

mod. 320-1  
beschouwingen  
in verband met de  
uitwerking van  
golfwaarnemingen  
voor de belgische kust

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
borgerhout antwerpen

---



ministerie van openbare werken  
bruggen en wegen  
bestuur der waterwegen

BESCHOUWINGEN IN VERBAND  
MET DE UITWERKING VAN GOLFWAARNEMINGEN  
VOOR DE BELGISCHE KUST.

MOD. 320-1

## INHOUDSOPGAVE.

---

1. Doel van de studie.
2. Beschrijving van de methode gevolgd door de Dienst der Kust.
3. Beschrijving van de methode DRAPER ter bepaling van de significante golfhoogte  $H_g$ .
4. Computerprogramma GOLF.
  - 4.1. Assentransformaties.
  - 4.2. Bepaling van toppen, dalen en nuldoorsnijdingen.
  - 4.3. Bepaling van de dieptefactor
  - 4.4. Bepaling van de significante golfhoogte
  - 4.5. Opmerkingen.
5. Overeenkomst van de golfregistraties met de golftheorie.
  - 5.1. De overschrijdingsverdeling van de registratie.
  - 5.2. De spectraalanalyse.
  - 5.3. Verband tussen de berekende maximale golfhoogte in de registratie en de werkelijke maximale hoogte.
6. Vergelijking van de uitslagen volgens de verschillende uitwerkingsmethoden.
  - 6.1. De significante golfhoogte  $H_g$ .
  - 6.2. De gemiddelde periode  $T_g$ .
  - 6.3. De maximale golfhoogte  $H_{max}$ .
7. Besluit.

Bijlagen.

BESCHOUWINGEN IN VERBAND MET DE UITWERKING VAN  
GOLFWAARNEMINGEN VOOR DE BELGISCHE KUST.

---

1. DOEL VAN DE STUDIE.

Uitgaande van een korrekte analyse van golfwaarnemingen kunnen verschillende vereenvoudigde uitwerkingsmethoden worden afgewogen die, zij het iets minder nauwkeurig toch meer tijdsbesparend zijn. Het doel van de studie is bijgevolg tot een vlugge analysemethode van de golfregistratie te komen.

De twee methoden van vlugge analyse die in het verslag onderzocht werden zijn :

1. Methode gebruikt door de Hydrografische Dienst van de Kust (Ministerie van Openbare Werken).
2. Methode ontwikkeld door DRAPER van het National Institute of Oceanography (NIO), Groot-Brittanië (REF1, REF2, REF3).

De geanalyseerde golfwaarnemingen waren deze van :

1. Het station ten oosten van Zeebrugge ( $51^{\circ} 21' 00''$  N -  $03^{\circ} 14' 00''$  E).  
De diepte op deze plaats varieerde van 5.30 m tot 5.50 m onder GLLWS.
2. Het station "Bol van Heist" ( $51^{\circ} 23' 25''$  N -  $03^{\circ} 12' 00''$  E).  
De diepte op deze plaats bedraagt circa 6.60 m onder GLLWS.

De resultaten van de golfwaarnemingen op deze beide plaatsen zullen onafhankelijk van elkaar besproken worden.

De golfmetingen werden uitgevoerd met een OSPOS-golfmeter. De OSPOS (Off-Shore Pressure Operated Suspended) golfmeter is een drukmeter die, geplaatst op een zekere diepte onder het wateroppervlak, de drukvariaties te wijten aan golven, meet en registreert.

Een willekeurige groep uit de golfregistraties, opgenomen bij een windkracht 7 Beaufort of meer, werd gekozen en uitgewerkt.

De volgende waarnemingen werden beschouwd.

TABEL 1.

Oost van Zeebrugge.		Bol van Heist.	
Datum	Uur	Datum	Uur
11.03.72	3.00	11.03.72	3.00
11.03.72	6.00	11.03.72	9.00
11.03.72	9.00	11.03.72	18.00
11.03.72	18.00	12.03.72	00.00
12.03.72	00.00	18.11.72	00.00
18.11.72	00.00	18.11.72	3.00
18.11.72	3.00	18.11.72	6.00
18.11.72	6.00	18.11.72	9.00
18.11.72	9.00	18.11.72	12.00
18.11.72	12.00	01.04.73	9.00
01.04.73	9.00	02.04.73	00.00
02.04.73	00.00	02.04.73	12.00
02.04.73	18.00	02.04.73	15.00
03.04.73	00.00	02.04.73	18.00
03.04.73	3.00	03.04.73	00.00
03.04.73	6.00	03.04.73	3.00
03.04.73	12.00	03.04.73	6.00
03.04.73	15.00	03.04.73	9.00
05.04.73	3.00	03.04.73	12.00

## 2. BESCHRIJVING VAN DE METHODE GEVOLGD DOOR DE DIENST DER KUST.

---

### 1. Bepaling van de diepte :

deze is gelijk aan GLLWS + getijhoogte. Zij is rechtstreeks afleesbaar vanaf de bovenlijn van de registratie, rekening houdend met een voordruk van 4 m.

### 2. Bepalen van de periode $T_g$ (gemiddelde periode).

1 min. tijdsduur = 1,5 cm papier.

Er wordt een min of meer regelmatige golfvorm gekozen die 1 min. lang is en men bepaalt het aantal golven gedurende die minuut.  
vb. 10 golven in 1' geeft een gemiddelde periode van 6 sec.

---

### 3. Bepalen van de hoogste golf in de registratie door rechtstreekse aflezing.

### 4. Bepalen van de significante golfhoogte $H_g$ (d.i. het gemiddelde van het hoogste één derde van de golven in de golfregistratie).

Men beschouwt een golfregistratie over 10' en zo men bv. aanneemt dat er 100 golven in deze 10' zouden voorkomen dienen de 33 hoogste golven gezocht te worden.

Om een tijdsinstaat door te voeren worden deze 33 hoogste golven genomen in groepen van 2 (fig. 1) hetgeen neerkomt op  $17 \times 2 = 34$  hoogste golven.

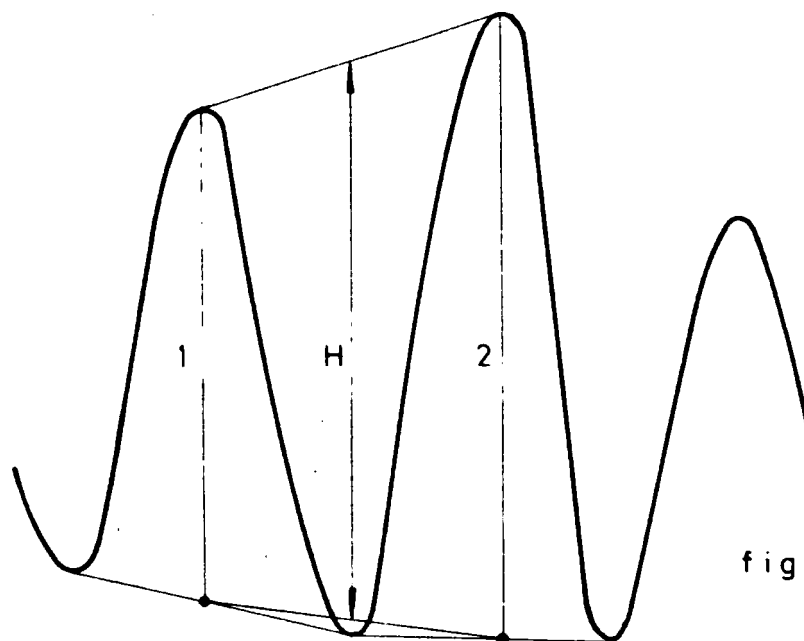


fig. 1

Deze 17 paar hoogste golven worden opgezocht en het gemiddelde (zie tekening) wordt genomen. Deze waarde wordt aangepast met een dieptefactor (zie verder onder 4.3.) en de schaalfactor.

