

LANDAANWINNING
VOOR DE KUST VAN DELFLAND

D. Heineke

Afstudeerontwerp

begeleiders : ir. R. Reinalda

ir. W.T. Bakker

hoogleraar : prof. dr. ir. E.W. Bijker

Technische Hogeschool Delft

Afdeling Civiele Techniek

vakgroep Kustwaterbouwkunde

Delft, mei 1980

Inhoudsongave.

		bladzijde
Hoofdstuk	I Inleiding	1
Hoofdstuk	II Uitgangspunten en gegevens	4
	II.1. Uitgangspunten	4
	II.2. Huidige situatie en dynamica Delflandse kust	5
	II.3. Golfgegevens	11
	II.4. Getijdgegevens	13
	II.5. Nieuwe situatie	15
Hoofdstuk	III Kustverdediging	
	III.1. Algemeen	19
	III.2. Landaanwinning Delfland	23
	III.3. Ontwerpprincipes	24
Hoofdstuk	IV Westelijke hoofdverdediging	
	IV.1. Werkwijze	25
	IV.2. Gemiddelde kustlijnoriëntatie	28
	IV.3. Dwarsprofiel	39
Hoofdstuk	V Kustlijnberekeningen westkust	
	V.1. Werkwijze	46
	V.2. Gemiddelde kustlijn noordkaap- zuidkaap	48
	V.3. Invloed langdurig ééNZzijdige wind	55
	V.4. Invloed zware storm	58
Hoofdstuk	VI Aansluitingen met bestaande kust	
	VI.1. Problematiek en werkwijze	60
	VI.2. Noordbaai	66
	VI.3. Invloed op kustvak Kijkduin - Scheveningen	77
	VI.4. Zuidbaai	79

vervolg Inhoudsopgave

blz.

Hoofdstuk	VII	Noordkaap	
		VII.1. De vorm	86
		VII.2. Gegevens voor de dam	88
		VII.3. Sterkteberekening dam	90
		VII.4. Overgang dam-land	94
Hoofdstuk	VIII	Financiële aspecten	97
Hoofdstuk	IX	Samenvatting en conclusies	100
		Symbolenlijst	102
		Litteratuur	104
		Appendices	
		Bijlagen	

Hoofdstuk I. Inleiding.

In de afgelopen jaren zijn enkele plannen ontwikkeld voor de aanleg van bouwlokaties ten behoeve van woningbouw en recreatie, voor de kust van Zuid-Holland in de nabijheid van Den Haag.

De achtergrond hiervan is de grote behoefte aan bouwterreinen in de regio Zuid-Holland-west voor de nabije toekomst.

Verstedelijking van met name de Haagse regio heeft uiteraard bezwaren, als slechts zgn. landlokaties worden aangewezen voor woningbouw.

Het uitwijken naar een kustlokatie is een oplossing voor deze ruimteproblemen.

Voor een overzicht van drie plannen wordt verwezen naar de provinciale nota "Kustlokaties" [18]^x. Op grond van deze plannen wordt het kiezen van een bouwlokatie voor de kust voorlopig afgeraden.

Deze plannen, te weten "Dorp in zee" voor Scheveningen, "Westduinen" tussen Kijkduin en Scheveningen en "Nieuwduinen" voor de Delflandse kust, zijn evenwel op sommige punten onvoldoende onderbouwd.

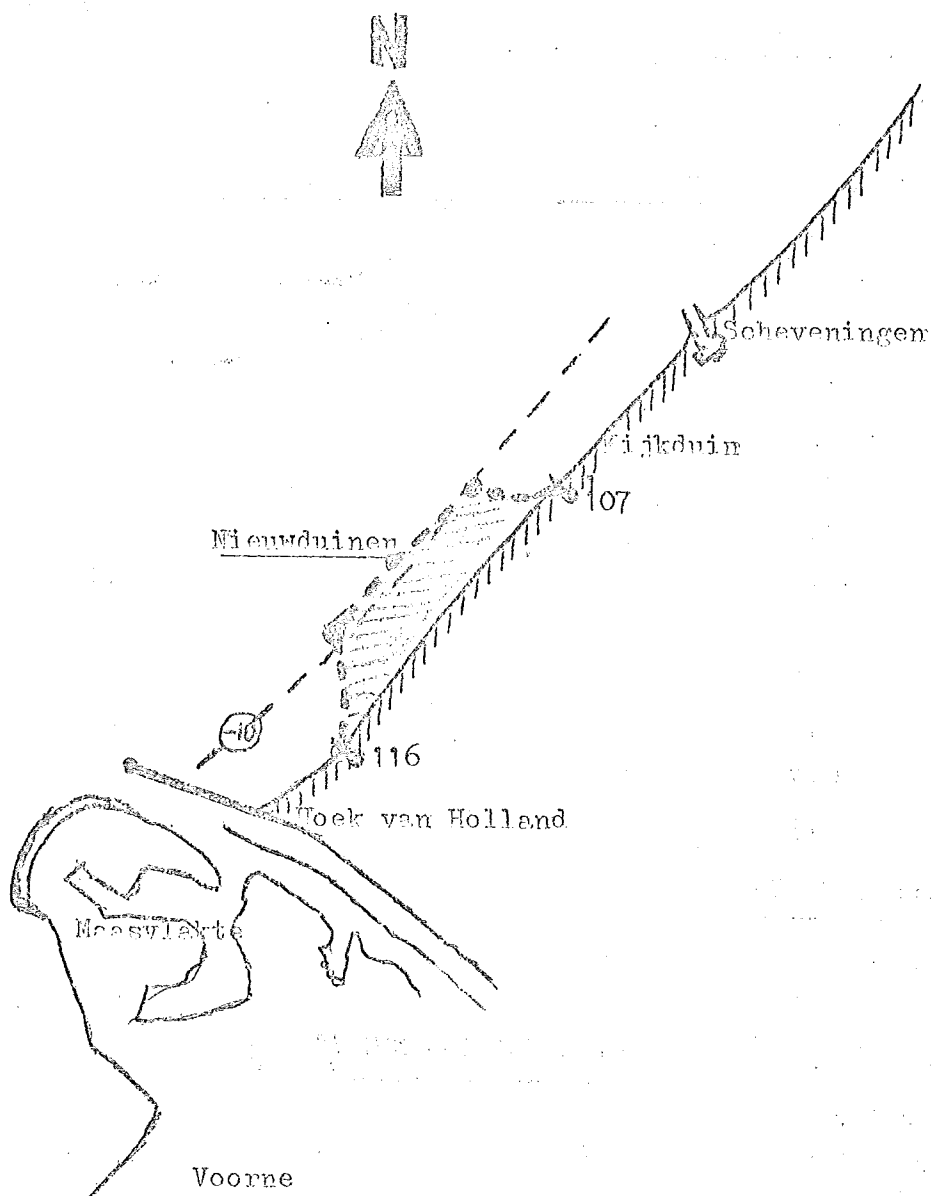
Hiernaast bestaat het plan "Kustlokatie voor Delfland" [21].

Als variant voor een lokatie voor de kust van Delfland wordt in dit ontwerp een landsaanwinning onderzocht, die in tegenstelling tot plan "Nieuwduinen" een zeewering heeft bestaande uit duinen, strand en voorreef, zonder extra verdediging.

Aangezien de golven in hoge mate de stabiliteit van een zandige kust bepalen, zijn vooronderzoeken omtrent het golfklimaat verricht, te weten Golfklimatologie zuidelijke Noordzee [16] en Refractieberekeningen [17].

In hoofdstuk II wordt een overzicht gegeven van de uitgangspunten en de situatie voor de Delflandse kust. Hoofdstuk III is gewijd aan kustverdediging in het algemeen en het ontwerpprincipe van de landaanwinning. De berekening van een (gemiddeld) stabiele westelijke kust wordt behandeld in de hoofdstukken IV en V; die van de baaien, als overgang naar de aangrenzende kust, in hoofdstuk VI. Een globale kostenraming en -vergelijking met de twee andere plannen voor Delfland wordt in hoofdstuk VIII gegeven, waarna het rapport besloten wordt met een samenvatting en met de conclusies.

Dit rapport is tot stand gekomen onder begeleiding van ir. R. Reinalda in het algemeen en van ir. W.T. Bakker wat de programmatuur betreft.



figuur 1

situatieschets, schaal 1 : 20000



Hoofdstuk II - Uitgangspunten en gegevens.

II.1. Uitgangspunten.

In dit onderzoek wordt de wenselijkheid van een landaanwinning voor de Zuid-Hollandse kust, ten behoeve van woningbouw en recreatie, niet ter discussie gesteld; er wordt derhalve vanuit gegaan, dat een bouwlokatie buiten de huidige kustlijn noodzakelijk zal zijn.

In een studie-nota van de provincie Zuid-Holland betreffende kustlokaties [18] worden enkele reeds geponeerde plannen vergeleken en beoordeeld.

Het door de Stevingroep ontwikkelde plan "Nieuwduinen" [25] wordt hierin als minst slecht beoordeeld.

Enkele markante punten van plan "Nieuwduinen" zijn:

- gebiedsgrootte komt overeen met het in de jaren "1990" benodigde gebied voor nieuwbouw in west Zuid-Holland; $\pm$ 1300 ha.
- de plaats, voor de Delflandse kust, is gunstig te noemen in verband met de vergroting van de veiligheid van Delfland.
- de afstand tot de Maasvlakte en de Maasgeul bedraagt minimaal vijf kilometer.
- de kustwaterbouwkundige aspecten lijken goed bestudeerd te zijn.

Voor enkele schetsen van plan "Nieuwduinen" wordt verwezen naar bijlagen 2 en 3.

Bovenstaande punten hebben geleid tot het kiezen van plan "Nieuwduinen", qua plaats en grootte, als een uitgangspunt bij het onderzoek naar een landaanwinning. Figuur 1, blz 3, geeft de situatie aan.

Verder komen de volgende punten als vaste eisen naar voren:

- De landaanwinning dient volledig beschermd te worden tegen de invloeden van de zee.
- De lengte van het strand dient minimaal zo groot te zijn als de verloren gaande strandlengte ($\pm$ 9 km).

- De (morfologische) invloed op de aangrenzende kustgedeeltes dient minimaal te zijn.
- De aanleg- en onderhoudskosten dienen minimaal te zijn; de verschillende plannen dienen hiertoe onderling vergeleken te worden.
- De landaanwinning zal voorzien dienen te worden van een jachthavenfaciliteit.

Het belangrijkste feit bij de bepaling der uitgangspunten is, dat de vorm van de landaanwinning voorelsnog onbekend is. Aan dit punt zal in dit te onderzoeken alternatief voor een kustlokatie uitgebreid aandacht besteed worden.

In de twee reeds opgestelde plannen voor een uitbreiding voor de Delflandse kust, te weten "Nieuwduinen" van de Stevingroep [25] en "Kustlokatie voor Delfland" van Schaap [21], wordt de nieuwe kustlijn evenwijdig ontworpen aan de verbindingslijn der havenhoofden van Scheveningen en Hoek van Holland.

In dit rapport echter wordt een oplossing gezocht, waarbij de verdediging van de landaanwinning tegen de invloed van de zee uitgevoerd als zandstrand en duinen in een dynamische evenwichts-situatie zal verkeren.

Hierbij wordt gestreefd naar het opnemen van zo min mogelijk "harde" elementen in de nieuwe zeevering (zoals stenen dammen, strandhoofden etc.). Het doel van deze studie is dus te zoeken naar een stabiele en veilige "zandoplossing".

