

## notitie

GWAO-88.411

aan : zie verzendlijst  
van : A.P. Roskam  
datum : 21 november 1988  
onderwerp : Gegevensverwerking t.b.v. seiches-onderzoek

## I N H O U D :

1. Inleiding.	blz 2
2. Gewenste gegevens en gegevensbronnen.	blz 3
3. Selektieren en digitaliseren van de gegevens.	blz 4
4. Afsplitsen van seiches en windopzet uit de getijregistraties.	blz 7
5. Uit seiches afgeleide signalen.	blz 10
6. Statistische kenmerken van de seiches-perioden.	blz 12
7. Energiedichtheidsspektra van seiches.	blz 16
8. Overdrachtsfuncties uit spektra van seiches.	blz 20
9. Vergelijking van overdrachtsfuncties uit spektra met model-overdrachtsfuncties (PHAROS).	blz 22
10. Enkele voorbeelden van lange termijn statistiek van seiches bij meetstation Rozenburgsesluis.	blz 26
Literatuur.	blz 32
Lijst van tabellen.	blz 33
Lijst van bijlagen.	blz 34
Bijlage 1 t/m 44	

rijkswaterstaat  
dienst getijdewateren  
hoofdafdeling AO  
postbus 20907  
2500 EX 's-gravenhage  
  
van alkemadelaan 400  
070-264101

RWS - Dienst Getijdewateren  
Postbus 20907  
2500 EX 's-GRAVENHAGE  
t.a.v. Kaaijk

Aan : geadresseerde

Datum : 18 juli 1989  
Betreft : verzending notitie GWA0 - 88.411

L.S.

Hierbij doe ik u een deelrapportage van het seichesonderzoek toekomen.  
Hierin wordt beschreven hoe de beschikbare meetgegevens zijn verwerkt en  
vergeleken met enkele modelresultaten.

Met vriendelijke groeten,



J.A. Vogel

Verzendlijst :

Dienst Weg- en Waterbouwkunde :

ir. J.P.F.M. Janssen, ir. M.J. Koster, ir. P. Struik, ir. H. Verwoert.

Directie Noordzee :

J.G.A. v. Marle, ir. J.C. Wüst, ir. J. Ros

Dienst Binnenwateren/RIZA :

Lelystad : ir. A.W. Dollee, ir. J. Hartman.

Dordrecht : ir. A. van Urk.

Directie Sluizen en Stuwen :

ir. J.C. Huis in 't Veld, ir. W. Korf, ir. P.F. de Swart,

ir. B.J. Kouwenhoven.

Directie Zuiderzeewerken :

ir. J. Kolvoort.

Directie Zuid-Holland :

ir. J.M. de Bruijne, ir. M. v.d. Linden.

Projectorganisatie SVKW (Zaagmolenlaan 4, 3447 ES Woerden) :

secretariaat SWE, secretariaat SWK

Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam :

ir. C. Deelen.

Gemeente Werken Rotterdam :

ir. C. Mooijman

Waterloopkundig Laboratorium "de Voorst" :

ir. J.K. Kostense, ir. C. de Valk, ir. G.J. Wensink, bibliotheek.

Waterloopkundig Laboratorium Delft :

ir. P. van der Kuur, ir. H. Kernkamp, dr. ir. G. Verboom, ir. H. Gerritsen,  
bibliotheek.

Frederic R. Harris BV (Badhuisweg 11, 2587 CA 's-Gravenhage)

ir. A.J. van Berk.

intern DGW :

van Alkemadelaan :

Voogt, Vogel, Louisse, Keyser, de Ronde, Borst, van der Giessen, Hokke,  
Roskam, bibliotheek (3x).

Hooftskade :

Al, Bouwmeester, Dillingh, Doekes, Ettema, van Heuvel, Kaaijk, Roos,  
van der Wekken.

Rijswijk :

Bosman, Droppert.

Middelburg :

Roelse.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 2

## 1. Inleiding.

In havens en havenbekkens treden regelmatig seiches op. Dit zijn lange golven of opslingeren van het bekken met perioden van enkele minuten tot enkele uren. Deze seiches kunnen leiden tot onverwacht hoge of onverwacht lage waterstanden. In het eerste geval kunnen ze een bedreiging vormen voor waterbouwkundige constructies en de aanwezige infrastructuur en in het tweede geval voor de scheepvaart. Ook de bijbehorende stromingsvariaties kunnen problemen opleveren voor de scheepvaart. Er is dus alle aanleiding om het verschijnsel seiches te bestuderen.

De specifieke aanleiding tot deze studie vormt het ontwerp van een stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg. Voor het probabilistisch ontwerp van zo'n constructie is kennis nodig van de kansverdelingen van alle factoren, die invloed op die constructie uitoefenen en hun onderlinge samenhang. Voor de SVK in de Nieuwe Waterweg is voor wat betreft seiches dus kennis nodig omtrent de kans van voorkomen van seiches van diverse hoogten en omtrent de samenhang tussen het optreden van seiches en hoge waterstanden (windopzet).

Het "lange-golf"verschijnsel seiche kan goed worden gemodelleerd (bv. PHAROS) en daarmee kunnen de voortplanting en de versterking of verzwakking van de lange golf op verschillende plaatsen binnen een havengebied worden beschreven. Uit de natuur - dus uit metingen - is echter kennis nodig omtrent de frequentie van optreden van dit verschijnsel. Tevens is het gewenst om het model te kunnen ijken of verifiëren. Dit kan alleen als van meerdere plaatsen binnen het beschouwde gebied simultane metingen aanwezig zijn.

In deze notitie wordt beschreven hoe uit een aantal perioden met grote opslingeren in het Rotterdamse havengebied de seiches zijn bepaald en verwerkt tot statistieken. De interpretatie van deze statistieken en de verwerking tot voor het ontwerp van de SVK bruikbare randvoorwaarden wordt elders beschreven [5].

Er bestaan feitelijk geen metingen van seiches. Wel komen ze als bijproduct naar voren in getijregistraties. Van deze registraties is dan ook gebruik gemaakt om "meetdata" van seiches te verkrijgen. In de volgende hoofdstukken wordt eerst beschreven hoe seiches en windopzet uit de getijregistraties zijn gefilterd. Vervolgens worden seiches-intensiteit en verdeling beschouwd en worden statistische kenmerken gegeven van de gemeten seiches en de daarmee samenhangende verschijnselen. Daarna komen spektra en overdrachtsfuncties aan de orde. De overdrachtsfuncties uit metingen worden vergeleken met die van het model (PHAROS).

Tenslotte worden lange termijn statistieken van de "gemeten" seiches bepaald voor het meetstation Rozenburgsesluis. Met deze statistieken en de overdrachtsfuncties van PHAROS kan de invloed van seiches op een gesloten kering in de Nieuwe Waterweg worden geschat. Dit laatste komt echter niet in deze notitie aan de orde.

behoort bij. Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 3

## 2. Gewenste gegevens en gegevensbronnen.

De voor de verschillende doelen van dit onderzoek gewenste meetdata zijn:

- t.b.v. lange termijnstatistiek d.i. hoe vaak komen seiches voor, hoe hoog zijn ze en welke periode hebben ze :  
gewenst: alle opgetreden seiches binnen een zo lang mogelijke periode op een plaats binnen het Rotterdamse havengebied waar de seiches zo hoog mogelijk zijn.
- t.b.v. verifikatie voortplantingsmodel en algemeen begrip van seiches:  
gewenst: een aantal perioden met seiches, gemeten op zoveel mogelijk plaatsen binnen het Rotterdamse havengebied en op een plaats op zee nabij de monding van de haven.

Zoals eerder gesteld zijn er geen echte metingen van seiches. Omdat het verschijnsel niet zo vaak optreedt (slechts enkele malen per jaar grote seiches) is het ook niet mogelijk een meetcampagne op te zetten waaruit op korte termijn voldoende resultaten zouden komen. Voor de lange termijn statistiek moet in elk geval gebruik worden gemaakt van metingen uit het verleden.

Seiches kunnen worden bepaald uit getijregistraties. Deze zijn in het Rotterdamse havengebied beschikbaar van de stations Hoek van Holland en Rozenburgsesluis (1971-1983). Bij dit laatste station treden regelmatig grote seiches op (tot ca. 1.5 m). Dit station is dus geschikt voor de bepaling van de lange termijnstatistiek van seiches in het beschouwde gebied. Hierbij geldt echter de restrictie, dat de periode 1971-1975 minder goed bruikbaar is omdat in die tijd nog veel veranderingen in het havengebied plaatsvonden.

Voor evaluatie doeleinden zijn de beide stations Hoek van Holland en Rozenburgsesluis bruikbaar. Voorts bleken er getijregistraties te bestaan van de Noordzee-metstations Euro-platform en Lichteiland Goeree. Nog meer bruikbare gegevens bleken aanwezig bij Gemeente Werken Rotterdam. Daar is begin 1987 een getijmeetcampagne gestart in een aantal havens, vanwege problemen met de scheepvaart door te lage waterstanden bij seiches. Aan deze meetcampagne zijn enige perioden met seiches ontleend, geregistreerd in de Mississippihaven.

Resumerend waren dus de volgende databronnen beschikbaar :

- lange termijnstatistiek  
Rozenburgsesluis 1976-1983
- evaluatie voortplantingsmodel
 

Rozenburgsesluis	(ROZ)	1976-1983	getijbladen
Hoek van Holland	(H VH)	1976-1987	getijbladen
Euro-platform	(EUR)	1983	getijrollen
Lichteiland Goeree	(LEG)	1983	getijrollen
Mississippihaven	(MIS)	1987	digitale gegevens

Zie voor de situering van de meetstations bijlage 1. In bijlage 2 wordt een voorbeeld gegeven van een getijregistratie met seiches.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 4

**3. Selektieren en digitaliseren van de gegevens.**

Het selektieren van de perioden met seiches is gebeurd (door DGW-IO) door alle getijbladen van de meetstations ROZ en HVH uit de jaren 1971-1983 te bekijken en alle perioden met voldoende grote seiches (0.5 m te ROZ) te noteren. Dit resulteerde in een lijst met 67 seiches-perioden in de genoemde 13 jaar [1]. Van deze lijst is later een herziene versie gemaakt door enkele bijna aangrenzende perioden samen te voegen. Deze nieuwe lijst bevat 57 seiches-perioden. In deze notitie wordt de nummering van de herziene lijst gebruikt. De eerste 23 seiches-perioden vielen in de periode 1971-1975 en zijn om eerder genoemde redenen niet beschouwd. Uit de resterende perioden zijn er 12 geselecteerd voor het eerste, verkennende onderzoek. Deze perioden zijn gegeven in onderstaande tabel.

per. nr.	b e g i n -		e i n d -		duur uren	meetstations
	datum	tijd	datum	tijd		
24	760102	12.00	760104	19.58	56	HVH ROZ
25a	760119	20.00	760123	09.58	86	HVH ROZ
25b	760123	13.00	760126	06.58	66	HVH ROZ
30	771228	09.00	780105	07.58	191	HVH ROZ
31	781125	10.00	781129	15.58	102	HVH ROZ
32	790101	11.00	790103	07.58	45	HVH ROZ
40	801126	00.00	801207	23.58	288	HVH ROZ
51	820920	18.00	820922	15.58	46	HVH ROZ
53	830101	12.00	830106	11.55	120	HVH ROZ EUR LEG
54	830117	12.00	830120	23.55	84	HVH ROZ EUR LEG
55	830201	08.00	830203	19.55	60	HVH ROZ EUR LEG
56	830321	08.00	830328	07.55	168	HVH ROZ EUR LEG
57	830515	00.00	830516	11.55	36	HVH ROZ EUR LEG

\* - gesplitst in twee perioden i.v.m. een onderbreking bij ROZ

\*\* - EUR en LEG beginnen 830103 11.00 duur : 73 uur

Tabel 1. : Overzicht geselecteerde seiches-perioden.

De getijgegevens van de perioden uit tabel 1 zijn beschikbaar in analoge vorm op zogenaamde getijbladen of getijrollen. Weliswaar zijn ook computerbestanden met getijgegevens beschikbaar, maar de tijdstap van deze gegevens is te groot n.l. 60 min. bij oude gegevens (tot ca. 1983) en 10 min. bij recentere gegevens (van enkele stations). Om seiches goed te kunnen weergeven is echter een tijdstap van maximaal 5 min. een voorwaarde.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 5

De gegevens uit de getijbladen moesten dus gedigitaliseerd worden, teneinde ze met de computer te kunnen verwerken. Dit is op twee manieren gedaan n.l. handmatig en met de digitaliseertafel.

- handmatig

De getijregistraties werden met een vaste tijdstap van 5 minuten afgelezen en via het toetsenbord in een bestand op de UNIVAC gebracht. Dit is gedaan bij DGW-IO.

- digitaliseertafel

De getijbladen werden op de digitaliseertafel gelegd. Deze is aangesloten op de HP-1000. Met de "lijnvolger" werden van zo veel punten als nodig was om de getijlijn goed vast te leggen, de coördinaten van die punten in de computer gebracht. De tijdsafstand tussen die punten was daarbij meestal tussen 0,5 en 5 minuten. Tevens werd met tussenpozen van enkele uren de tijdcorrectie vastgelegd. De bestanden met deze gegevens werden overgebracht naar de UNIVAC. Op deze computer werden m.b.v. daarvoor gemaakte programma's de coördinaten omgezet in tijd en waterstand. Deze werden vervolgens gecontroleerd en gecorrigeerd, de gevonden tijdcorrecties werden toegepast en tenslotte werd geïnterpoleerd naar een vaste tijdstap van 2 minuten. Dit is gedaan bij DGW-AOM.

De tijdstap van de handmatig gedigitaliseerde perioden (per. 53 t/m 57) bedraagt dus 5 minuten en die van de perioden, die met de digitaliseertafel zijn verwerkt (per. 24,25,30,31,32,40 en 51) bedraagt dus 2 minuten. Voor alle perioden is bij het digitaliseren een aanlooptijd van ca. 6 uur aan begin en einde van de periode meegenomen i.v.m. verliezen bij de verdere verwerking.

Voor lange termijn statistiek is het noodzakelijk om alle perioden met seiches, binnen het gekozen tijdvak (1976-1983) te beschouwen, of tenminste alle perioden met seiches boven een zekere drempelhoogte. Alle seiches digitaliseren was niet mogelijk, deels vanwege de grote hoeveelheid werk die daaruit zou voortkomen en deels omdat kleine seiches vaak moeilijk van andere lage lange golven te onderscheiden zijn.

Voor de lange termijn statistiek voor de SVK is gekozen voor seiches met een minimale hoogte van 50 cm bij ROZ. Om deze statistiek te kunnen maken moesten dus alle perioden, waarin seiches met een hoogte van 50 cm of meer voorkomen bij Rozenburgsesluis worden gedigitaliseerd.

Dit is gedaan met de digitaliseertafel, dus met een tijdstap van 2 minuten. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verwerkte perioden.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 6

per. nr.	b e g i n -		e i n d -		duur uren
	datum	tijd	datum	tijd	
24a	760102	00.00	760102	15.58	16
28	771001	08.00	771001	23.58	16
29a	771111	20.00	771113	05.58	34
29b	771113	22.00	771115	07.58	34
33	790111	14.00	790114	07.58	66
34	790309	08.00	790310	07.58	24
35	790914	12.00	790915	11.58	24
36	791230	12.00	800101	07.58	44
38	800419	05.00	800420	19.58	39
39	801007	10.00	801008	05.58	20
41a	801231	10.00	810102	11.58	50
41b	810103	03.00	810105	23.58	69
43a	810112	00.00	810113	23.58	48
43b	810114	15.00	810116	23.58	57
44	811031	00.00	811031	21.58	22
45	811113	09.00	811114	11.58	27
46	811204	08.00	811206	11.58	52
48	820408	08.00	820409	07.58	24
49a	820429	04.00	820430	07.58	28
49b	820501	08.00	820502	07.58	24
52	821116	08.00	821120	07.58	96

Tabel 2. : Overzicht aanvullende seiches-perioden bij Rozenburgse-sluis t.b.v. lange termijn statistiek.

Om het gebruikte voortplantingsmodel voor seiches (PHAROS) te kunnen evalueren is het gewenst over perioden met gedigitaliseerde seiches te kunnen beschikken op meerdere plaatsen binnen het Rotterdamse havengebied. Om deze reden zijn enkele seiches-perioden gebruikt van het getijmeetstation Mississippihaven. De getijregistraties van dit station in 1987 waren al digitaal aanwezig (op tapes met minuutstanden, gemeten door Gemeente Werken Rotterdam). Een overzicht van deze perioden wordt gegeven in tabel 3.

per. nr.	b e g i n -		e i n d -		duur uren	meet- stations
	datum	tijd	datum	tijd		
90	870315	00.00	870316	23.55	48	HVH MIS
92a	870912	00.00	870913	23.55	48	HVH MIS
92b	870914	14.00	870918	09.55	92	HVH MIS

Tabel 3. : Overzicht seiches-perioden Mississippihaven.



behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 7

#### 4. Afsplitsen van seiches en windopzet uit de getijregistraties.

De gedigitaliseerde waterstanden zijn op te vatten als een signaal, dat opgebouwd is uit een aantal componenten :

- astronomisch getij
- windopzet
- seiches
- eventueel overige componenten

Het splitsen van de waterstandssignalen in deze componenten kan alleen op basis van de verschillen in frequentie van de componenten. In principe zijn er bij dit onderzoek twee methoden beschouwd om dit te bereiken :

a - via fouriertransformatie

het waterstandssignaal wordt in een groot aantal frequentiecomponenten gesplitst. Daaruit worden de frequentiebanden voor seiches en windopzet geselecteerd en deze worden teruggetransformeerd naar het tijdsdomein.

b - via aftrekken van het astronomisch getij.

van het waterstandssignaal wordt eerst het "bekende" deel n.l. het astronomisch getij afgetrokken. Uit het resterende signaal worden in het tijdsdomein windopzet en seiches gefilterd via herhaald lopend middelen.

Bij methode a worden alle verschijnselen uit de beschouwde periode meegenomen, ook het normale getij. Een nadeel van deze methode is dan ook dat componenten van het astronomisch getij binnen de seiches- of opzetband kunnen vallen en dus met de seiches of opzet mee worden genomen.

Bij methode b worden alleen de verschijnselen, die afwijken van het "normale" getij beschouwd. Een nadeel van deze methode is dat faseverschuiving in het astronomisch getij, veroorzaakt door interacties tussen getij en windopzet, worden omgezet in golven. Meestal is de periode van deze golven echter langer dan die van seiches.

Beide methoden hebben dus nadelen. Voor een goede keuze tussen deze methoden of eventuele andere zou een nadere studie gewenst zijn. Omdat de tijd hiervoor ontbrak, is hoofdzakelijk om reden van snel beschikbare computerprogramma's gekozen voor methode b.

Het astronomisch getij is voor de seiches-perioden (door DGW-IO) berekend m.b.v. uit langjarige getij-analyse bekende getijcomponenten. De resultaten zijn met tijdstappen van 2 resp. 5 minuten op bestanden gezet. Bijlage 3 geeft een voorbeeld van enkele dagen registratie van het opgetreden en het astronomisch getij. Van elke seiches-periode zijn het opgetreden getij en het astronomisch getij ingelezen met een computerprogramma. Per tijdstap is het verschil bepaald en uit dit verschilsignaal zijn seiches en windopzet gefilterd m.b.v. herhaald lopend middelen.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 8

Bij filteren door lopend middelen wordt een signaal gesplitst in een langzaam variërend en een snel variërend deel. Het langzaam variërende deel wordt berekend door het signaal over een zekere breedte, dus over een zeker aantal opeenvolgende tijdstappen te middelen, vervolgens één tijdstap op te schuiven en opnieuw te middelen etc. . Het snel variërende signaal wordt dan gevonden door het langzame signaal van het oorspronkelijke signaal af te trekken. De breedte van het deel waarover wordt gemiddeld bepaalt de grens tussen langzaam en snel variërend. De scheiding tussen langzaam en snel is niet perfect. In het snel variërende deel komen kleine langzamere componenten voor en andersom. De filterwerking wordt i.h.a. verbeterd door het lopend middelen enkele malen te herhalen. De scheiding van de componenten kan worden weergegeven met een filterkarakteristiek, d.i. een functie die voor elke frequentie aangeeft, welk deel van het signaal in de laagfrequente (langzame) reeks terecht komt en welk deel in de hoogfrequente (snelle) reeks.

Met filterbreedte's en -vormen voor het afsplitsen van de gewenste signalen (en afgeleide signalen : zie volgend hoofdstuk) is vooraf geëxperimenteerd. Om de invloed van het filter te kunnen bekijken, zijn na het filteren de hoog- en laagfrequente signalen geplot. Op basis van hiervan zijn de hiernavolgende filterbreedte's gekozen. Om de omvang van dit verslag te beperken, is dit hier niet verder beschreven.

Om seiches te bepalen is een filter nodig, dat golven met een periode langer dan 5 min. en korter dan 2 uur (120 min.) afsplitst. Met perioden, korter dan 5 min., hoeft geen rekening te worden gehouden, want deze zijn al weggefilterd tijdens het meten en digitaliseren. Bij het meten van getij worden korte golven uitgedempt door de constructie van het getijmeetinstrument. Om de componenten, langer dan 2 uur te verwijderen is een filter gebruikt, bestaande uit 4 maal lopend middelen over 75 minuten, d.i. over 15 opéénvolgende waarden bij 5 min.-reeksen of 37 waarden bij 2 min.-reeksen. De filterkarakteristiek is gegeven in bijlage 4.

Bij het lopend middelen gaan aan het begin en aan het einde van de reeks een aantal waarden verloren, want het gemiddelde wordt berekend over een aantal waarden voor en na het beschouwde tijdstip. De eerste gemiddelde waarde kan pas worden berekend op de halve middelingsbreedte vanaf het begin. Bij lopend middelen over 75 min. bij een reeks met een tijdstap van 5 min. gaan per keer aan begin en eind 35 min. verloren, totaal dus aan beide einden 140 minuten. Bij het kiezen van de begin- en eindtijd van de reeksen is hier rekening mee gehouden.

Vervolgens is de "windopzet" afgefilterd. Dit is hier gedefiniëerd als de langzame componenten uit het signaal (waterstanden - astr. getij) met perioden langer dan ca. 10 uur. Deze grensperiode is vrij hoog gekozen om een glad verlopende opzet-kromme te verkrijgen, dus een opzet-kromme die redelijk lijkt op een geschematiseerde opzet-verwachting waarmee wordt gerekend bij het ontwerp van de SVK. De filtering is uitgevoerd door 4-maal lopend te middelen over 245 minuten. De filterkarakteristiek is gegeven in bijlage 5. Bijlage 6 geeft een voorbeeld van de berekende seiches en windopzet.

behoort bij. Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 9

Het verlies aan begin en einde van de reeks bedraagt bij dit filter 120 min. per middeling, in totaal dus 8 uur aan beide einden van de reeks. Op zo'n groot verlies was niet gerekend bij het vaststellen van de begin- en eindtijd van de te digitaliseren perioden, zodat bij toepassing van dit filter waardevolle informatie verloren zou gaan. Daarom werd bij het middelen een reken-techniek toegepast, waarbij voor de 120 min. aan begin en eind van de reeks, die na een middeling onbepaald bleven, steeds het overeenkomende deel van de oorspronkelijke reeks werd gebruikt. Zodoende bleef het verlies beperkt tot 1-maal 120 minuten. Omdat deze methode niet helemaal zuiver is, zijn de eerste en laatste 240 min. (4 uur) van de reeks niet gebruikt. Vergeleken met de meetperioden uit de tabellen 1 t/m 3, zijn de verwerkte perioden dus steeds 2-maal 4 uur korter.

De gebruikte filters voor opzet en seiches zijn niet aansluitend, dus een deel van het signaal (waterstand - astr. getij) is een nog onbepaald rest-sig-naal. Dit restsignaal kan bestaan uit getijresten, resten van windopzet en seiches of uit de gevolgen van interacties tussen getij en windopzet of seiches. Mogelijk spelen ook lange golven, opgewekt door dichtheidsverschillen een rol. Om dit restsignaal te kunnen beoordelen op eventueel belang voor de seiches-berekeningen en om de optelbaarheid van de signalen te kunnen handhaven is ook dit signaal bepaald. De berekeningswijze is eenvoudig, n.l. alle bekende signalen aftrekken van de waterstand. Bijlage 7 geeft een voorbeeld van dit signaal.

In bijlage 8 zijn de frequentie-gebieden van alle signalen in één tekening weergegeven.

behoort bij. Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 10

##### 5. Uit seiches afgeleide signalen.

Om de seiches-intensiteit continu te kunnen beschrijven is een parameter nodig, die iets zegt over de gemiddelde hoogte of amplitude van de seiches. Daarvoor is de momentane spreidingshoogte  $s(t)$  gekozen d.i. de standaardafwijking ofwel het kwadratisch gemiddelde van het signaal over zekere breedte. Deze maat is vergelijkbaar met  $\sqrt{m_0}$  bij korte golven. De breedte waarover  $s(t)$  wordt bepaald, is gesteld op 305 minuten, dit is 3 à 4 seiches bij ROZ. Deze breedte is een optimum tussen nauwkeurigheid en snelheid van veranderingen. Een grotere breedte zou grotere nauwkeurigheid geven, maar minder snel op veranderingen reageren en een kleinere breedte andersom.

Het signaal  $s(t)$  is berekend door steeds over 305 min. van het seiches-signaal lopend de standaardafwijking te bepalen. De zo bepaalde  $s(t)$ -reeks geeft continu de intensiteit van de seiches weer. Dit signaal is niet erg glad, maar bevat rimpelingen van enkele cm's. Dit komt door het kleine aantal golven, waarover  $s(t)$  wordt berekend. Deze rimpelingen zijn storend, bijvoorbeeld bij het bepalen van maxima. Daarom zijn ze weggewerkt m.b.v. een gladstrijkfiter, n.l. 2-maal lopend middelen over 195 minuten. Omdat deze breedte kleiner is dan de breedte waarover  $s(t)$  is bepaald, verandert het signaal niet of nauwelijks, maar worden alleen de rimpelingen op het signaal gladgestreken. Bijlage 9 geeft een voorbeeld van een seiches-signaal en het bijbehorende signaal  $s(t)$ .

Vervolgens is het "genormaliseerde" seiches-signaal bepaald. Dit is gedaan door voor elke tijdstap het seiches-signaal te delen door de momentane waarde van  $s(t)$ . Het resulterende signaal heeft overal een gemiddelde waarde 0 en een standaardafwijking 1. Van zo'n genormaliseerd signaal kan de verdeling worden bepaald en daaruit kunnen eventueel eigenschappen worden afgeleid voor de verdeling van de seiches-hoogten.

Bijlage 10 geeft een voorbeeld van het signaal genormaliseerde seiches. Uit het voorbeeld blijkt, dat de genormaliseerde seiches-reeksen lijken op korte zeegolven (afgezien van de golfperiode). De zeeoppervlakte is bij korte golven normaal verdeeld. Voor enkele seiches-perioden is onderzocht of dit ook voor genormaliseerde seiches het geval is. Daarvoor is een door RWS en Erasmus Universiteit ontwikkelde toets gebruikt, die bedoeld is voor het toetsen op normaliteit van tijdreeksen met afhankelijke waarnemingen [ 2 ]. De onderzochte perioden bleken alle bij goede benadering normaal verdeeld met een verwaarloosbare scheefheid, maar met een kurtosis, die steeds iets groter was dan de verwachtingswaarde 3.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 11

De in het voorgaande vermelde signalen zijn opgeslagen op computerbestanden op de UNIVAC. Per station en per periode staan de gegevens in een datafile (format I8,8I6). Bijlage 11 is een gedeeltelijke print van zo'n file. De kolommen bevatten achtereenvolgens :

- datum	jjmmdd	
- tijd	uumm	M.E.T.
- opgetreden waterstand	cm	
- astronomische waterstand	cm	
- windopzet	cm	$o(t)$
- seiches	cm	$x(t)$
- seiches-intensiteit	$cm*0.01$	$s(t)$
- genormaliseerde seiches	$- *0.01$	$x'(t)$
- restsignaal	$cm*0.01$	$r(t)$

Van de seiches-perioden uit tabel 1 zijn de eerste vier signalen alle geplot in de volgende combinaties :

- opgetreden getij en astronomisch getij
- windopzet en seiches

Van de overige signalen zijn enkele perioden geplot. Al deze plots zijn beschikbaar bij DGW-AOM.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 12

**6. Statistische kenmerken van de seiches-perioden.**

Van de in het voorgaande beschreven seiches-perioden van de stations HVH, ROZ, LEG, EUR en MIS zijn van de belangrijkste signalen de statistische kenmerken, zoals maximum, gemiddelde e.d. bepaald en weergegeven in tabellen. Uit deze tabellen kan een indruk worden verkregen van de belangrijkste kenmerken van elk van die signalen voor elke periode en elk station en ook hoe deze kunnen variëren voor de verschillende perioden en de verschillende stations. Tevens kunnen m.b.v. deze tabellen seiches-perioden met gewenste eigenschappen worden geselecteerd.

De seiches-perioden zijn naar station/selektie ingedeeld in 7 groepen :

- HVH	geselecteerde perioden	zie tabel 1
- ROZ	geselecteerde perioden	zie tabel 1
- ROZ	aanvullende perioden	zie tabel 2
- EUR	perioden in 1983	zie tabel 1
- LEG	perioden in 1983	zie tabel 1
- MIS	perioden in 1987	zie tabel 3
- HVH	simultaan met MIS	zie tabel 3

Periodenummers, begin- en eindtijden en registratieduren van de seiches-perioden zijn te vinden in de genoemde tabellen.