5. De periode  $T_{\max}$  behorend bij de maximaal geregistreeerde golfhoogte wordt bepaald door rechtstreekse aflezing.

Opmerking : indien de golfhoogten te klein worden om af te lezen wordt de significante golfhoogte niet meer berekend doch geschat.

Deze methode zal verder steeds "Methode Kust" genoemd worden.

### 3. BESCHRIJVING VAN DE METHODE DRAPER TER BEPALING VAN DE SIGNIFIKANTE GOLFHOOGTE $H_s$ .

---

Het is een statistische analysemethode welke op hierna volgende beweringen berust.

1. Bepaling van de waterdiepte (zie (1) methode Kust).
2. Op zicht wordt de nullijn van de registratie vastgelegd.
3. Het aantal snijpunten met de nullijn wordt bepaald (raakpunten tellen slechts 1 maal mee) voor een registratie van 12 min. Het is toegestaan het aantal snijpunten te bepalen voor 5 min. en deze met 2,4 te vermenigvuldigen.
4. De maximale positieve en negatieve uitwijking t.o.v. de nullijn wordt opgemeten (deze hoeven niet noodzakelijk bij éénzelfde golf te behoren) ; beide waarden opgeteld geeft  $H_1$ .
5.  $H_1$  wordt aangepast met de schaalfactor en de dieptefactor (zie verder 4.3.) en deze uitkomst,vermenigvuldigd met een factor uit tabel II, geeft de significante golfhoogte  $H_s$ .

De uitwerking van een golfregistratie volgens deze methode gebeurt sneller dan volgens de Methode Kust.



TABEL II.

Aantal golven over een registratie	Factor	Aantal golven over een registratie	Factor
19-21	0.77	64-73	0.65
22-23	0.76	74-85	0.64
24-25	0.75	86-100	0.63
26-27	0.74	101-118	0.62
28-29	0.73	119-139	0.61
30-32	0.72	140-166	0.60
33-35	0.71	167-202	0.59
36-39	0.70	203-253	0.58
40-44	0.69	254-315	0.57
45-49	0.68	316-390	0.56
50-55	0.67	391-488	0.55
56-63	0.66	489-615	0.54

#### 4. COMPUTERPROGRAMMA GOLF.

##### 4.1. Assentransformaties.

Om een hogere graad van nauwkeurigheid te bereiken wordt de papierband met de golfregistratie fotografisch vijf maal vergroot. Deze foto's worden met een coördinaten-afleestafel uitgewerkt.

De coördinaten-afleestafel is een tafel waarmee de coördinaten van punten bepaald worden in het  $x - y$  assenstelsel van de tafel met een nauwkeurigheid van  $1/100$  mm en vastgelegd worden op een ponsband die door de computer kan ingelezen worden.

De opnamestep werd gekozen volgens de  $x - as$  van de afleestafel. Elke mm in stijgende  $x - waarde$  geeft een stel coördinaten van de foto. Dit wil zeggen een opname elke .8 sec.

Beschouwen we  $X - Y$  als coördinatenstelsel van de afleestafel. Beschouwen we  $x - y$  als coördinatenstelsel van de registratie (fig. 2).

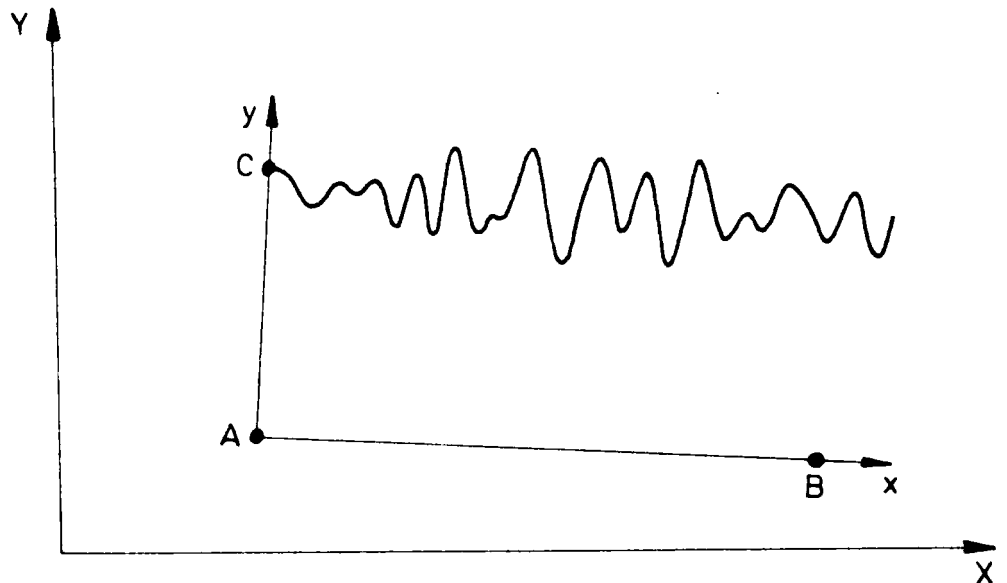


fig. 2

Een assentransformatie van X - Y naar x - y werd uitgevoerd volgens de punten A, B en C die op de foto worden bepaald. C is het begin van de registratie.

Eerst wordt het gemiddeld waterniveau of de nuldoorsnijdingsas berekend.

$$\bar{y} = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M y_n$$

y : hoogte van de golf t.o.v. x - as

M : het aantal coördinatenpunten.

Het wateroppervlak zal schommelen rond deze waarde.

De tweede assentransformatie legt de x - as op het gemiddeld waterniveau.

Om de ligging van de nieuwe x - as te berekenen hebben we M in 2 delen verdeeld :

n1.  $M_1$  waarden gaande van  $x_1$  tot  $x_{M/2}$

$M_2$  waarden gaande van  $x_{M/2}$  tot  $x_M$

deze twee delen worden afzonderlijk beschouwd en het gemiddelde wordt berekend :

$$\bar{y}_1 = \frac{1}{M_1} \sum_{n=1}^{n=M/2} y_n$$

$$\bar{y}_2 = \frac{1}{M_2} \sum_{n=M/2}^M y_n$$

$\bar{y}_1$  : het gemiddelde van het eerste deel van de registratie

$\bar{y}_2$  : het gemiddelde van het tweede deel van de registratie

De  $x$  waarden ( $x_1'$  en  $x_2'$ ) die behoren bij  $\bar{y}_1$  en  $\bar{y}_2$  zijn de waarden ter hoogte van  $M/4$  en  $3M/2$

De nuldoorsnijdingsas of gemiddeld waterniveau of  $x'$ as wordt bepaald als de rechte getrokken door de punten ( $x_1'$ ,  $\bar{y}_1$ ) en ( $x_2'$ ,  $\bar{y}_2$ ).

De  $y'$ as staat loodrecht op de  $x'$ as en gaat door het begin van de registratie.

#### 4.2. Bepaling van toppen, dalen en nuldoorsnijding.

Bij een stijgende curve zal automatisch een top volgen. Bij een dalende curve volgt een dal.