II.2. Huidige situatie en dynamica Delflandse kust.

De huidige zeevering tussen Hoek van Holland en Scheveningen bestaat slechts voor een klein deel uit natuurlijke duinen. Het grootste deel wordt gevormd door kunstmatig aangelegde zanddijken - al dan niet extra verdedigd met basalt of asfalt -, opgespoten duinen en extra zandsuppleties; zie bijlage 1. Reeds sinds eeuwen worden er werken uitgevoerd langs de Delflandse kust om te voorkomen, dat de zeevering te ver achteruit gaat.

Voor een overzicht van de kustmatige onderdelen in het beschouwde kustvak wordt verwezen naar Schaap [21] .

Bijlage 1 is overgenomen uit zijn onderzoek.

De belangrijkste kunstmatige onderdelen van de zeewering tussen Hoek van Holland en Kijkduin zijn:

- het Smalduin tussen Rijksstrandpaal 106⁵⁰⁰ en 107⁵⁰⁰,
aangelegd rond 1850.
- zanddijk tussen Rijksstrandpaal 110 en 117 met een slaperdijk
crachter; deze zanddijk bestaat in zijn huidige vorm reeds
sinds de tweede helft van de 18^e eeuw.
- strandhoofden langs het gehele beschouwde kustvak, aangelegd
in de 19^e eeuw.
- zandsuppletie bij Hoek van Holland tussen Rijksstrandpaal
115⁵⁰⁰ en 118⁵⁰⁰, uitgevoerd in 1971.

Uit deze opsomming en bijlage 1 blijkt, dat de huidige zeewering van Delfland niet stabiel is.

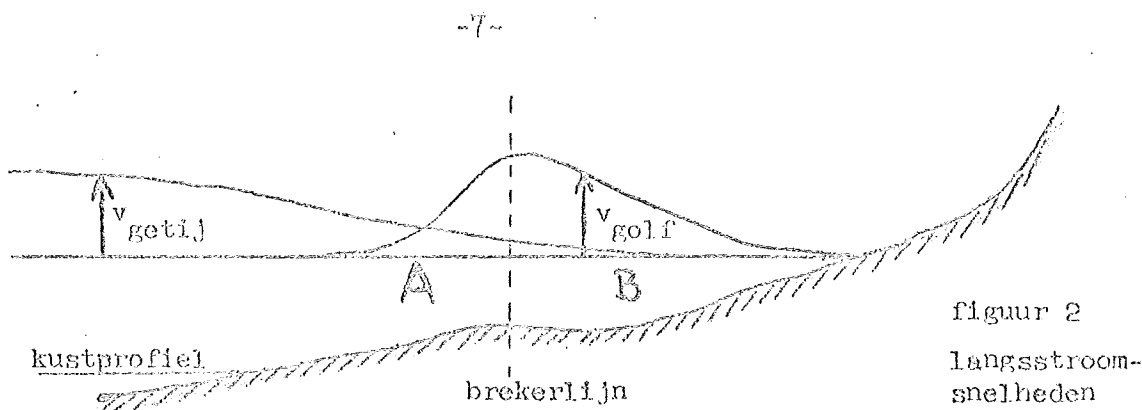
Onder stabiliteit van een zandige kust wordt verstaan de dynamische evenwichtssituatie van strand en duinen onder invloed van het zandtransport langs en loodrecht op de kust.

Het langstransport vindt voor het grootste deel plaats in de brandingszône door de scheef op de kust aankomende golven.

De invloed van de getijstroom op het zandtransport in de brandingszône is verwaarloosbaarklein t.o.v. de golfinvloed. Bakker en Opdam concluderen in hun onderzoek [4] dat gesteld kan worden, dat het totale langstransport vrijwel alleen bepaald wordt door de golven.

Aangezien de verdeling van het langstransport over een raai loodrecht op de kust in dit onderzoek niet van primair belang is, wordt de getijstroominvloed op het zandtransport verwaarloosd.

Uit figuur 2 blijkt, dat de invloed van de golforbitaalbeweging op de zandbeweging vlak buiten de (theoretische) brekerlijn niet langer sterk overheersend is over de getijstroominvloed; gebied A in figuur 2. Voor gebied B in figuur 2 geldt, dat de langsstroom t.g.v. de golven sterk overheerst over de getijstroom:



Dit betekent, dat het zandtransport langs een kust beschreven kan worden door een formule, waarin alleen de golfinvloed verwerkt is: de CERC-formule.

Deze stelt, dat het totale langstransport een functie is van de langscomponent van het energieverlies van de golven in de brandingszone: $Q = A \cdot P_1$ (zie bijlage 4).

De langstransportcapaciteit voor een bepaalde plaats langs de kust is derhalve te bepalen uit de golfcondities.

Door verscheidene oorzaken is het mogelijk, dat langs de kust de transportcapaciteit niet constant is.

Oorzaken kunnen zijn:

- variatie in het golfklimaat (-hoogte, -richting en -periode);
- variatie in de kustring;richting;
- aanwezigheid van obstakels;

Als er nu een gradiënt is in (de capaciteit van) het langstransport, zal erosie dan wel sedimentatie optreden.

Langs de kust van Delfland is de situatie zodanig, dat de langstroom t.g.v. golven die resulterend n.o.-waarts gericht is, vanuit het zuiden niet voldoende gevoed wordt door zandaanvoer.

De Zuiderdam en het Noorderhoofd van Hoek van Holland reduceeren het langstransport noordwaarts.

In het algemeen kan de kustlijnverandering in kustvak dx beschreven worden door de continuïteitvergelijking (voor het zand), zie

figuur 3:

$$\frac{\delta y}{\delta t} + \frac{1}{d} \frac{\delta Q}{\delta x} = 0 \quad (2.1)$$

waarin:

y = coördinaat loodrecht kust

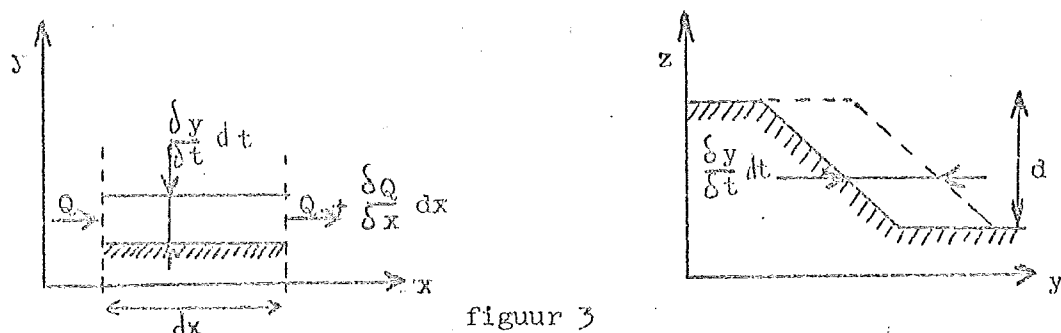
x = " " langs de kust

Q = langstransport

t = tijd

d = diepte 'brekerzone' profiel

In deze eenvoudige benadering wordt aangenomen, dat het kustprofiel tot een diepte d evenwijdig voor- dan wel achteruit gaat. Dwarstransport wordt verwaarloosd.



figuur 3

Langs de kust van Delfland geldt, dat de waarde van $\frac{\delta Q}{\delta x}$ in formule (2.1) positief is, als x positief n.o.-waarts gekozen wordt. Het gevolg is achteruitgang van de kust.

Het aanleggen van strandhoofden heeft een reducerende invloed op de grootte van het langstransport; immers een gedeelte van het profiel waar de brekende golven voor langsstroom, c.q. -transport zorgen, wordt afgesloten, zie figuur 4.

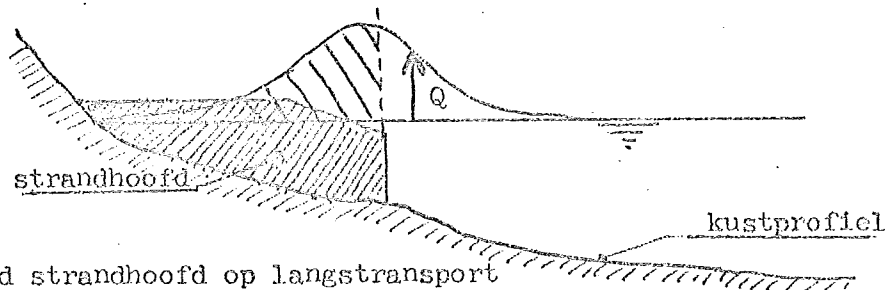


fig. 4

invloed strandhoofd op langstransport

De mate van reductie van het langstransport is uiteraard afhankelijk van de lengte van de strandhoofden, het golfklimaat e.d.. Uit onderzoek van Bakker en Joustra [3], betreffende de kustontwikkeling van Holland blijkt, dat de aanwezige strandhoofden een reductie te zien geven in de orde van factor drie; zie figuur 9 van genoemd rapport [3].

De transportcapaciteit kan desondanks een gradiënt bezitten, met als gevolg daarvan in de Delflandse situatie een achteruitgang van de kust.

Uit het genoemde rapport (Bakker en Joustra [3]) blijkt de kust van Delfland in de periode 1860 - 1960 $\pm$ 25 m achteruitgegaan te zijn (t.p.v. RSP 109); zie de bijlagen 5 en 6.

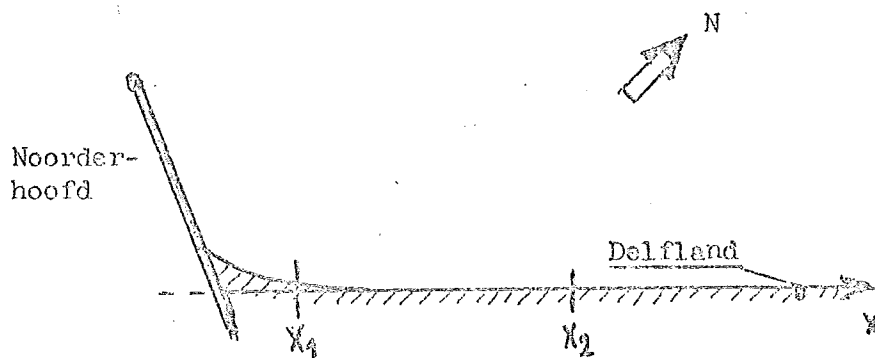
In het algemeen is de toepassing van strandhoofden, als middel om de kust "vast" te houden, een lokale oplossing.

Als verderop langs de kust de omstandigheden die de kustontwikkeling beïnvloeden (golfklimaat, kustrichting, korrelmateriaal, strandhelling) ongewijzigd zijn, zullen dezelfde problemen zich aldaar voordoen. Bijlage 5 geeft aan, dat de kust ten noorden en ten zuiden van Scheveningen in het tijdvak 1860 - 1960 juist vooruit gegaan is.

Langs de kust tussen Kijkduin en Scheveningen is nauwelijks sprake van een gradiënt in de transportcapaciteit en er is zandaanvoer vanuit het eroderende kustvak Hoek van Holland - Kijkduin.

Gelukkig heeft de bescherming van de Delflandse kust met strandhoofden niet het effect, dat verderop de gevreesde erosie toch optreedt.

