

**dienst weg- en waterbouwkunde**

Nota nr. WBA-N-88.013

Deterministische randvoorwaarden

Afsluitdijk

project nr. C.86.09/03

Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Hoofdafdeling Waterbouw

Afdeling Advies

ir. E.H. Ebbens

J.C.P. Johanson

1 februari 1988

Inhoud

	<u>blz.</u>
1. Inleiding	1
2. Berekeningen volgens Bretschneider 1973	1
3. Berekeningen, uitgevoerd door de DGW	2
4. Randvoorwaarden bij maatgevende omstandigheden volgens het Delta-rapport	2
5. Invloed variatie van de waterstand	4
6. Literatuur	5
7. Naschrift augustus 1988	6

## Bijlagen.

	formaat/tek.nr.
1. Situatie Afsluitdijk en locatie waar golven zijn berekend	A4/88.073
2. Vakverdeling, aangehouden voor DWW-berekeningen	A4
3. Resultaten DWW-berekeningen	A4
4. Resultaten DGW-berekeningen	A4
5. Verband tussen de waterstand en de significante golfhoogte	A4/88.077
6. Overzicht basisgegevens t.b.v. bijlage 3	A4

## 1. Inleiding

Ten behoeve van het ontwikkelen van alternatieven voor de versterking van de Afsluitdijk, zijn diverse berekeningen uitgevoerd naar de golf-randvoorwaarden.

In deze notitie worden de door DWW (Bretschneider 1973 [1]) en de door DGW met meer geavanceerde modellen (Hiswa, Endec [2]) uitgevoerde berekeningen vergeleken.

Op grond van deze vergelijking wordt een keuze gemaakt voor de (deterministische) randvoorwaarden die van toepassing zijn op de maatgevende omstandigheden volgens het Delta-rapport.

Tenslotte zijn op basis van de aldus afgeleide randvoorwaarden voor een lagere en een hogere waterstand eveneens de golfparameters bepaald.

## 2. Berekeningen volgens Bretschneider 1973.

Voor drie lokaties (bijlage 1) langs de Afsluitdijk zijn berekeningen uitgevoerd voor drie windsnelheden en voor een waterstand van NAP +5,3 m.

De gebruikte bodemschematisatie is aangegeven op bijlage 2.

De resultaten staan in de tabel op bijlage 3 en 6.

Omdat de berekening volgens de inzichten van o.a. DGW minder betrouwbaar is voor wat betreft de golfperiode zijn in de tabel ook de uit de golfhoogte afgeleide perioden aangegeven.

Daarvoor zijn verschillende waarden gehanteerd.

Allereerst is een steilheid  $H_g/1,56 T_z^2 = 0,046$  aangehouden zoals afgeleid uit de vroeger bepaalde randvoorwaarden van de voormalige Adviesdienst Hoorn [3] (kolom 6 in de tabel van bijlage 3).

Daarnaast is een steilheid  $H_g/1,56 T_z^2 = 0,07$  aangehouden als een waarde die uit de berekeningen van DGW als gemiddelde kan worden afgeleid.

Uit metingen, verricht langs de Afsluitdijk nabij km 14 blijkt een steilheid van ca. 0,065 gemiddeld met een vrij grote spreiding. Volgens DGW is dit geringe verschil met de aangehouden waarde van 0,07 verklaarbaar uit het feit dat de berekeningen betrekking hebben op meer extreme omstandigheden. Overigens zijn ook in het mondingsgebied voor de Oosterscheldekering vergelijkbare waarden gevonden [4].

Om de consequenties van de verschillende aannames duidelijk te maken zijn ook de overslagdebieten aangegeven (voor een kruinhoogte van 7,5 m). De volgende relatie tussen de verschillende parameters voor de golfperiode is aangehouden conform de inzichten van DGW:

$$T_z = 0,81 T_b$$

Hierbij is  $T_b$  de golfperiode van de Bretschneiderberekening en  $T_z$  de gemiddelde periode die ingevoerd moet worden in de overslagberekeningen.

### 3. Berekeningen, uitgevoerd door de DGW.

Over de berekeningen van de DGW met de modellen Hiswa en Endec is apart gerapporteerd [2]. Resultaten van deze Endec-berekeningen zijn weergegeven op de tabel van bijlage 4.