Tabel 4 bevat de ROZ-perioden en tabel 5 die van de overige stations. Per seiches-periode wordt gegeven :

- van de windopzet :
  - min. laagste waarde in de periode (cm)
  - max. hoogste waarde in de periode (cm)
  - gem. gemiddelde over de periode (cm)
- van de seiches :
  - max. top hoogste top in de periode (cm)
  - max. hoogte grootste top-dal hoogte in de periode (cm)
  - gem. hoogte gemiddelde top-dal hoogte in de periode (cm)
  - gem. periode gemiddelde golfperiode (min.) (methode : nuldoorgangen)
- van de seiches-intensiteit  $s(t)$  :
  - max. hoogste waarde in de periode (cm)
  - gem. gemiddelde over de periode (cm)
- van het restsignaal  $r(t)$  :
  - gem. hoogte gemiddelde top-dal hoogte in de periode (cm)
  - gem. periode gemiddelde golfperiode (min.) (nuldoorgangen)

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 13

Uit de tabellen blijkt onder andere :

- de maximale windopzet is bij ROZ meestal 1 à 2 dm hoger dan bij HVH.
- de seiches zijn bij ROZ 2 à 3 maal groter dan bij HVH en deze zijn weer groter dan die bij LEG en EUR.
- het restsignaal heeft een veel langere golfperiode dan het seichessignaal en is dus eerder te beschouwen als een fluctuatie van de windopzet dan als seiche.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 14

algemeen			windopzet			seiches				s(t)		r(t)	
sta- tion	per. nr.	duur uren	min. cm	max. cm	gem. cm	max. top cm	max. hgte cm	gem. hgte cm	gem. per. min.	max. cm	gem. cm	gem. hgte cm	gem. per. min.
ROZ ge se lek teer de pe rio den	24	48	-40	196	85	43	87	29	87	18,5	11,6	16	337
	25a	78	0	140	66	50	68	28	90	17,6	10,3	16	413
	25b	58	-14	74	26	43	83	29	79	22,9	9,9	12	384
	30	183	-47	130	41	75	93	25	90	22,3	8,3	9	449
	31	94	-30	77	21	61	135	39	86	38,8	12,5	21	378
	32	37	-27	30	-5	61	83	27	95	22,4	9,1	11	507
	40	280	-66	93	14	66	128	30	92	34,2	10,1	18	424
	51	38	-27	48	20	77	93	34	119	28,9	11,5	21	373
	53	112	-51	84	8	24	46	21	115	15,2	7,9	13	391
	54	76	-28	138	52	52	104	35	81	25,9	12,6	13	386
55	52	-23	186	66	45	67	34	106	17,9	12,1	19	351	
56	160	-21	129	42	80	100	23	107	28,2	8,0	11	481	
57	28	-6	17	9	71	91	32	133	28,1	11,5	30	373	
ROZ aan vul len de pe rio den	24a	8	-39	-17	-25	16	39	26	87	10,9	9,2	12	302
	28	8	25	30	27	54	70	51	93	19,7	15,3	-	-
	29a	26	-22	75	27	41	82	46	131	20,2	13,1	22	377
	29b	26	-46	106	17	37	60	43	92	18,6	15,1	7	377
	33	58	-28	54	3	44	91	37	72	21,5	13,4	22	399
	34	16	-27	56	31	40	61	32	91	14,3	9,8	10	324
	35	16	-62	-13	-27	28	62	30	118	11,5	7,4	8	690
	36	36	-19	6	-4	38	66	29	91	16,3	9,3	14	614
	38	31	7	74	50	45	89	34	66	22,0	13,2	11	358
	39	12	6	33	21	30	53	29	85	12,7	10,6	10	282
	41a	42	-81	97	27	50	97	37	85	22,3	12,6	37	508
	41b	61	-48	39	6	77	146	37	84	36,7	13,2	28	398
	43a	40	-90	29	-19	40	88	38	72	21,9	12,9	30	334
	43b	49	-73	82	18	53	95	41	77	28,9	15,5	32	416
	44	14	-40	-11	-22	31	43	25	105	12,2	9,6	18	440
	45	19	-23	18	5	51	101	35	90	19,8	12,2	22	854
	46	44	-60	34	-13	37	71	36	63	18,1	11,7	13	362
48	16	12	44	33	31	68	41	68	15,2	13,7	33	342	
49a	20	-43	11	-7	36	81	36	78	20,3	12,9	15	441	
49b	16	-31	3	-11	42	56	31	91	16,1	10,3	20	336	
52	88	-71	60	1	35	52	24	104	13,4	8,4	19	441	

Tabel 4 : Overzicht statistische kenmerken van de seiches-perioden van station ROZ.



behoort bij: Notitie GWA0-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 15

algemeen			windopzet			seiches				s(t)		r(t)	
sta- tion	per. nr.	duur uren	min. cm	max. cm	gem. cm	max. top cm	max. hgte cm	gem. hgte cm	gem. per. min.	max. cm	gem. cm	gem. hgte cm	gem. per. min.
HVH  ge se lek teer de  pe rio den	24	48	-47	177	72	23	47	15	116	11,5	6,9	8	337
	25a	78	-4	126	59	23	38	13	98	8,5	5,0	11	462
	25b	58	-16	66	22	15	29	10	62	7,3	3,9	7	379
	30	183	-46	118	34	29	47	9	61	9,0	3,9	7	448
	31	94	-36	60	12	29	41	12	59	13,2	4,9	7	377
	32	37	-24	28	-4	22	33	10	80	7,9	3,9	6	501
	40	280	-64	79	9	26	47	11	69	11,9	4,3	7	418
	51	38	-24	46	20	32	45	15	108	15,1	5,7	14	360
	53	112	-45	82	10	14	28	11	129	6,9	4,3	6	350
	54	76	-22	130	50	18	34	14	93	9,3	5,8	11	386
55	52	-12	174	64	22	36	15	119	9,8	6,6	8	349	
56	160	-13	114	40	35	46	10	107	13,1	4,0	4	407	
57	28	3	23	14	14	30	47	14	105	13,7	5,7	18	377
LEG	53	65	-54	67	15	9	15	8	196	4,4	3,0	4	369
	54	76	-30	125	43	16	30	11	98	7,5	4,0	7	431
	55	52	-18	166	56	15	21	10	113	6,8	4,3	7	419
	56	160	-8	110	38	19	23	7	109	5,5	2,5	4	474
	57	28	5	20	13	18	29	9	158	6,1	2,9	5	390
EUR	53	65	-72	43	-2	8	11	7	151	3,1	2,1	4	370
	54	76	-42	106	26	10	18	8	75	5,0	2,8	3	486
	55	52	-34	143	37	11	18	8	98	4,7	3,0	1	459
	56	160	-33	85	19	19	24	6	118	5,1	1,9	2	670
	57	28	7	16	12	15	22	9	267	3,7	2,1	2	373
HVH	90	40	-22	58	26	11	20	9	70	4,9	3,9	7	327
	92a	40	-5	28	15	9	17	8	110	4,3	3,3	8	444
	92b	84	-31	30	0	8	14	6	88	3,7	2,1	3	616
MIS	90	40	-31	54	17	19	37	16	71	8,8	6,2	9	323
	92a	40	-20	21	1	17	18	10	114	6,5	4,0	7	384
	62b	84	-46	20	-13	11	16	7	92	4,5	2,5	2	814

Tabel 5 : Overzicht statistische kenmerken van de seiches-perioden van de stations HVH, LEG, EUR en MIS.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 16

## 7. Energiedichtheidsspektra van seiches.

Uit de signalen van seiches en genormaliseerde seiches zijn energiedichtheidsspektra berekend (eigenlijk variantiedichtheidsspektra, maar variantie komt behoudens massa-dichtheidsfactoren overeen met energie : bij deze spektra wordt dan ook gewoonlijk de dimensie van de variantie (hier  $m^2$ ) gebruikt als dimensie voor de energie). Met deze spektra wordt de verdeling van de energie over de frequentie bepaald en daarmee wordt voor een havenbekken bepaald voor welke frequentie(s) dit bekken resonantiegevoelig is.

De spektra zijn berekend met het kruiscorrelatie programma CROSS. Hierbij wordt het signaal opgesplitst in deelreeksen en voor elk van die deelreeksen wordt een spectrum berekend. Als eindresultaat wordt het gemiddelde van deze deelspektra gegeven.

Op de berekening en eigenschappen van energiedichtheidsspektra wordt hier niet algemeen ingegaan (zie event. [ 3 ]). Van specifiek belang zijn echter wel de volgende punten :

- tijdstap van het signaal (dt)
- signaalduur
- aantal deelreeksen

De tijdstap van het signaal bepaalt de frequentiegrens van het spectrum aan de hoogfrequente zijde (de Nyquistfreq. d.i.  $1/2dt$ ). Bij dit onderzoek zijn tijdstappen van 2 min. (120 sek.) en 5 min. (300 sek.) gebruikt. De grensfrequenties bedragen dus 0.00417 en 0.00167 Hz.

De signaalduur wordt bepaald door de eis dat het signaal, waarvan het spectrum wordt berekend, (min of meer) stationair moet zijn, d.w.z. van constante intensiteit en aard. De signaalduur bij de seiches-perioden is vrij kort n.l. zo'n 12 tot 36 uur (de langere seiches-perioden uit tabel 1 t/m 3 bestaan meestal uit een opeenvolging van meerdere korte perioden). Bij een golfperiode van 80 min. (ROZ) komt dit neer op ca. 10 tot 30 golven. Dit is dus zeer kort vergeleken met bijv. korte golven, waar het spectrum berekend wordt over een duur die neerkomt op meestal honderden golven.

Het aantal deelreeksen en de deelreekslengte bepalen het evenwicht tussen nauwkeurigheid en oplossend vermogen. Veel deelreeksen geeft grote nauwkeurigheid, maar omdat de deelreeksen dan automatisch kort zijn (gegeven een vaste signaalduur), is het oplossend vermogen slecht. Bij weinig deelreeksen is dit uiteraard andersom.

In de praktijk is een optimum voor het aantal deelreeksen gezocht door te experimenteren met spektra van verschillende signaalduren, deelreekslengten en aantallen deelreeksen voor enkele seiches-perioden. Daaruit bleek, dat de deelreekslengte bij voorkeur minstens 20 uur moest bedragen en dat het aantal deelreeksen tenminste 10 zou moeten zijn. Dit komt neer op een signaalduur van minstens 200 uur.

Uit de proefspektra bleek dat de spectrumvorm voor de verschillende seiches-perioden ongeveer gelijk was. Daarom is besloten om uit alle seiches-perioden geschikte (stationaire) deelreeksen te selekteren en deze te koppelen tot één reeks om daaruit een zo goed mogelijk spectrum te schatten. Voor het selekte-

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 17

ren van deze deelreeksen van 20 uur, is gebruik gemaakt van de plots van het seiches-signaal. Er zijn aparte reeksen gemaakt voor de perioden met tijdstappen van 2 en 5 minuten. De overeenkomstige reeksen van de verschillende stations zijn simultaan. Dit resulteerde in 19 deelreeksen (totaal 380 uur) met  $dt=2$  voor HVH en ROZ, in 9 deelreeksen met  $dt=5$  voor HVH, ROZ, EUR en LEG en in 5 deelreeksen met  $dt=5$  voor HVH en MIS. De begin- en eindtijden van de deelreeksen zijn vermeld in bijlage 12.

In de bijlagen 13 t/m 25 worden de belangrijkste spektra gegeven. Deze zullen achtereenvolgens worden besproken, maar eerst een aantal algemene opmerkingen bij de spektrale plots :

- frequentie-as  
als frequentie-maat is niet  $\text{sec}^{-1}$  (Hz) gebruikt, maar  $\text{min}^{-1}$ . Dit voorkomt erg kleine of erg grote getallen bij deze lang-periodieke golven.
- energie-as  
hier wordt links de relatieve variantiedichtheid (= energiedichtheid) gegeven, waarbij de maximale (piek) -dichtheid altijd één is, en rechts de absolute variantiedichtheid.
- frequentiestap ( $df$ ) =  $0.000833 \text{ min}^{-1}$
- deelreekslengte = 1200 min.
- grensfrequentie hoog (Nyq.freq.)  
5 min. reeksen :  $0.10 \text{ min}^{-1}$   
2 min. reeksen :  $0.25 \text{ min}^{-1}$   
De spektra worden in beide gevallen geplot van  $f=0.0$  tot  $f=0.06 \text{ min}^{-1}$
- grensfrequentie laag  
de ondergrens van het spektrum ligt bij  $\text{freq.}=0.0$ . De energie in de alleraagste frequentiebanden is echter geen seiches-energie, maar bestaat uit getijresten e.d. Van deze componenten wordt maar een klein deel doorgelaten door de filters, maar omdat de amplituden van getij componenten veel groter zijn dan de amplituden van kleine seiches, kan de energiedichtheid van deze componenten bij HVH, EUR of LEG even groot of groter zijn dan die van de seiches.  
De ondergrens van de seiches-band wordt gesteld op  $0.00667$  (d.i. een golfperiode van 150 min. of 2.5 uur). Deze grensfrequentie is in de spektrumplots aangegeven.
- betrouwbaarheidsinterval  
bij de spektra is het 90%-betrouwbaarheidsinterval geplot. De boven en ondergrens van dit interval zijn met streepjeslijnen aangegeven.  
De breedte van het interval is omgekeerd evenredig met het aantal deelreeksen. Het betrouwbaarheidsinterval wordt berekend m.b.v. een  $\text{Chi}^2$ -verdeling met  $N$  vrijheidsgraden, waarbij  $N$  gelijk is aan 2-maal het aantal deelreeksen.
- kenmerkende parameters  
bij elke plot worden tenslotte nog enkele kenmerkende energie- en frequentieparameters gegeven. Dit zijn de piekfrequentie ( $f_p$ ) en de piekperiode ( $T_p=1/f_p$ ), de totale energie van het spektrum ( $m_0$ : gesommeerd van  $f=0$  tot  $f=f_{\text{Nyq}}$ ) en de totale seiches-energie in het spektrum ( $m_0'$ : gesommeerd van  $f=0.00667$  tot  $f=f_{\text{Nyq}}$ ).

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 18

Bijlage 13 geeft het spektrum van de 2 min.-reeksen bij ROZ. Dit spektrum heeft een maximale energiedichtheid bij  $0.0108 \text{ min}^{-1}$  (92 min.) en het merendeel van de energie ligt in een vrij nauwe band om deze piek. Bij  $f=0.016-0.022$  (45-65 min.) is de energie dichtheid tamelijk constant ca. 15% van de piek en bij hogere frequenties is de energiedichtheid zeer laag. Bij de zeer lage frequenties ( $< 0.0067$  : getijresten) is het energieniveau relatief laag, in tegenstelling tot bij het overeenkomstige spektrum van HVH (bijlage 14). Voor het overige zijn de spektrumvormen bij HVH en ROZ vrijwel gelijk. De seiches-hoogte is bij HVH duidelijk veel kleiner; de totale seiches-energie is bij ROZ ca. 8 maal zo groot. Dit houdt in dat de gemiddelde seiches-hoogte  $\sqrt{8}$  maal zo groot is bij ROZ, dus ca. 3.

Bij het bezien van de seiches-plots valt op dat er twee soorten seiches-perioden te karakteriseren zijn:

- perioden met een langdurige opeenvolging van ongeveer even hoge seiches (constante seiches; CS).
- perioden, die beginnen met één vrij groot seiche (buistoot), gevolgd door een klein aantal uitdempende seiches (buistoot seiches; BS)

Uiteraard is de scheiding in deze twee soorten niet altijd duidelijk en treden er mengvormen op. Om te onderzoeken of dit onderscheid leidt tot verschillen bij de spektra, is aan elk van de 19 deelreeksen van de voorgaande spektra één van beide karakteriseringen meegegeven. Dit resulteerde in 11 deelreeksen van soort CS en dus in 8 van soort BS. De spektra zijn berekend over de gelijksoortige deelreeksen. Bijlage 15 geeft het spektrum van de constante seiches bij ROZ en bijlage 16 van de buistoot seiches bij ROZ. De spektrumvormen verschillen niet erg veel. De piek bij ca.  $f=0.01$  is bij het BS-spektrum wat breder en de energieinhoud is wat kleiner, maar dit is te verwachten want de buistoot seiches voldoen per definitie minder goed aan de stationariteits-eisen. De overeenkomstige spektra van HVH (niet bijgevoegd) vertonen hetzelfde beeld. De aard van de seiches heeft dus kennelijk geen grote invloed op het spektrum.

In bijlagen 17 en 18 zijn de spektra gegeven van de genormaliseerde seiches uit de 2 min.-reeksen van ROZ en HVH. Deze spektra lijken uiteraard - behoudens de energie-schaal - veel op de overeenkomstige spektra van de echte seiches. Omdat deze spektra geen extra informatie leveren, zullen ze voor de overige reeksen niet worden gegeven.

Bijlagen 19 t/m 22 geven de spektra van de 5 min.-reeksen van resp. ROZ, HVH, EUR en LEG. De spektrumvorm is bij ROZ en HVH wat minder glad dan bij de 2 min.-reeksen en de totale seiches-energie  $m_0$  is ca. 20% lager. Dit wordt veroorzaakt door het kleinere aantal deelreeksen en door het feit dat de seiches-perioden in 1983, waaruit deze 5 min.-reeksen afkomstig zijn, geen erg hoge seiches bevatten. De spektrumvorm komt wel goed overeen met die van de 2 min.-reeksen.

De spektra bij EUR EN LEG vertonen in het seiches-gebied geen echte pieken. De totale seiches-energie is bij beide stations ongeveer gelijk en bedraagt ca.  $1/4$  van die van HVH en ca.  $1/25$  van ROZ. Dit houdt in dat de seiches-

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 19

amplitude bij HVH en ROZ gemiddeld met een faktor 2 resp. 5 wordt versterkt t.o.v. seiches op zee.

Voor seiches-berekeningen is naast de versterkingsfaktor van zee naar havenbekken (amplifikatiefaktor) ook de vorm van het spektrum op zee belangrijk. De spektrumvorm op zee speelt n.l. een rol bij de vertaling van seiches-statistiek van een bekend punt naar een ander punt en/of een andere situatie (bijv. naar een gesloten kering ergens op de Nieuwe Waterweg). De spektrumvorm op zee blijkt volgens deze metingen binnen het seiches-gebied te schematiseren tot een continu afnemende kromme. De gedachte dat de energie gelijkmatig over de seiches-band verdeeld zou zijn ("witte ruis"), lijkt volgens deze spektra minder aannemelijk. Het energieniveau bij de spektra van EUR en LEG is echter erg laag, waardoor het "ruis"niveau relatief hoog zal zijn (de seiches zijn meestal niet meer dan enkele cm's hoog, terwijl gediscretiseerd is in cm's). Voorts kunnen spektrale lek en onvoldoende filtering een rol spelen. Dit laatste blijkt al uit het linkerdeel van het spektrum, waar het energie niveau van de getijresten veel hoger is dan dat van de seiches.

Vervolgens zijn nog spektra berekend van metingen uit 1987 in de Mississippihaven (MIS) en simultaan daarmee bij HVH. Uit twee meetperioden zijn 5 deelreeksen van 1200 min. geselecteerd. Dit zijn perioden met vrij lage seiches, dus qua energieinhoud niet vergelijkbaar met die van 1976-1983, maar in de beperkte dataset waren geen hogere seiches aanwezig. De spektra zijn gegeven in de bijlagen 23 en 24. Omdat bij MIS bij wat hogere frequenties ook energie verwacht mag worden, is de energie-as getekend tot  $f=0.090$ . Er blijken pieken aanwezig bij ca.  $f=0.010$ ,  $0.020$ ,  $0.030$ ,  $0.055$  en  $0.085$ . De gemiddelde energie-versterking t.o.v. HVH bedraagt ca. 2.3.

Om na te gaan of bij nog hogere frequenties ook energiepieken aanwezig zijn, is voor een korte periode het originele signaal met een tijdstap van één minuut bij MIS verwerkt (periode : 870916 00.00 - 870917 23.59). Bijlage 25 laat zien dat er bij frequenties groter dan  $0.090 \text{ min.}^{-1}$  geen pieken meer voorkomen.

behoort bij. Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr. 20

### 8. Overdrachtsfuncties uit spektra van seiches.

Zoals in het vorige hoofdstuk vermeld, zijn de spektra berekend met het programma CROSS. Dit programma berekent echter niet alleen de spektra, maar ook de relaties tussen de spektra, de overdrachtsfuncties. CROSS is een kruiscorrelatie-programma, dat van twee signalen, bijv. afkomstig van twee meetstations, behalve de variantiedichtheidsspektra, ook de kruisspektra, ofwel de co- en quadspektra berekent. Uit deze co- en quadspektra kunnen de overdrachtsfuncties worden berekend in de vorm van gain-, phase- en coherentie-functies. Deze functies geven voor elke frequentieband resp. de amplitudeversterking, de faseverschuiving en de mate van samenhang van de signalen (omdat de engelse termen gain, phase en coherence vrij gebruikelijk zijn en ook in deze vorm op de plots in de bijlagen voorkomen, zijn deze termen in het vervolg van deze notitie gebruikt).

In de bijlagen 26 t/m 28 zijn plots van deze functies gegeven. Dit zijn de overdrachtsfuncties horende bij de spektra van de 2 min.-reeksen van HVH en ROZ uit bijlagen 13 en 14. De overdrachtswaarden worden altijd gegeven van signaal 2 (output : hier ROZ) t.o.v. signaal 1 (input : hier HVH). De frequentie-as is weer steeds gegeven in  $\text{min.}^{-1}$ .

Op de berekeningswijze van de overdrachtsfuncties wordt hier niet ingegaan; zie eventueel [ 3 ]. Van elke functie wordt nu achtereenvolgens een beschrijving gegeven:

- gain-functie:

deze geeft de amplitudeversterking weer van ROZ t.o.v. HVH (bijl. 26).

De streepjes lijnen geven het 90%-betrouwbaarheidsinterval; de linkse as geeft de genormaliseerde en de rechtse as de absolute funktiewaarde.

De gain-functie en de betrouwbaarheidsbanden worden alleen geplot als de betrouwbaarheid niet al te laag is. Om deze reden is de plot in bijl. 26 voor bepaalde gedeelten blanco. In de numerieke uitvoer zijn deze waarden wel gegeven. In de plot is, evenals bij de spektra, de ondergrens van de seichesfrequenties aangegeven.

De gain-functie is bijna overal groter dan één en de maximale gainwaarde bedraagt ca. 5. Dit houdt in dat de seiches-energie bij ROZ over bijna het gehele frequentiegebied wordt versterkt t.o.v. HVH.

Bij de spektra was al opgemerkt dat de gemiddelde seiches-amplitude bij ROZ 2.5 à 3 maal groter was dan bij HVH. Dit blijkt ook uit deze gainfunctie, maar tevens blijkt nu bij welke frequenties grotere versterking optreedt en bij welke minder grote of zelfs verzwakking.

- phase-functie:

deze functie (bijl. 27) geeft de fase-verschuiving in graden van het seiches-sigitaal bij ROZ vergeleken met dat bij HVH, inclusief het 90%-betrouwbaarheidsgebied. Ook hier wordt de fase-informatie niet geplot bij onvoldoende betrouwbaarheid.

Tot ca.  $f=0.02 \text{ min.}^{-1}$  blijft de fase-verschuiving kleiner dan  $180^\circ$  d.i. een halve golflengte. Bij hogere frequenties moet mogelijk  $N \cdot 360^\circ$  worden opgeteld. Bij deze hogere frequenties is de phase-functie eigenlijk alleen

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 21

goed te interpreteren m.b.v. aanvullende gegevens over het (staande) golfpatroon (zoals bijv. bijl. 30).

- coherence-functie:

deze functie (bijl. 28) geeft een maat voor de samenhang tussen beide signalen voor alle frequentiebanden. De coherence bij een bepaalde frequentie is vergelijkbaar met de correlatiecoëfficiënt  $r$  bij regressieberekeningen. De maximale waarde is 1 bij volledige samenhang en de minimale waarde is 0 bij het volledig ontbreken van samenhang.

De coherence en het aantal vrijheidsgraden (deelreeksen) bepalen samen de betrouwbaarheidsintervallen bij de gain- en fasefunctie.

Uit bijlage 28 blijkt dat de coherentie tot ca.  $f=0.024$  (40 min.) redelijk hoog blijft, daarna flink afneemt en vervolgens zo nu en dan weer wat hoger wordt.

Het is duidelijk, dat met deze overdrachtsfuncties de uitkomsten van de modelberekeningen voor de versterking van seiches in het Rotterdamse havengebied voor enkele stations kan worden gecontroleerd. Dit wordt gedaan in het volgende hoofdstuk.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 22

### 9. Vergelijking van overdrachtsfuncties uit spektra met modeloverdrachts (PHAROS).

Het WL heeft, in opdracht van DGW, met het model PHAROS het gebied Europoort/Nieuwe Waterweg doorgerekend op versterking van de amplitude (amplifikatie) van lange golven met frequenties in het seiches-gebied. Er is daarbij van drie situaties uitgegaan :

- bestaande situatie
- een gesloten kering t.p.v. kilometerraai 1022
- een gesloten kering t.p.v. kilometerraai 1026,5

Voor deze situaties zijn voor het frequentiegebied 0,0 t/m 0,0016 Hz ( $\approx 0,1 \text{ min.}^{-1}$ ) de amplificatiefactoren berekend t.o.v. de inkomende golf aan de zeerland. De resultaten zijn gegeven in [ 4 ]. In bijlage 29 zijn de situatie en de belangrijkste uitvoerpunten gegeven. De in deze bijlage aangegeven nummering van de uitvoerpunten wordt verder in deze notitie ook aangehouden voor de amplificatie- en fasefuncties, behorend bij die punten. Daarbij wordt een amplificatie functie aangegeven met P.. en een fasefunctie met F..

Een voorbeeld van een amplificatiefunctie is gegeven in bijlage 30. Deze geeft de versterking weer bij ROZ in de bestaande situatie. In bijlage 31 wordt het golfpatroon in het rekengebied weergegeven in de bestaande situatie bij een frequentie  $f = 0,00022 \text{ Hz}$  d.i. maximale versterking bij ROZ.

De amplificatiefunctie van PHAROS is, evenals de gainfunctie uit de metingen, een overdrachtsfunctie. Terwille van de duidelijkheid wordt voor PHAROS steeds de term amplificatie gebruikt en voor de gemeten overdrachtsfunctie de term gain. Uit de metingen zijn drie gainfuncties berekend n.l. EUR/LEG-HVH, HVH - ROZ en HVH - MIS. Deze kunnen worden vergeleken met de overeenkomstige amplificatiefuncties in de bestaande situatie en daarmee kan worden beoordeeld in hoeverre model en metingen overeenkomen. Voor HVH en ROZ worden eveneens de fasefuncties vergeleken. Bij deze vergelijkingen moet wel rekening worden gehouden met een belangrijk verschil tussen model en metingen n.l. het feit dat het model rekent met een stationaire toestand, terwijl bij de metingen, gedurende de deelrekslengte van 20 uur, allerlei hydraulische omstandigheden sterk veranderlijk zijn. Zo rekent PHAROS met een vaste waterstand van +2,50 m en zonder getij- en afvoerstroming. Bij de metingen kan, gedurende 20 uur, de waterstand 2 à 3 m variëren en de stroming ca. 2 m/s. Bovendien wordt bij de metingen gemiddeld over een aantal deelreeksen. De gemeten gainfuncties zullen dus naar verwachting wat meer afgevlakt zijn dan de amplificatiefuncties voor stationaire omstandigheden.

De volgende vergelijkingen worden gemaakt :

- zee - mond Nieuwe Waterweg
- meting: gainfunctie EUR - HVH
- " " LEG - HVH
- PHAROS: ampl. functie P15



behoort bij. Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 23

- mond Nieuwe Waterweg - einde Calandkanaal
  - meting: gainfunctie HVH - ROZ
  - phasefunctie HVH - ROZ
  - PHAROS: ampl. functies P15 en P12
  - fasefuncties F15 en F12
  
- mond Nieuwe Waterweg - einde Beerkanaal (Miss. haven)
  - meting: gainfunctie HVH - MIS
  - PHAROS: ampl. functies P15 en P4

Als eerste wordt de overdracht van open zee naar de monding van de Nieuwe Waterweg ter hoogte van Hoek van Holland beschouwd, dus de gainfuncties EUR-HVH en LEG-HVH en de amplificatiefunctie P15. Daarbij moet worden bedacht dat LEG en EUR tamelijk ver van de monding liggen (resp. ca. 30 en 50 km van HVH) en het randpunt van PHAROS aan het begin van de mond (ca. 6 km van HVH). De resultaten zijn gegeven in bijlage 32. Er is enige overeenstemming tussen de gainfuncties van EUR-HVH en LEG-HVH, weinig overeenkomst tussen deze gainfuncties en de amplificatiefunctie van PHAROS.

De gainfuncties laten bij frequenties tussen 0,0001 en 0,0002 Hz enige versterking zien bij HVH en voor hogere frequenties vrijwel steeds een verzwakking (gemiddelde waarde ca. 0,6) en een tamelijk willekeurig patroon van pieken. Het lijkt erop dat er voor frequenties boven 0,0002 Hz weinig systematisch verband bestaat tussen de open zee, ver van de kust, en HVH. Dit blijkt ook uit de coherentiefuncties van EUR-HVH en LEG-HVH. Deze zijn erg laag, dus er is weinig samenhang.

Uit de metingen is dus geen verband aan te tonen tussen de lange golven in open zee en de seiches op de Nieuwe Waterweg. Het is echter niet duidelijk of dit verband niet bestaat ofwel dat het niet aan te tonen is met deze analyse techniek en de geringe hoogte van de gemeten lange golven en seiches plus de relatief korte registratieperiode (alleen 1983).

Vervolgens is de overdracht van de monding van de Nieuwe Waterweg (HVH) naar het einde van het Calandkanaal (ROZ) beschouwd. In bijlage 33 is de gainfunctie HVH-ROZ gegeven met de betrouwbaarheidsbanden. Voor de gedeelten van de figuur waar de betrouwbaarheidsbanden ontbreken, is de gainfunctie weinig betrouwbaar. De amplitude versterking is maximaal ca. 5 en over grote delen van het frequentiegebied groter dan 1. In bijlage 34 wordt deze gainfunctie vergeleken met de amplificatie volgens PHAROS. De amplificatiefuncties zijn alleen bekend voor de overdracht van de zeerand naar de uitvoerpunten. De amplificatie van punt 15 naar punt 12 is daarom bepaald als het quotiënt van de overdracht van de zeerand naar 12 (P12) en van de zeerand naar 15 (P15). Door deze deling wordt de amplificatiefunctie P12/P15 onbetrouwbaar als P15 erg klein is en wordt daarom niet geplot in deze gebieden.

Er is, vooral bij lage frequenties, enige overeenstemming tussen gain- en amplificatiefunctie. De pieken van de amplificatiefunctie zijn veel hoger en liggen bij hogere frequenties dan die van de gainfuncties. De verschuiving kan veroorzaakt zijn door het niet-stationaire karakter van de metingen en de hoogte van de pieken kan veroorzaakt zijn door het op elkaar delen van de amplificatiefuncties. Om dit laatste te controleren, is in bijlage 35 de

behoort bij. Notitie GWAO-88.411

datum. 21 november 1988

bladnr. 24

gainfunctie vergeleken met de amplificatie van ROZ t.o.v. de zeerand (P12). Tenslotte ligt de zeerand vrij dicht bij HVH, vergeleken met de afstand HVH-ROZ, en zullen de amplitudeveranderingen op dit korte traject relatief gering zijn. Deze vergelijking geeft inderdaad veel betere resultaten. Bij frequenties tot ca. 0,00055 Hz is de overeenkomst heel goed en bij hogere frequenties treedt weliswaar enige verschuiving op, maar is de overeenkomst nog steeds behoorlijk goed.

Dit wijst er op dat, volgens de metingen, er tussen de zeerand en HVH veel minder amplitudeverandering optreedt dan volgens PHAROS. Dit is mogelijk ook een verklaring voor de geringe overeenstemming bij de vergelijking van de gain- en amplificatiefuncties tussen open zee en HVH (bijlage 32).

In hoofdstuk 6 zijn een aantal verschillende varianten gegeven voor het spektrum bij HVH en ROZ. Hiervan zijn ook de gainfuncties bekend. Deze varianten van de gainfunctie zijn vergeleken in de bijlagen 36 en 37. In bijlage 36 zijn dat de gainfunctie uit de langst beschikbare serie deelreeksen (19) met uit alle seiches-perioden met  $dt = 2$  min. (zie hoofdstuk 6 en bijl. 12) en die voor dezelfde deelreeksen, gesplitst naar soort (constante seiches CS of buistoot seiches CS). In bijlage 37 wordt de eerste gainfunctie vergeleken met die van de 5 min. deelreeksen en die van periode 31, dat is de periode met de hoogste seiches. De overeenstemming is voor alle gainfuncties goed, vooral voor de lagere frequenties. Dit wijst erop dat de berekende gain tamelijk onafhankelijk is van de gebruikte seiches-perioden en dus vrij constant voor verschillende omstandigheden.

Voor de stations HVH en ROZ wordt ook de gemeten fasefunctie vergeleken met de fasefunctie van PHAROS. Deze functies zijn niet van direct belang voor het seiches-onderzoek, maar voor de evaluatie van PHAROS hebben ze wel waarde. In bijlage 38 is de gemeten fasefunctie gegeven met de 90%-betrouwbaarheidsbanden en in bijlage 39 is deze vergeleken met de fasefunctie (F12 - F15) van PHAROS. Deze laatste verspringt vrij abrupt tussen niveau's die ca 180° verschillen en bij de metingen gaat dit geleidelijk. Dit zal weer te maken hebben met de stationaire omstandigheden bij PHAROS en het gemiddelde van niet-stationaire omstandigheden bij de metingen.

Tenslotte is de overdracht van de monding van de Nieuwe Waterweg naar het einde van het Beerkanaal beschouwd (Miss. haven). In bijlage 40 is de gainfunctie HVH-MIS gegeven met de betrouwbaarheidsbanden. Voor het grootste deel zijn de betrouwbaarheidsbanden niet te berekenen en is de betrouwbaarheid dus gering. Dit komt omdat er maar weinig (5) geschikte deelreeksen beschikbaar waren (bijlage 12) en omdat de gebruikte deelreeksen slechts lage seiches-bevatten. De seiches-energie bij HVH voor deze vergelijking (zie bijl. 13) is ongeveer 1/5 van die energie bij de vergelijking HVH-ROZ (bijl. 14).