In de Delflandse kustsituatie, schematisch in figuur 5 weergegeven, beperkt het Noorderhoofd zandaanvoer vanuit het zuiden en zorgt het voor diffractie-invloed.

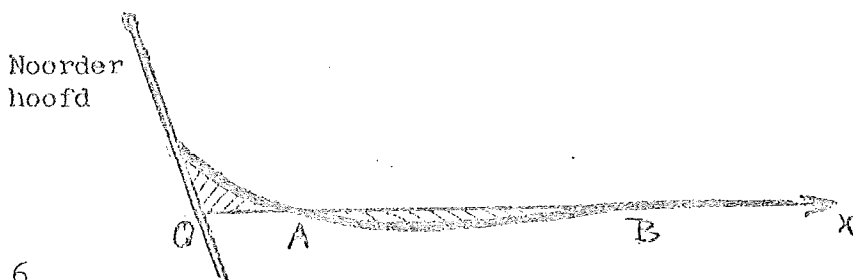


figuur 5

Door de verlenging van het Noorderhoofd, nodig voor de haven van Europoort, werd de diffractie-invloed nog sterker. De golven uit westelijke richtingen draaien sterk bij om de kop van deze dam en vertonen een sterke reductie in hoogte. Dit houdt in dat de (langs)transportcapaciteit in raai x_1 (figuur 5) geringer is in vergelijking met de vroegere situatie én met raai x_2 .

Een en ander houdt voor de kustdynamica van dit deel van de Delflandse kust in, dat in een nieuwe evenwichtssituatie de kustlijn zich instelt als aangegeven in figuur 6: vooruitgang in de luwte van de dam (CA) en erosie in het qua golfinvloed

onbeschermde gebiedsdeel A-B. Door een zandsuppletie uit te voeren wordt ervoor gezorgd, dat de hoeveelheid zand die in de dynamische evenwichtssituatie in gebied OA moet zijn (komend vanuit gebied AB) reeds aanwezig is.



figuur 6

Een ingreep op een dergelijke wijze in de kustmorfologie houdt in, dat de problemen die opgelost worden op de ene plaats niet verplaatst worden naar een andere plaats, verderop langs de kust.

De bijlagen 7 en 8, lodingen van Rijkswaterstaat van dwarsprofielen van dit nieuwe strand bij Hoek van Holland, tonen aan, dat de kust vrijwel stabiel is.

Niet alleen de hiervoor aangegeven mate van stabiliteit van de kust, maar ook de omvang van duinafslag onder stormvloedomstandigheden bepaalt de veiligheid van een dergelijke zandige kust tegen de invloed van de zee.

Schaap concludeert in zijn onderzoek "Kustlokatie voor Delfland" [21] uit afslagberekeningen, dat de huidige situatie volgens de normen van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen als niet veilig betiteld moet worden. Bijlage 9, overgenomen uit genoemd rapport [21] geeft aan, dat vrijwel het gehele (kunstmatige) duinprofiel zal verdwijnen.

Hierbij dient bedacht te worden, dat de berekening is uitgevoerd voor extreme situaties:

- stormvloedpeil: NAP + 5.40 m
- golfhoogte $H_g = 7$ m op "diep" water
- golfperiode $T = 12$ s

Verder is de vorm van het zgn. stormprofiel, door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen aangegeven, feitelijk nog onvoldoende bekend.

Enerzijds ontbreken uiteraard voldoende meetgegevens van profielen tijdens en vlak na zware stormen; anderzijds waren modelproeven op redelijk betrouwbare schaal tot voor kort niet mogelijk.

En uit de afslagberekeningen van Schaap [21] te concluderen onveilige situatie van de huidige Delflandse zeewering, én uit de noodzaak vele kunstmatige elementen op te nemen in de huidige zeewering, kan in ieder geval wel geconcludeerd worden, dat de aanleg van een landaanwinning aldaar een verhoging betekent van de veiligheid van westelijk Zuid-Holland.

II.3. Golfgegevens.

In aan dit onderzoek voorafgegangene deelonderzoeken [16] en [17] zijn de golfcondities voor de Zuid-Hollandse kust bepaald.

In eerste instantie is het golfklimaat t.p.v. "Munitiestortplaats IJmuiden" bepaald [16]. Enkele resultaten hiervan staan in de bijlagen 10, 11 en 12.

Bijlage 10 geeft de cumulatieve kansverdeling van de significante golfhoogte $H_{1/3}$ op relatief diep water ($d=22$ m) op Weibull-schaalverdeling; bijlage 11 geeft de gezamenlijke kansfunctie $p(H_s, T)$ en de marginale verdeling van de golfhoogte H_s (in procenten); bijlage 12 geeft de voorwaardelijke cumulatieve verdeling $p(H/T_1)$ en de marginale cumulatieve verdeling van H_s (in procenten). Hieruit blijkt, dat de frequentieverdeling van H_s bekend is, al dan niet bij een zekere golfperiode T .

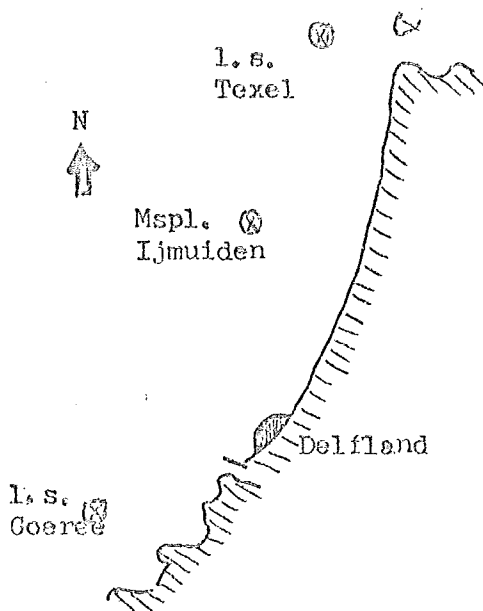
Het onregelmatige golfveld op zee wordt evenwel gekarakteriseerd door drie parameters: golfhoogte, -periode en -voortplantingsrichting. De gegevens zijn afkomstig van een wave-rider; dit meetinstrument geeft geen richtingsinformatie. Voor informatie omtrent golfvoortplantingsrichting(en) zijn we tot nu toe aangewezen op windgegevens of op de frequentieverdelingen van de visuele golfwaarnemingen op de lichtschepen.

Deze laatste bron, in samengevatte vorm door Dorrestein opgesteld [15], is in het deelonderzoek "Refractieberekeningen" [17] gebruikt. Op relatief diep water ($d=22$ m) is aldus de gezamenlijke kansfunctie $p(H_0, T, \theta_0)$ van golfhoogte, -periode en -richting

bepaald door samenstelling uit gemeten waarden van de "wave-rider" en de visuele waarnemingen van de lichtschepen Texel en Goeree; zie figuur 7.

Gesproken wordt van kansfunctie $p(H, T, \Theta)$ als de variabelen bekend zijn in discrete waarden en van kansdichtheidsfunctie als deze variabelen als continue functies bekend zijn.

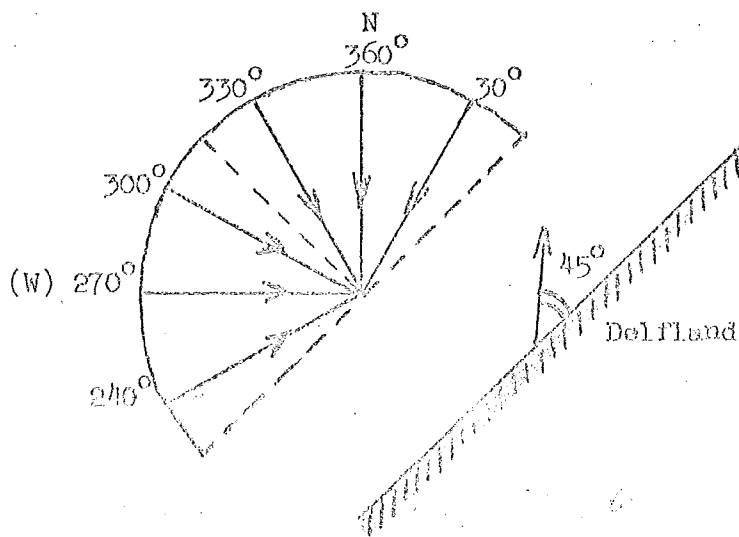
Aangezien gewerkt wordt met klasse-indeling van de golfparameters, zie bv. bijlage 11, spreken we van kansfuncties; marginale, conditionele dan wel gezamenlijke kansfuncties p .



figuur 7

Zuidelijke Noordzee

De oriëntatie van de kust van Delfland is ongeveer 45° t.o.v. Noord. De golfrichtingssectoren θ_0 (ter grootte van 30°) die invloed uitoefenen op dit kustvak, zijn:
 $\theta_0 = 240^\circ, 270^\circ (W), 300^\circ, 330^\circ, 360^\circ (N)$ en 30° .



figuur 8

In deelonderzoek "Refractieberekeningen" [17] is het golfklimaat bepaald op de dieptelijn NAP-12 m; deze loopt in de huidige situatie ongeveer evenwijdig aan de Delflandse kust.

Gesteld wordt, dat in een veranderde situatie deze dieptelijn niet wijzigt qua oriëntatie; verplaatsing heeft een dermate geringe invloed op de refractie en shoaling, dat deze verwaarloosd kan worden.

De refractieberekeningen zijn uitgevoerd voor de golfperiodeklassen $T = 3, 4, 5, 6$ en 7 s, gebaseerd op het golfonderzoek [16].

Het is evenwel beter deze te wijzigen in $T = 4, 5, 6, 7$ en 8 s; ($T_m \rightarrow T_{eq}$). Dit komt in appendix A aan de orde. Voor periodeklasse $T = 8$ s zijn de extra benodigde refractiestekeningen (golfstralenverloop met computerprogramma) te vinden in bijlagen 13 a t/m e.

Voor de berekening van de refractiecoëfficiënten wordt verwezen naar appendix A.

De op de 12 m-dieptelijn geldende waarden van de refractie en shoalingcoëfficiënten staan in tabelvorm in bijlage 14.

De reeds bepaalde gezamenlijke kansfunctie $p(H_{12}, T, \varphi_{12})$ uit [17] dient m.b.v. de getabelleerde $K_r \cdot K_{sh}$ -waarden uit bijlage 14 opnieuw bepaald te worden.

Het resultaat hiervan staat in tabelvorm in bijlagen 15 a, b, en c: $p(H_{12}, T, \varphi_{12})$. Voor sectoraanduiding φ wordt verwezen naar appendix A.

De aldus bepaalde frequentieverdeling zal gebruikt worden in zandtransportbetekeningen langs een nieuw aan te leggen kust.

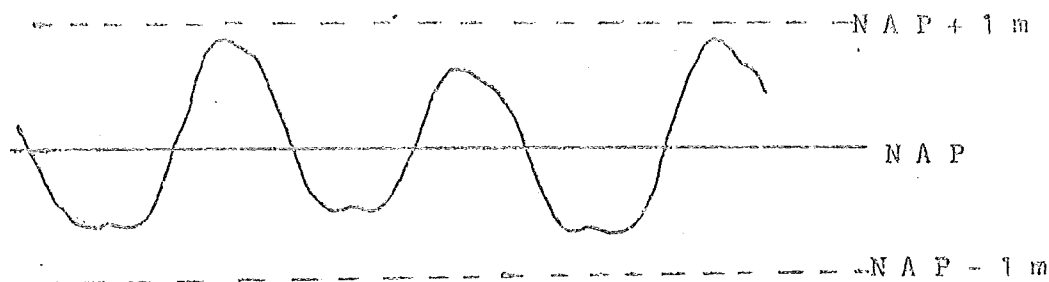
Uit deelonderzoek "Refractieberekeningen" [17] volgt, dat de golfgegevens gemiddelde waarden zijn in een zeker gebied: in dit geval een zekere lengte op dieptelijn NAP-12 m.

