

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee
adviesdienst hoorn

nota WWKZ-83.H013

Dijkhoogten rond N.I.O.Z.-vestiging

projectcode						
H	8	1	4	6	A	

auteur(s) : R.Idskes

datum : juli 1983

bijlagen : 2

samenvatting : De polder 't Horntje, waarin vestigingen van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee en het Rijksinstituut voor Natuurbeheer zijn gelegen, ligt aan de Waddenzeezijde van de Deltakering van het eiland Texel. Door de directie Noord-Holland zijn vragen gesteld over de veiligheid van de bestaande dijkvakken van deze polder en de toename van de veiligheid bij verhoging van de dijken.

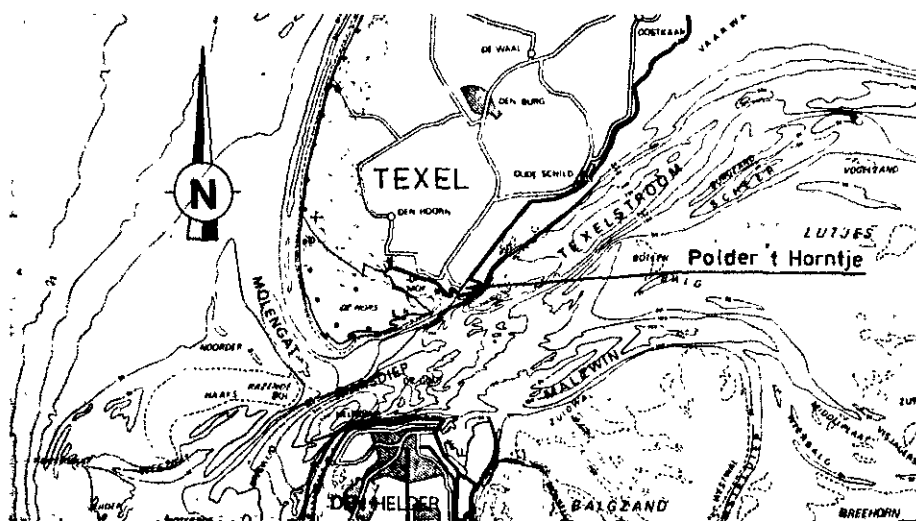
Door middel van de correlatie-berekeningen zijn de kerende hoogten van de drie dijkvakken van de polder 't Horntje bepaald voor de overschrijdingsfrequenties van 1 tot en met 10^{-4} keer per jaar. Tevens zijn veekrand-berekeningen uitgevoerd voor dezelfde overschrijdingsfrequenties.

<u>INHOUD:</u>	blz.
<u>1 Inleiding</u>	3
<u>2 Randvoorwaarden superstormvloed</u>	6
<u>3 Stormvloedstand</u>	8
3.1 Stormvloedstandformule	8
3.2 Windsector $300^{\circ} \pm 10^{\circ}$	8
3.3 Afwijkende windsectoren	9
<u>4 Golven</u>	11
4.1 Oploopformules	11
4.2 Registraties en berekening significante golfhoogte	12
4.3 Vergelijking met vroegere berekeningen	14
4.4 Theoretisch berekende golfhoogten	15
4.5 Golfoploop	15
<u>5 Buistoten en bui-oscillaties</u>	16
<u>6 Dalingen</u>	17
<u>7 Dijkhoogten</u>	18
<u>8 Resultaten onderzoek</u>	20
<u>9 Veekrand</u>	23
Symbolen	27
Literatuur	28
Appendix	30
<u>Lijst van bijlagen</u>	<u>Reg.nr.</u>
1 Huidige hoogten dijkvakken, stormvloedstand en berekende kerende hoogte bij windrichting 300° .	83.489
2 Huidige hoogten dijkvakken, stormvloedstand en berekende veekrand bij windrichting 300° .	83.490

1 Inleiding

De vestigingen van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (N.I.O.Z.) en van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer (R.I.N.) liggen in de polder 't Horntje.

Deze polder (zie figuur 1) ligt buiten de deltakering van Texel, dat wil zeggen dat de verschillende dijkvakken van deze polder een superstorm niet kunnen weerstaan.

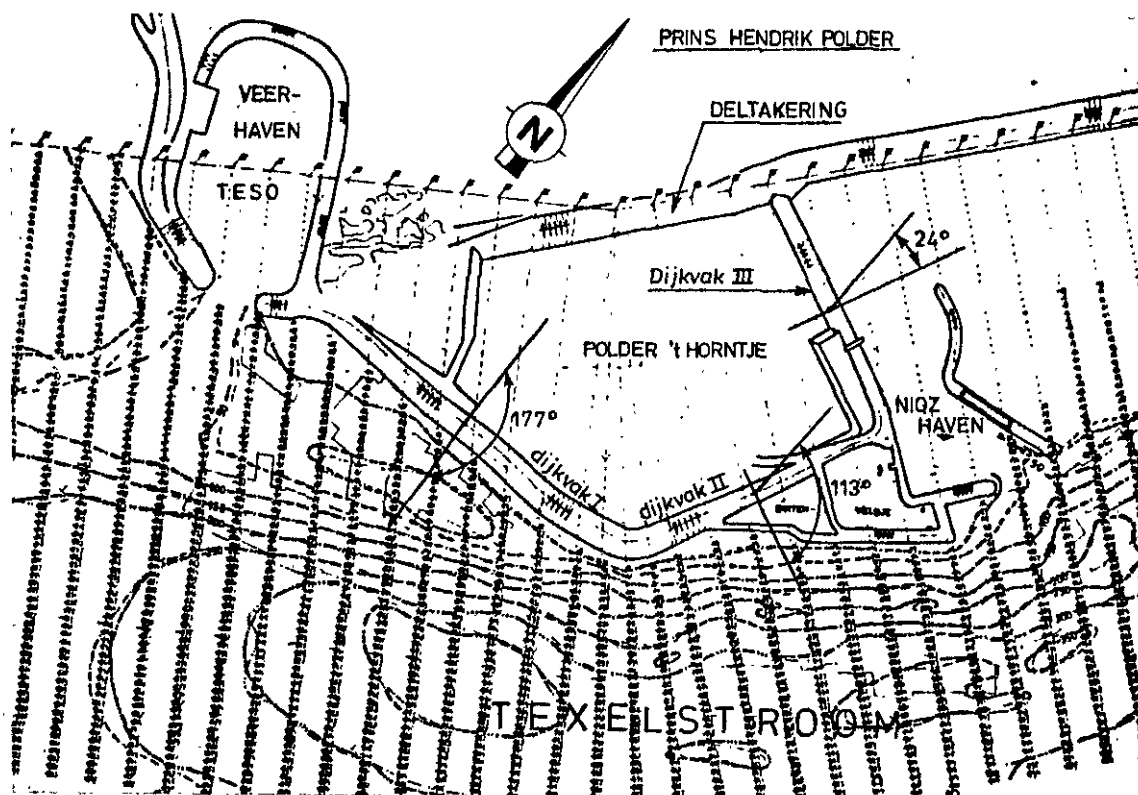


Figuur 1. Situatie van de polder 't Horntje.

In verband met het belang van het N.I.O.Z. en het R.I.N. heeft de directie Noord-Holland de Adviesdienst Hoorn schriftelijk (d.d. 13 november 1981) de volgende vragen gesteld (archiefnr. Hoorn 3019, d.d. 17-11-1981):

- a. Welke hoogte moeten de drie dijkvakken hebben om (welke) gelijke veiligheid te hebben.
- b. Hoe hoog moet ieder dijkvak zijn om die veiligheid te verhogen
 - 1^e: 2 maal
 - 2^e: 4 maal
 - 3^e: 10 maal
- c. Hoe hoog moeten de dijkvakken zijn om een delvastorm te keren?