De berekeningen zijn in twee stappen uitgevoerd.

Tot dicht bij de dijk is het model Hiswa gebruikt. Voor het laatste stuk van de vooroever tot de teen van de dijk is met het model Endec gewerkt.

### 4. Randvoorwaarden bij maatgevende omstandigheden volgens het Delta-rapport.

Voorheen zijn er door de voormalige Adviesdienst Hoorn golfrandvoorwaarden afgeleid voor maatgevende omstandigheden [3].

Omdat er sindsdien meer kennis over golfgroei beschikbaar is gekomen en de golfrandvoorwaarde nogal essentieel is bij het toelaten van meer overslag dan gebruikelijk, zoals bij de meeste versterkingsvarianten het geval is, is besloten om nieuwe berekeningen uit te voeren.

Bovendien was er behoefte aan inzicht in de variatie langs de dijk. De vroeger afgeleide randvoorwaarde [3] betrof één set van waarden voor golfhoogte en -periode die maatgevend geacht werden voor de hele dijk. Verder was het wenselijk om voor de uit te voeren deterministische en probabilistische berekeningen over een toets voor de gebruikte rekenmethode te kunnen beschikken.

Hiermee moesten ook vragen ten aanzien van eventuele indringing van golfenergie met lange periode van de Noordzee en de vorm van het spectrum beantwoord worden.

Uit de uitgevoerde berekeningen is uiteindelijk de aan te houden deterministische randvoorwaarde voor ontwerpomstandigheden afgeleid.

Hierbij is als maatgevende windsnelheid 33 m/s aangehouden in plaats van 35 m/s zoals voorheen.

De overweging hierbij is dat de waarde van 35 m/s geldt voor een waterstand van NAP +5,9 m met een overschrijdingsfrequentie van  $10^{-4}$ .

Met de aanname dat de windopzet evenredig is met het kwadraat van de windsnelheid en een gemiddeld astronomisch hoog water van 0,8 m, kan afgeleid worden dat voor de ontwerpwaterstand van 5,3 m een windsnelheid van 33 m/s hoort.

Op basis van de bodemconfiguratie van de Waddenzee en het feit dat de windrichtingen tussen  $290^\circ$  en  $330^\circ$  domineren bij extreme hoogwaterstanden is een gewogen gemiddelde van de golfhoogten tussen  $290^\circ$  en  $330^\circ$  als maatgevend aangehouden (zie bijlage 6).

Verder is de golfsteilheid  $H_s/1,56.T_z^2$  aangehouden op 0,07 op basis van de uitkomsten van de berekeningen van DGW (zie ook hfd.st.2).

De aldus afgeleide maatgevende golfparameters zijn aangegeven in bijlage 3 en in de volgende tabel:

Locatie	Km	$H_s$ [m]	$T_z$ [s]	Q [m <sup>3</sup> /m.s]
Vlieter	7	2,17	4,46	0,014
Breezanddijk	14	2,30	4,59	0,020
Noordzijde	24	2,05	4,33	0,010

De vroeger afgeleide randvoorwaarde [3] was:

$$H_s = 2,25 \text{ m} \quad T_z = 5,6 \text{ s}$$

Volgens de DGW is de modelnauwkeurigheid van deze resultaten als volgt te karakteriseren:

$$H_s : \frac{\sigma}{\mu} = 10\%$$
$$T_z : \frac{\sigma}{\mu} = 20\%$$

De nauwkeurigheid inclusief het effect van de variatie in windsnelheid wordt als volgt ingeschat:

$$H_s : \frac{\sigma}{\mu} = 15\%$$
$$T_z : \frac{\sigma}{\mu} = 20\%$$

5. Invloed variatie van de waterstand.

De hoeveelheid golfoverslag speelt een belangrijke rol bij de dimensionering van de versterkingsvarianten.

Omdat de hoeveelheid overslag gevoelig is voor waterstand, golfhoogte en -periode, is nagegaan in welke mate deze randvoorwaarden variëren. Uitgegaan is van de eerder afgeleide randvoorwaarden bij ontwerpwaterstand volgens het Delta-rapport.