Het golfklimaat wordt dus constant aangenomen over zekere lengte langs een dieptelijn. Zie voor dit punt appendix A en [17].

Dit houdt in, dat eventuele variaties in golfhoogte langs een nieuw aan te leggen kust niet bepaald zijn en dus ook niet beschouwd worden.

II.4. Getijgegevens.

De waterstandsvariatie wordt veroorzaakt door het verticale getij; hiervoor is uitgegaan van de getijlijn van Hoek van Holland, zie figuur 9.



figuur 9 getijkromme van Hoek van Holland

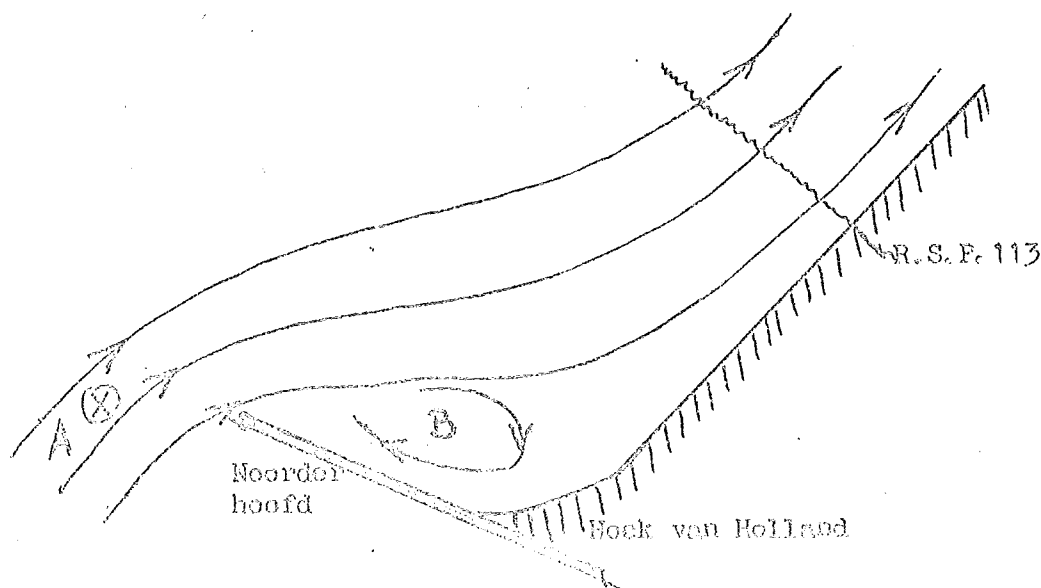
De getijstromingen, het horizontale getij, voor het beschouwde gebied zijn uit berekeningen te bepalen; deze zijn ook uit metingen van Rijkswaterstaat bekend.

Schaap geeft in zijn afstudeerwerk [21] een beschouwing over de stroomsituatie voor de Delflandse kust.

In dit rapport wordt het ontstaan van een neer(stroming) gesignaleerd naast het Noorderhoofd van Hoek van Holland.

Metingen in een raai t.p.v. het nieuwe strand bij Hoek van Holland (RSP 117⁵⁰⁰) tonen, bij vergelijking met meetresultaten in een raai loodrecht Noorderhoofd en in een raai t.p.v. RSP 113, aan, dat gedurende enkele uren tijdens noordgaand tij sprake is van een neer. De meetresultaten zijn samengevat in de figuur in bijlage 17; de meetpunten staan aangegeven in de situatietekening in bijlage 16.

De stroomlijnen voor dit deel van de vloedperiode (2 1/2 uur na H.W. Hoek van Holland) staan in figuur 10 aangegeven.



figuur 10

stroomlijnen bij vloed, 2 1/2 uur na H.W.

Naast deze mogelijkheid van het ontstaan van neerstromingen, gebied B in figuur 10, dient rekening gehouden te worden met een vergroting van stroomsnelheden voor de koppen van (haven)dammen, punt A in figuur 10.

Uit metingen, zie Schaap[21], blijkt deze vergroting der snelheden door de stroomcontractie in de orde van grootte van factor 2 te liggen; (0,5 m/s $\rightarrow$ 1 m/s).

II.5. Nieuwe situatie.

Een der uitgangspunten bij het onderzoek naar een alternatief voor een kustlokatie is de plaats en grootte van plan "Nieuw-duinen". Beschouwing van het kustgebied voor Delfland, bijlage 1, leert de volgende zaken:

- de dieptelijnen tot NAP -10 m lopen evenwijdig aan de huidige kust(lijn).
- de dieptelijn NAP -12 m loopt ook evenwijdig aan de kust met uitzondering van een verstoring t.p.v. Loswal Noord.
- de dieptelijn NAP -15 m loopt vanaf raai RSP 108 zuidwaarts gezien niet langer evenwijdig aan de kust door de aanwezigheid van Loswal Noord.

De genoemde Loswal Noord is een stortplaats voor sleepopperzuigers voor gebaggerd materiaal uit de toegangsgeulen van de Rotterdamse havens: Maasgeul en eerste deel Nieuwe Waterweg. Het fijne materiaal dat aldaar gestort wordt, verspreidt zich als een langgerekte pannenkoek over een uitgestrekt gebied met als globale oriëntatie de getijstroomrichting zuid-west/noord-oost. De aanwezigheid van deze "ondiepte" zal invloed uitoefenen op het refracteren der golven.

Uit bijlage 18, dwarsprofiel tpv. RSP 114, blijkt het ondiepste deel te liggen op NAP -11 m.

Voor alle beschouwde golfperiodes geldt, dat deze diepte niet langer als "diep" water aangemerkt kan worden ($h/L_0 < 0.5$).

Refractie en shoaling zullen dus aldaar invloed hebben op de op de kust nabemerkte golven.

In het "rekengebied" van het refractieprogramma, gebruikt in voorgaand rapport [17], is de Loswal Noord evenwel niet opgenomen.

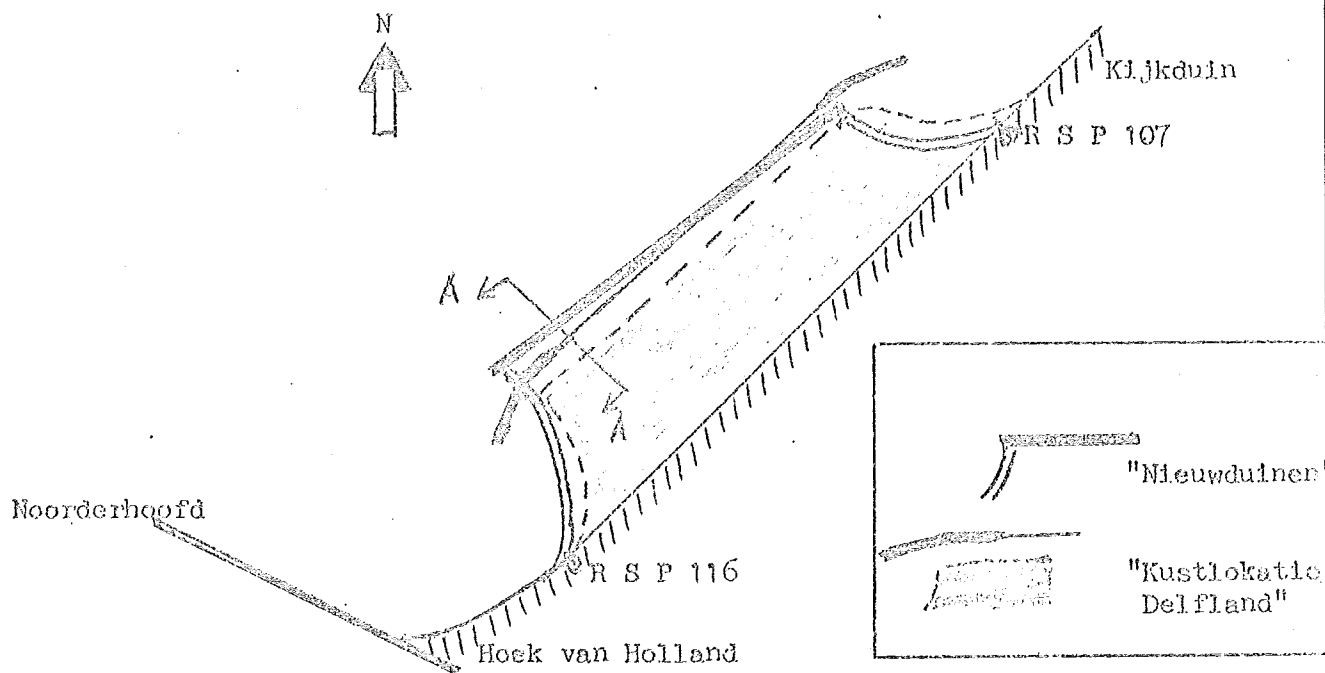
De motivatie hiervoor is als volgt:

- de golfgegevens worden bepaald op de dieptelijn NAP -12 m in de nieuwe situatie; deze lijn zal na aanleg van de landaanwinning zeewaarts verschuiven en dan aansluiten op de Loswal Noord; in het "rekengebied" van het refractieprogramma ligt de 12 m-lijn dan ook iets meer zeewaarts dan in de huidige situatie.
- het is maar ten zeerste de vraag of deze plaats als stortplaats voor baggermateriaal zal blijven bestaan, wanneer de kustlokatie aangelegd zal worden.
- de schaal en stapgrootte in het "rekengebied" is groot gekozen, zie bijlage 13, om ervoor te zorgen, dat de invloed van de Eurogeul naar Hoek van Holland (diepte 22 m) "meegenomen" kon worden evenals die van het uitgebreide bankengebied voor de Zuid-Hollandse kust; een op deze schaal kleine "bobbels" als de Loswal Noord heeft dan ook geen invloed op de uitgevoerde refractieberekeningen.

De refractieberekening tot de dieptelijn NAP -12 m geschiedt dus niet heel erg verfijnd, maar kan dat op een dergelijke schaal ook niet zijn. Verder geldt, dat de bepaalde refractiecoëfficiënten als gemiddelde waarden gelden voor een zeker gebied. Hiervoor wordt verwezen naar appendix A.

Er wordt aangenomen, dat de op de 12 m-lijn bepaalde gezamenlijke kansfunctie $p(H, T, \odot)$ voldoende nauwkeurig is om gebruikt te kunnen worden voor berekeningen aangaande de stabiliteit van de nieuw aan te leggen kustverdedigingen, welke vorm deze ook zullen verkrijgen.

De tot nu toe geponeerde plannen voor een kustlokatie tussen RSP 107 en 116 staan in figuur 11 schematisch aangegeven.



figuur 11

Kustlokaties voor Delfland, schaal 1:100000

De hoofdverdediging van "Nieuwduinen" bestaat uit een blokken-dam tot NAP +2 m, daarschter een lagune, zie bijlage 3.