Een top wordt opgemeten als voor stijgende  $x$  geldt :

$$y_n > y_{n-1}$$

$$y_{n+1} < y_n$$

$y_n$  wordt aangenomen als top.

Een dal wordt opgemeten als voor dalende  $x$  geldt :

$$y_n < y_{n-1}$$

$$y_{n+1} > y_n$$

$y_n$  wordt aangenomen als dal.

De nuldoorsnijdingsdetektie is onafhankelijk van dal of top omdat positieve dalen of/en negatieve toppen kunnen voorkomen.

Een nuldoorgang wordt opgemeten als voor stijgende  $x$  geldt :

$$\left| \begin{array}{l} y_n > 0 \\ y_{n+1} < 0 \end{array} \right. \quad \text{of} \quad \left| \begin{array}{l} y_n < 0 \\ y_{n+1} > 0 \end{array} \right.$$

de nuldoorsnijding is gelegen tussen  $x_n$  en  $x_{n+1}$

De juiste waarde wordt bepaald door lineaire interpolatie

$$x = \frac{y_n (x_{n+1} - x_n)}{|y_n| + |y_{n+1}|}$$

de nuldoorsnijdingsperiode wordt gegeven door

$$T_g = 2 \times \frac{\text{lengte van de registratie in sec.}}{\text{aantal nuldoorsnijdingen.}}$$

#### 4.3. Bepaling van de dieptefactor.

De orbitale deeltjes gaan, naarmate men dieper gaat, kleinere cirkels of ellipsen beschrijven. Omdat de OSPOS drukmeter enkele meters onder het gemiddeld zeeniveau ligt is het noodzakelijk een dieptefactor in te rekenen. Deze factor is afhankelijk van de golflengte en van de diepte waarop het apparaat gelegen is.

De volgende formules worden ingerekend (REF 4) (fig. 3) :

$$L = L_0 \tanh \frac{2 \pi D}{L}$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2 \pi}$$

$$\frac{H_i}{H} = \frac{\cosh \frac{2 \pi b}{L}}{\cosh \frac{2 \pi D}{L}}$$

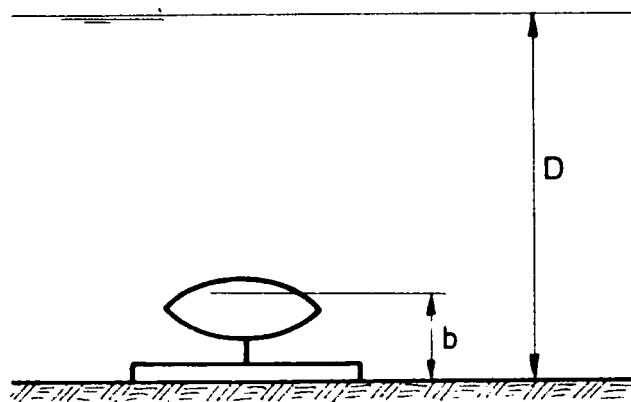


fig. 3

- T : golfperiode in sec.  
D : waterdiepte in m.  
 $L_0$  : diepwater golflengte in m.  
L : ondiep water golflengte in m.  
b : hoogte van het membraan boven de bodem in m.  
 $H_i$  : waarde afgelezen op het instrument  
H : werkelijke waarde.

Deze impliciete functie wordt opgelost met de methode Newton Raphson.

De waarde b bedroeg voor de uitgevoerde waarnemingen 0,40 m.

#### 4.4. Bepaling van de significante golfhoogte $H_s$ .

Om een eenvoudige bepaling van  $H_s$  te bekomen is het noodzakelijk een rangschikking te maken van de voorkomende golfhoogten in de registratie van klein naar groot.

Het gemiddelde wordt genomen van het bovenste één derde.

#### 4.5. Opmerkingen.

In de verschillende stappen van het programma werd rekening gehouden met de schaalfactoren.

De mogelijkheid bestaat een ponsband te maken voor een programma van spectraalanalyse zowel volgens methode Blackman en Tukey, als volgens de methode Vanicek.

Ter controle werd het golfpatroon uitgetekend en vergeleken met de originele registratie.

5. OVEREENKOMST VAN DE GOLFREGISTRATIES MET DE GOLFTHEORIE.

Om te zien in welke mate er overeenkomst bestaat tussen de golfregistratie en de algemeen geldende golftheorie werd verder ingegaan op de volgende 3 punten :

1. De overschrijdingsverdeling van de registratie.
2. De spectraalanalyse.
3. Het verband tussen de berekende maximale golfhoogte in de registratie en de werkelijke maximale hoogte.

5.1. De overschrijdingsverdeling van de registratie.

De kansdichtheidsfunctie  $f(\eta)$  van de hoogten van de toppen en de overschrijdingskans

$$Q(\eta) \stackrel{\text{def.}}{=} \Pr (\xi_a > \eta)$$

worden respectievelijk voorgesteld door (REF 6) :

$$f(\eta) = 0 \text{ voor } \eta \leq 0$$

$$f(\eta) = \eta e^{-\frac{1}{2} \eta^2} \text{ voor } \eta \geq 0$$

$$Q(\eta) = 0 \text{ voor } \eta \leq 0$$

$$Q(\eta) = e^{-\frac{1}{2} \eta^2}$$

Deze vergelijkingen beschrijven de zogenaamde Rayleighverdeling, weergegeven door een rechte wanneer de x-as een Rayleigh schaalverdeling heeft (bijlage 1).

Zij is oorspronkelijk afgeleid voor het geval dat het spectrum smal is, maar blijft voldoen voor een breder spectrum.

Eén punt van deze rechte, namelijk de oorsprong, is gekend.

Een tweede punt van de rechte kan bepaald worden uit de significante golfhoogte  $H_g$  van de registratie.

Vertrekken we van de genormeerde uitdrukking :

$$Q(\eta) = e^{-\frac{1}{2} \eta^2} \quad \text{voor } \eta \geq 0 \quad (1)$$

De hoogte is genormeed door te delen door de standaardafwijking van de registratie :

$$\sigma = \sqrt{m_0} = \left( \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M y_i^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

M : aantal coördinatenopnamen

$y_i$  : de momentane hoogte.

$$\eta = \frac{Z}{\sqrt{m_0}} \quad (3)$$

Formules (1), (2), (3) samen geven

$$Q(Z) = e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{Z}{\sqrt{m_0}} \right)^2}$$

Dit geldt voor de amplituden wanneer de amplitude van een golf wordt aangenomen als de helft van de golfhoogte.

Cartwright en Longuet Higgins (REF 8) hebben door wiskundige benadering van het golfffenomeen gevonden dat voor een smal spectrum geldt :

$$H_s = 4 \sqrt{m_0}$$

Hieruit volgt :

$$Q(H_s) = e^{-\frac{1}{8} \left( \frac{4 \sqrt{m_0}}{\sqrt{m_0}} \right)^2} = e^{-2} = 0.135$$



dit geeft omgezet naar percentages 13.5%:hetgeen het tweede punt van de rechte oplevert.

Uit het programma GOLF kennen we de gerangschikte golfhoogten die we in dezelfde grafiek kunnen uitzetten. De vergelijking van de theoretische rechte en de kromme verkregen door het uitzetten van de natuurwaarden geeft een goede manier om de graad van overeenkomst te bepalen.

