

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

De Bilt.

WETENSCHAPPELIJK RAPPORT

W.R. 76-1

P. Kruseman

Twee praktische methoden voor het maken
van verwachtingen voor golfcomponenten
met perioden tussen 10 en 25 seconden
nabij Hoek van Holland

De Bilt, 1976

Publikationsnummer: K.N.M.I. W.R. 76-1 (00).

U.D.C.: 551.466.33

INHOUD:

pag.:

Samenvatting

Summary

1.	Inleiding	1
2.	Het model-spectrum	4
3.	Beperkte methode voor het verwachten van deining- componenten met perioden boven 10 seconden	6
4.	Resultaten	10
	4.1. Inleiding	10
	4.2. Toelichting op tabel 3 en 4	10
	4.3. Discussie	12
5.	Een methode voor het opstellen van verwachtingen van de variantie van laagfrequente deiningcomponen- ten bij Hoek van Holland	16
	Referenties	20
	Bijlage	

Samenvatting

In dit rapport worden twee methoden voor het opstellen van verwachtingen voor golfcomponenten met perioden tussen 10 en 25 seconden beschreven. Zulke verwachtingen zijn bedoeld voor de begeleiding van de vaart van zeer grote tankers door de gebaggerde toegangseulen naar Europoort. Tevens wordt een eenvoudig model-spectrum voor zeegang beschreven dat bij het ontwikkelen van de methoden werd gebruikt.

De ene methode geeft uitsluitend de tijdstippen waarop verwacht wordt dat de variantie van de laagfrequente componenten boven een grenswaarde van 150 cm^2 uitkomt en weer onder deze grenswaarde daalt. Deze methode wordt sedert oktober 1971 operationeel gebruikt. De resultaten laten zien dat voor de verwachtingen van de begintijd een nauwkeurigheid van ± 3 uur haalbaar is, mits men de grensgevallen buiten beschouwing laat. De nauwkeurigheid van de verwachte eindtijden is belangrijk minder.

De andere methode geeft elke 3 uur een verwachte waarde voor de variantie van de laagfrequente golfcomponenten. Een eerste proef wijst uit dat de waarnemingen tot een factor 3 van de verwachte waarden kunnen afwijken. Ondanks deze grote marge levert deze methode verwachtingen welke, in combinatie met gegevens over het aktuele verloop van de variantie, beter bruikbaar zijn dan de verwachtingen van de eerste methode.

Summary

This report contains a description of two methods for forecasting wavecomponents with periods between 10 and 25 seconds. Such forecasts are intended to give information for very large crude carriers when navigating through the dredged channels to Europoort. A description is also given of a simple spectral model for windwaves, used in developing these methods.

One method leads to forecasts for the expected time on which the variance of the low-frequency wavecomponents will rise above a limit of 150 cm^2 and for the expected time on which the variance will drop below this limit. This method has been in operational use since October 1971. Results show that the arrival of the components can be forecast with an accuracy of 3 hours, provided that borderline cases are not considered. The accuracy of the forecasts of the departure of the components is considerably less.

The other method gives a forecast for the value of the variance of the low-frequency wavecomponents every 3 hours. A first test shows that the observations may differ by a factor 3 from the forecast values. Despite this large margin, forecasts made with this method, in combination with data on the actual variance of the components, give more useful results than the forecasts with the other method.

1. Inleiding.

In dit rapport worden twee methoden beschreven die werden ontwikkeld ten behoeve van de Centrale Weerdienst voor het opstellen van verwachtingen voor deiningcomponenten met perioden tussen 10 en 25 seconden (frequenties 0,10 - 0,04 Hz) bij Hoek van Holland. Het zijn eenvoudig te hanteren z.g. "handmethoden", met andere woorden er wordt geen gebruik gemaakt van de grote rekenautomaat van het K.N.M.I.

Deze methoden zijn ontwikkeld omdat uit contacten met Rijkswaterstaat was gebleken dat er behoefte bestaat aan dit soort verwachtingen. Deze behoefte komt voort uit het feit dat de gebaggerde geulen nabij Hoek van Holland, welke Europoort bereikbaar maken voor tankers met een diepgang tot ongeveer 20 meter, niet zo diep zijn gemaakt dat deze onder alle golfomstandigheden bevaarbaar zijn.

In eerste instantie werd gevraagd om een waarschuwing indien er golfcomponenten worden verwacht met perioden tussen 10 en 25 seconden (aangeduid als "laagfrequente" componenten) en met een gezamenlijke variantie¹⁾ van 150 cm² of meer. Zulke componenten kunnen zowel in zeeegang als in deining voorkomen.

Het is gebleken dat het overschrijden van de grens van 150 cm² door laagfrequente componenten in zeeegang is gecorreleerd met het overschrijden van een bepaalde windsnelheid boven de Noordzee ten zuiden van 53°N. Voor de windrichtingen tussen ZW en N is deze grenswindsnelheid 34 knopen. Verwachtingen voor het optreden van laag-

1) In dit rapport zullen steeds de termen variantie en variantiedichtheid worden gebruikt i.p.v. de ingeburgerde, maar minder juiste, benamingen energie en energiedichtheid. De variantiedichtheid $S(f)$ is zo gedefinieerd dat $\int_0^{\infty} S(f)df$ een schatting is van de totale variantie van de hoogte van het zeeoppervlak.

frequente zeegangscomponenten kunnen daarom eenvoudig door Rijks-waterstaat zelf worden opgesteld met behulp van de wind- en stormwaarschuwingen van het K.N.M.I. en de aktuele windgegevens van Hoek van Holland en lichteiland "Goeree".

Er kunnen ook laagfrequente golfcomponenten bij Hoek van Holland optreden die hun oorsprong vinden in een zeegangsveld dat in de meer noordelijke Noordzee of de Noorse Zee is opgewekt door een harde wind of storm met een richting tussen NW en NNO. Om tijdig te kunnen aangeven gedurende welke periode verwacht wordt dat de variantie van deze laagfrequente deiningcomponenten de aangegeven grens zal overschrijden, is de eerste in dit rapport beschreven methode ontwikkeld.

In hoofdstuk 2 zal allereerst het spectrale model voor zeegang worden behandeld dat bij het ontwikkelen van de verwachtingsmethoden werd gebruikt om het aandeel van de laagfrequente golfcomponenten bij verschillende golfhoogten te bepalen.

In hoofdstuk 3 wordt vervolgens ingegaan op de methode waarmee sedert oktober 1971 door enige hiertoe opgeleide meteorologen van de Centrale Weerdienst van het KNMI verwachtingen worden opgesteld, voor het al of niet overschrijden van de grenswaarde van 150 cm^2 door de variantie van de deiningcomponenten met perioden boven de 10 seconden.

Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de met deze methode tot nu toe behaalde resultaten.

Al spoedig na het invoeren van deze methode werd ook de behoefte gevoeld aan verwachtingen voor het kwantitatieve verloop van de variantie van deze laagfrequentie golfcomponenten. Om aan deze behoefte te voldoen zijn op het KNMI twee wegen bewandeld. Naast een numerieke golfverwachtingsmethode (Sanders, 1976) werd een "handmethode" ontwikkeld, die het mogelijk maakt om, binnen een zekere marge, kwantitatieve verwachtingen te geven. Deze laatste methode, welke in hoofdstuk 5 wordt beschreven, is zodanig opgesteld dat zij niet meer hoeft te worden toegepast door een hierin gespecialiseerde meteoroloog, maar dat ze in de normale routine van de Cen-

trale Weerdienst zou kunnen worden ingepast. De resultaten van een beperkte proef met deze methode via een hindcast over de maanden oktober en november 1973 is in hoofdstuk 5 opgenomen.

Dank is verschuldigd aan diegenen die tot het slagen van dit onderzoek hebben bijgedragen, met name de meteorologen H.A. Buddingh, J. van Raalten en J.F. den Tonkelaar, die verantwoordelijk waren voor het opstellen van de verwachtingen, het Hoofd van de Afdeling Havenmonden van de Directie Benedenrivieren van Rijkswaterstaat voor het beschikbaarstellen van de resultaten van hun golfmetingen, Prof.Dr. R. Dorrestein voor het kritisch begeleiden van het onderzoek, Drs. E. Bouws voor vele stimulerende discussies en de heer R.A. van Moerkerken voor het verzorgen van de bewerking van de waarnemingen en het assisteren bij de evaluatie.

2. Het model-spectrum.

Bij de in dit rapport beschreven verwachtingsmethoden wordt gewerkt met een spectrale beschrijving van het golfveld. Uiteindelijk is slechts een deel van de golfcomponenten, namelijk die met frequenties tussen 0,04 en 0,10 Hz, van belang. Omdat rechtstreekse berekeningen van de groei en dissipatie van golfcomponenten met de hand niet uitvoerbaar zijn, wordt bij deze verwachtingsmethoden uitgegaan van de significante golfhoogte van de zeegang die via een spectraal model vertaald wordt in een spectrum. Bij het berekenen van de deining wordt vervolgens aangenomen dat de golfcomponenten elk met hun eigen groepssnelheid uit het zeegangsveld weglopen.

Veelal wordt als modelspectrum voor de zeegang het spectrum volgens Pierson-Moskowitz (1964) gebruikt. Oorspronkelijk werd dit modelspectrum geponeerd voor vol-ontwikkelde zeegang. In zijn algemene vorm wordt dit spectraalmodel beschreven door de volgende formule:

$$S(f) = \alpha g^2 (2\pi)^{-4} f^{-5} \exp \left\{ -5/4 (f/f_p)^{-4} \right\}$$

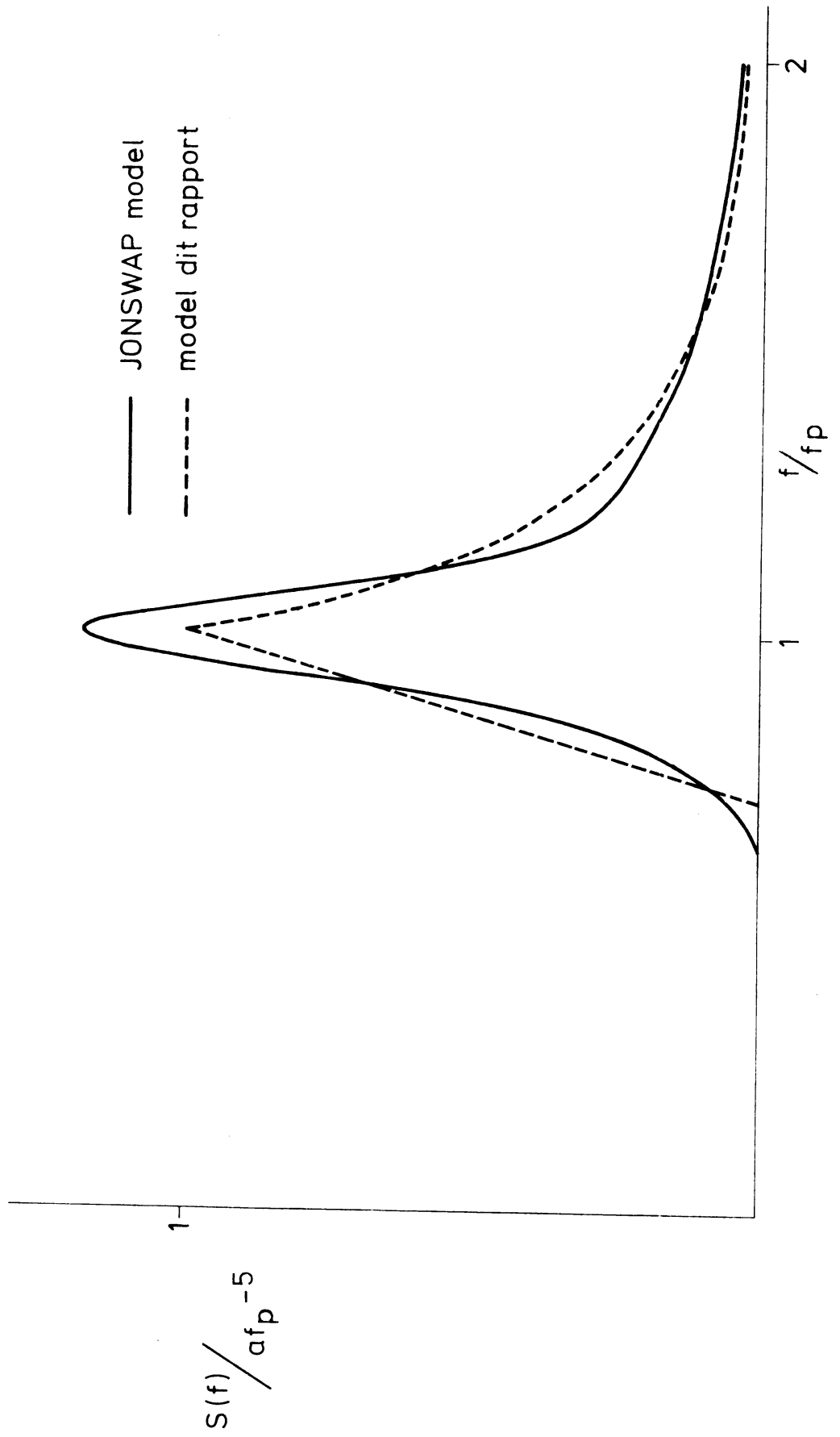
waarbij $S(f)$ de variantiedichtheid is, f de frequentie, f_p de frequentie met maximale variantiedichtheid (piekfrequentie), g de versnelling van de zwaartekracht en α een dimensieloze grootte. Oorspronkelijk werd aangenomen dat α een constante was. Longuet-Higgins (1969) stelde voor dat α beschouwd moet worden als een functie van de dimensieloze fetch gF/U^2 , waarin F de lengte van de windbaan (fetch) en U de windsnelheid is.

