALVE WATERDIEPTE IN ROOMPOT - MIDDEN GEMETEN WATERSTANDEN MET GETUJPAAL OS 9 VOOR POSITIE MEETPUNTEN ZIE FIGUUR 2

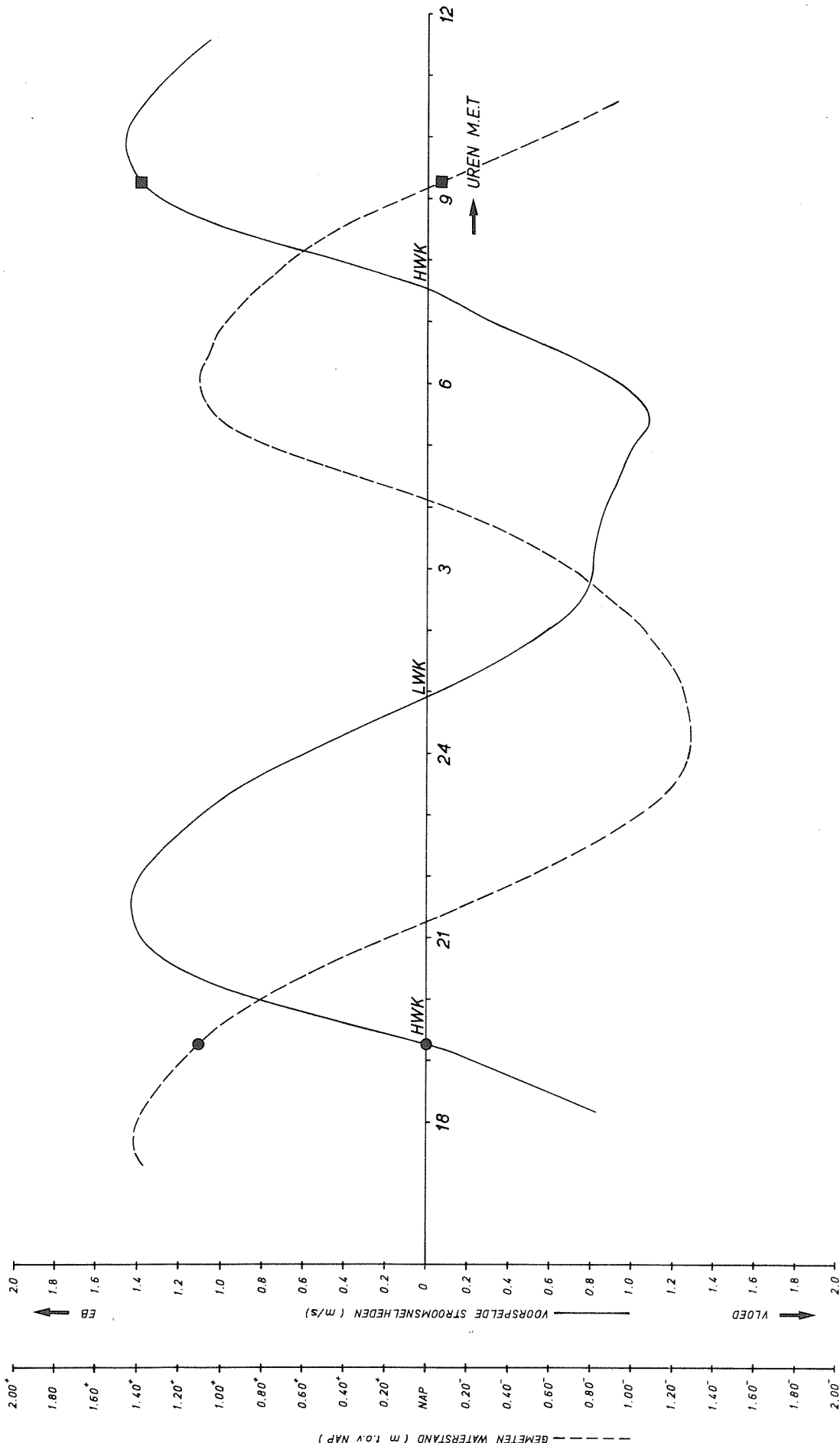


TURBULENTIEMETING ROOMPOT - ZUID

- START METING 19.30 UUR 20-12-1978
- EINDE METING 09.15 UUR 21-12-1978

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN OP BASIS VAN METINGEN OP
 HALVE WATERDIEPTÉ IN ROOMPOT - MIDDEN
 GEMETEN WATERSTANDEN MET GETIJPAAL OS 9
 VOOR POSITIE MEEPTUNEN ZIE FIGUUR 2

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN EN GEMETEN WATERSTAN- DEN TIJDENS TURBULENTIEMETING VOLGENS OPGAVE VAN RWS, DELTADIENST ZIERIKZEE	3RBU, 3RBUV	
	20/21-12-1978	A3
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM		R 1437
		FIG. 7

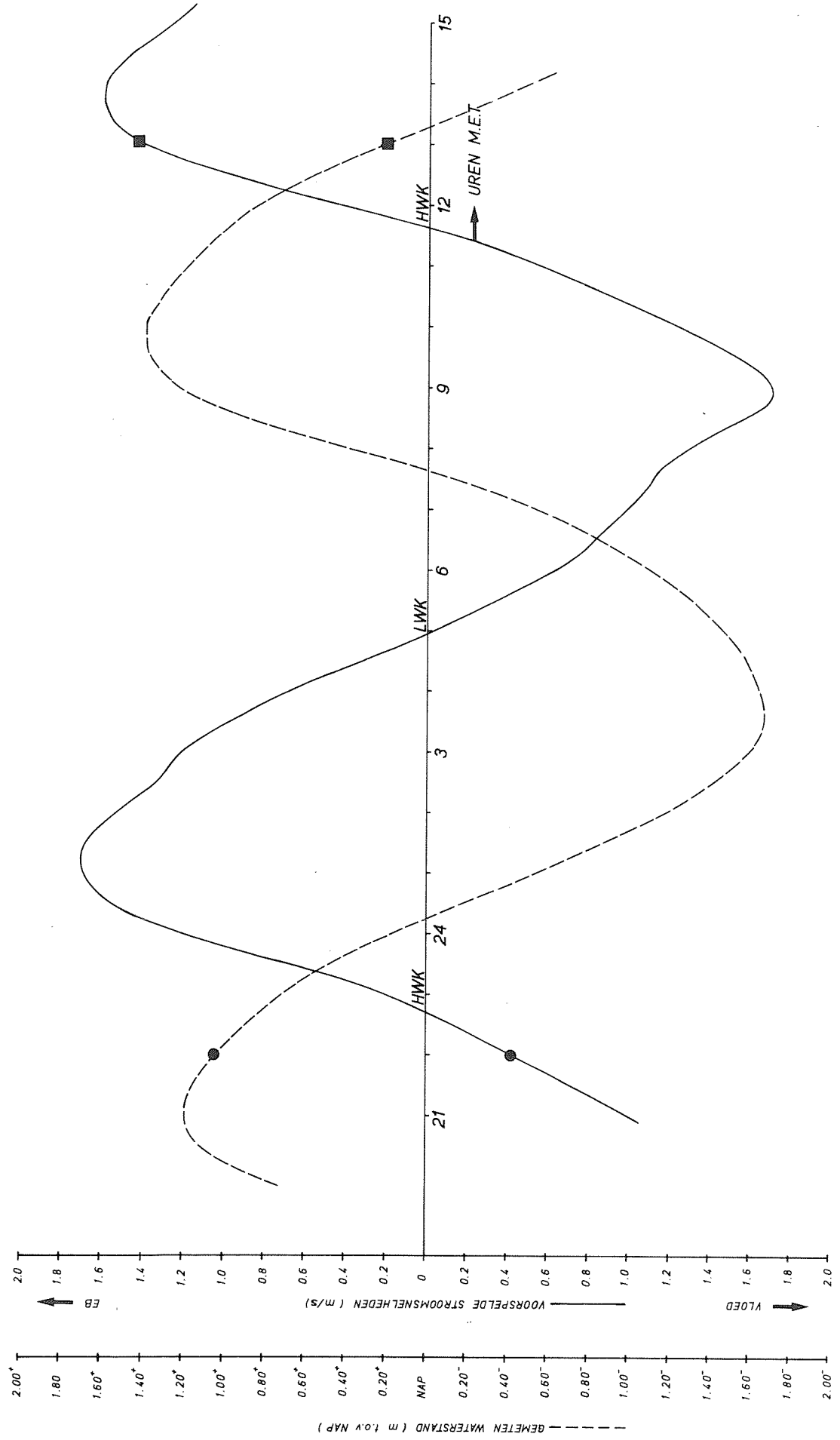


TURBULENTIEMETING SCHAAR - MIDDEN

- START METING 19.15 UUR 20-12-1978
- EINDE METING 09.15 UUR 21-12-1978

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN OP BASIS VAN METINGEN OP HALVE WATERDIEPTE IN SCHAAR - MIDDEN GEMETEN WATERSTANDEN MET GETIJPAAL OS 4 VOOR POSITIE MEETPUNTEN ZIE FIGUUR 2

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN EN GEMETEN WATERSTANDEN TIJDENS TURBULENTIEMETING VOLGENS OPGAVE VAN RWS, DELTADIENST ZIERIKZEE	3SR, 3SRV	A3
	20/21 - 12 - 1978	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1437	FIG. 8

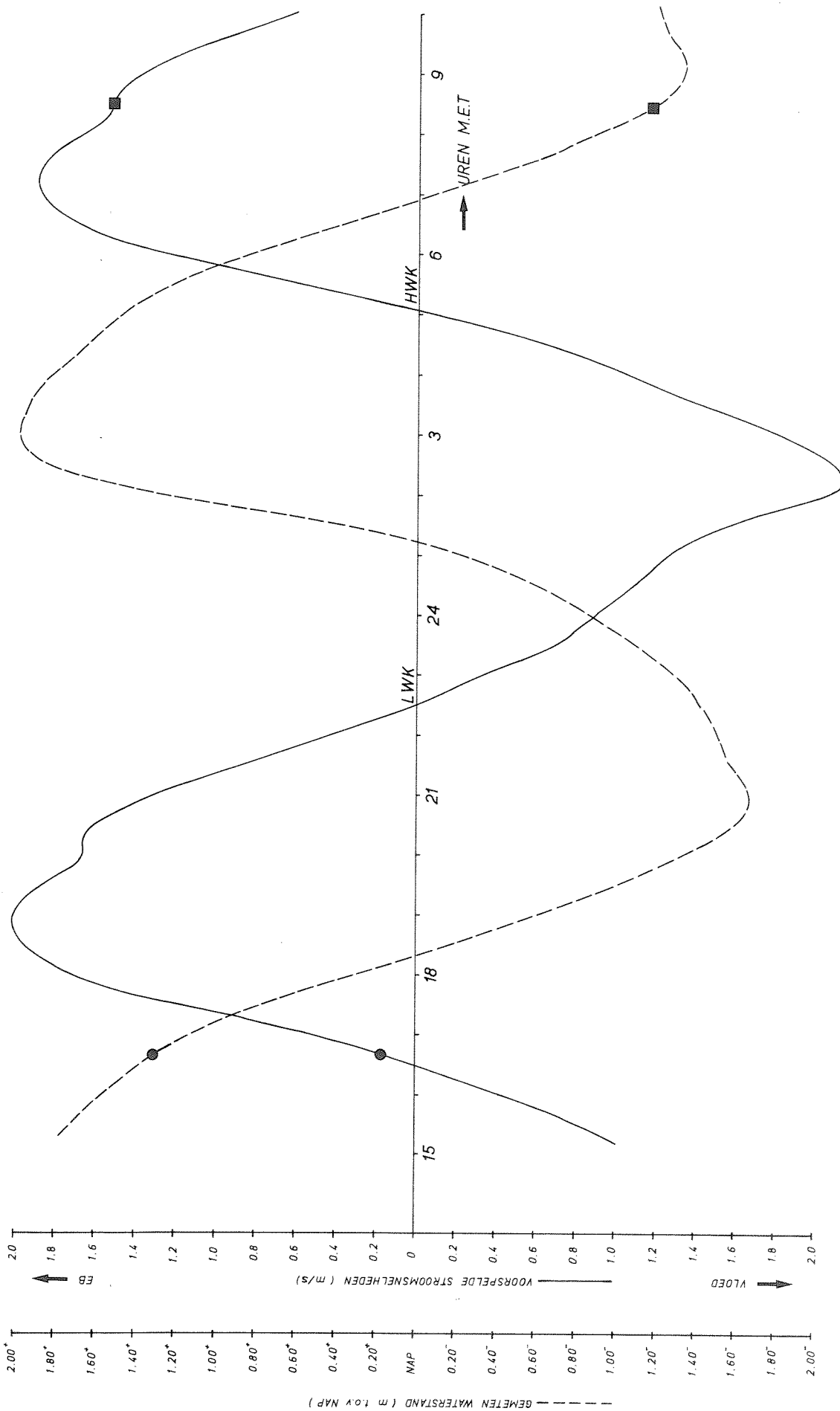


TURBULENTIEMETING ROOMPOT - ZUID

- START METING 22.00 UUR 18 - 6 - 1979
- EINDE METING 13.00 UUR 19 - 6 - 1979

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN EN GEMETEN WATERSTANDEN TIJDENS TURBULENTIEMETING VOLGENS OPGAVE VAN RWS, DELTADIENST ZIERIKZEE	4 RBUH, 4 RBUM	
	18/19 - 6 - 1979	A3
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1437	FIG. 9

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN OP BASIS VAN METINGEN OP HALVE WATERDIEPTE IN ROOMPOT - MIDDEN GEMETEN WATERSTANDEN MET GETIJPAAI OS 9 VOOR POSITIE MEEPUNTEN ZIE FIGUUR 2

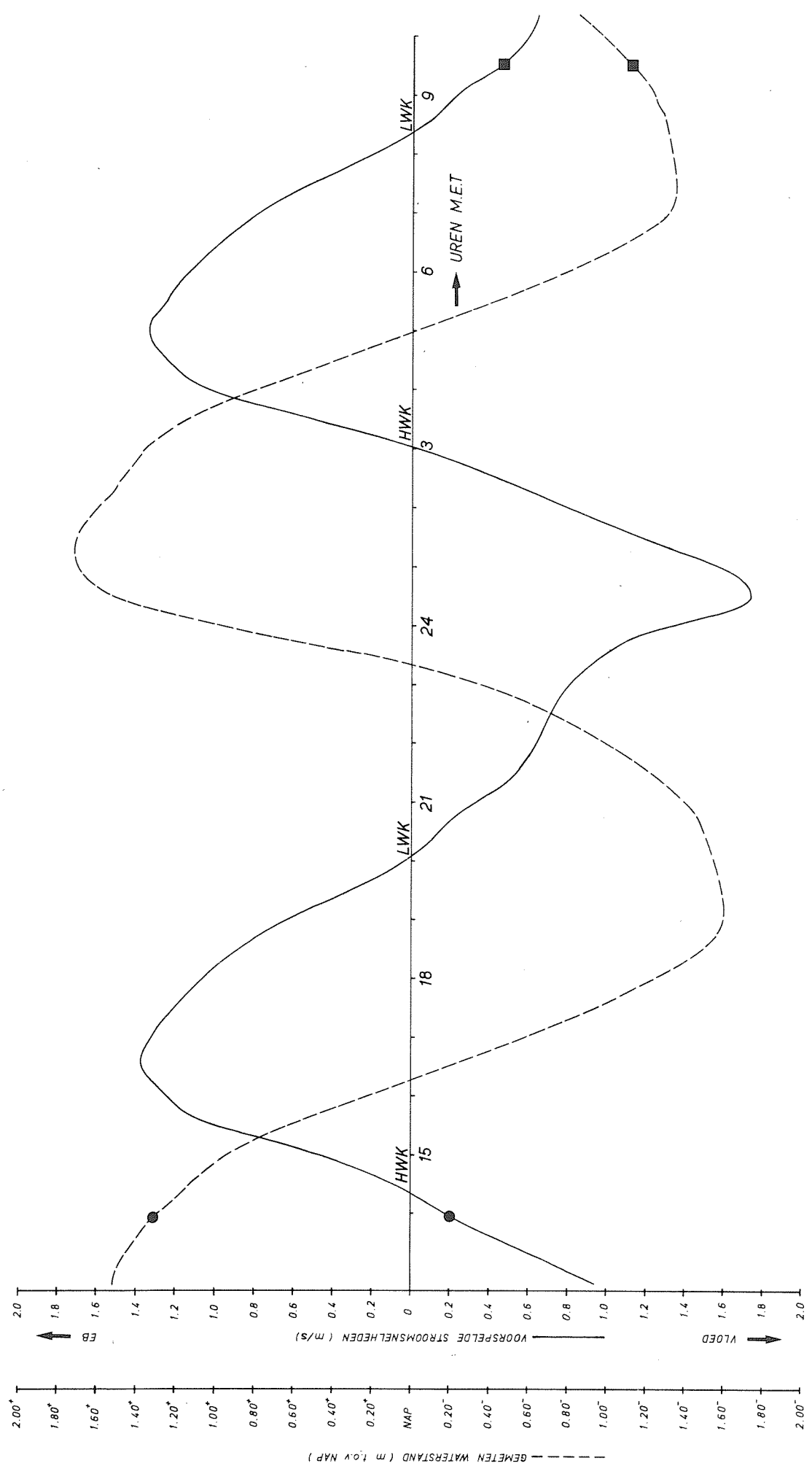


TURBULENTIEMETING ROOMPOT - ZUID

- START METING 16.40 UUR 7 - 9 - 1979
- EINDE METING 08.30 UUR 8 - 9 - 1979

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN OP BASIS VAN METINGEN OP
 HALVE WATERDIEPTE IN ROOMPOT - MIDDEN
 GEMETEN WATERSTANDEN MET GETIJPAAL OS 9
 VOOR POSITIE MEEETPUNTEN ZIE FIGUUR 2

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN EN GEMETEN WATERSTAN- DEN TIJDENS TURBULENTIEMETING VOLGENS OPGAVE VAN RWS, DELTADIENST ZIERIKZEE	5RZUH, 5RZUM	A3
	7/8 - 9 - 1979	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1437	FIG.10

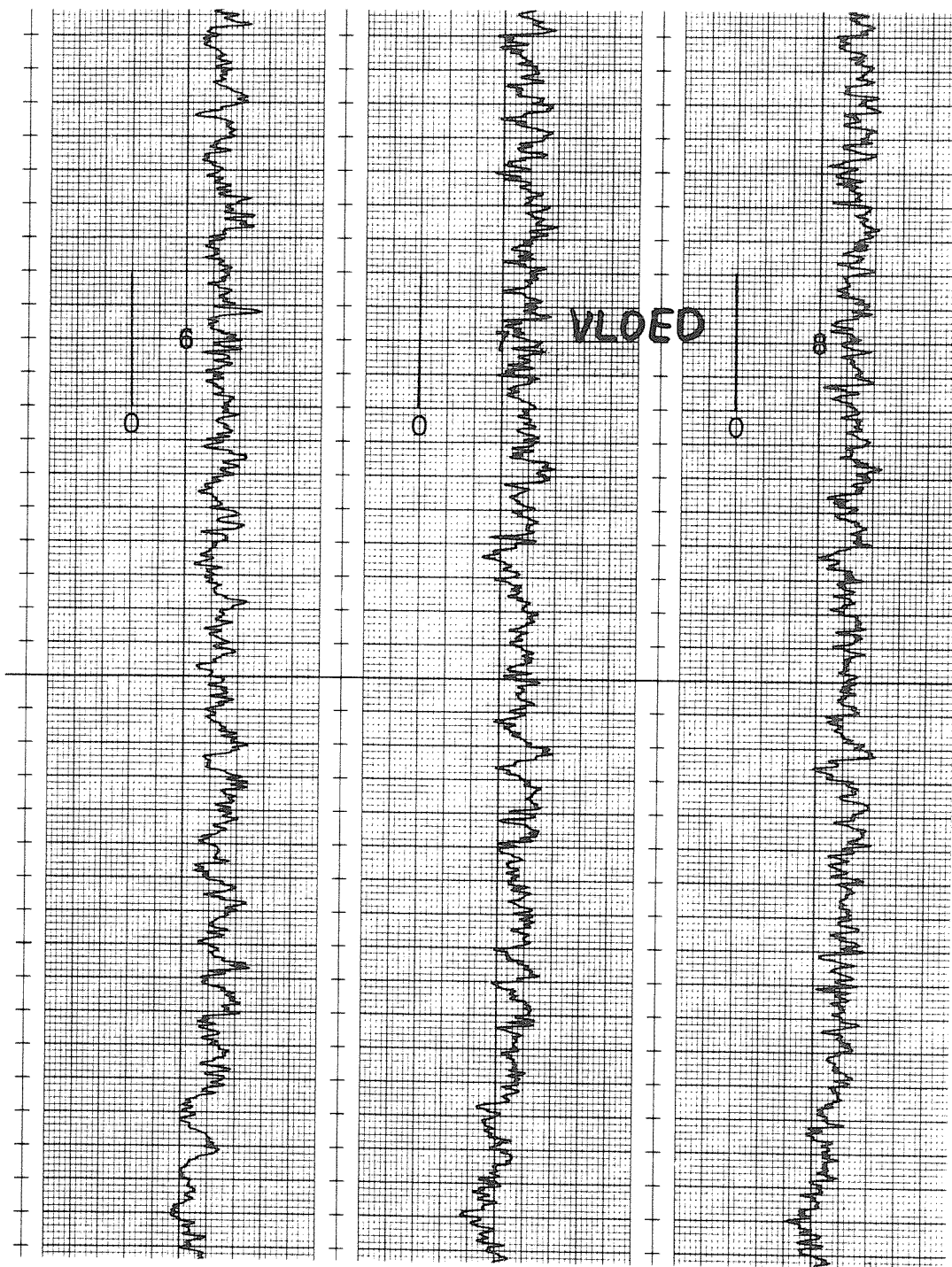


TURBULENTIEMETING HAMMEN - MIDDEN

- START METING 13.55 UUR 4 - 10 - 1979
- EINDE METING 09.30 UUR 5 - 10 - 1979

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN EN GEMETEN WATERSTANDEN TIJDENS TURBULENTIEMETING VOLGENS OPGAVE VAN RWS, DELTADIENST ZIERIKZEE	6 HUO, 6 HUM	
	4/5 - 10 - 1979	A3
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1437	FIG. 11

VOORSPELDE STROOMSNELHEDEN OP BASIS VAN METINGEN OP HALVE WATERDIEPTE IN HAMMEN - MIDDEN GEMETEN WATERSTANDEN MET GETIJPAAL OS 4 VOOR POSITIE MEEPTUNEN ZIE FIGUUR 2



METING 2 m
BOVEN BODEM

METING 4.7 m
BOVEN BODEM

METING 7.3 m
BOVEN BODEM

SCHAAL: SNELHEID 4 cm $\hat{=}$ 2,5 m/s
TIJD 1 cm $\hat{=}$ 160 s

VOORBEELD VAN SNELHEIDSREGISTRATIE TURBULENTIEMETING
ROOMPOT - NOORD TIJDENS MAXIMUM VLOED

1 RNR

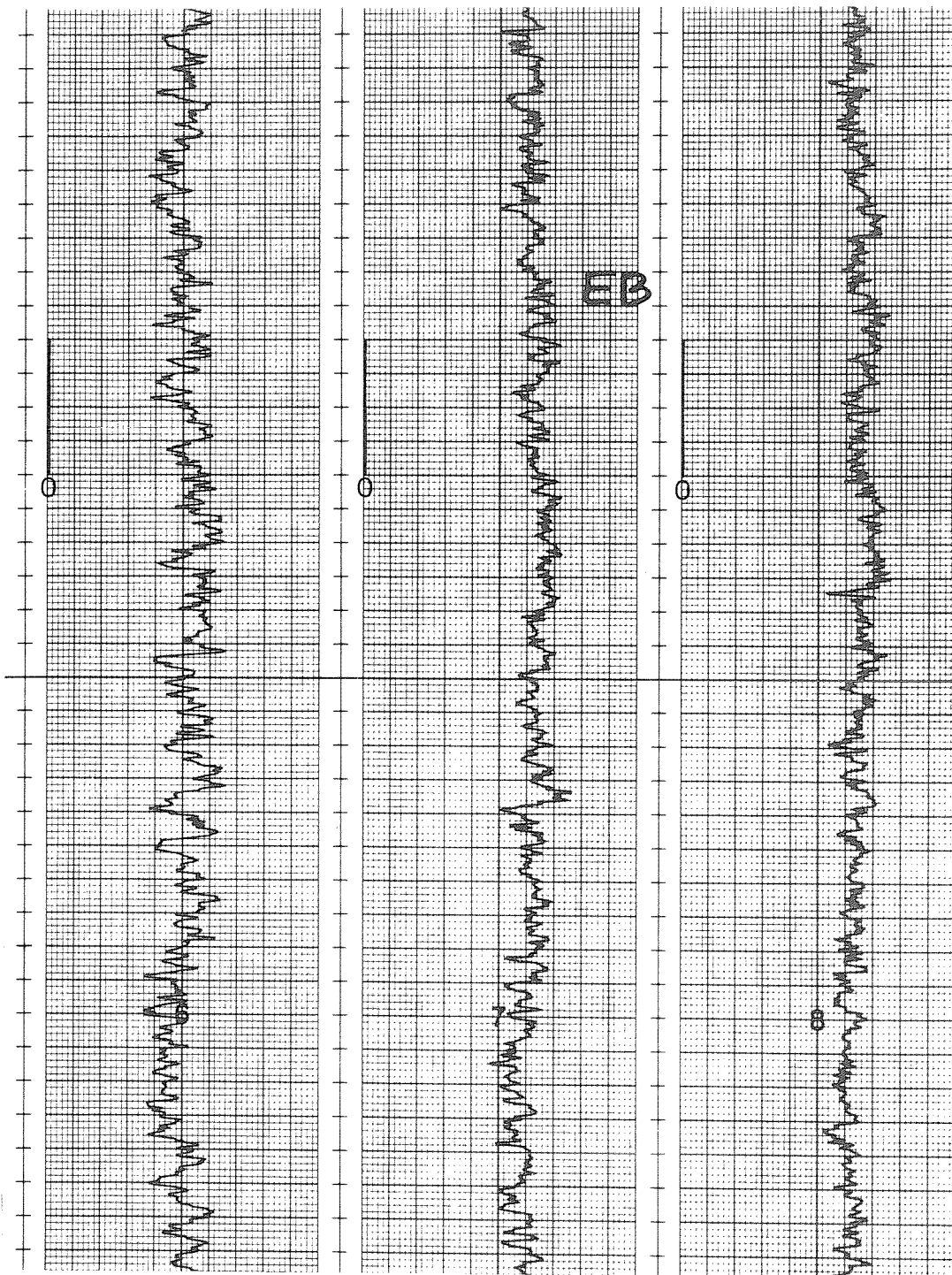
15/16-12-1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 12



METING 2 m
BOVEN BODEM

METING 8 m
BOVEN BODEM

METING 14 m
BOVEN BODEM

SCHAAL: SNELHEID 4 cm $\hat{=}$ 2.5 m/s
TIJD 1 cm $\hat{=}$ 160 s

VOORBEELD VAN SNELHEIDSREGISTRATIE TURBULENTIEMETING
ROOMPOT -ZUID TIJDENS MAXIMUM EB

5 RZUH

7/8 - 9 - 1979

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 13

TRANS
1.0000

#A_s 108 EXPAND

MAG

0.0

0.0

HZ

4.0000

DOORLAATKARAKTERISTIEK

TRANS
180.00

#A_s 108 EXPAND

PHASE

-180.00

0.0

HZ

4.0000

FASEKARAKTERISTIEK

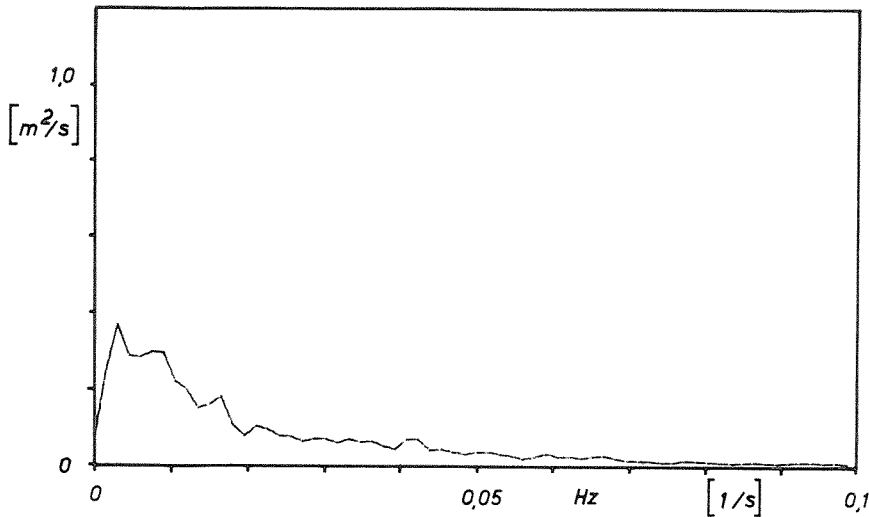
FILTERKARAKTERISTIEK VAN DE BIJ DE VERWERKING
GEBRUIKTE FILTERS
FILTEREN 3,2 Hz LP EN 0,05 Hz HP (32x VERSNELD)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 14