Voor de golfregistraties ten oosten van Zeebrugge worden correlatiecoëfficiënten gevonden gelegen tussen 0.95 en 1 hetgeen dus wijst op een goede overeenkomst. Dezelfde correlatiecoëfficiënten worden gevonden voor de overschrijdingskurve op de Bol van Heist. Ten titel van voorbeeld geven bijlagen 1, 2 en 3 deze krommen alsmede de verdeling van overschrijdingspercentages voor drie onderscheiden golfregistraties.

## 5.2. De spectraalanalyse.

De spectraalanalyse werd uitgevoerd volgens de methode van R.B. Blackman en J.W. Tukey (REF 9) aan de hand van een bestaand computerprogramma op computer NCR 200, 64 K bytes geheugenkapaciteit. De tekeningen werden gemaakt op tekentafel Benson 220. De rekentijd en de tekentijd samen bedroegen  $\pm$  10 min.

Als uitgang aan het programma kregen we de spectraaldensiteiten in functie van de frekwentie of de periode. Uit een samengaan van de tekening en de getalwaarden werd benaderend de frekwentie of de periode gehaald met de grootste energiedichtheid  $T_p$ .

Indien slechts één enkele piek voorkwam werd deze piek aangenomen. Bij meerdere pieken werd een gemiddelde genomen (bijlagen 4, 5, en 6).

Volgens Darbyshire (REF 10) mogen we schrijven :

$$T_p = 1.14 T_s$$

met  $T_s$  : de gemiddelde periode die behoort bij het hoogste derde van de golfhoogten.

Volgens Pierson - Moskowitz (REF 11) mogen we schrijven :

$$T_g = .88 T_s$$

We kennen nu 2 totaal van elkaar losstaande toegangswegen tot  $T_s$  ; enerzijds langs het programma GOLF, dat  $T_g$  geeft ; anderzijds langs de spectraalanalyse, die  $T_p$  geeft.

Vergelijking van deze beide methodes in  $T_s$  geeft

1. voor station ten oosten van Zeebrugge :  
gemiddeld een verschil van 0.27 sec.
2. voor station "Bol van Heist" :  
gemiddeld een verschil van 0.28 sec.

5.3. Verband tussen de berekende maximale golfhoogte in de registratie en de werkelijke maximale hoogte.

CARTWRIGHT (REF 6, REF 7) geeft voor een willekeurige spectrumvorm een benaderende oplossing van de meest waarschijnlijke waarde van maximale golfhoogten in een eindige realisatie.

$$\xi_{\max} = (2 \ln N)^{1/2} \quad (1)$$

met  $N$  : aantal nuldoorsnijdingen in de registratie.

$\xi_{\max}$  : de genormeerde hoogte.

De hoogte  $\xi_{\max}$  is genormeerd door te delen door de standaardafwijking :

$$\sigma = \sqrt{m_0} = \left( \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M y_i^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

met  $M$  : aantal coördinatenopnamen

$y_i$  : de momentane hoogte.

$$\xi(t) = \frac{y(t)}{\sqrt{m_0}} \quad (3)$$

Formules (1), (2), (3) samen geven :

$$y_{\max} = (2 \ln N)^{1/2} \sqrt{m_0}$$

Dit geldt voor amplituden dus de hoogte  $H = 2 \times$  amplitude.

$$H_{\max} = 2 \cdot (2 \ln M)^{1/2} \sqrt{m_0} \quad (4)$$

We weten dat

$$H_s = 4 \sqrt{m_0} \quad (5)$$

Uit formules (4) en (5) volgt

$$H_{\max} = \frac{1}{2} \cdot (2 \times \ln N)^{1/2} \times H_s$$

Het is dus mogelijk de maximale golf theoretisch te benaderen vanuit de significante golfhoogte  $H_s$ .

## 6. VERGELIJKING VAN DE UITSLAGEN VOLGENS DE VERSCHILLENDE UITWERKINGSMETHODEN.

---

### 6.1. De significante golfhoogte $H_s$ .

-----

We beschouwen de significante golfhoogte  $H_s$  berekend uit het programma GOLF als de korrekte waarde.

Stellen we :

$H_{sb}$  : waarde van  $H_s$  berekend volgens GOLF

$H_{sd}$  : waarde van  $H_s$  berekend volgens methode DRAPER

$H_{sk}$  : waarde van  $H_s$  berekend volgens methode KUST.

De volgende bewerkingen werden uitgevoerd :

#### 1. Gemiddelde over alle $H_{sb}$

$$\bar{H}_{sb} = \frac{1}{19} \sum_{n=1}^{19} H_{sb}$$

Opmerking : zowel voor de gegevens ten oosten van Zeebrugge als voor de gegevens van Bol van Heist zijn 19 waarden gebruikt.

#### 2. Gemiddelde fout voor methode DRAPER (gfd) en voor methode KUST (gfk).

$$gfd = \frac{1}{19} \sum_{n=1}^{19} \left( |H_{sb_n} - H_{sd_n}| \right)$$

$$gfk = \frac{1}{19} \sum_{n=1}^{19} \left( |H_{sb_n} - H_{sk_n}| \right)$$

percentages worden uitgedrukt t.o.v.  $\bar{H}_{sb}$

3. Rekenkundige fout voor methode DRAPER (rfd) en voor methode KUST (rfk).

$$\text{rfd} = \frac{1}{19} \sum_{n=1}^{19} \left( H_{sb_n} - H_{sd_n} \right)$$

$$\text{rfk} = \frac{1}{19} \sum_{n=1}^{19} \left( H_{sb_n} - H_{sk_n} \right)$$

4. Kwadratische fout voor methode DRAPER (kfd) en voor methode KUST (kfk).

$$\text{kfd} = \sqrt{\frac{1}{19} \sum_{n=1}^{19} \left( H_{sb_n} - H_{sd_n} \right)^2}$$

$$\text{kfk} = \sqrt{\frac{1}{19} \sum_{n=1}^{19} \left( H_{sb_n} - H_{sk_n} \right)^2}$$

5. Maximale fout voor methode DRAPER (mfd) en voor methode KUST (mfk).

$$\text{mfd} = \max_{n=1}^{19} \text{ van } \left( H_{sb_n} - H_{sd_n} \right)$$

$$\text{mfk} = \max_{n=1}^{19} \text{ van } \left( H_{sb_n} - H_{sk_n} \right)$$

Deze fouten worden afgewogen tegenover  $H_{sb}$  en het grootste percentage wordt genomen.

Alzo vindt men voor :

1. Het station ten oosten van Zeebrugge.

---

$$\bar{H}_{sb} = 1.37 \text{ m}$$

$$gfd = 0.095 \text{ m}$$

$$6.95\%$$

$$rfd = 0.03 \text{ m}$$

$$kfd = 0.0146 \text{ m}$$

$$mfd = 21.67\%$$

$$gfk = 0.08 \text{ m}$$

$$5.84\%$$

$$rfk = 0.03 \text{ m}$$

$$kfk = 0.00848 \text{ m}$$

$$mfk = 18.36\%$$

2. Het station "Bol van Heist".

---

$$\bar{H}_{sb} = 1.36 \text{ m}$$

$$gfd = 0.12 \text{ m}$$

$$8.8\%$$

$$rfd = 0.05 \text{ m}$$

$$kfd = 0.023 \text{ m}$$

$$mfd = 37.5\%$$

$$gfk = 0.23 \text{ m}$$

$$16.9\%$$

$$rfk = 0.19 \text{ m}$$

$$kfk = 0.077 \text{ m}$$

$$mfk = 180\%$$

De zeer grote maximale fout voor methode KUST is te verklaren door de opmerking onder 2.5.