In bijlage 41 wordt de gainfunctie vergeleken met de amplificatie t.o.v. HVH (P4/P15) en in bijlage 42 met de amplificatie t.o.v. de zeerand (P4). De laatste geeft de beste overeenstemming (zoals ook bij HVH-ROZ). De zeer hoge amplificatie bij ca. 0,00155 Hz ( $\approx 11$  min.) komt bij de metingen ook voor, zij het bij een iets lagere frequentie en met een veel lagere piekwaarde.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr. 25

Uit het voorgaande mag worden geconcludeerd:

- overdrachtsfuncties van PHAROS en overdrachtsfuncties uit metingen zijn in principe moeilijk vergelijkbaar, omdat bij eerstgenoemde met stationaire omstandigheden wordt gerekend voor bijv. getij-stroming en waterstand, terwijl bij metingen van lange golven noodzakelijkerwijs met een lange meetduur moet worden gewerkt, waarin die omstandigheden niet stationair kunnen zijn. Dit houdt globaal in dat de overdrachtsfuncties uit metingen wat meer afgevlakt zullen zijn dan de model-overdrachtsfuncties en dat er frequentieverschuivingen kunnen optreden.
- met inachtneming van het bovenstaande mag worden geconcludeerd dat de overdrachtsfuncties voor HVH-ROZ en HVH-MIS van PHAROS en metingen vrij goed overeenkomen, zowel v.w.b. gain als phase.
- de overdrachtsfuncties van open zee naar HVH van PHAROS en metingen vertonen weinig overeenkomst.
- de gemeten overdrachtsfuncties HVH-ROZ en HVH-MIS lijken meer op de PHAROS-overdrachtsfuncties zeerand-ROZ/MIS dan op die van HVH-ROZ/MIS.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 26

10. Enkele voorbeelden van lange termijn statistiek van seiches bij meetstation Rozenburgsesluis.

Een van de doelstellingen van het seiches-onderzoek was het vinden van randvoorwaarden voor seiches bij een (eventueel) te bouwen stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg. Dit kan gedaan worden door seiches statistiek in de bestaande situatie m.b.v. een model (bijv. PHAROS) te vertalen naar een situatie met gesloten kering.

Voor dit doel dienen zo nauwkeurig mogelijke statistieken, dus over een zo lang mogelijke termijn, van tenminste één station in de bestaande situatie bekend te zijn. Zoals al in hoofdstuk 2 vermeld, is gekozen voor het meetstation Rozenburgsesluis en voor de periode 1976-1983.

Van dit station en in dit tijdvak zijn alle perioden beschikbaar, waarin seiches met een hoogte van meer dan 0,5 m voorkomen. Dit zijn 34 seiches-perioden (zie tabel 1 en 2) met in totaal 1890 uur - d.i. bijna 80 dagen - aan geregistreerde seiches en bijbehorende signalen.

In hoofdstuk 6 zijn de belangrijkste statistische kenmerken van de afzonderlijke seiches-perioden gegeven. In dit hoofdstuk zullen -ter afsluiting- enige statistieken worden gegeven van de gehele verzameling seiches in de beschouwde periode. Het doel daarvan is een verwachtingswaarde te kunnen berekenen voor de hoogste waarde van:

- seiches top resp.
- top van seiches + opzet resp.
- top van seiches + opzet + astronomisch getij ofwel
- waterstand

voor de kering gedurende de levensduur van die kering. De berekeningen, die voor dit doel gemaakt zijn, worden hier niet beschreven, zie daartoe [5]. In dit hoofdstuk worden slechts enkele voorbeelden gegeven van de mogelijke statistische verwerking van de verzamelde seiches-gegevens.

Het is duidelijk, dat de beschikbare hoeveelheid waarnemingsmateriaal voor lange termijn statistiek niet erg groot is. Een termijn van 8 jaar lijkt behoorlijk lang, maar voor een slechts enkele malen per jaar optredend fenomeen als seiches is het niet veel. Bovendien is alleen geselecteerd op hoogte van de grootste seiches en niet op daarmee samenhangende gebeurtenissen, zoals windopzet. Het gevolg daarvan is dat wel lange termijn statistieken kunnen worden berekend van seiches alleen maar niet van bijv. seiches gekoppeld aan opzet, omdat we niet beschikken over waarnemingsperioden met hoge opzet maar lage seiches ( $< 0,5$  m).

Dan volgen nu de enkele van de belangrijkste lange termijn statistieken. In de eerste plaats zijn dat de duurverdelingen van alle signalen bij ROZ over de volledige periode van 1890 uur. In tabel 6 zijn de duurverdelingen gegeven van opgetreden getij, astronomisch getij en windopzet. Per klasse wordt het percentage van de tijd gegeven, dat het signaal een waarde heeft binnen de aangegeven klasse. Uit deze tabel blijkt duidelijk dat het opgetreden getij, gedurende de seiches-perioden flink afwijkt van het getij zonder storende

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 27

invloeden d.i. het astronomisch getij. Er treden grote verhogingen en verlagingen op, veroorzaakt door wind (op- en afwaaiing) en door seiches.

waterstands- klasse in cm	frequentie van voorkomen in procenten van de tijd (1890 uur)		
	opgetreden getij	astronomisch getij	windopzet
-200 - -151	0,2		
-150 - -101	3,5		
-100 - -51	17,0	31,3	2,7
-50 - -1	23,2	25,0	26,5
0 - +49	18,1	13,7	48,9
+50 - +99	16,1	18,3	15,4
+100 - +149	14,1	11,3	5,1
+150 - +199	5,5	0,4	1,4
+200 - +249	1,7		
+250 - +299	0,5		
+300 - +349	0,1		
gemiddelde stand.afw.	+26 84	+3 68	+24 46

Tabel 6. : Duurverdeling van opgetreden getij, astronomisch getij en windopzet.

In tabel 7 worden de duurverdelingen gegeven van de overige signalen n.l. seiches, seiches-intensiteit, restsignaal en genormaliseerde seiches. Daaruit blijkt o.a. dat tijdens de seiches-perioden gedurende slechts ca. 10% van de tijd ( d.i. ca. 190 uur in 8 jaar ofwel ca. 1 dag/jaar) de momentane waterstand met meer dan 20 cm wordt verhoogd of verlaagd. Voor het restsignaal is dit ca. 3% van de tijd. De seiches-intensiteit  $s(t)$  is voor ca. 1% van de tijd groter dan 30 cm. De verdeling van de genormaliseerde seiches komt praktisch gesproken overeen met een normale verdeling.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 28

frequenties van voorkomen in procenten van de tijd (1890 uur)						
klasse in cm	seiches	rest sig naal	klasse in cm	seiches intens. s(t)	klasse	genorm. seiches
-80 - -61	0,1	0,0	0 - 9	49,8	-4 - -3	0,01
-60 - -41	0,5	0,1	10 - 19	43,5	-3 - -2	1,7
-40 - -21	3,7	0,8	20 - 29	5,8	-2 - -1	13,8
-20 - -1	43,6	48,0	30 - 39	0,9	-1 - 0	34,5
0 - +19	47,4	49,3			0 - +1	34,2
+20 - +39	4,1	1,8			+1 - +2	14,2
+40 - +59	0,5				+2 - +3	1,6
+60 - +79	0,1				+3 - +4	0,01
+80 - +99	0,01					
gemiddelde	0,5	0,5		10,8		0,02
stand.afw.	12,5	9,0		6,4		0,98

Tabel 7. : Duurverdeling van seiches, restsignaal, seiches-intensiteit en genormaliseerde seiches.

Tenslotte worden enkele voorbeelden gegeven van statistieken, die de invloed van seiches (en restsignaal) weergeven op de kansverdeling van de totale statische belasting (waterstand d.i. astronomisch getij + windopzet + seiches) aan de buitenzijde van de kering. Daarbij is geen rekening gehouden met de eerdergenoemde tekortkoming, dat perioden met hoge opzet en lage seiches niet verwerkt zijn. Bij de berekening van de randvoorwaarden voor de stormvloedkering [ 5 ] is hier wel rekening mee gehouden. Daarbij bleek dat alle perioden met hoge opzet ( > 1,25 m ) aanwezig zijn bij de gebruikte seichesperioden.

De invloed van seiches op de kansverdeling van de waterstand kan worden geschat door de duurverdeling van de windopzet te vergelijken met de duurverdeling van (windopzet + seiches). In tabel 8 zijn de overschrijdingsfrequenties, als percentages van de tijd, gegeven voor de signalen windopzet en (windopzet + seiches + restsignaal). Het verschil tussen deze frequenties wordt dus veroorzaakt door seiches en "snelle" fluktuaties van de windopzet. In bijlage 43 zijn beide overschrijdingskrommen getekend.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 29

overschrijdingsniveau in cm	overschrijdingskansen procenten van de tijd	
	windopzet	windopzet + seiches + restsignaal
0	70,8	67,2
+25	42,4	42,6
+50	21,9	23,9
+75	12,4	14,4
+100	6,6	8,2
+125	3,85	4,45
+150	1,42	2,01
+175	0,99	1,19
+200		0,47
+225		0,04

Tabel 8. : Vergelijking overschrijdingspercentages voor windopzet en (opzet + seiches + restsignaal).

Voorgaande berekeningswijze m.b.v. duurstatistiek kan worden gebruikt om te schatten voor welk deel van de tijd, ofwel hoe lang binnen de levensduur, een bepaalde grenswaarde wordt overschreden. Voor konstrukties, zoals de stormvloedkering, is het meestal belangrijker te weten hoe vaak een bepaalde grenswaarde wordt overschreden, of hoe groot de kans op overschrijding is. Als voorbeeld daarvan zal worden berekend hoe vaak een bepaald niveau wordt overschreden door alleen windopzet en hoe vaak door (windopzet + seiches). Het verschil daartussen wordt veroorzaakt door seiches.

In tabel 9 worden de resultaten gegeven. In de derde kolom wordt het verwacht aantal malen overschrijding per jaar gegeven voor de windopzet alleen en in de vijfde kolom wordt diezelfde verwachtingswaarde gegeven voor de hoogste waarde van (windopzet + restsignaal + seiches) binnen een windopzetperiode. Deze kansverdelingen zijn getekend in bijlage 44. De invloed van seiches en snelle opzetfluctuaties bedraagt volgens deze berekening ca. 40 cm.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 30

overschrijdingsniveau in cm	overschrijdingsfrequenties in aantallen gehele periode en aantallen per jaar			
	windopzet		windopzet + seiches + restsignaal	
	N	N/jr	N	N/jr
+50	25	3,1	33	4,1
+70	20	2,5	28	3,5
+90	13	1,63	22	2,75
+110	7	0,88	18	2,25
+130	5	0,62	14	1,75
+150	2	0,25	9	1,13
+170	2	0,25	6	0,75
+190	1	0,13	2	0,25
+210			2	0,25
+230			1	0,13

Tabel 9. : Vergelijking overschrijdingsfrequenties voor windopzet en ( opzet + seiches + restsignaal ).

Van groot belang voor de toepassing van seiches-statistiek is de vraag of er afhankelijkheid is tussen seiches en windopzet. Als beide signalen onafhankelijk zijn, hangt het van toeval af of er tijdens maximale windopzet hoge seiches optreden of lage. Is er sprake van afhankelijkheid, dan bestaat er ofwel een tendens voor hoge seiches tijdens hoge windopzet (positieve afhankelijkheid), ofwel een tendens voor lage seiches tijdens hoge windopzet (negatieve afhankelijkheid). Uit voorgaand voorbeeld bleek dat de verschuiving van de overschrijdingskromme door (seiches + restsignaal) ca. 40 cm bedraagt. Dat wijst er op dat er geen volledige positieve afhankelijkheid bestaat, want in dat geval zou de verschuiving bij hoge windopzet ca. 80 cm zijn geweest (de hoogste seiches-toppen zijn 80 cm).

Als besluit van deze notitie worden nu nog de resultaten gegeven van een onderzoek naar de afhankelijkheid tussen waterstand en seiches en tussen windopzet en seiches. Dit onderzoek is gedaan door voor bepaalde klassen van opgetreden getij en windopzet de gemiddelde waarde te berekenen van de seiches-intensiteit  $s(t)$ . De resultaten zijn gegeven in tabel 10. Uit de tabel blijkt, dat er in elk geval geen sterke afhankelijkheid is tussen opgetreden getij of windopzet en seiches.



behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 31

opgetreden getij klassen in cm	s(t) gem. in cm	windopzet klassen in cm	s(t) gem. in cm
0 - +49	11,1	0 - +24	9,8
+50 - +99	11,2	+25 - +49	12,1
+100 - +149	11,6	+50 - +74	13,5
+150 - +199	13,4	+75 - +99	13,4
+200 - +249	14,4	+100 - +124	13,4
+250 - +299	12,5	+125 - +149	12,2
+300 - +349	10,1	+150 - +174	13,5
		+175 - +199	12,2

Tabel 10. : Gemiddelde waarden van de seiches-intensiteit  $s(t)$  voor klassen van opgetreden getij en windopzet ter beoordeling van de afhankelijkheid.

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 32

L I T E R A T U U R :

1. Onderzoek seiches Calandkanaal aan de hand van metingen bij Rozenburgsluis en Hoek van Holland.  
J. Doekes/D. Dillingh  
Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Notitie GWIO-87.210  
1 oktober 1987.
2. Statistical test of the distribution of sea surface deflection.  
A.P.J. Abrahamse/J. van Heteren/A.P. Roskam/J. Bouman  
Erasmus Universiteit/RWS-DWW/RWS-DGW  
februari 1989  
--- Publikatie in voorbereiding. ---
3. Random data : analysis and measurement procedures.  
Bendat, J.S., Piersol, A.G.  
Wiley-Interscience, New York, 1971.
4. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg.  
Seiches-berekeningen eerste fase : het effect van een kering op lange golven in het Europoortgebied en op de Nieuwe Waterweg  
J.J. Veldman  
Wat. Lab. H688 deel 1  
augustus 1988
5. Statistiek van seiches; Rapportage van de derde fase van het seiches-onderzoek t.b.v. een stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg.  
J.A. Vogel et al  
Rijkswaterstaat, Dienst Getijde Wateren, nota GWAO-88.038  
--- in voorbereiding ---

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 33

LIJST VAN TABELLEN.

Tabel 1.	Overzicht geselecteerde seiches-perioden.	blz 4
" 2.	Overzicht aanvullende seiches-perioden bij Rozenburgsluis t.b.v. lange termijn statistiek.	blz 6
" 3.	Overzicht seiches-perioden Mississippihaven.	blz 6
" 4.	Overzicht statistische kenmerken van de seiches-perioden van station ROZ.	blz 14
" 5.	Overzicht statistische kenmerken van de seiches-perioden van de stations HVH, LEG, EUR en MIS.	blz 15
" 6.	Duurverdeling van opgetreden getij, astronomisch getij en windopzet.	blz 27
" 7.	Duurverdeling van seiches, restsignaal, seiches-intensiteit en genormaliseerde seiches.	blz 28
" 8.	Vergelijking overschrijdingspercentages voor windopzet en (opzet + seiches + restsignaal).	blz 29
" 9.	Vergelijking overschrijdingsfrequenties voor windopzet en ( windopzet + seiches + restsignaal.	blz 30
" 10.	Gemiddelde waarden van de seiches-intensiteit $s(t)$ voor klassen van opgetreden getij en windopzet ter beoordeling van de afhankelijkheid.	blz 31

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

datum: 21 november 1988

bladnr: 34

L i j s t v a n b i j l a g e n :

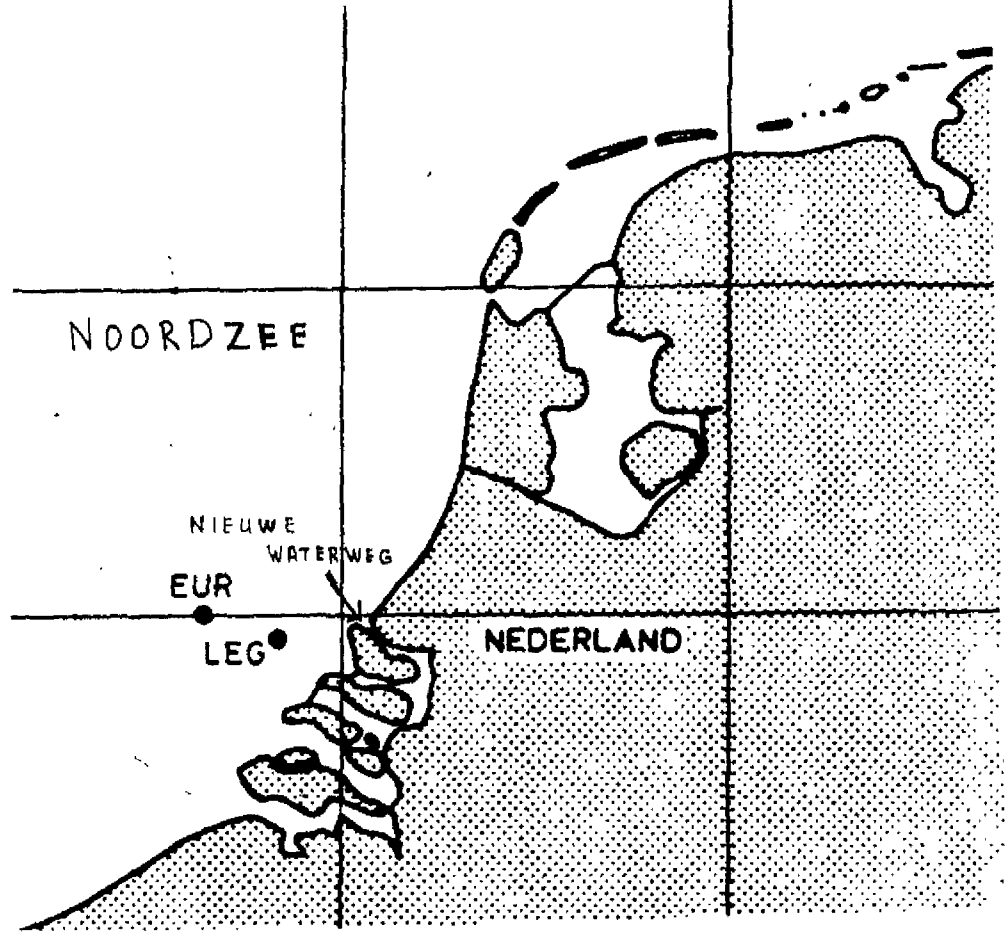
1. Situatie meetstations.
2. Voorbeeld getijregistratie met seiches.
3. Voorbeeld opgetreden en astronomisch getij.
4. Filterkarakteristiek seiches.
5. Filterkarakteristiek windopzet.
6. Voorbeeld afgesplitste windopzet en seiches.
7. Voorbeeld restsignaal.
8. Frequentiegebieden van seiches, restsignaal en windopzet.
9. Voorbeeld seiches en  $s(t)$ .
10. Voorbeeld genormaliseerde seiches.
11. Voorbeeld van een file met seiches gegevens.
12. Overzicht gebruikte deelreeksen bij spektrumberekening.
13. Spektrum bij ROZ ;  $dt = 2$  min.
14. Spektrum bij HVH ;  $dt = 2$  min.
15. Spektrum bij ROZ ; constante seiches.
16. Spektrum bij ROZ ; buistoot seiches.
17. Spektrum bij ROZ ; genormaliseerde seiches.
18. Spektrum bij HVH ; genormaliseerde seiches.
19. Spektrum bij ROZ ;  $dt = 5$  min.
20. Spektrum bij HVH ;  $dt = 5$  min.
21. Spektrum bij EUR ;  $dt = 5$  min.
22. Spektrum bij LEG ;  $dt = 5$  min.
23. Spektrum bij HVH ;  $dt = 5$  min. ; simultaan met MIS.
24. Spektrum bij MIS ;  $dt = 5$  min.
25. Spektrum bij MIS ;  $dt = 1$  min.
26. Gain-functie HVH-ROZ ;  $dt = 2$  min.
27. Phase-functie HVH-ROZ ;  $dt = 2$  min.
28. Coherence-functie HVH-ROZ ;  $dt = 2$  min.
29. Situatie uitvoerpunten PHAROS.
30. Voorbeeld amplificatiefunctie PHAROS (P12 ; ROZ ; bestaande situatie)
31. Voorbeeld golfpatroon PHAROS.
32. Vergelijking gainfunctie EUR/LEG - HVH met amplificatie volgens PHAROS (P15).
33. Gainfunctie HVH - ROZ (2-min.) met 90%-betrouwbaarheidsbanden.
34. Vergelijking gainfunctie HVH - ROZ met amplificatie volgens PHAROS (P12/P15)
35. Vergelijking gainfunctie HVH - ROZ met amplificatie volgens PHAROS (P12).
36. Onderlinge vergelijking gainfuncties HVH - ROZ (alle, BS en CS versies).
37. Onderlinge vergelijking gainfuncties HVH - ROZ (2 en 5 min. en periode 31).
38. Fasefunctie HVH - ROZ (2-min.) met 90%-betrouwbaarheidsbanden.
39. Vergelijking fasefunctie HVH - ROZ met fase volgens PHAROS
40. Gainfunctie HVH - ROZ met 90%-betrouwbaarheidsbanden.
41. Vergelijking gainfunctie HVH - MIS met amplificatie volgens PHAROS (P4/P15).

behoort bij: Notitie GWAO-88.411

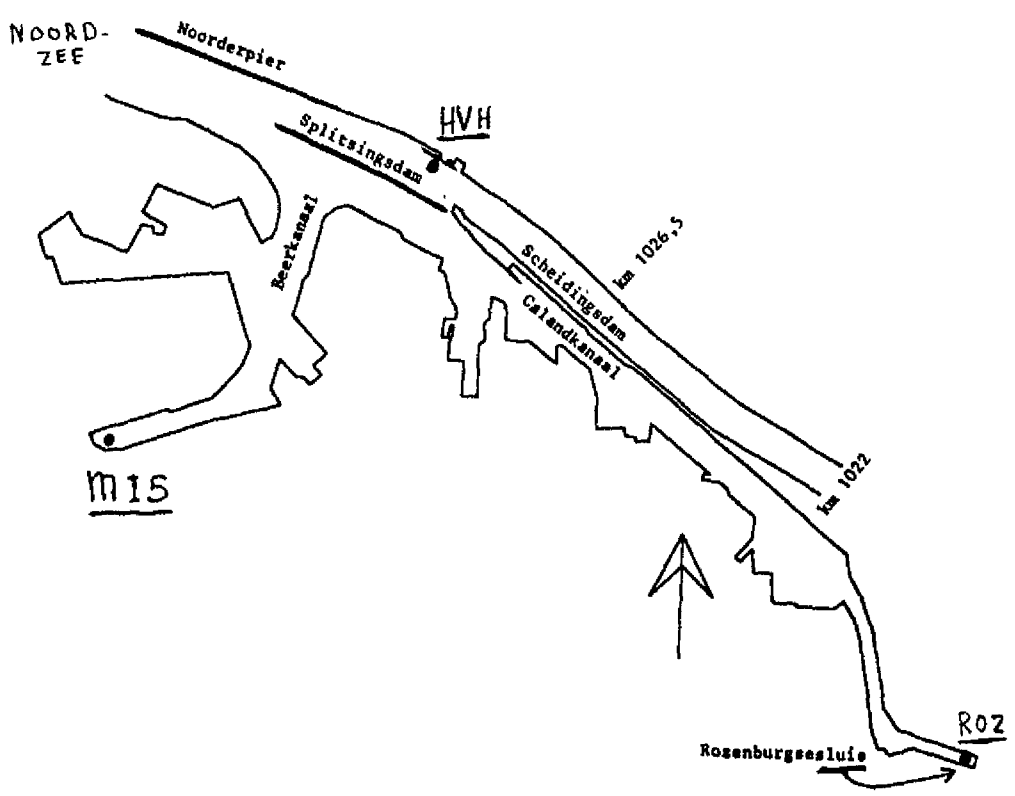
datum: 21 november 1988

bladnr: 35

42. Vergelijking gainfunctie HVH - MIS met amplifikatie volgens PHAROS (P4).
43. Overschrijdingskrommen (percentage van de tijd) van windopzet en (windopzet + restsignaal en seiches).
44. Overschrijdingskrommen (aantal malen per jaar) van windopzet en (windopzet + restsignaal + seiches).

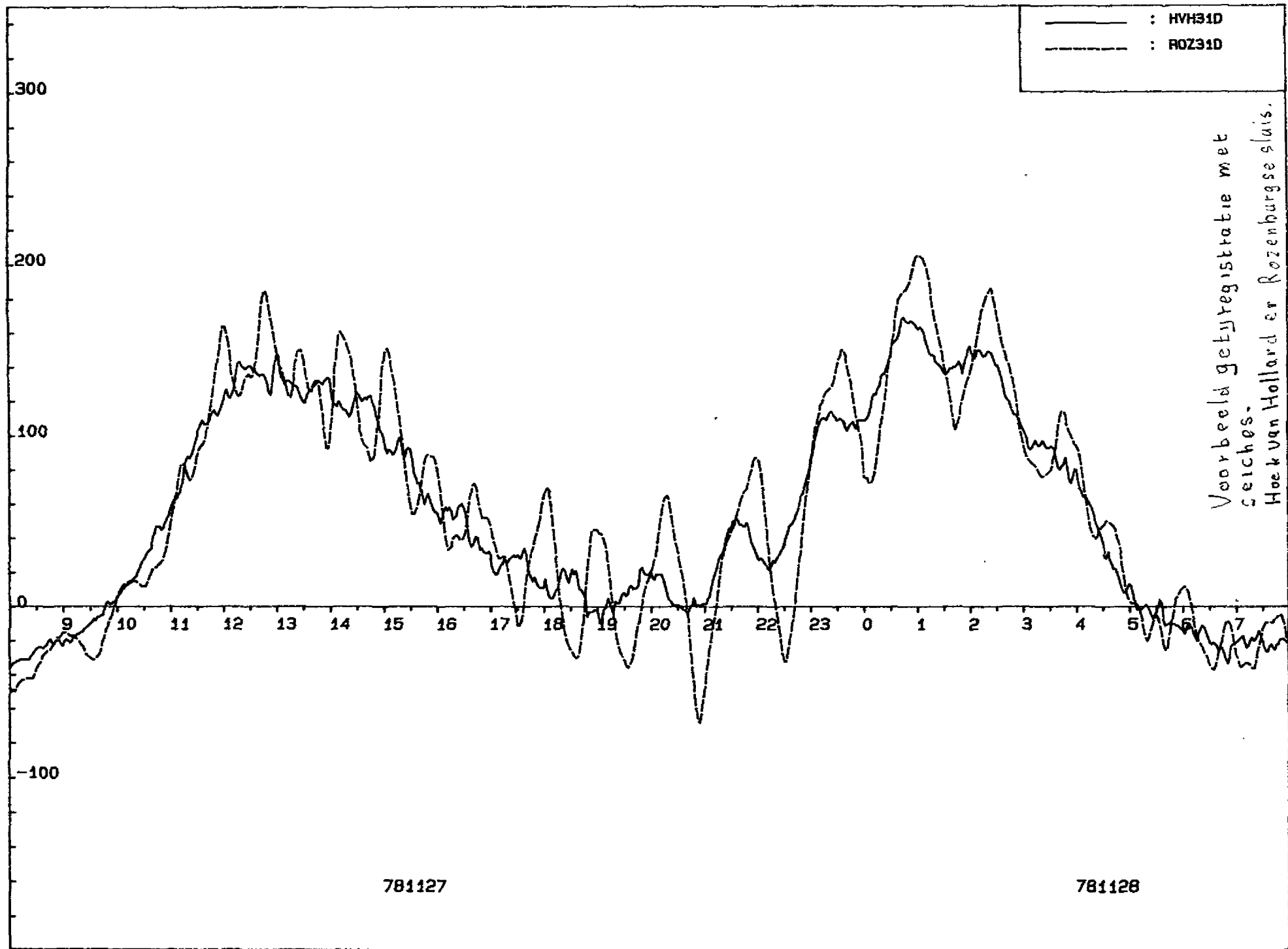


NIEUWE WATERWEG



Situatie meetstations

Bijlage 1

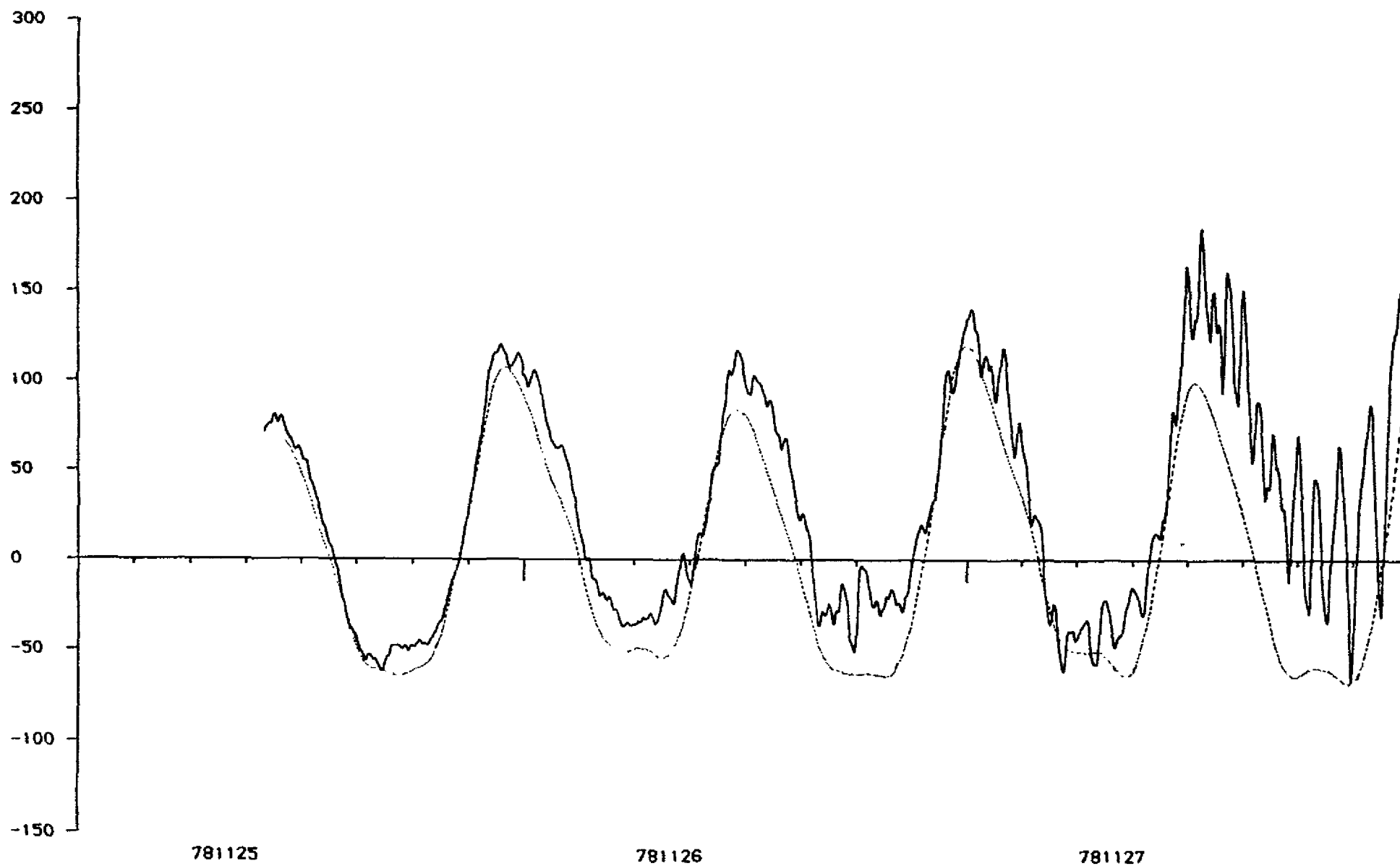


STATION : ROZENBURG SLUIS

PERIODE : 31

————— OPGETREDEN GETIJ

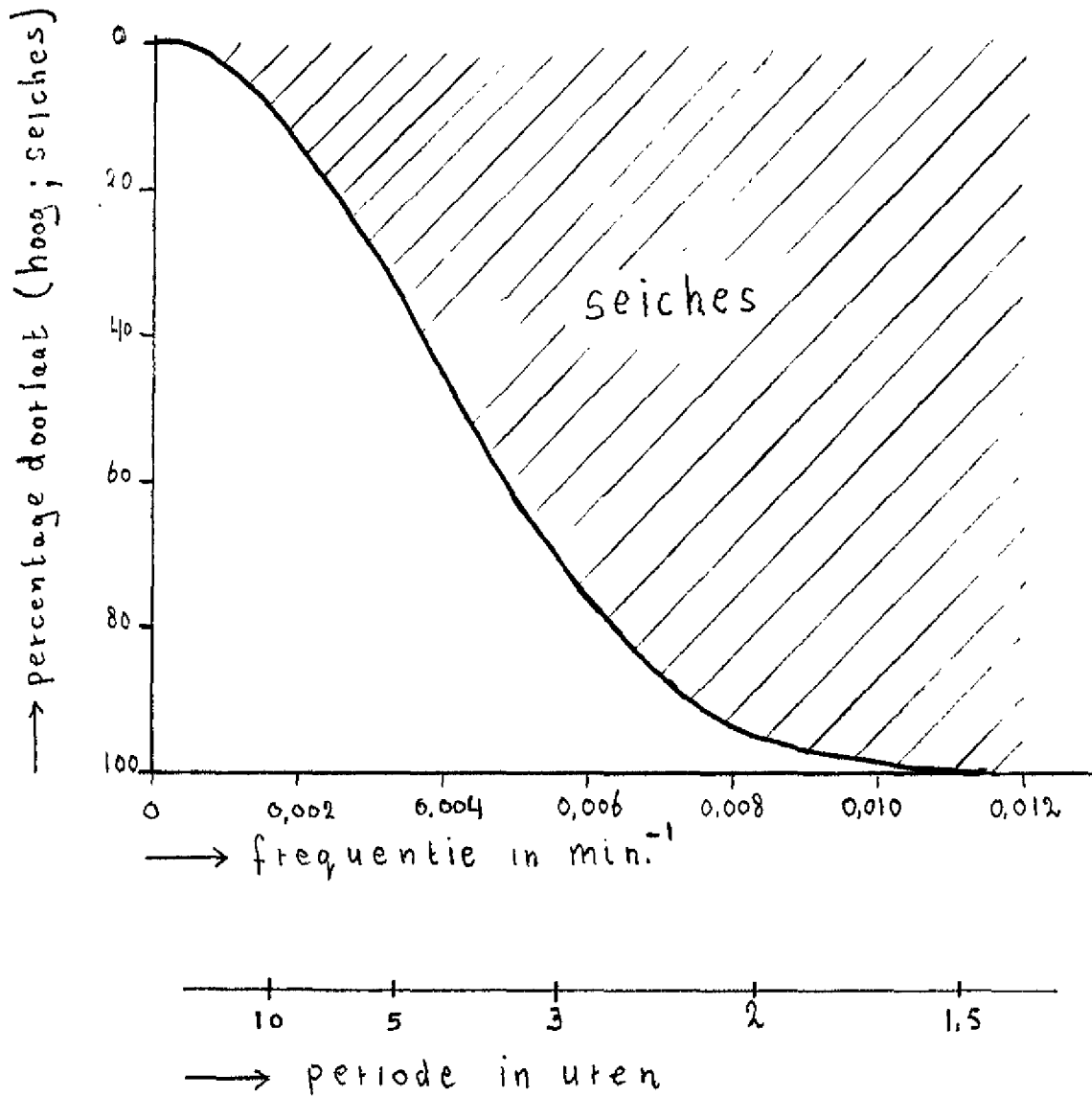
----- ASTRONOMISCH GETIJ



Bijlage 3.