A4



1 RNR 3

METING 7,3 m BOVEN BODEM

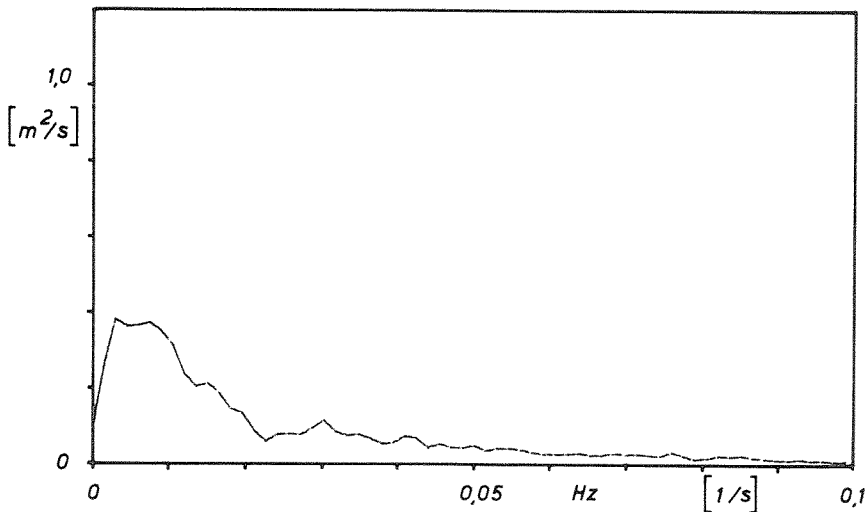
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$7,23 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,085 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,00 \text{ m/s}$$

$$r = 9 \%$$



1 RNR 2

METING 4,7 m BOVEN BODEM

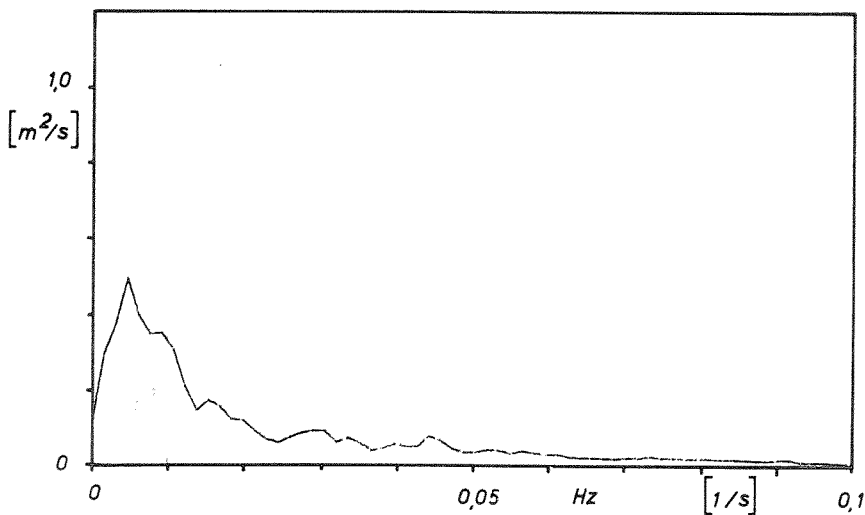
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$8,40 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,092 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,94 \text{ m/s}$$

$$r = 10 \%$$



1 RNR 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$8,19 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,090 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,88 \text{ m/s}$$

$$r = 10 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-NOORD, 800 m BINNENGAATS DIEPTE 10 m
 SPEKTRA 2 UUR MAXIMUM VLOED

1 RNR

15/16-12-1978

A4

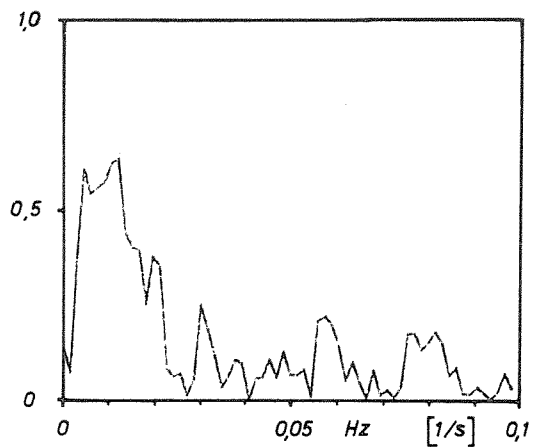
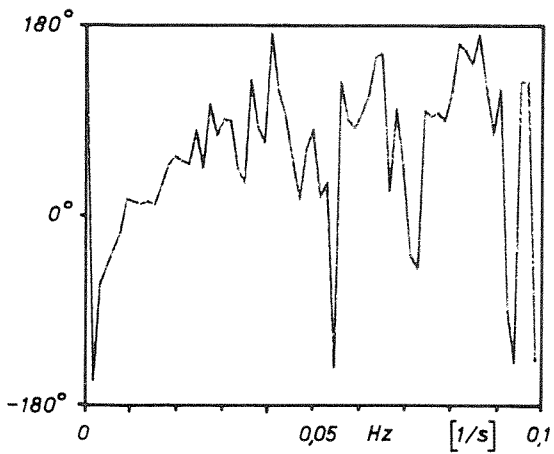
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

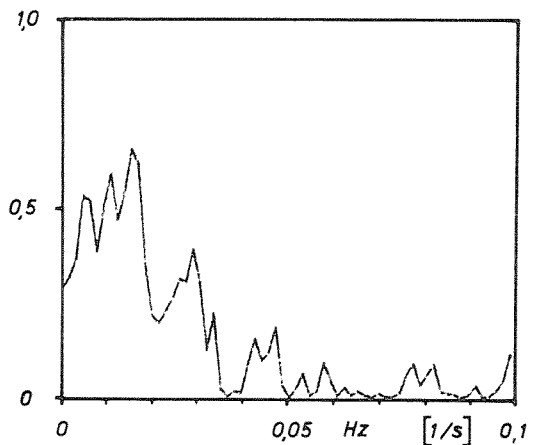
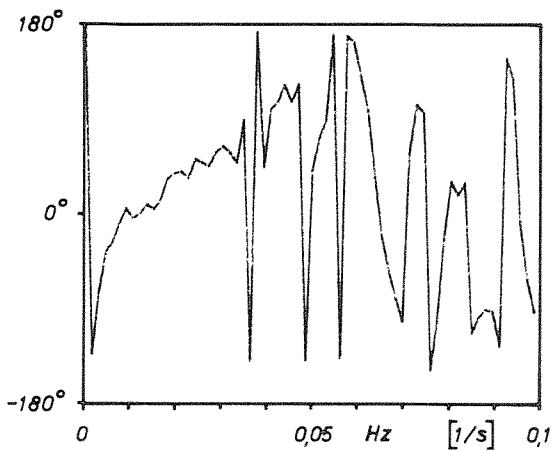
FIG. 15

FASERELATIE

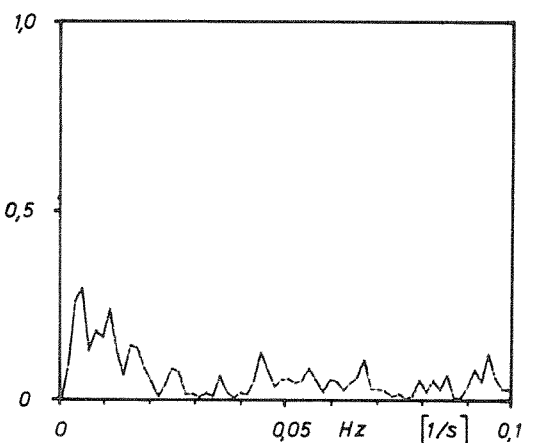
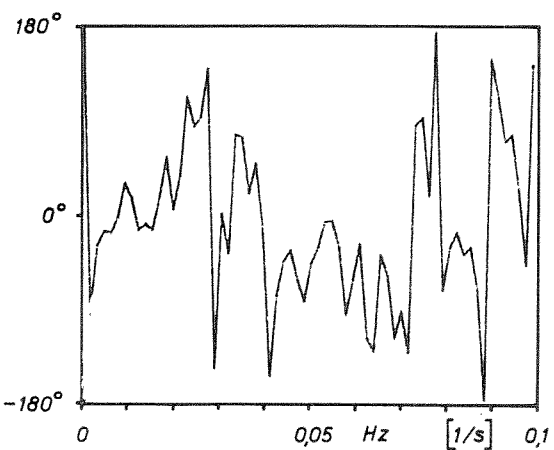
COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 4,7 m BOVEN BODEM 1 RNR 1 / 1 RNR 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 4,7 m EN 7,3 m BOVEN BODEM 1 RNR 2 / 1 RNR 3



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 7,3 m BOVEN BODEM 1 RNR 1 / 1 RNR 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHDELDE
 ROOMPOT - NOORD, 800 m BINNENGAATS DIEPTE 10 m
 VERTIKALE KORRELATIES 2 UUR MAXIMUM VLOED

1 RNR

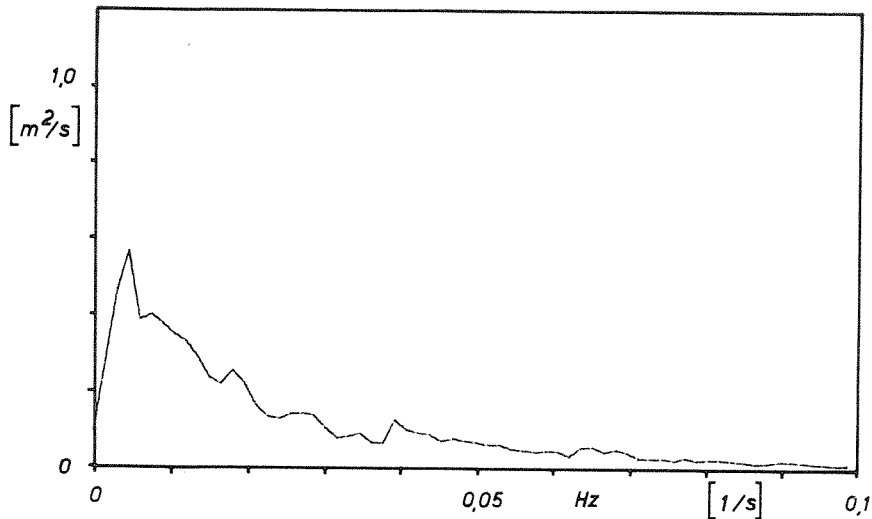
15/16 - 12 - 1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 16



3 RBU 3

METING 14 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

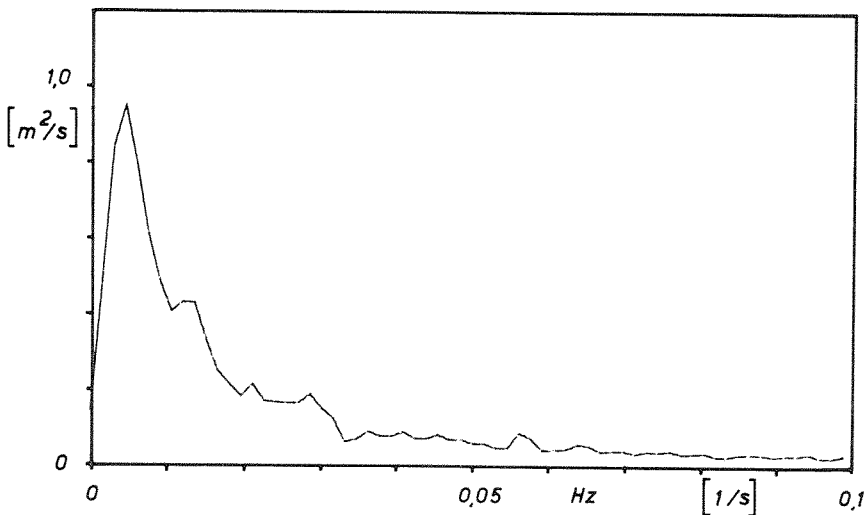
$$11,38 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,107 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,31 \text{ m/s}$$

$$r = 8 \%$$

34 ?



3 RBU 2

METING 8 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

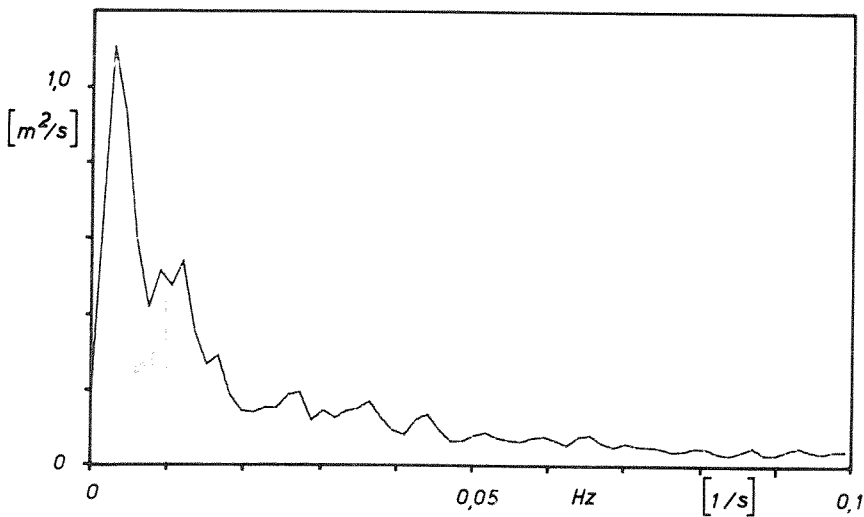
$$13,35 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,116 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,09 \text{ m/s}$$

$$r = 11 \%$$

33



3 RBU 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$15,82 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,126 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,88 \text{ m/s}$$

$$r = 14 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 20 m
 SPEKTRA 2 UUR MAXIMUM EB

3 RBU

20/21 -12-1978

A4

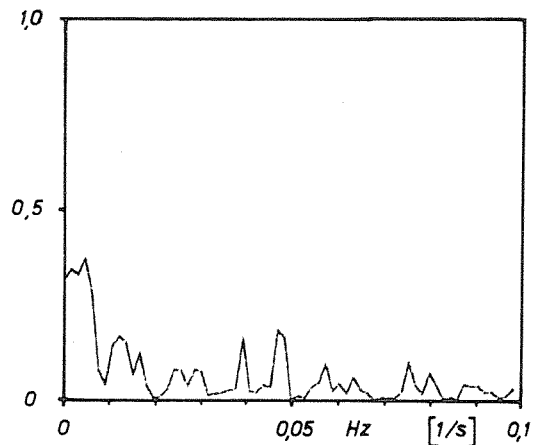
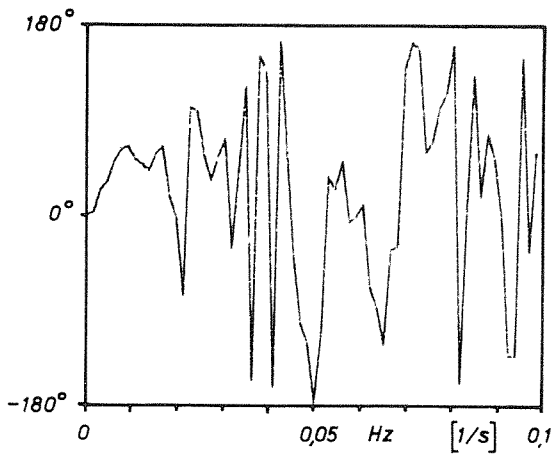
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

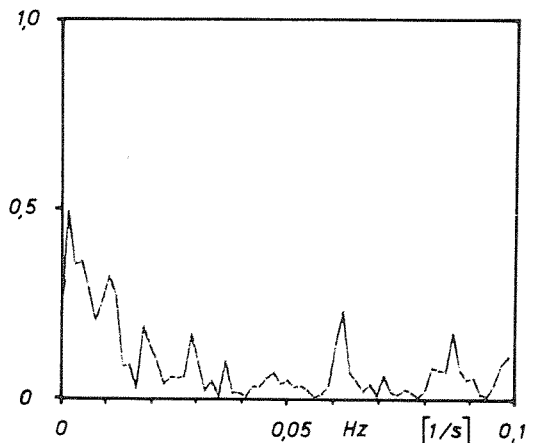
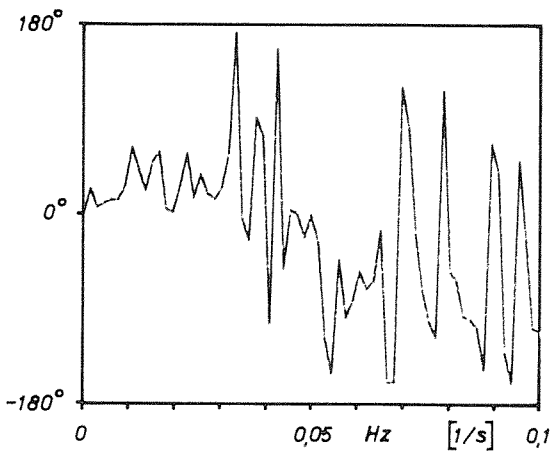
FIG. 17

FASERELATIE

COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8 m BOVEN BODEM 3 RBU 1 / 3 RBU 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8 m EN 14 m BOVEN BODEM 3 RBU 2 / 3 RBU 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 20 m
 VERTIKALE KORRELATIES 2 UUR MAXIMUM EB

3 RBU

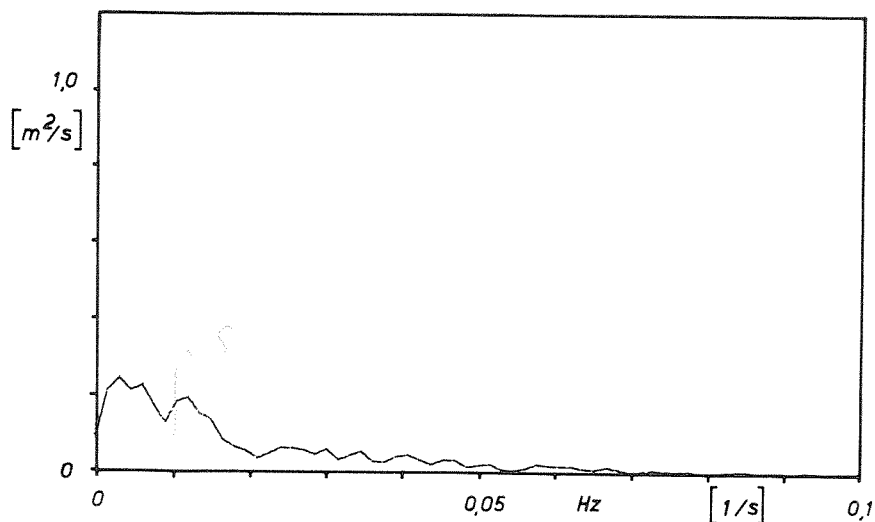
20/21-12-1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 18



3 RBU 3

26

METING 14 m BOVEN BODEM

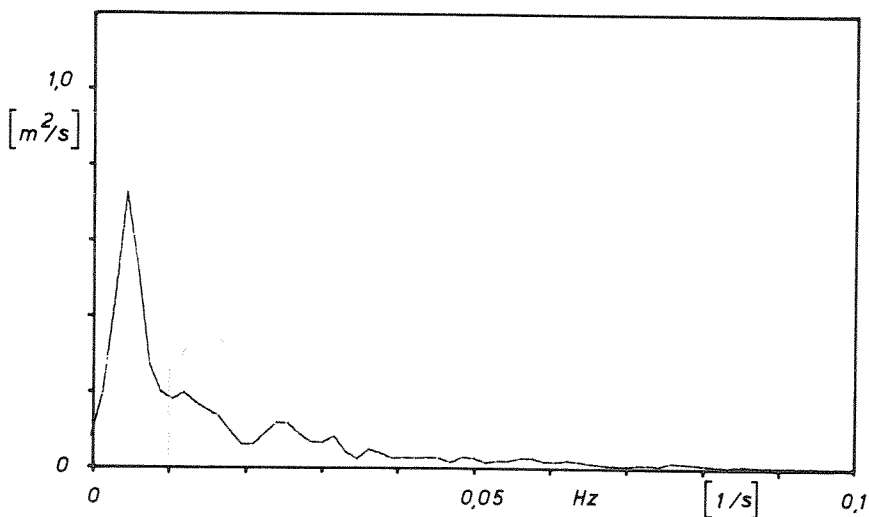
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$5,21 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,072 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,88 \text{ m/s}$$

$$r = 8 \%$$



3 RBU 2

27

METING 8 m BOVEN BODEM

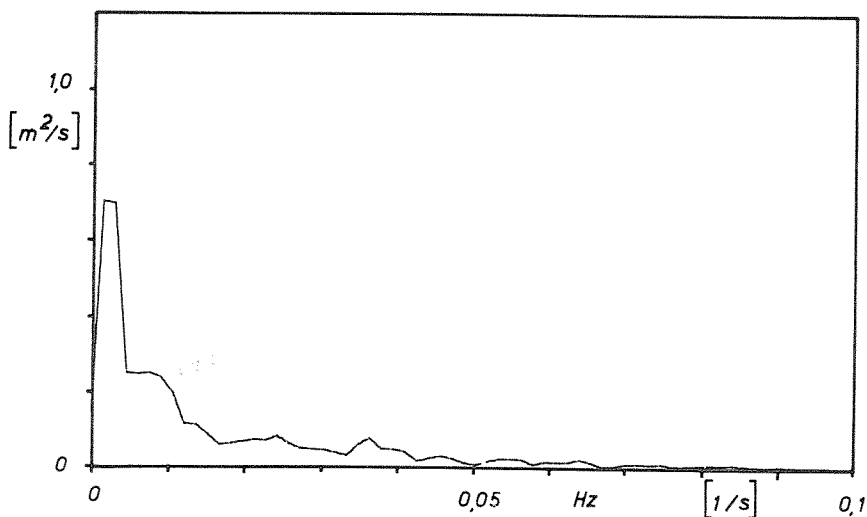
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$7,46 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,086 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,75 \text{ m/s}$$

$$r = 12 \%$$



3 RBU 1

28

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$6,88 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,083 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,56 \text{ m/s}$$

$$r = 15 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 20 m
 SPEKTRA 1 UUR VOOR LWK

3 RBU

20/21-12-1978

A4

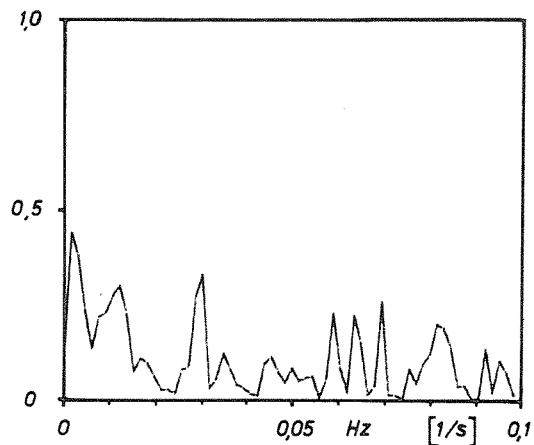
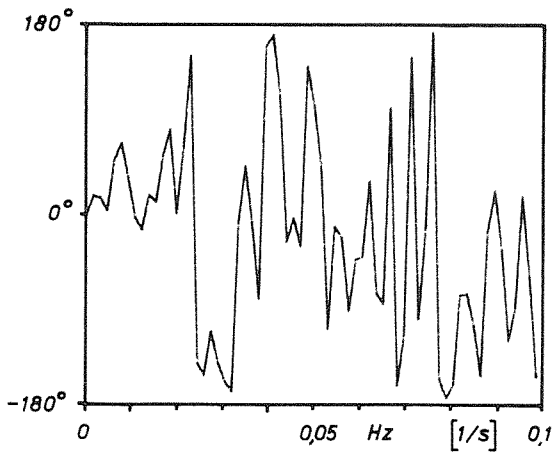
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

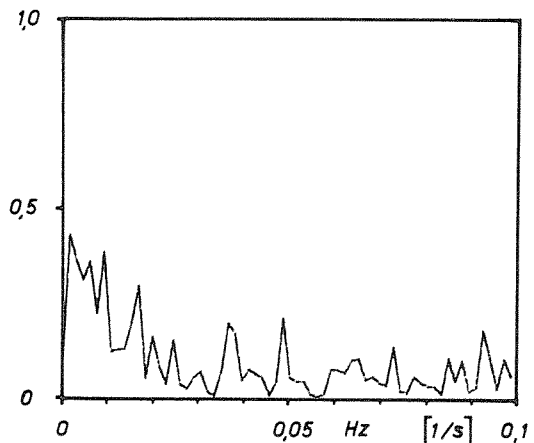
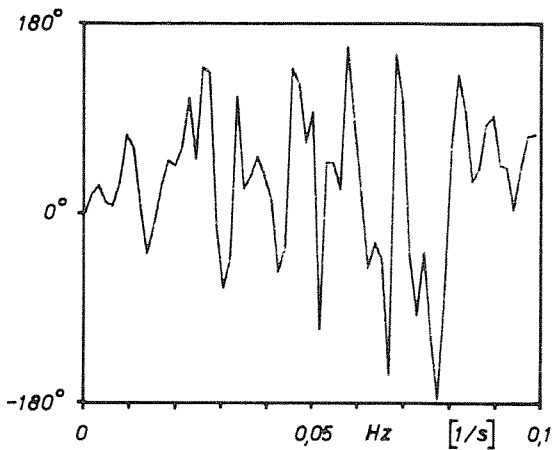
FIG. 19

FASERELATIE

COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8 m BOVEN BODEM 3 RBU 1 / 3 RBU 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8 m EN 14 m BOVEN BODEM 3 RBU 2 / 3 RBU 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT - ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 20 m
 VERTIKALE KORRELATIES 1 UUR VOOR LWK

3 RBU

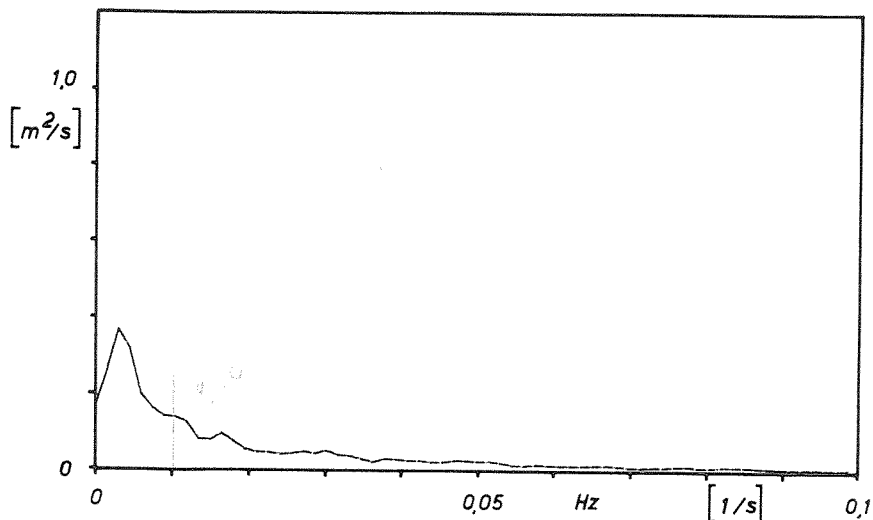
20/21-12-1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 20



3 RBU 3

101

METING 14 m BOVEN BODEM

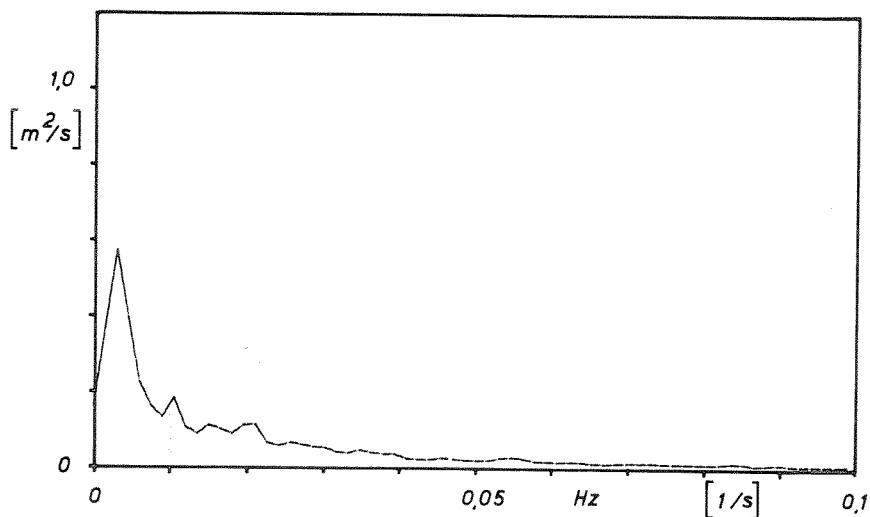
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$4,56 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,068 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,88 \text{ m/s}$$

$$r = 8 \%$$



3 RBU 2

METING 8 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

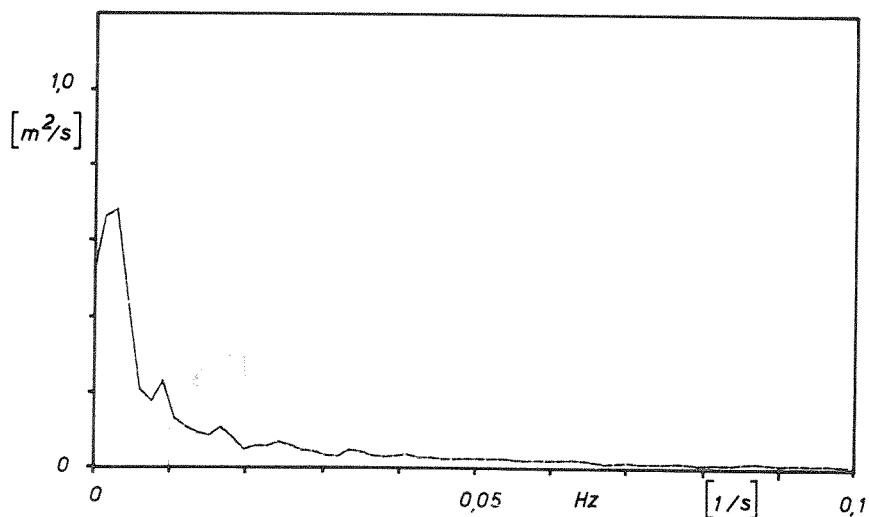
$$5,70 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,075 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,81 \text{ m/s}$$

$$r = 9 \%$$

104



3 RBU 1

100

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$6,16 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,078 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,75 \text{ m/s}$$

$$r = 11 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 20 m
 SPEKTRA 2 UUR MAXIMUM VLOED