De zeer grote afwijkingen komen voor bij lage significante golfhoogten.

6.2. De gemiddelde periode  $T_g$ .  
----- $T_g$ -----

Inleiding.  
-----

Dezelfde werkwijze wordt gebruikt als de bepaling van  $H_s$  door in de uitdrukkingen van 6.1. de termen

$\bar{H}_{sb}$	te vervangen door	$\bar{T}_{gb}$
$H_{sb}$	door	$T_{gb}$
$H_{sd}$	door	$T_{gd}$
$H_{sk}$	door	$T_{gk}$

$T_{gb}$  waarde van  $T_g$  berekend volgens GOLF

$T_{gd}$  waarde van  $T_g$  berekend volgens methode DRAPER

$T_{gk}$  waarde van  $T_g$  berekend volgens methode KUST

1. Station ten oosten van Zeebrugge.  
-----

$$\bar{T}_{gb} = 7.66 \text{ sec.}$$

$$gfd = 0.26 \text{ sec.}$$

$$3.42\%$$

$$rfd = -0.05 \text{ sec.}$$

$$kfd = 0.1188 \text{ sec.}$$

$$mfd = 7.71 \%$$

$$gfk = 0.52 \text{ sec.}$$

$$6.76\%$$

$$rfk = -0.39 \text{ sec.}$$

$$kfk = 0.4212 \text{ sec.}$$

$$mfk = 15.14 \%$$

2. Station "Bol van Heist".  
-----

$$\bar{T}_{gb} = 7.65 \text{ sec.}$$

$$gfd = 0.26 \text{ sec.}$$

$$3.40 \%$$

$$gfk = 0.71 \text{ sec.}$$

$$9.21 \%$$

rfd = 0.01 sec.	rfk = -0.57 sec.
kfd = 0.1153 sec.	kfk = 0.7985 sec.
mfd = 12.92 %	mfk = 26 %

6.3. De maximale golfhoogte  $H_{\max}$ .

---

De vergelijking tussen " $H_{\max}$  berekend" en " $H_{\max}$  werkelijk" werd doorgevoerd aan de hand van de volgende bewerkingen :

1 
$$\bar{H}_{\max \text{ werkelijk}} = \frac{1}{19} \sum_{n=1}^{19} H_{\max \text{ werk. } n}$$

2 Gemiddelde fout (gf).

$$gf = \frac{1}{19} \sum_{n=1}^{19} \left( H_{\max \text{ werk. } n} - H_{\max \text{ ber. } n} \right)$$

Percentage wordt gegeven t.o.v.  $\bar{H}_{\max \text{ werk.}}$

3 De rekenkundige fout (rf).

$$rf = \frac{1}{19} \sum_{n=1}^{19} \left( H_{\max \text{ werk. } n} - H_{\max \text{ ber. } n} \right)$$

4 De maximale fout.

$$mfd = \max_{n=1}^{19} \left( H_{\max \text{ werk. } n} - H_{\max \text{ ber. } n} \right)$$

Deze fout wordt afgewogen tegenover  $T_{gb}$  en het grootste percentage wordt genomen.

Oosten van Zeebrugge.

---

$$\bar{H}_{\max \text{ werk.}} = 2.06 \text{ m}$$

$$\text{gem. fout} = 0.14 \text{ m} \longrightarrow 6.66\%$$



rek. fout = -0.04 m

max. fout = 15.3 %

Bol van Heist.

$\bar{H}_{\max}$  werk. = 2.09 m

gem. fout = 0.11 m       $\longrightarrow$  5.26 %

rek. fout = 0.05 m

max. fout = 10.6 %

8. BESLUIT.

1. De golfregistraties ten oosten van Zeebrugge en op de Bol van Heist voldoen aan de golftheorie, wat betreft de verdeling volgens de Rayleighkurve van de waarschijnlijkheid van overschrijding en wat betreft de berekende maximale golfhoogte.
2. Voor het station ten oosten van Zeebrugge en voor het station "Bol van Heist" kan de methode DRAPER aanzien worden als het meest aangewezen om de golfregistraties uit te werken naar de significante golfhoogte  $H_s$  en naar de gemiddelde periode  $T_g$ , zowel wat betreft nauwkeurigheid als snelheid van uitvoering.
3. De significante periode  $T_s$  kan benaderend bepaald worden uit de gemiddelde periode  $T_g$  door te delen door de faktor .88 .  
Om een meer juiste faktor te berekenen zijn een groter aantal proeven nodig.
4. De maximale hoogte  $H_{\max}$  in de registratie kan rechtstreeks bepaald worden uit de registratie. Om de maximale golfhoogte te bepalen over het interval waarvoor de registratie karakteristiek is kan men de

formule

$$H_{\max} = .5 \times \left( 2 \times \ln N \right)^{1/2} \times H_s$$

gebruiken waarin N het aantal golven in het interval weergeeft.

-----

Borgerhout, mei 1975.

De stagedoende ingenieur  
van Bruggen en Wegen,  
belast met de studie,

De Hoofdingenieur-Directeur  
van Bruggen en Wegen,

ir. W. GRARÉ

ir. P. ROOVERS

De wd. Inspecteur-Generaal van Bruggen en Wegen,  
Directeur van het Waterbouwkundig Laboratorium,

ir. A. STERLING.

## BIBLIOGRAFIE

---

1. DRAPER, L., 1963.  
Derivation of a "design wave" from instrumental measurements of sea waves.  
Proc. Instn. civ. Engrs., 26, 291-304.
2. TUCKER, M.J., 1963.  
Analysis of records of sea waves.  
Proc. Instn. civ. Engrs., 26, 305-316.
3. DRAPER, L., 1966.  
The analysis and presentation of wave data - a plea for uniformity.  
Proc. 10th Conf. Coast. Engg.
4. WIEGEL, R.L., 1964.  
Oceanographical Engineering , Chapter 2.
5. FALVEY, H.T., 1974.  
Prediction of wind wave Heights.  
Journal of the waterways, harbours and coastal engineering division.  
Vol 100 N° WW 1 Feb. 1974
6. BATTJES, J.A., 1972.  
Statistische eigenschappen van stationaire Gaussische processen.  
De Ingenieur, JRG 84, nr. 27, 7 juli 1972.
7. CARTWRIGHT, D.E., 1958.  
On estimating the mean energy of sea waves from the highest waves in a record.  
Proc. Royal Soc. of London, 247A, 1958.
8. CARTWRIGHT, D.E., and LONGUET-HIGGINGS, M.G..  
The statistical distribution of the maxima of a random function.  
Proc. Roy. Soc. 1956, A237, pp 212-232

9. BLACKMAN, R.B., en TUKEY, J.W..  
The measurement of power spectra.  
Dover Publ. 1958.
  
10. DARBYSHIRE, J.  
"A further investigation of wind generated waves".  
Deutsche Hydrografische Zeitschrift.  
Band 12, Heft 1, 1959.
  
11. PIERSON, W.J. en MOSKOWITZ, L.  
A proposed spectral form for fully developed wind seas based on the  
similarity theory of S.A. KITAIGORODSKII.  
Journal of Geophysical Research.  
Vol. 69, N° 24, 15 december 1964.