De hoofdverdediging van "Kustlokatie" (Schaap) bestaat uit een onderwaterdam met landwaarts een zgn. "hangend" of "zittend" strand. Beide verdedigingsvormen zijn bedoeld om de golfinvloed te reduceren op het strand(profiel), c.q. om de invloed van de golven op het zandtransport langs de nieuwe zandkust te reduceren.

Langs de Hollandse kust is het resulterend zandtransport noord-oostwaarts gericht. Langs een nieuw aan te leggen kust met een oriëntatie die ongeveer overeenkomt met de huidige kustlijn van Delfland, zal het resulterend zandtransport (hoe klein of groot ook) dan eveneens noord-oostwaarts gericht zijn. Als de zandaanvoer onvoldoende is vanuit het zuid-westen, zoals in raai A-A van figuur 11, zal achteruitgang van de kust onherroepelijk optreden. De snelheid van regressie is afhankelijk van de grootte van het resulterend langstransport.

Het gevolg is, dat in beide ontwerpen zandsuppleties nodig zijn om de geplande kustlijn in stand te houden; t.p.v. raai A-A in figuur 11.

Middelen ter voorkoming van te grote achteruitgang van een kust-(lijn) worden besproken in hoofdstuk III.1.

Hoofdstuk III - Kustverdediging.

III.1. Algemeen.

De noordwestelijke begrenzing van een landaanwinning voor de kust van Delfland zal de sterkste golfaanval vanuit open zee te verduren krijgen.

De zeekering van dit deel van de kustlokatie zal dan ook in de eerste plaats beschouwd worden.

Kustverdedigingen tegen de invloed van de zee - golfaanval, getij en opwaaiing - bestaan in velerlei vormen; in grote lijnen zijn deze als volgt in te delen:

a - "zachte" verdedigingen;

deze bestaan uit natuurlijke dan wel kunstmatig aangelegde duinen, strand en vooroever;

b - "harde" verdedigingen;

deze vormen een vrij plotselinge overgang tussen de zee en het land; bijvoorbeeld een dijk of een stenen dam;

c - tussenvormen van beide bovenstaande;

"zachte" verdedigingen met "harde" elementen.

Een der uitgangspunten in dit onderzoek is te streven naar een ontwerp, waarin zo min mogelijk "harde" elementen opgenomen zijn in de zeekering.

Figuur 11, blz. 17, en bijlage 2 geven aan, dat aan de noord- en zuidzijde van een landaanwinning sprake is van een plotselinge overgang in de kustlijnoriëntatie.

Aldaar is dus een sterke gradiënt in de capaciteit van het langs-transport.

Op deze plaatsen, noordkaap en zuidkaap te noemen, zullen zeker "harde" elementen in het ontwerp opgenomen dienen te worden teneinde een stabiele toestand te creëren.

Van de genoemde vorm (c) volgen derhalve hieronder enige voorbeelden:

- Strandhoofden

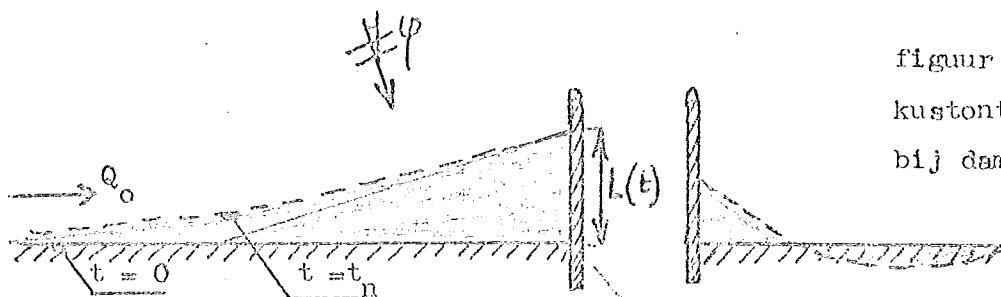
Strandhoofden hebben tot doel het zandtransport langs de kust te beperken; deze reductie is o.a. afhankelijk van de lengte L , onderlinge afstand a , golfklimaat en het kustprofiel.



Voor de kustdynamische aspecten van de aanleg van strandhoofden wordt verwezen naar Bakker [1].

- Havenhoofden en strekdammen

Deze dammen worden tot (ver) buiten de brandingszône aangelegd. Het effect hiervan is, dat het langstransport tijdelijk geheel tegengehouden wordt. Als langs een kust een resulterende zandtransportcapaciteit Q_0 aanwezig is, zal uiteindelijk toch weer zand langs de koppen gaan.



figuur 12.
kustontwikkeling
bij dammen

De vooruitgang t.p.v. de havendam aan de loefzijde is te bepalen uit:

$$L(t) = \sqrt{\frac{4 Q_0 \varphi t}{\pi h}} \quad (3.1)$$

waarin:

L = aangroei in raai A (zie figuur 12)

t = tijd

Q_0 = langstransport in ongestoorde situatie

φ = hoek van golfinval op dieptelijn, die niet beïnvloed wordt door de kustlijnveranderingen

h = hoogte "meeswerkende" strandprofiel

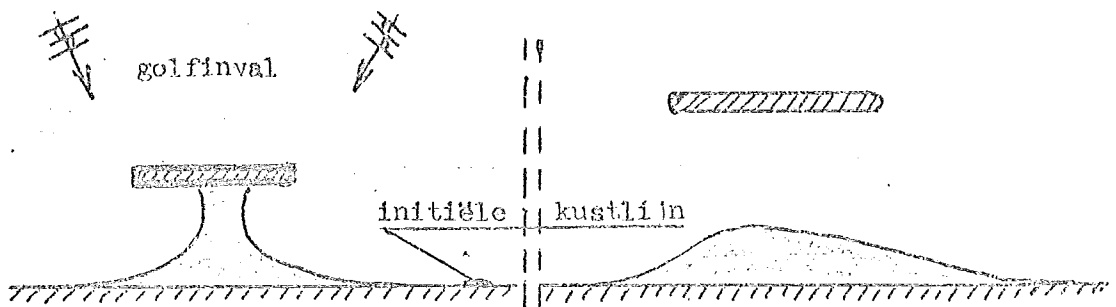
Formule (3.1) is gebaseerd op de zgn. éénlijntheorie; deze zegt, dat tot een zekere diepte het profiel niet van vorm verandert, alleen evenwijdig voor - dan wel achteruit gaat; zie hoofdstuk II.2 en appendix E.

De theoretische achtergrond van deze theorie van Pelnard-Considère staat verder uitgewerkt in [11] en [13].

- Laterale dammen

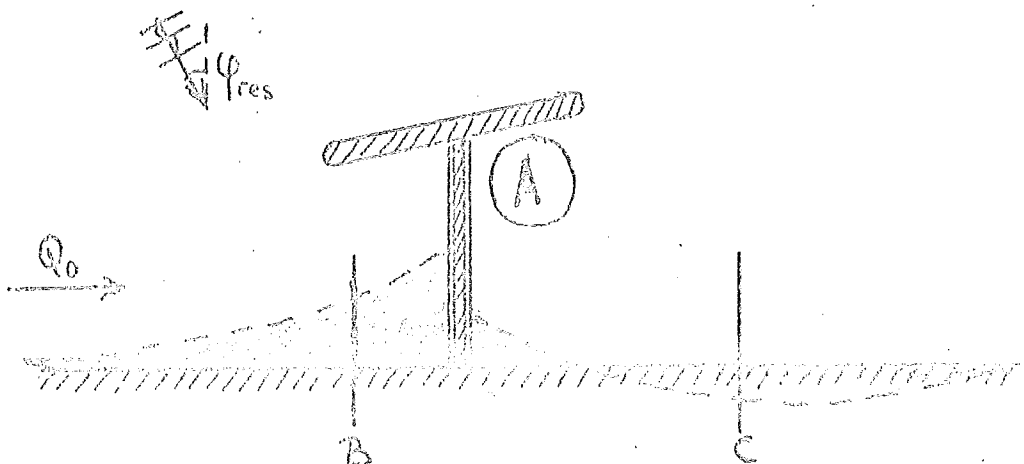
Buiten de kustlijn worden zgn. offshoregolfbrekers aangelegd evenwijdig aan de kustlijn teneinde golfenergie te absorberen, zodat in het gebied erachter de golfbeweging minder is, c.q. het langstransport afneemt.

Afhankelijk van de afstand tot de oorspronkelijke kustlijn vindt in het schaduwgebied meer of minder aangroei van de kust plaats.



Omdat de bouw van dergelijke laterale dammen het gemakkelijkst te realiseren is door vanuit de kust uit te bouwen, wordt soms de volgende vorm toegepast:

- T - vormige offshore-golfbrekers



figuur 13

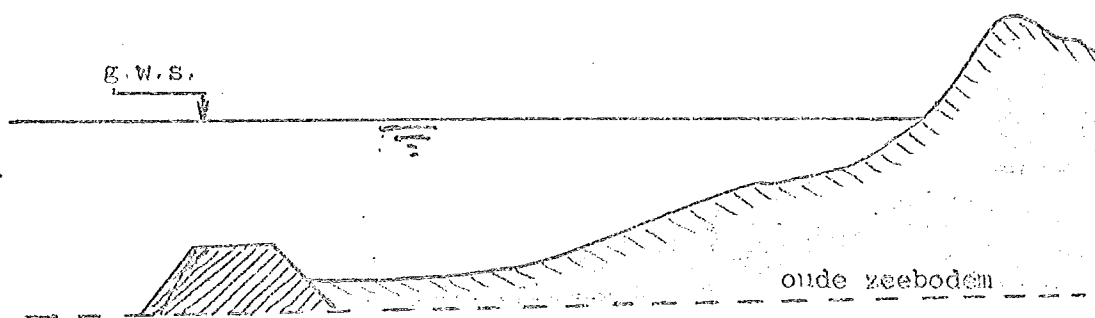
De combinatie van strekdam en laterale dam heeft tot direct gevolg, dat de kustlijn in raai B, zie figuur 13, vooruitgaat, als het resulterende langstransport gericht is zoals in figuur 13 aangegeven staat; de kust t.p.v. raai C zal eroderen (geen zandaanvoer)

Afhankelijk van eventueel andere toepassingen dan kustverdediging alleen kan de vorm van de dam aangepast worden; bijvoorbeeld havenfaciliteit t.p.v. A in figuur 13.

- Onderwaterdam, evenwijdig aan de kust

Op zekere afstand uit de waterlijn wordt hierdoor het strand beschermd tegen de (te) grote golfaanval.

Dit principe van een zgn. "hangend" strand is door Schaap als oplossingsvorm in zijn onderzoek [21] naar een kustlokatie voor Delfland gekozen en onderzocht; zie figuur 14.



figuur 14. hangend strand (sterk samengetrokken)

Als een dergelijke dam tot boven het gemiddeld waterniveau wordt opgebouwd, wordt de golfenergie zeer sterk gereduceerd, c.q. het langstransport sterk verminderd. We krijgen dan:

- Laterale (blokken)dam, langs gehele kustvak

Voorbeelden hiervan zijn de Zuiderdam van Hoekvan Holland en zeekering plan "Nieuwduinen"; zie bijlage 3.