3 RBU

20/21-12-1978

A4

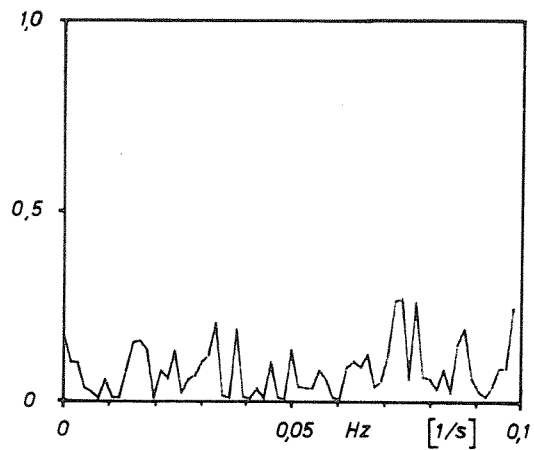
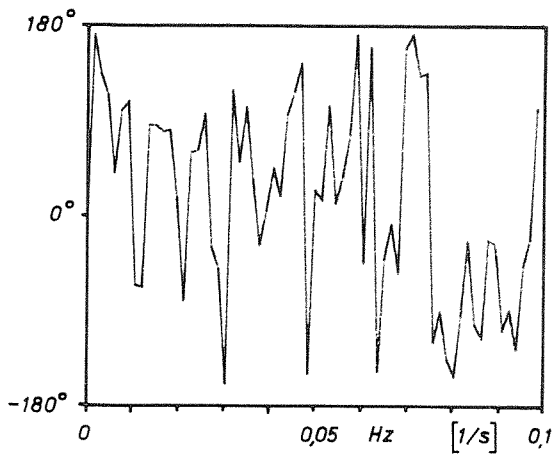
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

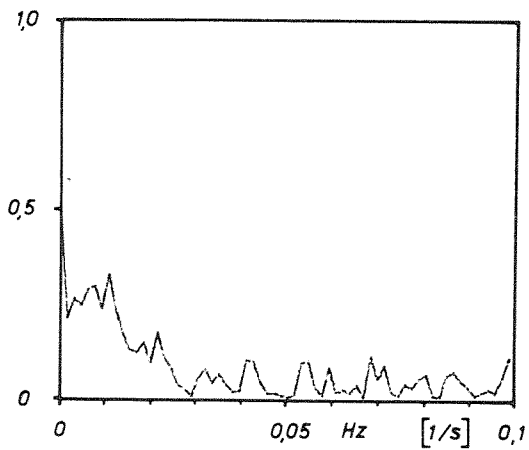
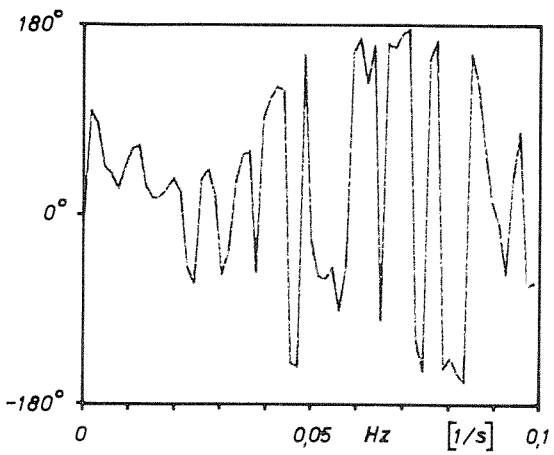
FIG.21

FASERELATIE

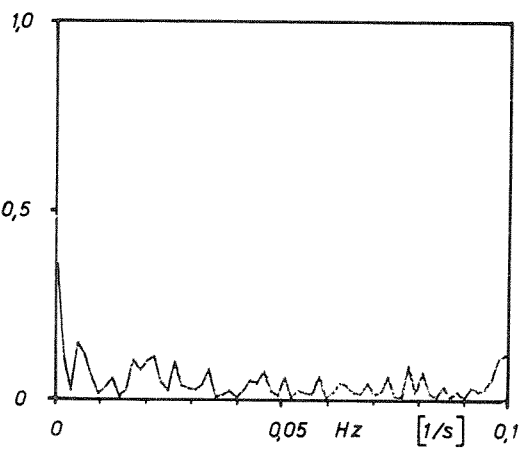
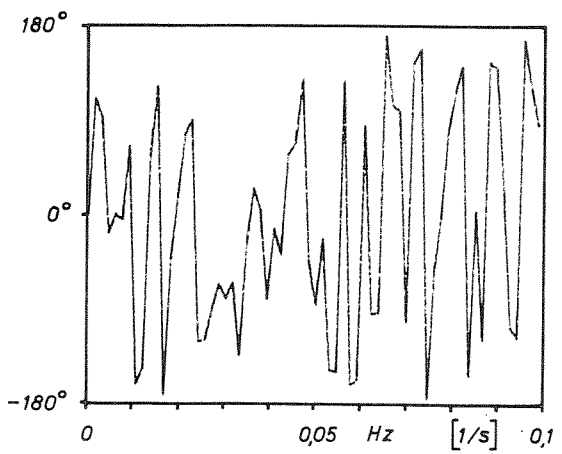
COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8 m BOVEN BODEM 3 RBU 1 / 3 RBU 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8 m EN 14 m BOVEN BODEM 3 RBU 2 / 3 RBU 3



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 14 m BOVEN BODEM 3 RBU 1 / 3 RBU 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 20 m
 VERTIKALE KORRELATIES 2 UUR MAXIMUM VLOED

3 RBU

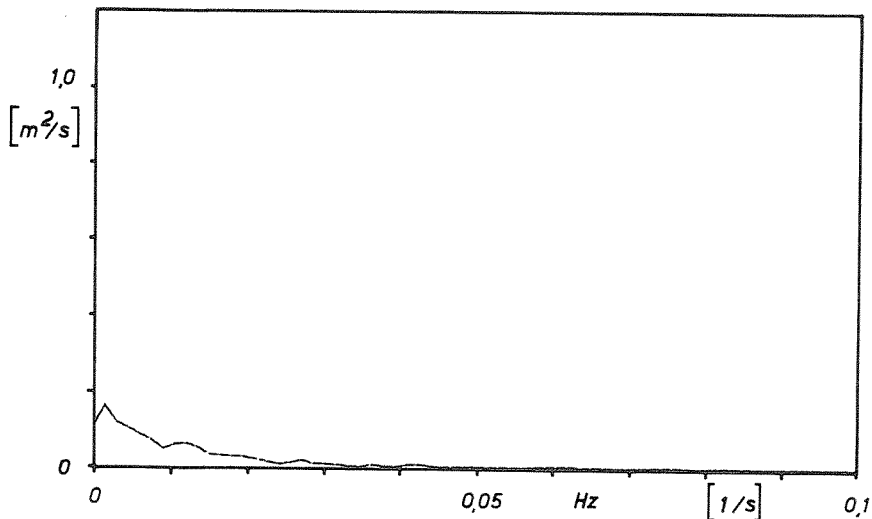
20/21 -12 -1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 22



3 RBU 3

METING 14 m BOVEN BODEM

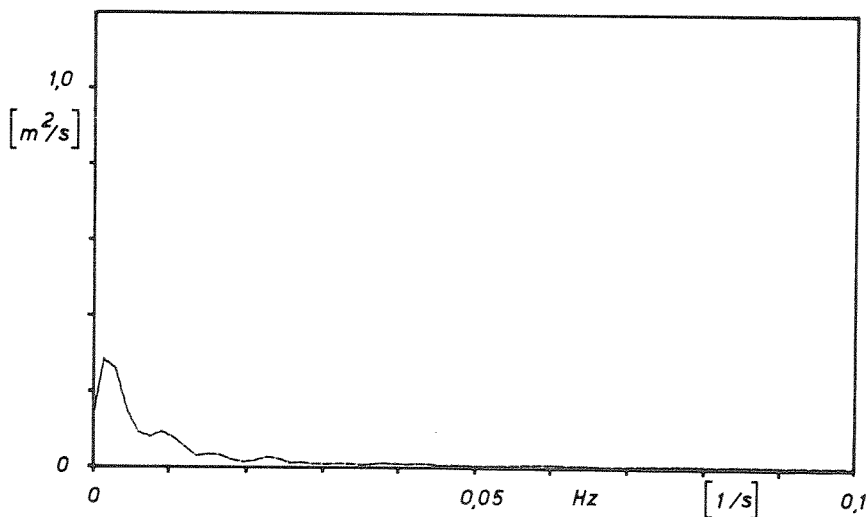
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$1,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,043 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,50 \text{ m/s}$$

$$r = 9 \%$$



3 RBU 2

METING 8 m BOVEN BODEM

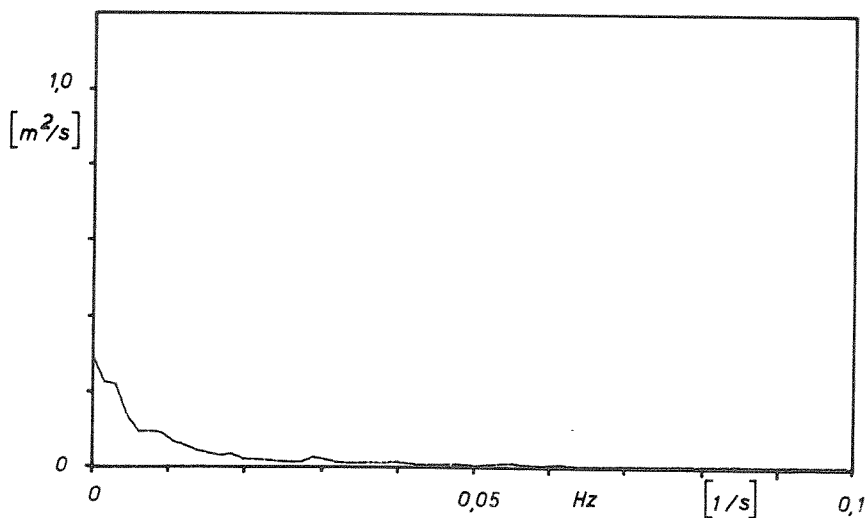
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$2,21 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,047 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,44 \text{ m/s}$$

$$r = 11 \%$$



3 RBU 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$2,27 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,048 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,41 \text{ m/s}$$

$$r = 12 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 20 m
 SPEKTRA 1 UUR VOOR HWK

3 RBU

20/21-12-1978

A4

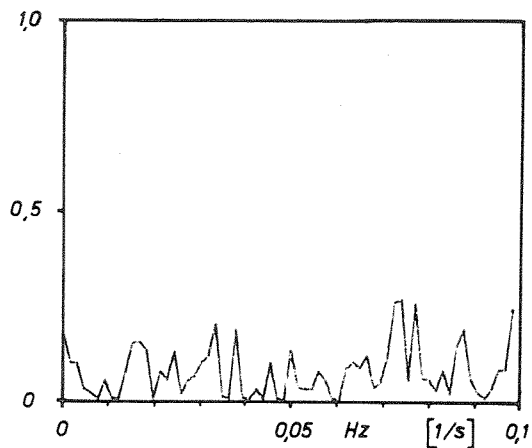
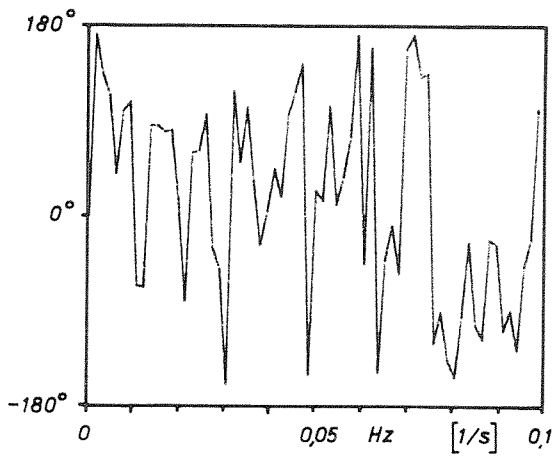
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

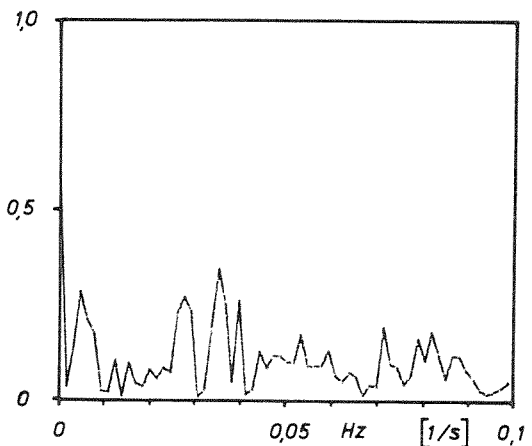
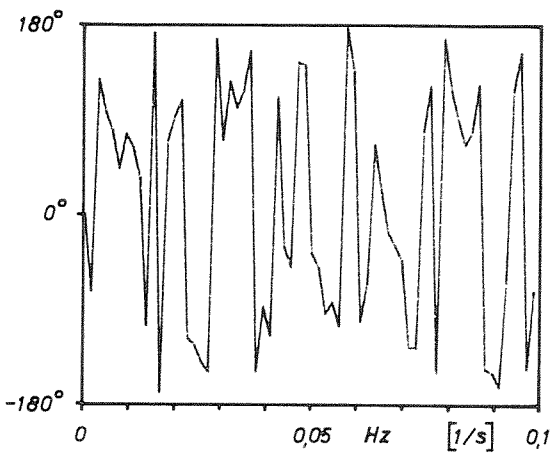
FIG. 23

FASERELATIE

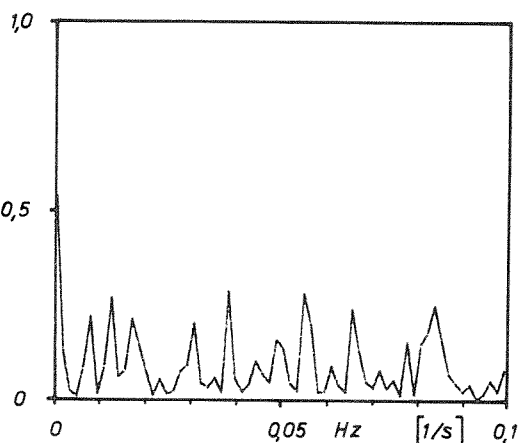
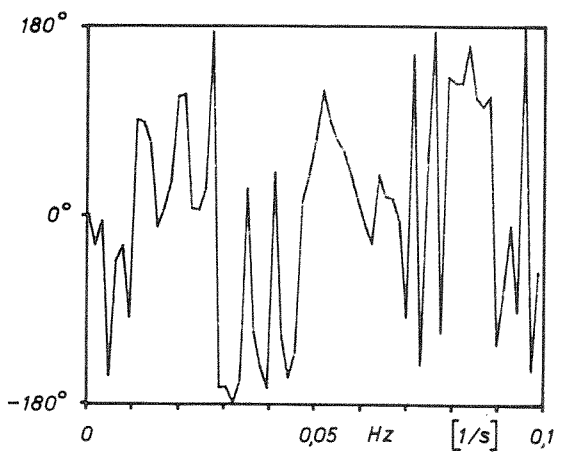
COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8 m BOVEN BODEM 3 RBU 1 / 3 RBU 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8 m EN 14 m BOVEN BODEM 3 RBU 2 / 3 RBU 3



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 14 m BOVEN BODEM 3 RBU 1 / 3 RBU 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHelde
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 20 m
 VERTIKALE KORRELATIES 1 UUR VOOR HWK

3 RBU

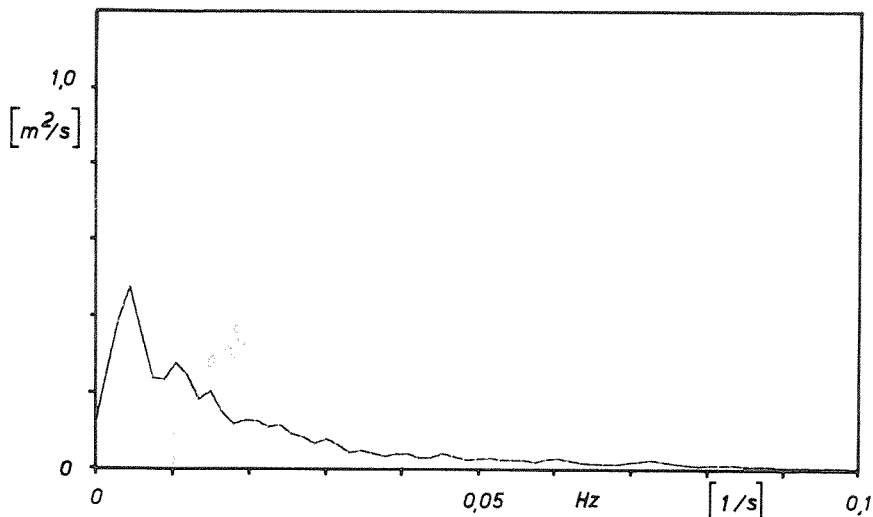
20/21-12-1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 24



3 RBUV 3

METING 14 m BOVEN BODEM

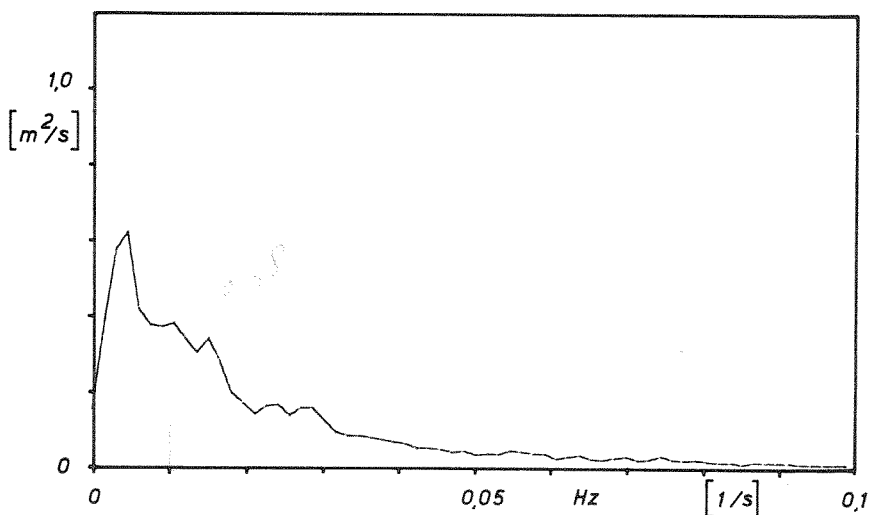
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$7,67 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,088 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,19 \text{ m/s}$$

$$r = 7 \%$$



3 RBUV 2

METING 8 m BOVEN BODEM

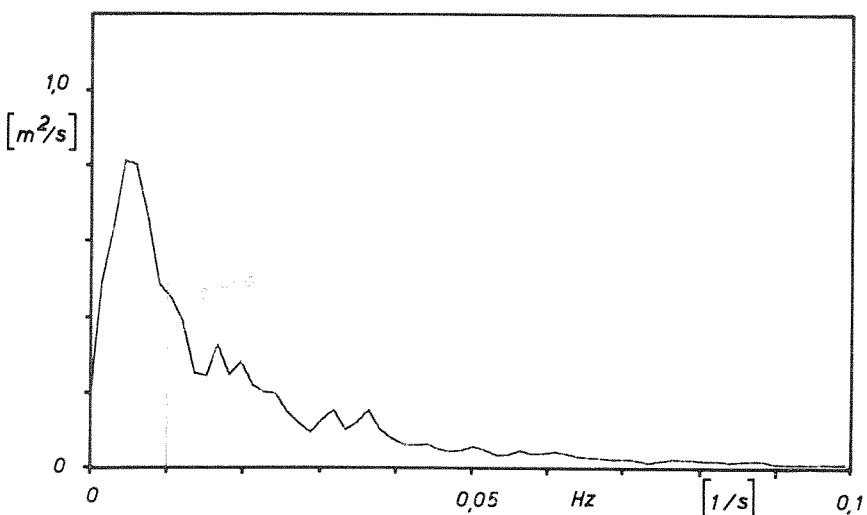
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$11,16 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,106 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,94 \text{ m/s}$$

$$r = 11 \%$$



3 RBUV 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$13,68 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,117 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,72 \text{ m/s}$$

$$r = 16 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 20 m
 SPEKTRA 2 UUR MAXIMUM EB

3 RBUV

20/21-12-1978

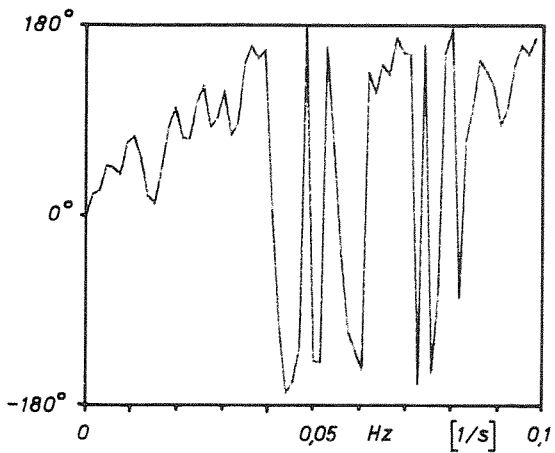
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

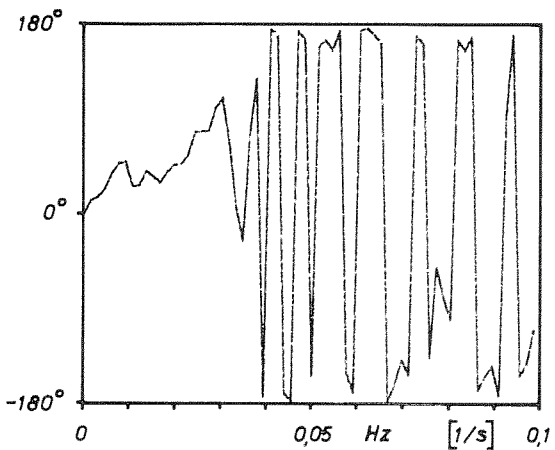
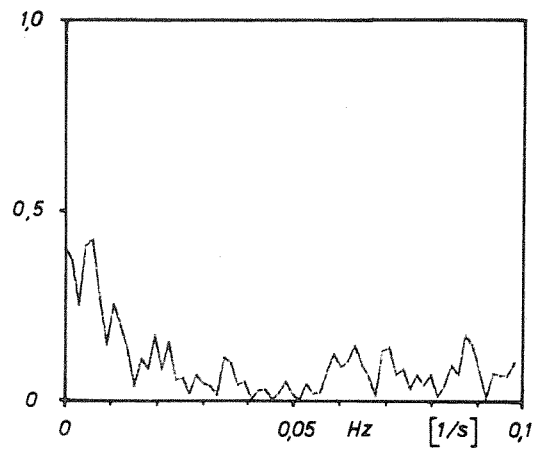
FIG. 25

FASERELATIE

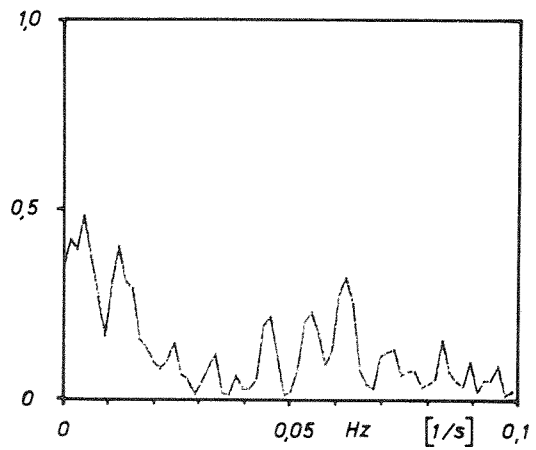


KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8 m BOVEN BODEM 3 RBUV 1 / 3 RBUV 2

COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8 m EN 14 m BOVEN BODEM 3 RBUV 2 / 3 RBUV 3



TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT -ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 20 m
 VERTIKALE KORRELATIES 2 UUR MAXIMUM EB

3 RBUV

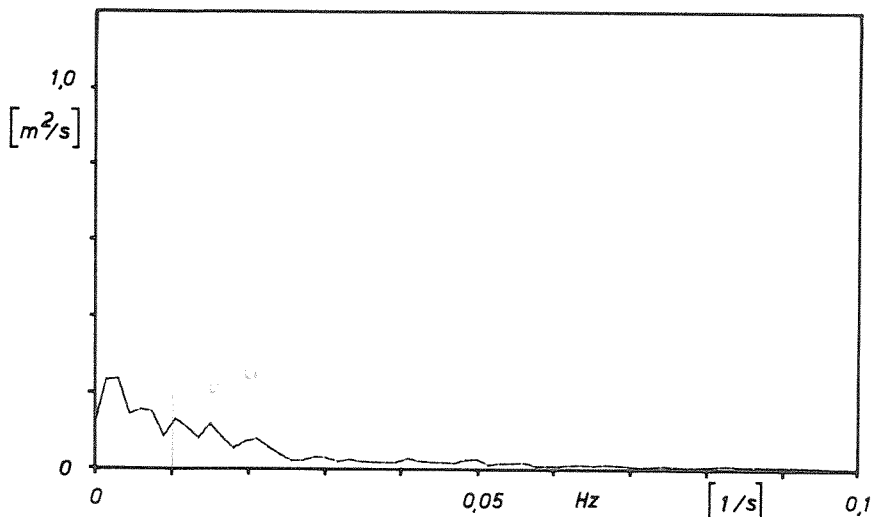
20/21 - 12 - 1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 26



3 RBUV 3

METING 14 m BOVEN BODEM

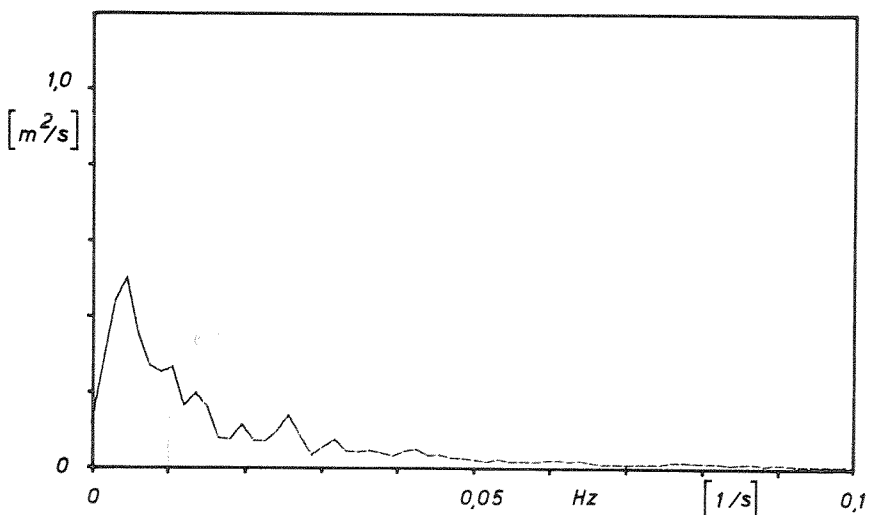
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$3,73 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,061 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,81 \text{ m/s}$$

$$r = 8 \%$$



3 RBUV 2

METING 8 m BOVEN BODEM

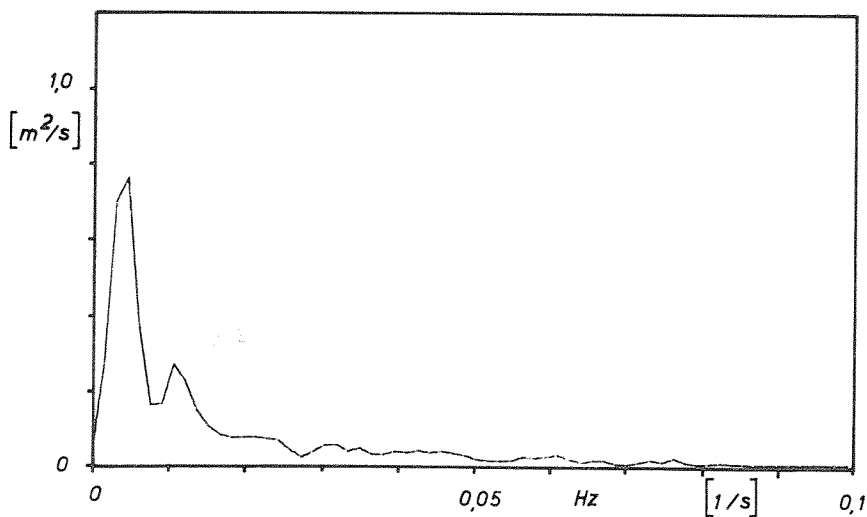
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$6,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,083 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,63 \text{ m/s}$$

$$r = 13 \%$$



3 RBUV 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$7,18 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,085 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,53 \text{ m/s}$$

$$r = 16 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 20 m
 SPEKTRA 1 UUR VOOR LWK