Waarnemingen, onder meer gedaan tijdens JONSWAP (Hasselmann et al., 1973) wezen uit dat het zeegangsspectrum in de groeifase een veel scherpere piek vertoont dan het Pierson-Moskovitz-spectrum.

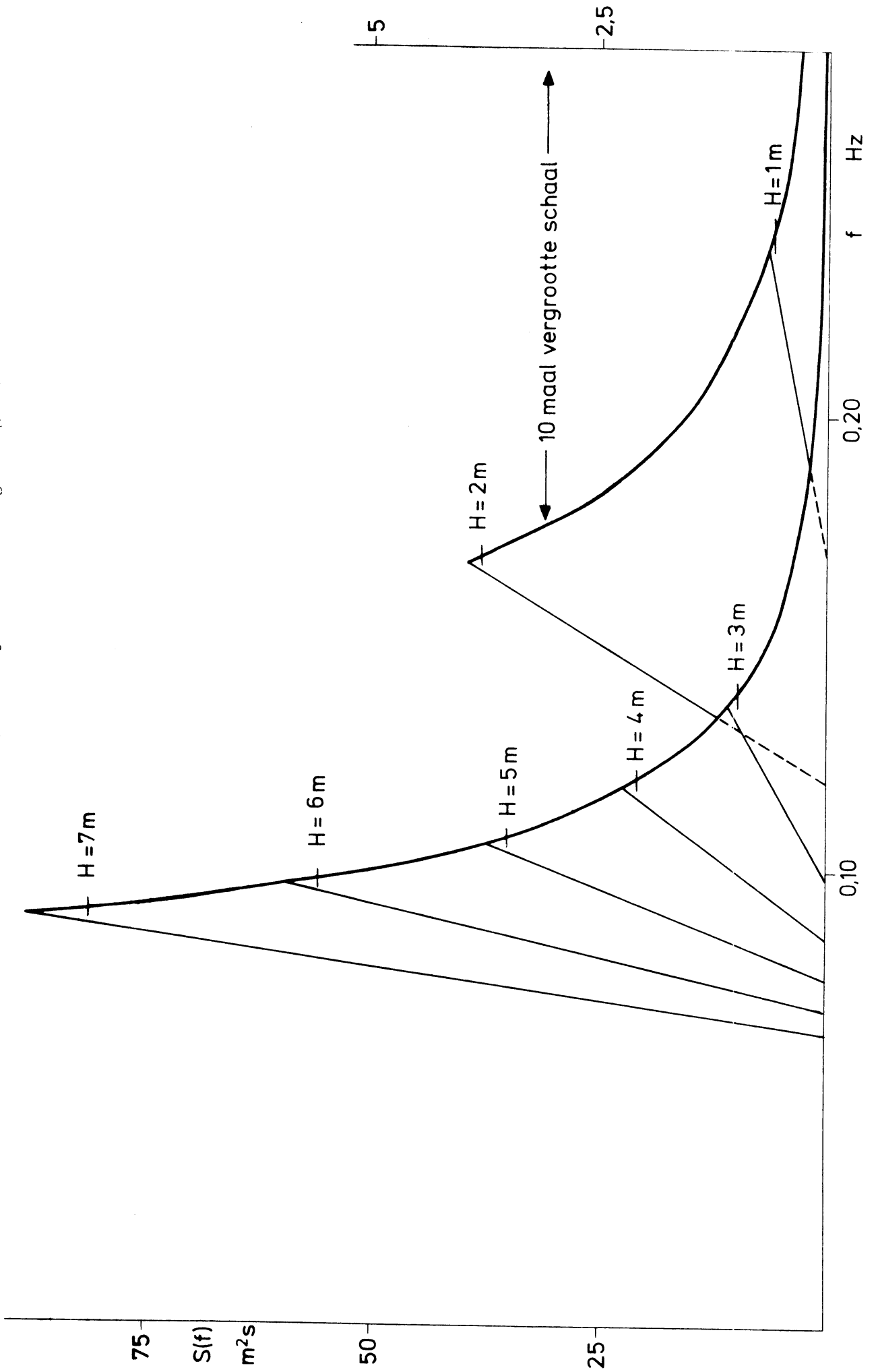
Daarom werd voor dit onderzoek een model voor een gemiddeld zeegangsspectrum opgesteld dat beter aan deze waarnemingen aansloot. Er werd gekozen voor een vorm waarbij de hoogfrequente flank verloopt volgens f^{-5} , met een lineair verlopende laagfrequente flank. Voor dit modelspectrum is aangenomen:

Figuur 1

Genormaliseerde model-spectra volgens het in deze publicatie gehanteerde model en volgens het JONSWAP model.



Figuur 2 Model-spectra bij verschillende golfhoogten.



$$\begin{aligned}
 S(f) &= af^{-5} && \text{voor } f_p \leq f \\
 S(f) &= \{a/(1-b)\} f_p^{-6} (f - bf_p) && \text{voor } bf_p \leq f < f_p \\
 S(f) &= 0 && \text{voor } 0 \leq f < bf_p
 \end{aligned}$$

Hierbij is a een grootte met de dimensie $[l^2 t^{-4}]$ en b een dimensieloze constante. Door middel van de keuze van a en b kan het spectrum nog worden gevarieerd.

Voor dit spectrum geldt een eenvoudige relatie tussen de golfhoogte en de piekfrequentie: $H_{m_0} = 4 f_p^{-2} \sqrt{(3/4 - b/2)a}$.

Hierbij is H_{m_0} de karakteristieke golfhoogte gedefinieerd door $H_{m_0} = 4 \sqrt{m_0}$, waar $m_0 = \int_0^\infty S(f) df$.

Nadat van dit model verschillende versies waren gehanteerd, werden in 1974 de coëfficiënten a en b aangepast aan het model-spectrum zoals dat bij JONSWAP (Hasselmann et al., 1973) werd gevonden, waarbij echter de coëfficiënt in de noemer van de laatste exponent (σ in de oorspronkelijke publikatie) voor $f < f_p$ gelijk is genomen aan die voor $f > f_p$. De formule voor dit JONSWAP-spectrum is

$$S(f) = \alpha g^2 (2\pi)^{-4} f^{-5} \exp \left\{ -5/4 (f/f_p)^{-4} \right\} 3.3 \exp \left\{ -(f-f_p)^2 / 0.016 f_p^2 \right\}$$

De waarden van de coëfficiënten a en b werden nu zo gekozen dat de beide spectrale modellen bij gelijke f_p een gelijke totale variantie hebben zowel voor het gedeelte met $f > f_p$ als voor het gedeelte $f < f_p$. We vinden dan:

$$a = 0,80 \alpha g^2 (2\pi)^{-4} \quad \text{en} \quad b = 0,72.$$

Figuur 1 geeft een vergelijking tussen deze twee model-spectra in genormaliseerde vorm.

Daar a afhankelijk is van α is a ook afhankelijk van de dimensieloze windbaan. Deze afhankelijkheid is echter nog niet eenduidig uit de experimenten bepaald. Bij dit onderzoek wordt gemakshalve voor a een constante waarde van $5 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-4}$ aangenomen (overeenkomend met een $\alpha = 0,01$). Bij een windbaan van 100 km of korter wordt echter een waarde van $6 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-4}$ gebruikt. Deze waarden worden geacht te gelden voor zeegangscondities die voor dit onderzoek van belang zijn; dat wil zeggen bij windsnelheden tussen 30 en 50 knopen. Figuur 2 geeft het model-spectrum (met $a = 5 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-4}$) voor verschillende waarden van H_{m_0} .

3. Beperkte methode voor het verwachten van deiningcomponenten met perioden boven 10 seconden.

Allereerst wordt nu de methode behandeld waarmee sedert oktober 1971 door enige meteorologen van de Centrale Weerdienst verwachtingen worden uitgegeven voor het tijdstip waarop de waarde van de variantie van alle componenten met perioden tussen 10 en 25 seconden groter zal worden dan 150 cm^2 en het tijdstip waarop deze variantie weer onder 150 cm^2 zal dalen. Wij zullen deze variantie in overeenstemming met het gebruik bij Rijkswaterstaat aanduiden met E10.

In tabel 1 is, met behulp van het model-spectrum (met $a = 5 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-4}$), voor zeevang het verloop van E10 met toenemende karakteristieke golfhoogte aangegeven.

TABEL 1

Hm_0	E10
3,0 m	0 cm^2
3,5	180
4,0	730
4,5	1827
5,0	3658
5,5	6418
6,0	10000
7,0	18125
8,0	27500
9,0	38125
10,0	50000

Daar de deiningcomponenten oorspronkelijk als zeevang zijn ontstaan, kan uit deze tabel eenvoudig worden afgeleid dat de golfhoogte van de zeevang in het gebied waarvandaan de deining afkomstig is (verder aan te duiden als het brongebied) een bepaalde grenswaarde moet overschrijden voordat de E10 van de hieruit voortkomende deining te Hoek van Holland groter kan worden dan 150 cm^2 . Zolang de zeevang lager is dan ca 3,5 m is van golfcomponenten met perioden boven 10 s praktisch he-

lemaal geen sprake.

Daar de verzwakking van de deining door dispersie (voornamelijk richtingsdispersie) en door bodemwrijving groter is naarmate de afgelegde weg groter is, zal de grensgolfhoogte toenemen naarmate het brongebied verder weg is gelegen.

Aan de hand van een aantal gevallen uit het verleden werden de volgende minimum golfhoogten vastgesteld voor het optreden van E10-waarden boven 150 cm^2 buiten Hoek van Holland. Bij deining afkomstig uit het gebied tussen 53° en 60° NB 4 meter
tussen 60° en 65° NB 5 meter
tussen 65° en 75° NB 6 meter

Naast de voorwaarde waaraan de golfhoogte moet voldoen, is er ook een voorwaarde waaraan de golfrichting moet voldoen. Deze dient immers zodanig te zijn dat de deining het zeegebied bij Hoek van Holland kan bereiken. Ervan uitgaande dat de verdeling van de variantie om de hoofdrichting (windrichting) in het brongebied verloopt volgens $\cos^2 \theta$ met θ = hoek met de windrichting, werd bepaald dat de golfrichting in het brongebied niet meer dan 30° van de zichrichting vanuit Hoek van Holland mag afwijken.

Indien een golfveld aanwezig is (of wordt verwacht) dat aan de bovenstaande voorwaarden voldoet, wordt de begintijd en de eindtijd berekend volgens de instructie die als aanhangsel bij dit rapport is gevoegd.

Samengevat komt deze instructie op het volgende neer:

Nadat het golfveld met behulp van de (iets gemodificeerde) grafieken van Groen en Dorrestein (1958) is getekend, worden de kleinste afstanden tot de isolijnen van 4 meter, 5 meter, 6 meter enz. opgemeten. Deze afstanden worden gedeeld door de bijbehorende groepsnelheden. Uit de zo gevonden kortste looptijden kan de begintijd van de deining eenvoudig worden afgeleid. De eindtijd wordt op gelijksoortige wijze berekend door naar de achterzijde van het veld te kijken.