De polder 't Horntje wordt aan de landzijde begrensd door de deltakering van de Prins Hendrikpolder en aan de Waddenzeezijde door drie dijkvakken (zie figuur 2).



Figuur 2. Gegevens dijkvakken.

De dijkvakken I en II liggen langs de Texelstroom, dijkvak III ligt aan de N.I.O.Z.-haven. De normalen van de dijkvakken I, II en III maken een hoek van respectievelijk 177° , 113° en 24° ten opzichte van het noorden (zie figuur 2).

Voor de bepaling van de dijkhoogte zijn (bij een vastgestelde geometrie van de dijk) de waterstand, de golfhoogte en golfrichting de bepalende randvoorwaarden. De opzet van de waterstand is afhankelijk van de windsnelheid (U) en de windrichting (ϕ). De golfhoogte en golfrichting zijn ook afhankelijk van de windsnelheid en windrichting. Het is in deze situatie echter mogelijk (en waarschijnlijk) dat de maximale opzet van de waterstand bij een andere windrichting optreedt dan de maximale golfhoogte. Een en ander houdt in dat voor een juiste bepaling van de veiligheid van de verschillende dijkvakken per windrichting relaties nodig zijn tussen de windsnelheid en de wateropzet en tussen de windsnelheid-

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee
adviesdienst hoorn

Rijkswaterstaat
directie Waterhuishouding en
Waterbeweging
t.a.v. dhr. M.D. Walzberg
Postbus 20907
2500 EX 's-Gravenhage

uw kenmerk:

hoorn, 02 AUG. 1983

uw brief van:

ons kenmerk: 2039

projectcode

verzonden:

bijlagen: 1

In behandeling bij: mr. M.M. Lieshout
onderwerp: Aanwinstenlijst nota's
en notities t.b.v.
bibliotheek

Heden ~~is~~ zijn ~~bij deze~~ per afzonderlijke post ten behoud ~~te inzage~~ ~~te doorzending~~
~~aan uw adres~~ verzonden,

in verband met ☐ uw schriftelijk/telefonisch/mondeling verzoek d.d. _____

☒ automatische toezending gegevens:

Nota WWKZ-83.H013: Dijkhoogten rond N.I.O.Z.-vestiging

het hoofd van dienst,
namens deze,


(ir. J.H. de Reus)

postbus 601
1620 AR hoorn
grote oost 26
tel. (02290) 1 27 55, telex 37942 rwsah nl

verzoeken bij uw antwoord kenmerk en
datum deze te vermelden en slechts
één zaak in een brief te behandelen

behoort bij: nota

WWKZ nr. 83.H013

datum: juli 1983

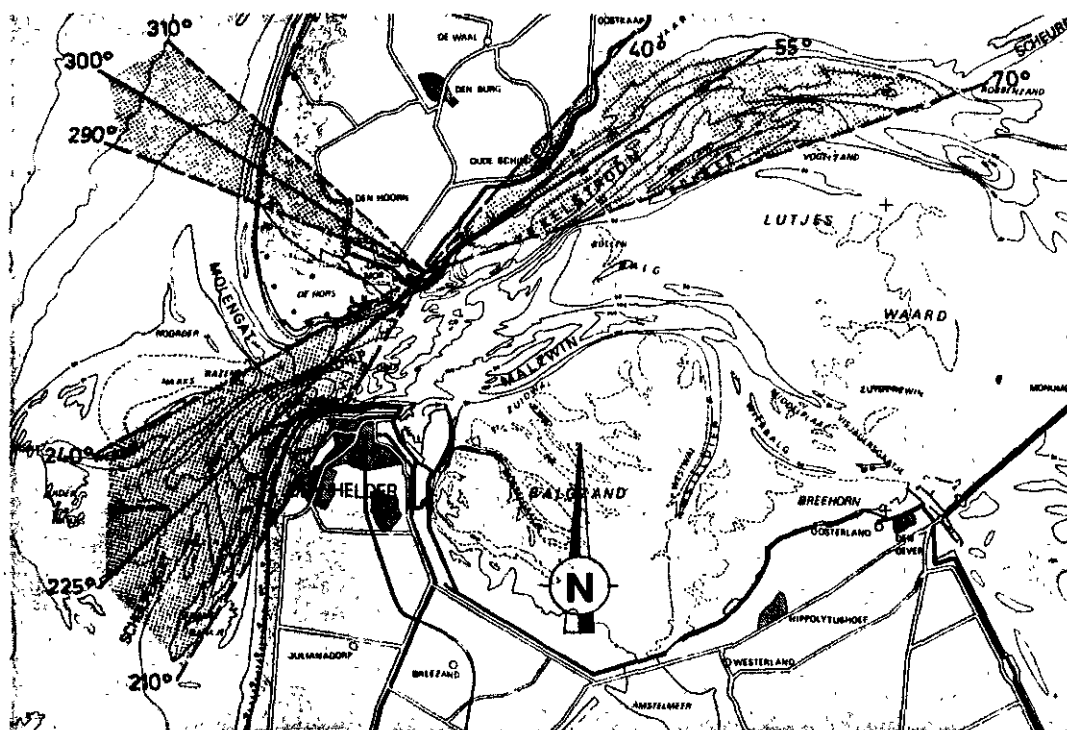
bladnr: 5

heid en golfhoogte. Tevens zal de relatie tussen de windsnelheid uit die richting en de frequentie van optreden bekend moeten zijn. Uit deze relatie is dan per windrichting en per dijkvak een frequentieverdeling te berekenen tot welke hoogte de golfoploop komt. Sommatie over alle windrichtingen geeft de frequentieverdelingen waaruit de veiligheid van de verschillende dijkvakken afgelezen kan worden. Deze relaties zijn echter niet allemaal bekend. Er is met de directie Noord-Holland dan ook afgesproken dat de veiligheid met een minder nauwkeurige methode bepaald zal worden. Deze methode is uitgewerkt in de hoofdstukken 3 en 4.

2 Randvoorwaarden superstormvloed

Onder een superstorm wordt verstaan; een storm met een stormvloedstand welke een overschrijdingsfrequentie van 10^{-4} per jaar heeft, het zogenaamde basispeil (P_b). Voor Oudeschild is het basispeil N.A.P. + 5,20 m [1]. Om het basispeil te bereiken moet, in de omgeving van Den Helder de wind langer dan 5 uur uit de windsector 300° plus of min 10° met een windsnelheid van 35 m/s waaien [2].

Figuur 3 laat zien dat de polder 't Horntje niet direct door een superstorm aan-



Figuur 3. Windrichtingen.

gevallen wordt. Bij wind uit een richting tussen 40° en 240° kan de polder wel direct door golven aangevallen worden. Echter door de ligging van de kop van Noord-Holland, het Balgzand en de Lutjeswaard blijven slechts de sectoren 225° plus of min 15° en 55° plus of min 15° als ongunstige situaties over. Beide sectoren hebben een redelijk lange strijklengte (F) over behoorlijk diep water. Uit deze sectoren kan de grootste rechtstreekse golfaanval verwacht worden, maar zal de waterstand echter lager zijn dan bij een superstorm. Aangezien niet direct

-te-

rijkswaterstaat

behoort bij: nota

WWKZ nr. 83.H013

datum: juli 1983

bladnr: 7

te zien is welke sector maatgevend is, zijn alledrie de sectoren berekend. Eveneens is de windsector $\varphi = 40^\circ$ plus of min 15° en $\varphi = 40^\circ$ plus of min 20° berekend.