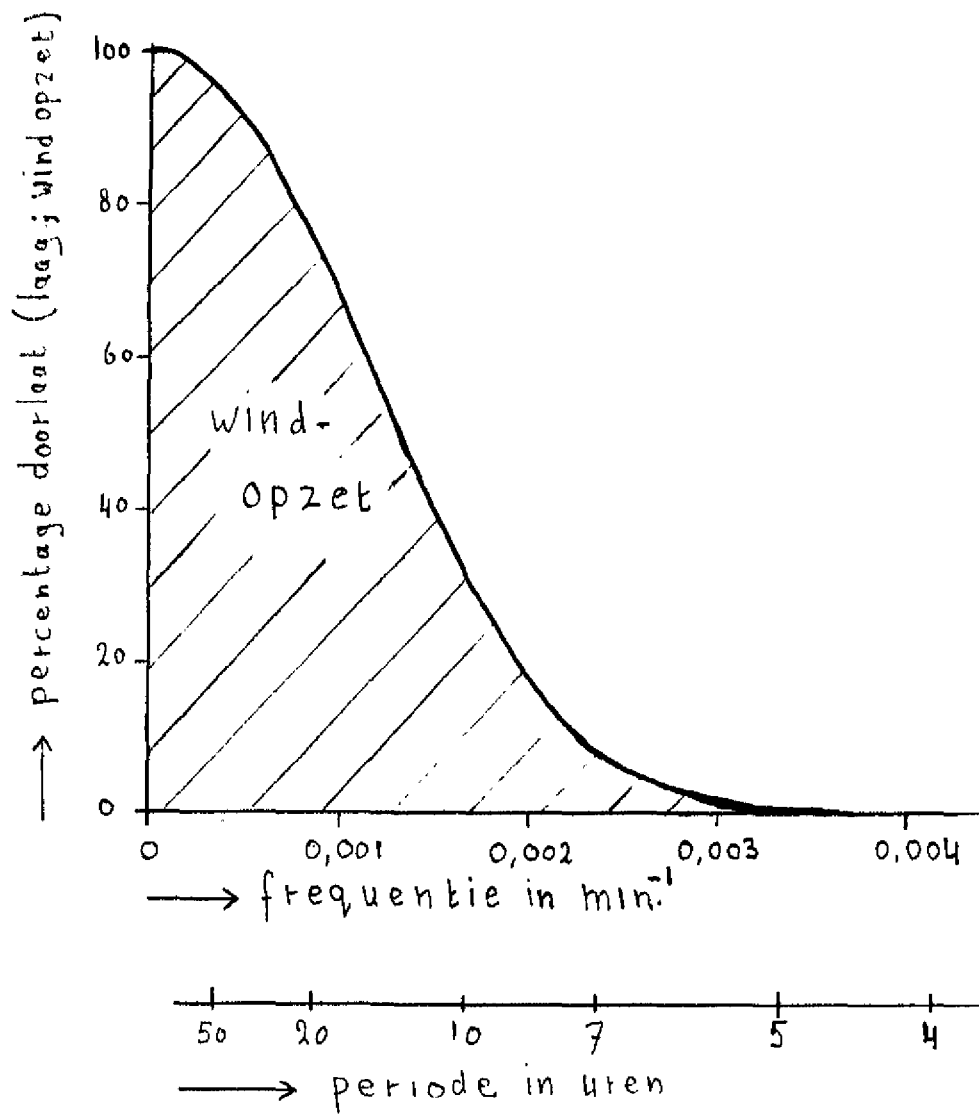
4-maal lopend middelen over 75 minuten registratie.



Filter karakteristiek seiches.

Bijlage 4.

4-maal lopend middelen over 245 minuten registratie.

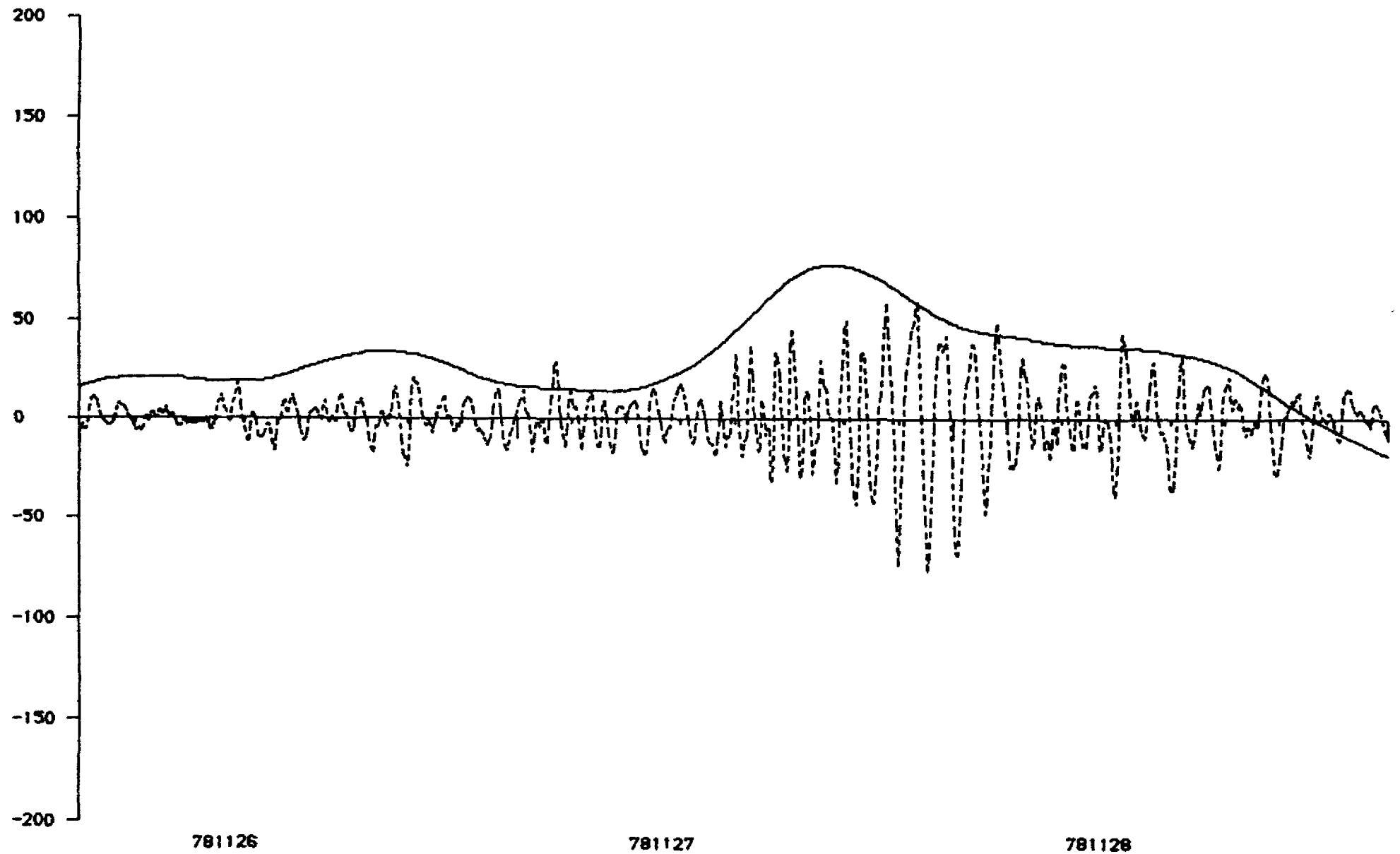


Filterkarakteristiek windopzet.

Bijlage 5.

STATION : ROZENBURG SLUIS  
PERIODE : 31

———— WIND-OPZET (FILTER : 4=246 MIN.)  
- - - - - SEICHES (FILTER 4=74 MIN.)

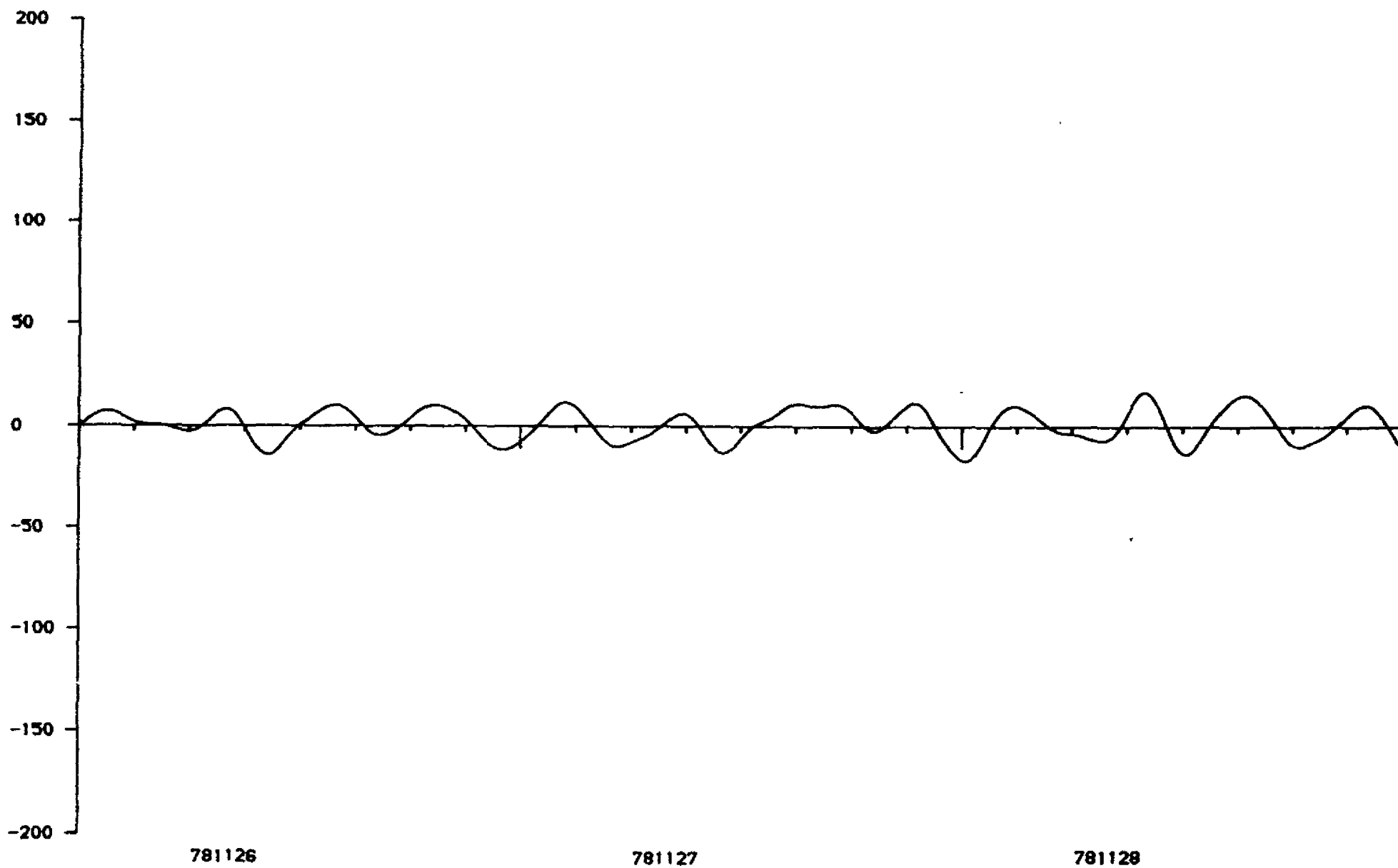


Bijlage 6.

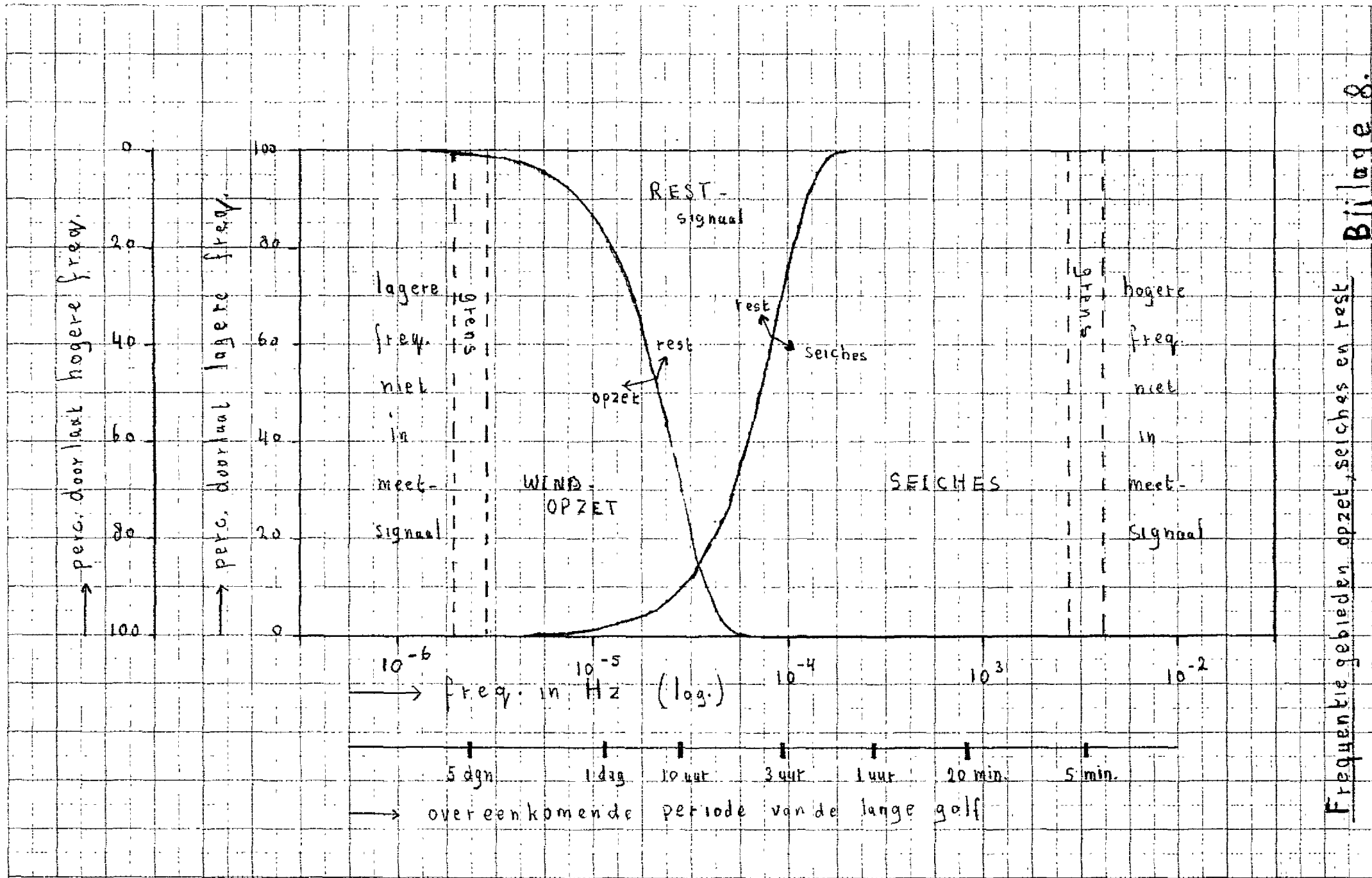
STATION : ROZENBURG SLUIS

PERIODE : 31

RESTSIGNAAL (OPG.-ASTR.-SEICHES-OPZET)



Bijlage 7.



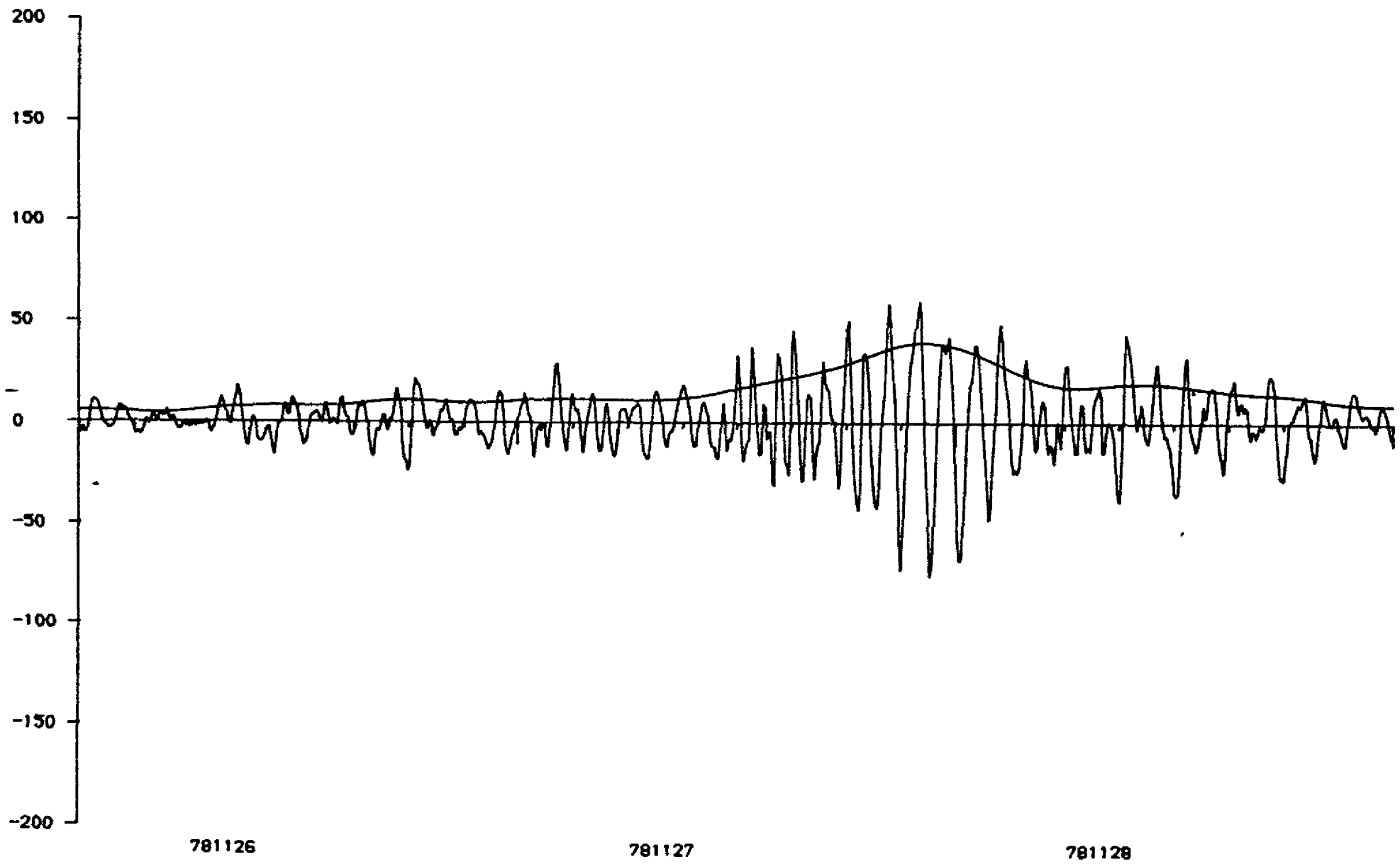
Bijlage 8.  
 Frequentie gebieden opzet, seiches en rest

STATION : ROZENBURG SLUIS

PERIODE : 31

———— SEICHES (FILTER 4\*7\* MIN.)

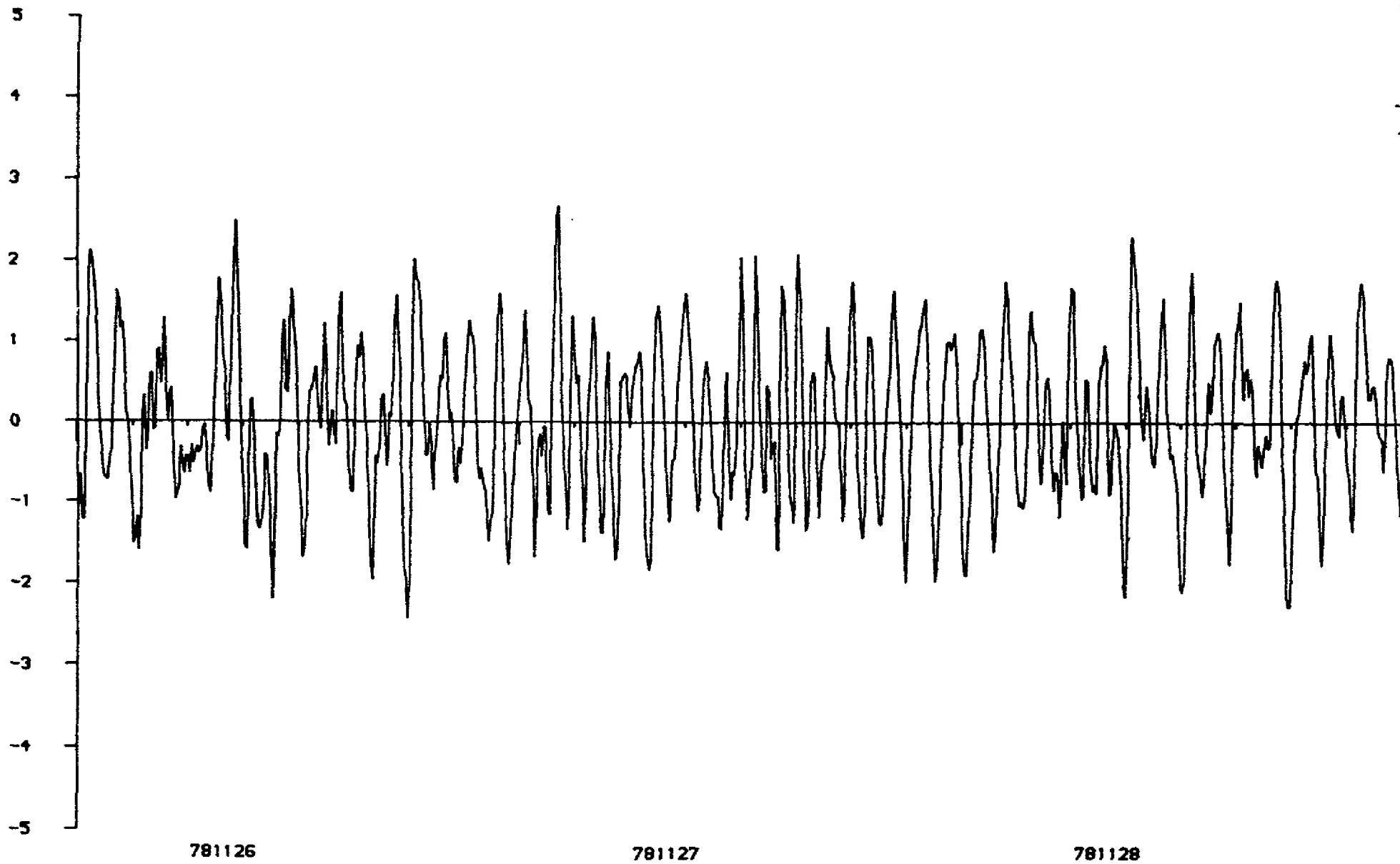
----- GEN. AMPLITUDE [S(T)] (306 +2\*19\*)



Bijlage 9.

STATION : ROZENBURG SLUIS  
PERIODE : 31

———— GENOM. SEICHES (SKT) 306 + 2\*194 MIN.)  
-----



Bijlage 10.

datum	MET uur mm	water, drukt	astr gety	wind of het	richting	S (h) *100	gemidd. zeiche *100	hoogte zeep. i *100
760104	118	142	-30	154	-1	1297	-11	1956
760104	120	144	-30	153	2	1306	12	1912
760104	122	146	-30	153	5	1316	35	1865
760104	124	144	-29	152	3	1325	20	1816
760104	126	143	-29	152	3	1335	21	1764
760104	128	144	-29	151	5	1344	36	1712
760104	130	147	-29	150	9	1353	67	1657
760104	132	149	-28	150	11	1363	82	1600
760104	134	150	-28	149	13	1372	97	1542
760104	136	151	-28	149	16	1381	113	1482
760104	138	153	-28	148	19	1391	135	1419
760104	140	153	-28	147	20	1400	143	1355
760104	142	154	-27	147	21	1409	151	1288
760104	144	149	-27	146	18	1418	124	1219
760104	146	149	-27	146	19	1427	132	1149
760104	148	141	-27	145	12	1437	85	1077
760104	150	138	-26	144	10	1446	66	1003
760104	152	138	-26	144	11	1455	75	927
760104	154	132	-25	143	5	1464	36	849
760104	156	129	-25	143	4	1473	25	770
760104	158	129	-24	142	4	1482	28	688
760104	200	124	-24	141	1	1491	4	606
760104	202	120	-23	141	-3	1500	-20	521
760104	204	118	-22	140	-5	1508	-30	436
760104	206	116	-21	140	-6	1517	-40	349
760104	208	114	-20	139	-8	1526	-49	260
760104	210	114	-19	138	-7	1535	-46	172
760104	212	114	-18	138	-6	1543	-42	81
760104	214	116	-16	137	-5	1552	-32	-10
760104	216	120	-15	136	0	1560	-3	-102
760104	218	122	-13	136	1	1568	7	-194

Voorbeeld van een file met "zeiches"-gegevens

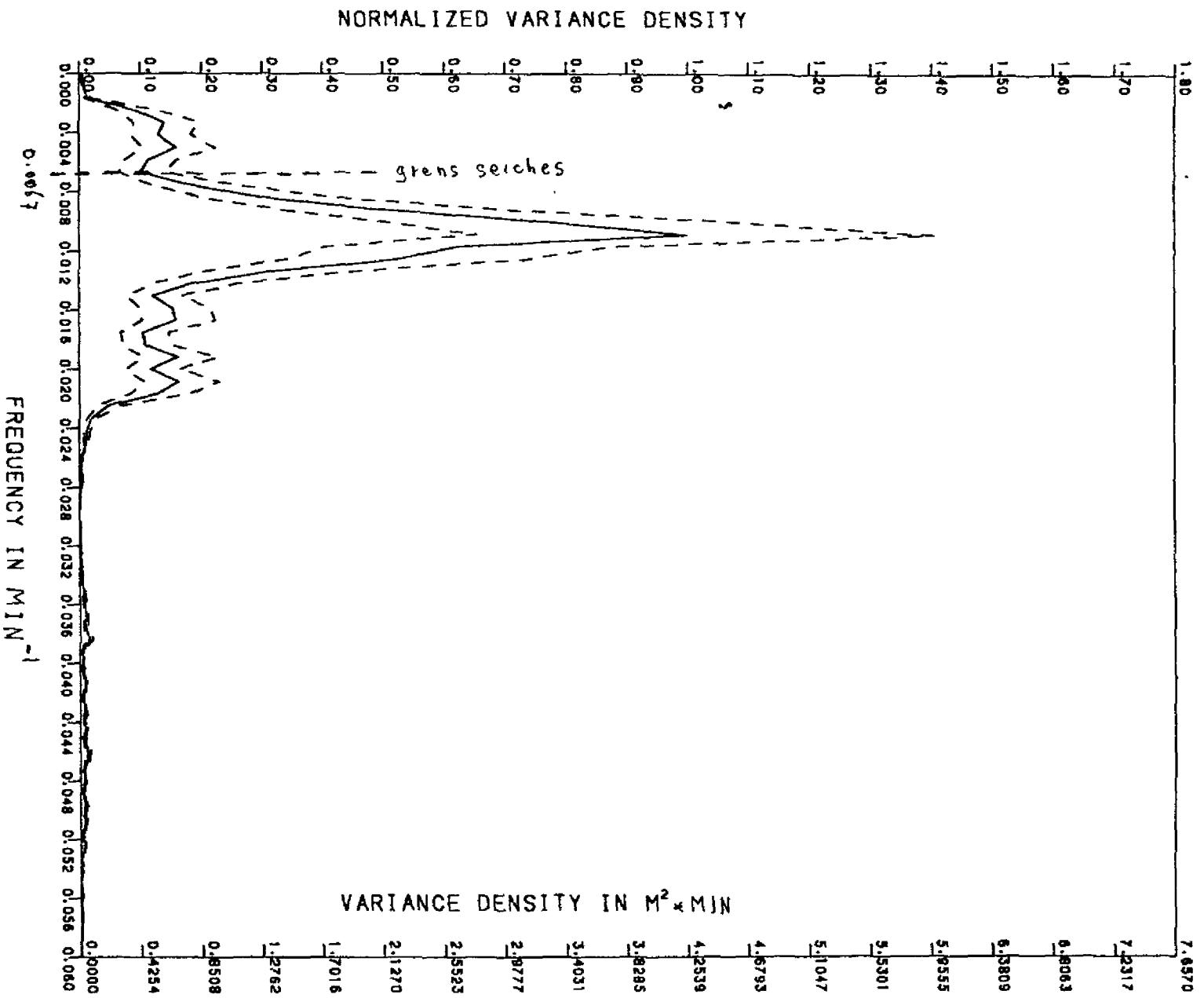
Bijlage II.