Aangenomen is dat de windopzet evenredig is met het kwadraat van de windsnelheid. Uit de bij de gewijzigde waterstand afgeleide windsnelheid is vervolgens de golfhoogte en -periode bepaald (bijlage 6).

De uitkomsten voor wind en waterstand zijn aangegeven in onderstaande tabel.

Windsnelheid [m/s]	Opzet [m]	Astr. getij [m]	Waterstand [m]
30	3,75	0,8	4,55
32,88	4,50	0,8	5,30
35	5,10	0,8	5,90

De maatgevende golfhoogten per locatie zijn weer als gewogen gemiddelde uit de verschillende richtingen bepaald en samengevat op bijlage 3.

Uit deze gegevens kunnen lineaire verbanden tussen waterstand  $h$  en golfhoogte  $H_s$  worden afgeleid (bijlage 5). Deze luiden:

$$\text{km 7} \quad H_s = 0,311h + 0,515$$

$$\text{km 14} \quad H_s = 0,311h + 0,645$$

$$\text{km 24} \quad H_s = 0,311h + 0,395$$

Verder geldt op basis van de steilheid  $H_s / 1,56T_z^2 = 0,07$  :  $T_z = 3,03 \sqrt{H_s}$

Op deze wijze kan de invloed van de variatie van de randvoorwaarden op de golfoverslag in onderlinge samenhang worden onderzocht.

Hierover zal eventueel apart worden gerapporteerd.

6. Literatuur.

- [1] Shore Protection Manual  
Volume I  
U.S. Army Coastal Engineering Research Center 1973
- [2] Nota GWWS-88.008  
Golfrandvoorwaarden Afsluitdijk  
Dienst Getijdewateren.
- [3] ir. J.H. de Reus  
Randvoorwaarden versterking Afsluitdijk aan Deltaveiligheid R.W.S.,  
Dir. Waterhuishouding en Waterbeweging, Adviesdienst Hoorn.  
Notitie WWKZ-84.H 230, aug. 1984.
- [4] Randvoorwaarden caissondam Oosterschelde  
Deelnota 2  
R.W.S., Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling.  
Nota W- 75.044.



## 7. Naschrift augustus 1988

Volgens de met de DGW gemaakte afspraken is bij het schrijven van deze nota gewerkt met de in 1987 door de DGW verstrekte gegevens.

De nota van de DGW, waarin de resultaten van een aantal gevraagde berekeningen zouden worden vastgelegd, zou naderhand worden toegezonden.

Vanwege de noodzakelijke voortgang van het project kon niet op afronding van deze nota worden gewacht.