3 Stormvloedstand

3.1 Stormvloedstandformule

In [3] is een formule gegeven om de stormvloedstand bij elke willekeurige windsector te berekenen. Deze formule gaat uit van het gemiddeld hoogwater springtij. Het gemiddeld hoogwater springtij in de winterperiode bedraagt voor Oudeschild ca. N.A.P. + 0,84 m. Vervolgens wordt het fluctueren van de windrichting in rekening gebracht door $\Delta \varphi$ met 10^0 te verminderen

$$s.v.s._0 = H.W.G.S. + (s.v.s._s - H.W.G.S.) * \cos (\Delta \varphi - 10^0)$$

waarin:

$s.v.s._0$ = stormvloedstand bij ontwerp windsector φ_0

H.W.G.S. = gemiddeld hoogwater springtij = N.A.P. + 0,84 m

$s.v.s._s$ = stormvloedstand bij superstorm

$\Delta \varphi$ = hoek tussen φ_s en φ_0

φ_0 = ontwerp windsector

φ_s = windsector bij superstorm

opmerkingen:

- indien $(\Delta \varphi - 10^0) < 0$ dan dient $(\Delta \varphi - 10^0)$ gelijk gesteld te worden aan 0^0
- $s.v.s._0$ heeft volgens [3] dezelfde overschrijdingsfrequentie als die van de gebruikte $s.v.s._s$

3.2 Windsector $300^0 \pm 10^0$

De te verwachten stormvloedstand bij de windsector φ_s staat tezamen met de overschrijdingsfrequentie vermeld in [4]. Voor Oudeschild zijn deze gegevens in tabel 1 vermeld:

-Tabel 1-

overschrijdings- frequentie (k) per jaar	s.v.s. bij φ 300° in m boven N.A.P.	
$1.0 * 10^{-4}$	5.20	← basispeil Oudeschild (P_b)
$1.7 * 10^{-4}$	5.05	
$2.6 * 10^{-4}$	4.90	← ontwerppeil Texel (P_o)
$4.4 * 10^{-4}$	4.75	
$7.0 * 10^{-4}$	4.60	
$3.3 * 10^{-3}$	4.10	
$5.0 * 10^{-1}$	2.30	

Tabel 1. Te verwachten s.v.s. bij $\varphi = 300^\circ$.

Aangezien voor Texel een economische reductie (R_e) van 0,30 m op het basispeil geldt [1], bedraagt het ontwerppeil (P_o): N.A.P. + 4,90 m met een bijbehorende overschrijdingsfrequentie van $2.6 * 10^{-4}$ per jaar.

3.3 Afwijkende windsectoren

Bij het bepalen van de te verwachten stormvloedstand bij van 300° afwijkende windsectoren wordt gebruik gemaakt van formule (1). Het gemiddeld hoogwater springtij te Oudeschild is N.A.P. + 0,84 m. Hierdoor ontstaat de volgende tabel.

overschrijdings- frequentie per jaar	s.v.s. in m boven N.A.P. bij			
	$\varphi = 300^\circ$	$\varphi = 225^\circ$	$\varphi = 55^\circ$	$\varphi = 40^\circ$
$1.0 * 10^{-4}$	5.20 (P_b)	2.68	-0.29	0.84
$1.7 * 10^{-4}$	5.05	2.62	-0.25	0.84
$2.6 * 10^{-4}$	4.90 (P_o)	2.56	-0.21	0.84
$4.4 * 10^{-4}$	4.75	2.49	-0.17	0.84
$7.0 * 10^{-4}$	4.60	2.43	-0.13	0.84
$3.3 * 10^{-3}$	4.10	2.22	0.00	0.84
$5.0 * 10^{-1}$	2.30	1.46	0.46	0.84

Tabel 2. Te verwachten s.v.s. bij de windsectoren $\varphi = 300^\circ$, 225° , 55° en 40° .

behoort bij: nota

WWKZ nr. 83.H013

datum: juli 1983

bladnr: 10

- Bij het gebruik van formule (1) dient opgemerkt te worden dat deze uitgaat van wind die constant ($\pm 10^0$) uit de beschouwde sector waait. Het effect van een draaiing van de wind is daar niet in verdisconteerd. Dit houdt in dat na een periode met bijvoorbeeld wind uit noordwestelijke richting en een snelle draaiing naar noordoostelijke richting de waterstand hoger kan zijn dan die in tabel 2 is gegeven voor de noordoostelijke sector.

4 Golven

4.1 Oploopformules

Bij de berekening van de golfoploop tegen een dijk kunnen de volgende soorten golfaanval worden onderscheiden:

- frontale golfaanval (hoek tussen de voortplantingsrichting van de golven en de normaal op de dijk tussen 0° en 45°)
- strijkgolfaanval (hoek tussen de voortplantingsrichting van de golven en de normaal op de dijk tussen 60° en 90°).

Bij frontale golfaanval wordt gebruikt gemaakt van de formule:

$$Z_{2\%} = 8 * f * H_s * \operatorname{tg} \alpha * \left[\cos \beta - \frac{B}{L} \right] \quad (2)$$

waarin:

$Z_{2\%}$ = hoogte van de golfoploop (verticaal gemeten boven de stilwaterstand) die door 2% van het totale aantal golven wordt overschreden

f = ruwheidsfactor van het talud

H_s = significante golfhoogte voor de dijk

α = hellingshoek van het dijktalud

β = hoek tussen de voortplantingsrichting van de golven en de normaal op de dijk

B = breedte van de buitenberm

L = golflengte

geldigheidsgebied:

$$1/8 < \operatorname{tg} \alpha < 1/3 \quad [5]$$

$$0.75 < f < 1.25 \quad [5]$$

$$\beta < 45^{\circ} \text{ à } 50^{\circ} \quad [6]$$

Bij de strijkgolfaanval wordt gebruik gemaakt van de in [7] behandelde strijkgolfhypothese. Deze hypothese komt neer op de volgende formule:

$$Z_{2\%} = 8 * f * H_s * \operatorname{tg} \alpha * 0.5 \quad (3)$$

-geldigheidsgebied-

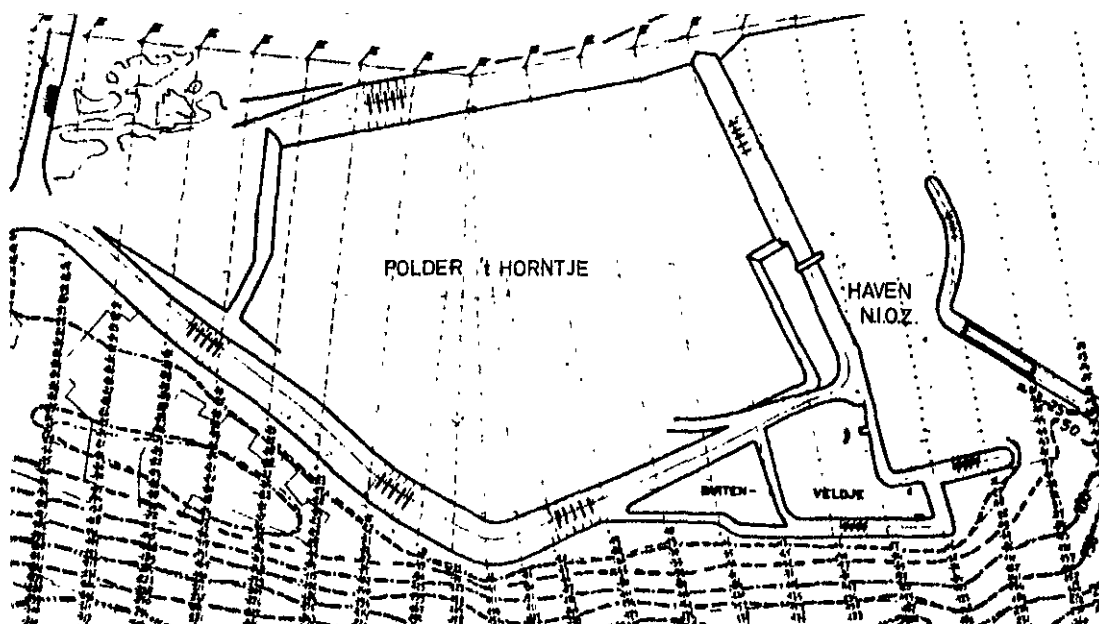
geldigheidsgebied:

$$60^{\circ} < \beta < 90^{\circ}$$

$$\text{tg } \alpha \approx \frac{1}{4}$$

alleen geldig voor de kust van Texel

Bij de berekening van de golfoploop is in alle gevallen het "Buitenveldje" (figuur 4) verwaarloosd. De reden hiervoor is dat dit gebied tijdens een super-



Figuur 4. Situatie "Buitenveldje".