soort	per. nr.	b e g i n -		e i n d -		soort seiche *
		datum	tijd	datum	tijd	
deel- reeksen met dt=2 min HVH en ROZ	24	760102	20.00	760103	16.00	BS
	25	760120	06.00	760121	02.00	BS
	25	760121	02.00	760121	22.00	CS
	25	760122	02.00	760122	22.00	CS
	25	760123	18.00	760124	14.00	CS
	25	760125	00.00	760125	20.00	CS
	30	771230	12.00	771231	08.00	BS
	30	780103	08.00	780104	04.00	BS
	30	780104	04.00	780104	24.00	CS
	31	781126	14.00	781127	10.00	CS
	31	781127	10.00	781128	06.00	CS
	31	781128	06.00	781119	02.00	CS
	32	790102	08.00	790103	04.00	BS
	40	801128	02.00	801128	22.00	BS
	40	801203	02.00	801203	22.00	CS
	40	801204	08.00	801205	04.00	CS
	40	801205	16.00	801206	12.00	CS
	40	801206	20.00	801207	16.00	BS
	51	820921	02.00	800921	22.00	BS
	deel- reeksen met dt=5 min HVH ROZ EUR en LEG	53	830101	12.00	830105	08.00
54		830118	02.00	830118	22.00	
54		830118	22.00	830119	18.00	
54		830119	18.00	830120	14.00	
55		830201	18.00	830202	14.00	
56		830321	14.00	830322	10.00	
56		830322	10.00	830323	06.00	
56		830325	18.00	830326	14.00	
57		830512	10.00	830513	06.00	
deelr. met dt=5 min HVH MIS	90	870315	15.40	870316	11.40	
	92a	870912	20.40	870913	16.40	
	92b	870915	12.20	870916	08.20	
	92b	870916	08.20	870917	04.20	
	92b	870917	04.20	870918	00.20	

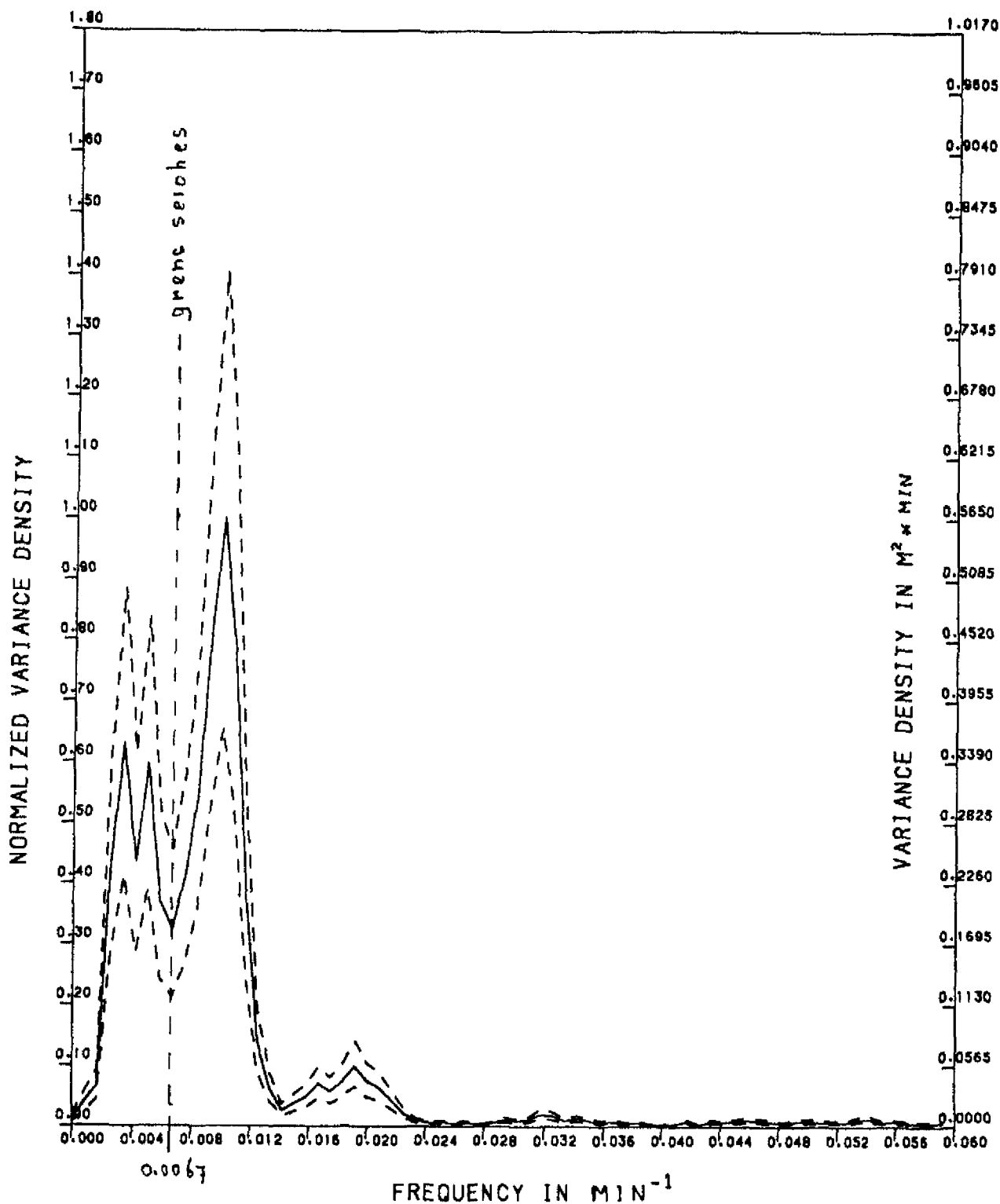
\* CS = constante seiches  
BS = buistoot seiches

Overzicht gebruikte deelreeksen bij spektrumberekening.



ENERGIE DICHTHEIDSSPEKTRUM MET 90%-BETR. INTERVAL

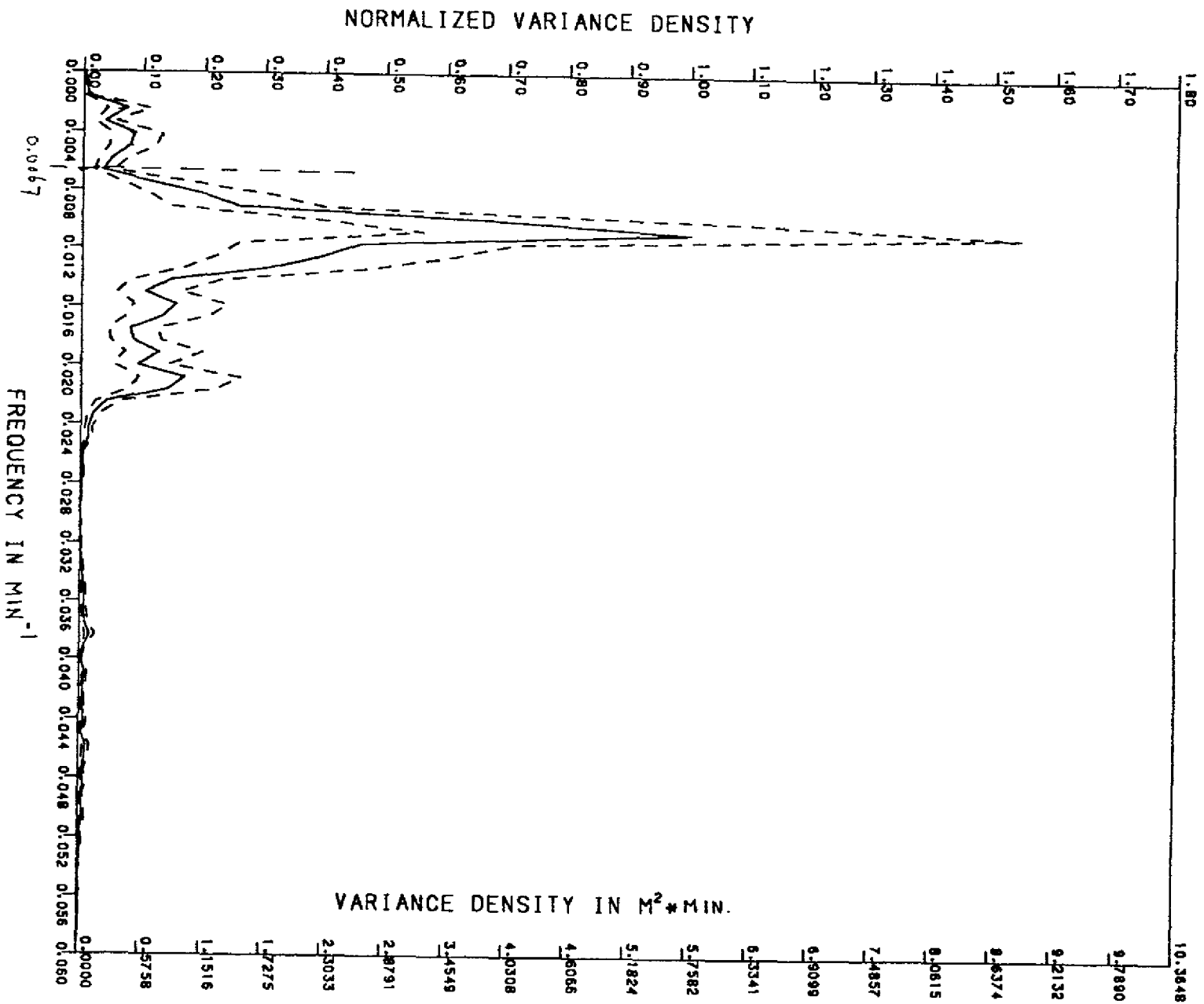
$f_{\text{piek}} = 0.0108 \text{ min}^{-1}$       Station : ROZ  
 $T_{\text{piek}} = 92 \text{ min}$       reekslengte : 22800 min  
 $m_0 = 0.02383 \text{ m}^2$       aantal deelreeksen : 19  
 $m_0' = 0.02132 \text{ m}^2$



ENERGIE DICHTHEIDS SPEKTRUM MET 90%-BETR. INTERVAL

$f_{\text{piek}} = 0.0100 \text{ min}^{-1}$   
 $T_{\text{piek}} = 100 \text{ min}$   
 $m_0 = 0.00393 \text{ m}^2$   
 $m_0' = 0.00264 \text{ m}^2$

station : HVH  
 reekslengte : 22800 min.  
 aantal deeltreksen : 19

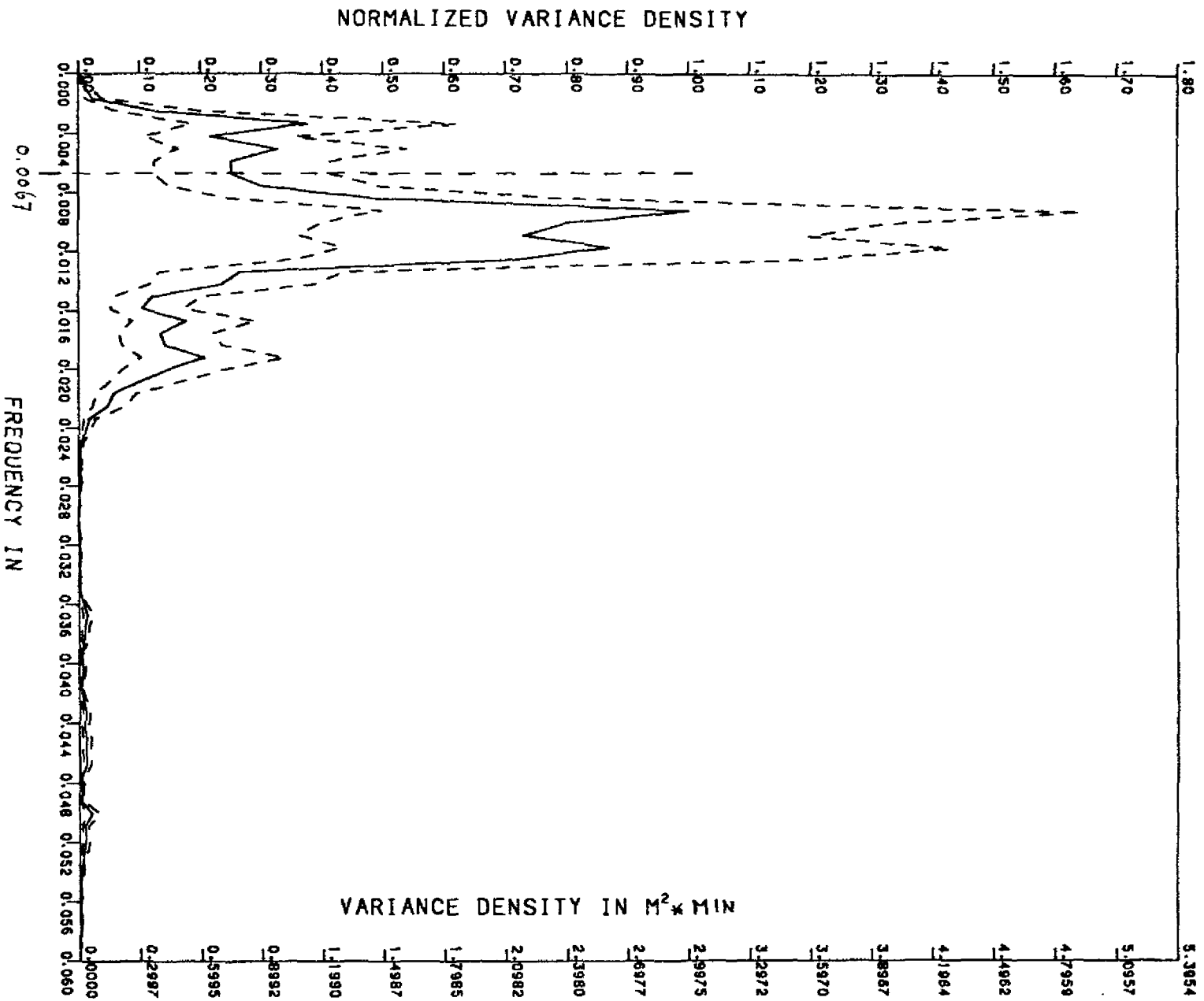


ENERGIE DICHTHEIDS SPECTRUM MET 90% - BETR. INTERVAL

$f_{\text{piek}} = 0.0108$  min<sup>-1</sup>      Station : ROZ  
 $T_{\text{piek}} = 92$  min      Peekslenkte : 13200 min  
 $m_0 = 0.02568$  m<sup>2</sup>      aantal deelreeksen : 11  
 $m_0' = 0.02398$  m<sup>2</sup>

Constante seiches

Bijlage 15.

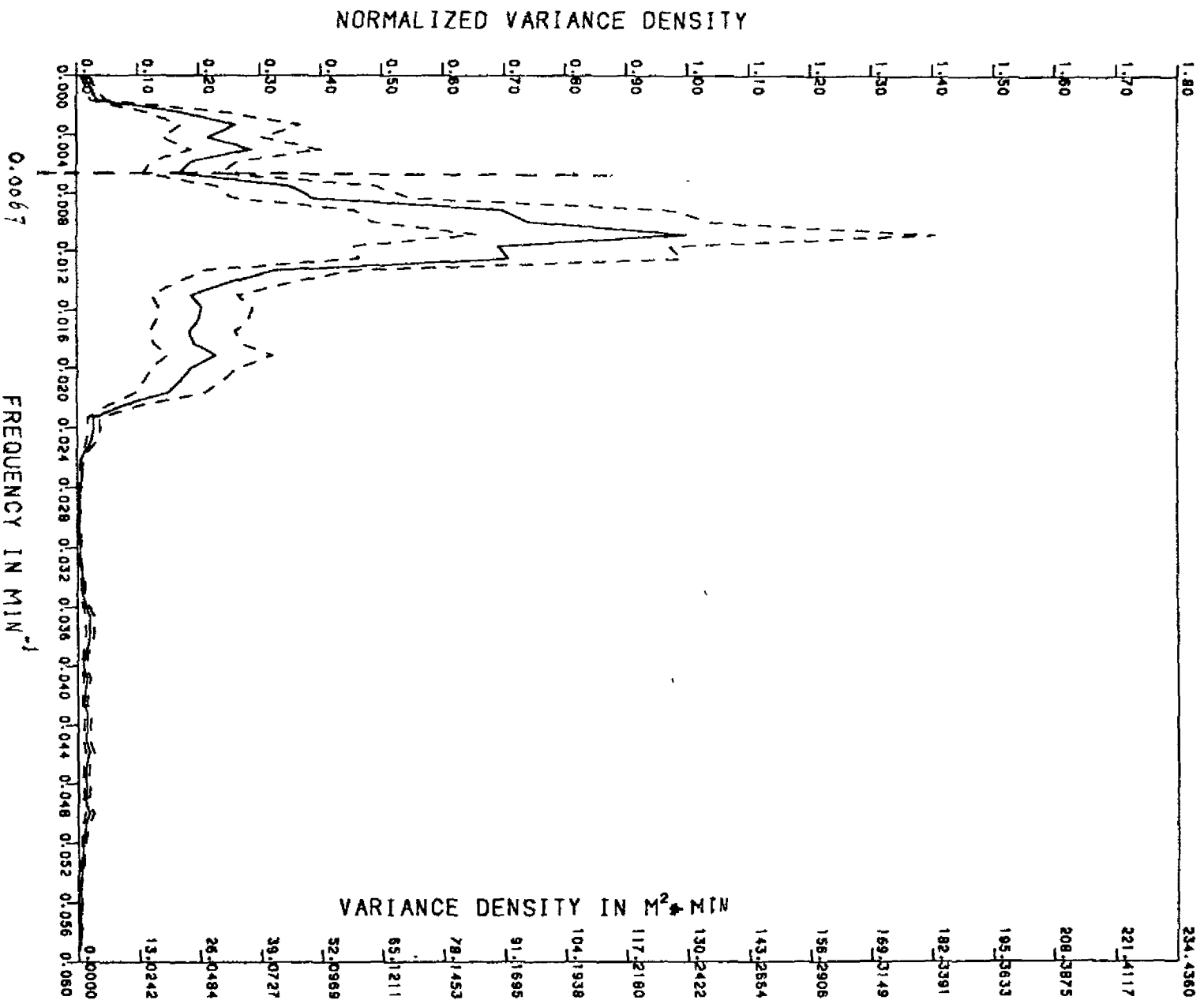


ENERGIE DICHTHEIDS SPEKTRUM MET 90% - BETR. INTERVAL

$f_{\text{piek}} = 0.0092 \text{ min}^{-1}$  Station : ROZ  
 $T_{\text{piek}} = 109 \text{ min}$  Reekslengte : 9600 min  
 $m_0 = 0.02128 \text{ m}^2$  aantal deelreeksen : 8  
 $m_0' = 0.01765 \text{ m}^2$

buisstoot serches

Bijlage 16.

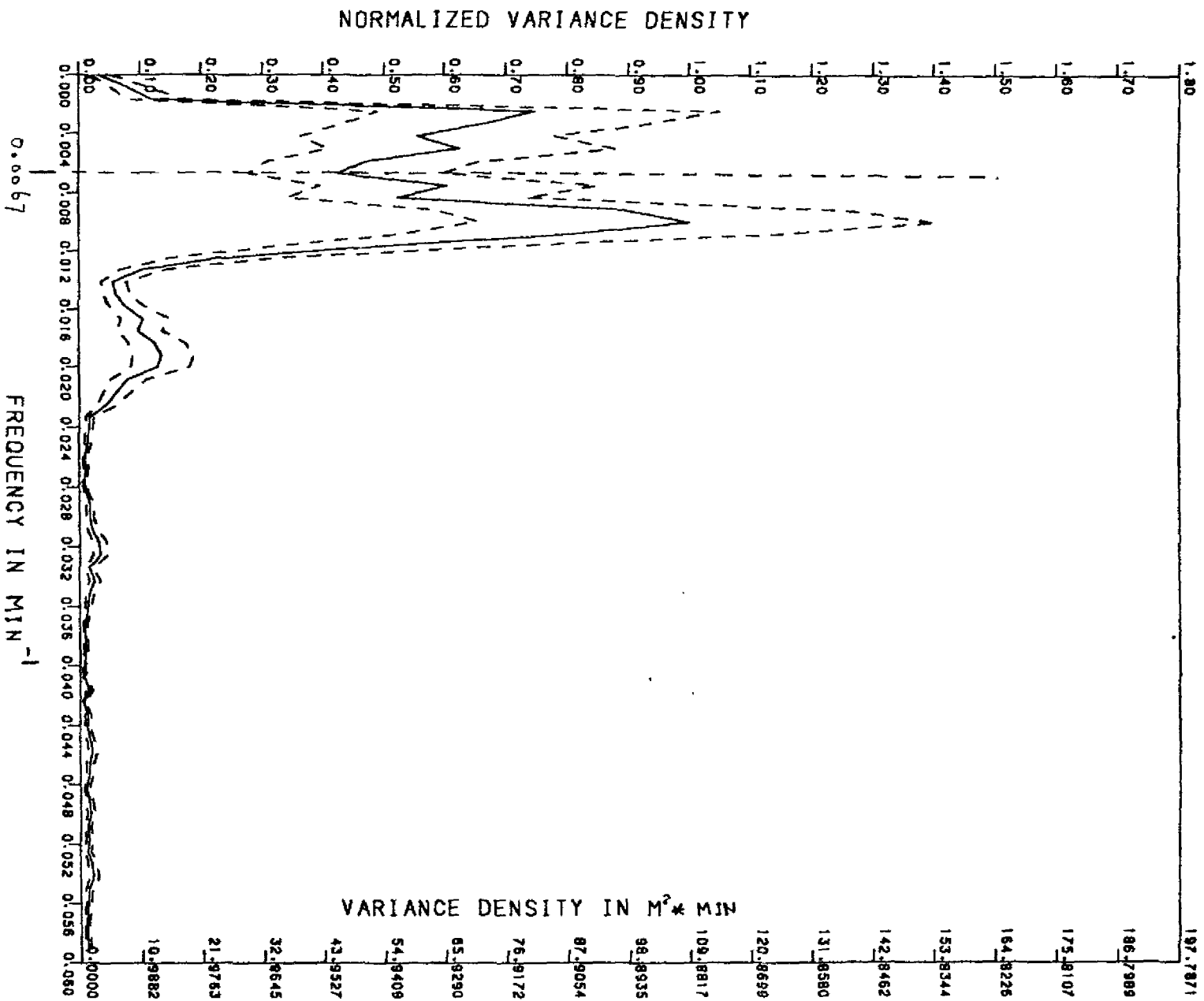


ENERGIE DICHTHEIDS SPEKTRUM MET 90% - BETR. INTERVAL

$f_{\text{piek}} = 0.0108 \text{ min}^{-1}$       Station : ROZ  
 $T_{\text{piek}} = 92 \text{ min}$       Reeks lengte : 22.800 min.  
 $m_0 = \text{n.v.t.}$        $m^1$       aantal deelreksen : 19  
 $m_0' = \text{n.v.t.}$        $m^i$

genormaliseerde serches

Bijlage 17.

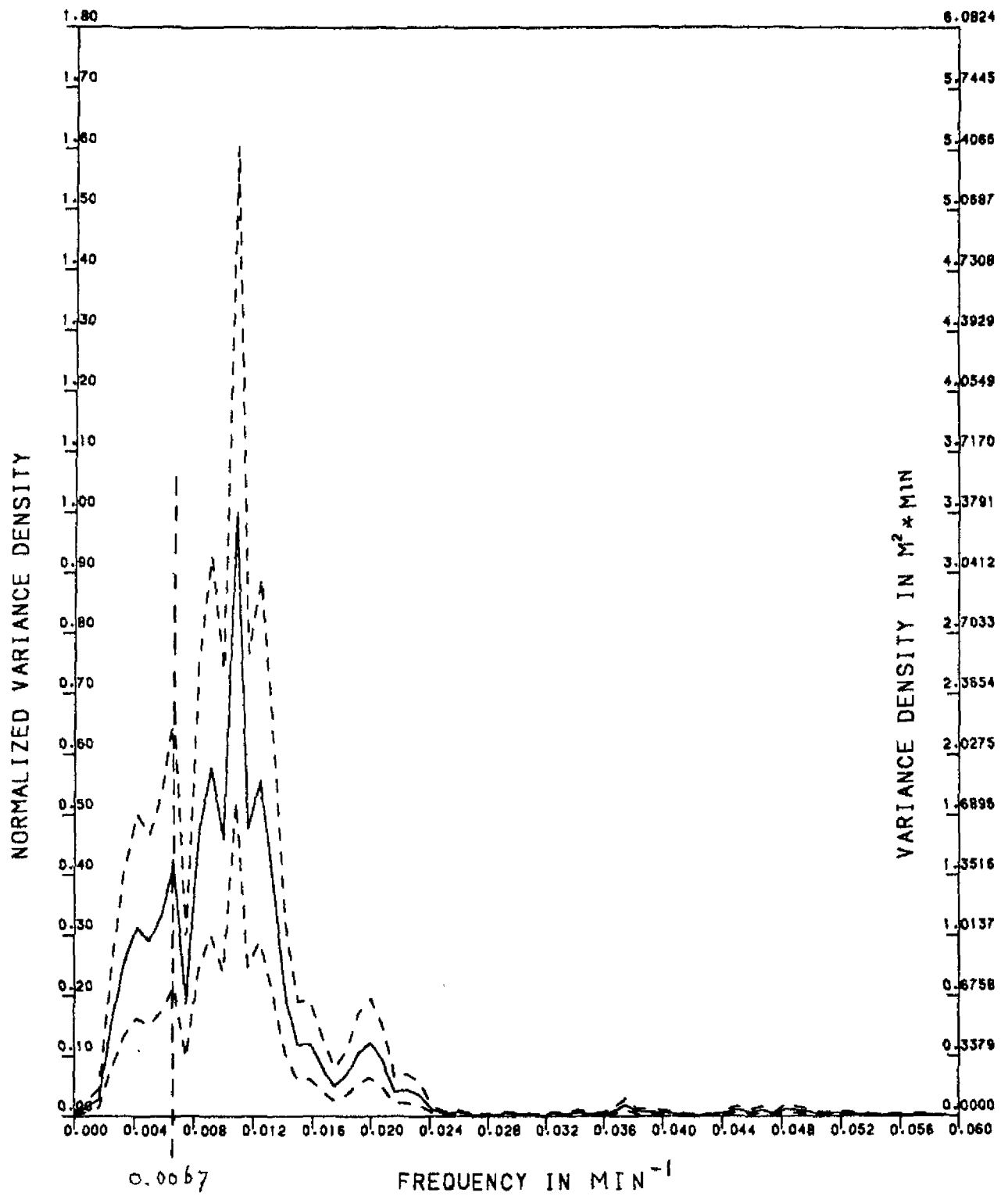


ENERGIE DICHTHEIDSSPEKTRUM MET 90% - BETR. INTERVAL

$f_{\text{piek}} = 0,0100 \text{ min}^{-1}$       Station : HVH  
 $T_{\text{piek}} = 100 \text{ min}$       Reekslengte : 22800 min.  
 $m_0 = \text{h.v.t.}$        $m^2$       aantal deelreeksen : 19  
 $m_0' = \text{h.v.t.}$        $m^2$

genormaliseerde serches

Bijlage 18.