3 RBUV

20/21-12-1978

A4

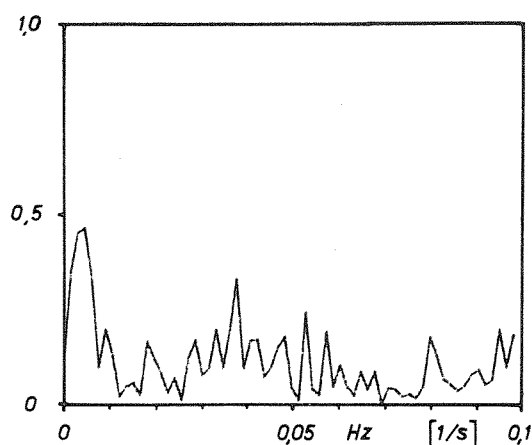
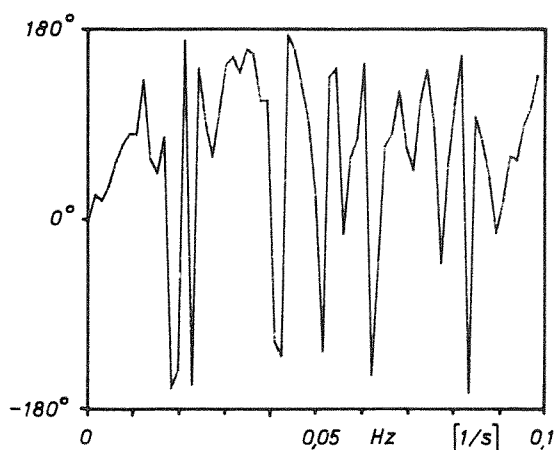
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

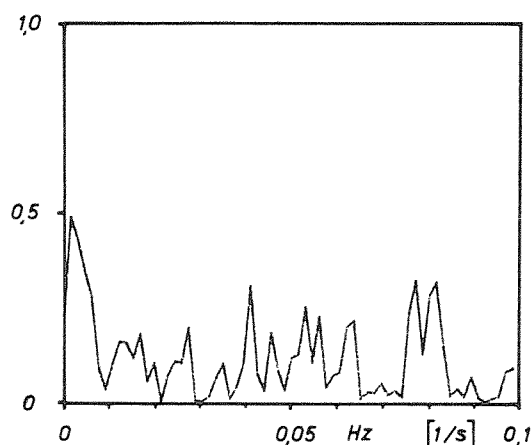
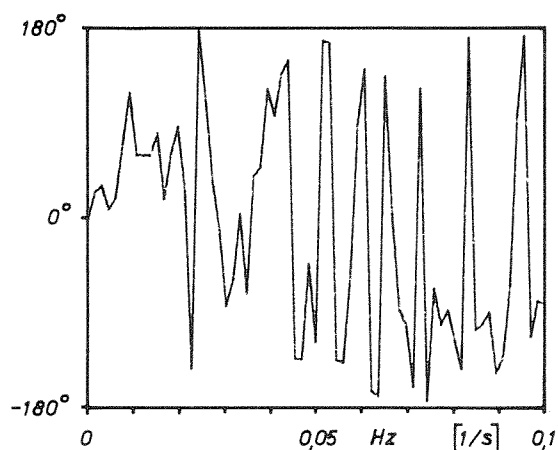
FIG. 27

FASERELATIE

COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8 m BOVEN BODEM 3 RBUV 1 / 3 RBUV 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8 m EN 14 m BOVEN BODEM 3 RBUV 2 / 3 RBUV 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 20 m
 VERTIKALE KORRELATIES 1 UUR VOOR LWK

3 RBUV

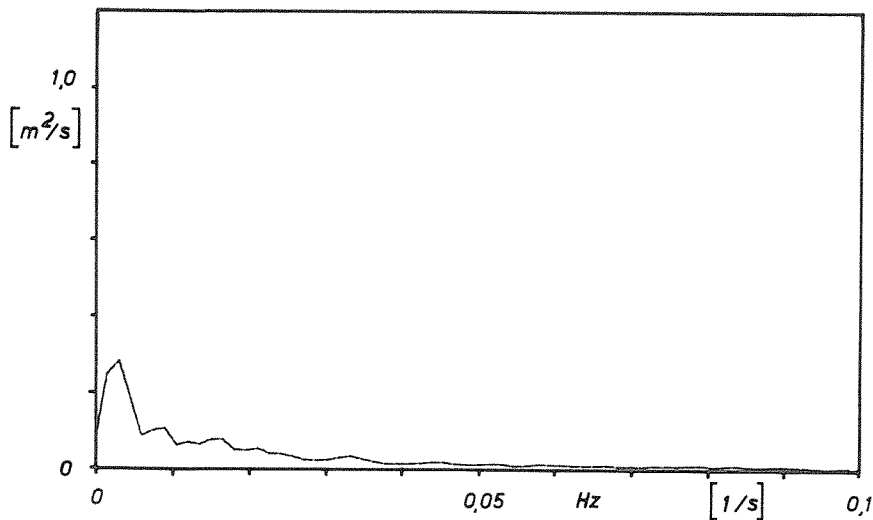
20/21-12-1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 28



3 SRV 3

METING 14 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

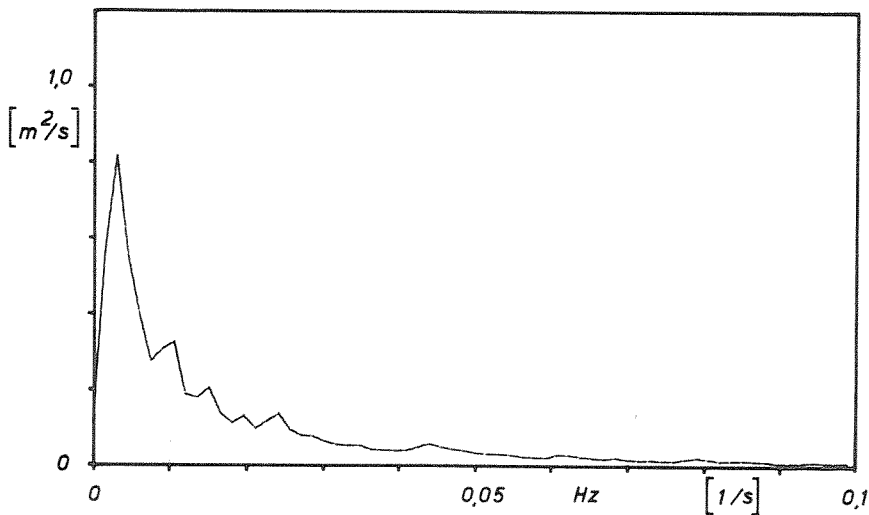
$$3,46 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,059 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,24 \text{ m/s}$$

$$r = 5 \%$$

58



3 SRV 2

METING 8 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

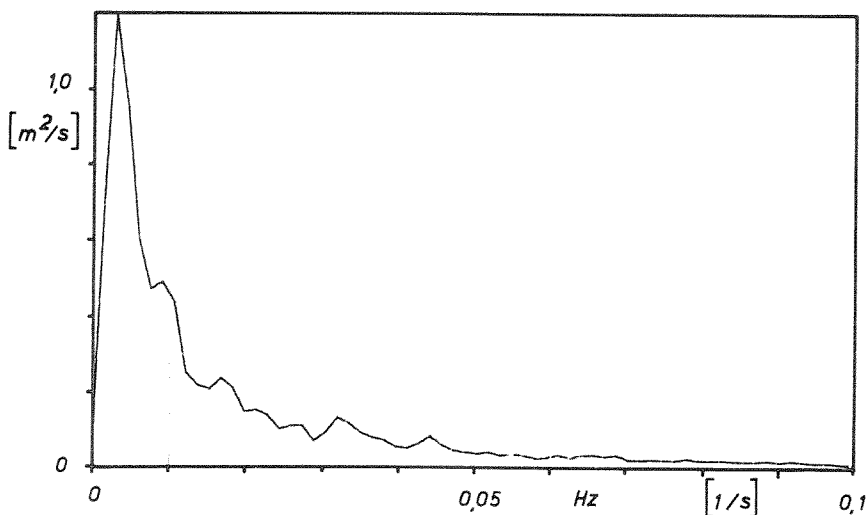
$$8,90 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,094 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,06 \text{ m/s}$$

$$r = 9 \%$$

54



3 SRV 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$13,06 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,114 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,69 \text{ m/s}$$

$$r = 17 \%$$

52

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
SCHAAR-MIDDEN, 800 m BINNENGAATS DIEPTE 20 m
SPEKTRA 2 UUR MAXIMUM EB

3 SRV

20/21-12-1978

A4

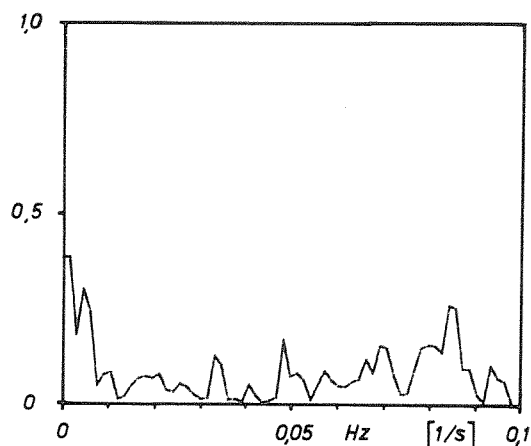
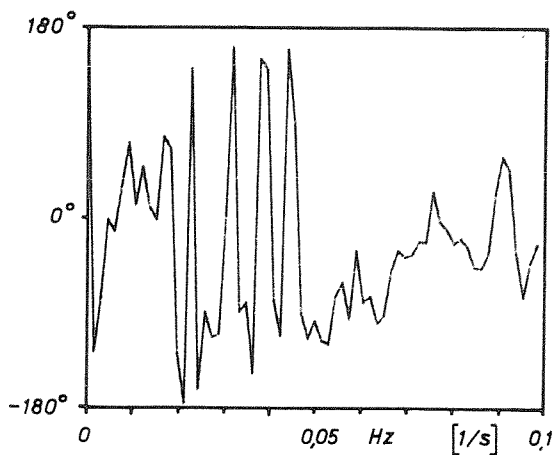
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

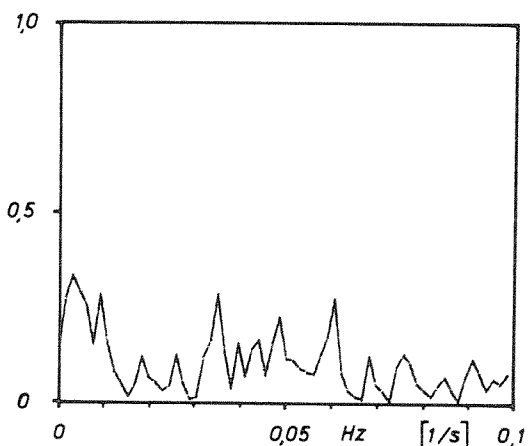
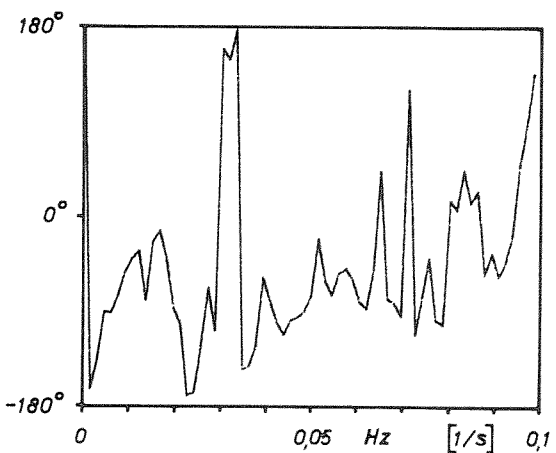
FIG. 29

FASERELATIE

COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8 m BOVEN BODEM 3 SRV 1 / 3 SRV 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8 m EN 14 m BOVEN BODEM 3 SRV 2 / 3 SRV 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 SCHAAR-MIDDEN, 800 m BINNENGAATS DIEPTE 20 m
 VERTIKALE KORRELATIES 2 UUR MAXIMUM EB

3 SRV

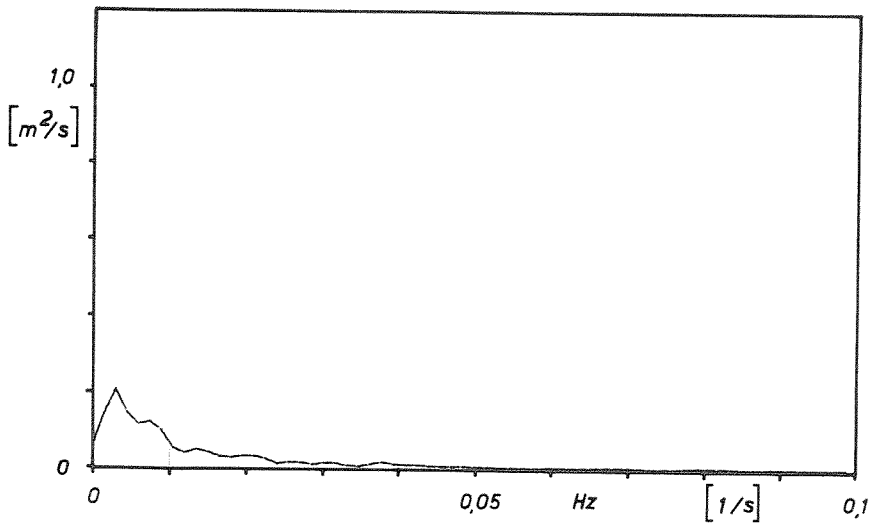
20/21-12-1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 30



3 SRV 3

METING 14 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

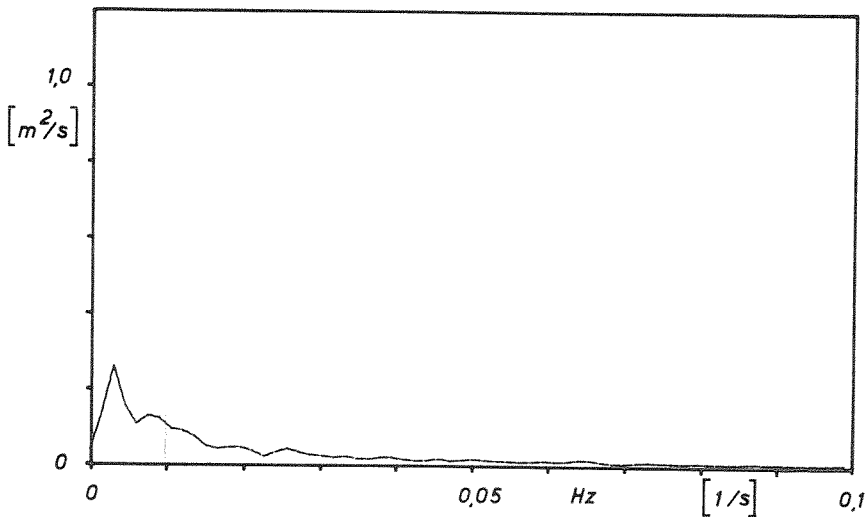
$2,22 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$

$\sigma = 0,047 \text{ m/s}$

$\bar{v} = 0,75 \text{ m/s}$

$r = 6 \%$

66



3 SRV 2

METING 8 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

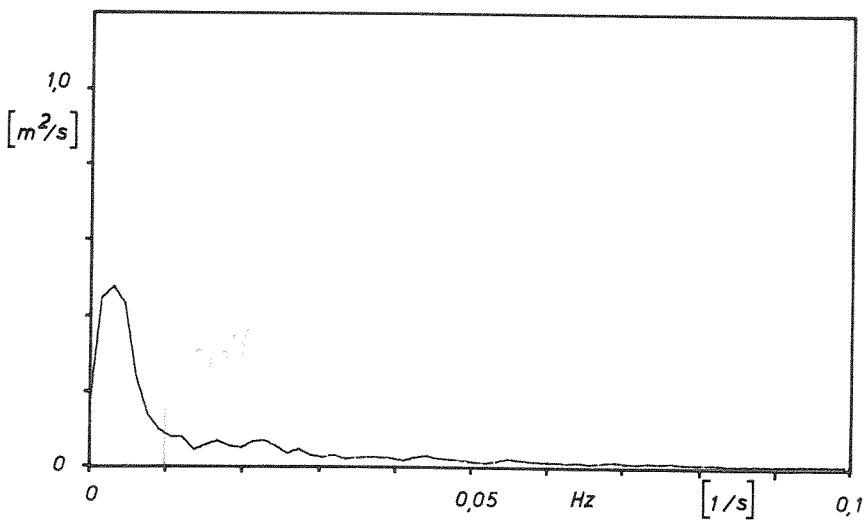
$2,82 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$

$\sigma = 0,053 \text{ m/s}$

$\bar{v} = 0,63 \text{ m/s}$

$r = 8 \%$

62 05



3 SRV 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$4,70 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$

$\sigma = 0,069 \text{ m/s}$

$\bar{v} = 0,50 \text{ m/s}$

$r = 14 \%$

61

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 SCHAAR-MIDDEN, 800 m BINNENGAATS DIEPTE 20 m
 SPEKTRA 1 UUR VOOR LWK

3 SRV

20/21-12-1978

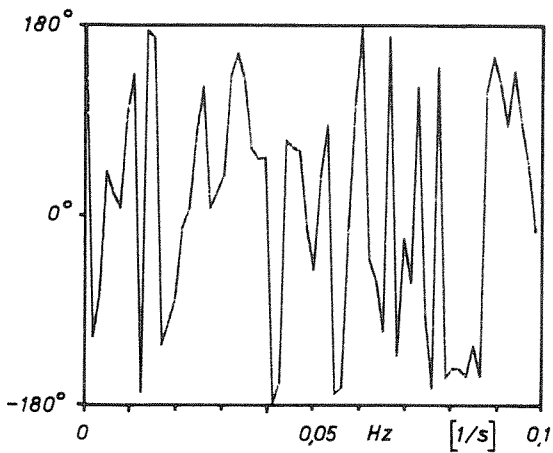
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

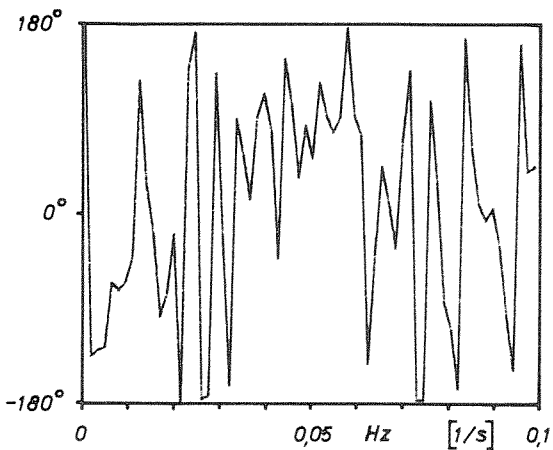
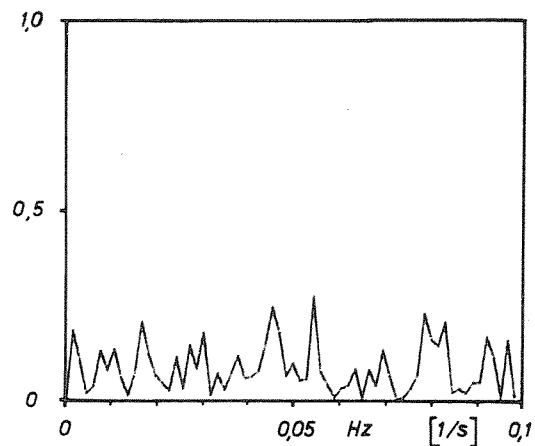
FIG. 31

FASERELATIE

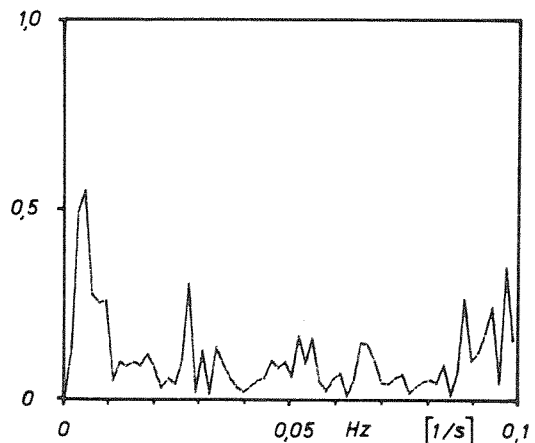


KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8 m BOVEN BODEM 3 SRV 1 / 3 SRV 2

COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8 m EN 14 m BOVEN BODEM 3 SRV 2 / 3 SRV 3



TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 SCHAAR-MIDDEN, 800 m BINNENGAATS DIEPTE 20 m
 VERTIKALE KORRELATIES 1 UUR VOOR LWK

3 SRV

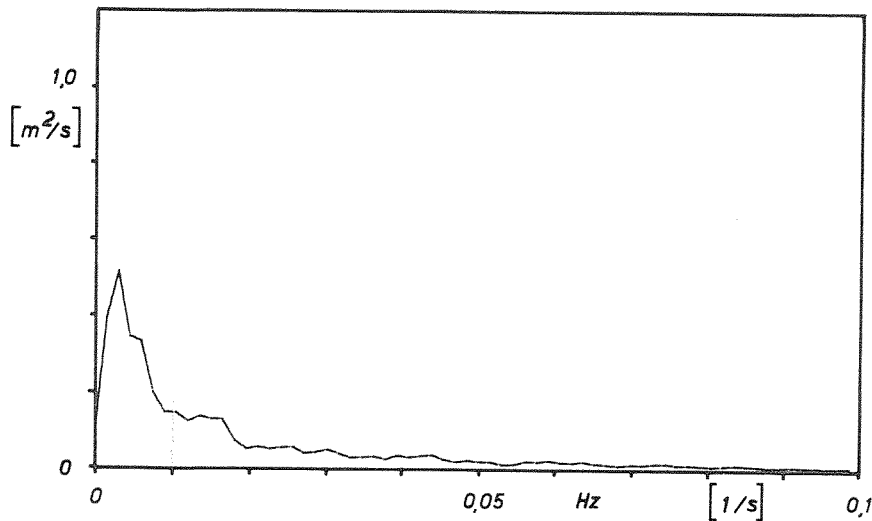
20/21-12-1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 32



4 RBUH 3

METING 11,3 m BOVEN BODEM

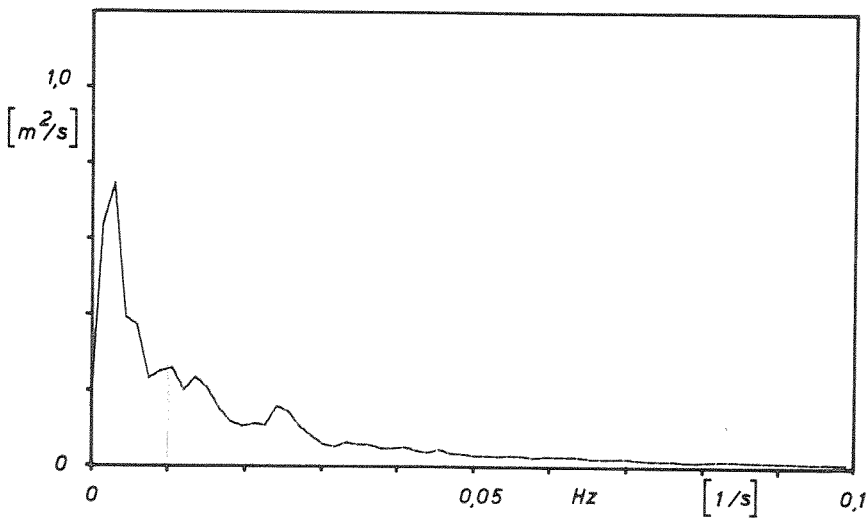
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$5,97 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,077 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,31 \text{ m/s}$$

$$r = 6 \%$$



4 RBUH 2

METING 6,7 m BOVEN BODEM

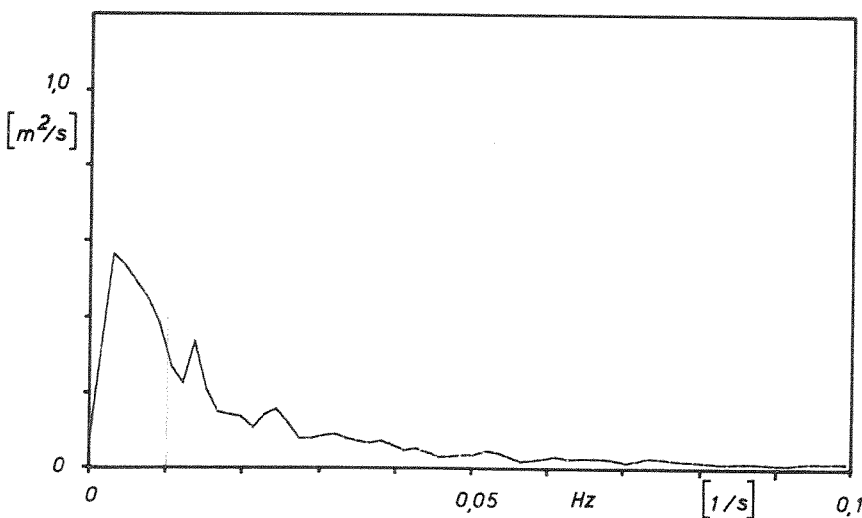
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$8,63 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,093 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,25 \text{ m/s}$$

$$r = 7 \%$$



4 RBUH 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$9,56 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,098 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,94 \text{ m/s}$$

$$r = 10 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 16 m
 SPEKTRA 2 UUR MAXIMUM EB

4 RBUH

18/19 - 6 - 1979

A4

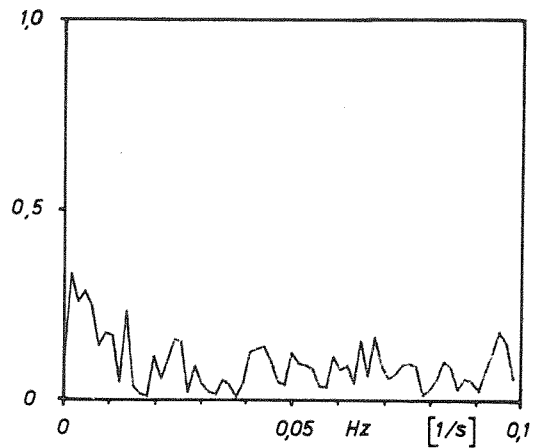
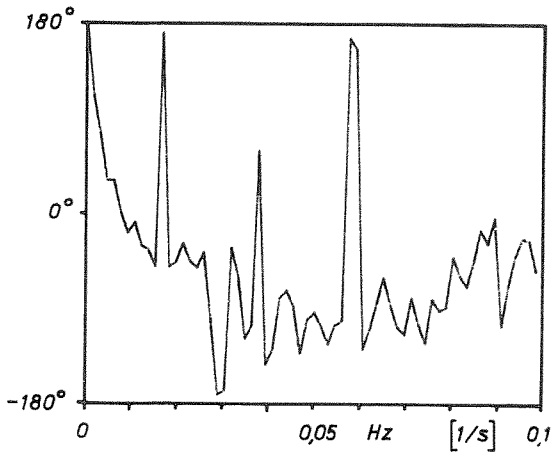
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

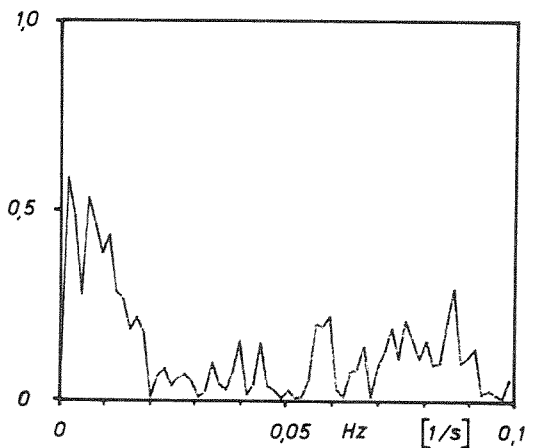
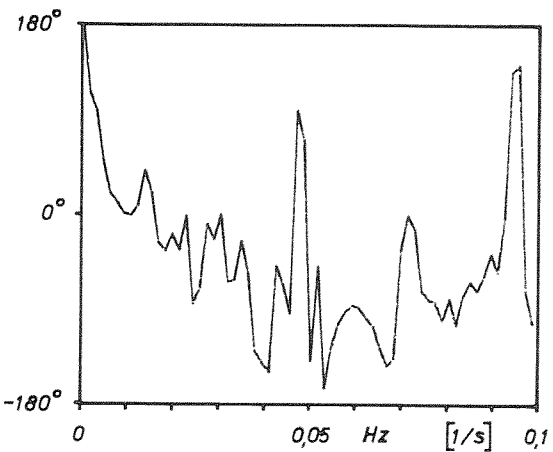
FIG. 33