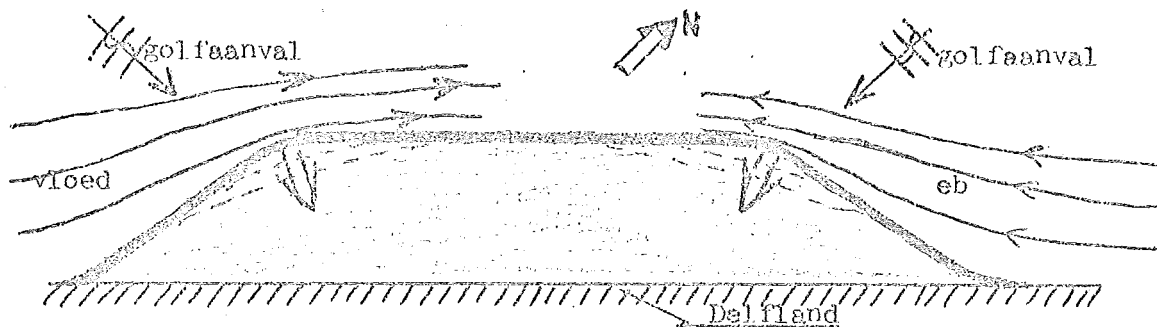
Voor een verder overzicht van kustverdedigingsvormen, wel of niet in samenwerking met natuurlijke vormen, wordt verwezen naar Shore Protection Manual, CERC [14].

III.2. Landaanwinning Delfland.

De noordwestelijke hoofdverdediging van de landaanwinning zal een zo "zacht" mogelijke zijn. Dit houdt in; het ontwerp van een zandige kust - duinen, strand en vooroever - als verdedigingsvorm. Een direkte aansluiting aan de zuidelijke zijde op het Noorderhoofd van Hoek van Holland is overwogen. Overgangsproblemen naar een aansluiting met de huidige kust bestaan dan niet. Maar de te geringe afstand van het visueel onaantrekkelijke industriegebied "de Maasvlakte" heeft ertoe geleid vast te houden aan de plaats van plan "Nieuwduinen".

De overgangen naar de aansluiting met de bestaande kust, noord- en zuidkaap, verdienen speciale aandacht. De te creëren jachthaven, één der uitgangspunten, zal d.m.v. havendammen beschermd moeten worden tegen te grote golfdoordringing en aanzanding.

De noord- en zuidkaap zijn onverdedigd niet stabiel. Enerzijds treedt een sterke gradiënt aldaar op in de langstransportcapaciteit. Anderzijds zullen verhoogde getijstroomsnelheden optreden; stroomlijnencontractie zorgt voor uitschuring. Figuur 15 geeft aan, dat er grote zandverliezen zullen optreden ter plaatse van de kappen.



figuur 15

Deze kappen zullen dus dienen te bestaan uit "harde" elementen. De genoemde jachthaven kan dan ook het beste ter plaatse van één der kappen ontworpen worden.

Voor het vastleggen van de andere kaap kan een keuze gemaakt worden uit het overzicht, dat in hoofdstuk III.1 gegeven is.

Deze problematiek komt aan de orde in hoofdstuk VI: Aansluitingen met de bestaande kust.

III.3. Ontwerpprincipe.

In hoofdstuk II.5. is aangetoond, dat de plannen voor een kustlokatie, zoals die tot nu toe zijn opgesteld voor de Delflandse kust, geen stabiele kustlijn kunnen hebben aan de noordwestelijke zijde.

Langs een zandige kust, al dan niet extra beschermd, zal met een oriëntatie ongeveer evenwijdig aan de huidige Delflandse kust een resulterend noordoost-waarts transport optreden.

Zandsuppleties zullen dan moeten worden uitgevoerd teneinde de kustlijn vast te houden. Vanuit het zuiden is immers geen zand-aanvoer.

Hiermee wil absoluut niet gezegd zijn, dat dergelijke ontwerpen onjuist zijn; deze vergen alleen wel onderhoud.

De hoeveelheid te suppleren zand is afhankelijk van de mate van extra bescherming.

In zijn onderzoek [21] berekent Schaap in het geval van een onderwaterdam de grootte van het resulterende langstransport.

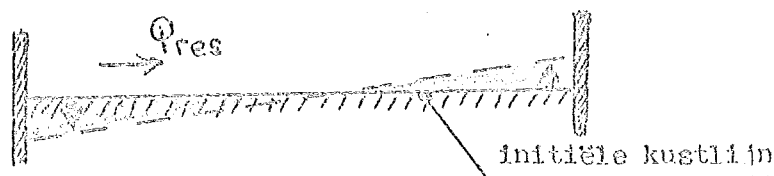
Deze bedraagt $\pm 10^5 \text{ m}^3 / \text{jr N.O.}-\text{waarts}$.

De snelste achteruitgang van de kust treedt op t.p.v. de zuidkaap.

In genoemd rapport wordt deze bepaald op $\pm 100 \text{ m}$ in 5 jaar.

Ter plaatse van de noordkaap zal kustaangroei plaats vinden als het langstransport verhinderd wordt of zal zandverlies optreden.

Als het zandverlies beperkt of verhinderd wordt, zal de kustlijn dus gaan verdraaien volgens figuur 16.



figuur 16

Teneinde zulke erosies en verliezen dan wel sedimentaties te voorkomen, wordt hierna in hoofdstuk IV de kustlijn van de

landaanwinning bepaald volgens het volgende ontwerpprincipe:

De oriëntatie van de kustlijn wordt zodanig bepaald, dat geen resulterend langstransport het gevolg van golfaanval ontstaat.

De kustlijnoriëntatie zal een dynamische evenwichtslijn zijn, omdat het gehele golfklimaat de ligging beïnvloedt.

Hoofdstuk IV - Westelijke hoofdverdediging.

IV.1. Werkwijze.

De westelijke zeevering van de landaanwinning wordt uitgevoerd als een zandige kust, bestaande uit duinen, strand en vooroever. De dynamische evenwichtskustlijnoriëntatie wordt bepaald d.m.v. zandtransportberekeningen.

Aangezien alleen het totale langstransport in dit onderzoek van belang is en bovendien de invloed van het horizontale getij verwaarloosd mag worden in de brandingszone t.o.v. de golfinvloed (zie hoofdstuk II.2.), worden de zandtransporten langs de kust berekend met de C.E.R.C.-formule:

$$Q = A \cdot H_0^2 \cdot c_0 \cdot K_{r, br}^2 \sin \varphi_{br} \cos \varphi_{br} \quad (4.1)$$

waarin:

- Q = zandtransport
- A = transportcoëfficiënt
- H_0 = golfhoogte op diep water
- $K_{r, br}$ = refractiecoëfficiënt op brekerlijn
- c_0 = fasesnelheid op diep water
- φ_{br} = hoek tussen golfkam en brekerlijn

Deze empirisch bepaalde transportformule is gebaseerd op de volgende aannamen:

- Het energieverlies van de golven wordt veroorzaakt door het breken van de golven. Het energieverlies van diep water tot aan de brekerdiepte (dissipatie door bodemwrijving) wordt verwaarloosd t.o.v. de verliezen in de brandingszone.
- Het zandtransport langs de kust wordt evenredig gesteld aan de langcomponent van het energieverlies.
- Invloed van muren en dwarastroom op het zandtransport wordt verwaarloosd t.o.v. golfinvloed.

Voor een nadere uitwerking van formule (4.1) wordt verwezen naar appendixes B en C.

De gemiddelde evenwichtskustlijn wordt bepaald door het gehele golfklimaat; als zandverlies uit een zeker kustvak wordt verhinderd, zal deze evenwichtslijn loodrecht staan op de vectoriële som van de vermogens der golven.

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^M E_i \cdot \vec{c}_{g,i} \quad (4.2)$$

waarin:

P = resulterend vermogen

E = golfenergie golfklasse (i) = $\frac{1}{8} \rho g H_1^2$

H_1 = root - mean - square golfhoogte

ρ = dichtheid van het water

g = versnelling zwaartekracht

c_g = groepsnelheid golfklasse (i)

M = totaal aantal golfklassen

De waarde van $\vec{c}_{g,i}$ op de brekerlijn dient bepaald te worden om het resulterende vermogen $\vec{P}$ te kennen.

De brekerlijn is vooralsnog qua oriëntatie onbekend; de kustlijn, hieraan evenwijdig, wordt juist gezocht.

Alleen als de aanname gedaan wordt, dat alle dieptelijnen recht en evenwijdig aan elkaar lopen, kan $\vec{c}_{g,br}$ berekend worden uit de wet van Snellius:

$$\frac{\sin \varphi}{c} = \text{constant.}$$

Deze berekening dient voor elke golfklasse (alle richtingen en alle periodes T) uitgevoerd te worden om uiteindelijk het resulterend vermogen, $\vec{P}$, te kunnen bepalen.

Eenzijds wordt gesteld, dat de bodemgeometrie voor de Zuid-Hollandse kust niet geschematiseerd mag worden door rechte, evenwijdige dieptelijn; in deelonderzoek "Refractieberekeningen" [17] wordt een duidelijk verschil aangegeven in uitkomsten tussen computerberekeningen (grillig dieptelijnenpatroon) en handberekeningen (dieptelijnen recht en evenwijdig).

Anderzijds zijn de golfgegevens bekend op de dieptelijn RAY -12 N met als oriëntatie 45^0 t.o.v. Noord; vanaf deze "vaste" dieptelijnen kan niet m.b.v. de wet van Snellius naar de kust gerekend worden, als de kustlijn niet bekend is.

Derhalve wordt de volgende berekeningsmethode gevolgd ter bepaling van die kustlijnoriëntatie, waarbij resulterend geen langstransport optreedt:

- Voor enkele kustlijnoriëntaties wordt het netto zandtransport bepaald m.b.v. de "totale" C.E.R.C.-formule:

$$Q_t = \sum_{i=1}^M p_i Q_i \quad (4.3)$$

waarin:

Q_t = netto langstransport

p_i = kans op voorkomen van golfklasse i

Q_i = transportbijdrage golfklasse i

Q_i $\hat{=}$ formule (4.1)

- Hieruit volgt het netto zandtransport als functie van de oriëntatie.

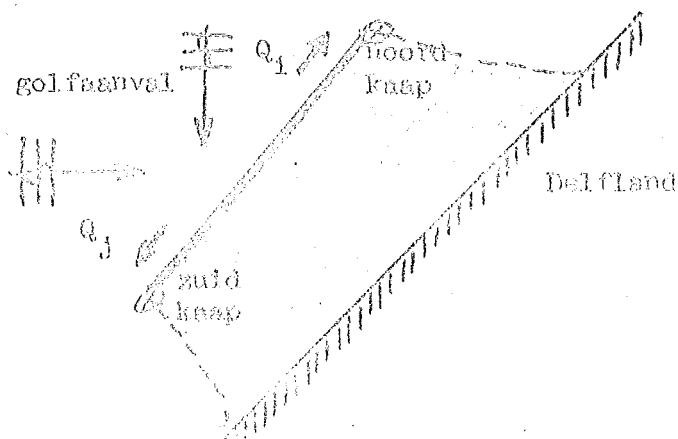
De oriëntatie wordt uitgedrukt in de hoekverdraaiing $\Delta\varphi$ t.o.v. de dieptelijn NAP -12 m; deze wordt aangenomen niet qua richting te veranderen door de aanleg van de landaanwinning.

- Uit bovenstaande: $Q = f(\Delta\varphi)$ volgt dan de gezochte zgn. nuloriëntatie: $\Delta\varphi_0$ te noemen.

Opmerking: deze berekeningswijze is niet principieel anders dan die m.b.v. formule (4,2); de uiteindelijk te vinden evenwichtskustlijn staat ook loodrecht op de vektor $\vec{P}$.