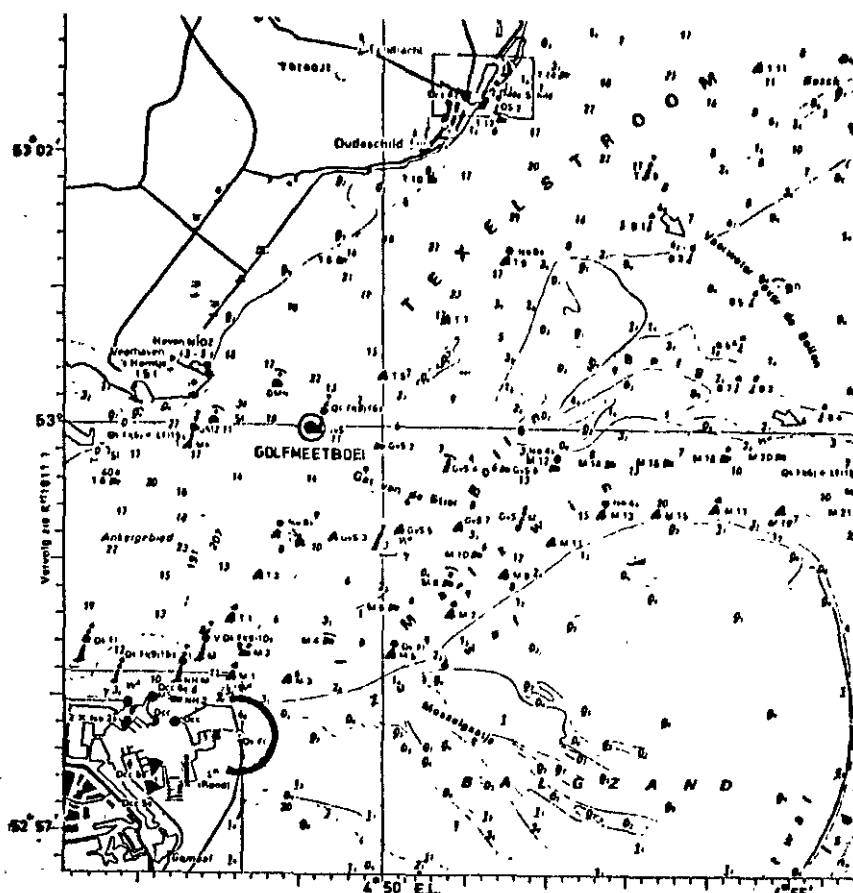
storm niet stabiel genoeg geacht wordt.

Voordat de oploophberekeningen uitgevoerd kunnen worden, dienen de golfhoogten bekend te zijn. Hoe groot de golven bij de verschillende windsectoren zijn wordt in de volgende paragraaf besproken.

4.2 Registraties en berekening significante golfhoogte

In de periode van 11 oktober 1981 tot 8 maart 1982 hebben golfregistraties plaatsgevonden met een golfmeetboei van het type "Waverider" nabij de "Bollen" (figuur 5).

-Figuur 5.-



Figuur 5. Situatie. golfmeetboei.

Deze golfregistraties zijn gebruikt voor de bepaling van de significante golfhoogten uit de verschillende sectoren. Hiertoe zijn voor de verschillende sectoren correlatieberekeningen uitgevoerd tussen de gemeten significante golfhoogten (H_s) en de windsnelheid (U). De resultaten van deze berekeningen zijn in tabel 3 gegeven.

wind-sector (φ)	verband tussen sign. golfhoogte (H_s) en windsnelheid (U)	correlatie coëfficiënt (r)	standaard-afwijking (s)	aantal paren (n)	sign. golfhoogte (H_s) bij een windsnelheid (U) van 35 m/s
$300^\circ \pm 15^\circ$	$H_s = 0.0429 U - 0.0359$	0.899	0.093	79	1.47 m
$225^\circ \pm 15^\circ$	$H_s = 0.0538 U - 0.0865$	0.878	0.116	72	1.80 m
$55^\circ \pm 15^\circ$	$H_s = 0.0426 U + 0.0187$	0.871	0.065	17	1.51 m
$40^\circ \pm 20^\circ$	$H_s = 0.0575 U - 0.0224$	0.906	0.106	19	1.99 m
$40^\circ \pm 15^\circ$	$H_s = 0.0374 U + 0.0406$	0.881	0.061	10	1.35 m

Tabel 3. Resultaten golfhoogtemeting 1981-1982.

4.3 Vergelijking met vroegere berekeningen

Ten behoeve van de dijksverhoging van Texel zijn in het verleden aan de oostkant van het eiland golfwaarnemingen verricht.

Voor dit onderzoek zijn alleen de resultaten van de meetpunten ten zuiden van Oudeschild van belang.

De nota "Over de kruinhoogte van de Waddenzeedijk van Texel" [8] geeft voor Oudeschild (haveningang) bij een windsnelheid van 35 m/s voor een tweetal sectoren de volgende golfhoogten:

- sector $190^{\circ} - 270^{\circ}$: $H_s = 1.50$ m
- sector $270^{\circ} - 360^{\circ}$: $H_s = 1.00$ m.

De nota "Verhoging van de Waddenzeedijk van Texel" [9] geeft in de omgeving van Oudeschild bij windsnelheid van 30 en 35 m/s de volgende golfhoogten:

- sector $260^{\circ} - 300^{\circ}$: $H_s = 1.50$ m ($U = 30$ m/s) en $H_s = 1.60$ m ($U = 35$ m/s)
- sector $300^{\circ} - 340^{\circ}$: $H_s = 1.25$ m ($U = 30$ m/s) en $H_s = 1.40$ m ($U = 35$ m/s).

Het verschil tussen [8] en [9] is dat in [8] de golfhoogten bij de haveningang gemeten zijn terwijl in [9] het meetpunt op een afstand van circa 300 m buiten de dijk lag. Verder zijn de gebruikte windgegevens van verschillende meetposten. Hier wordt niet verder op de verschillen ingegaan, meer informatie is in [9] gegeven.

Wel is het interessant de resultaten van de oude metingen te vergelijken met de resultaten van de recent uitgevoerde metingen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de meetlokaties verschillend zijn. Voor de sector $190^{\circ} - 270^{\circ}$ geeft [8] een golfhoogte van 1.50 m. De recente metingen geven voor de sector $\varphi = 225^{\circ}$ een golfhoogte van 1.80 m. Dat de laatste waarde hoger is, is niet verwonderlijk daar het meetpunt bij de polder 't Horntje bij de sector meer beïnvloed wordt door golfdoordringing door het Zeegat van Texel dan het meetpunt bij Oudeschild. Met behulp van de in [10] gegeven formules (gebaseerd op [11]) is het verschil in golfhoogten tussen de beide meetpunten berekend.

Deze afname is circa 10%, hetgeen minder is dan uit de metingen volgt.

Voor wind uit de noordwest sector is tijdens een windsnelheid van 35 m/s de golfhoogte in de omgeving van Oudeschild circa 1,5 m (haveningang 1 m). Bij de polder 't Horntje is dit circa 1,5 m, hetgeen goed met elkaar overeenkomt. Bij meer noordelijke winden zal de golfhoogte bij Oudeschild eerder hoger zijn dan

-bij-

de polder 't Horntje en bij meer westelijke winden is dit juist andersom.