FASERELATIE

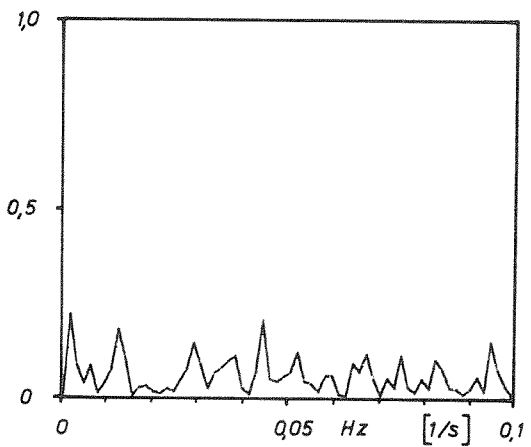
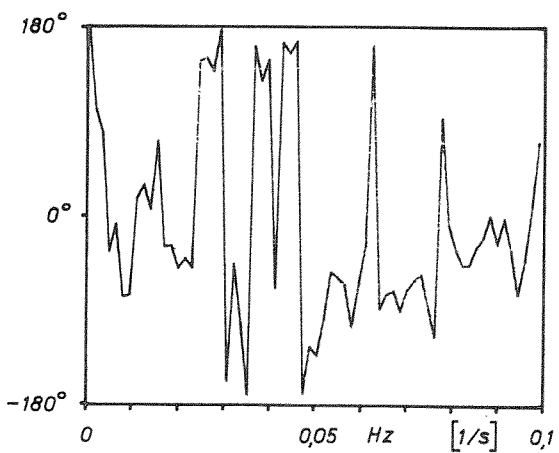
COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 6,7 m BOVEN BODEM 4 RBUH 1 / 4 RBUH 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 6,7 m EN 11,3 m BOVEN BODEM 4 RBUH 2 / 4 RBUH 3



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 11,3 m BOVEN BODEM 4 RBUH 1 / 4 RBUH 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 16 m
 VERTIKALE KORRELATIES 2 UUR MAXIMUM EB

4 RBUH

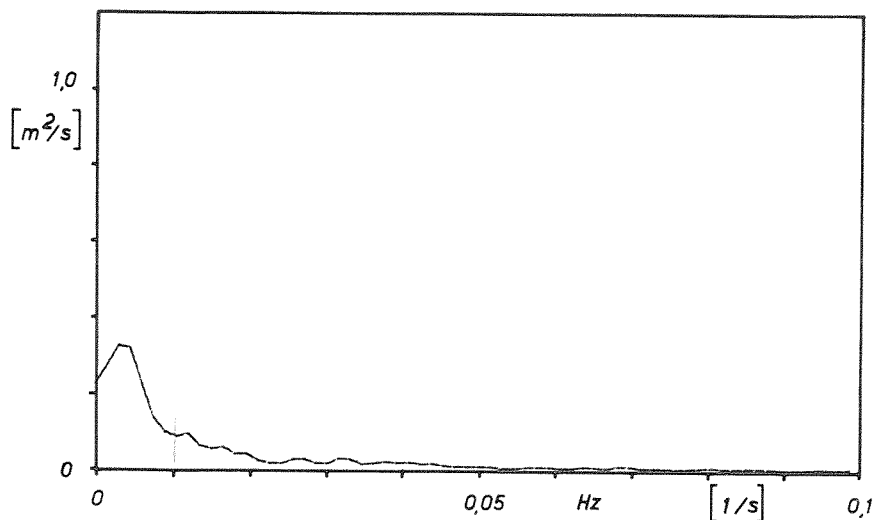
18/19 - 6 - 1979

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG.34



4 RBUH 3

METING 11,3 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

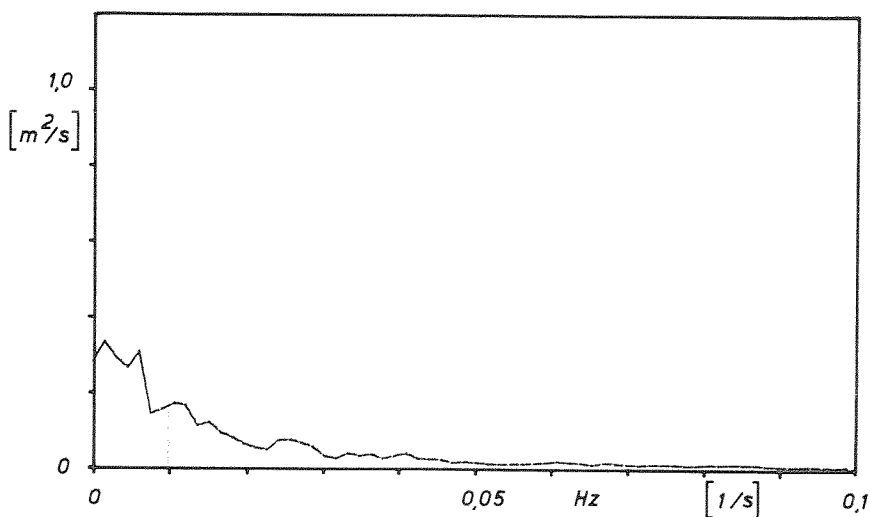
$$3,73 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,061 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,88 \text{ m/s}$$

$$r = 7 \%$$

27
23 35



4 RBUV 2

METING 6,7 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

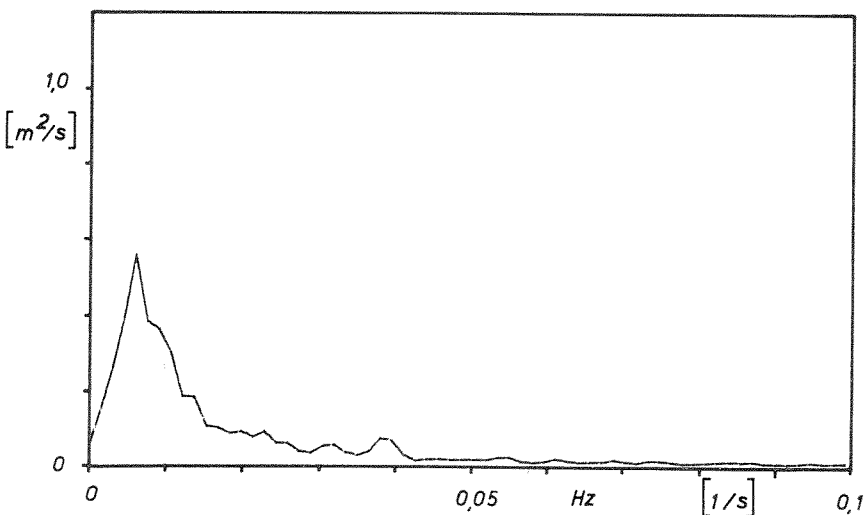
$$5,03 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,071 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,78 \text{ m/s}$$

$$r = 9 \%$$

31
24



4 RBUV 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$6,73 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,082 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,60 \text{ m/s}$$

$$r = 14 \%$$

32
28

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
ROOMPOT -ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 16 m
SPEKTRA 1 UUR VOOR LWK

4 RBUH

18/19 - 6 - 1979

A4

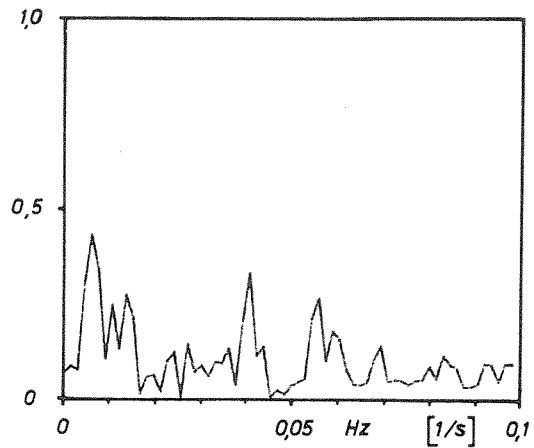
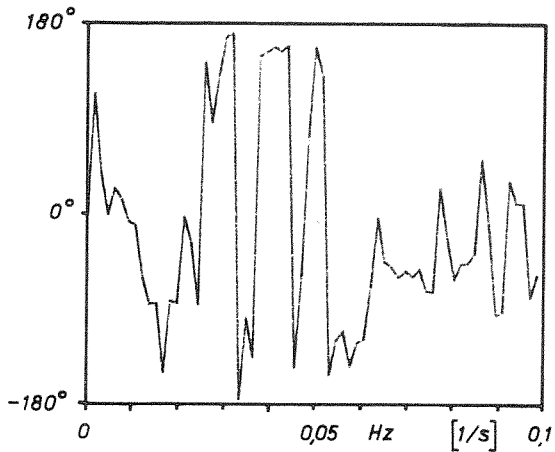
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

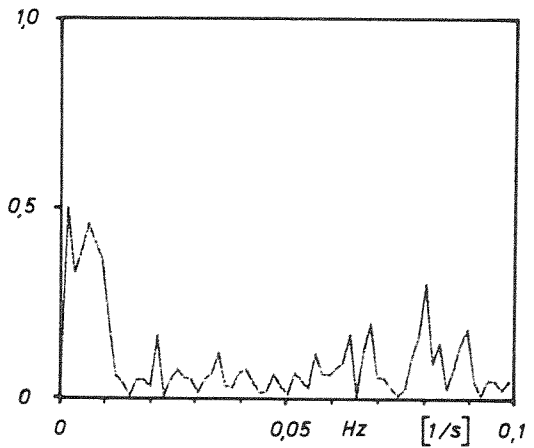
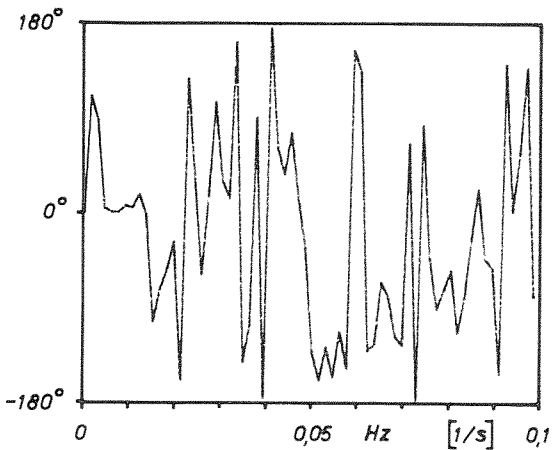
FIG. 35

FASERELATIE

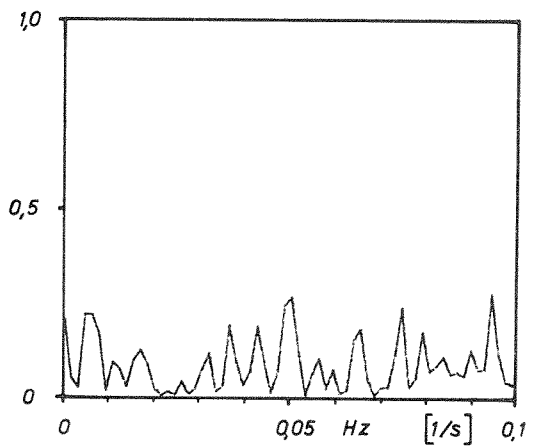
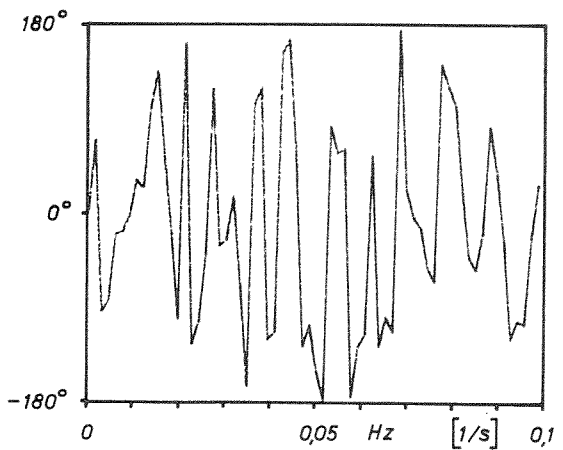
COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 6,7m BOVEN BODEM 4 RBUH 1 / 4 RBUH 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 6,7 m EN 11,3m BOVEN BODEM 4 RBUH 2 / 4 RBUH 3



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 11,3 m BOVEN BODEM 4 RBUH 1 / 4 RBUH 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 16 m
 VERTIKALE KORRELATIES 1 UUR VOOR LWK

4 RBUH

18/19 - 6 - 1979

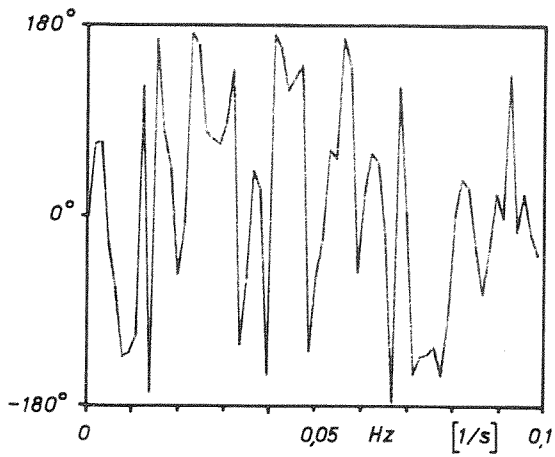
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

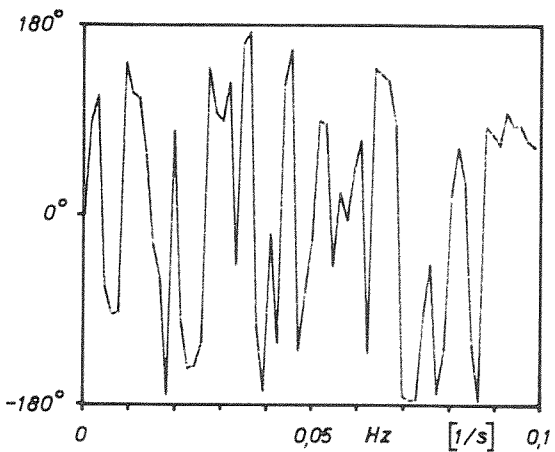
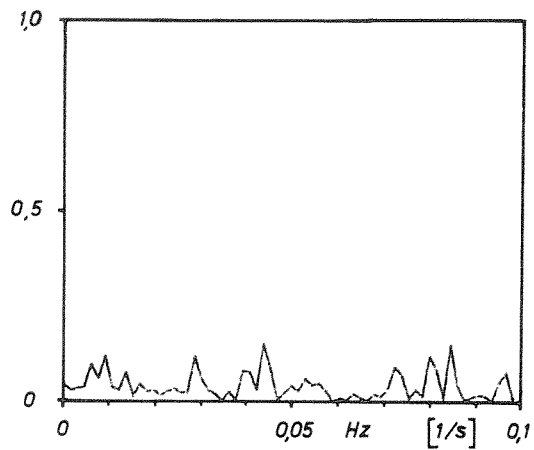
FIG. 36

FASERELATIE

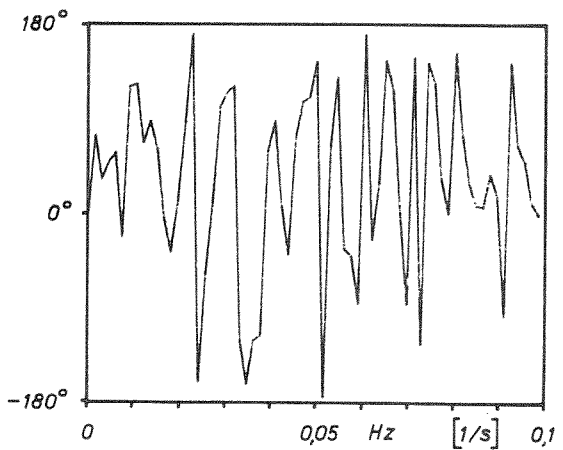
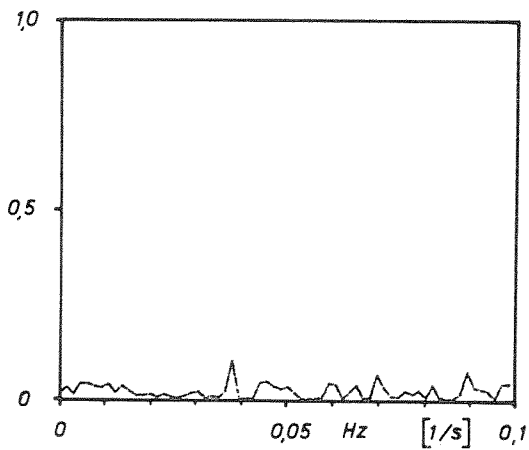


KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 11,3 m BOVEN BODEM 4 RBUH 3 / 4 RBUM 3

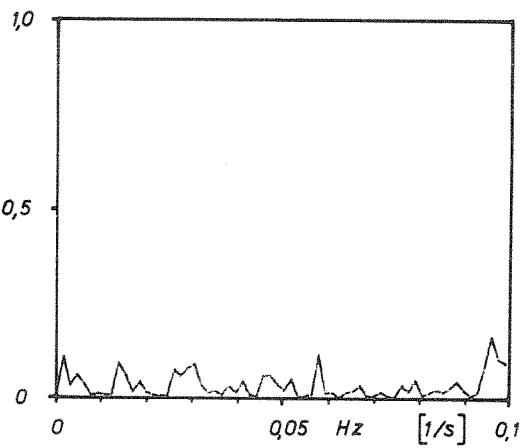
COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 6,7 m BOVEN BODEM 4 RBUH 2 / 4 RBUM 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m BOVEN BODEM 4 RBUH 1 / 4 RBUM 1



TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, 800 m BUITENGAATS DIEPTE 16 m
 HORIZONTALE KORRELATIES 2 UUR MAXIMUM EB

4 RBUH / 4 RBUM

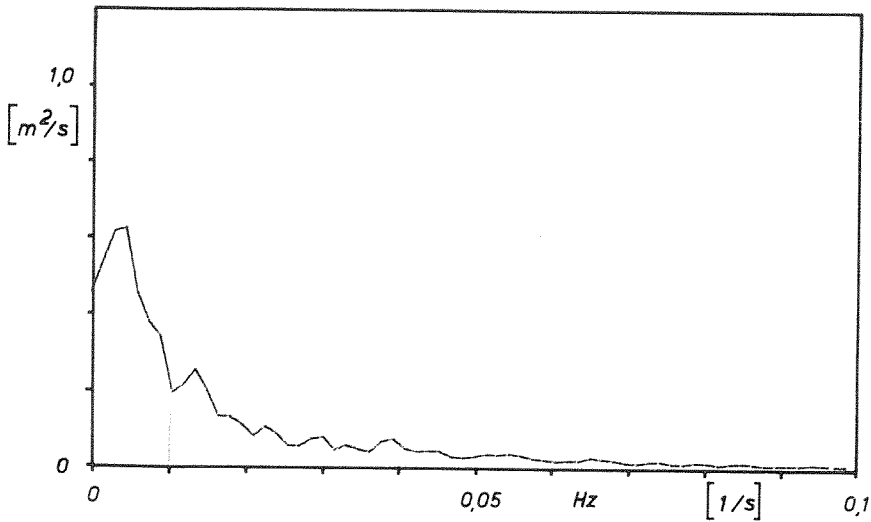
18/19-6-1979

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 37



5 RZUM 3

METING 14 m BOVEN BODEM

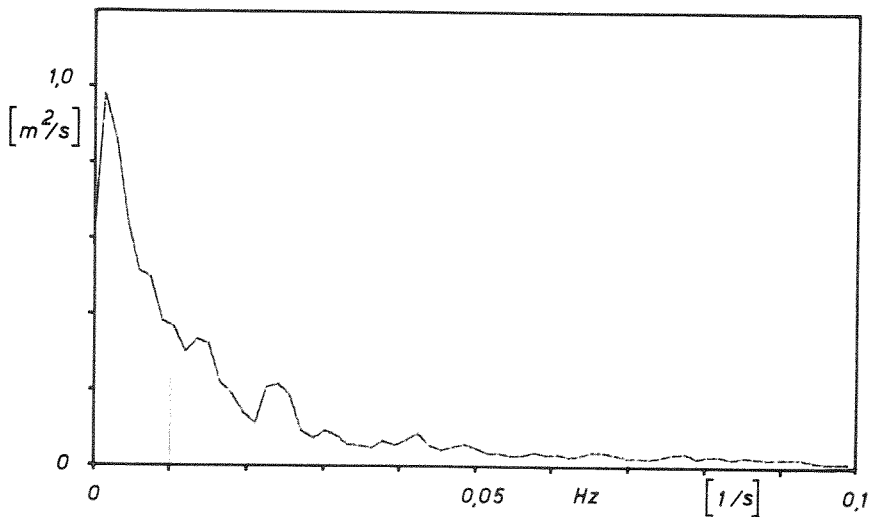
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$9,35 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,097 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,50 \text{ m/s}$$

$$r = 6 \%$$



5 RZUM 2

METING 8 m BOVEN BODEM

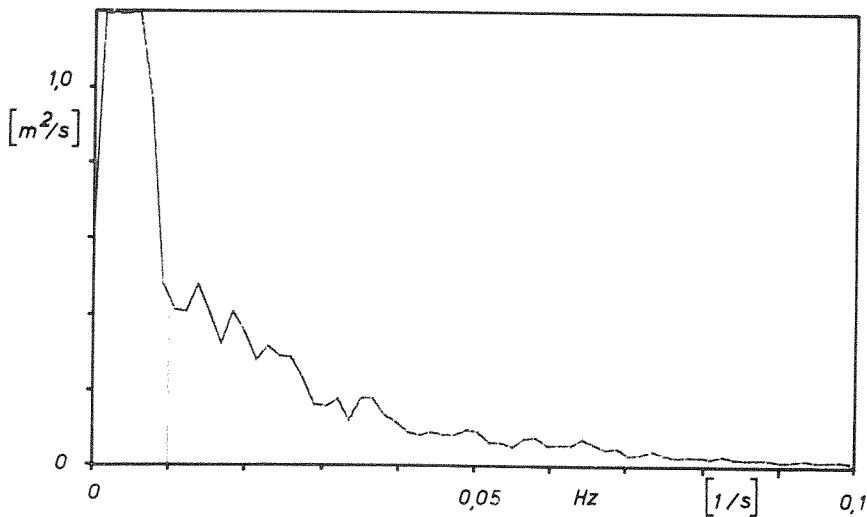
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$12,66 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,113 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,41 \text{ m/s}$$

$$r = 8 \%$$



5 RZUM 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$22,46 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,150 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,13 \text{ m/s}$$

$$r = 13 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, IN AS KERING DIEPTE 20 m
 SPEKTRA 2 UUR MAXIMUM EB

5 RZUM

7/8 - 9 - 1979

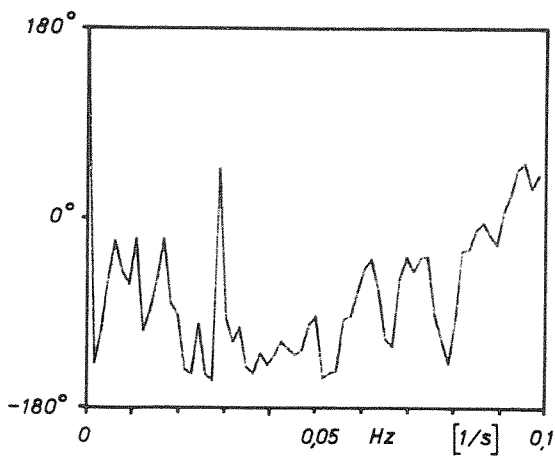
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

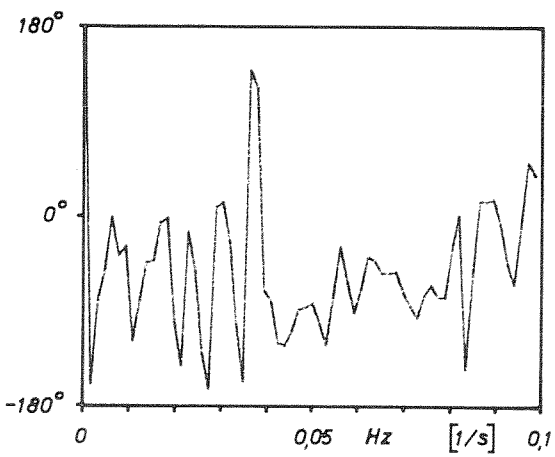
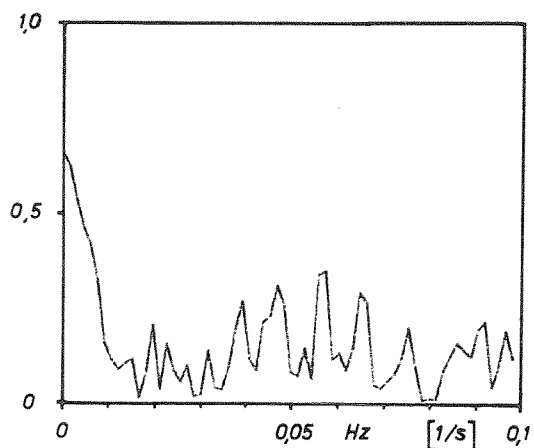
FIG. 38

FASERELATIE

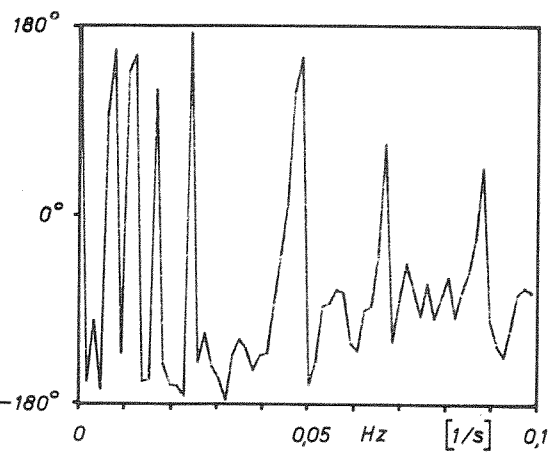
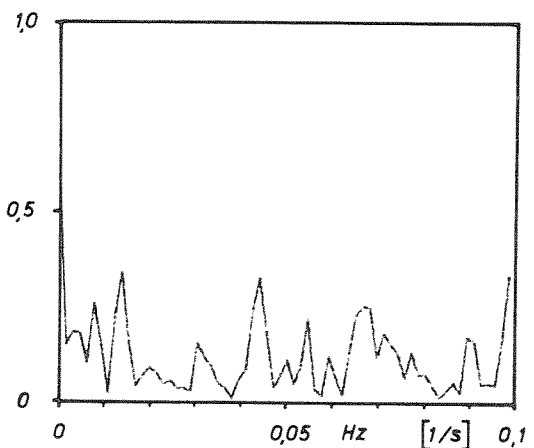


KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8 m BOVEN BODEM 5 RZUM 1 / 5 RZUM 2

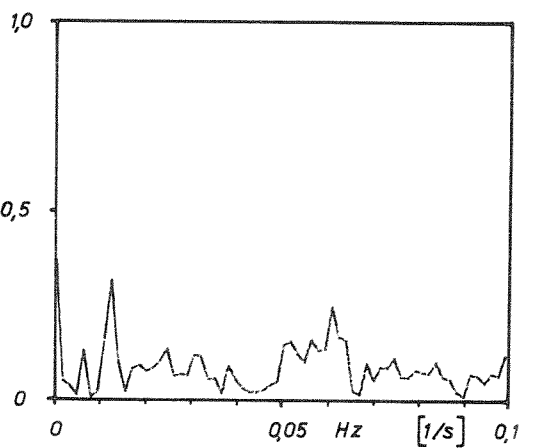
COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8 m EN 14 m BOVEN BODEM 5 RZUM 2 / 5 RZUM 3



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 14 m BOVEN BODEM 5 RZUM 1 / 5 RZUM 3



TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT - ZUID, IN AS KERING DIEPTE 20 m
 VERTIKALE KORRELATIES 2 UUR MAXIMUM EB