De waarschuwingen dienen minstens 4 uur voor het begintijdstip van de deining te worden uitgegeven. Daar elke 3 uur over nieuwe weer-

gegevens voor het beschouwde gebied kan worden beschikt, is het, gezien de looptijd van de deining en gezien de tijd die nodig is voor de analyse van de weergegevens, mogelijk om voor deining afkomstig uit het gebied ten noorden van 55°N te volstaan met het gebruik van geanalyseerde gegevens. Voor deining afkomstig uit het gebied tussen 53°N en 55°N is het noodzakelijk om verwachte wind- en golfgegevens te gebruiken. In het belang van de dienstuitvoering wordt in de praktijk ook voor het gebied tussen 55°N en 60°N soms gebruik gemaakt van golfverwachtingen in plaats van golfanalyses.

Over de gebruikte groepssnelheden moeten nog enige opmerkingen worden gemaakt. Bij elke golfhoogte is de groepssnelheid gekozen die behoort bij de component met de langste periode (en dus met de grootste snelheid) die bij de betreffende golfhoogte nog in het spectrum voorkomt. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de snelheidsverandering in het zuidelijke deel van de Noordzee tengevolge van de beperkte bodemdiepte en met het feit dat deze componenten slechts een beperkte bijdrage aan de variantie leveren. Daar door het eerstgenoemde effect de snelheid iets verhoogd zou moeten worden en door het tweede effect de snelheid iets verlaagd zou moeten worden, lijkt deze verwaarlozing voor de praktijk wel gerechtvaardigd. Hierbij speelt ook een rol dat, gezien de onzekerheid in de ligging van het golfveld en gezien het feit dat gewerkt wordt aan de hand van 3-uurlijkse weerkaarten, niet verwacht mag worden dat het begintijdstip binnen 3 uur nauwkeurig kan worden verwacht.

De eindtijd wordt steeds berekend met de groepssnelheid die behoort bij de snelste componenten van de minimum golfhoogte voor de verschillende gebieden. Deze snelheid is dus theoretisch te hoog, waardoor de verwachte eindtijd te vroeg zou komen te liggen. In de praktijk (zie hoofdstuk 4) blijkt echter dat andere effecten, die maken dat de berekende eindtijd te laat ligt, de overhand hebben.

Tenslotte moet nog worden opgemerkt dat de snelheden zoals die tot nog toe bij deze methode zijn gebruikt, niet gebaseerd zijn op het in hoofdstuk 2 gedefinieerde model-spectrum, maar op het voorlopige model zoals dat in 1971 werd gehanteerd. Tabel 2 geeft een vergelijking tussen de in de instructie vermelde inverse groepssnelheden en

die volgens het spectrale model uit hoofdstuk 2. De tabel laat zien dat de verschillen gering zijn, behalve bij golfhoogten boven 7 meter.

TABEL 2

Golfhoogte in meters	Inverse groepssnelheid in uren per 60 zeemijl	
	instructie weerkamer zie bijlage	model-spectrum zie hoofdstuk 2
4	3,5	3,3
5	3,0	3,0
6	2,7	2,7
7	2,4	2,5
8	2,1	2,4
9	1,8	2,2
10	1,5	2,1

(Om praktische redenen is als afstandseenheid 60 zeemijl (= 1 breedtegraad) gekozen en als tijdseenheid 1 uur.)

In april 1975 zijn de verbeterde waarden ingevoerd. Zoals te verwachten was, ontstond hierdoor geen wezenlijke verandering ten opzichte van de oude situatie. Golfhoogten van 8 meter of meer worden meestal óf zoveel noordelijker óf zoveel later bereikt dan lagere golfhoogten dat zij, ondanks de hogere bijbehorende snelheid, vrijwel nooit maatgevend zijn voor de begintijd. Voor de eindtijd zijn zij nooit maatgevend.

4. Resultaten.

4.1. Inleiding.

De in het vorige hoofdstuk beschreven methode is sedert oktober 1971 in gebruik bij de Centrale Weerdienst van het K.N.M.I. Aanvankelijk werd de methode getoetst aan de waverider-metingen nabij IJmuiden en Scheveningen. Daar deze metingen slechts om de 3 uur of om de 6 uur werden verricht, kon slechts een beperkte indruk over de betrouwbaarheid van de verwachtingen worden verkregen. Wel werd aan de hand van deze evaluaties de methode in oktober 1972 op enkele punten gewijzigd. Zo werd sedertdien rekening gehouden met noordoostelijke golfvelden in de Duitse Bocht. Om deze reden, maar ook omdat Rijkswaterstaat, Afdeling Havenmonden, in oktober 1972 de beschikking kreeg over apparatuur die elk half uur "on line" E10 berekent, zullen in dit hoofdstuk slechts de resultaten van na september 1972 worden beschouwd. De met bovengenoemde apparatuur berekende E10, uitgedrukt in cm^2 , wordt "display-waarde" genoemd omdat zij na berekening via elektronische cijfers wordt uitgevoerd. De display-waarden werden aanvankelijk voor twee posities berekend, later voor meer posities. De volgende meetposities werden gebruikt:

Scheveningen	: 52°13'N 3°49'O	afk.tabel 3 en 4: S
Triton	: 52° 5'N 4°10'O	afk.tabel 3 en 4: T
Noorderdam	: 52° 0'N 4° 3'O	afk.tabel 3 en 4: N
Euro 5	: 52° 0'N 3°41'O	afk.tabel 3 en 4: E
Lichteiland Goeree	: 51°56'N 3°40'O	afk.tabel 3 en 4: G

In tabel 3 worden de uitgegeven waarschuwingen vergeleken met de opgetreden display-waarden.

Tabel 4 geeft opgetreden display-waarden voor die gevallen waarvoor geen waarschuwing was uitgegaan, maar waat E10 de grenswaarde van 150 cm^2 wel heeft overschreden.

4.2. Toelichting op tabel 3 en 4.

De display-waarden zijn in 5 klassen ingedeeld, namelijk:

$0 \leq E10 < 75$: geen cijfer
$75 \leq E10 < 150$: cijfer 1
$150 \leq E10 < 400$: cijfer 2
$400 \leq E10 < 1000$: cijfer 3
$1000 \leq E10$: cijfer 4

TABEL 4

Gevalen waarin geen waarschuwing was uitgegaan

tijdstip van overschrij- ding GMT	waarne- mings- station	aantal uren voor aange- geven be- gintijd 9 6 3 0 3 6 9 12 15	aantal uren na aangegeven begintijd	
12-10-72 1600	S	11222222222222221111		
27-01-73 1900	S	11122222211111111111		
10-02-73 2100	S	1111222222111111		
23-02-73 0200	G	a112223zzzz11222222111a	z = zeegang	zie tabel 3
24-02-73 0600	G	a1111112221		
17-10-73 1500	E	11122222111		
23-10-74 0300	E	zeegang44444333222222222211		
5-12-74 1200	E	zeegang222223332222222222221a		zie tabel 3
30-12-74 0300	E	11222222222222332111		

De klassen zijn uurlijks vermeld terwijl de uurvakken waarvoor een waarschuwing was uitgegaan zijn onderstreept. Deze zouden dus moeten corresponderen met de cijfers 2 of hoger.

Indien laagfrequente zeegangcomponenten voorkomen op het verwachte begin- of eindtijdstip van de laagfrequente deiningcomponenten, dan is dit aangegeven met het woord zeegang. Controle op de juistheid van de verwachting is dan niet mogelijk, omdat het optreden van deiningcomponenten dan wordt gemaskeerd. Indien de uitloop van de ene verwachting overgaat in de aanloop voor de volgende verwachting, dan is dit met een letter a aangegeven.

Zo mogelijk zijn de display-waarden van Euro 5 gebruikt. Indien geen waarnemingen van Euro 5 beschikbaar waren, werden de waarnemingen van één van de andere stations gebruikt. In de tabellen is de eerste letter van het gebruikte station vermeld. Uit een beperkt aantal gevallen werd berekend dat een display-waarde van 150 cm^2 bij Euro 5 gemiddeld overeenkomt met 150 cm^2 bij Goeree, 120 cm^2 bij Noorderdam, 110 cm^2 bij Triton en 240 cm^2 bij Scheveningen. In de tabellen 3 en 4 is voor deze lokale verschillen gecorrigeerd.

De waarnemingen uit de periode oktober 1972 tot september 1973 zijn bovendien gecorrigeerd voor de aanwijzingsfouten van de analysator die toen in gebruik was. Hierbij zijn voor de klasse-grenzen de volgende correcties toegepast:

85 op de display komt overeen met	75 in werkelijkheid
140 op de display komt overeen met	150 in werkelijkheid
290 op de display komt overeen met	400 in werkelijkheid
550 op de display komt overeen met	1000 in werkelijkheid

Deze correcties zijn gebaseerd op de vergelijking van slechts enkele gevallen en zijn zodoende vrij onzeker. Daar bij de waarschuwingsgrens (150 cm^2) de correcties echter gering zijn en de overige grenzen voor de verdere discussie slechts een indicatief karakter hebben, is de onzekerheid in deze correctiefactoren niet belangrijk.

Eén maal, op 2 mei 1973, waren van geen van de stations display-waarden voorhanden en is het verloop afgeleid uit de 6-uurlijkse metingen te IJmuiden en de 3-uurlijkse metingen op de noordelijker gelegen positie $53^{\circ}25'N$ $4^{\circ}13'O$.

4.3. Discussie.

Voor het begintijdstip blijkt uit tabel 3:

- | | |
|----------------------|---|
| in 10 gevallen (17%) | is het begintijdstip niet vast te stellen wegens zeegang |
| in 4 gevallen (7%) | begint de deining (cijfer 2 of hoger) meer dan 3 uur voor het verwachte begintijdstip |
| in 17 gevallen (29%) | verschilt het waargenomen begintijdstip minder dan 3 uur met de verwachting |
| in 6 gevallen (10%) | begint de deining meer dan 3 uur na het verwachte begintijdstip |
| in 22 gevallen (37%) | treedt de verwachting deining niet op |

Voor het grote aantal gevallen waarbij de verwachte deining niet optreedt of meer dan 3 uur later begint dan werd verwacht, zijn twee oorzaken aan te wijzen:

1. De in de methode gehanteerde grens-golfhoogte verspringt op $60^{\circ}N$ en op $65^{\circ}N$ met een hele meter. In werkelijkheid is dit verloop vloeiend. De grens-golfhoogte behoort in principe bij het zuidelijk deel van het vak. Dit betekent dat bijvoorbeeld een golfveld van amper 4 meter op $58^{\circ}N$ geen deiningcomponenten met $E10$ boven 150 cm^2 levert, een golfveld van ruim 4,5 meter wel. Voor beide gevallen zal echter volgens de methode een waarschuwing worden uitgegeven.
2. Het is niet mogelijk de golfhoogte nauwkeuriger te analyseren dan op 0,5 meter. Ook dit levert de vraag op of een golfveld nog juist wel of juist niet aan het verwachtingscriterium voldoet. Veelal volgt de meteoroloog een voorzichtige taktiek, waarbij in de tekst van de verwachting wordt aangegeven dat het een grensgeval betreft.

Voor de overige gevallen klopt de verwachte begintijd in het algemeen binnen 3 uur met de waarnemingen. Een hogere nauwkeurigheid kan moeilijk worden bereikt omdat gewerkt wordt aan de hand van 3-uurlijkse weerkaarten. Bovendien komt 3 uur overeen met een afstand van 1 breedtegraad. Dit is ongeveer de nauwkeurigheid waarmee de isolijnen van het golfveld kunnen worden getekend.

Voor het eindtijdstip blijkt uit tabel 3:

in 1 geval (2%)	is het eindtijdstip niet vast te stellen wegens zeegang
in 22 gevallen (37%)	is de verwachte deining niet opgetreden
in 18 gevallen (31%)	eindigt de deining meer dan 3 uur voor het verwachte eindtijdstip
in 12 gevallen (20%)	verschilt het waargenomen eindtijdstip minder dan 3 uur met de verwachting
in 6 gevallen (10%)	eindigt de deining meer dan 3 uur na het verwachte eindtijdstip

De verwachtingen voor de eindtijd blijken slechter te zijn dan de begintijd-verwachtingen. Ook dit is niet zo verwonderlijk omdat de eindtijd wordt bepaald door het moment waarop en de plaats waar de zeegang aan de achterzijde van het golfveld onder de grens-golfhoogte zakt. We hebben rond de eindtijd dus altijd te maken met een randgeval. Op zich is de onnauwkeurigheid in de eindtijd in de praktijk niet zo erg omdat het verloop op de display van de spectrale analyzer kan worden gevolgd.