4.4 Theoretisch berekende golfhoogten

In de literatuur zijn golfgroeigrafieken gegeven. Voor de zuidwestelijke sector ($\varphi \approx 225^\circ$) is golfhoogte aan de zuidwest van de buitendelta van het Zeegat van Texel berekend. De verschillende methoden geven verschillende uitkomsten. De golfhoogten varieert tussen de 6,0 en 7,5 m en de periode tussen 7,5 en 12 s. Met behulp van het computerprogramma CREDIZ is het in principe mogelijk de golfhoogte in de Waddenzee te bepalen. Een bezwaar van dit programma is dat de resultaten langs de randen (vaste land-zee) onnauwkeuriger worden naarmate de afstand tot het zeegat toeneemt. Besloten is dan ook voor dit onderzoek de resultaten van de recent uitgevoerde metingen te gebruiken.

4.5 Golfoploop

De golfoploop is voor de verschillende dijkvakken en verschillende windsectoren berekend met de in paragraaf 4.1 gegeven formules. Voor dijkvak III kan niet worden gerekend met dezelfde H_s als voor de dijkvakken I en II. Door de ligging van dit dijkvak worden de golven sterk beïnvloed door stroming reflectie en diffractie. Een exacte berekening van de golfhoogte bij dit dijkvak is niet mogelijk. Geschat wordt dat bij wind uit de sectoren 225° en 300° van de oorspronkelijke significante golfhoogte 20% overblijft. In de sectoren 40° en 55° wordt de H_s voor dijkvak III bepaald door de waterdiepte voor de dijk. Hier geldt dat de theoretisch maximaal mogelijke significante golfhoogte $0,5 \cdot$ de waterdiepte is. De resultaten van de berekeningen zijn gegeven in tabel 4.

φ °	plus of min °	s.v.s. o. in m t.o.v. N.A.P.	H_s in m	dijkvak I, $\tan \alpha = 1/3,5$		dijkvak II, $\tan \alpha = 1/4$		dijkvak III, $\tan \alpha = 1/3$	
				β_0	$Z_{2\%}$ in m	β_0	$Z_{2\%}$ in m	β_0	$Z_{2\%}$ in m
300	15	+5.20	1.67	0	3.36		1.47	$60^\circ < \beta < 90^\circ$	0.29
225	15	+2.68	1.80	0	4.11		1.80	$60^\circ < \beta < 90^\circ$	0.36
055	15	-0.29	1.51	$60^\circ < \beta < 90^\circ$	1.73	0	1.51	0	0.67
040	20	+0.84	1.99	$60^\circ < \beta < 90^\circ$	2.27		1.99	0	2.13
040	15	+0.84	1.35	$60^\circ < \beta < 90^\circ$	1.54		1.35	0	2.13

Tabel 4. Golfoploophoogten voor de verschillende dijkvakken bij verschillende windrichtingen en windnelheid 35 m/s.

Opmerking: Voor de windsector 40° zal alleen doorgerekend worden met plus of min 20° .

5 Buistoten en bui-oscillaties

Voor buistoten en bui-oscillaties dienen overeenkomstig [4] de volgende toeslagen in rekening gebracht te worden.

dijk- vak	windsector			
	$\varphi = 300^{\circ}$	$\varphi = 225^{\circ}$	$\varphi = 55^{\circ}$	$\varphi = 40^{\circ}$
I	0.00 m	0.00 m	0.05 m	0.05 m
II	0.05 m	0.05 m	0.05 m	0.05 m
III	0.10 m	0.10 m	0.15 m	0.10 m

Tabel 5. Toeslagen buistoten en bui-oscillaties.

behoort bij: nota

WWKZ nr. 83.H013

datum: juli 1983

bladnr: 17

• 6 Dalingen

Relatieve bodemdaling (= relatieve zeespiegelrijzing).

Volgens [2] bedraagt de relatieve bodemdaling ongeveer 0,20 m per 100 jaar. Gewoonlijk wordt een periode van 50 jaar in rekening gebracht, dus 0,10 m.

Kruindaling

Deze daling valt buiten het bestek van deze nota.

Klink

De berekening van de klink tijdens de aanleg valt eveneens buiten het bestek van deze nota.

• 7 Dijkhoogten

Volgens de deltacommissie wordt de kerende hoogte van een dijk bepaald uit de som van het ontwerppeil plus de golfoploophoogte ($Z_{2\%}$) plus een toeslag voor buistoten en bui-oscillaties (afhankelijk van de golfoploophoogte) plus de relatieve bodemdaling plus kruindaling en klink. De laatste twee vallen zoals reeds in hoofdstuk 6 genoemd is buiten het bestek van deze nota. De golfoploop plus de toeslag voor buistoten en bui-oscillaties vormen tezamen de minimum waakhoogte. Deze minimum waakhoogte dient gelijk of groter te zijn dan 0,5 m [1], [4]. Voor de relatieve bodemdaling (zeespiegelrijzing) is 0,10 m in rekening gebracht. Voor de windrichtingen $\varphi = 300^\circ$, 225° , 55° en 40° zijn voor een aantal waterstanden de kerende hoogten van de drie dijkvakken berekend. De resultaten van de berekening zijn in tabel 6 gegeven.

In de literatuur komen we naast kerende hoogte, de begrippen dijktafelhoogte, blijvende hoogte, waakhoogte, etc. tegen. Wat onder deze hoogten verstaan wordt, wordt in appendix A behandeld.

dijkvak	overachrijdingsfrequentie per jaar	windsector											
		$\varphi = 300^{\circ}$			$\varphi = 225^{\circ}$			$\varphi = 55^{\circ}$			$\varphi = 40^{\circ}$		
		s.v.s. t.o.v. N.A.P. (m)	minimum waakhoogte (m)	kerende hoogte t.o.v. N.A.P. (*) (m)	s.v.s. t.o.v. N.A.P. (m)	minimum waakhoogte (m)	kerende hoogte t.o.v. N.A.P. (*) (m)	s.v.s. t.o.v. N.A.P. (m)	minimum waakhoogte (m)	kerende hoogte t.o.v. N.A.P. (*) (m)	s.v.s. t.o.v. N.A.P. (m)	minimum waakhoogte (m)	kerende hoogte t.o.v. N.A.P. (*) (m)
I	$1.0 \cdot 10^{-4}$	5.20	3.36	8.66	2.68	4.11	6.89	-0.29	1.78	1.59	0.84	2.32	3.26
	$1.7 \cdot 10^{-4}$	5.05		8.51	2.62		6.83	-0.25		1.63	0.84		3.26
	$2.6 \cdot 10^{-4}$	4.90		8.36	2.56		6.77	-0.21		1.67	0.84		3.26
	$4.4 \cdot 10^{-4}$	4.75		8.21	2.49		6.70	-0.17		1.71	0.84		3.26
	$7.0 \cdot 10^{-4}$	4.60		8.06	2.43		6.64	-0.13		1.75	0.84		3.26
	$3.3 \cdot 10^{-3}$	4.10		7.56	2.22		6.43	0.00		1.88	0.84		3.26
	$5.0 \cdot 10^{-1}$	2.30		5.76	1.46		5.67	0.46		2.34	0.84		3.26
II	$1.0 \cdot 10^{-4}$	5.20	1.52	6.82	2.68	1.85	4.63	-0.29	1.56	1.37	0.84	2.04	2.98
	$1.7 \cdot 10^{-4}$	5.05		6.67	2.62		4.57	-0.25		1.41	0.84		2.98
	$2.6 \cdot 10^{-4}$	4.90		6.52	2.56		4.51	-0.21		1.45	0.84		2.98
	$4.4 \cdot 10^{-4}$	4.75		6.37	2.49		4.44	-0.17		1.49	0.84		2.98
	$7.0 \cdot 10^{-4}$	4.60		6.22	2.43		4.38	-0.13		1.53	0.84		2.98
	$3.3 \cdot 10^{-3}$	4.10		5.72	2.22		4.17	0.00		1.66	0.84		2.98
	$5.0 \cdot 10^{-1}$	2.30		3.92	1.46		3.41	0.46		2.12	0.84		2.98
III	$1.0 \cdot 10^{-4}$	5.20	0.50	5.80	2.68	0.50	3.28	-0.29	0.82	0.63	0.84	2.23	3.17
	$1.7 \cdot 10^{-4}$	5.05		5.65	2.62		3.22	-0.25		0.67	0.84		3.17
	$2.6 \cdot 10^{-4}$	4.90		5.50	2.56		3.16	-0.21		0.71	0.84		3.17
	$4.4 \cdot 10^{-4}$	4.75		5.35	2.49		3.09	-0.17		0.75	0.84		3.17
	$7.0 \cdot 10^{-4}$	4.60		5.20	2.43		3.03	-0.13		0.79	0.84		3.17
	$3.3 \cdot 10^{-3}$	4.10		4.70	2.22		2.82	0.00		0.92	0.84		3.17
	$5.0 \cdot 10^{-1}$	2.30		2.90	1.46		2.06	0.46		1.38	0.84		3.17