5 RZUM

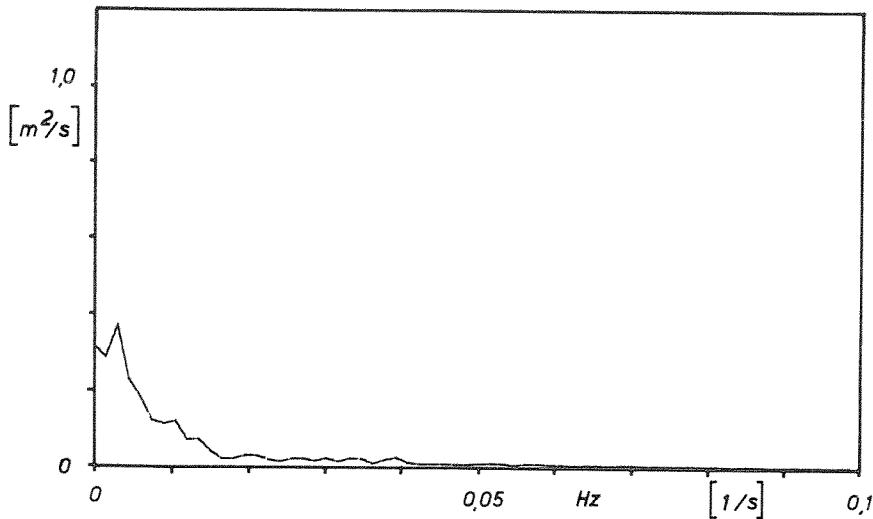
7/8 - 9 - 1979

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 39



5 RZUM 3

METING 14 m BOVEN BODEM

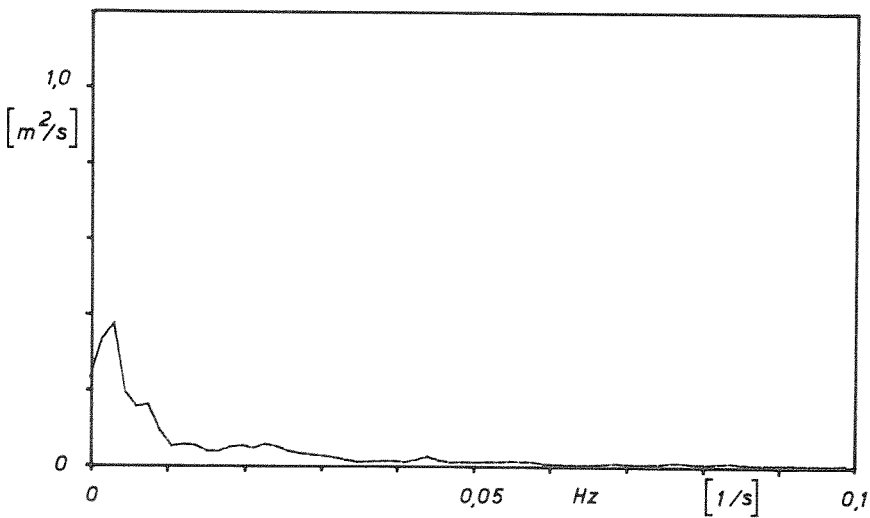
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$3,25 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,057 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,00 \text{ m/s}$$

$$r = 6 \%$$



5 RZUM 2

METING 8 m BOVEN BODEM

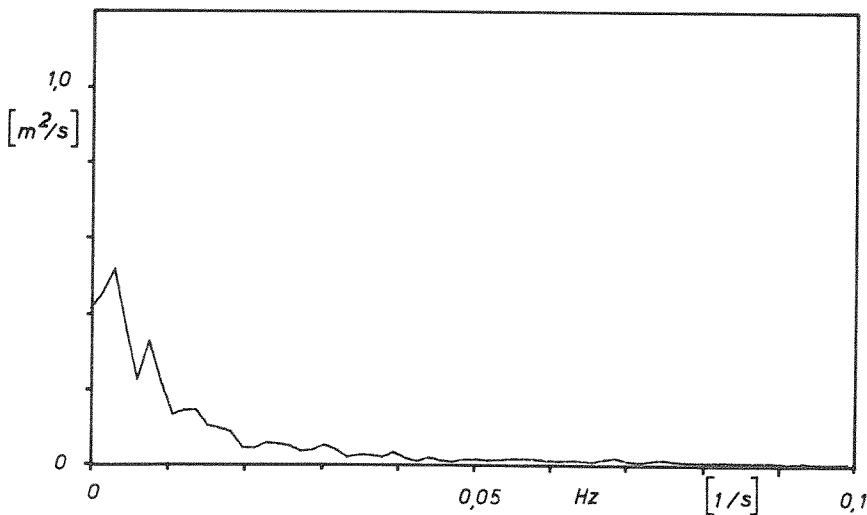
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$3,38 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,058 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,91 \text{ m/s}$$

$$r = 6 \%$$



5 RZUM 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$5,67 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,075 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,63 \text{ m/s}$$

$$r = 12 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
ROOMPOT-ZUID, IN AS KERING DIEPTE 20 m
SPEKTRA 1 UUR VOOR LWK

5 RZUM

7/8-9-1979

A4

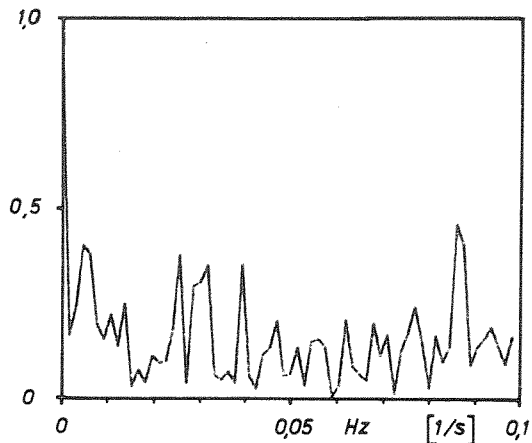
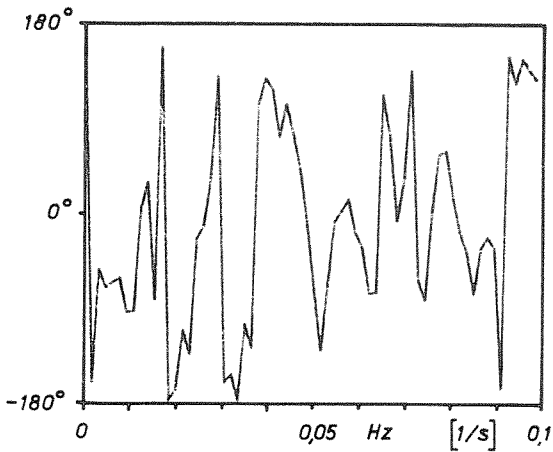
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

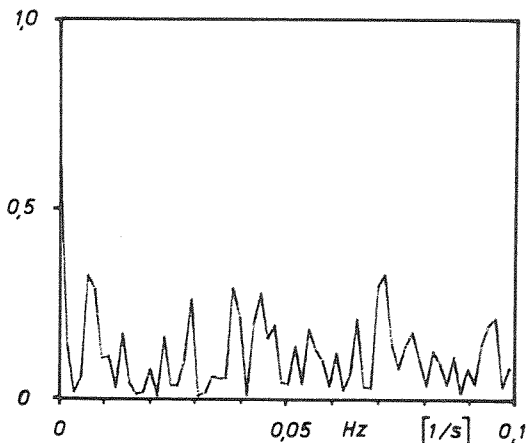
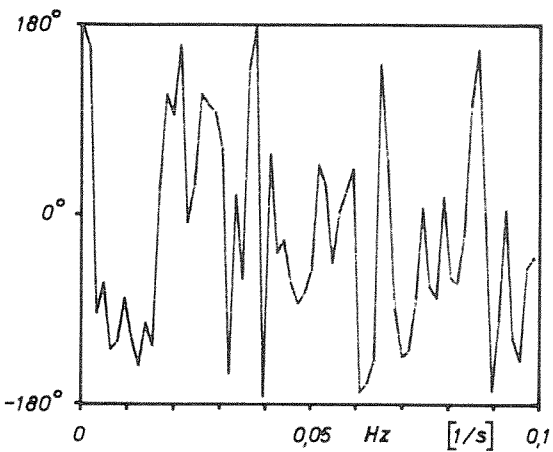
FIG. 40

FASERELATIE

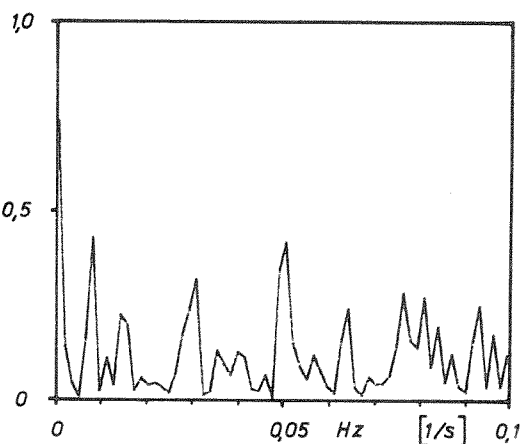
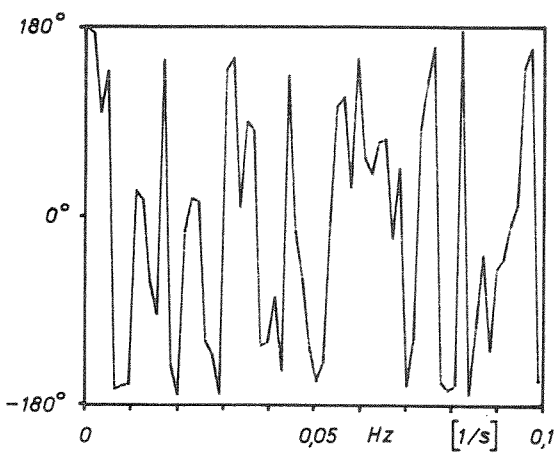
COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8 m BOVEN BODEM 5 RZUM 1 / 5 RZUM 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8 m EN 14 m BOVEN BODEM 5 RZUM 2 / 5 RZUM 3



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 14 m BOVEN BODEM 5 RZUM 1 / 5 RZUM 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT - ZUID, IN AS KERING DIEPTE 20 m
 VERTIKALE KORRELATIES 1 UUR VOOR LWK

5 RZUM

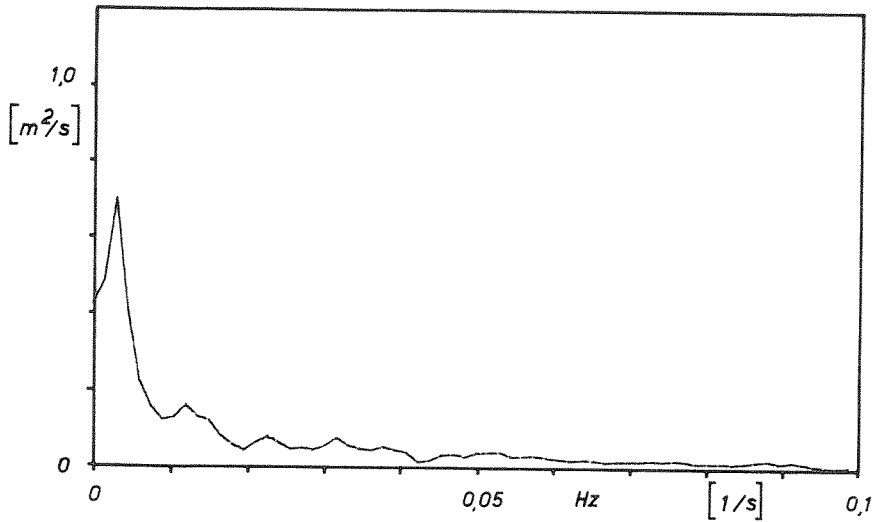
7/8 - 9 - 1979

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 41



5 RZUM 3

METING 14 m BOVEN BODEM

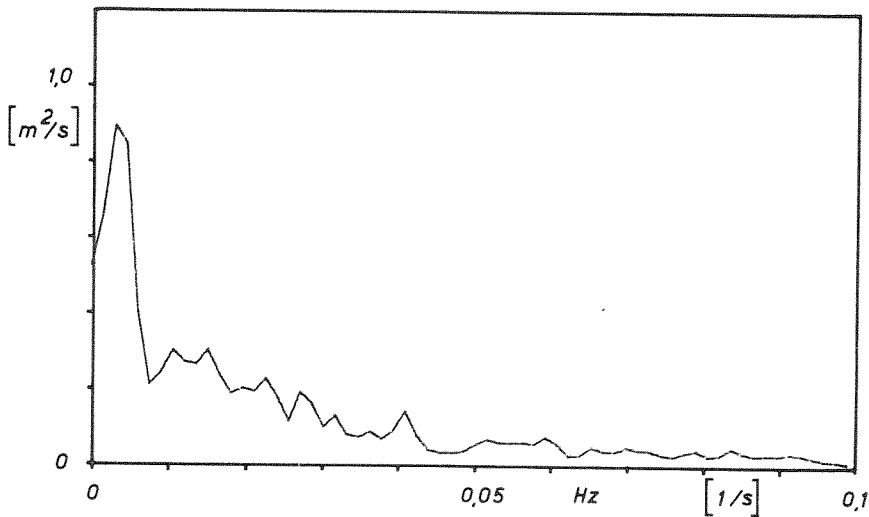
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$7,03 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,084 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,75 \text{ m/s}$$

$$r = 5 \%$$



5 RZUM 2

METING 8 m BOVEN BODEM

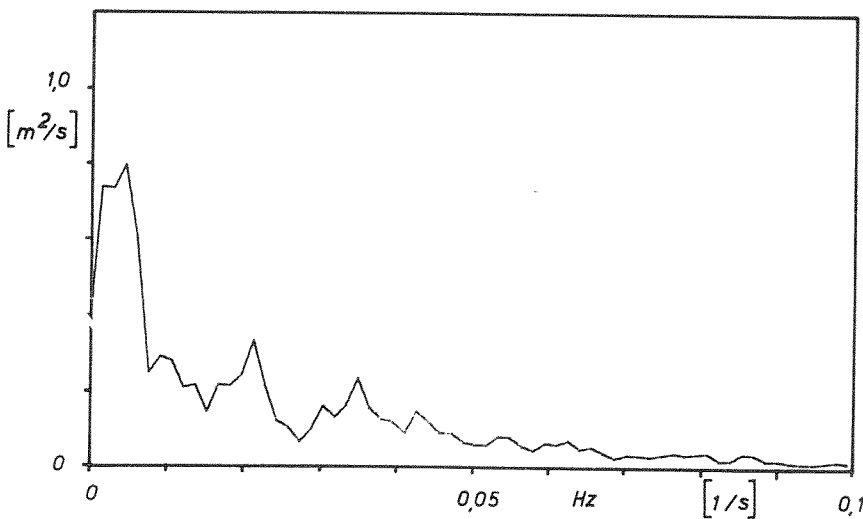
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$12,95 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,114 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,56 \text{ m/s}$$

$$r = 7 \%$$



5 RZUM 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$13,65 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,117 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,13 \text{ m/s}$$

$$r = 10 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
ROOMPOT-ZUID, IN AS KERING DIEPTE 20 m
SPEKTRA 1 UUR MAXIMUM VLOED

5 RZUM

7/8 - 9 - 1979

A4

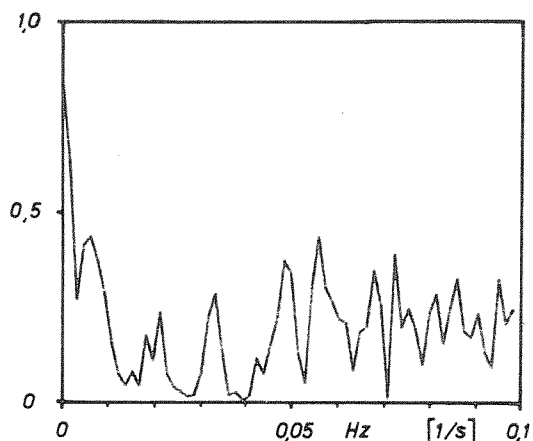
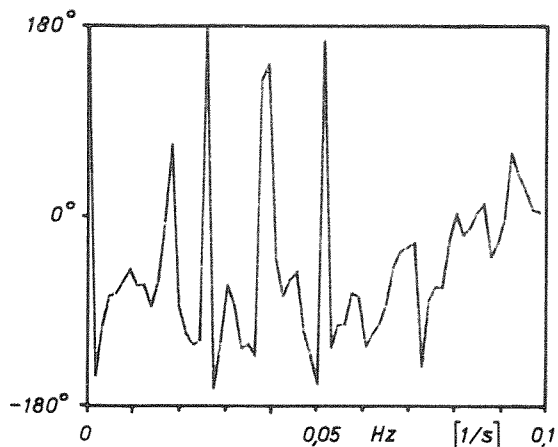
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

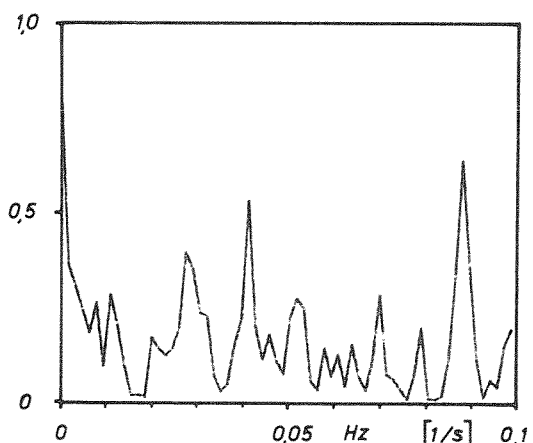
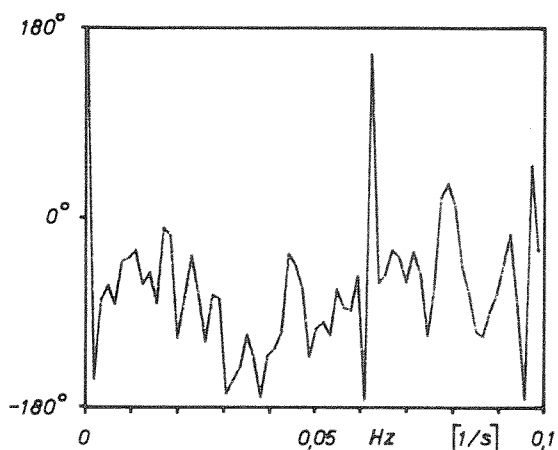
FIG. 42

FASERELATIE

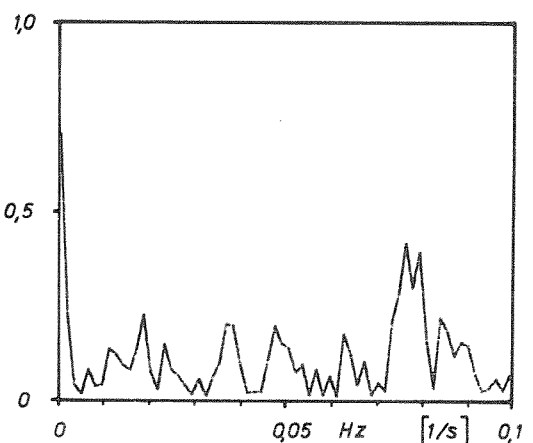
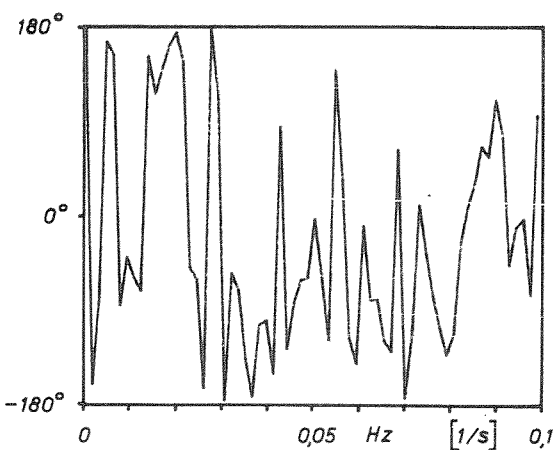
COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8 m BOVEN BODEM 5 RZUM 1 / 5 RZUM 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8 m EN 14 m BOVEN BODEM 5 RZUM 2 / 5 RZUM 3



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 14 m BOVEN BODEM 5 RZUM 1 / 5 RZUM 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 ROOMPOT-ZUID, IN AS KERIG DIEPTE 20 m
 VERTIKALE KORRELATIES 1 UUR MAXIMUM VLOED

5 RZUM

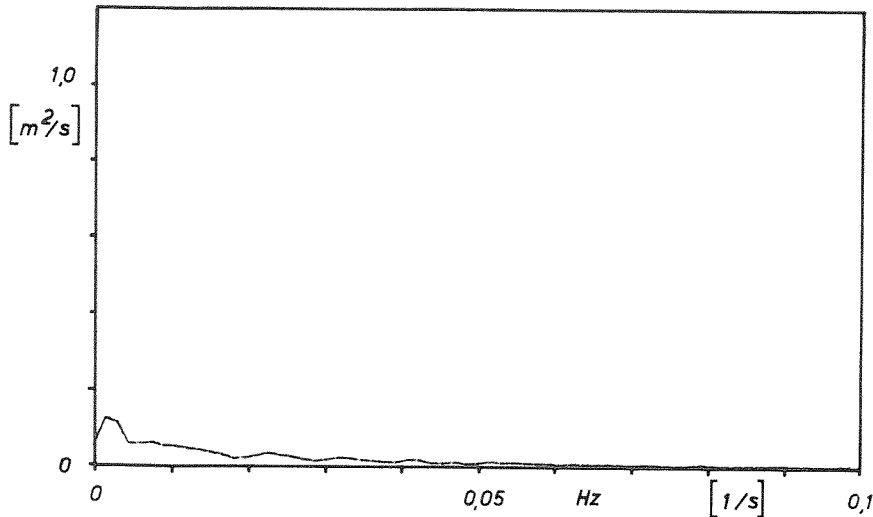
7/8 - 9 - 1979

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 43



6 HUM 3

METING 15,3 m BOVEN BODEM

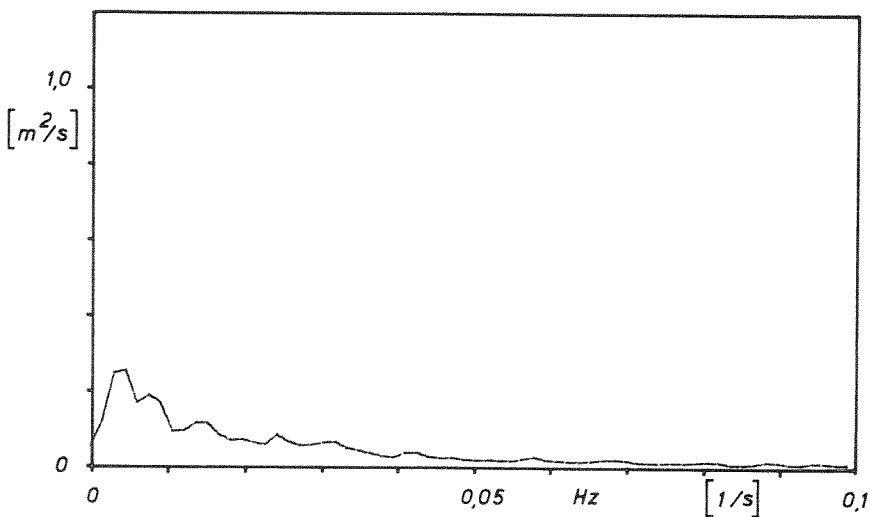
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$2,16 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,046 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,31 \text{ m/s}$$

$$r = 4 \%$$



6 HUM 2

METING 8,7 m BOVEN BODEM

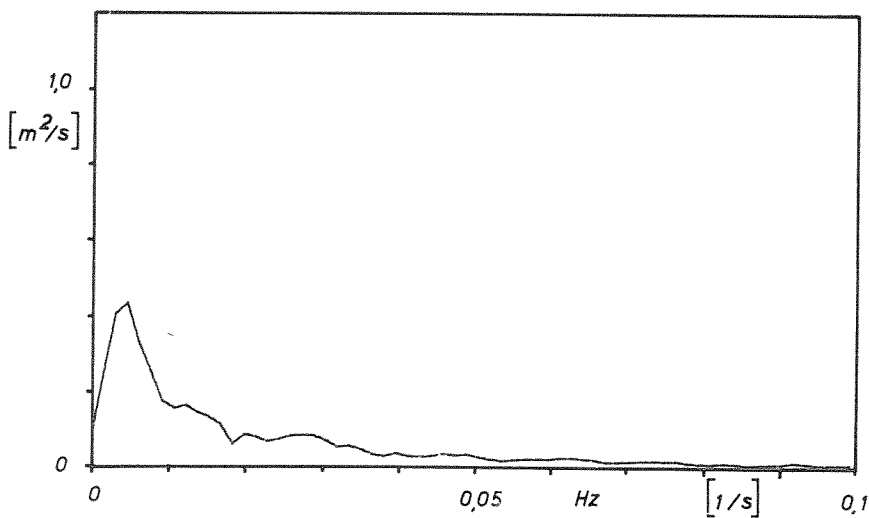
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$4,99 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,071 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 1,19 \text{ m/s}$$

$$r = 6 \%$$



6 HUM 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$6,59 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,081 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,91 \text{ m/s}$$

$$r = 9 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
HAMMEN-MIDDEN, IN AS KERING DIEPTE 22 m
SPEKTRA 2 UUR MAXIMUM EB

6 HUM

4/5 -10 - 1979

A4

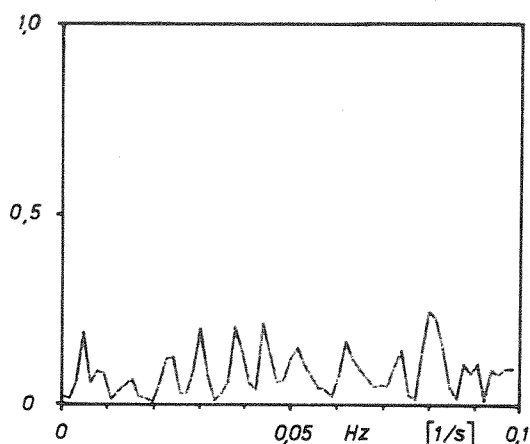
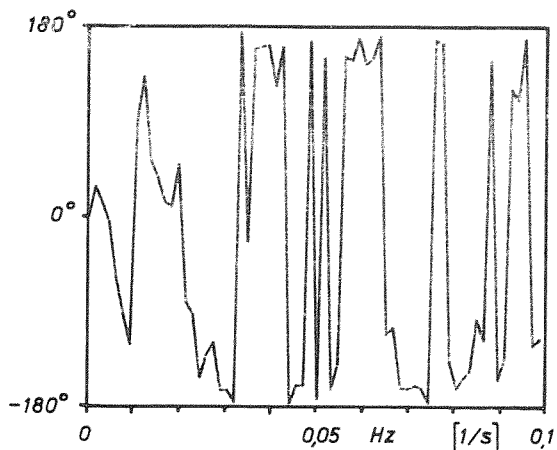
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

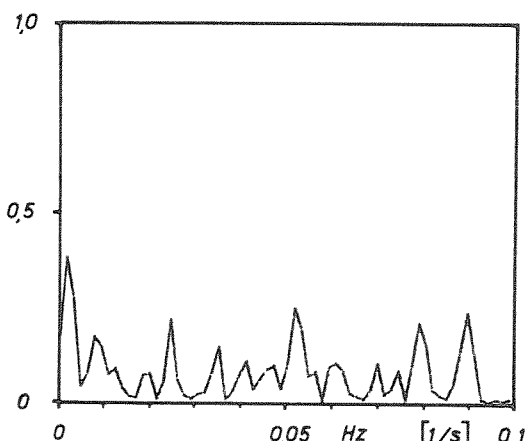
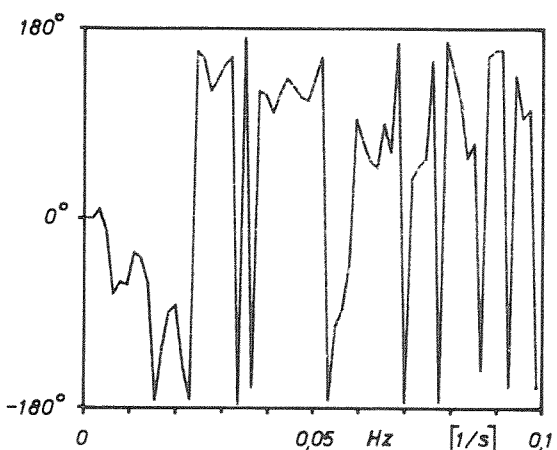
FIG. 44

FASERELATIE

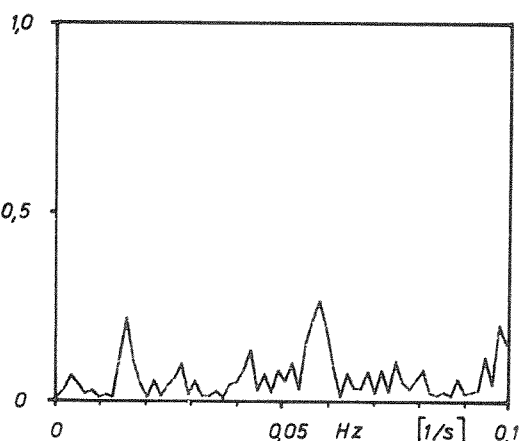
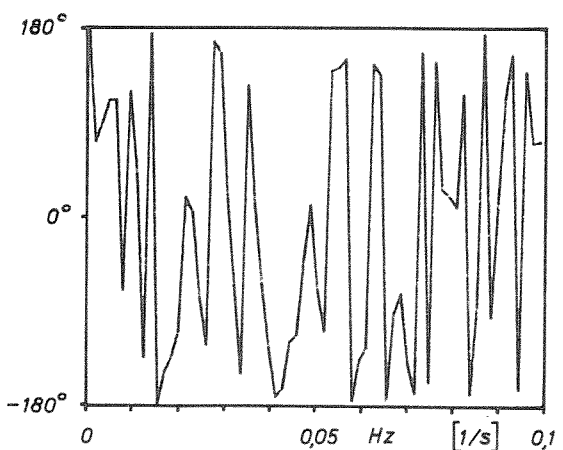
COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8,7 m BOVEN BODEM 6 HUM 1 / 6 HUM 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8,7 m EN 15,3 m BOVEN BODEM 6 HUM 2 / 6 HUM 3



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 15,3 m BOVEN BODEM 6 HUM 1 / 6 HUM 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
HAMMEN-MIDDEN, IN AS KERING DIEPTE 22 m
VERTIKALE KORRELATIES 2 UUR MAXIMUM EB