De vier gevallen waarbij de deiningcomponenten meer dan 3 uur voor de verwachte begintijd aankwamen verdienen speciale aandacht.

16 november 1973, 03.00 GMT.

Deze verwachting werd uitgegeven op basis van de weerkaart van 15 november 09.00 GMT. De meteoroloog tekende de voorste begrenzing van het 5 meter golfveld op 58°N en de voorste begrenzing van het 4 meter golfveld op 57°N. Hoewel achteraf een zuidelijker ligging waarschijnlijker lijkt, zijn de gekozen grenzen op grond van de 09.00 GMT weerkaart wel verdedigbaar. Op de 12.00 GMT weerkaart werd het echter duidelijk dat dit golfveld zich veel zuidelijker

dan 58°N uitstrekke. Op grond van deze weerkaart had de verwachte begintijd dus vervroegd moeten worden. Dit is destijds door de meteoroloog niet opgemerkt.

17 november 1973, 21.00 GMT.

Hier deed zich een soortgelijke situatie voor als op 16 november 1973. Op grond van de 21.00 GMT-kaart op 16 november werd een begintijdverwachting gegeven, die op grond van de 00.00 GMT-kaart van 17 november had moeten worden vervroegd.

24 september 1974, 22.00 GMT.

Op 24 september 1974 om 22.00 GMT werd meegedeeld dat de zeegang overging in deining, en werd als eindtijd 25 september 1974, 15.00 GMT opgegeven. In feite ging de zeegang echter reeds om 18.00 GMT over in deining. Hoewel het voor de gebruikers van de verwachting niet hinderlijk was dat deze verwachting pas om 22.00 GMT werd uitgegeven, omdat zij het verloop van E10 op de display konden volgen, zou het toch beter zijn geweest als deze verwachting reeds voor 18.00 GMT was opgemaakt.

13 december 1974, 12.00 GMT.

12 december om 21.30 GMT werd deze verwachting voor de begintijd uitgegeven, waarbij in de tekst het volgende stond vermeld:

"zwaar stormveld op Fladengronden wordt morgenochtend op onze kust verwacht, spoedig gevolgd door de deining die uit het huidige zeegangsveld op de noordelijke Noordzee loopt."

Op 13 december om 04.00 GMT bleek dat het lokale windveld niet voldoende was om zeegangscomponenten boven de 10 seconden te ontwikkelen. Er werd een nieuwe verwachting uitgegeven waarin wel de eindtijd werd genoemd (16.00 GMT), maar waarin geen nieuwe begintijd werd vermeld, omdat uit contact met Rijkswaterstaat was gebleken dat het vorige deiningveld, dat volgens verwachting 13 december om 00.00 GMT zou aflopen, in het nieuwe veld was overgegaan.

Bij elk van deze vier gevallen hebben we dus te maken met een situatie waarbij een verwachting is uitgegeven of waarbij een zee-gangssituatie bestaat en waarbij niet of te laat werd gereageerd op een verandering in het windveld, waardoor de verwachting had moeten worden gewijzigd. Dit is verklaarbaar als bedacht wordt dat deze verwachtingen incidenteel worden uitgegeven. Nadat de verwachting is uitgegeven wordt de meteoroloog weer geheel in beslag genomen door zijn overige werkzaamheden, waarbij zijn aandacht voor de deining op de achtergrond raakt omdat er toch al een verwachting is uitgegeven.

In tabel 4 vinden we ook twee gevallen, namelijk op 23 oktober 1974 en op 5 december 1974, waar na afloop van een zee-gangssituatie geen deiningwaarschuwing werd gegeven. Verder gaat het in tabel 4 om grensgevallen, waarbij de hoogte in het golfveld door de meteoroloog iets lager werd getaxeerd dan deze in werkelijkheid was. Hierbij komt de waarde van de variantie van de deiningcomponenten echter niet of nauwelijks boven de 400 cm^2 uit.

Samenvattend kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Met de in hoofdstuk 3 beschreven methode is men in staat om, afgezien van de grensgevallen, een verwachting te geven voor het begin van de deining bij de Eurogeul op 3 uur nauwkeurig.
2. Nadat een waarschuwing is uitgegeven is het nodig om attent te blijven op veranderingen in het windveld die mogelijk aanleiding kunnen geven tot wijziging van de verwachting.
3. De verwachte eindtijd kan slechts worden beschouwd als een indicatie, die geen grote nauwkeurigheid bezit.

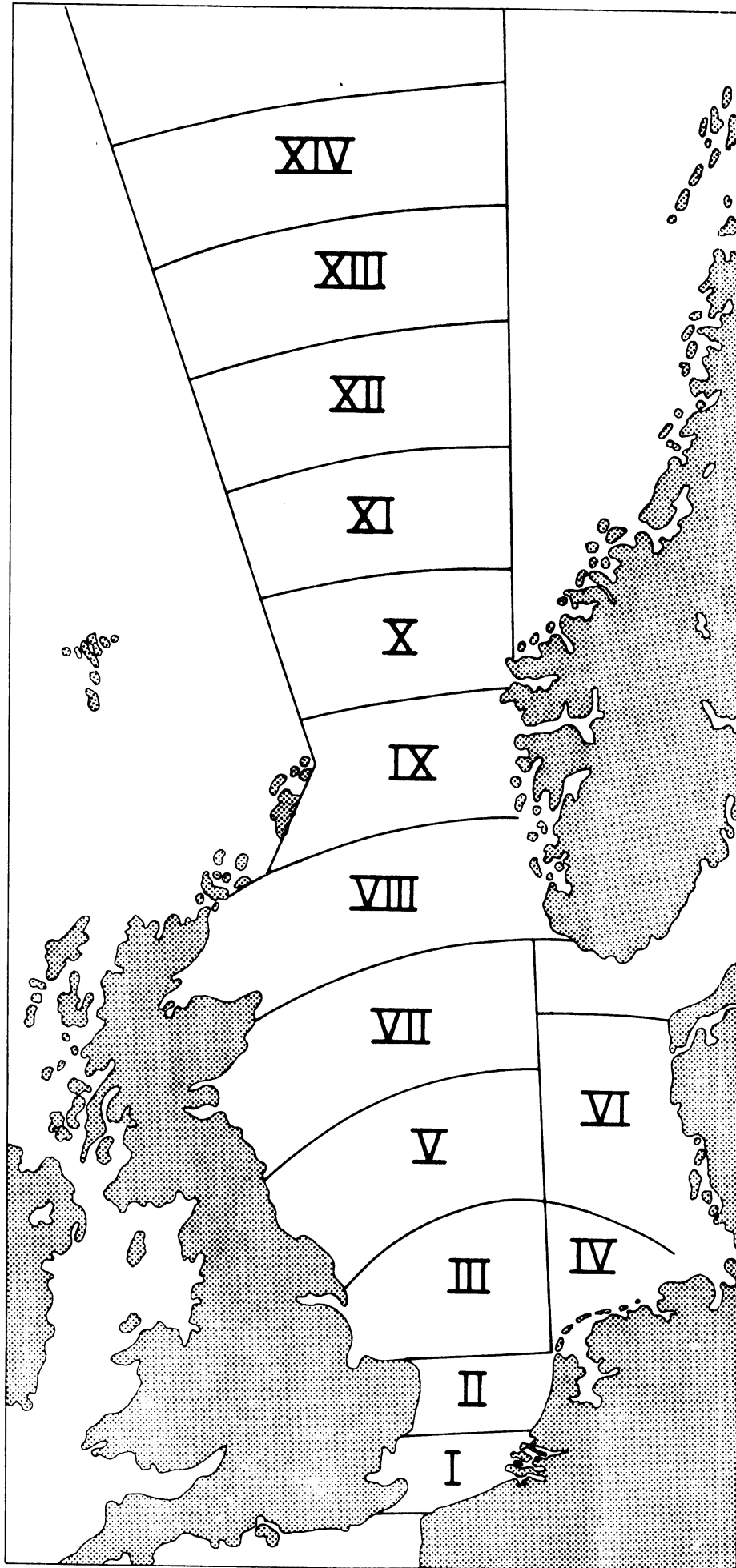
5. Een methode voor het opstellen van verwachtingen van de variantie van laagfrequente deiningcomponenten bij Hoek van Holland.

Al spoedig na het invoeren van de hiervoor beschreven methode, werd de behoefte gevoeld aan meer informatie over de te verwachten variantie van de deiningcomponenten. Kwalitatief kon hieraan voldaan worden door informatie over de golfhoogte in het brongebied. Om ook in staat te zijn kwantitatieve gegevens te leveren, werd gedurende de laatste jaren een numerieke methode ontwikkeld (Sanders, 1976). Daarnaast was het gewenst aandacht te besteden aan het ontwikkelen van een meer kwantitatieve "handmethode", welke zou kunnen worden gebruikt in de gevallen dat de computermethode niet kan worden gebruikt.

Bij het ontwikkelen van een handmethode ter verkrijging van meer kwantitatieve gegevens werd ervan uitgegaan dat deze methode in de normale routine moest kunnen worden opgenomen. Dit houdt in dat de verwachting moet kunnen worden opgesteld met behulp van het normaal aanwezige basismateriaal, zonder dat daar uitgebreid rekenwerk aan te pas komt. Dit betekent onder meer dat een methode waarvoor routinematig iedere 3 of 6 uur een golfkaart zou moeten worden getekend, niet als handmethode in aanmerking komt. Er kan wel gebruik gemaakt worden van de 3-uurlijkse geanalyseerde weerkaarten. Er is daarom een methode ontwikkeld waarbij E10 bij Hoek van Holland direct wordt afgeleid uit het windveld, en wel als volgt.

De Noordzee en de Noorse Zee werden verdeeld in een aantal vakken. In ieder vak kan aan de hand van de weerkaart de windsnelheid en -richting worden bepaald. Hiermee kan vervolgens de golfhoogte worden bepaald welke gemiddeld bij deze wind behoort. Uit het model-spectrum kan dan de E10-waarde van de zeegang in dat vak worden berekend. Rekening houdende met de energie-afname door dispersie en bodemwrijving en met de richting van de zeegang, kan hieruit berekend worden hoe groot de E10 van de deining bij Hoek van Holland, afkomstig uit het desbetreffende vak, gemiddeld is. Deze E10-waarden kunnen in de vorm van een tabel worden vastgelegd.

Figuur 3 Vak-indeling ten behoeve van deinineverwachting.