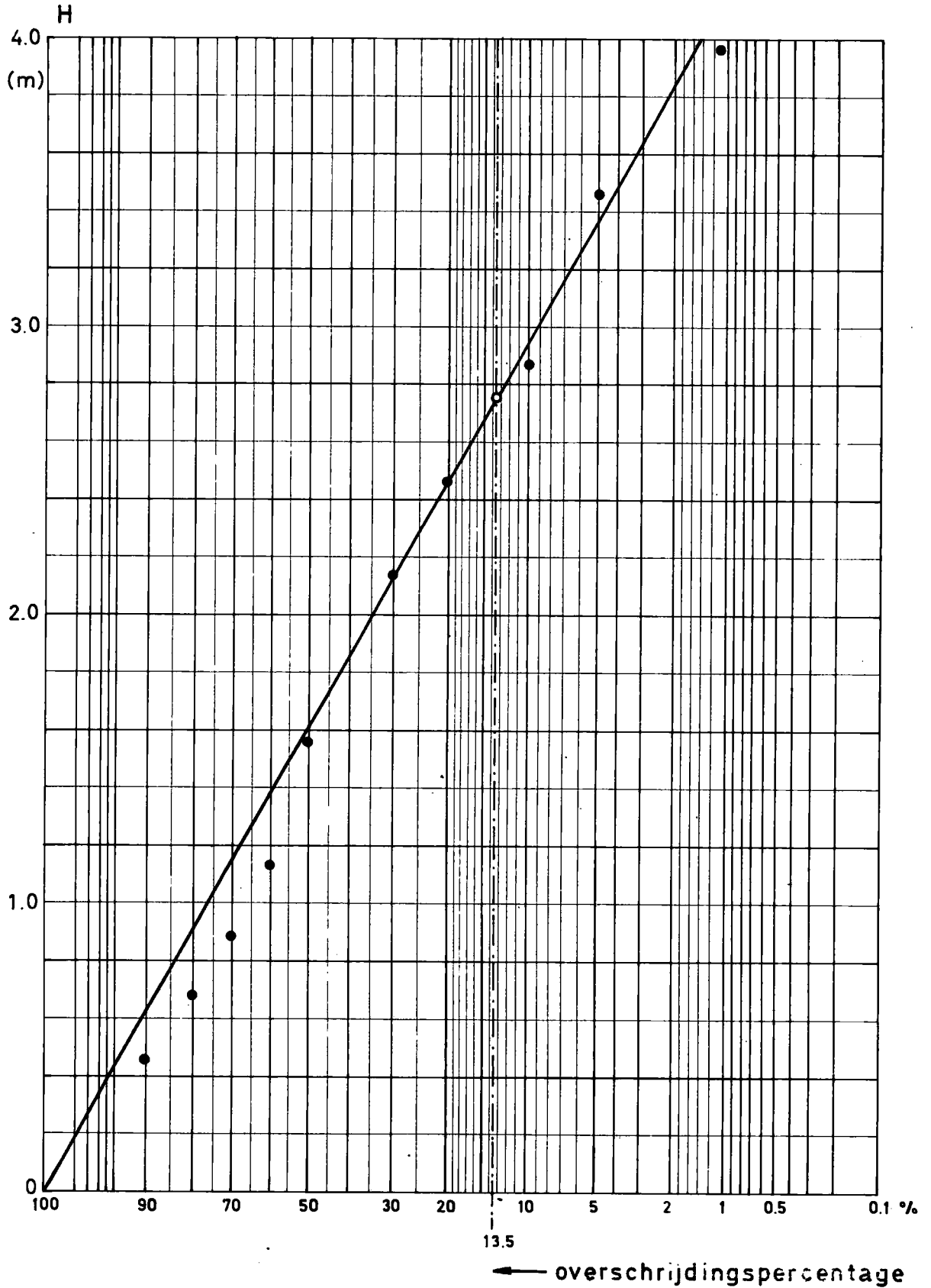




RAYLEIGH VERDELING

STATION TEN OOSTEN VAN ZEEBRUGGE  
METING 3-4-1973 TE 0h07 DIEPTE 10.40 m

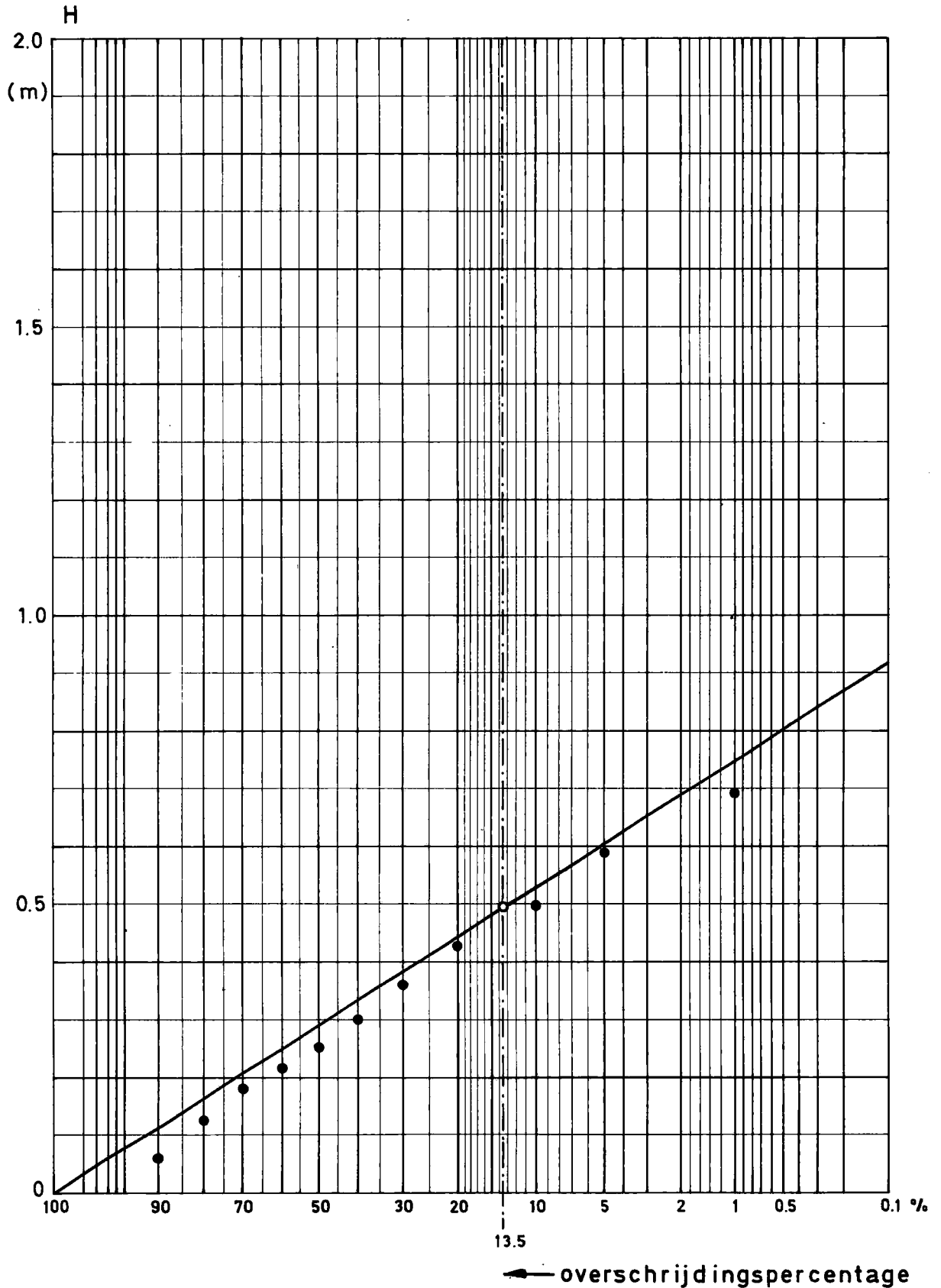
• natuurwaarden



RAYLEIGH VERDELING

STATION TEN OOSTEN VAN ZEEBRUGGE  
METING 5-4-1973 TE 3h07 DIEPTE 10.00m

• natuurwaarden