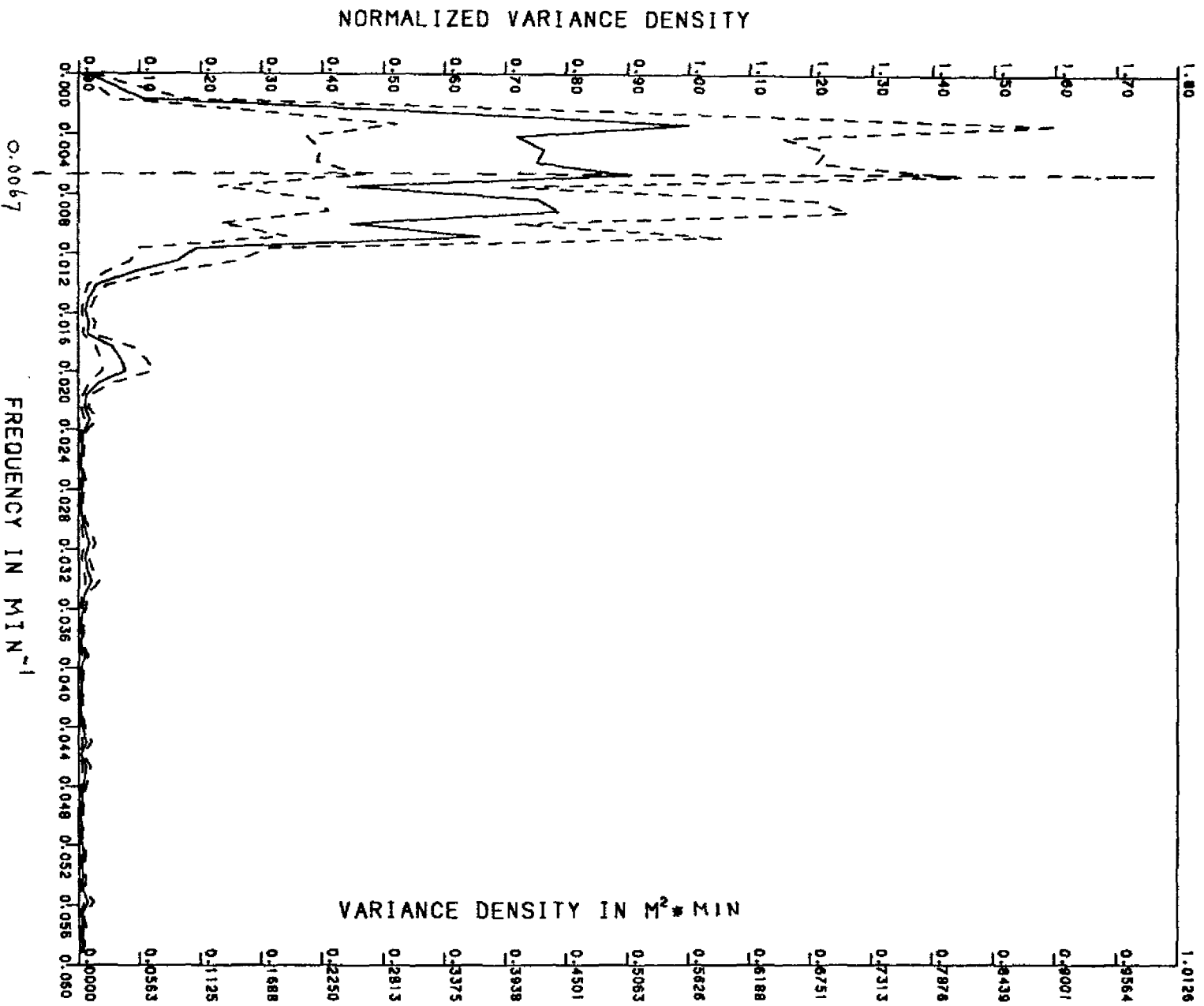


ENERGIE DICHTHEIDSSPEKTRUM MET 90% - BETR. INTERVAL

$f_{\text{piek}} = 0.0108 \text{ min}^{-1}$   
 $T_{\text{piek}} = 92 \text{ min}$   
 $m_0 = 0.02054 \text{ m}^2$   
 $m_0' = 0.01605 \text{ m}^2$

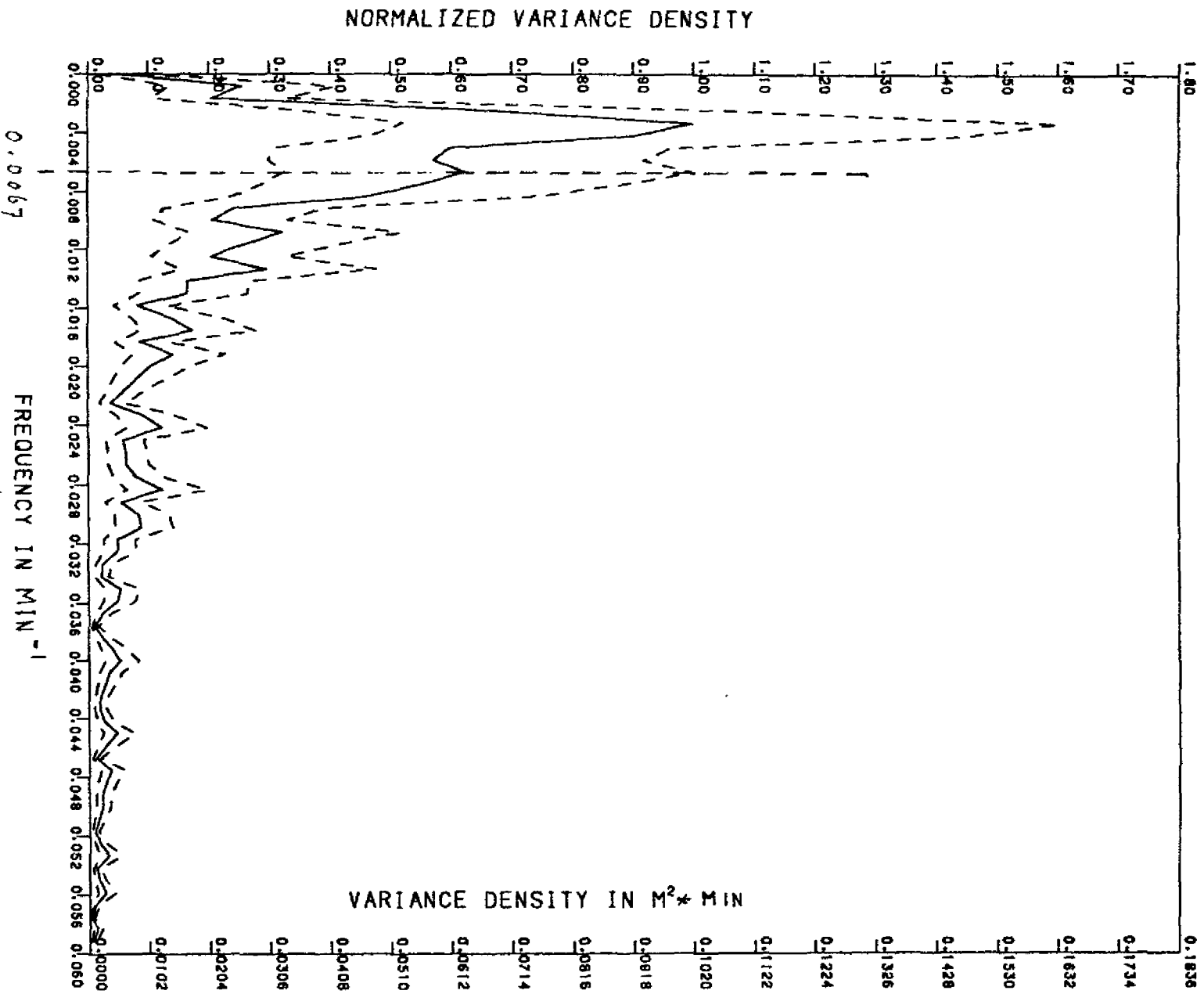
station : ROZ  
 reekslengte. : 10800 min  
 aantal deeltreksen : 9





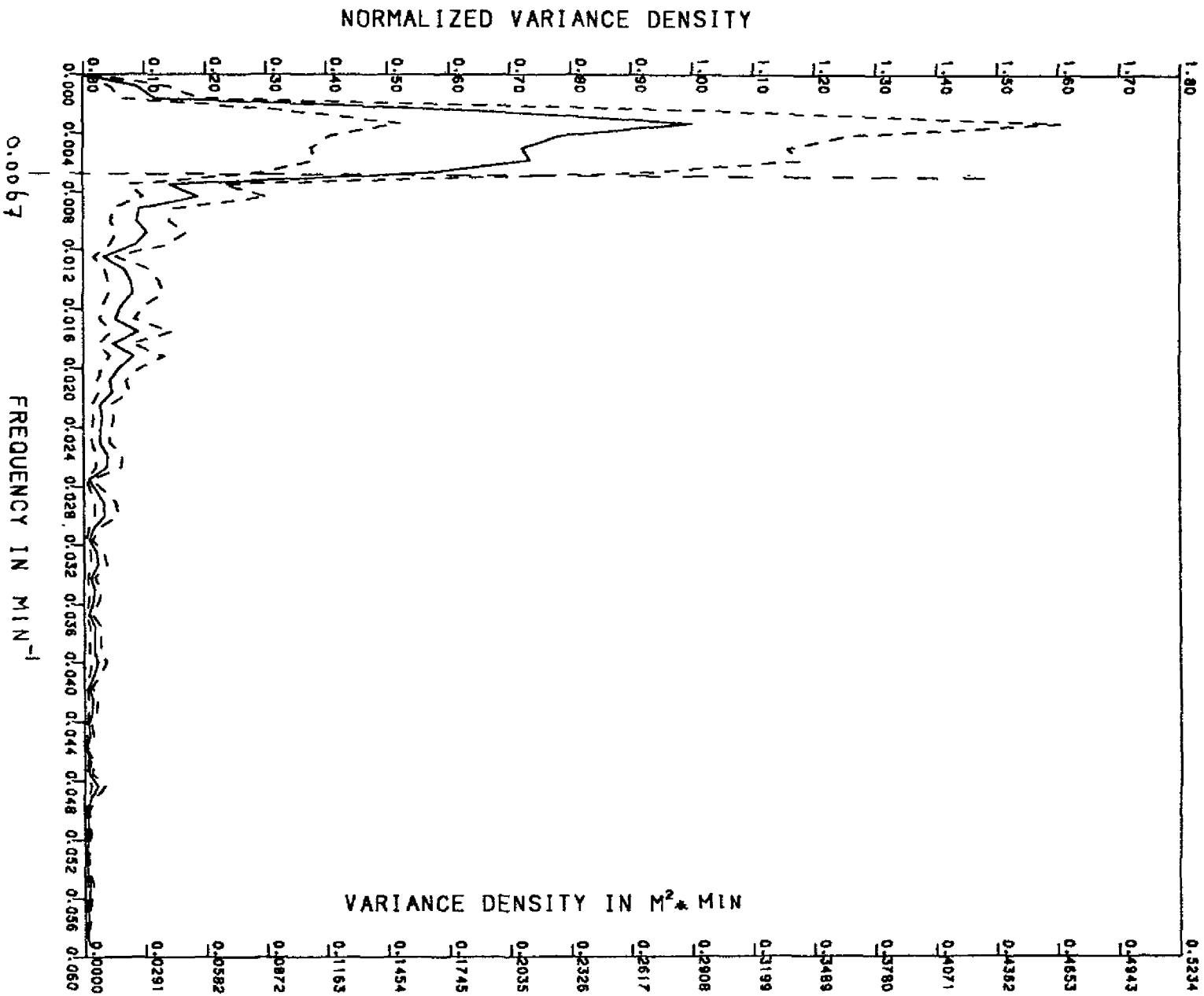
ENERGIE DICHTHEIDS SPEKTRUM MET 90% - BETR. INTERVAL

$f_{\text{piek}} = 0.0092 \text{ min}^{-1}$       Station : HVH  
 $T_{\text{piek}} = 109 \text{ min}$       Reekslengte : 10800 min.  
 $m_0 = 0.00436 \text{ m}^2$       aantal deelreeksen : 9  
 $m_0' = 0.00228 \text{ m}^2$



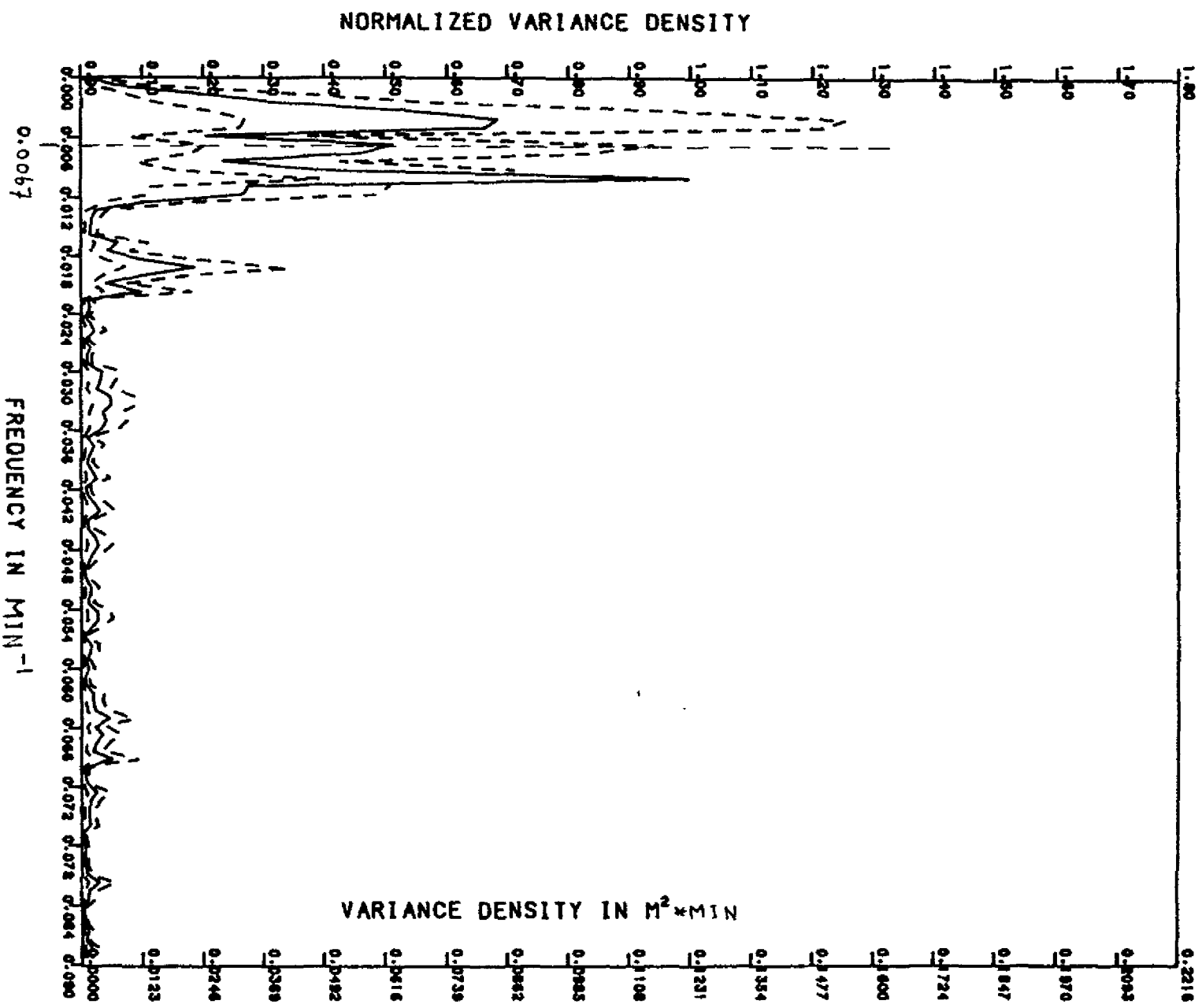
ENERGIE DICHTHEIDSSPEKTRUM MET 90% - BETR. INTERVAL

$f_{\text{piek}} = \text{---} \quad min^{-1} \quad \text{Station} \quad : \text{EUR}$   
 $T_{\text{piek}} = \text{---} \quad min \quad \text{Reekslengte} \quad : 10800 \text{ min}$   
 $m_0 = 0.00091 \quad m^2 \quad \text{aantal deelreeksen} : 9$   
 $m_0' = 0.00053 \quad m^2$



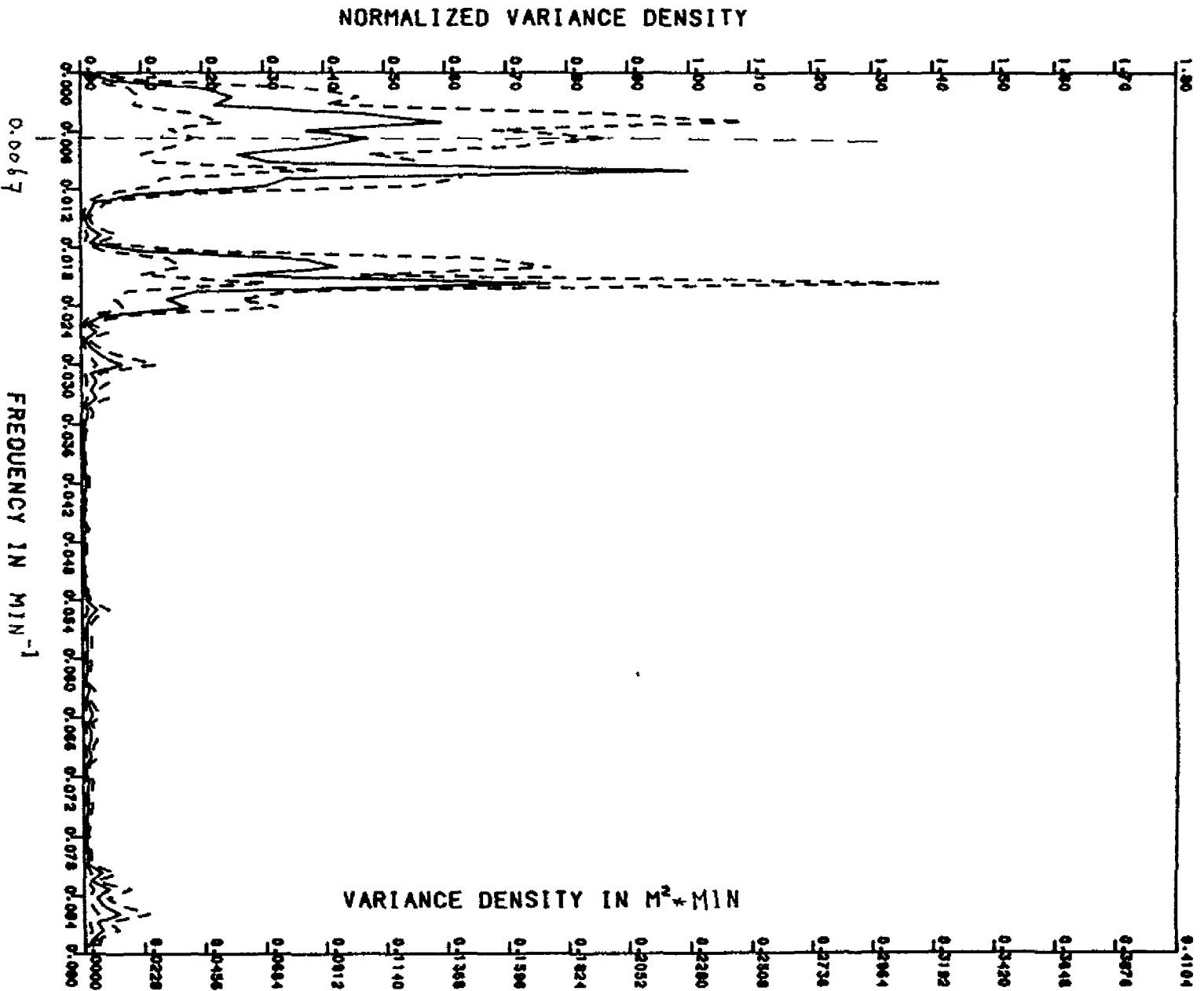
ENERGIE DICHTHEIDSSPEKTRUM MET 90%-BETR. INTERVAL

$f_{\text{piek}} = -$  min.<sup>-1</sup> Station : LEG  
 $T_{\text{piek}} = -$  min Reekslengte : 10800 min  
 $m_0 = 0.00170$  m<sup>2</sup> aantal deelreeksen : 9  
 $m_0' = 0.00064$  m<sup>2</sup>



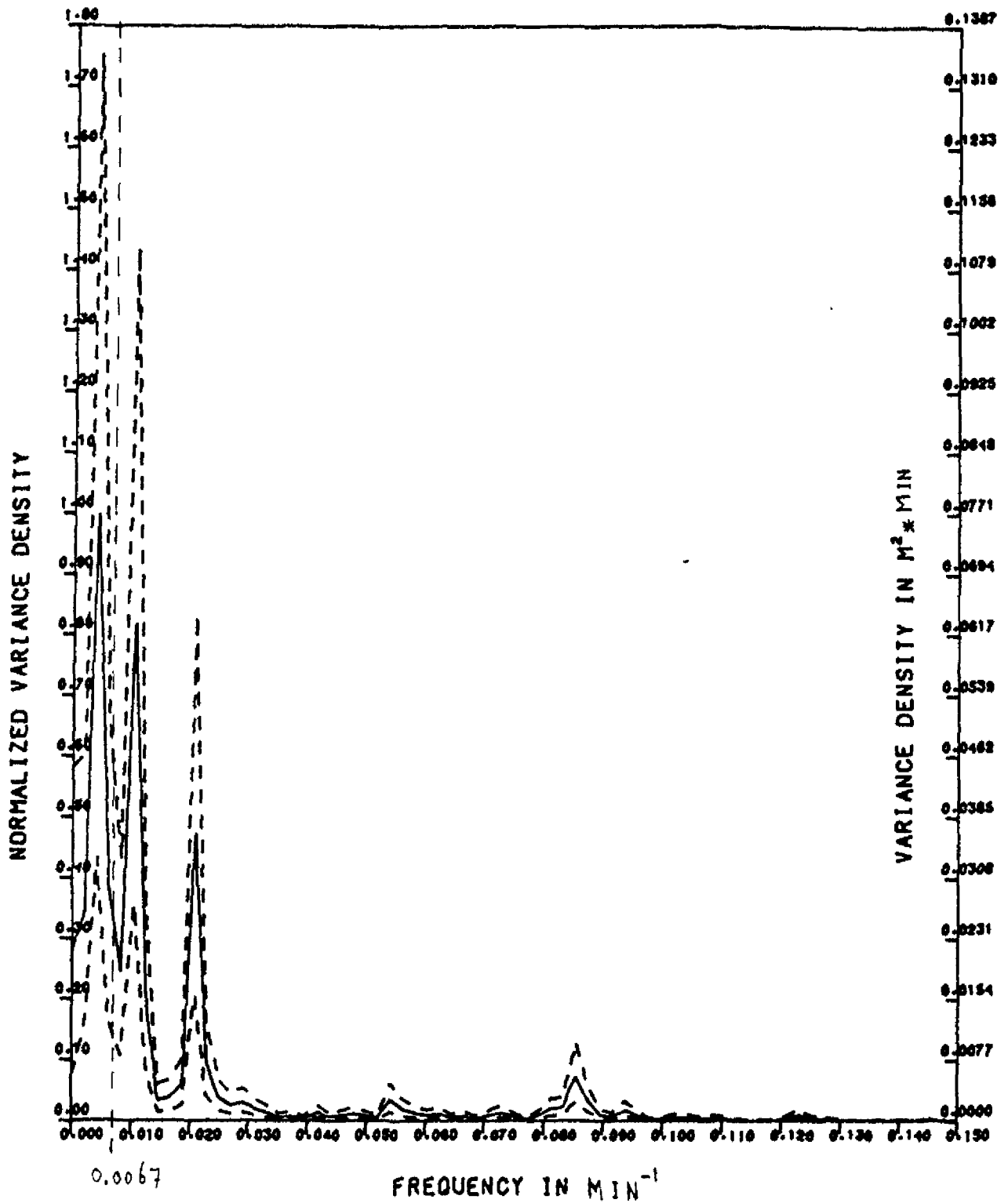
ENERGIE DICHTHEIDSSPEKTRUM MET 90% - BETR. INTERVAL

$f_{\text{piek}} = 0,0100 \text{ min}^{-1}$       Station : HVH  
 $T_{\text{piek}} = 100 \text{ min}$       Heekslengte : 6000 min.  
 $m_0 = 0,00084 \text{ m}^2$       aantal deelreeksen : 5  
 $m_0' = 0,00054 \text{ m}^2$



ENERGIE DICHTHEIDSSPEKTRUM MET 90% - RETR. INTERVAL

$f_{\text{piek}} = 0.0100 \text{ min}^{-1}$       Station : MIS  
 $T_{\text{piek}} = 100 \text{ min}$       reekslengte : 6000 min.  
 $m_0 = 0.00170 \text{ m}^2$       aantal deelreeksen : 5  
 $m_0' = 0.00124 \text{ m}^2$



ENERGIE DICHTHEIDS SPEKTRUM MET 90% - BETR. INTERVAL

$f_{\text{piek}} = 0.0104 \quad \text{min}^{-1}$

station : MIS

$T_{\text{piek}} = 96 \quad \text{min}$

reekslengte : 2880 min

$m_0 = 0.00076 \quad \text{m}^2$

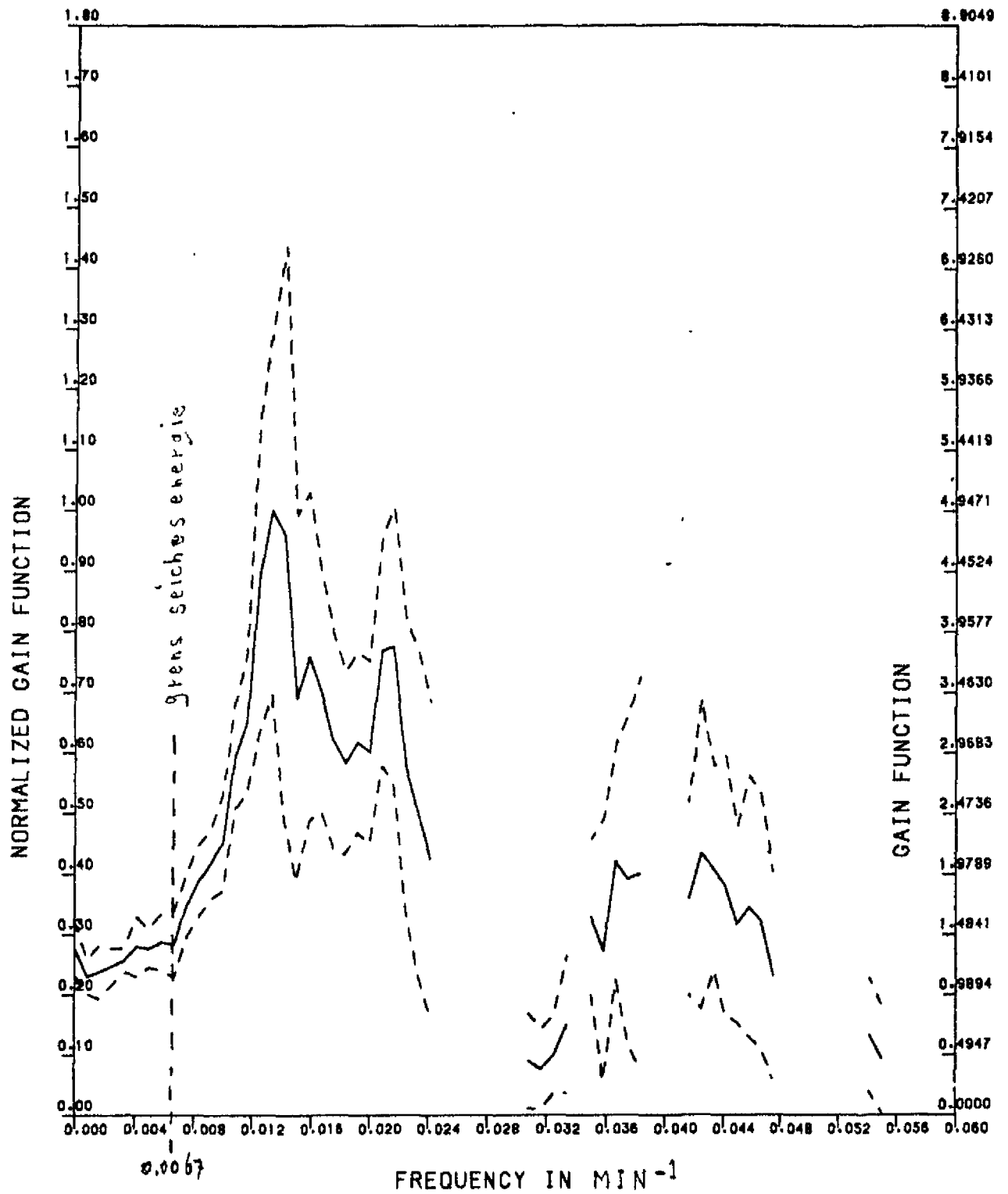
aantal deelreeksen : 6

$m_0' = 0.00048 \quad \text{m}^2$

$df = 0.002083 \quad \text{min}^{-1}$

$f_{\text{N}29} = 0.5 \quad \text{min}^{-1}$

Bijlage 25.



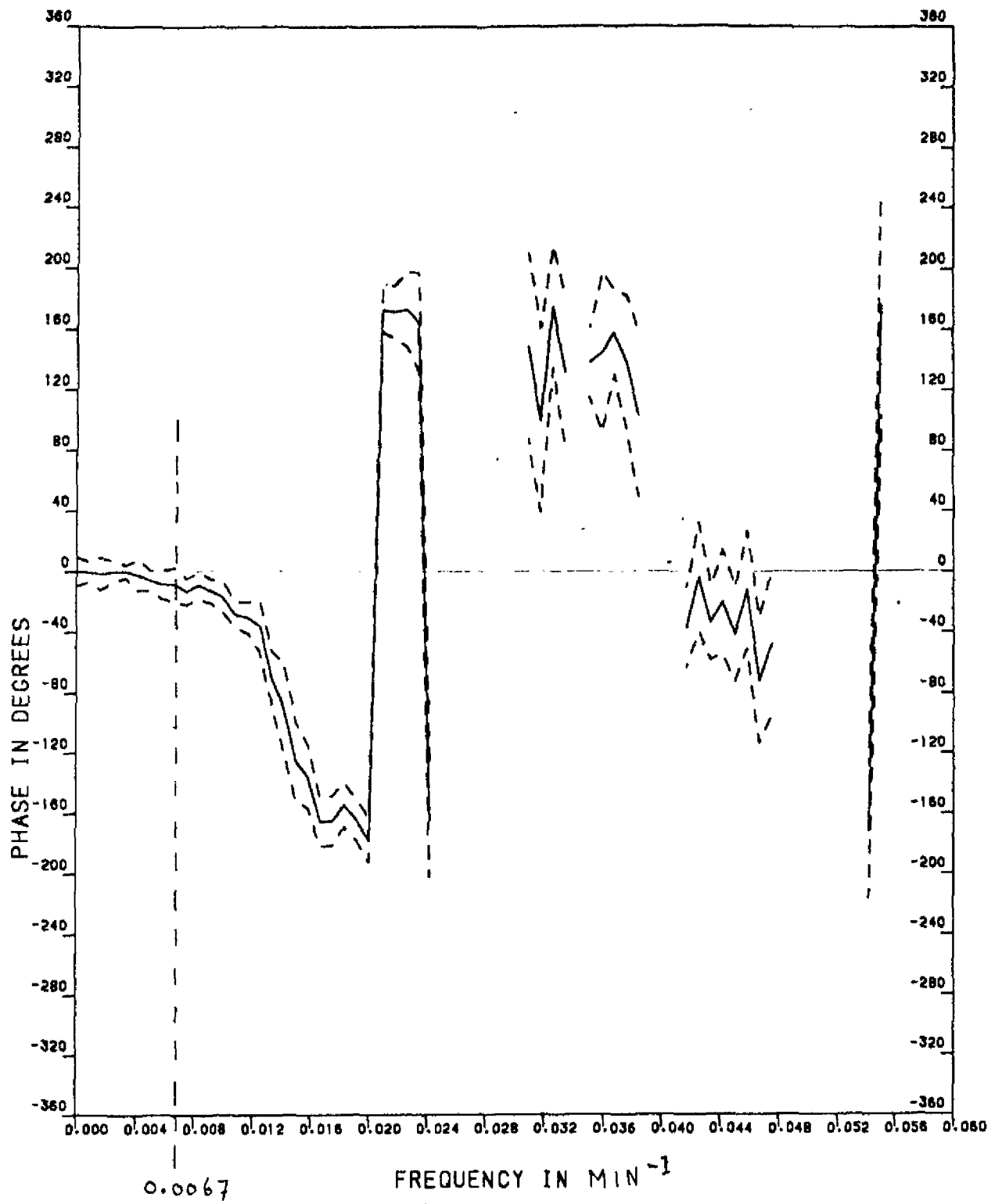
GAIN-FUNKTIE

2 min.-reeksen

station 1 : HVH

station 2 : ROZ

aantal deelreeksen : 19



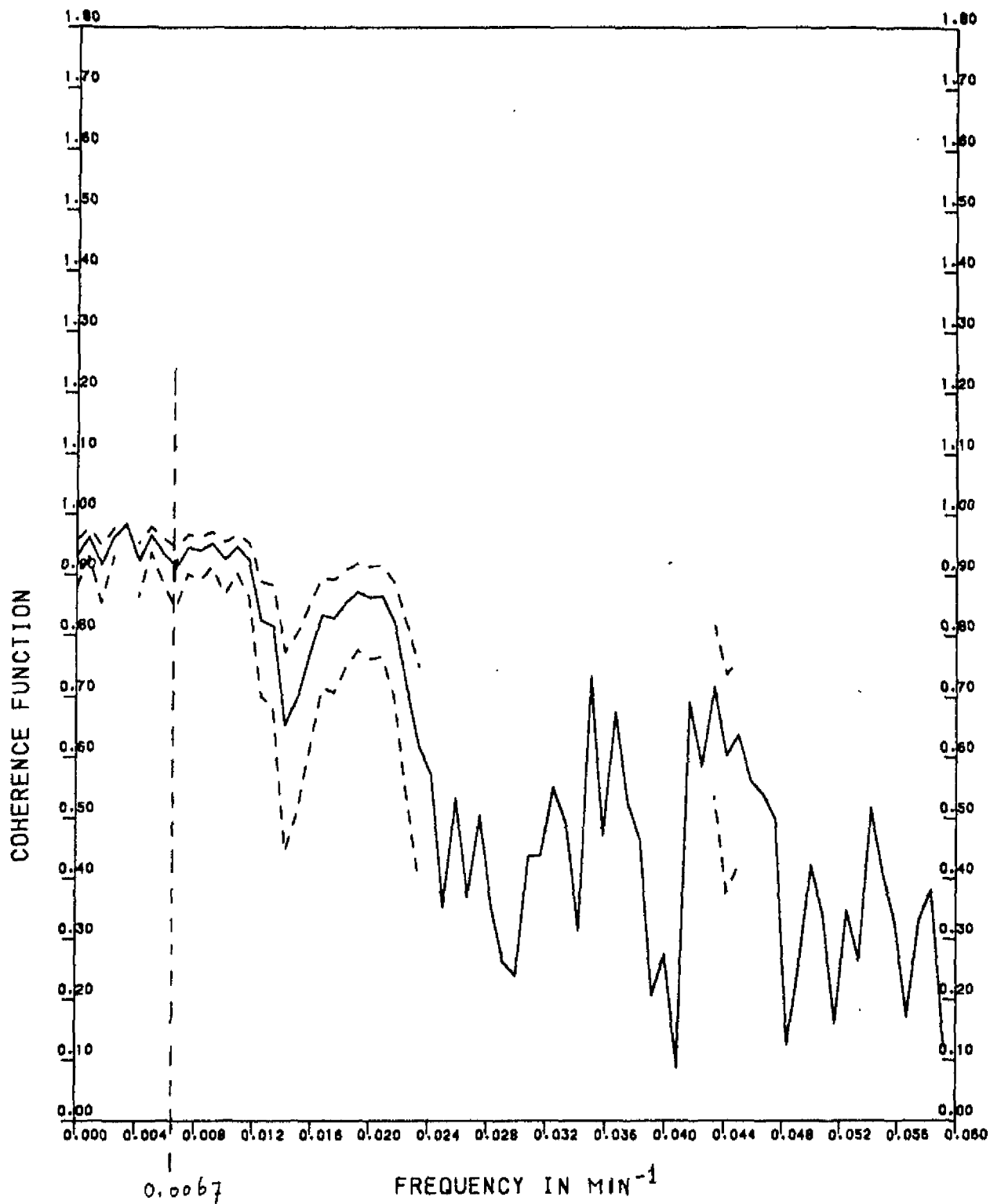
PHASE - FUNKTIE

2 min. - reeksen

station 1 : HVH  
 station 2 : ROZ  
 aantal deeltreksen : 19

Bijlage 27.