TABEL 5: Te verwachten E10-waarde nabij Hoek van Holland tengevolge van de in een vak heersende wind

VAK I				
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden			
	21,22	23,24	25	30,27
30	-	-	-	-
32½	-	-	-	50
35	-	-	90	180
37½	-	-	210	450
40	-	100	400	750
42½	50	250	800	1300
45	140	450	1100	1800
47½	250	750	1900	2800
50	450	1300	3000	4600

VAK II				
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden			
	27,28 29,30	31,32 33,34 35,36 01,02	03	04,05
30	-	50	-	-
32½	50	250	120	-
35	180	450	220	-
37½	450	900	450	-
40	750	1200	600	-
42½	1300	2100	1100	50
45	1800	2800	1500	140
47½	2800	3700	2000	250
50	3700	4600	2500	450

Vervolg TABEL 5

VAK III												
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden											
	28 09	29 08	07	30	06	31 05	04	32	03	33,34 02	01	35,36
30	-	-	-	-	-	40	50	50	70	70	90	90
32½	-	-	-	-	50	80	110	110	140	150	180	200
35	-	-	50	80	90	150	200	240	250	300	350	400
37½	-	40	80	110	140	220	300	350	400	450	500	600
40	-	60	120	180	210	350	450	550	600	750	800	900
42½	-	70	150	220	250	450	600	700	750	900	1000	1100
45	-	90	190	250	350	550	750	800	950	1100	1300	1400
47½	-	110	220	300	400	650	900	1000	1100	1400	1600	1700
50	50	130	250	400	500	800	1100	1200	1400	1700	1900	2100

VAK IV							
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden						
	08	07	06	05	04	03	36 02,01
30	-	-	-	-	50	60	70
32½	-	-	-	-	100	120	140
35	-	-	40	40	180	220	250
37½	-	40	70	100	300	350	400
40	-	60	110	160	450	500	600
42½	40	80	150	230	500	650	750
45	50	120	210	300	700	850	1000
47½	70	160	300	450	800	950	1100
50	90	190	350	500	950	1200	1400

Vervolg TABEL 5

VAK V						
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden					
	28	29	30	31	32	33,34 35,36
30	-	-	60	70	90	110
32½	-	60	130	170	200	250
35	-	100	240	300	400	450
37½	40	170	400	500	600	750
40	50	210	500	600	750	900
42½	70	300	650	850	1000	1200
45	80	350	750	950	1200	1400
47½	90	400	900	1100	1400	1700
50	100	450	1000	1300	1600	1900

VAK VI						
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden					
	07	06	05	04	03	36 01,02
30	-	-	-	-	-	70
32½	-	-	40	60	80	150
35	-	50	80	110	140	300
37½	-	80	130	190	240	450
40	-	100	160	220	300	550
42½	40	130	210	300	400	750
45	50	150	250	350	450	850
47½	60	180	300	400	550	1000
50	70	200	350	450	600	1200

Vervolg TABEL 5

VAK VII							
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden						
	29		30	31	32	33	34,35
	04	04	03		02	01	36
30	-	-	-	-	40	50	60
32½	-	-	50	80	100	120	150
35	-	50	90	140	190	230	250
37½	-	90	160	230	300	350	450
40	50	110	190	300	400	450	550
42½	60	130	240	350	500	600	700
45	70	160	300	400	550	700	800
47½	80	170	300	450	650	750	900
50	90	190	350	500	700	850	1000

VAK VIII					
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden				
	29	30	31,32	33	36
	05	04		34,35 02,03	01
30	-	-	-	-	50
32½	-	-	50	80	110
35	-	50	90	140	200
37½	40	80	150	230	350
40	50	100	180	300	400
42½	70	130	230	350	500
45	80	150	250	400	600
47½	90	170	300	450	700
50	100	180	350	500	750

Vervolg TABEL 5

VAK IX EN VAK X					
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden				
	29	30	31,32	33,34	
	06	05	04,03	35,36 02,01	
30	-	-	-	-	
32½	-	-	50	80	
35	-	50	90	140	
37½	40	80	150	230	
40	50	100	180	300	
42½	70	130	230	350	
45	80	150	250	400	
47½	90	170	300	450	
50	100	180	350	500	

VAK XI					
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden				
	29	30	31,32	33,34	
	06	05	03,04	35,36 01,02	
30	-	-	-	-	
32½	-	-	40	60	
35	-	40	80	120	
37½	40	70	130	200	
40	50	90	150	240	
42½	60	110	200	300	
45	70	130	230	350	
47½	80	150	250	400	
50	90	160	300	450	

Vervolg TABEL 5

VAK XII					
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden				
	29	30	31,32	33,34	
	06	05	03,04	35,36 01,02	
30	-	-	-	-	
32½	-	-	40	60	
35	-	40	70	110	
37½	-	60	120	180	
40	40	80	140	220	
42½	50	100	180	300	
45	60	110	210	300	
47½	70	130	240	350	
50	80	140	250	400	

VAK XIII					
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden				
	29	30	31,32	33,34	
	06	05	03,04	35,36 01,02	
30	-	-	-	-	
32½	-	-	-	50	
35	-	-	60	90	
37½	-	60	100	160	
40	40	70	120	140	
42½	50	90	150	250	
45	50	100	180	300	
47½	60	110	200	300	
50	70	120	220	350	

Vervolg TABEL 5

VAK XIV				
windsnelheid in knopen	windrichting in tientallen graden			
	29 06	30 05	31,32 03,04	33,34 35,36 01,02
30	-	-	-	-
32½	-	-	-	50
35	-	-	60	90
37½	-	50	90	140
40	-	60	110	170
42½	40	80	140	220
45	50	90	170	250
47½	60	100	190	300
50	60	170	210	300

Figuur 3 geeft de vak-indeling. De vakken zijn zo gekozen dat de looptijd voor de deining vanuit het midden van het vak een veelvoud van 6 uur bedraagt voor een periode van 12 seconden. De wind in de vakken I en II is bepalend voor de zeegang bij Hoek van Holland.

De gemiddelde golfhoogte van de zeegang in elk vak werd berekend met inachtneming van een windbaan van 300 zeemijlen, tenzij de windbaan korter was ten gevolge van de lokatie van een kustlijn. In de vakken I, II, III, IV, V en VI werd rekening gehouden met een verminderde golfgroei tengevolge van de beperkte diepte van de zee. Hiertoe werden de gegevens van Brettschneider (1954) aangepast aan de diepwatergegevens van Groen en Dorrestein (1958).

Bij het bepalen van de verzwakking door dispersie werd wederom uitgegaan van een richtingsverdeling volgens $\cos^2\theta$.

De verzwakking door bodemwrijving werd berekend volgens de formule (Hasselmann et al., 1973):

$$\ln E/E_0 = C(1 - I_0)$$

waar $I = \int k^2 dx / \{ \omega^2 Vg \cosh^2(kD) \}$ de genormaliseerde afstand is en waar $k = 2\pi/L$, $\omega = 2\pi/T$, L = golflengte, T = golfperiode, Vg = groeps-snelheid, D = waterdiepte. Voor C werd een waarde gebruikt van $16 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-3}$. Deze waarde werd afgeleid uit de gevonden verzwakking van E_{10} in de zuidelijke Noordzee en is belangrijk lager dan de tijdens JONSWAP gevonden waarde.

Tabel 5 geeft voor elk vak de E_{10} -waarden bij Hoek van Holland tengevolge van de door de bijbehorende wind opgewekte zeegang in dat vak. De methode werkt nu als volgt.

Voor de berekening van de deining op een bepaald tijdstip t wordt de windrichting en -snelheid op tijdstip t bepaald in de vakken I en II, op tijdstip $t - 6$ uur in de vakken II en IV, op tijdstip $t - 12$ uur in de vakken V en VI, op tijdstip $t - 18$ uur in het vak VII, op tijdstip $t - 24$ uur in vak VIII enzovoorts. In de vakken I, II, III, IV, V en VI zou in het algemeen gewerkt moeten worden met windverwachtingen;

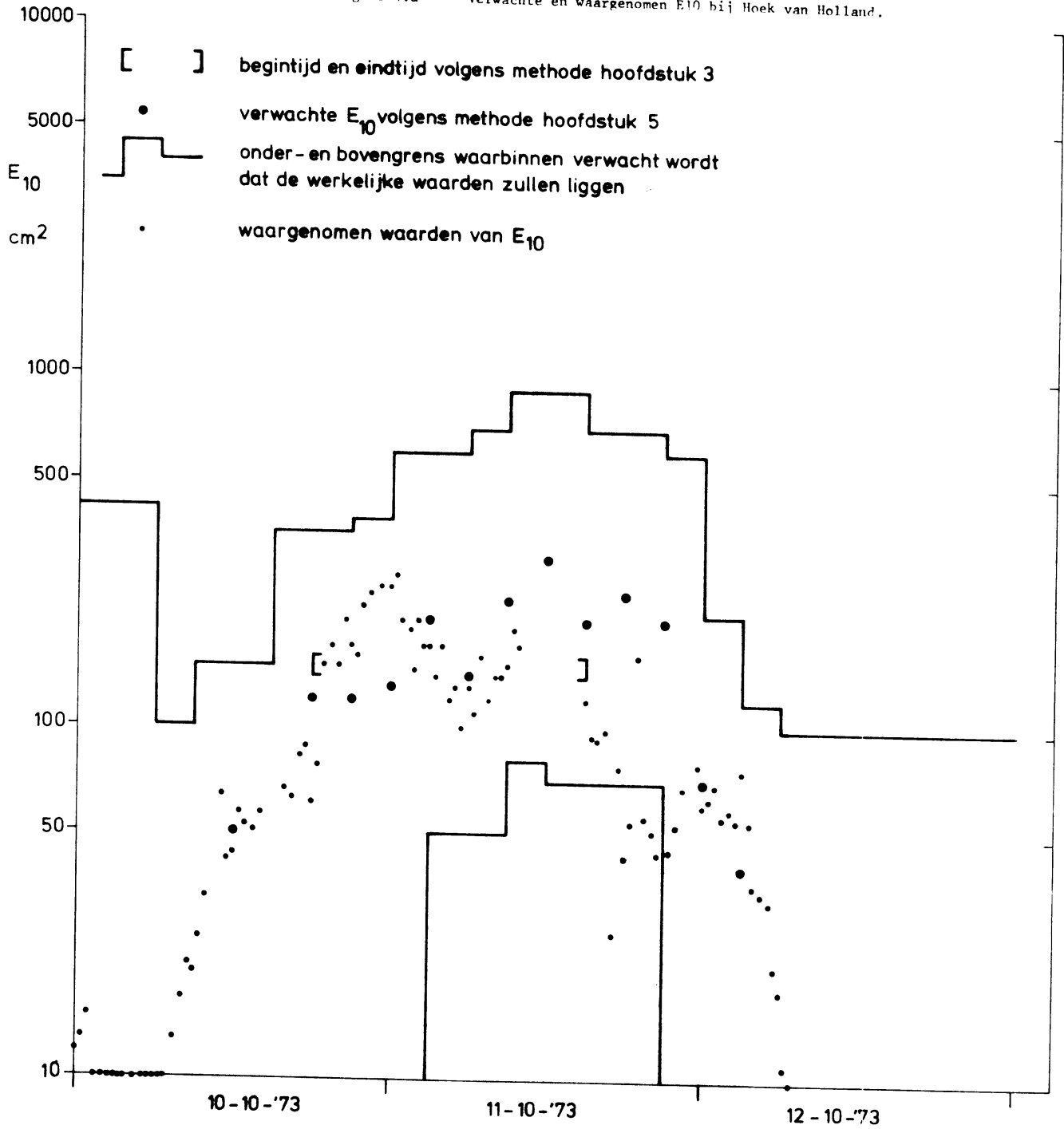
in de overige vakken kan gewerkt worden met geanalyseerde windgegevens. Met behulp van de tabel wordt vervolgens nagegaan hoe groot de E10-waarden bij Hoek van Holland zullen zijn. De hoogste waarde geeft dan de te verwachten E10-waarde bij Hoek van Holland. De waarden van de blokken moeten niet worden opgeteld. Immers, de deining die op een bepaald moment in bijv. vak VIII is opgewekt, zal 6 uur later vak VII passeren. Indien de wind in vak VII dan zodanig is dat deze een hogere E10-waarde bij Hoek van Holland kan veroorzaken dan de wind in vak VIII, betekent dit dat de deining uit vak VIII geheel in het zeegangsveld van vak VII is opgenomen.

Om een indruk te krijgen van de mogelijkheden van deze verwachtingsmethode werd de methode beproefd via een "hindcast" over de maanden oktober en november 1973. De benodigde windgegevens zijn door de auteur uit de 3-uurlijkse weerkaartanalyses opgemeten met behulp van de in de weerdienst in gebruik zijnde KNMI-gradiëntwindschaal, met inachtneming van de aan te brengen correcties voor de kromming van de isobaren, de breedtegraad en het verschil in temperatuur tussen lucht en water. In de figuren 4.a t/m 4.l zijn de resultaten weergegeven.