Tabel 6. Berekende kerende hoogten.

*)inclusief 0,1 m relatieve zeespiegelrijzing

8 Resultaten onderzoek

Uit de berekeningen volgt dat voor alle dijkvakken de windsector 300° maatgevend is. In bijlage 1 zijn voor deze windsector voor alle drie de dijkvakken de stormvloedstand en de kerende hoogten uitgezet tegen de overschrijdingsfrequentie per jaar. Van deze bijlage zijn nu vervolgens alle antwoorden op de gestelde vragen af te lezen.

Vraag A

Welke hoogte moeten de drie dijkvakken hebben om (welke) gelijke veiligheid te hebben?

Antwoord A

Het antwoord is af te lezen uit bijlage 1. Hierin is te zien dat dijkvak II het meest veilige dijkvak is. Dit dijkvak is bestand tegen stormen met een overschrijdingsfrequentie $2.8 \cdot 10^{-3}$ per jaar en een bijbehorende stormvloedstand van N.A.P. + 4,15 m.

Om de beide andere dijkvakken een gelijke veiligheid te geven zal dijkvak I met 1,40 m verhoogd moeten worden tot N.A.P. + 7,60 m. Dijk III zal met 0,30 m verhoogd moeten worden tot N.A.P. + 4,75 m.

Het antwoord is samengevat in tabel 7.

Dijkvak	Kerende hoogte in m t.o.v. N.A.P.	Veilig tegen stormen met overschrijdings- frequentie	Stormvloedstand in m t.o.v. N.A.P.
I	7,60	$2.8 \cdot 10^{-3}$	+4.15
II	5,75	$2.8 \cdot 10^{-3}$	+4.15
III	4,75	$2.8 \cdot 10^{-3}$	+4.15

Tabel 7. Gelijke veiligheid.

-Vraag b-

Vraag B

Hoe hoog moet iedere dijkvak zijn om die veiligheid te verhogen?

1^e: 2*

2^e: 4*

3^e: 10*

Antwoord B

Verhoging van de veiligheid met een factor x impliceert een verlaging van de overschrijdingsfrequentie per jaar met een factor 1/x.

Hierdoor ontstaat de volgende tabel 8.

Dijkvak	Veiligheidsfactor	Kerende hoogte in m t.o.v. N.A.P.	Veiligheid tegen stormen met overschrijdingsfrequentie	Stormvloedstand in m t.o.v.
I	2*	+7.85	$1.4 * 10^{-3}$	+4.35
II	2*	+5.95	$1.4 * 10^{-3}$	+4.35
III	2*	+5.00	$1.4 * 10^{-3}$	+4.35
I	4*	+8.05	$7.0 * 10^{-4}$	+4.60
II	4*	+6.20	$7.0 * 10^{-4}$	+4.60
III	4*	+5.20	$7.0 * 10^{-4}$	+4.90
I	10*	+8.35	$2.8 * 10^{-4}$	+4.90
II	10*	+6.50	$2.8 * 10^{-4}$	+4.90
III	10*	+5.50	$2.8 * 10^{-4}$	+4.90

Tabel 8. Verhoogde veiligheid.

Vraag C

Hoe hoog moeten de dijkvakken zijn om een delvastorm te keren?

Antwoord C

Het antwoord op deze vraag is de blijvende kruinhoogte zoals deze reeds in tabel 6 is vermeld. Ten overvloede:

-Dijkvak I-

rijkswaterstaat

behoort bij: nota

WWKZ nr. 83.H013

datum: juli 1983

bladnr: 22

Dijkvak I : blijvende kruinhoogte N.A.P. + 8.36 m

Dijkvak II : blijvende kruinhoogte N.A.P. + 6.52 m

Dijkvak III : blijvende kruinhoogte N.A.P. + 5.50 m.

9 Veekrand

Door de dienstkring Texel worden na een storm veekrandwaarnemingen gedaan. Tevens zijn de tijdens de storm opgetreden waterstanden bekend.

In de voorgaande hoofdstukken zijn de grootten van de golven en golfoploophoogten bij verschillende waterstanden bepaald. De ligging van de veekrand wordt bepaald door de waterstand en de golfoploop. Het is alleen de vraag: is dit nu de maximale golfoploop of de golfoploop die door 1 à 2% van de golven wordt overschreden. In het onderstaande is aangenomen dat de ligging van de veekrand door de maximale golfoploop wordt bepaald.

De veekrandberekeningen zijn uitgevoerd als contrôle op de gehanteerde significante golfhoogten.

Met behulp van een lineaire regressie, is de relatie tussen de significante golfhoogte en de maximum golfhoogte ($H_{\max}$) bepaald.

Voor alle windrichtingen $0^\circ < \varphi \leq 360^\circ$, is deze relatie:

$$H_{\max} = 1.644 H_s + 0.048 \quad (5)$$

waarbij:

$$r = 0.936$$

$$s = 0.150$$

$$n = 592$$

Aangenomen is dat de verhouding tussen de maximum golfoploop ($Z_{\max}$) en de 2% golfoploop gelijk is aan de verhouding tussen de maximum golfhoogte en de 2% golfhoogte ($H_{2\%}$). In formule:

$$Z_{\max} : Z_{2\%} = H_{\max} : H_{2\%}$$

$$Z_{\max} = \frac{H_{\max}}{H_{2\%}} * Z_{2\%} \quad (6)$$

Als ter plaatse van het meetpunt aangenomen wordt dat de golfhoogteverdeling met een Rayleigh verdeling [12] te beschrijven is dan geldt dat:

$$H_{2\%} = 1.40 H_s \quad (7)$$

-Uit-

Uit (5), (6) en (7) volgt dan:

$$Z_{\max} = \frac{1.644 H_s + 0.048}{1.40 H_s} * Z_{2\%} \quad (8)$$

Met deze formule (8) kunnen de maximale golfoploophoogten berekend worden voor de verschillende dijkvakken bij de verschillende windrichtingen in tabel 9 zijn deze maximale golfoploophoogten gegeven.

	windrichting			
	$\varphi = 300^\circ$	$\varphi = 225^\circ$	$\varphi = 55^\circ$	$\varphi = 40^\circ$
dijkvak I	4.02	4.90	2.07	2.70
dijkvak II	1.76	2.15	1.81	2.37
dijkvak III	0.35	0.43	0.88	2.59

Tabel 9. Maximale golfoploop in m.