6 HUM

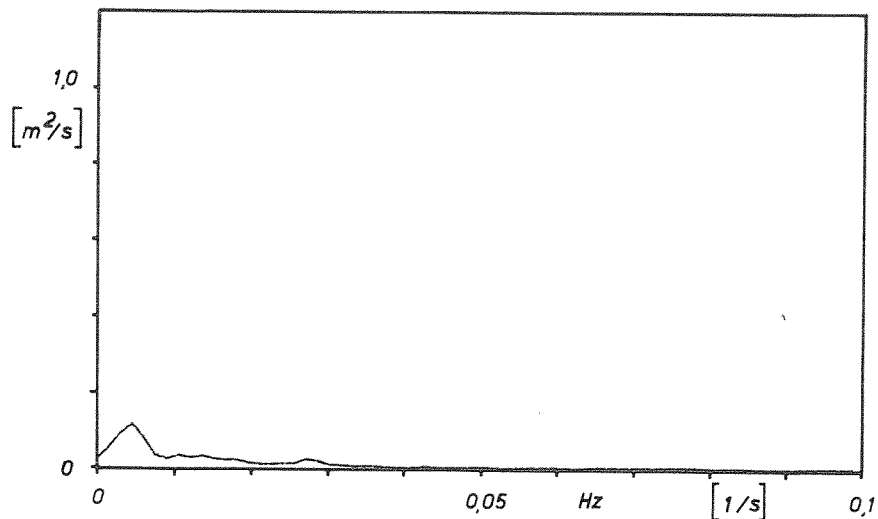
4/5 - 10 - 1979

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 45



6 HUM 3

METING 15,3 m BOVEN BODEM

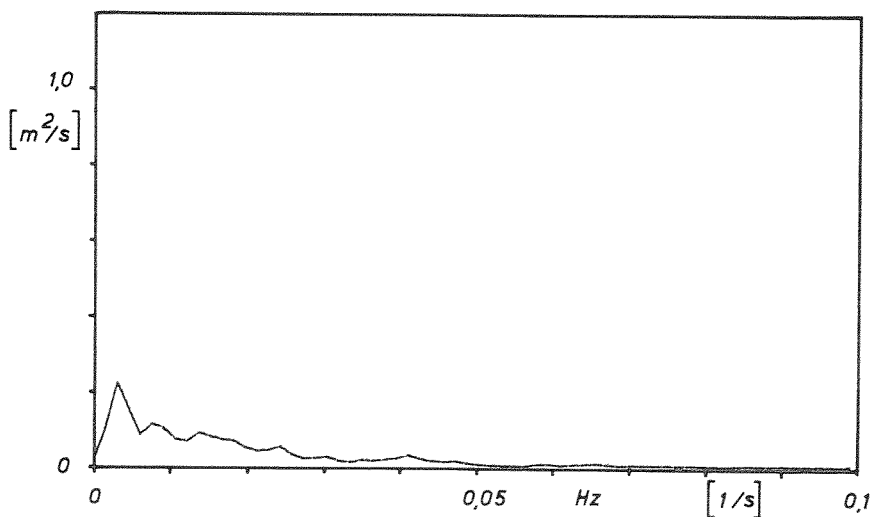
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$1,41 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,038 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,94 \text{ m/s}$$

$$r = 4 \%$$



6 HUM 2

METING 8,7 m BOVEN BODEM

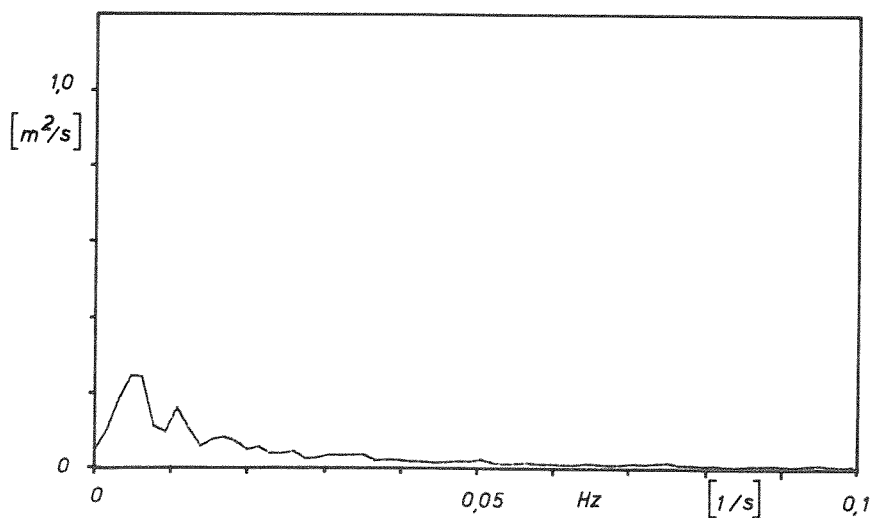
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$3,02 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,055 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,81 \text{ m/s}$$

$$r = 7 \%$$



6 HUM 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$3,56 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sigma = 0,060 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = 0,56 \text{ m/s}$$

$$r = 11 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
HAMMEN-MIDDEN, IN AS KERIG DIEPTE 22 m
SPEKTRA 1 UUR VOOR LWK

6 HUM

4/5 - 10 - 1979

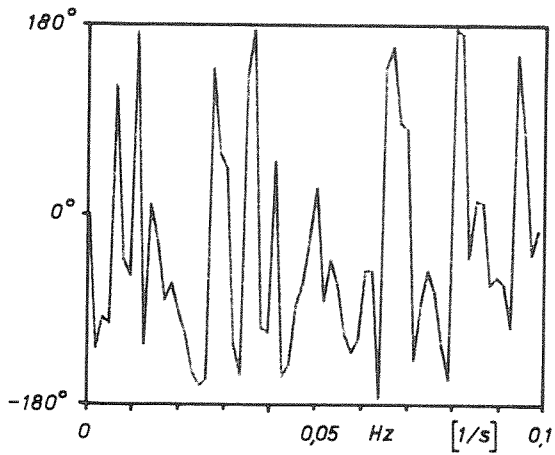
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

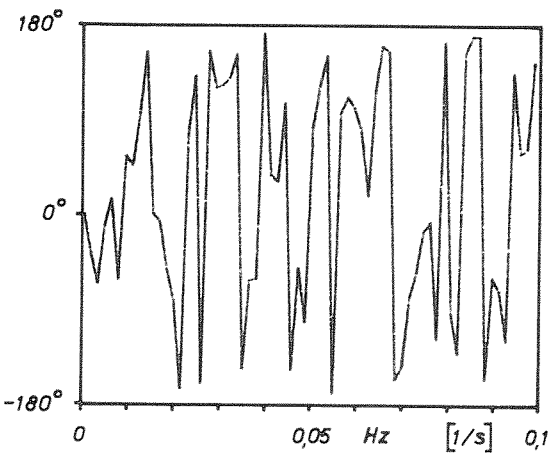
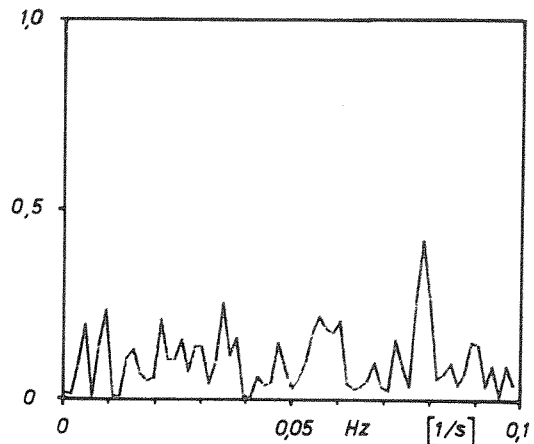
FIG. 46

FASERELATIE

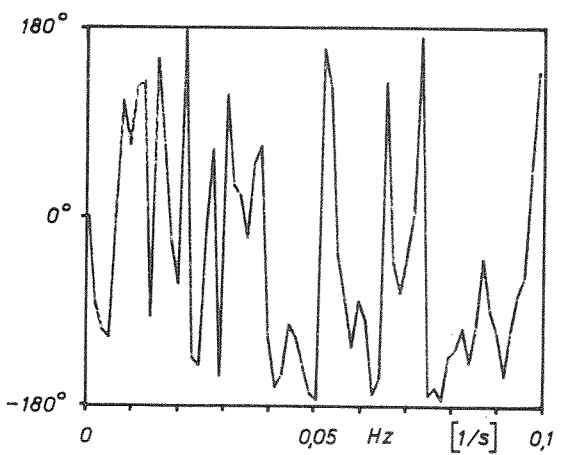
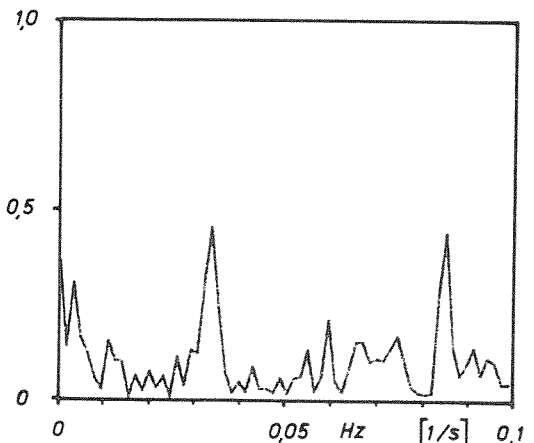


KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8,7 m BOVEN BODEM 6 HUM 1 / 6 HUM 2

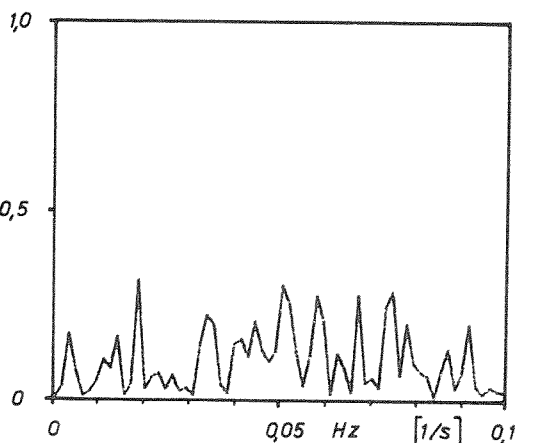
COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8,7 m EN 15,3 m BOVEN BODEM 6 HUM 2 / 6 HUM 3



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 15,3 m BOVEN BODEM 6 HUM 1 / 6 HUM 3



TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
HAMMEN-MIDDEN, IN AS KERIG DIEPTE 22 m
VERTIKALE KORRELATIES 1 UUR VOOR LWK

6 HUM

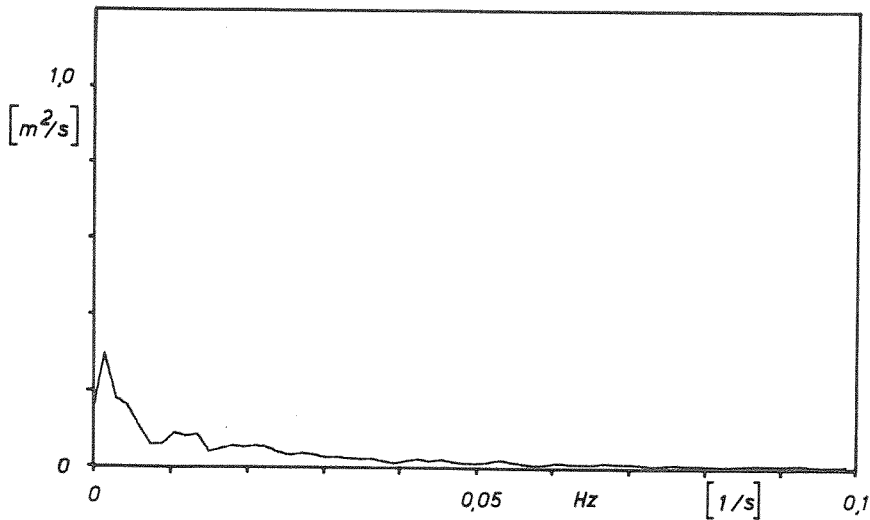
4/5 - 10 - 1979

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 47



6 HUM 3

METING 15,3 m BOVEN BODEM

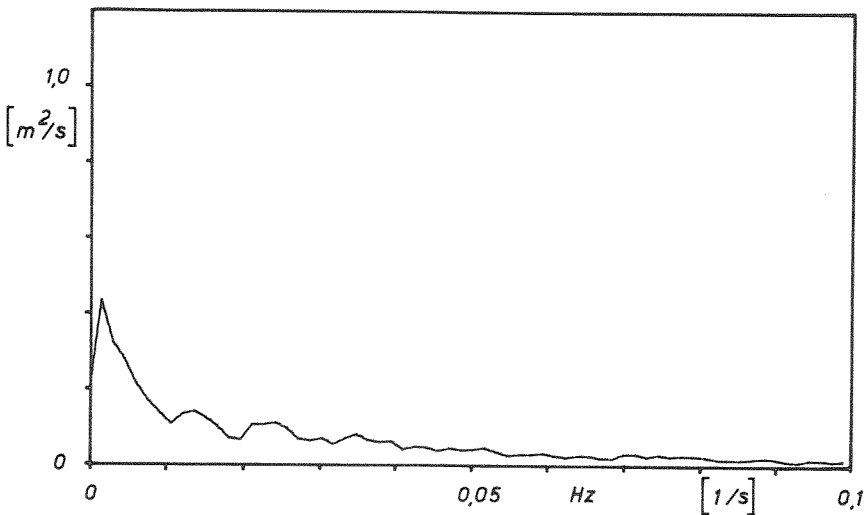
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$3,45 \times 10^{-3} m^2/s^2$$

$$\sigma = 0,059 m/s$$

$$\bar{v} = 1,50 m/s$$

$$r = 4 \%$$



6 HUM 2

METING 8,7 m BOVEN BODEM

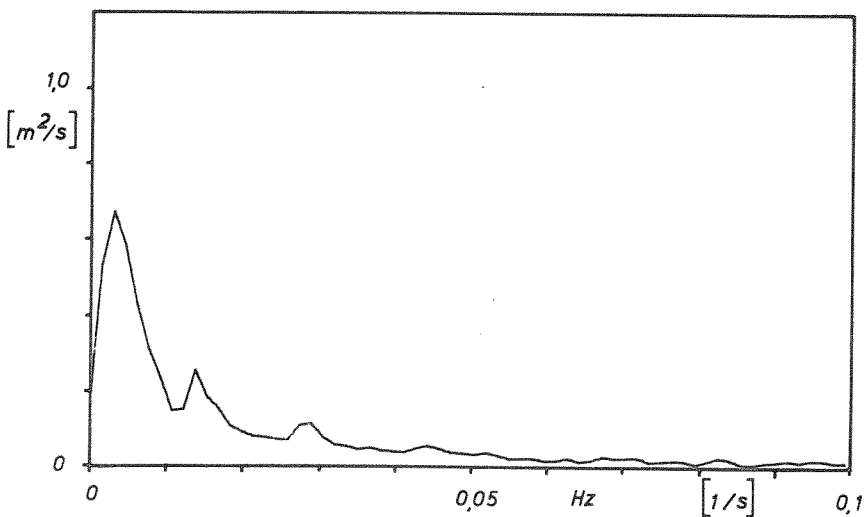
OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$6,69 \times 10^{-3} m^2/s^2$$

$$\sigma = 0,082 m/s$$

$$\bar{v} = 1,38 m/s$$

$$r = 6 \%$$



6 HUM 1

METING 2 m BOVEN BODEM

OPPERVLAKTE SPEKTRUM :

$$8,77 \times 10^{-3} m^2/s^2$$

$$\sigma = 0,094 m/s$$

$$\bar{v} = 1,00 m/s$$

$$r = 9 \%$$

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
HAMMEN-MIDDEN, IN AS KERING DIEPTE 22 m
SPEKTRA 2 UUR MAXIMUM VLOED

6 HUM

4/5 - 10 - 1979

A4

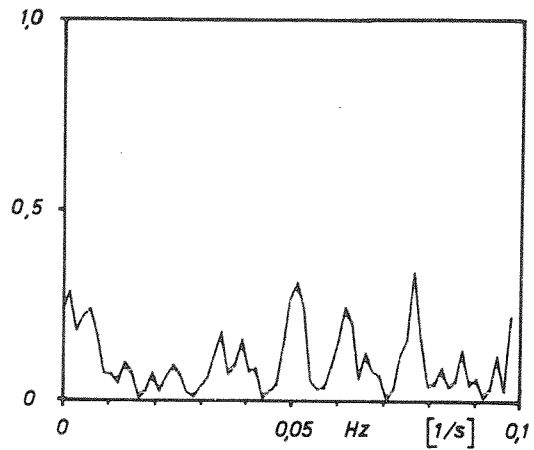
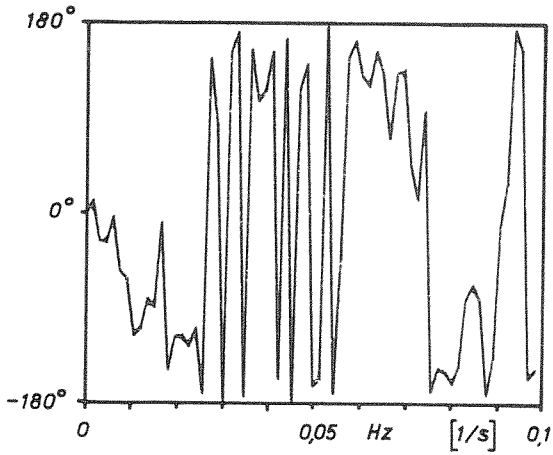
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

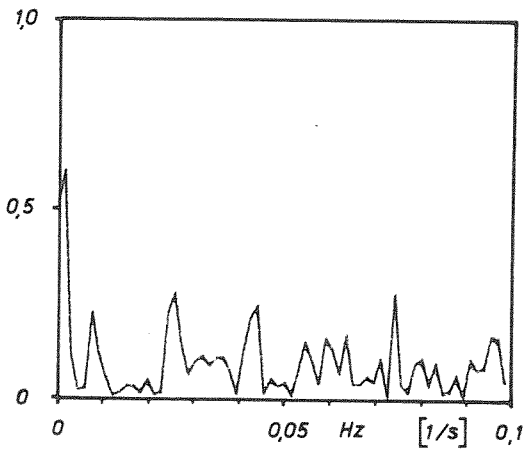
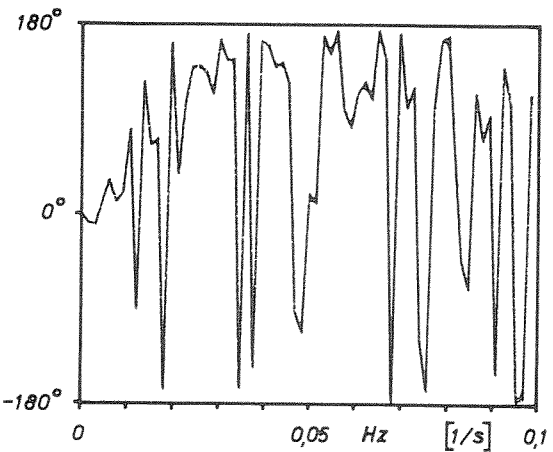
FIG. 48

FASERELATIE

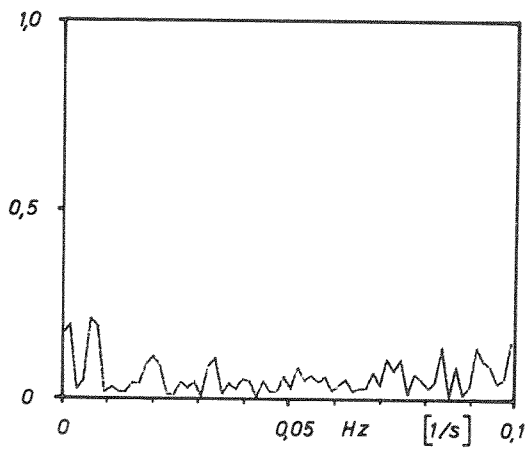
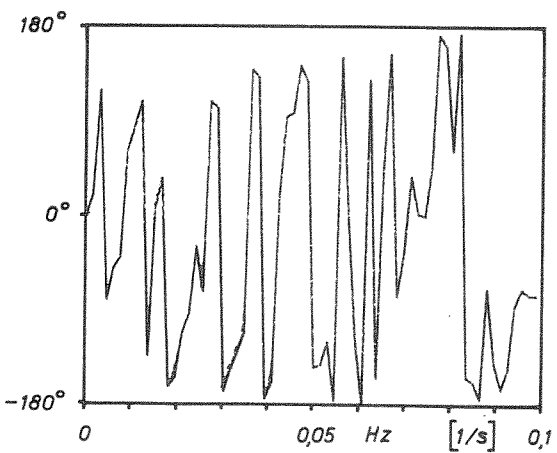
COHERENTIEFUNKTIE



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 8,7 m BOVEN BODEM 6 HUM 1 / 6 HUM 2



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 8,7 m EN 15,3 m BOVEN BODEM 6 HUM 2 / 6 HUM 3



KORRELATIE TUSSEN METINGEN OP 2 m EN 15,3 m BOVEN BODEM 6 HUM 1 / 6 HUM 3

TURBULENTIEMETING OOSTERSCHELDE
 HAMMEN-MIDDEN, IN AS KERING DIEPTE 22 m
 VERTIKALE KORRELATIES 2 UUR MAXIMUM VLOED

6 HUM

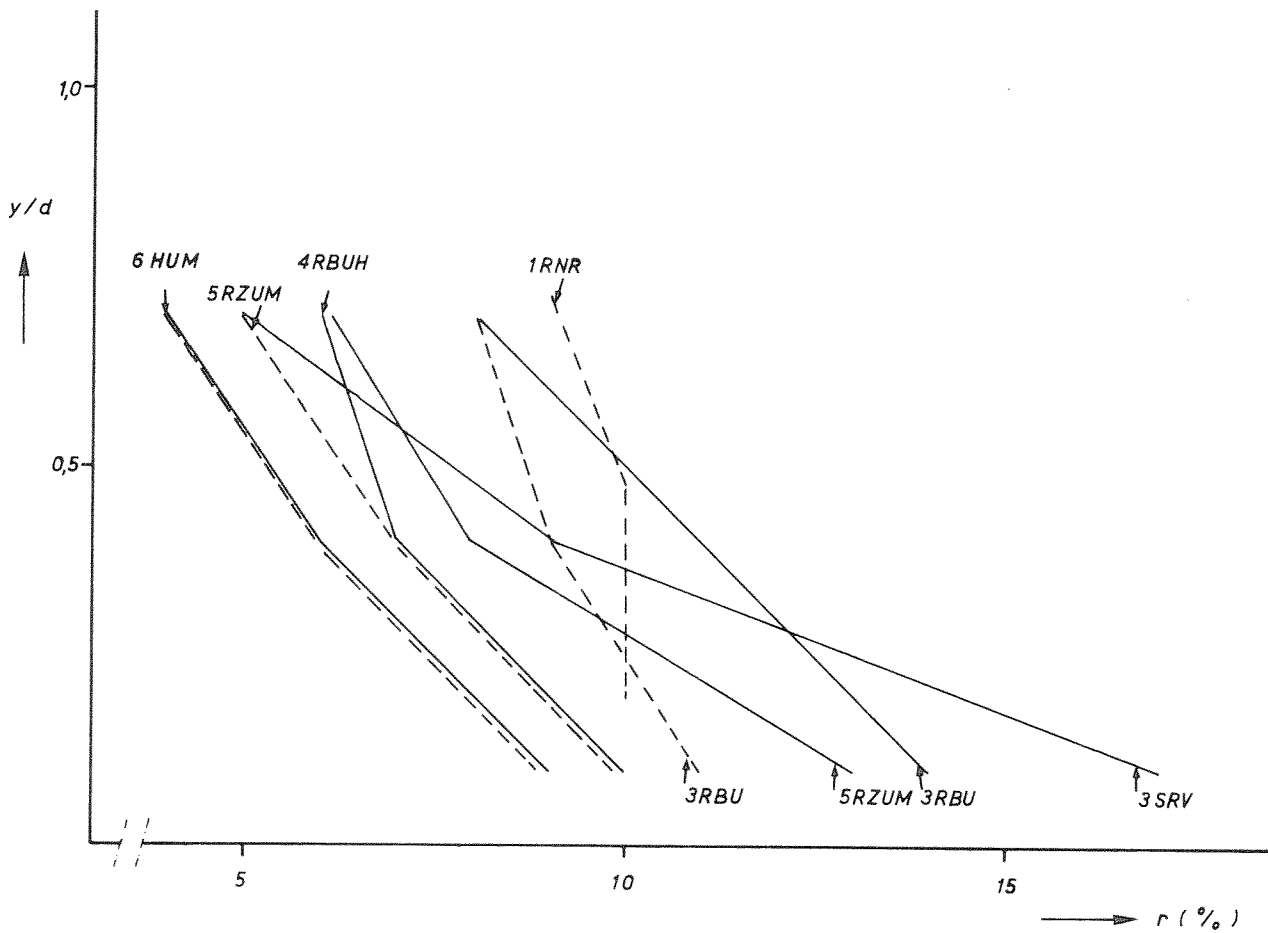
4/5 - 10 - 1979

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 49



— METING MAX. EB

- - - METING MAX. VLOED

y = AFSTAND MEETPUNT TOT DE BODEM

d = WATERDIEPTE

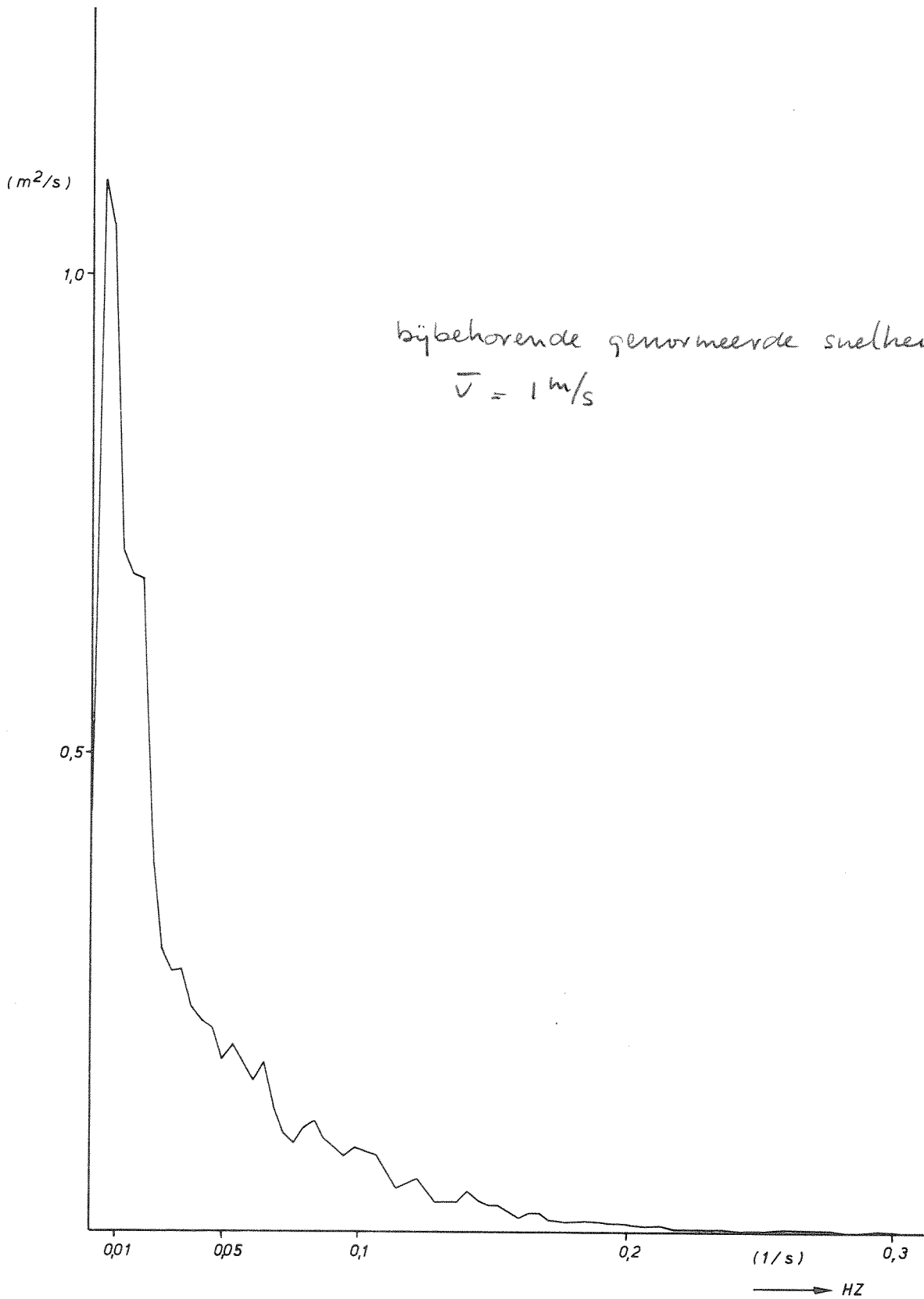
VERDELING RELatieve TURBULENTIE INTENSITEIT
IN DE VERTIKAAL BIJ TURBULENTIEMETINGEN
OOSTERSCHELDE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 50

A4



TURBULENTIEMETINGEN OOSTERSCHELDE
SPEKTRUM 4 UUR EB
VERWERKING M.B.V. TRANSFORMATIE SIGNAAL

3RBU 1

20/21-12-1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 51

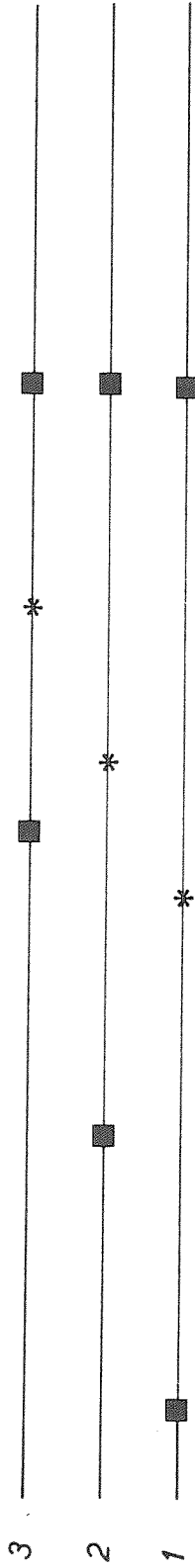
PLAATS: ROOMPOT - NOORD

DIEPTE: 10 m

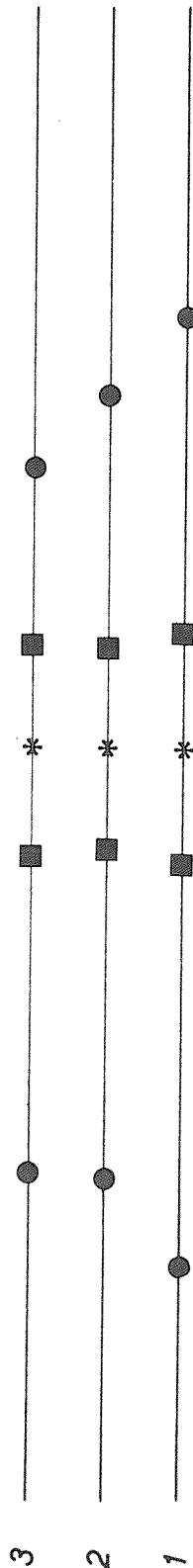
MEETPUNT 1	MEETPUNT 2	MEETPUNT 3
2.0 m BOVEN BODEM	4.7 m BOVEN BODEM	7.3 m BOVEN BODEM
0.9	0.9	1.0

GEMIDDELTE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM EB (m/s)
 GEMIDDELTE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM VLOED (m/s)

ROND LAAGWATERKENTERING:



ROND HOOGWATERKENTERING:



KODERING: ● GEMIDDELTE SNELHEID = 0.5 m/s
 ■ GEMIDDELTE SNELHEID = 0.1 m/s
 * TIJDSTIP VAN KENTERING

TIJDSCHAAL: 1 cm $\hat{=}$ 10 min.