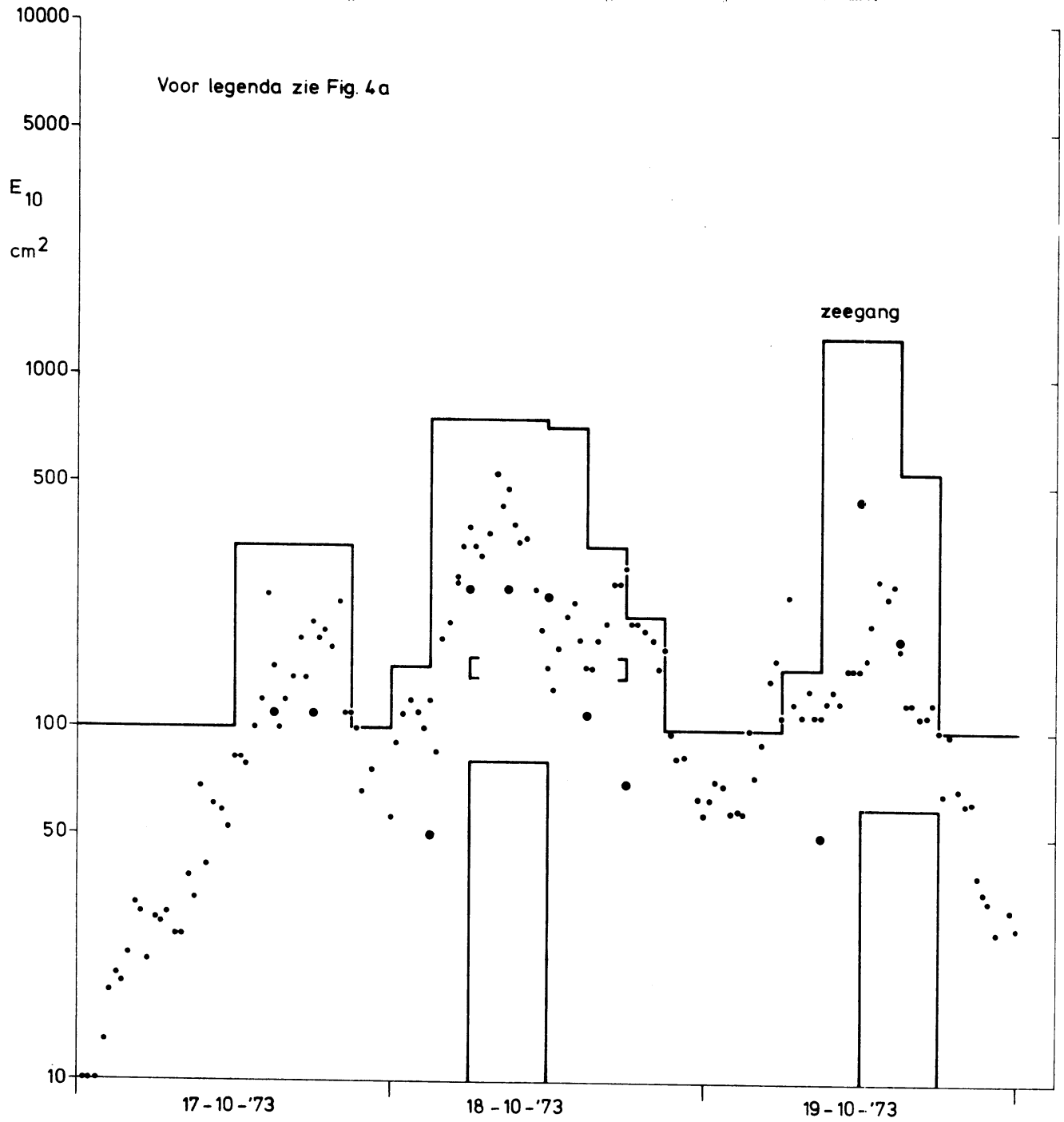
Indien ervan uitgegaan wordt dat een verwachting voor een bepaald moment geldig is van 3 uur voor dat tijdstip tot 3 uur daarna dan blijkt dat als we aannemen dat de verwachte E10-waarden tot een factor 3 groter of kleiner kunnen uitvallen, de meeste waarnemingen binnen de verwachte grenzen liggen. Deze grenzen zijn in de figuur aangegeven.

De vrij grote afwijkingen van de verwachtingen worden deels veroorzaakt door de onnauwkeurigheid in de bepaling van het windveld, welke zeker 2,5 à 5 knopen bedraagt, deels door het feit dat met een gemiddelde windbaan wordt gewerkt. Een goed voorbeeld van dit laatste kan gevonden worden op 26 en 27 november 1973. De deining is dan afkomstig van een brongebied waar de windbaan aanzienlijk groter is dan 300 zee-mijlen. De waarnemingen liggen daardoor voortdurend rond het dubbele van de berekende waarden.

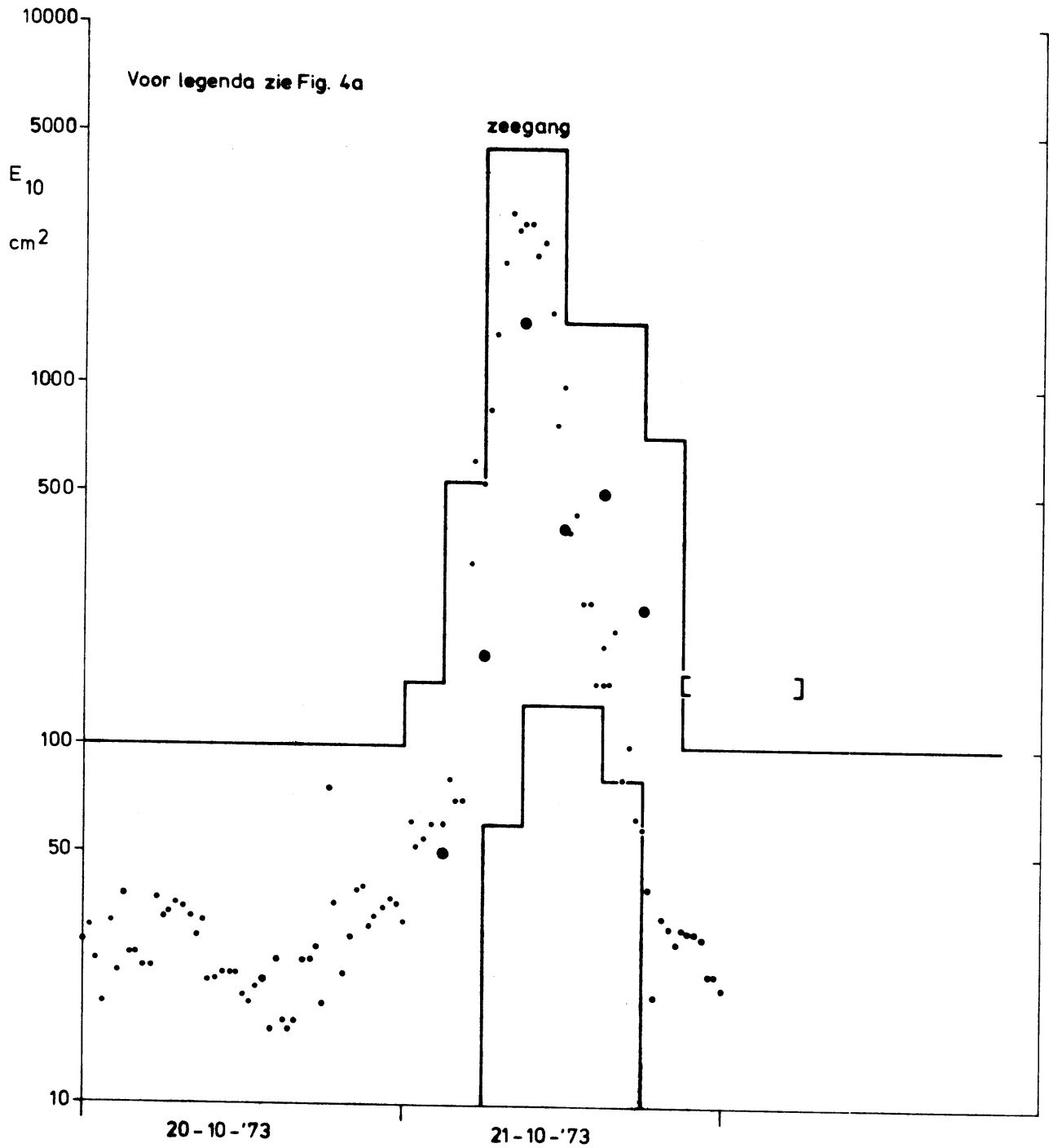
Figuur 4.a Verwachte en waargenomen E₁₀ bij Hoek van Holland.



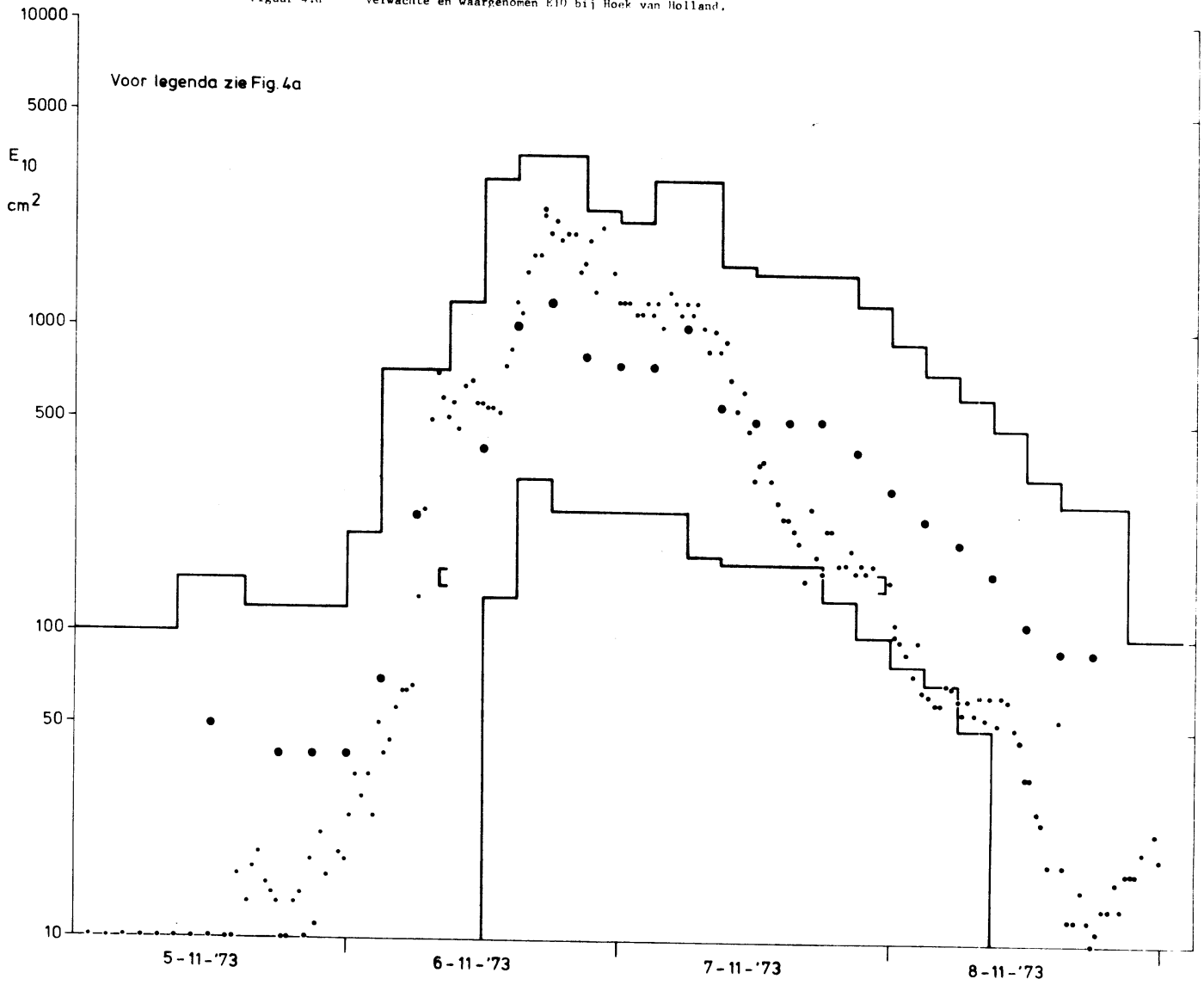
Figuur 4.b Verwachte en waargenomen E10 bij Hoek van Holland.