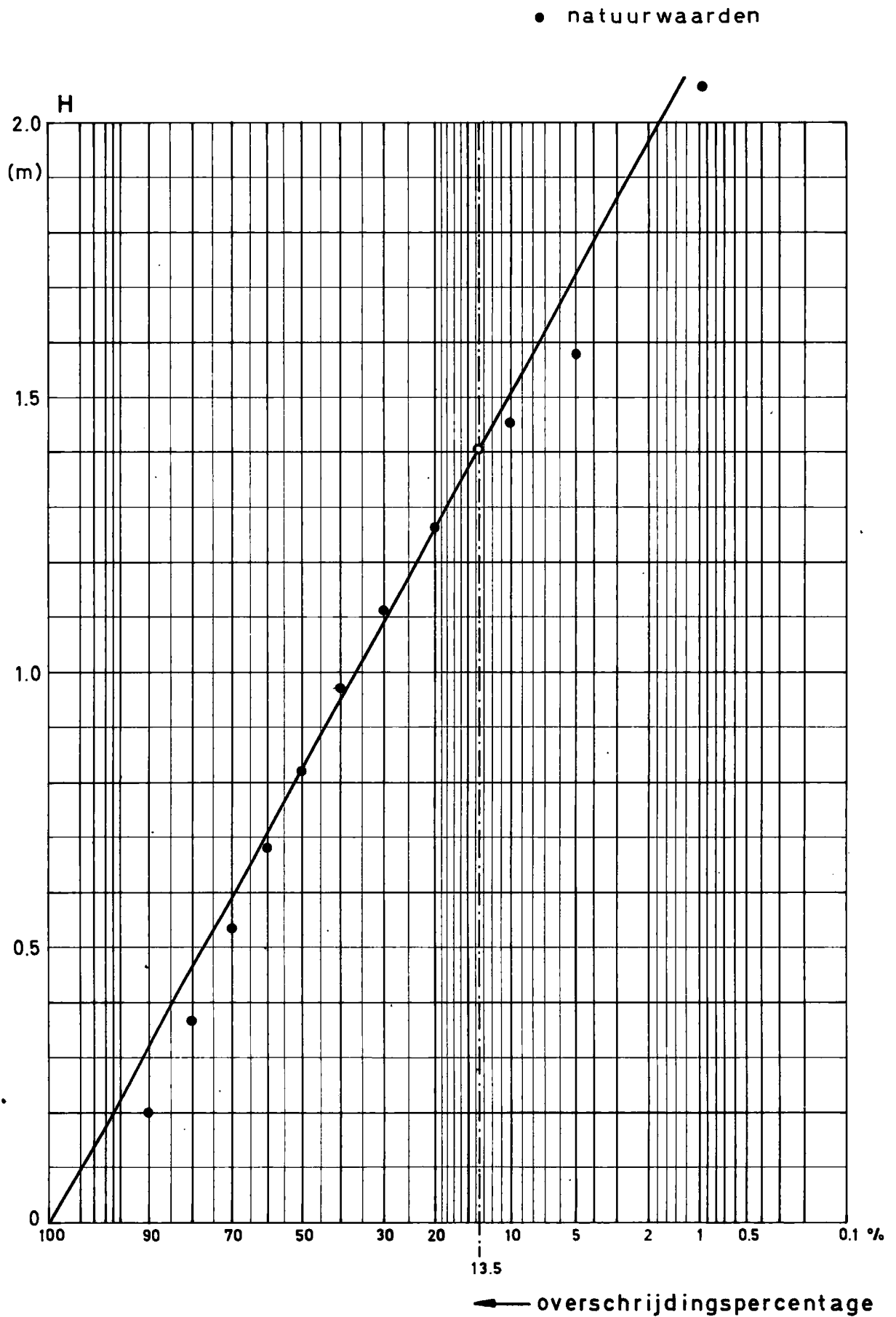


RAYLEIGH VERDELING

STATION BOL VAN HEIST

METING 18-11-1972 TE 3h00

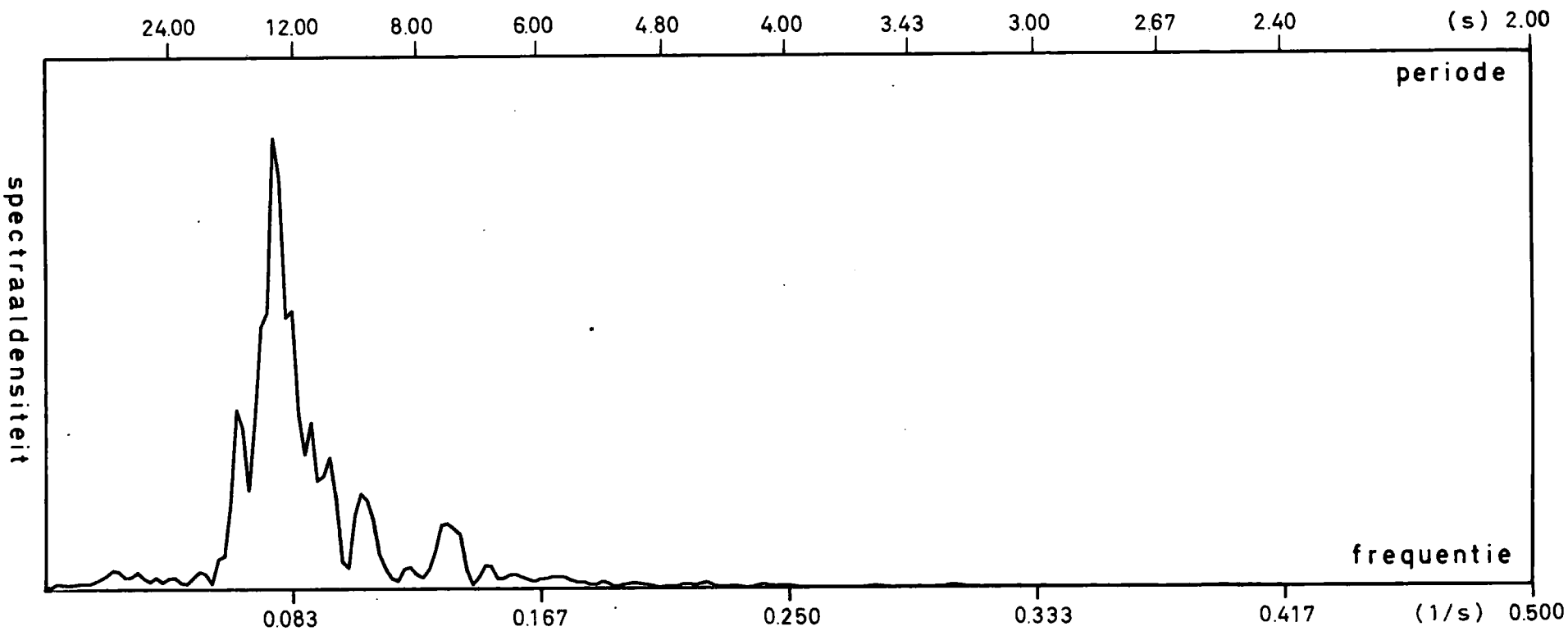
DIEPTE 10.40 m





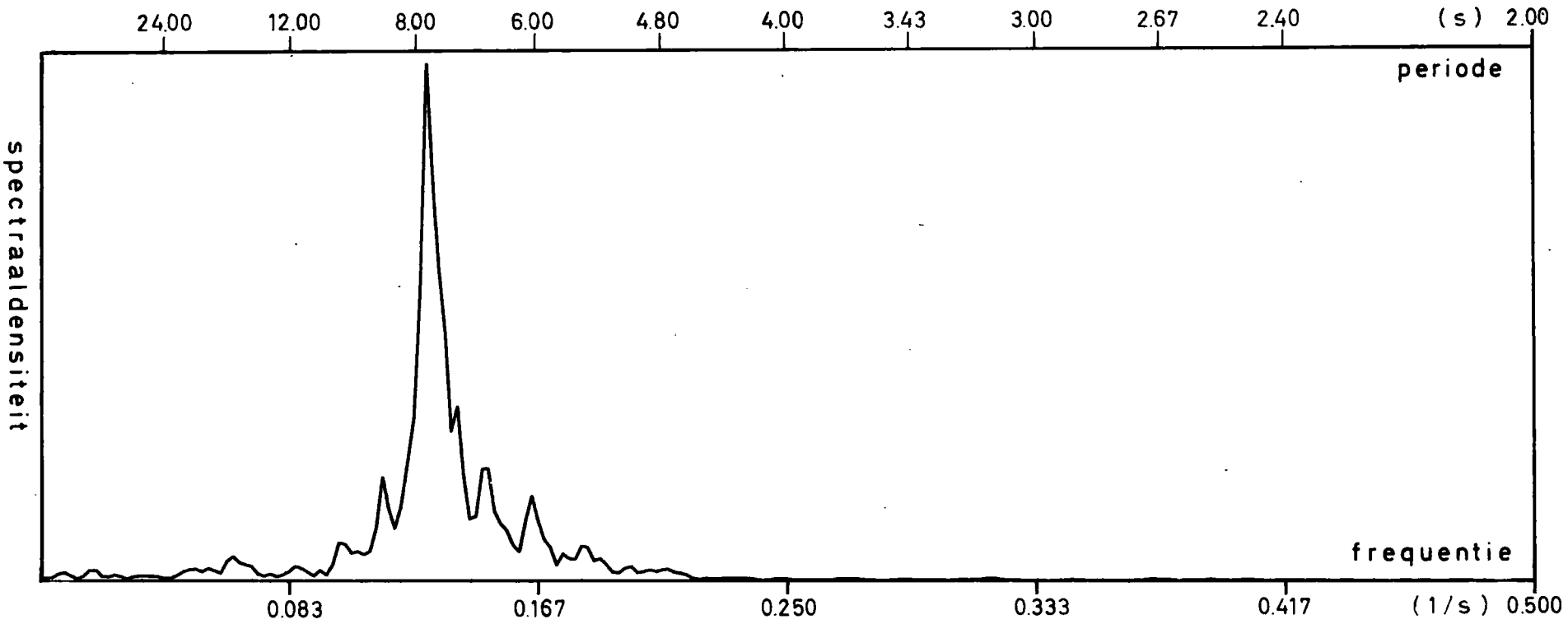
MOD. 320.1- DIFFRACTIEMODEL ZEEBRUGGE  
STATION TEN OOSTEN VAN ZEEBRUGGE  
METING 3-4-1973 TE 0h07 DIEPTE 10.40m

Bijlage 4