COHERENCE - FUNKTIE

2 min.-reeksen

Station 1 : HVH

Station 2 : K02

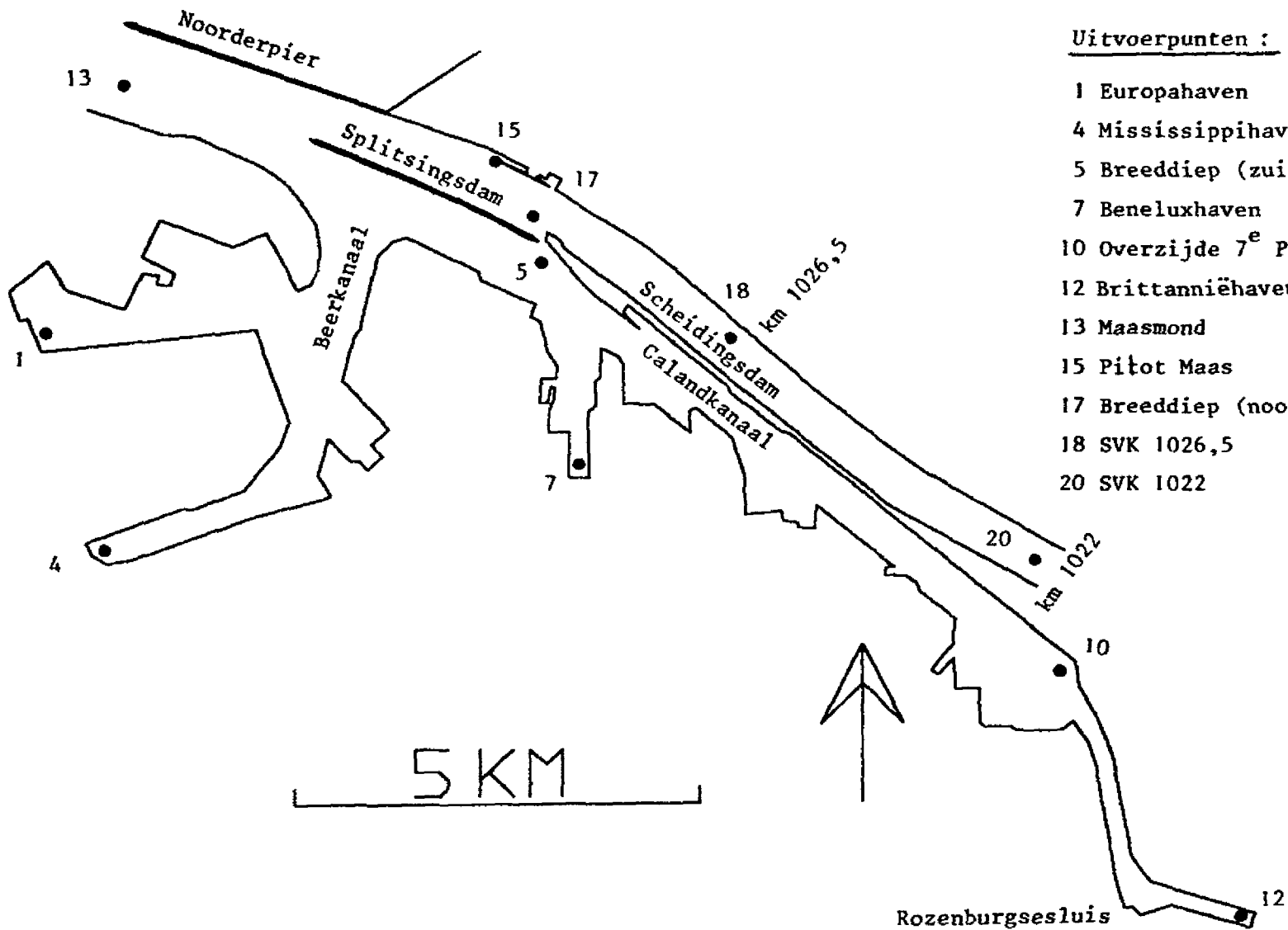
aantal deelreeksen : 19

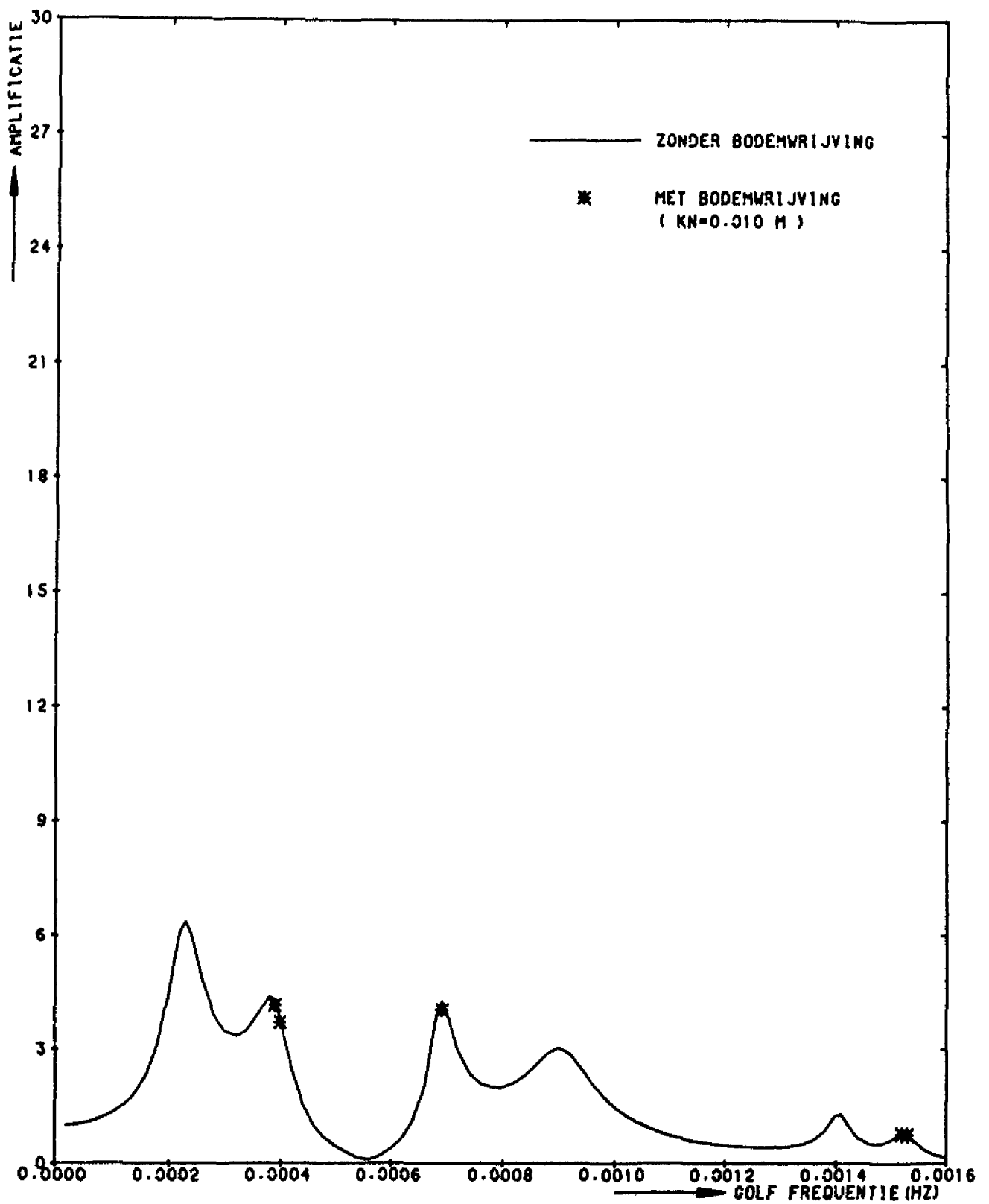
Bijlage 28.

Situatie uitvoerpunten PHAROS uit [4].

Bijlage 29.

### SVK NIEUWE WATERWEG - Bestaande Situatie





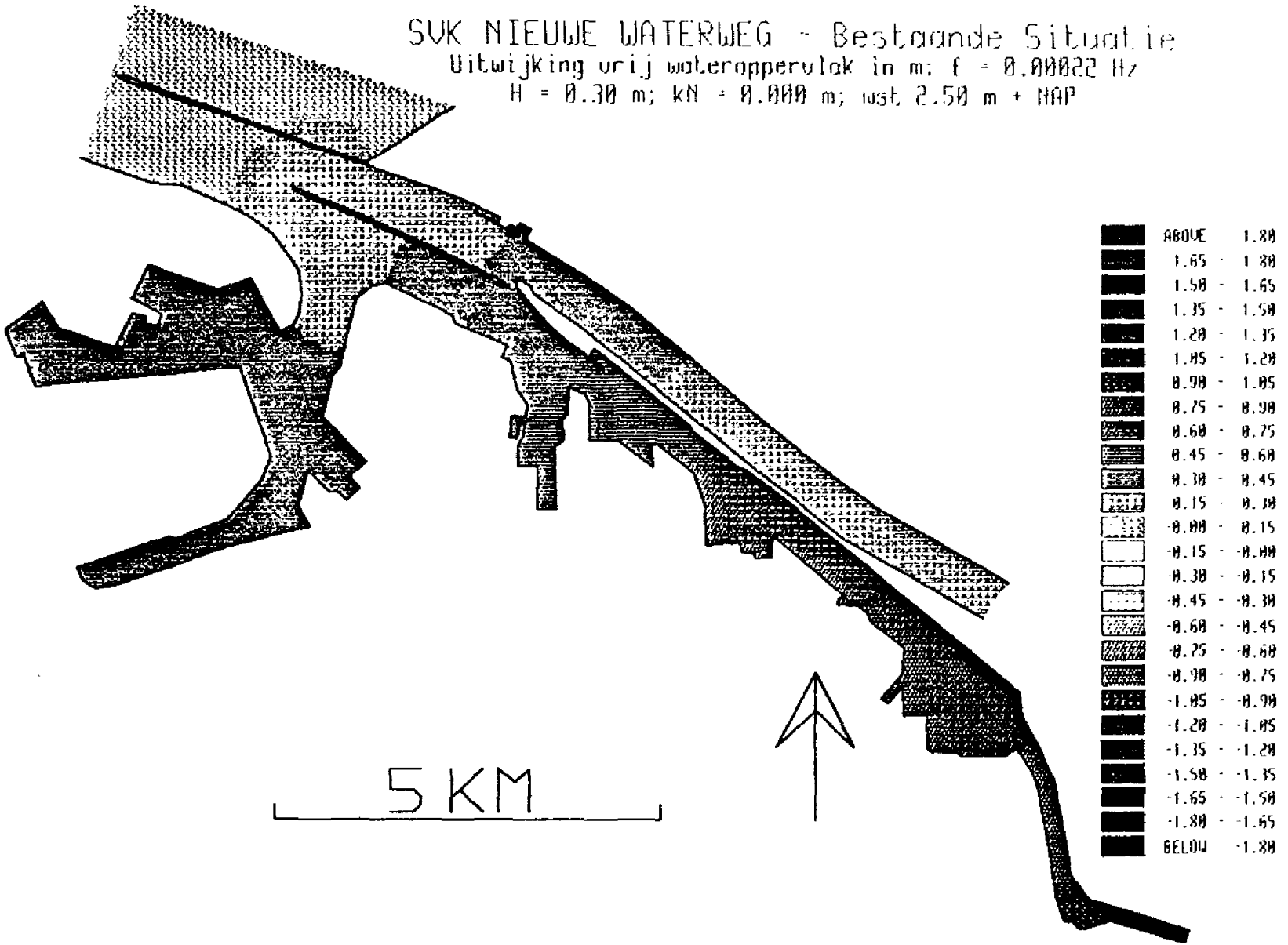
Voorbeeld amplificatie functie PHAROS ; uit [4].  
 P12 Brittanië haven (ROZ) Bestaande situatie

Bijlage 30.

# SUK NIEUWE WATERWEG - Bestaande Situatie

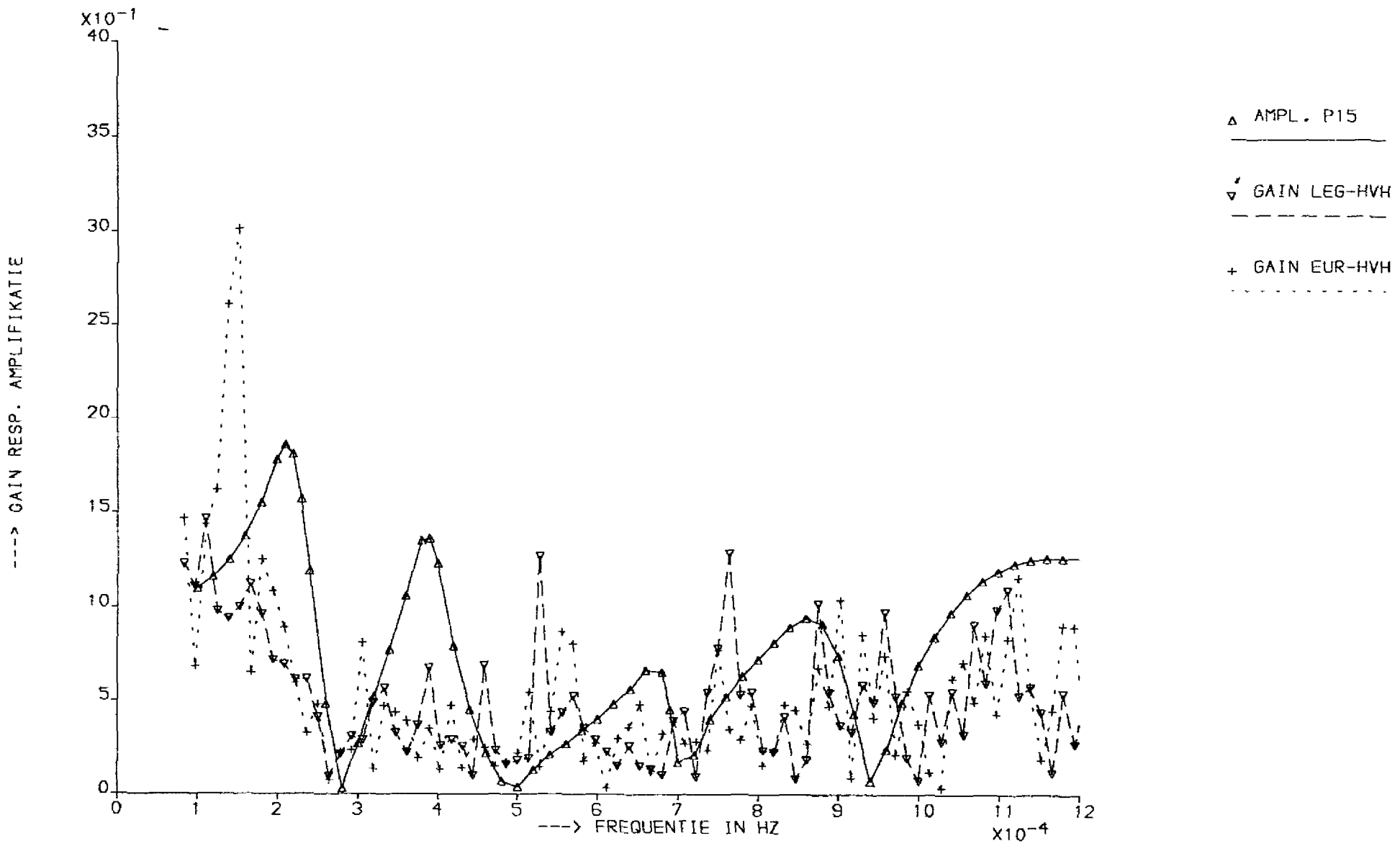
Uitwijking vrij wateroppervlak in m:  $f = 0.00022 \text{ Hz}$

$H = 0.30 \text{ m}$ ;  $kN = 0.000 \text{ m}$ ; wst.  $2.50 \text{ m} + \text{NAP}$

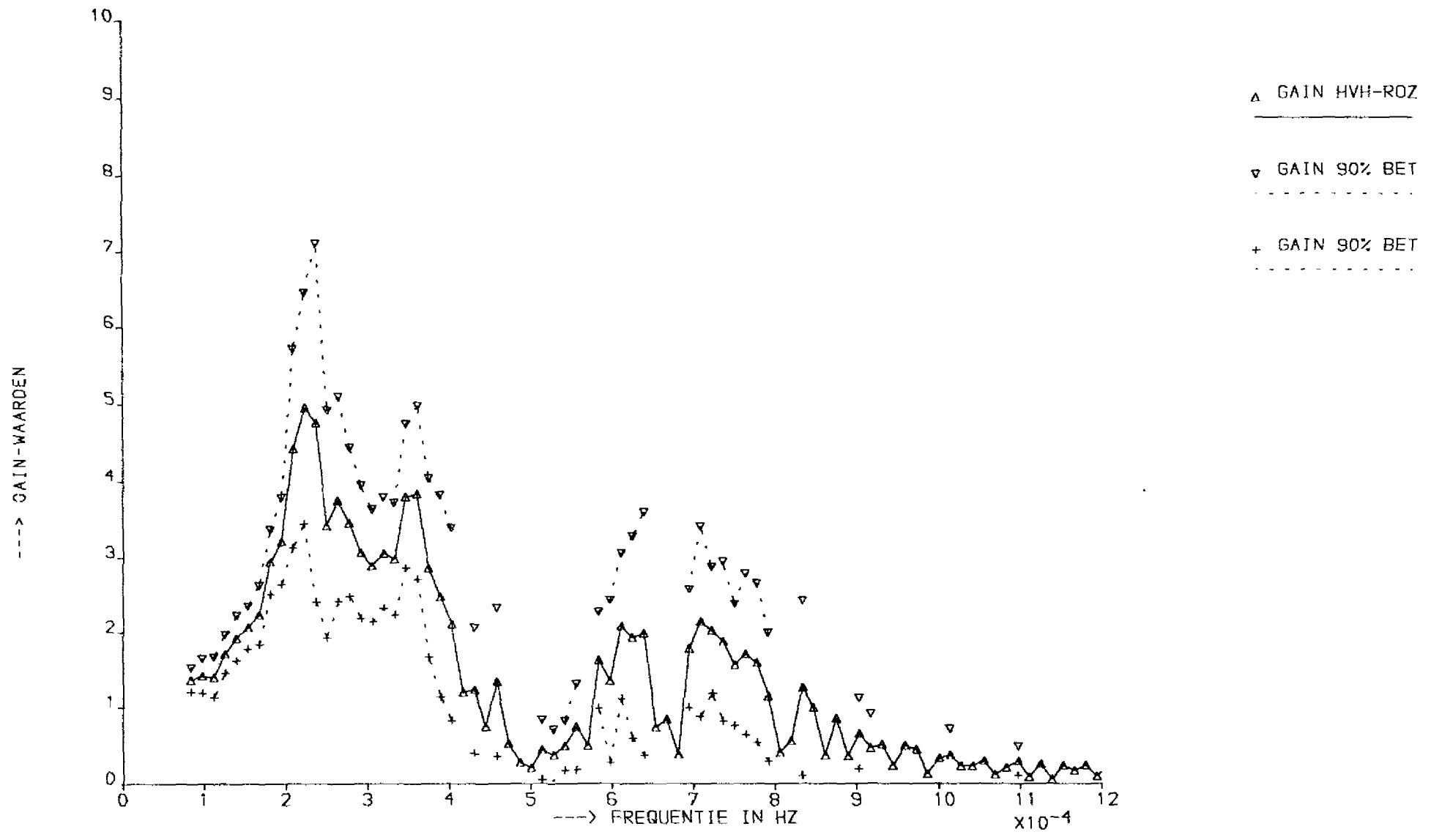


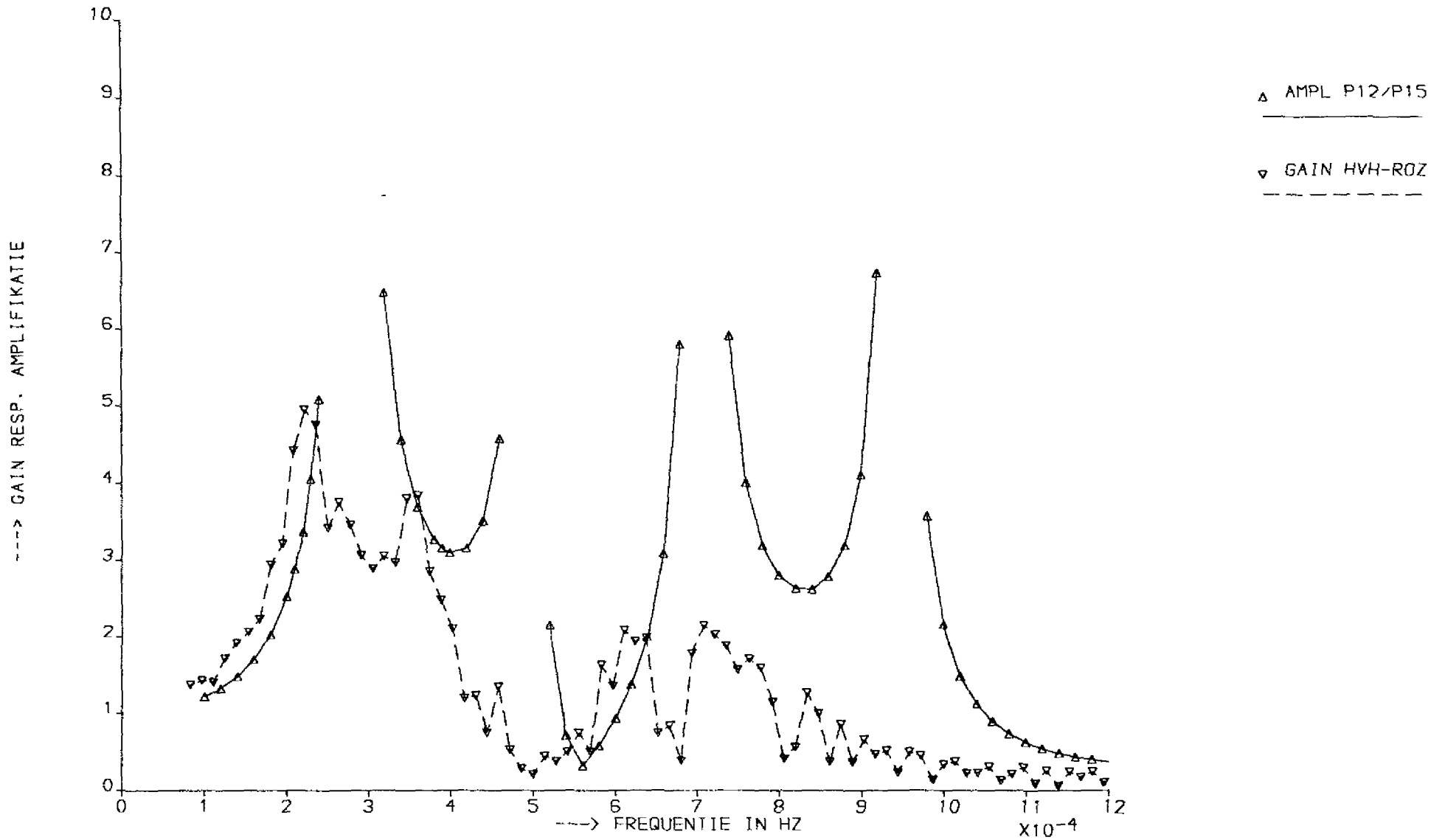
Voorbeeld golfpatroon PHAROS ; uit [4]

Bijlage 32.



VERGELIJKING GAIN-FUNKTIE EUR/LEG - HVH MET AMPLIFIKATIE VOLGENS PHAROS

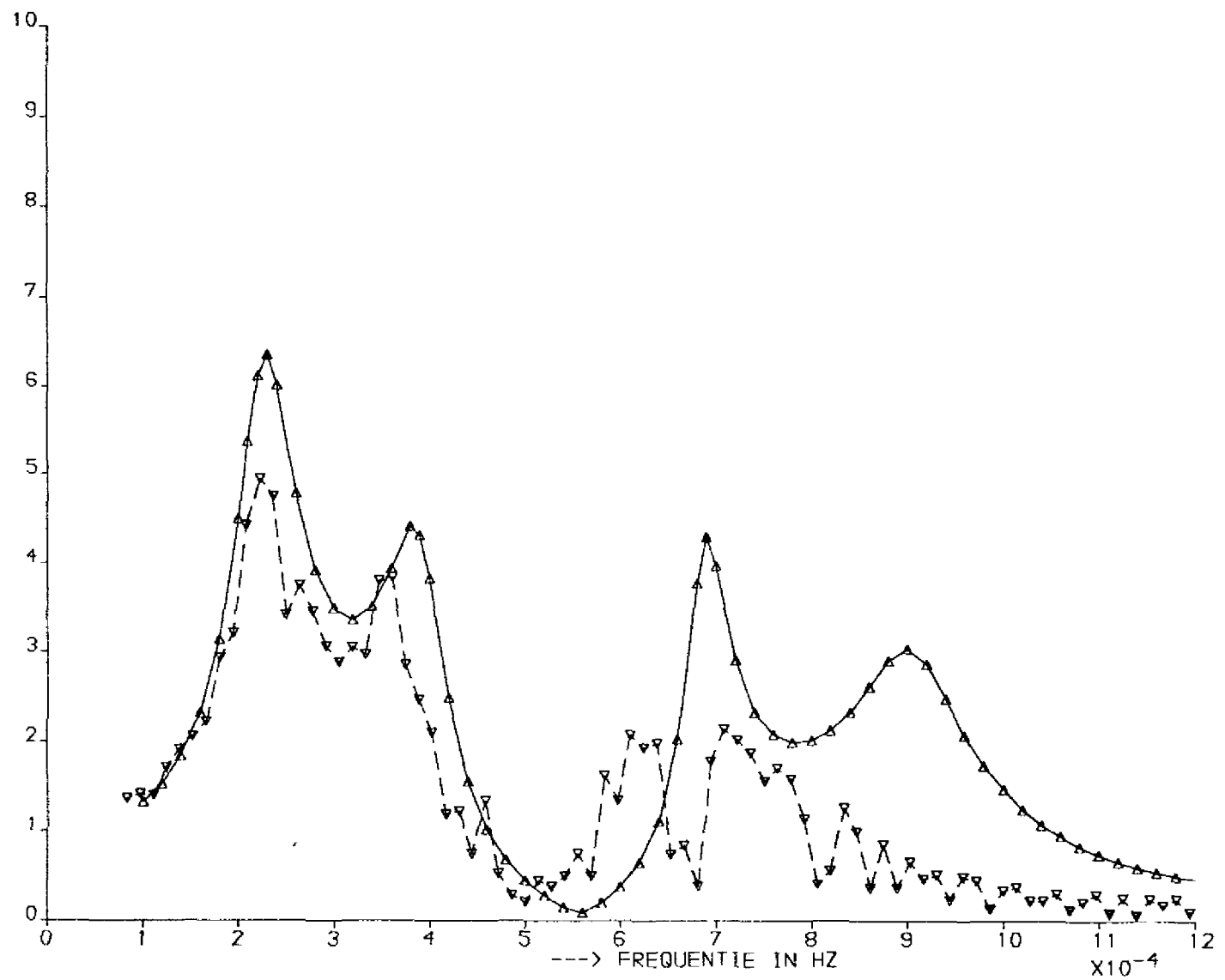




VERGELIJKING GAIN-FUNKTIE HVH - ROZ (2 MIN) MET AMPLIFIKATIE VOLGENS PHAROS

Bijlage 35.