De hoogte van de veekrand (zie tabel 10) kan nu berekend worden uit:

- te verwachten stormvloedstand (zie tabel 2)
- maximale golfoploop (zie tabel 9)
- toeslag voor buistoten en bui-oscillaties (zie tabel 5).

-Tabel 10.-

dijk- vak	overschrijdings- frequentie per jaar	windsector			
		300°	225°	55°	40°
		hoogte veekrand t.o.v. N.A.P. (m)	hoogte veekrand t.o.v. N.A.P. (m)	hoogte veekrand t.o.v. N.A.P. (m)	hoogte veekrand t.o.v. N.A.P. (m)
I	$1.0 * 10^{-4}$	9.22	7.58	1.83	3.59
	$1.7 * 10^{-4}$	9.07	7.52	1.87	3.59
	$2.6 * 10^{-4}$	8.92	7.46	1.91	3.59
	$4.4 * 10^{-4}$	8.77	7.39	1.95	3.59
	$7.0 * 10^{-4}$	8.62	7.33	1.99	3.59
	$3.3 * 10^{-3}$	8.12	7.12	2.12	3.59
	$5.0 * 10^{-1}$	6.32	6.36	2.58	3.59
II	$1.0 * 10^{-4}$	7.01	4.88	1.57	3.26
	$1.7 * 10^{-4}$	6.86	4.82	1.61	3.26
	$2.6 * 10^{-4}$	6.71	4.76	1.65	3.26
	$4.4 * 10^{-4}$	6.56	4.69	1.69	3.26
	$7.0 * 10^{-4}$	6.41	4.63	1.73	3.26
	$3.3 * 10^{-3}$	5.91	4.42	1.86	3.26
	$5.0 * 10^{-1}$	4.11	3.66	2.32	3.26
III	$1.0 * 10^{-4}$	5.65	3.21	0.74	3.53
	$1.7 * 10^{-4}$	5.50	3.15	0.78	3.53
	$2.6 * 10^{-4}$	5.35	3.09	0.82	3.53
	$4.4 * 10^{-4}$	5.20	3.02	0.86	3.53
	$7.0 * 10^{-4}$	5.05	2.96	0.90	3.53
	$3.3 * 10^{-3}$	4.55	2.75	1.03	3.53
	$5.0 * 10^{-1}$	2.75	1.99	1.49	3.53

Tabel 10. Berekende hoogten veekrand.

In bijlage 2 zijn voor de windsector 300°, van deze berekende veekranden per dijkvak gedeeltes uitgezet.

-Tevens-

behoort bij: nota

WWKZ nr 83.H013

datum: juli 1983

bladnr: 26

Tevens zijn in deze bijlage de waargenomen veekranden aangegeven (periode van waarneming 1958-heden). Voor dijkvak I zijn alle waarnemingen lager dan de berekende veekrand.

Bij dijkvak II wordt de berekende veekrand door één waarneming overschreden. Bij dijkvak III zijn er zes overschrijdingen van de berekende veekrand.

Echter bij een overschrijdingsfrequentie groter dan $6.2 * 10^{-2}$ is de windsector 40° maatgevend. Bij combinatie van deze twee berekende veekrandhoogten is het aantal waargenomen veekranden dat de berekende veekrand overschrijdt teruggebracht tot drie.

Binnen het kader van de gehanteerde nauwkeurigheden lijken deze aantallen alleszins acceptabel.

SYMBOLLEN:

B	- breedte buitenberm	[L]
F	- strijklengte (fetch)	[L]
H_{max}	- maximum golfhoogte	[L]
H_s	- significante golfhoogte	[L]
$H_{2\%}$	- golfhoogte welke door 2% wordt overschreden	[L]
L	- golflengte	[L]
P_b	- basispeil t.o.v. N.A.P.	[L]
P_o	- ontwerppeil t.o.v. N.A.P.	[L]
R_E	- economische reductie	[L]
U	- windsnelheid	[L * T ⁻¹]
Z_{max}	- maximum golfoploop	[L]
$Z_{2\%}$	- golfoploop welke door 2% wordt overschreden	[L]
f	- ruwheidsfactor talud	
n	- aantal getallen paren	
r	- correlatie coëfficiënt	
s	- standaard afwijking	
α	- hellingshoek dijk talud	graden
β	- golfinvalshoek	graden
$\Delta \varphi$	- hoek tussen φ_s en φ_o	graden
φ	- windrichting	graden
φ_o	- ontwerp windsector	graden
φ_s	- windsector superstorm	graden

LITERATUUR:

- 1 DELTACOMMISSIE
Rapport Deltacommissie, deel 1.
Eindverslag en interimadviezen.
- 2 DELTACOMMISSIE
Rapport Deltacommissie, deel 6.
Onderzoekingen van belang voor het ontwerpen van dijken en dammen.
- 3 MALDE, J. van, SCHOENMAKERS, N. en VERHAGE, D.C.
Over het berekenen van Deltaprofielen.
Studiedienst Vlissingen, juli 1972.
- 4 DELTACOMMISSIE
Rapport Deltacommissie, deel 4.
Beschouwingen over stormvloeden en getijbeweging.
- 5 NORTIER, I.W. en VELDE, H. van der
Hydraulica voor waterbouwkundigen
- 6 TECHNISCHE ADVIESCOMMISSIE VOOR DE WATERKERINGEN
Golfoploop en goloverslag.
- 7 BROEDERS, W.P.A.
Golfoploop bij strijkgolven
R.W.S., Studiedienst Hoorn, notitie WWKZ-79.H226, mei 1979.
- 8 KONING, J.C.F.M., KREUK, J.J.N., NIJBOER, S.M. en IJNSEN, F.
Over de kruinhoogte van de Waddenzeedijk van Texel.
Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland, Studiedienst Hoorn, nota 74.6.
- 9 KONING, J.C.F.M., KREUK, J.J.N. en NIJBOER, S.M.
Verhoging van de Waddenzeedijk van Texel.
Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland, Studiedienst Hoorn, nota 75.6.

behoort bij: nota

WWKZ nr. 83.H013

datum: juli 1983

bladnr: 29

10 DELTADIENST

HGENER, een computerprogramma voor de berekening van de golfhoogte en golfperiode bij een geschematiseerd bodemprofiel.

Nota DDWT-79.005, 1979.

11 PUTMAN, J.A. en JOHNSON, J.W.

The dissipation of wave energy by bottom friction, 1949.