Ondanks het feit, dat geen resulterend transport langs de kust zal optreden, moet rekening worden gehouden met zandverlies aan de noord- en zuidkaap als deze "vrij" worden uitgevoerd, zie figuur 17.

Deze problematiek komt in hoofdstuk V aan de orde.



figuur 17

IV.2. Gemiddelde kustlijnoriëntatie.

De zandtransportberekeningen zijn uitgevoerd met behulp van de computer. Het door de schrijver hiervoor speciaal geschreven programma, "Z-H", is opgebouwd uit onderdelen van enkele reeds ontwikkelde programma's, zoals "CERC" en "ZAND".

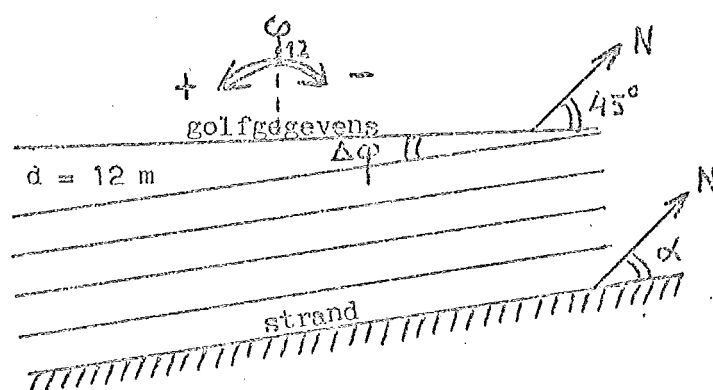
Deze bestaande programma's zijn echter niet zo uitgebreid, dat transportberekeningen uitgevoerd kunnen worden t.g.v. het gehele golfklimaat en een variabele hoekverdraaiing $\Delta\phi$ in het dieptelijnenpatroon opgenomen is.

Bijlagen 19a en b geven het programma "Z-H".

De golfgegevens worden als frequentieverdeling ingevoerd op "startrekendiepte" $d = 12$ m.

Deze staan in de bijlagen 15 a t/m c vermeld.

De bodemschematisatie volgt uit figuur 18.



figuur 18
schematisatie
dieptelijnenpatroon

Hieruit blijkt, dat de dieptelijnen van het strandgedeelte tot $d = 12$ m recht en evenwijdig worden aangenomen. De hoekverdraaiing $\Delta\phi$ zal zodanig moeten zijn, dat de hoek α van de kustlijn t.o.v. noord kleiner wordt.

In de huidige situatie langs de Delflandse kust (oriëntatie ongeveer 45^0 t.o.v. noord) is immers een netto noordoostwaarts langstransport aanwezig.

In het computerprogramma is $\Delta\phi$ negatief als de golfrichtingssectoren aangegeven worden zoals in figuur 18 en appendix A.

Deze richtingssectoren ϕ_{12} ter grootte van 30^0 zijn ingevoerd omdat de golfrichtingen op diep water ook in klassen ter grootte van 30^0 zijn ingedeeld (gegevens afkomstig van de lichtschepen Texel en Coere). Na refractieberekening vanaf diep water [17]

vindt opnieuw klasse-indeling plaats op de dieptelijn NAP -12 m. In het algemeen is klasse-indeling van de golfparameters -hoogte, -periode en -richting noodzakelijk om de transportberekeningen numeriek te kunnen uitvoeren.

De indeling in vrij grote richtingssectoren van 30^0 op de 12 m-dieptelijn lijkt de beoogde nauwkeurigheid van een speciaal opgezette refractieberekening teniet te doen. Een onderzoekje hiernaar levert evenwel als resultaat, dat een dergelijke schematisatie nauwelijks tot geen invloed heeft. Hiervoor wordt verwezen naar appendix C.

De transporten worden berekend met de C.E.R.C.-formule (uit (4.1) en (4.3)):

$$Q = \sum_{i=1}^M p_i A H_{12}^2 c_{12} \cos \varphi_{12} \sin \varphi_{br} \quad (4.4)$$

waarin:

Q = resulterend zandtransport

A = constante coëfficiënt

φ_{br} = hoek tussen golfkam en brekerlijn

H_{12} = significante golfhoogte op 12 m-dieptelijn

p_i = kans op voorkomen van golfklasse i

Uit formule (4.4) blijkt, dat de waarde van de constante A geen invloed heeft op de waarde van $\Delta\varphi_0$; hierbij geldt immers: $Q = 0$. De berekeningsresultaten met het programma "Z-R" staan samengevat in bijlage 20.

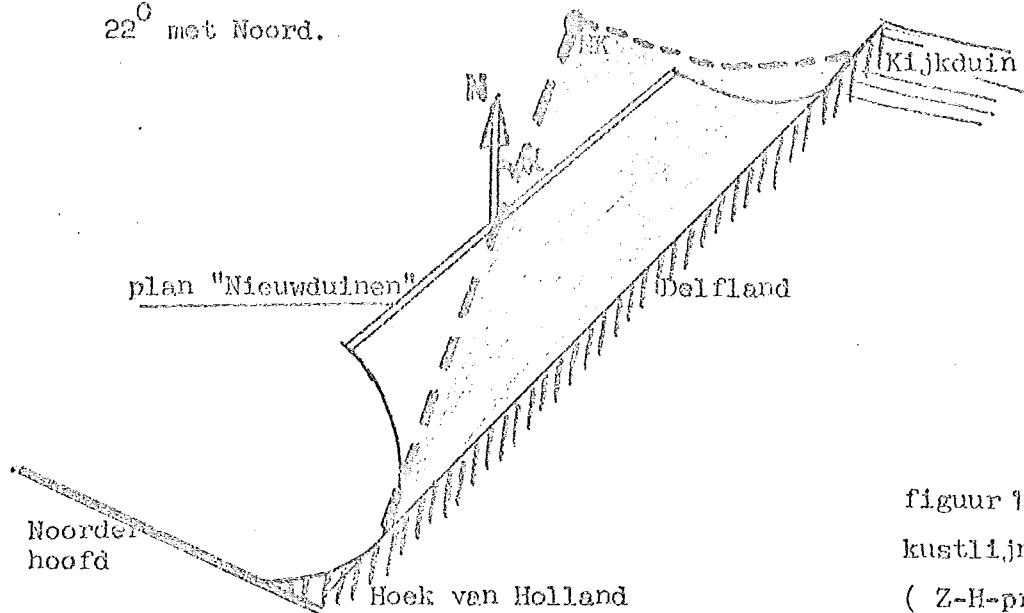
De grootte der resulterende transporten (Q_{res}) is afhankelijk van de waarde van de coëfficiënt A in formule (4.4).

Hiervoor wordt verwezen naar appendix C. Deze factor is slechts een schaalfactor, zoals blijkt uit figuur in bijlage 21: netto langstransport (Q_{res}) als functie van $\Delta\varphi$ en γ .

Uit deze bijlage 21 volgen twee zaken:

- de invloed van de brekerindex $\gamma (= H_{br}/h_{br})$ op de grootte van $\Delta\varphi_0$ is zeer klein;
- de waarde van $\Delta\varphi_0 = -23^0$.

Met behoud van dezelfde oppervlakte aan nieuw land als plan "Nieuwduinen" zou deze hoekverdraaiing inhouden, dat de vorm van de landaanwinning driehoekig wordt; de noordkaap steekt in dat geval zeer ver in zee uit (zie figuur 19). De kustlijn zal in dit geval een hoek α hebben ter grootte van 22° met Noord.



figuur 19 .
kustlijnoriëntatie
(Z-H-programma)
schaal 1:100000

De berekeningen met het computerprogramma "Z-H" worden uitgevoerd met de in figuur 18 aangegeven bodemschematisatie. In dit eenvoudige numerieke model kan geen andere "knikdiepte" dan de diepte waarop de golfgegevens bekend zijn, worden ingevoerd.

De "numerieke" aanname, dat het dieptelijnenpatroon volgens figuur 18 zal zijn ($d_{\text{knik}} = 12 \text{ m}$), is echter niet erg reëel. Hiermee worden de resultaten van de "Z-H"-berekeningen weliswaar onbetrouwbaar, maar niet nutteloos.

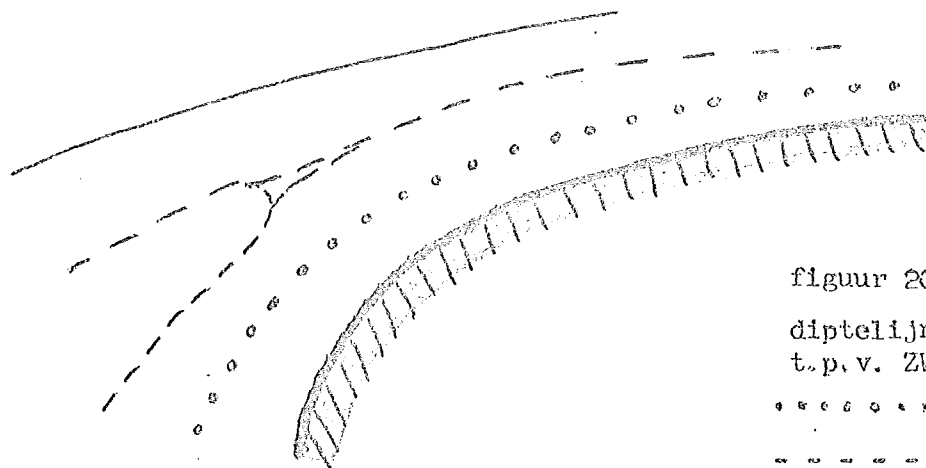
Ten eerste is gebleken, dat de waarde van γ nauwelijks invloed uitoefent op de grootte van $\Delta\phi_0$. Ten tweede worden, in appendix C, de resultaten (voor $\Delta\phi = 0^\circ$) gebruikt.

De volgende overwegingen hebben geleid tot de aanname van een andere bodemschematisatie:

- Uit het dieptelijnenverloop voor het nieuwe strand van Hoek van Holland (zie bijlage 1) volgt, dat dieptelijn NAP -8 m

min of meer evenwijdig aan de vroegere kustlijn aldaar loopt; de dieptelijn NAP -5 m volgt de oriëntatie van de waterlijn.