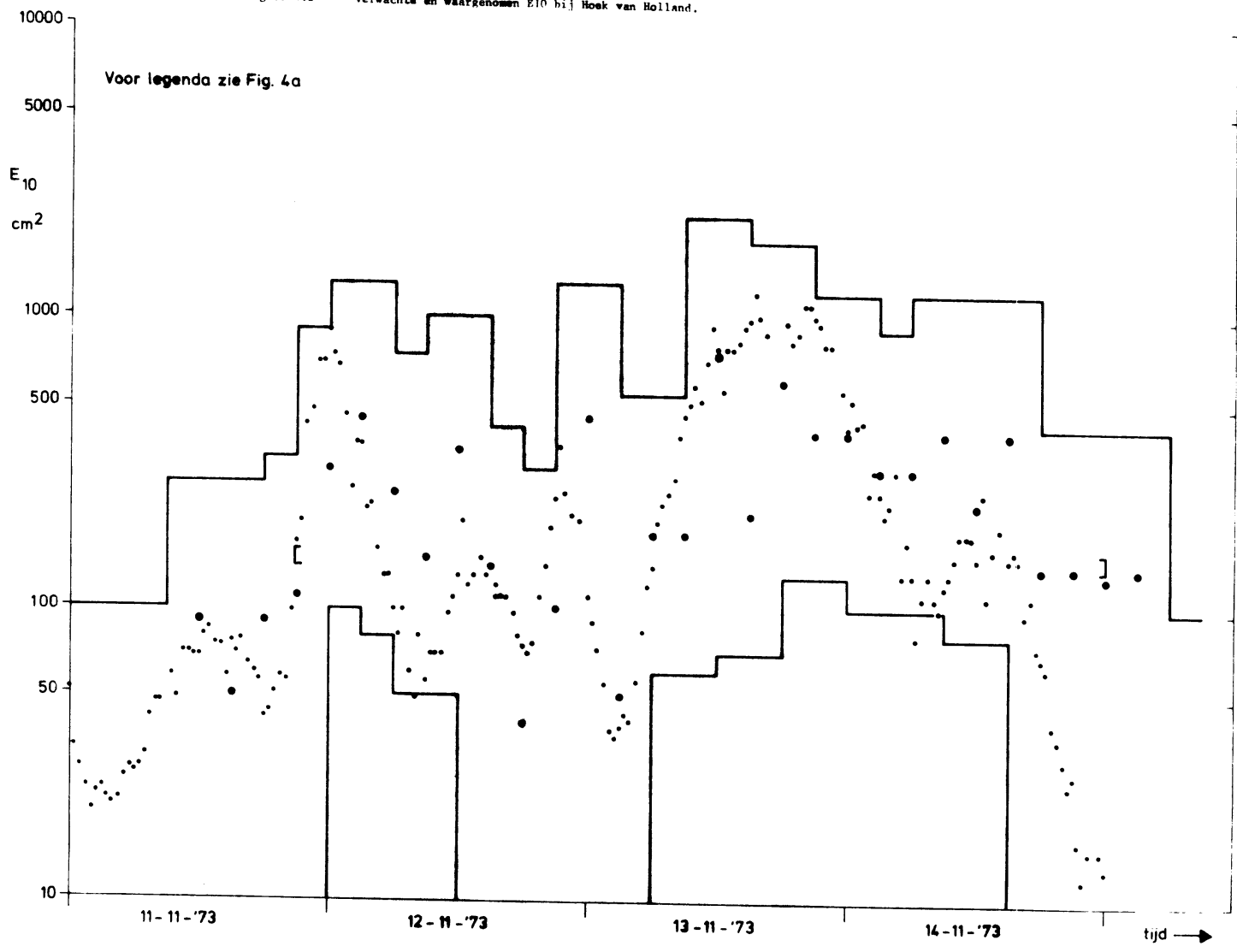
Figuur 4.c Verwachte en waargenomen E10 bij Hoek van Holland.



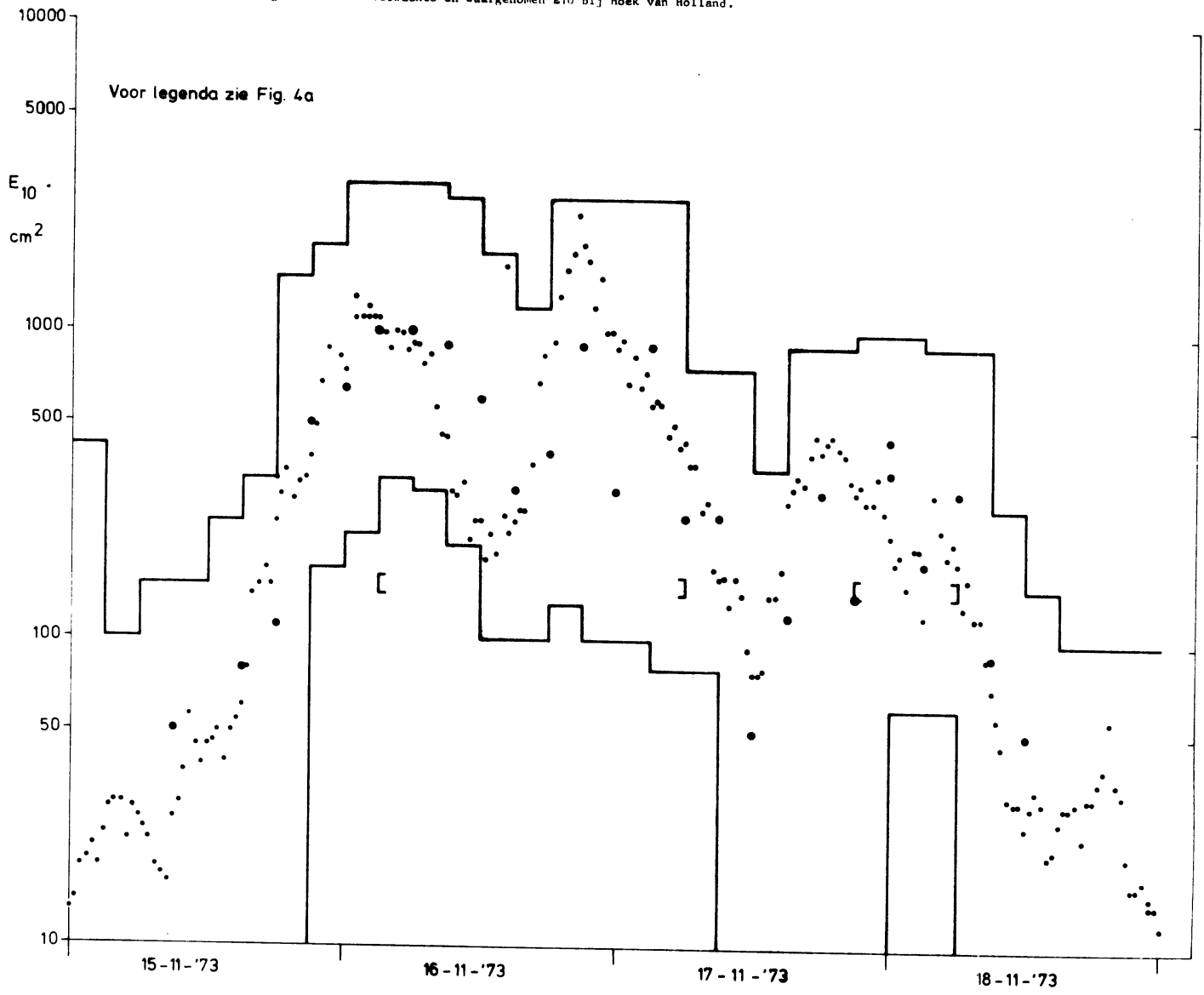
Figuur 4.d Verwachte en waargenomen E10 bij Hoek van Holland.



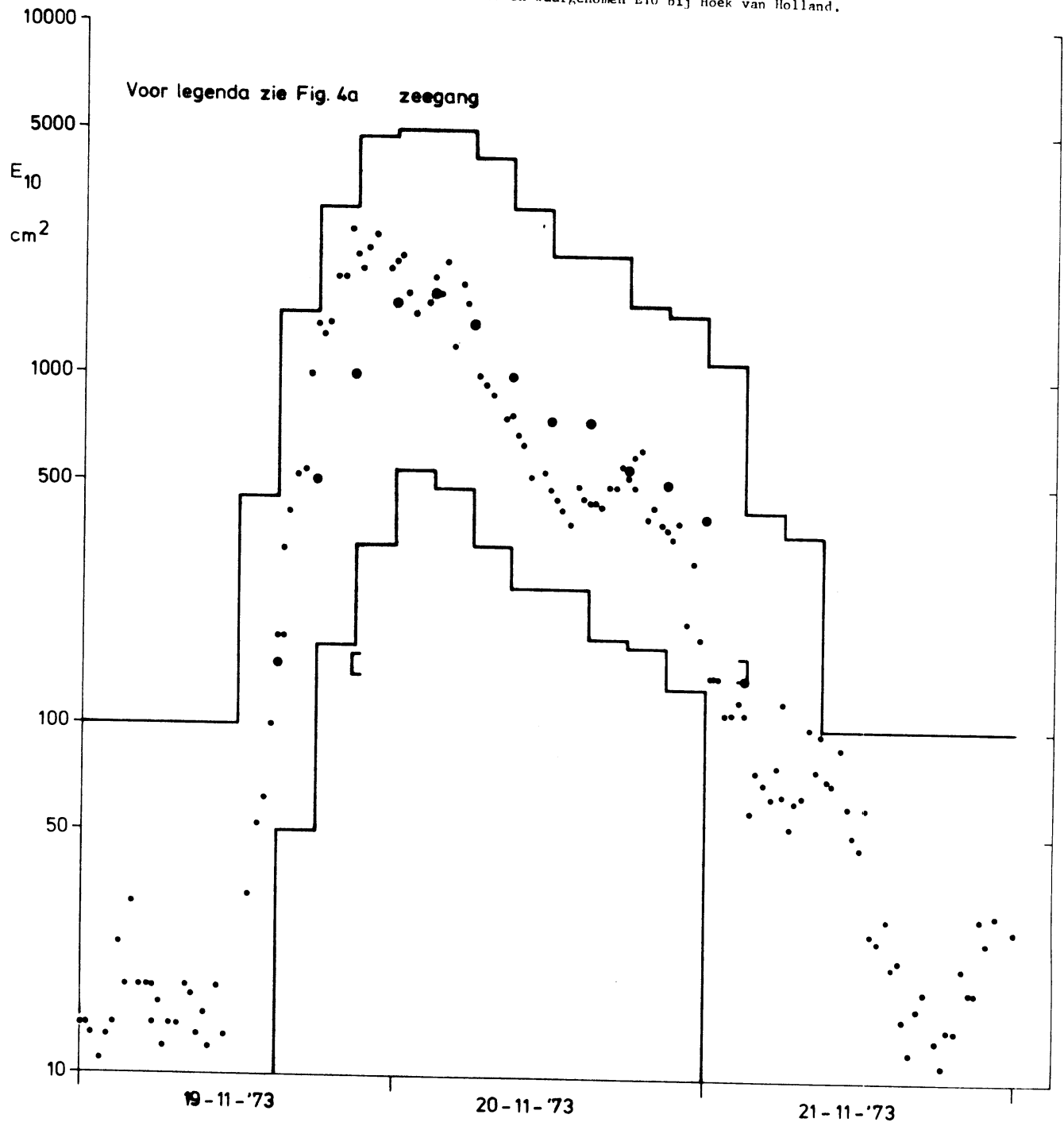
Figuur 4.e Verwachte en waargenomen E10 bij Hoek van Holland.