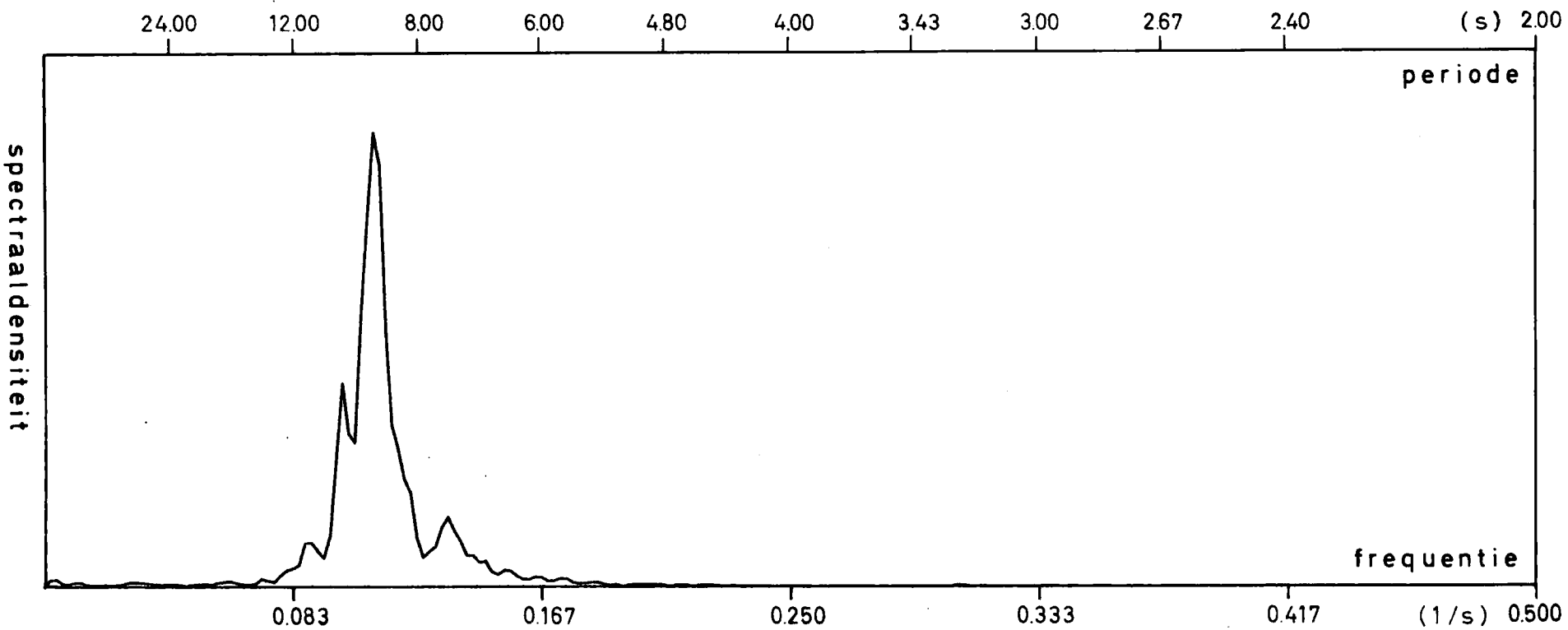


MOD. 320-1 - DIFFRACTIEMODEL ZEEBRUGGE  
STATION TEN OOSTEN VAN ZEEBRUGGE  
METING 5-4-1973 TE 3h07 DIEPTE 10.00 m





STATION BOL VAN HEIST  
METING 18-11-1972 TE 3h00 DIEPTE 10.40 m



editie

WATERBOUWKUNDIG  
LABORATORIUM

---

BERCHEMLEI 115  
2200 BORGERHOUT  
BELGIE  
TELEFOON 031/36.18.50.