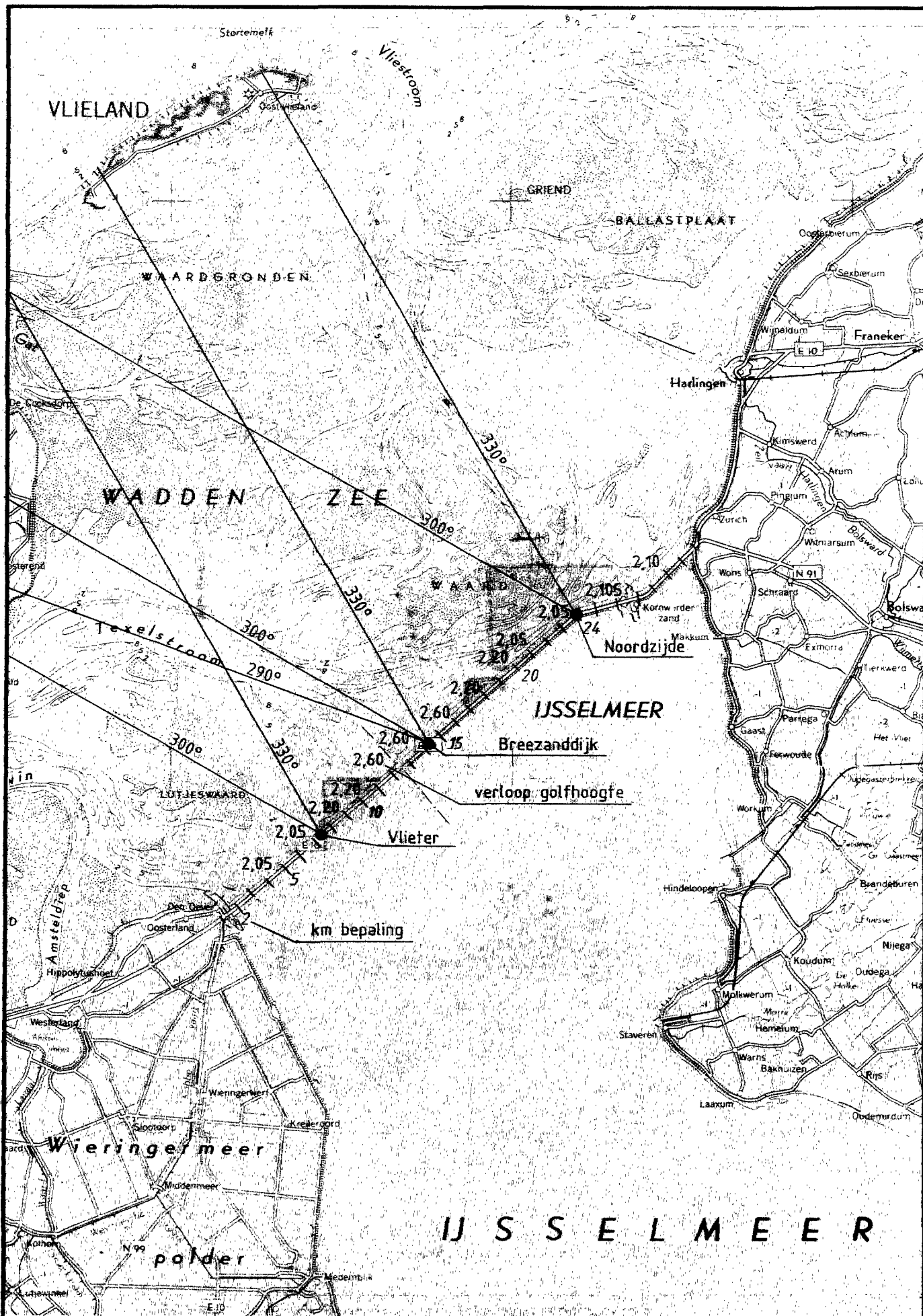
Bij brief WS/884412 van 11 augustus 1988 is de nota [2] uiteindelijk van de DGW ontvangen.


Zowel in de nota als in de begeleidende brief bleek de DGW een golfhoogte van 2,6 m en een piekperiode van 5,3 s te adviseren als aan te houden randvoorwaarde voor het ontwerp.

Doordat de uitgangspunten, die de DGW hierbij gehanteerd heeft afwijken van die zijn afgesproken binnen de werkgroep Dwarsprofiel Afsluitdijk en zijn aangegeven in hfdst. 4, komen de geadviseerde golfrandvoorwaarden van DGW niet overeen met de door de werkgroep aangehouden waarden (zoals weergegeven in deze nota).

Bij de afleiding van de door de werkgroep aangehouden waarden is uitgegaan van de eind 1987 door de DGW verstrekte rekenresultaten alsmede de gegeven toelichting daarbij.

De resultaten van de berekeningen van de DGW zijn overigens in overeenstemming met de in deze nota aangegeven, door de werkgroep aangehouden, golf randvoorwaarden en vormen hier mede de onderbouwing van.



Situatie lokaties				bijlage 1			
				schaal 1:250000			
	rijkswaterstaat DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE hoofdafdeling waterbouw			gef.	gew.	gez.	formaat
				MB			A4
				werknr. 28509.03 tek. nr. 88.073			

VAKVERDELING, AANGEHOUDEN VOOR DWW-BEREKENINGEN.
--

## Lokatie Vlieter

km 7

vak	300°		330°	
	strijklengte	waterdiepte	strijklengte	waterdiepte
1	4,40 km	11,2 m	18,50 km	1,0 m
2	6,25	1,2	5,00	13,0
3	3,75	0,4	1,75	1,3
4	4,25	3,1	6,25	3,3
totale strijkl.	18,6		31,5	