VERLOOP VAN DE GEMIDDELTE SNELHEDEN ROND DE
 KENTERINGEN IN DRIE PUNTEN IN DE VERTIKAAL
 AFGELEZEN VAN SNELHEIDSREGISTRATIES

1 RNR

15/16-12-1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 52

PLAATS: ROOMPOT - MIDDEN

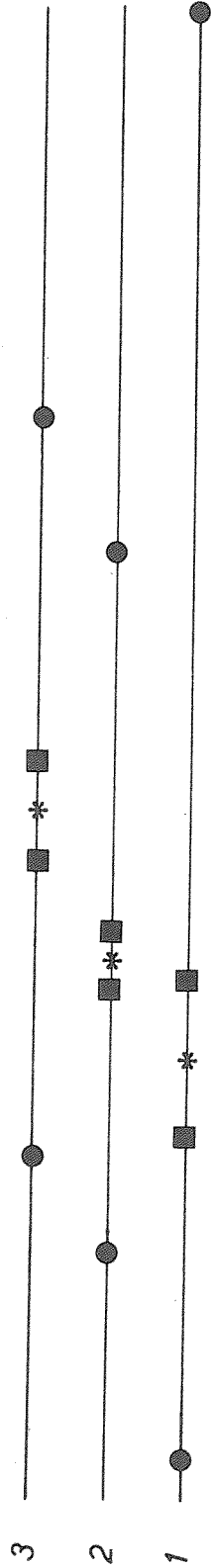
DIEPTE: 37 m

MEETPUNT 1	MEETPUNT 2	MEETPUNT 3
2.0 m BOVEN BODEM	13.7 m BOVEN BODEM	25.3 m BOVEN BODEM
0.9	1.2	1.4
0.8	1.2	1.4

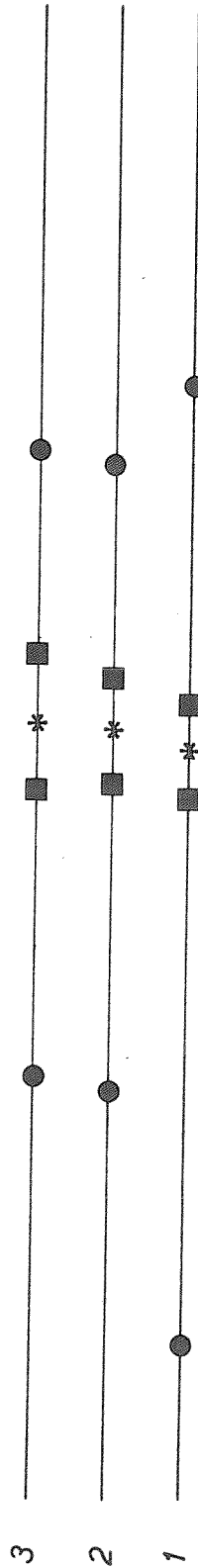
GEMIDDELTE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM EB (m/s)

GEMIDDELTE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM VLOED (m/s)

ROND LAAGWATERKENTERING:



ROND HOOGWATERKENTERING:



KODERING: ● GEMIDDELTE SNELHEID = 0.5 m/s

■ GEMIDDELTE SNELHEID = 0.1 m/s

* TIJDSTIP VAN KENTERING

TIJDSCHAAL: 1 cm \cong 10 min.

VERLOOP VAN DE GEMIDDELTE SNELHEDEN ROND DE KENTERINGEN IN DRIE PUNTEN IN DE VERTIKAAL AFGELEZEN VAN SNELHEIDSREGISTRATIES

2 RMUV

19-12-1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 53

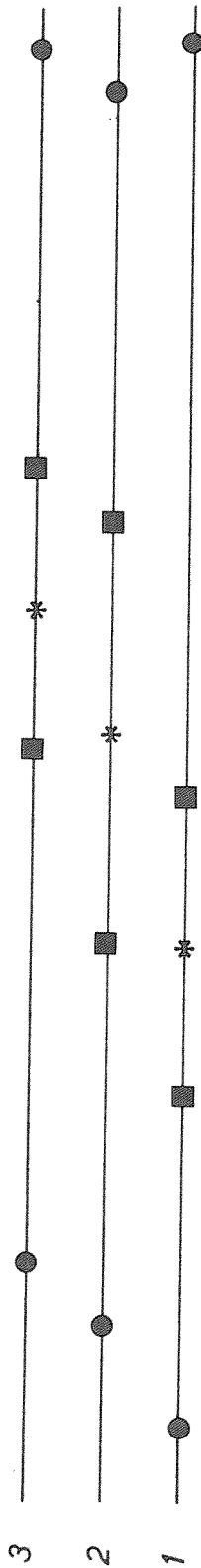
PLAATS: ROOMPOT - ZUID

DIEPTE: 20 m

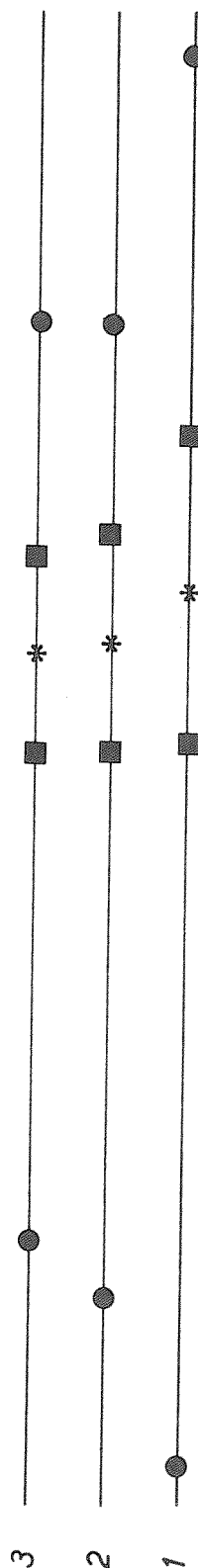
GEMIDDELTE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM EB (m/s)
 GEMIDDELTE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM VLOED (m/s)

MEETPUNT 1	MEETPUNT 2	MEETPUNT 3
2.0 m BOVEN BODEM	8.0 m BOVEN BODEM	14.0 m BOVEN BODEM
0.9	1.1	1.3
0.8	0.8	0.9

ROND LAAGWATERKENTERING:



ROND HOOGWATERKENTERING:



KODERING: ● GEMIDDELTE SNELHEID = 0.5 m/s
 ■ GEMIDDELTE SNELHEID = 0.1 m/s
 * TIJDSTIP VAN KENTERING

TIJDSCHAAL: 1 cm $\hat{=}$ 10 min.

VERLOOP VAN DE GEMIDDELTE SNELHEDEN ROND DE
 KENTERINGEN IN DRIE PUNTEN IN DE VERTIKAAL
 AFGELEZEN VAN SNELHEIDSREGISTRATIES

3 RBU

20/21-12-1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 54

PLAATS: SCHAAR - MIDDEN

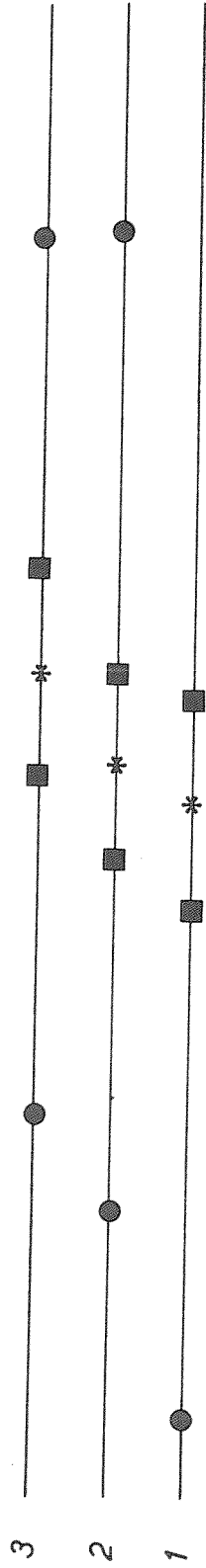
DIEPTE: 20m

MEETPUNT 1	MEETPUNT 2	MEETPUNT 3
2.0 m BOVEN BODEM 0.7	8.0 m BOVEN BODEM 1.1	14.0 m BOVEN BODEM 1.2
0.9	1.0	1.0

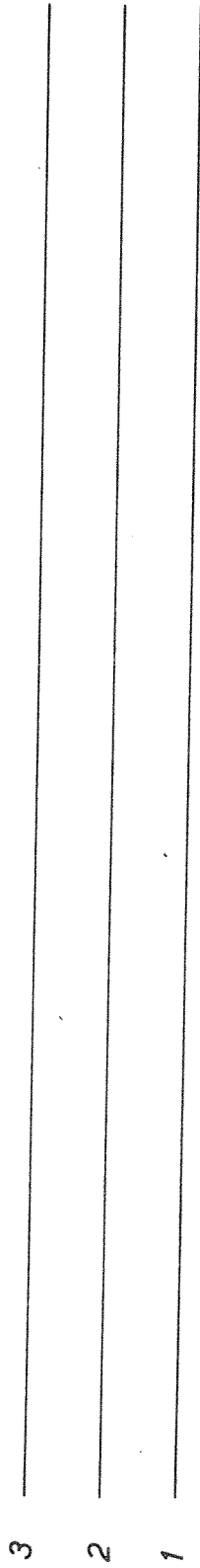
GEMIDDELDE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM EB (m/s)

GEMIDDELDE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM VLOED (m/s)

ROND LAAGWATERKENTERING:



ROND HOOGWATERKENTERING:



KODERING: ● GEMIDDELDE SNELHEID = 0.5 m/s
 ■ GEMIDDELDE SNELHEID = 0.1 m/s
 * TIJDSTIP VAN KENTERING

TIJDSCHAAL: 1 cm $\hat{=}$ 10 min.

VERLOOP VAN DE GEMIDDELDE SNELHEDEN ROND DE
 KENTERINGEN IN DRIE PUNTEN IN DE VERTIKAAL
 AFGELEZEN VAN SNELHEIDSREGISTRATIES

3 SRV

20/21-12-1978

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 55

PLAATS: ROOMPOT - ZUID

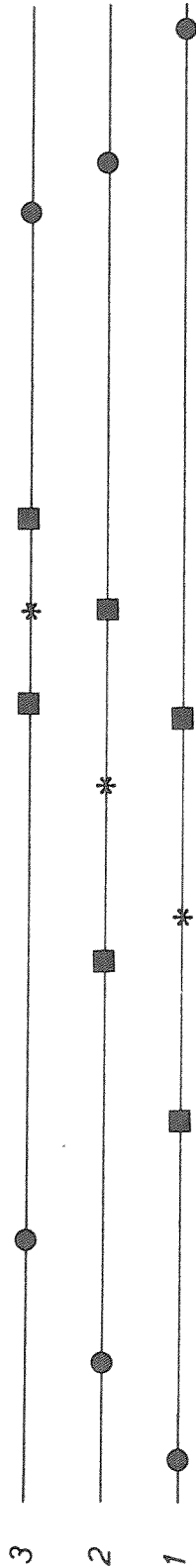
DIEPTE: 16 m

MEETPUNT 1	MEETPUNT 2	MEETPUNT 3
2.0 m BOVEN BODEM	6.7 m BOVEN BODEM	11.3 m BOVEN BODEM
0.9	1.3	1.3
0.9	1.1	1.2

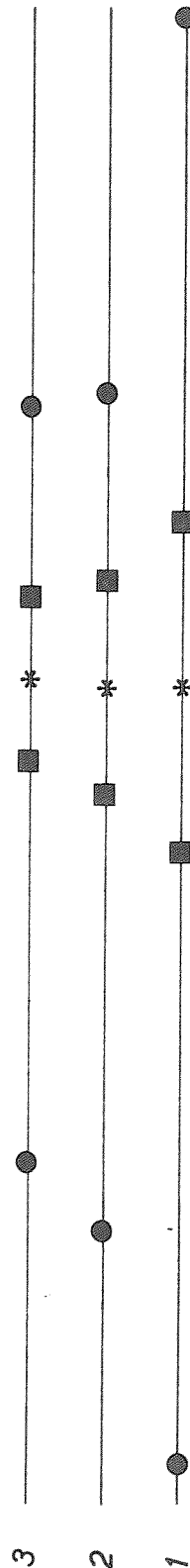
GEMIDDELDE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM EB (m/s)

GEMIDDELDE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM VLOED (m/s)

ROND LAAGWATERKENTERING:



ROND HOOGWATERKENTERING:



KODERING: ● GEMIDDELDE SNELHEID = 0.5 m/s

■ GEMIDDELDE SNELHEID = 0.1 m/s

* TIJDSTIP VAN KENTERING

TIJDSCHAAL: 1 cm $\hat{=}$ 10 min.

VERLOOP VAN DE GEMIDDELDE SNELHEDEN ROND DE
KENTERINGEN IN DRIE PUNTEN IN DE VERTIKAAL
AFGELEZEN VAN SNELHEIDSREGISTRATIES

4 RBUH

18/19 - 6 - 1979

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 56

PLAATS: ROOMPOT - ZUID

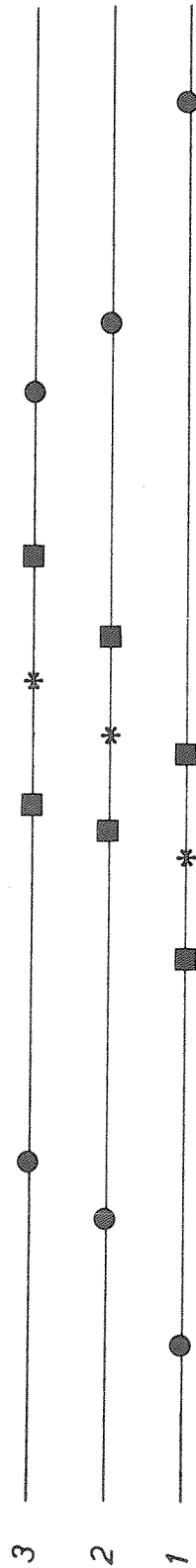
DIEPTE: 20 m

MEETPUNT 1	MEETPUNT 2	MEETPUNT 3
2.0 m BOVEN BODEM 1.1	8.0 m BOVEN BODEM 1.4	1.4 m BOVEN BODEM 1.5
1.1	1.6	1.8

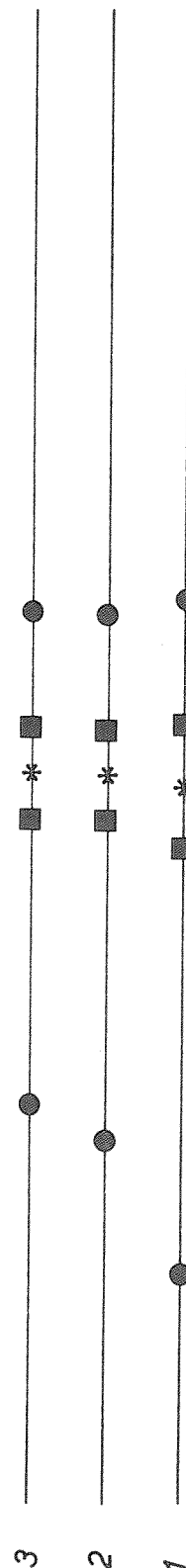
GEMIDDELDE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM EB (m/s)

GEMIDDELDE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM VLOED (m/s)

ROND LAAGWATERKENTERING:



ROND HOOGWATERKENTERING:



KODERING: ● GEMIDDELDE SNELHEID = 0.5 m/s

■ GEMIDDELDE SNELHEID = 0.1 m/s

* TIJDSTIP VAN KENTERING

TIJDSCHAAL: 1 cm $\hat{=}$ 10 min.

VERLOOP VAN DE GEMIDDELDE SNELHEDEN ROND DE
KENTERINGEN IN DRIE PUNTEN IN DE VERTIKAAL
AFGELEZEN VAN SNELHEIDSREGISTRATIES

5 RZUM

7/8 - 9 - 1979

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

FIG. 57

PLAATS: HAMMEN - MIDDEN

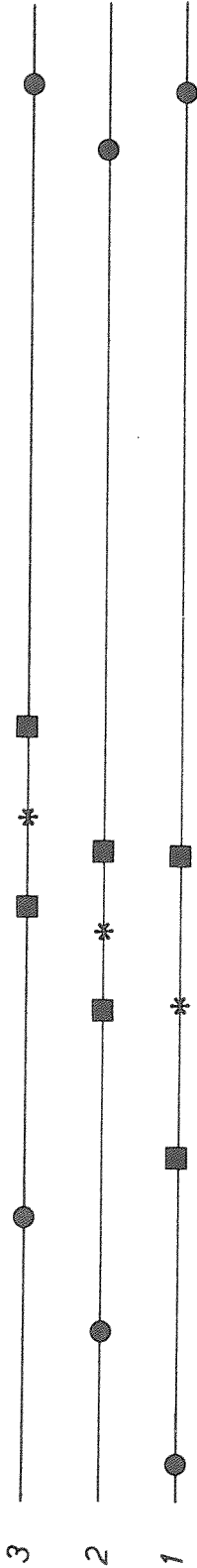
DIEPTE: 22 m

MEETPUNT 1	MEETPUNT 2	MEETPUNT 3
2.0 m BOVEN BODEM	8.7 m BOVEN BODEM	15.3 m BOVEN BODEM
0.9	1.2	1.3
1.0	1.4	1.5

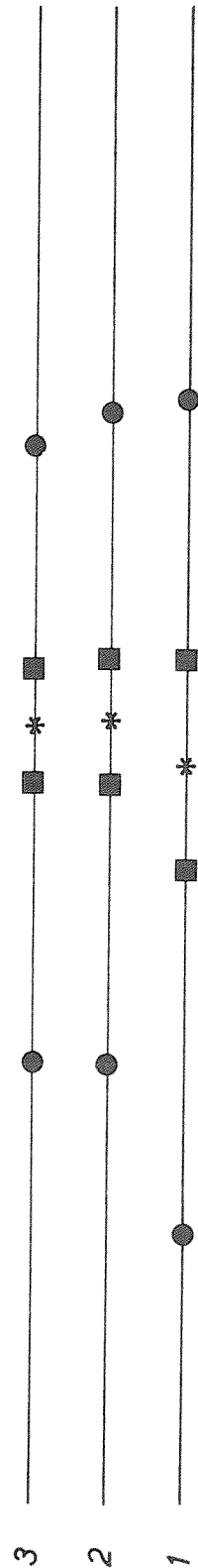
GEMIDDELTE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM EB (m/s)

GEMIDDELTE SNELHEID \bar{v} TIJDENS MAXIMUM VLOED (m/s)

ROND LAAGWATERKENTERING:



ROND HOOGWATERKENTERING:



KODERING: ● GEMIDDELTE SNELHEID = 0.5 m/s

■ GEMIDDELTE SNELHEID = 0.1 m/s

* TIJDSTIP VAN KENTERING

TIJDSCHAAL: 1 cm $\hat{=}$ 10 min.

VERLOOP VAN DE GEMIDDELTE SNELHEDEN ROND DE KENTERINGEN IN DRIE PUNTEN IN DE VERTIKAAL AFGELEZEN VAN SNELHEIDSREGISTRATIES

6 HUM

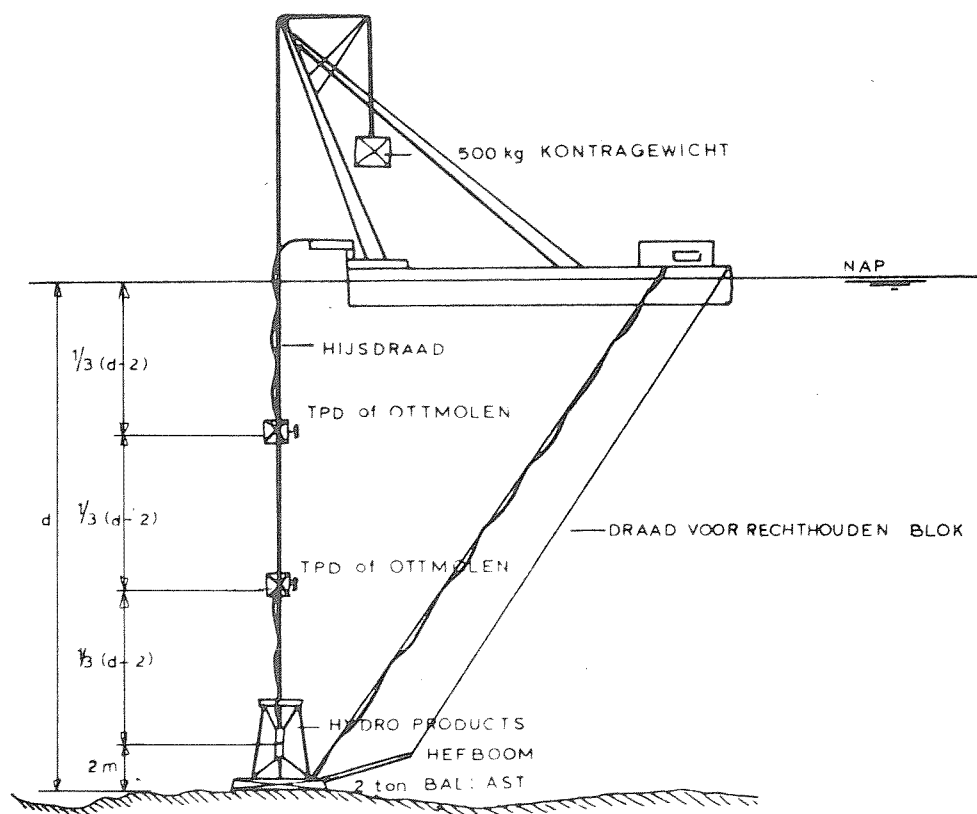
4/5-10-1979

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

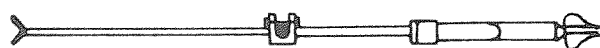
R 1437

FIG. 58

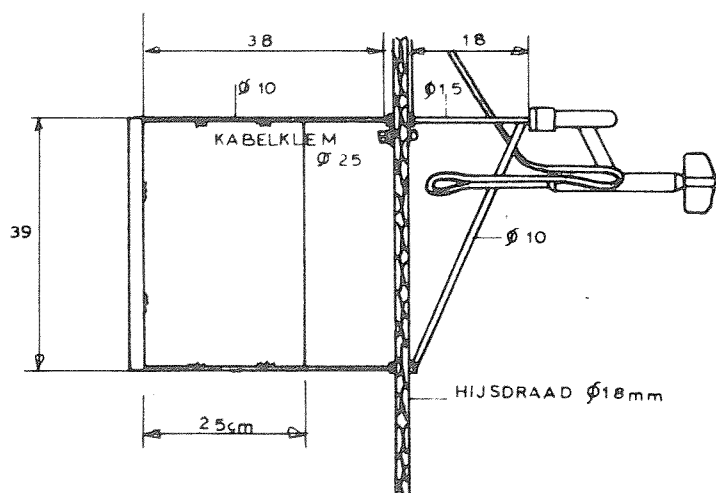


BEVESTIGING T.P.D.-MOLEN

SCHAAL 1 10



BOVENAANZICHT



ZIJAANZICHT

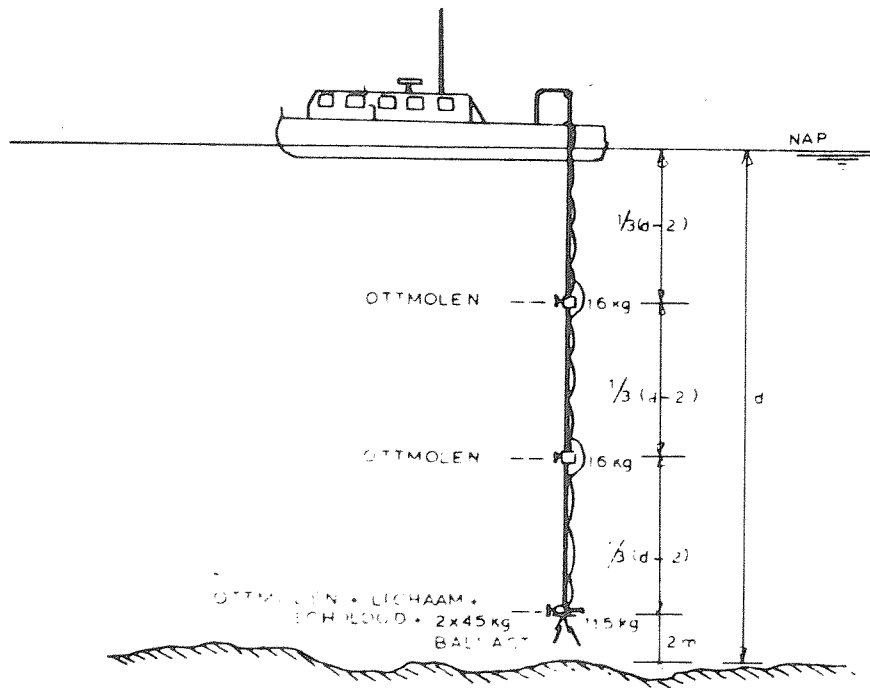
BEVESTIGING INSTRUMENTEN BOK
METING „ GESPANNEN “ DRAAD

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1437

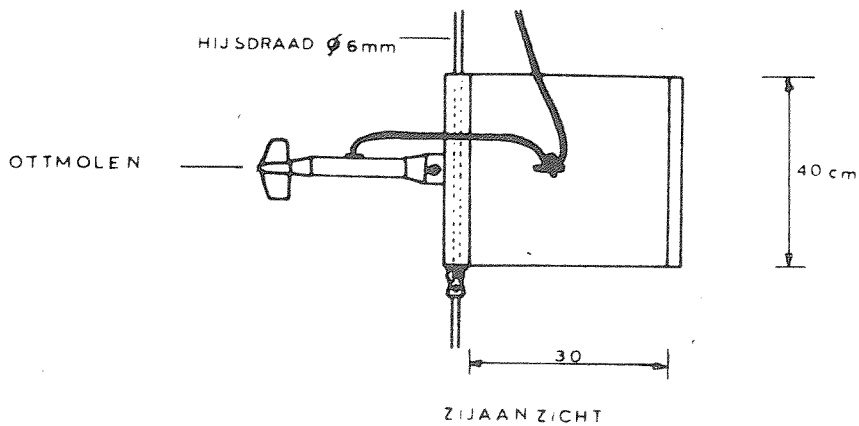
FIG. 59



BEVESTIGING OTTMOLEN
SCHAAL 1:10



BOVENAANZICHT



ZIJAAANZICHT

BEVESTIGING INSTRUMENTEN MEETVAARTUIG
METING „LOSSE DRAAD“

A4

p.o. box 177

delft

the netherlands