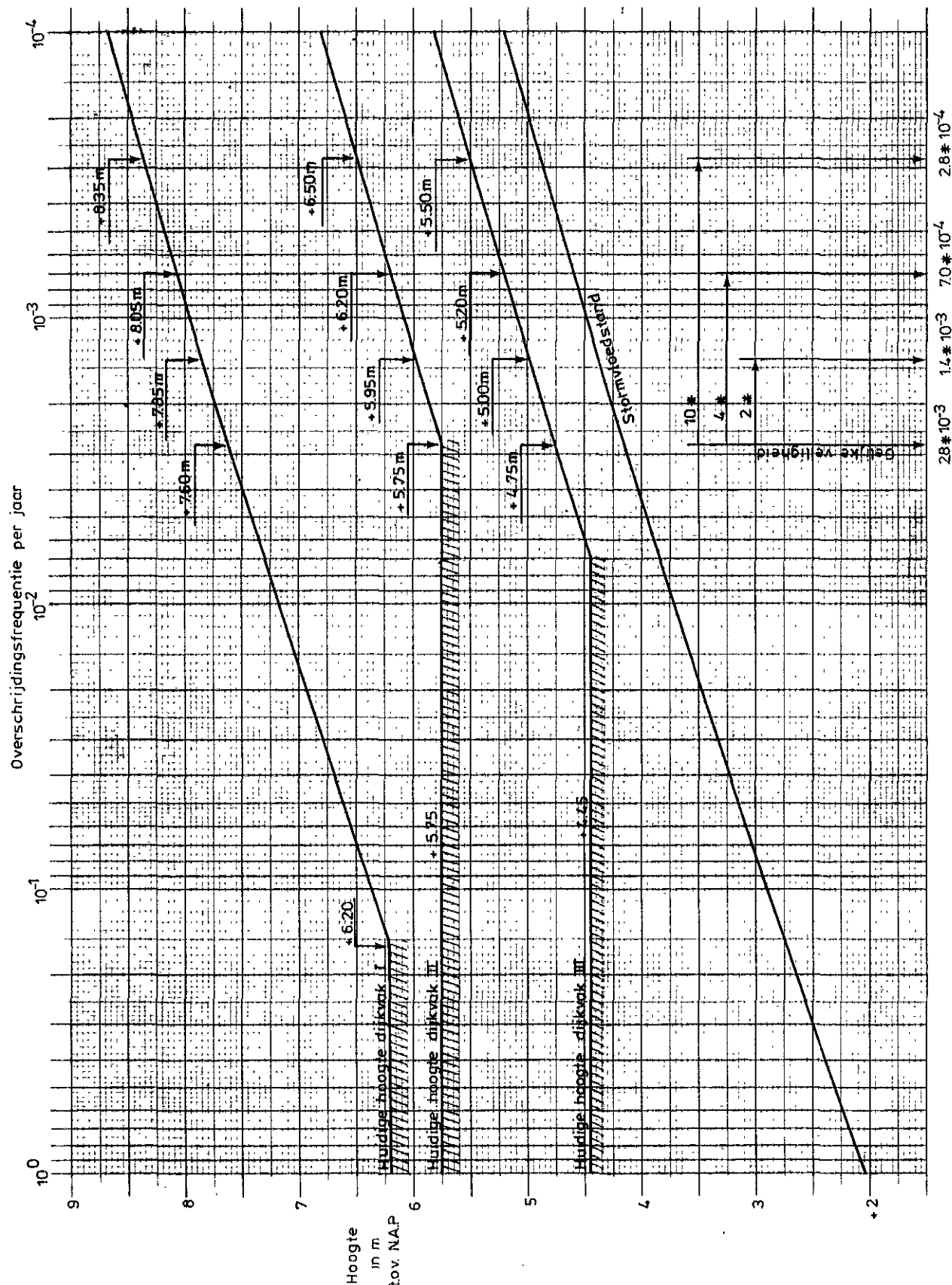
12 MASSIE, P.E.

Coastal engineering, volume I, Introduction Coastal Engineering Group
Delft University of Technology.

APPENDIX

In onderstaand overzicht worden een aantal hoogten gedefinieerd.

- Minimum waakhoogte = golfoploop + toeslag voor buistoten en buioscillaties.
- Minimum kerende hoogte = minimum waakhoogte + stormvloedstand.
- Maximale veebrand = stormvloedstand + maximum golfoploop + toeslag voor buistoten en buioscillaties.
- Kerende hoogte = minimum kerende hoogte + relatieve bodemdaling.
- Dijktafelhoogte = minimum waakhoogte + ontwerppeil.
- Blijvende kruinhoogte = dijktafelhoogte + relatieve bodemdaling.



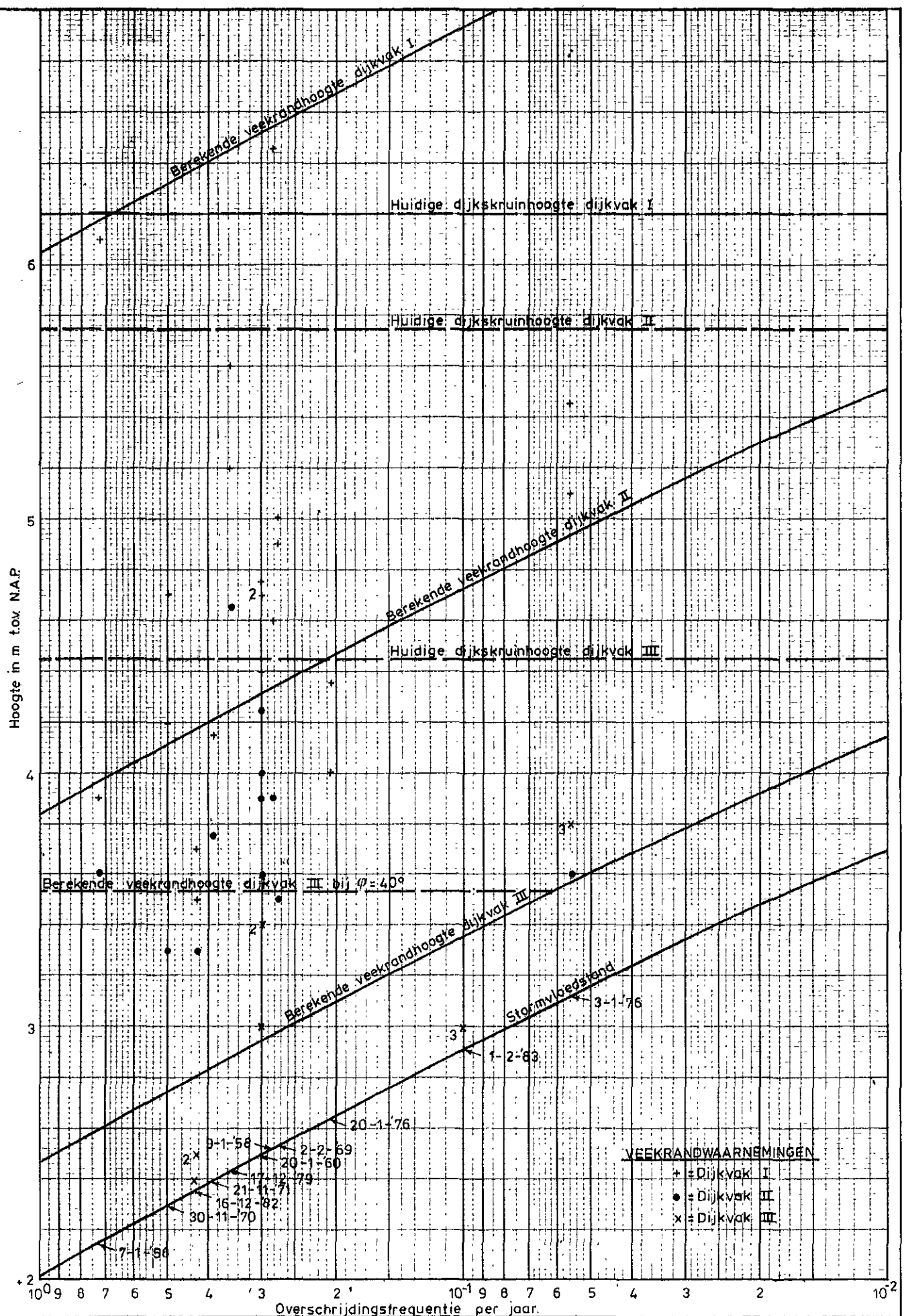
rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst hoorn

ZEEGAT VAN TEXEL

HUDIGE HOOGTEN DIJKVAKKEN, STORMVLOEDSTAND EN
BEREKENDE KERENDE HOOGTE BIJ WINDRICHTING 300°

get.	a.j.	nota WWKZ 83H013	bijl. 1
gec.		proj. nr. H81.46A	
gez.		schaal	
akk.		A 4	nr. 83.489



rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst hoorn

ZEEGAT VAN TEXEL

HUDIGE HOOGTEN DIJKVAKKEN, STORMVLOEDSTAND EN
BEREKENDE VEEKRAND BIJ WINDRICHTING 300°

get.	a.j.	nota WWKZ 83H013	bijl 2
gec.		proj. nr. H 81.46 A	
gez.		schaal	
akk.		A 4	nr. 83.490