## Lokatie Breezanddijk

km 14

vak	290°		300°		330°	
	strijklengte	waterdiepte	strijklengte	waterdiepte	strijklengte	waterdiepte
1	2,6 km	4,1 m	9,75 km	1,3 m	13,75 km	0,2 m
2	11,5	13,0	4,0	5,1	10,25	1,3
3	3,0	6,0	1,75	2,1	5,5	4,3
4	4,0	3,5	2,0	12,0	-	-
5	-	-	5,0	5,2	-	-
totale strijkl.	21,1		22,5		29,5	

## Lokatie Noordzee

km 24

vak	300°		330°	
	strijklengte	waterdiepte	strijklengte	waterdiepte
1	25,0 km	0,4 m	9,0 km	1,1 m
2	6,9	1,2	2,1	6,1
3	1,9	6,0	8,25	1,2
4	-	-	5,25	3,1
5	-	-	3,5	0,6
6	-	-	2,0	5,1
totale strijkl.	33,8		30,1	

waterdiepten t.o.v. NAP

RESULTATEN DWW-BEREKENINGEN M.B.V. BRETSCHNEIDER:  
GOLFHOOGTEN, PERIODES EN OVERSLAGDEBIETEN.

Lokatie	windsnel- heid [m/s]	Bretschn.		$T_z/T_b=0,81$	H/L= 0,046	H/L= 0,07	overslagdebieten [l/m.s]		
		$H_s$ [m]	$T_b$ [s]	$T_z$ [s]	$T_z$ [s]	$T_z$ [s]	$T_z$ uit Bretschn.	$T_z$ uit H/L= 0,046	$T_z$ uit H/L= 0,07
Vlieter km 7	30	2,02	5,49	4,46	5,31	4,30	11	30	9
	33	2,17	5,76	4,69	5,50	4,46	19	44	14
	35	2,27	5,95	4,84	5,62	4,56	26	56	19
Breezand- dijk km 14	30	2,14	5,45	4,43	5,46	4,43	13	41	13
	33	2,30	5,67	4,60	5,66	4,59	21	60	20
	35	2,41	5,83	4,74	5,80	4,70	28	77	27
Noord- zijde km 24	30	1,92	5,01	4,07	5,17	4,19	5	22	6
	33	2,05	5,14	4,18	5,34	4,33	8	32	10
	35	2,13	5,22	4,24	5,45	4,42	10	40	13

Aannamen: waterstand : NAP +5.3 m  
kruinhoogte: NAP +7,5 m

De golfhoogten die zijn weergegeven, zijn gewogen gemiddelden  
van de golven die met de vakverdelingen van bijlage 2 zijn bepaald.

RESULTATEN DGW-BEREKENINGEN:  
OVERZICHT ENDEC-BEREKENINGEN.

Lokatie	windsnel- heid [m/s]	Endec		$T_z$ ( $T_z/T_b = 0,85$ ) [s]	overslagdebiet [1/m.s]
		$H_s$ [m]	$T_b$ [s]		
Vlieter km 7	30	2,09	5,1	4,34	11
	33				
	35	2,16	5,2	4,44	14
Breezand- dijk km 14	30	2,38	5,3	4,51	21
	33				
	35	2,55	5,5	4,70	32
Noord- zijde km 24	30				
	33				
	35	2,10	5,1	4,36	11