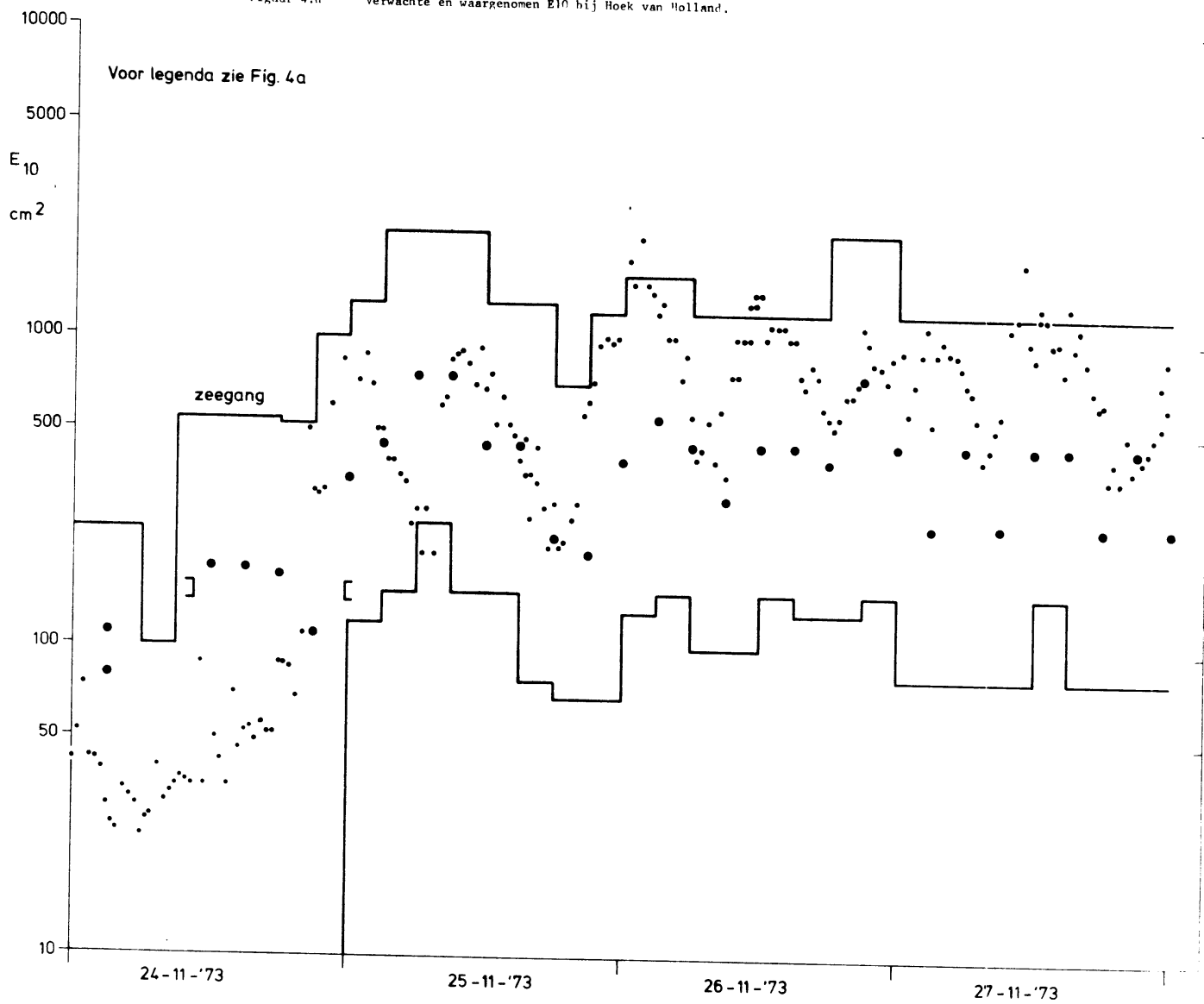
Figuur 4.f Verwachte en waargenomen E10 bij Hoek van Holland.



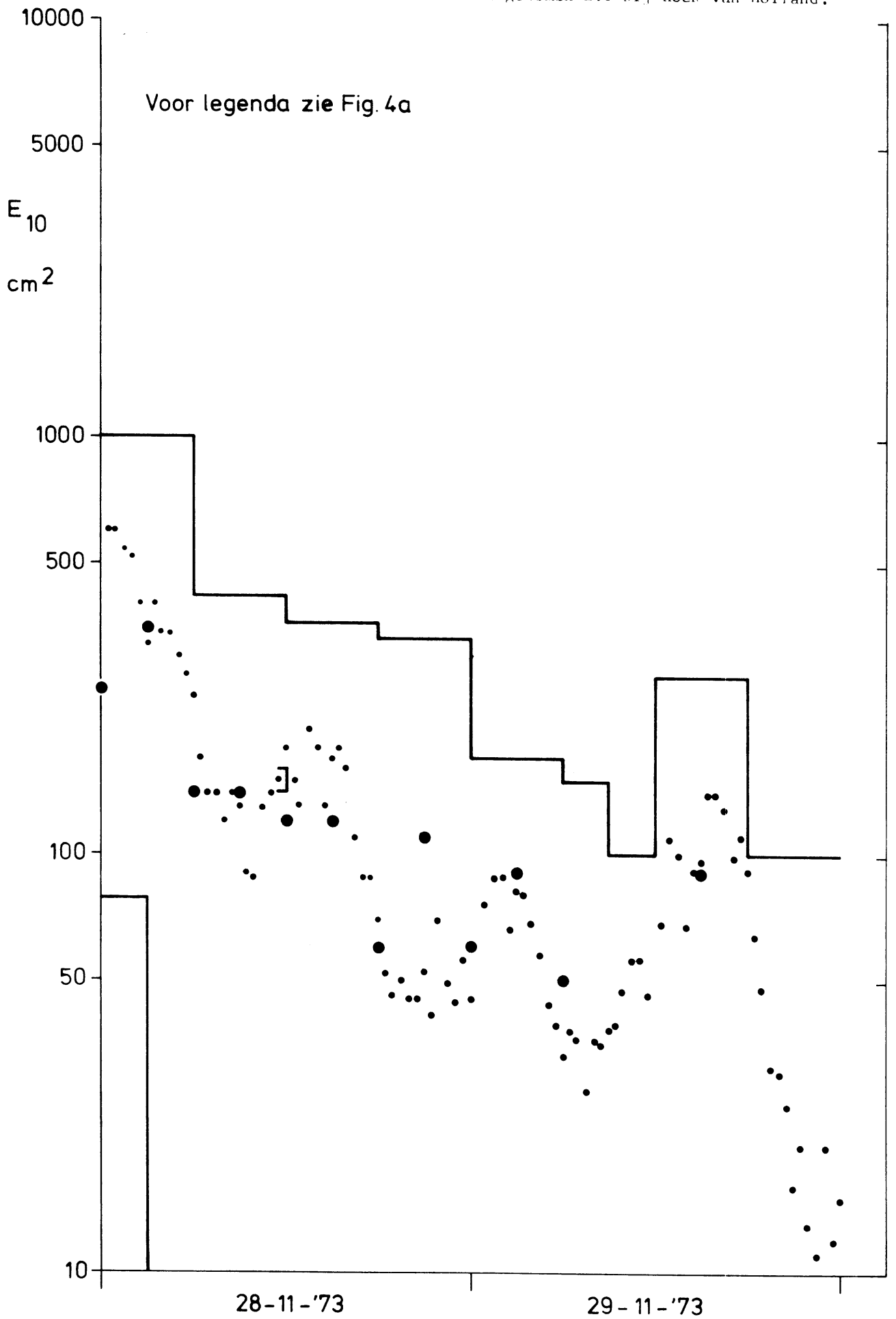
Figuur 4.g Verwachte en waargenomen E10 bij Hoek van Holland.



Figuur 4.h Verwachte en waargenomen E10 bij Hoek van Holland.



Figuur 4.i Verwachte en waargenomen E10 bij Hoek van Holland.



De hier beschreven methode levert ondanks de hierboven genoemde onnauwkeurigheid meer informatie dan de beperkte methode welke in hoofdstuk 3 werd beschreven. Bovendien kan deze methode door de dienstdoende meteoroloog worden toegepast, zonder dat dit specialistische kennis van golfgroei vereist.

Tot slot nog enige opmerkingen:

1. De in dit hoofdstuk beschreven methode zal eerst nog verder op zijn betrouwbaarheid moeten worden getoetst voor dat hij eventueel operationeel kan worden gebruikt.
2. Het principe dat aan de in dit hoofdstuk beschreven methodiek ten grondslag ligt kan ook worden toegepast op andere golfverwachtingsproblemen, zoals golfperiodeverwachtingen voor booreilanden en verwachtingen van brekerhoogten en brekerdiepte bij de kust, bijv. in verband met het leggen van pijpleidingen.

Referenties.

- Bretschneider, C.L., 1954 "Generation of Wind Waves over a Shallow Bottom", U.S. Army Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Tech.Memorandum no. 51
- Groen, P., en R. Dorrestein, 1958 "Zeegolven", K.N.M.I. Opstellen op Oceanografisch en Maritiem Meteorologisch Gebied, no. 11
- Hasselmann, K., T.P. Barnett, E. Bouws, H. Carlson, D.E. Cartwright, K. Enke, J.A. Ewing, H. Gienapp, D.E. Hasselmann, P. Kruseman, A. Meerburg, P. Müller, D.J. Olbers, K. Richter, W. Sell, H. Walden, 1973 "Measurements of Wind-Wave Growth and Swell Decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)", Ergänzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift, Reihe A(8^o), no. 12
- Longuet-Higgins, M.S., 1969 "On Wave Breaking and the Equilibrium Spectrum of Wind-Generated Waves", Proc.Roy.Soc. A 310, 151
- Pierson, W.J., Jr., and L. Moskowitz, 1964 "A Proposed Spectral Form for Fully Developed Wind Seas based on the Similarity Theory of S.A. Kitaiyordoskii", J.Geophys.Res. 69, 5181
- Sanders, J.W., 1976 in voorbereiding

BIJLAGE

Berekening van de laagfrequentie deiningcomponenten

Deze deining komt voort uit een zeegangveld met significante golfhoogten van 4 m of meer, dat op de Noordzee tussen 53° N en 60° N wordt opgebouwd, of uit een zeegangveld op het noordoostelijke deel van de Noordatlantische Oceaan tussen 60° N en 65° N met significante golfhoogten van 5 m of meer en ten noorden van 65° N met significante golfhoogten van 6 m of meer. Het begintijdstip t_0 en het eindtijdstip t_e zullen van geval tot geval berekend moeten worden.

Bij de berekening wordt als volgt te werk gegaan:

- a. Onderzoek op de golfkaart of er op de Noordzee zeegangvelden met significante golfhoogten van 4 m of meer aanwezig zijn, waarvan de richting zodanig is, dat de deining Hoek van Holland kan bereiken. Hierbij moet met een spreiding van 30° om de hoofdrichting rekening worden gehouden. (Zie echter de uitzondering onder punt f.).

- b. Bepaal de kleinste afstand a van Hoek van Holland tot de 4 m-contour in zeemijlen. Indien een gedeelte van het golfveld een niet-bijdragende richting heeft, wordt alleen het gedeelte met richtingen die wél bijdragen, beschouwd. Het punt vanwaaruit de afstand a wordt gemeten, kan dan binnen de 4 m-contour komen te liggen.

Zoek vervolgens in tabel 1 de bij de 4 m behorende periodenband en de bijbehorende factor b . De looptijd van de betreffende periodenband $T = a/60 \times b$ uur.

Het begintijdstip t_0 van de deining met deze periodenband wordt verkregen door T op te tellen bij het tijdstip waarvoor de golfkaart geldt.

Is het golfveld reeds enige uren vóór dat tijdstip aanwezig, dan dient t_0 evenredig te worden vervroegd.

Het eindtijdstip t_e van de deining met de betreffende periodenband wordt analoog aan t_0 uitgerekend, met dien verstande dat nu de grootste afstand tussen Hoek van Holland en de 4 m-contourlijn wordt beschouwd, rekening houdende met de bijdragende richting.

Als noordgrens van de 4 meter wordt maximaal aangehouden 60° N.

Wordt verwacht dat het beschouwde golfveld zich zal handhaven ofwel verder zal opbouwen, dan dient het eindtijdstip t_e evenredig te worden verlengd.

- c. Alle gevonden tijdstippen worden tot op gehele uren afgerond en op het verwachtingsformulier genoteerd.
- d. Vervolgens wordt de gehele procedure voor de 5 m-contourlijn en hogere herhaald, met inachtneming van de bijbehorende periodenbanden en b -factoren. Hierbij dienen nu ook de golfvelden op het noordoostelijke deel van de Noordatlantische Oceaan in beschouwing te worden genomen. Als noordgrens van de 5 meter wordt maximaal aangehouden 65° N.

- e. Op het formulier wordt aangegeven, welke gebied(en) fungeren als brongebied voor de deining en welke golfhoogte en golf-richting in het brongebied is.
- f. In afwijking van het onder a. gestelde dient in de zuidelijke Duitse Bocht ook rekening te worden gehouden met golfvelden tussen NNO en O, welke vanuit Hoek van Holland niet "zichtbaar" zijn. De deining uit deze velden kan namelijk rond Texel naar het zuiden afbuigen. De deining uit deze velden dient op de normale manier te worden berekend, indien de golfhoogte 5 meter of meer bedraagt. Bij het berekenen van de looptijd behoort uiteraard met de afstand rond Texel rekening te worden gehouden.

Tabel 1

golfhoogte (meters)	periodenband (sekonden)	b-faktor (uren per 60 zeemijl)
4	10 - 12	3,5
5	12 - 14	3,0
6	14 - 15	2,7
7	15 - 17	2,4
8	17 - 19	2,1
9	19 - 21	1,8
≥ 10	≥ 22	1,5