---> GAIN RESP. AMPLIFIKATIE

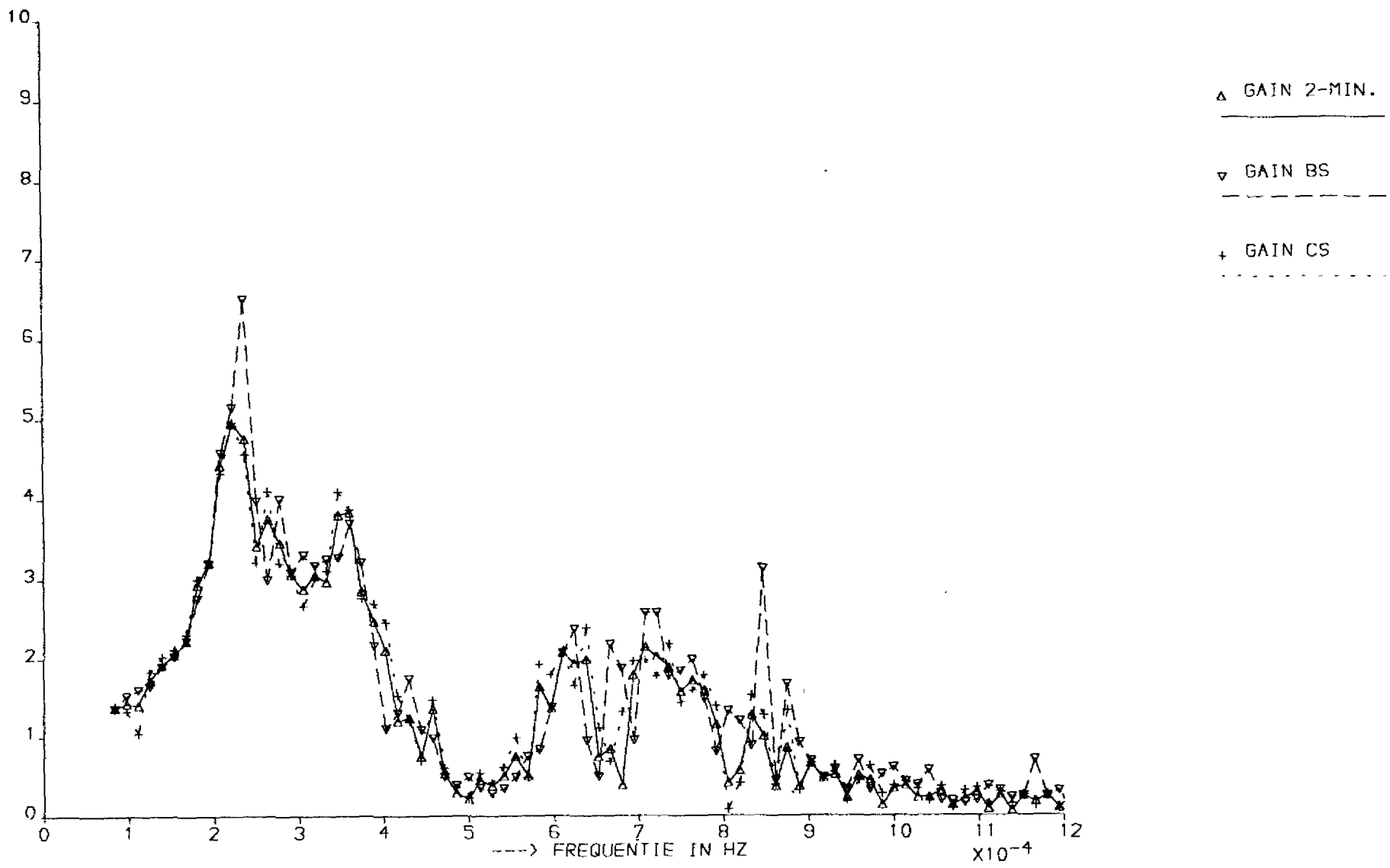


△ AMPL P12  
-----  
▽ GAIN HVH-ROZ  
-----

VERGELIJKING GAIN-FUNKTIE HVH - ROZ (2 MIN) MET AMPLIFIKATIE VOLGENS PHAROS

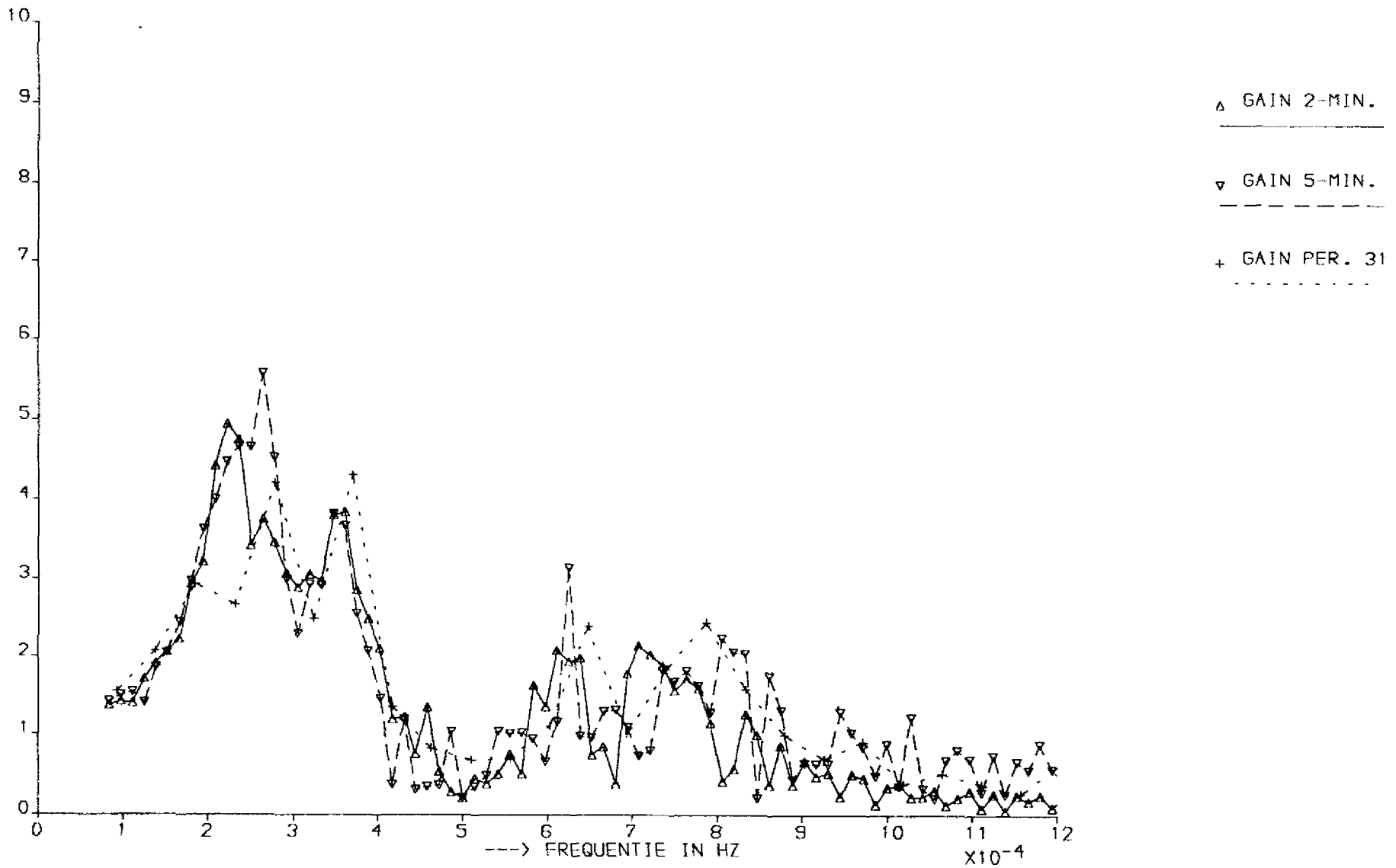


---> GAIN-WAARDEN



ONDERLINGE VERGELIJKING GAIN-FUNKTIE'S HVH - ROZ (ALLE , BS EN CS VERSIES)

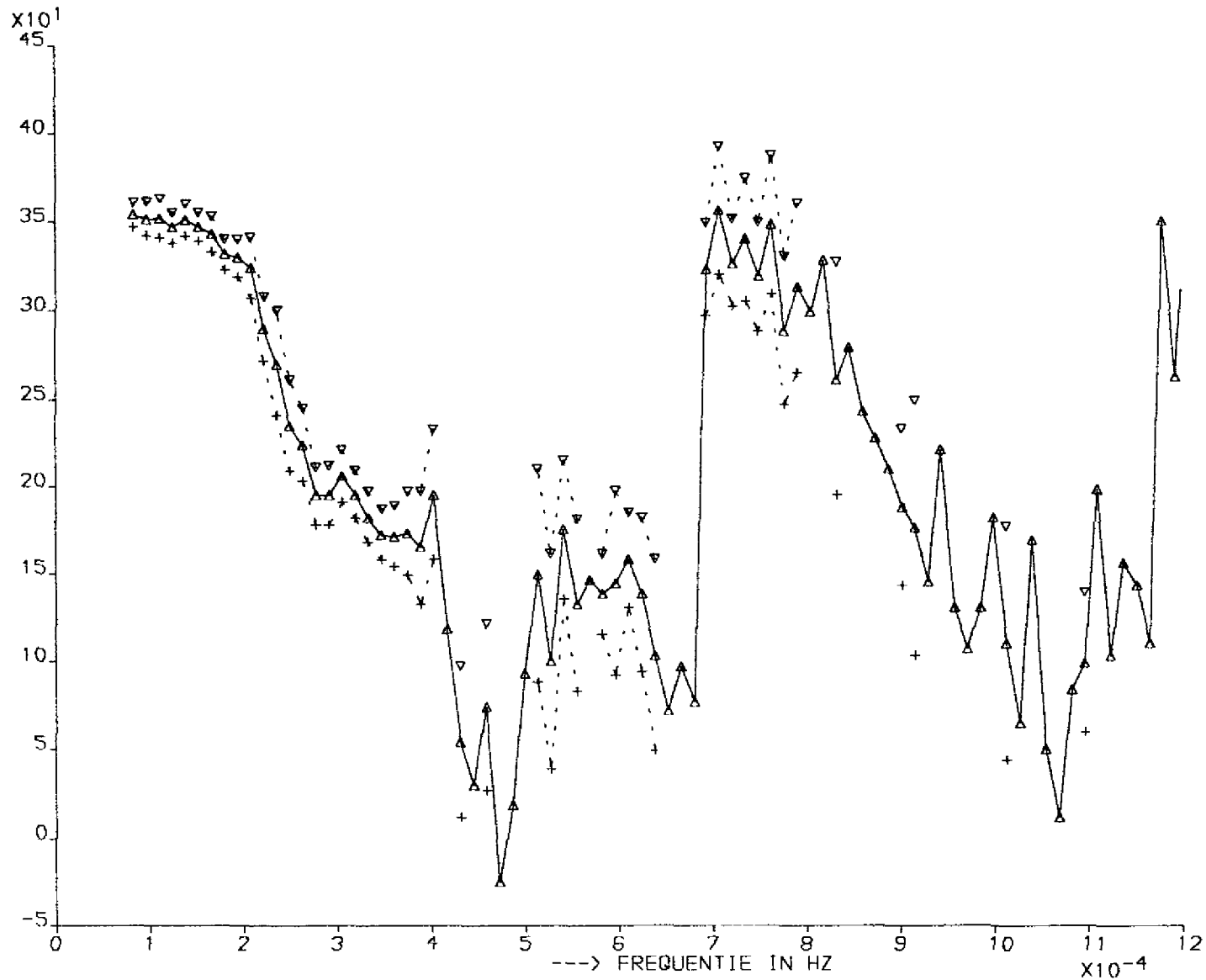
---> GAIN-WAARDEN



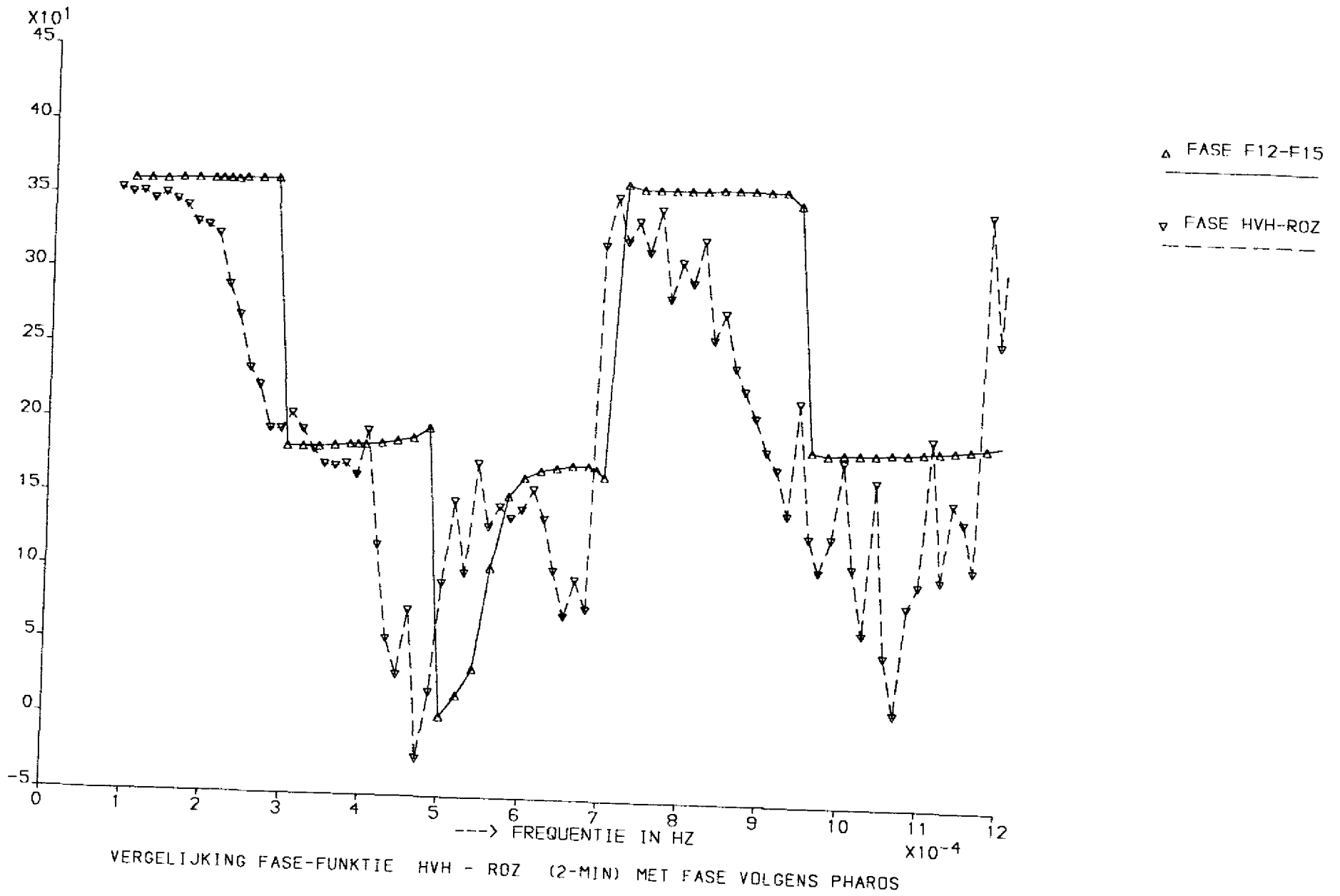
ONDERLINGE VERGELIJKING GAIN-FUNKTIE'S HVH - ROZ (2 EN 5 MIN. EN PER. 31)

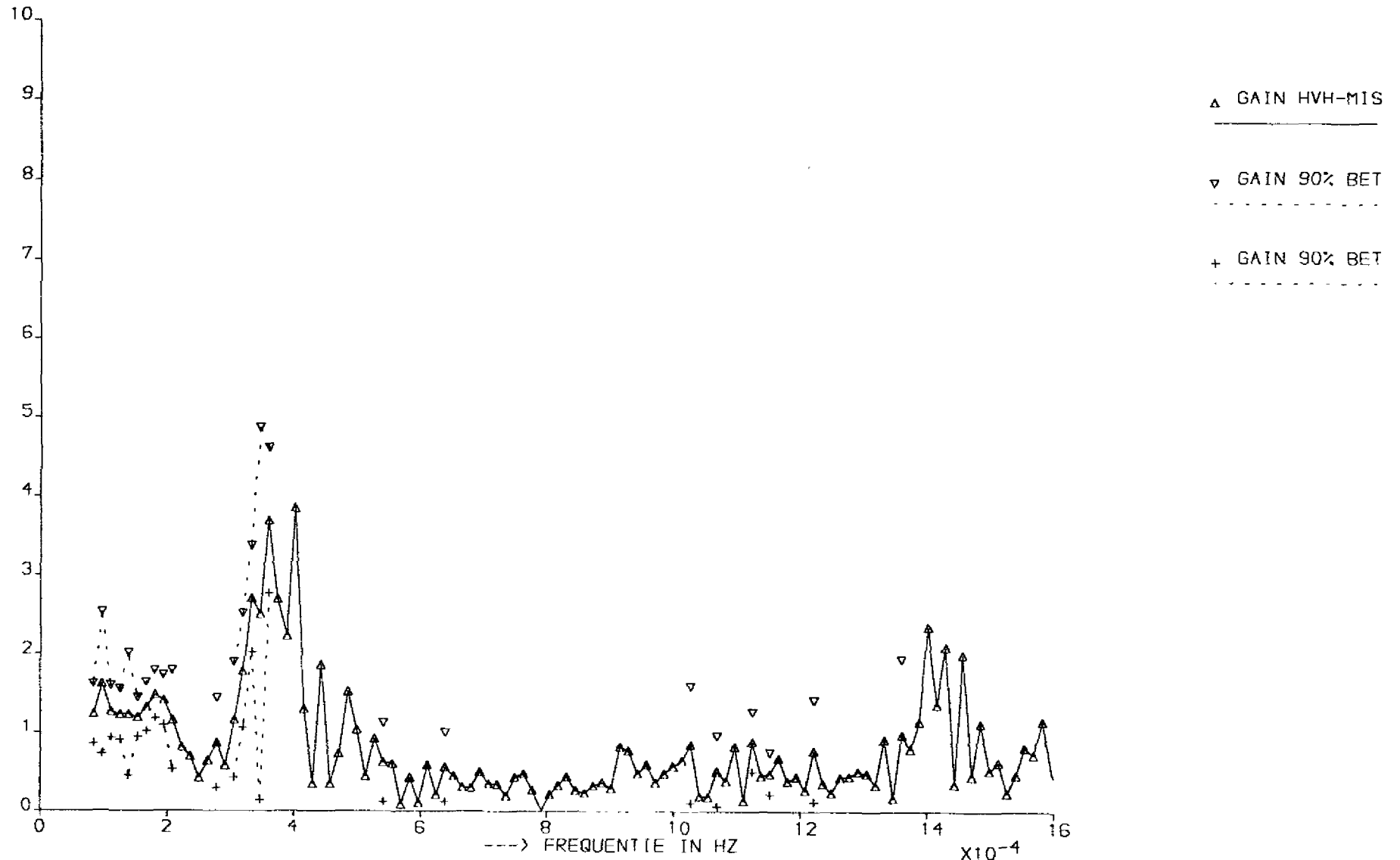
Bijlage 37.

----> FASEVERSCHILLEN



FASE-FUNKTIE HVH - ROZ (2-MIN.) MET 90% - BETROUWBAARHEIDSBANDEN



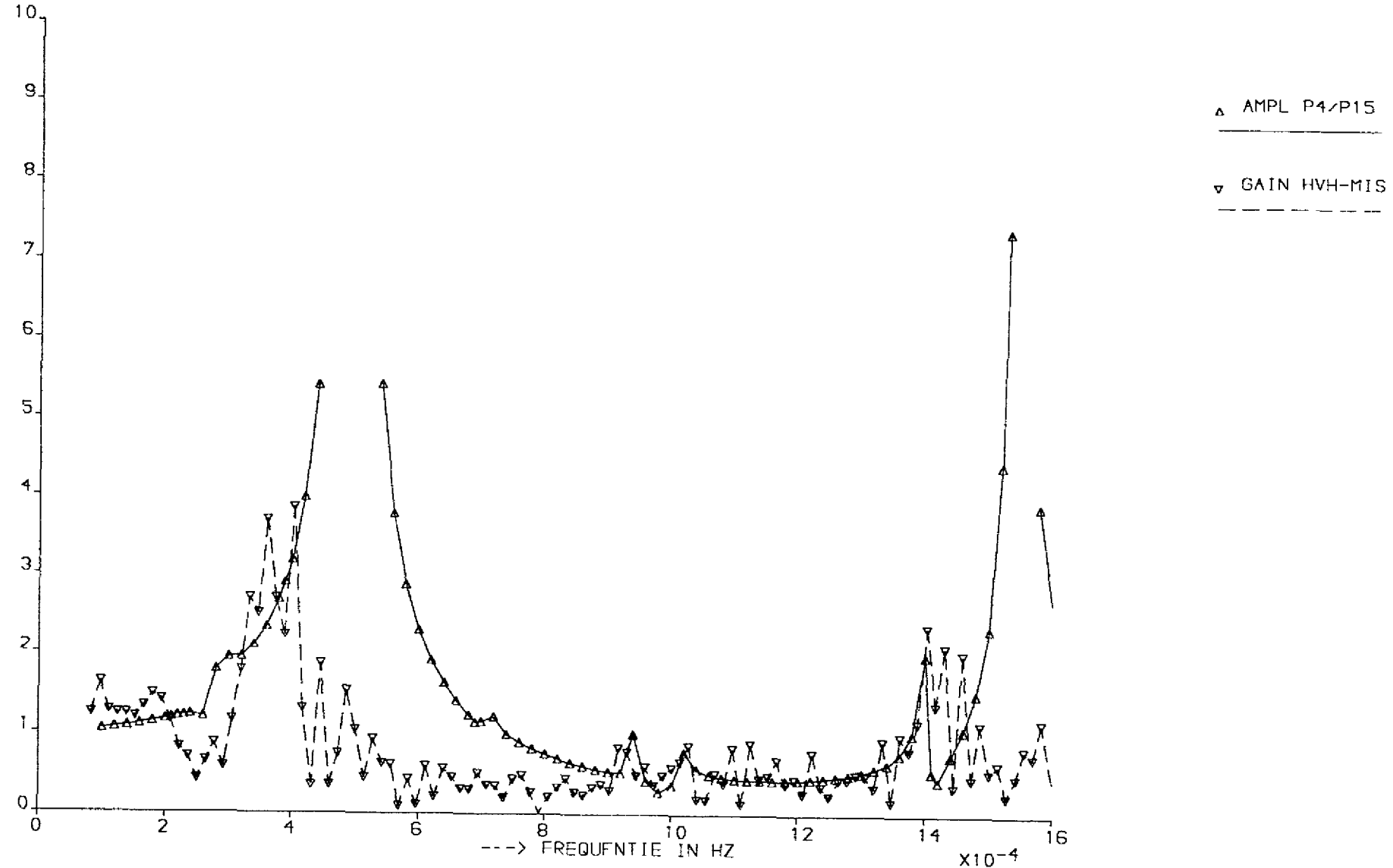


GAIN-FUNKTIE HVH - MIS MET 90% - BETROUWBAARHEIDSBANDEN

Bijlage 40.

Bijlage 41.

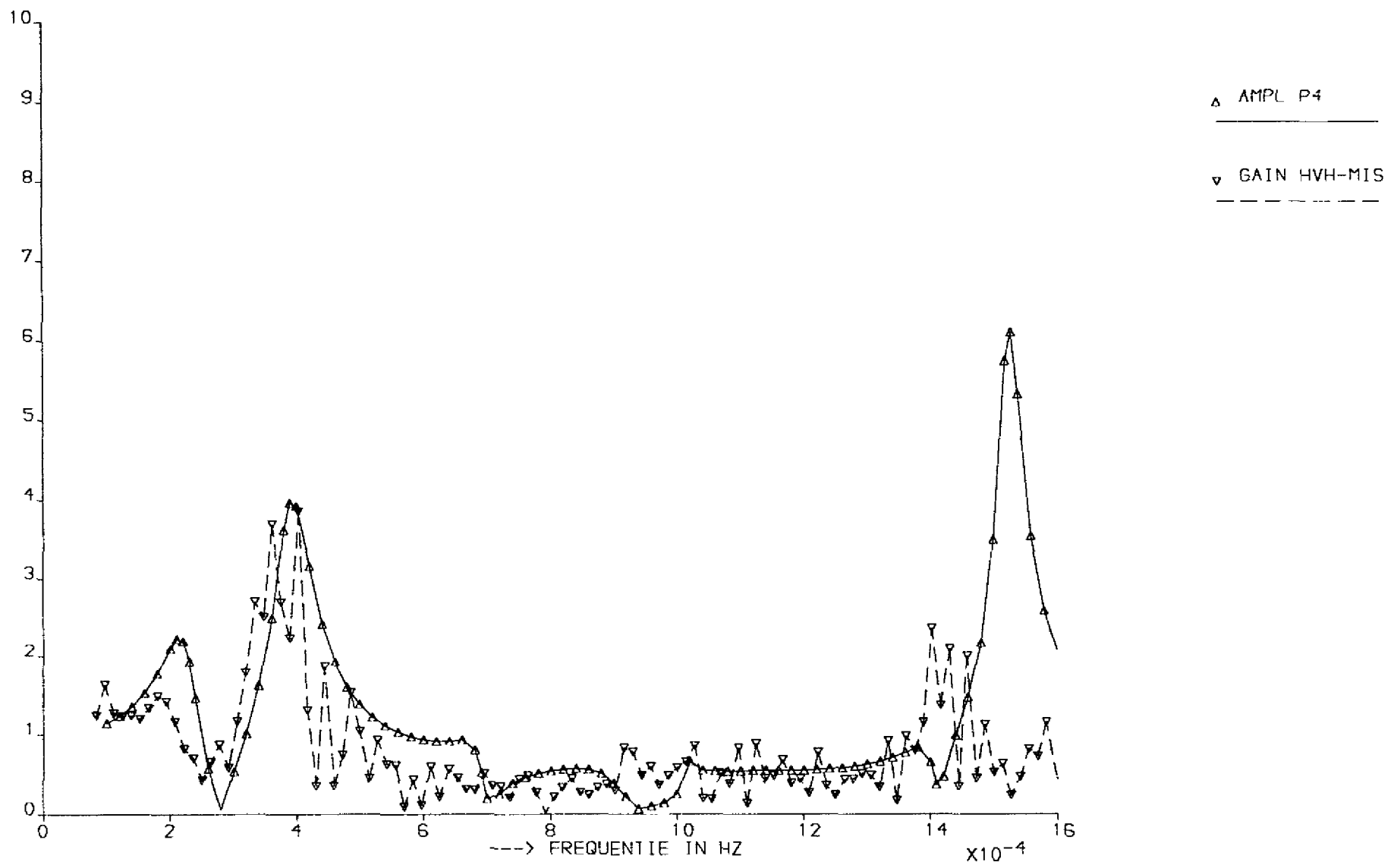
---> GAIN RESP. AMPLIFIKATIE



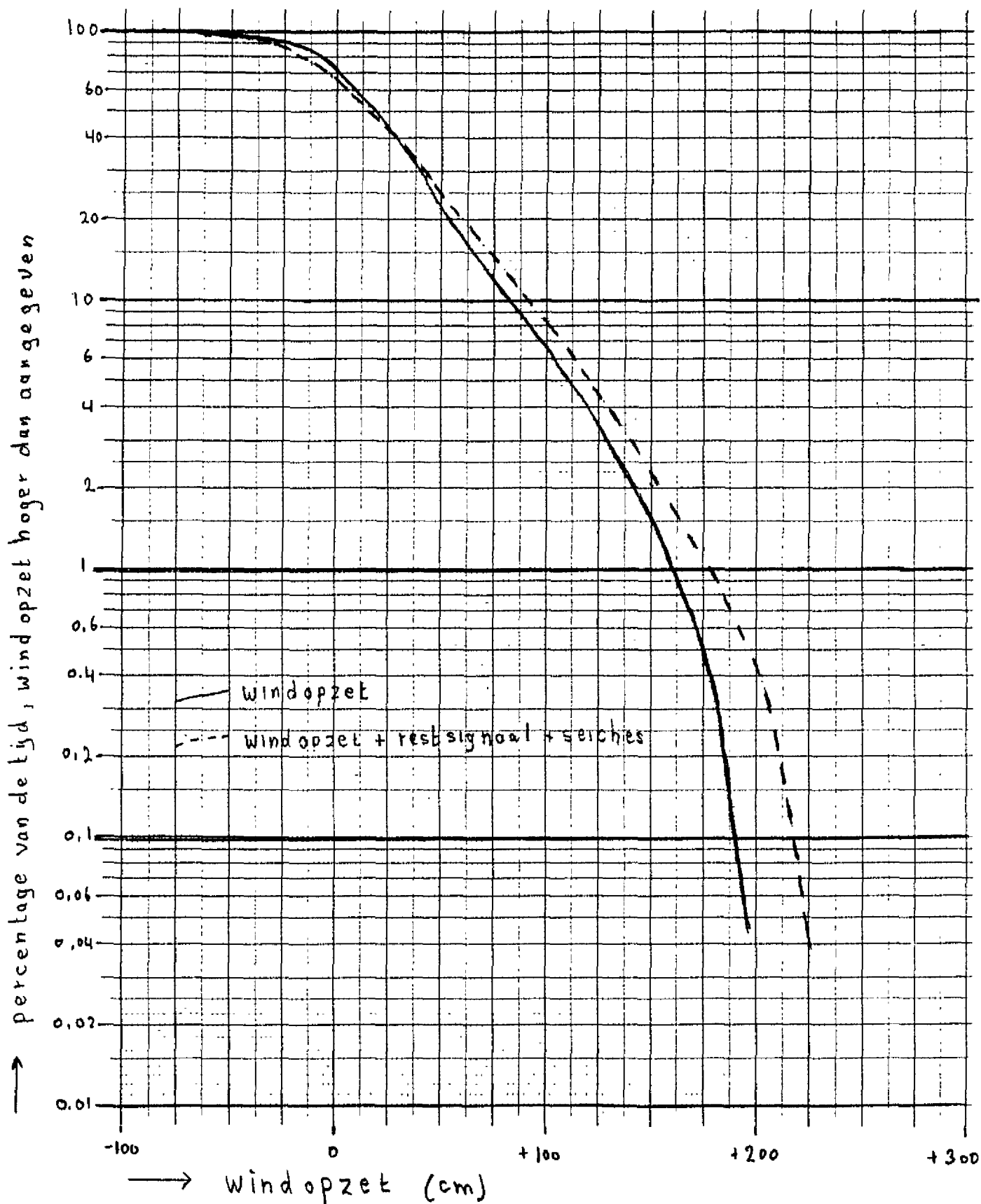
VERGELIJKING GAIN-FUNKTIE HVH - MIS MET AMPLIFIKATIE VOLGENS PHAROS

Bijlage 42

----> GAIN RESP. AMPLIFIKATIE



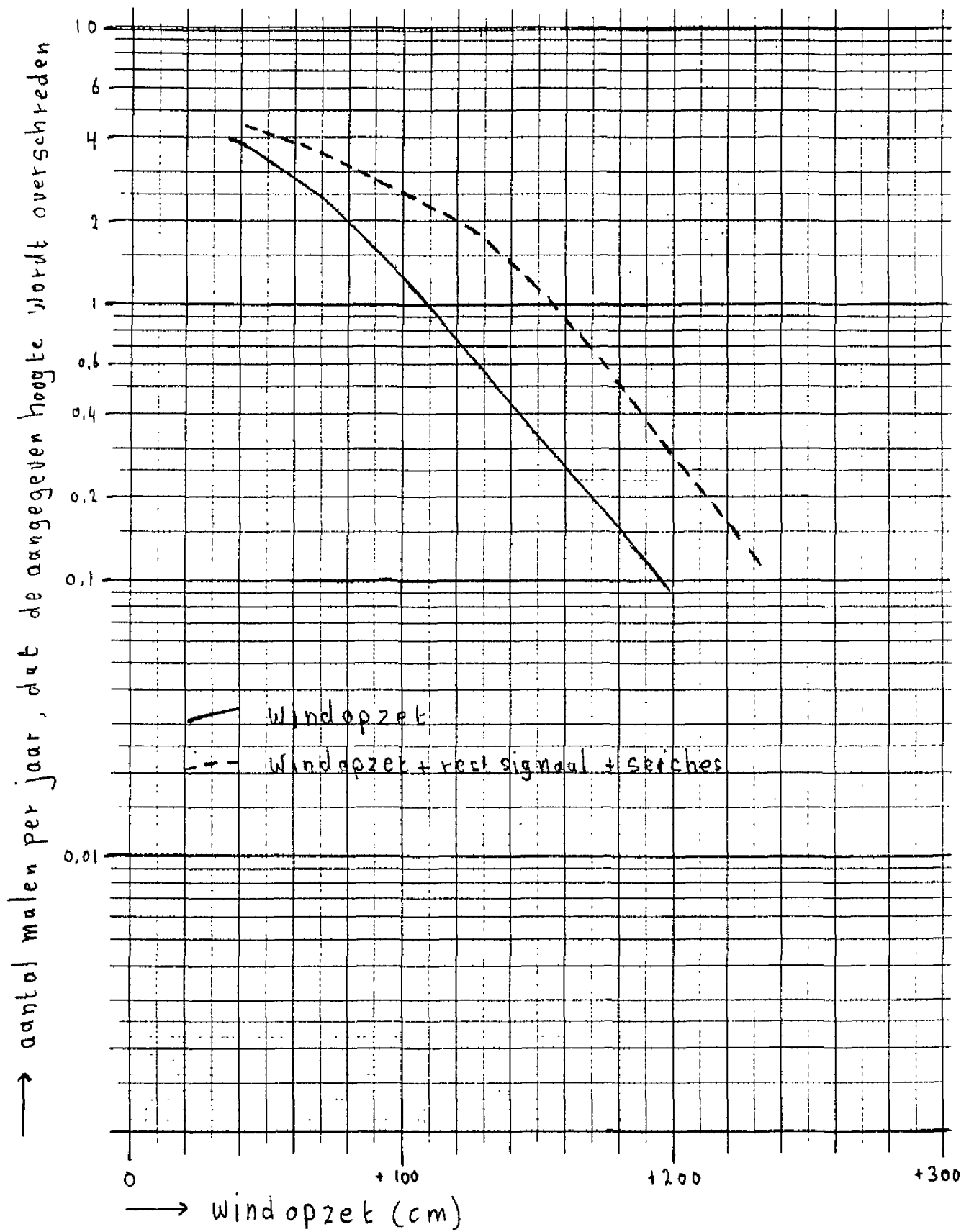
VERGELIJKING GAIN-FUNKTIE HVH - MIS MET AMPLIFIKATIE VOLGENS PHAROS



Overschrijdings krommen (percentages van de tijd)  
 Van Wind opzet en (wind opzet + rest signaal + seiches)

Bijlage 43.





Overschrijdingskurven (aantal malen per jaar) van wind opzet en (wind opzet + rest signaal + seiches)