Aannamen: waterstand : NAP +5,3 m

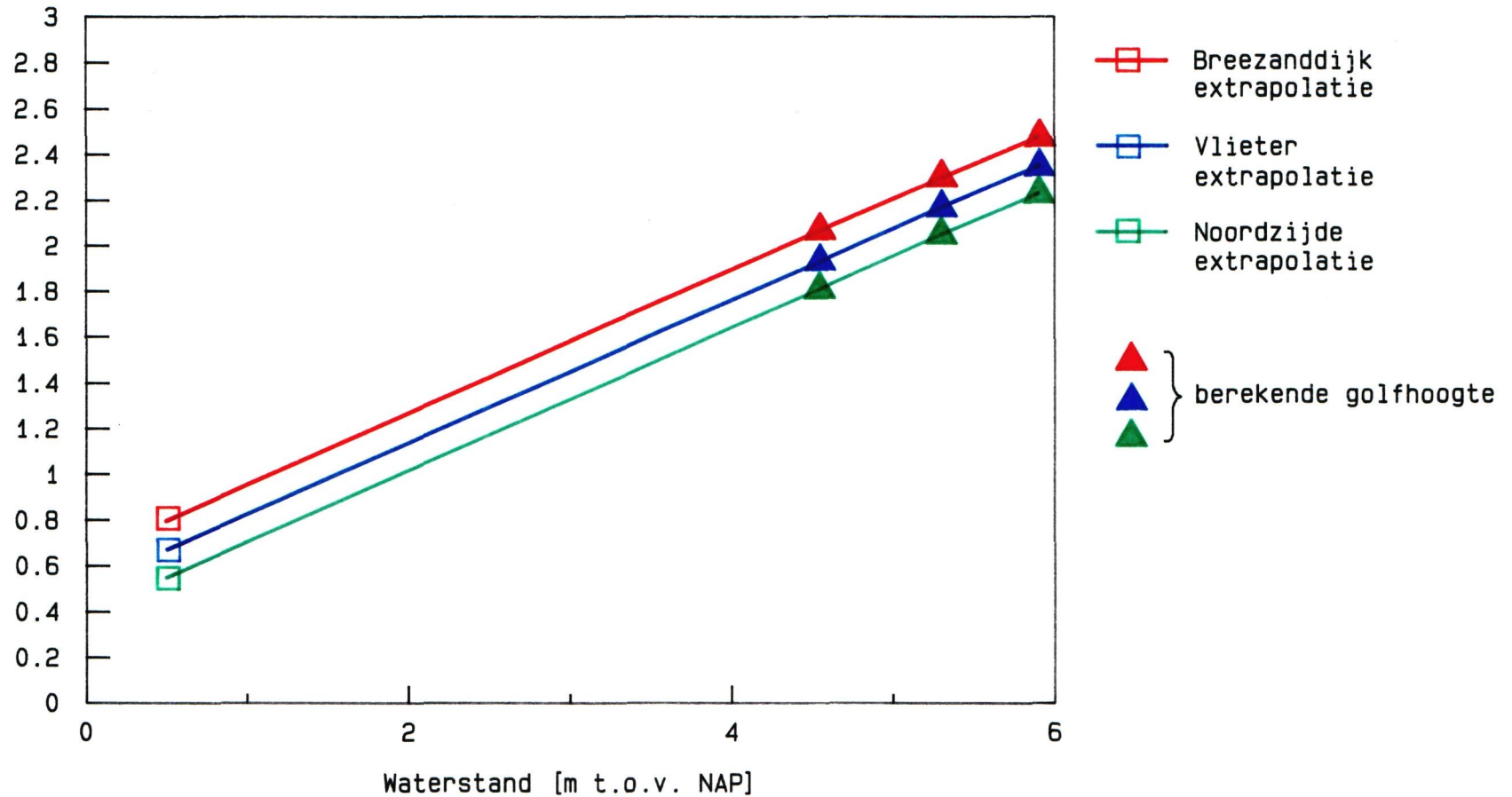
kruinhoogte: NAP +7,5 m

windrichting: 315°

# RELATIE WATERSTAND - GOLFHOOGTE

lokaties: Breezanddijk, Vlieter, Noordzijde

Significante golfhoogte [m]



## OVERZICHT BASISGEGEVENS T.B.V. BIJLAGE 3.

Lokatie	windsnel- heid [m/s]	windrich- ting [°]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>b</sub> [s]	weeg- factor
Vlieter km 7	30	300	1,85	5,05	0,5
		330	2,18	5,92	0,5
	33	300	1,99	5,25	0,5
		330	2,34	6,27	0,5
	35	300	2,09	5,37	0,5
		330	2,45	6,53	0,5
Breezand- dijk km 14	30	290	2,39	5,90	0,25
		300	2,19	5,53	0,25
		330	1,98	5,19	0,5
	33	290	2,61	6,20	0,25
		300	2,36	5,75	0,25
		330	2,12	5,36	0,5
	35	290	2,76	6,50	0,25
		300	2,47	5,89	0,25
		330	2,21	5,46	0,5
Noord- zijde km 24	30	300	1,87	4,90	0,5
		330	1,97	5,11	0,5
	33	300	1,99	5,02	0,5
		330	2,10	5,25	0,5
	35	300	2,07	5,10	0,5
		330	2,18	5,34	0,5