- Casteleyn signaleert in zijn onderzoek naar de kustontwikkeling van Texel [13], dat t.p.v. de zuid-west punt de dieptelijn NAP -7,5 m zowel de kustlijn volgt als evenwijdig loopt aan bv. dieptelijn NAP -10 m (zie figuur 20).



figuur 20

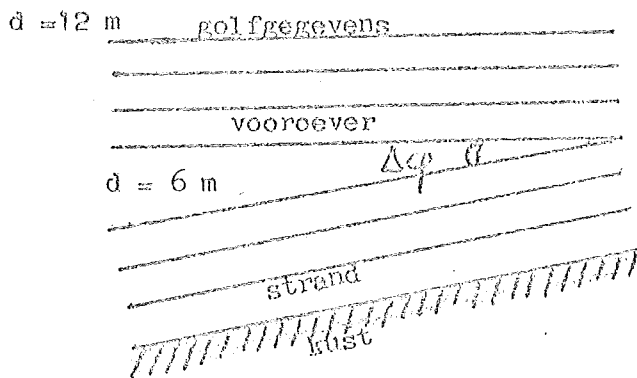
dieptelijnenverloop
t.p.v. ZW-punt Texel

..... N A P -5 m
- - - - - N A P -7,5 m
————— N A P -10 m

- Van Overeem neemt in zijn onderzoek naar de aanleg van een zanddam voor Goeree [19] aan, dat de dieptelijn NAP -5 m niet beïnvloed zal worden door de damaanleg en derhalve dezelfde oriëntatie zal behouden. Dit op grond van o.a. de overweging, dat de brekende golven in hoofdzaak het strandprofiel bepalen. De diepte t.p.v. de uiterste brekerlijn wordt als grens genomen als zijnde nog van invloed op de strandvorming. Langs de Hollandse kust bevinden zich de eerste brekerbanken op een diepte NAP -4 m, zie bv. bijlage 22. Uit (transport)berekeningen blijkt, dat bijna alle golfklassen, gekarakteriseerd door H_s , beginnen te breken op diepte

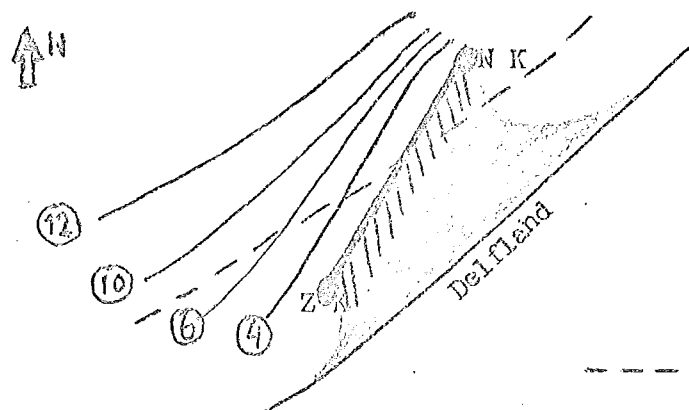
$$(h_{br}) < 5 \text{ m bij aangenomen brekerindex } \gamma = 0.5.$$

Bovenstaande leidt tot de volgende "numerieke" aanname: de diepte waarop het dieptelijnenverloop een knik vertoont is NAP -6 m. Deze schematisatie, aangegeven in figuur 21, wordt aangenomen geldig te zijn langs het gehele nieuwe kustvak.



figuur 21
schematisatie
dieptelijnenverloop

- Deze aanname - twee groepen evenwijdige dieptelijn die op $d = 6$ m een hoek $\Delta \varphi$ met elkaar maken- wordt bovendien ingegeven door het feit, dat bij verdraaiing van de kustlijn t.o.v. hoek $\alpha = 45^0$ (huidige situatie) het dieptelijnenverloop enigszins divergerend zal worden. De noordkaap van het gebied zal verder in zee uitsteken dan de zuidkaap, zodat t.p.v. deze noordkaap (zie figuur 22) ebstromcontractie een steller talud zal veroorzaken dan verder zuidwaarts.



figuur 22
verwachte
dieptelijnen-
verloop
----- huidige
dieptelijn N A P-10

De zandtransportberekeningen zullen in dit onderzoek verder uitgevoerd worden m.b.v. het computerprogramma "Kustconstanten". In dit numerieke model, "KC" te noemen, dat ontwikkeld is door Casteleyn [13], is de mogelijkheid ingebouwd de bodem te schematiseren tot twee groepen evenwijdige dieptelijnen die een hoek met elkaar maken. De toe te passen formules, afgeleid door Bakker e.a. [2], voor de zandtransportberekening zijn gebaseerd op de C.E.N.C.-formule. In appendix B wordt hiervan een beknopt overzicht gegeven.

Opmerking: Het bleek noodzakelijk te zijn programmawijzigingen in "KC" aan te brengen teneinde het programma algemeen toepasbaar te maken.

Deze wijzigingen en aanvullingen betreffen voornamelijk het onderdeel "DiffRACTie". Hiervoor wordt verwezen naar Appendix B.

Voor enkele waarden van $\Delta\varphi$ wordt het resulterende transport (Q_{res}) vermeld in bijlage 24. De getalwaarden zijn afhankelijk van de in te voeren schaafactor A; dit is de evenredigheidscoëfficiënt in de C.E.R.C.-formule (zie Appendix B)...

Bijlage 25 geeft het resulterend transport als functie van de hoekverdraaiing $\Delta\varphi$.

Het resultaat van de berekeningen, voor $d_{x2} = 6$ m en $\gamma = 0,7$, is: $\Delta\varphi_0 = -12^0$.

Figuur 24, blz. 37, geeft de kustlijn aan die dynamisch in evenwicht zal zijn t.g.v. golfinvloed, $\alpha = 33^0$ t.o.v. noord. De juistheid van dit berekeningsresultaat kan niet getoetst worden aan een in evenwicht zijnd kustvak, aangezien - als een dergelijke kust al te vinden is - het golfklimaat en de voor- oever niet hetzelfde zullen zijn.

Wel kan gesteld worden, dat enkele onzekere factoren in de C.E.R.C.-formule de resultaten niet beïnvloeden.

Formules (B.1) en (B.3) uit Appendix B geven:

$$Q = \sum_{i=1}^M \left\{ p_i \cdot A \cdot \frac{1}{16} \rho_w g^2 \gamma^2 h_{br}^3 \cdot \frac{\sin(\varphi_{x2} + \Delta\varphi)}{c_{x2}} \cos \varphi_{br} \right\} \quad (4.5)$$

waarin:

" x_2 " : "knik"-dieptelijn

Q : resulterend langstransport

→ Invloed brekerindex, γ in formule (4.5):

De waarde van $\gamma (= H_{br} / h_{br})$ is voor een onregelmatig golfveld niet goed bekend. Metingen geven een puntenwolk in een figuur, zoals bijlage 26 aangeeft. Uit de figuur in bijlage 27 blijkt echter de invloed van de grootte van γ op $\Delta\varphi_0$ zeer klein te zijn; de berekeningen zijn uitgevoerd voor $\gamma = 0,5$ en $\gamma = 0,7$.

- Invloed evenredigheidscoëfficiënt, A in (4.5):

De waarde van A is niet goed bekend; deze geeft de verhouding weer van het langstransport en de langscomponent van het (golf)energieverlies; zie bijlage 4.

Deze factor kan in het algemeen ook niet goed bekend zijn, omdat deze o.m. afhangt van de korreldiameter (D_{50}).

Gelukkig is deze coëfficiënt slechts een schaaftactor en dus niet van invloed op de grootte van $\Delta(\varphi_0)$ ($Q_{res} = 0$).

- Invloed knikdiepte, d_{x2} in "KC":

De "numerieke" aanname op welke diepte d_{x2} een hoekverdraaiing

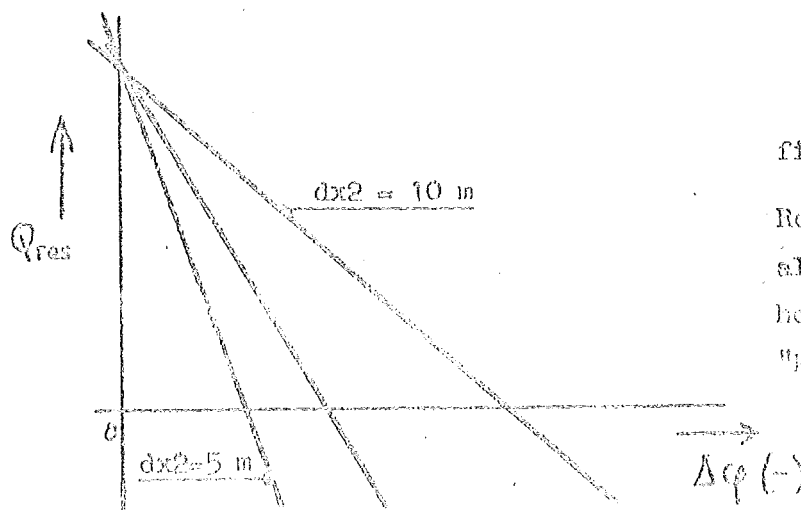
$\Delta(\varphi)$ optreedt tussen strand en vooroever, blijkt als enige

factor wel invloed te hebben op $\Delta(\varphi_0)$ (zie bijlagen 24 en 25).

d_{x2} (m)	$\Delta(\varphi_0)$ (graden)	α (graden t o v. noord)
5	- 10°	35°
6	- 12°	33°
10	- 17°	28°

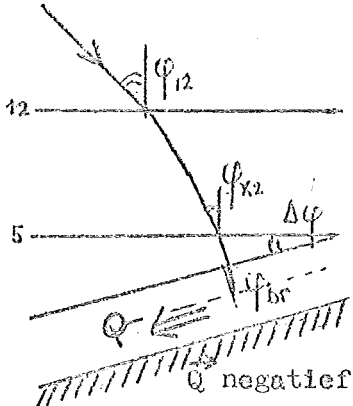
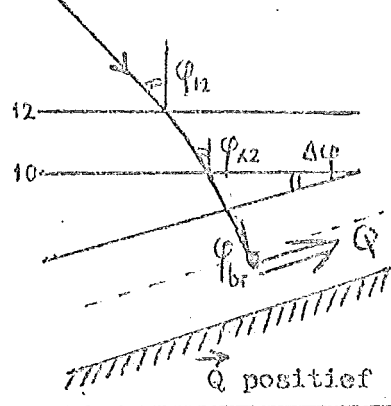
tabel 4.1

Dat de functie $Q = f(\Delta(\varphi), d_{x2})$ een stralenbundel is, zoals aangegeven in figuur 23, zal met een voorbeeld worden verduidelijkt.



figuur 23.

Resultierend transport
als functie van
hoekverdraaiing $\Delta\varphi$ en
"knikdiepte" dx_2

tabel 4.2.	
voorbeeld: $\varphi_{12} = +45^0$, $\Delta\varphi = -15^0$	
A:	B:
$d_{x2} = 5 \text{ m}$ $\varphi_{x2} = +12^0$ $\varphi_{x2} + \Delta\varphi = -3^0$ $\varphi_{br} = -2^0$	$d_{x2} = 10 \text{ m}$ $\varphi_{x2} = +35^0$ $\varphi_{x2} + \Delta\varphi = +20^0$ $\varphi_{br} = +5^0$
	

Als een golfklasse, na reeds sterk te zijn gerefracteerd, dan alsnog een $\Delta\varphi$ "opgelegd" krijgt, is het zeer wel mogelijk, dat de component van het energieverlies langs de kust van richting omkeert; zie voorbeeld in tabel 4.2 A.

Als deze golfklasse reeds "vroeg" op zijn weg naar de brekerlijn een $\Delta\varphi$ opgelegd krijgt, waarbij de hoek $(\varphi_{x2} + \Delta\varphi)$ hetzelfde teken heeft als de hoek φ_{12} , zal de transportrichting niet wijzigen; zie tabel 4.2 B.

Kortom, het resulterend transport bij zekere $\Delta\varphi$ is kleiner (d.w.z. minder positief of negatiever) naarmate de waarde van d_{x2} afneemt. De vorm van de stralenbundel in figuur 23 en bijlage 25 volgt hier derhalve uit.

Opmerking: In bijlage 25 staan tevens de resultaten van de berekeningen "Z-H" getekend. De verklaring voor de verschillen ("Z-H" $\leftrightarrow$ "KC") wordt in de Appendices B en C gegeven.

In het vervolg van dit onderzoek wordt de bodemschematisatie aangehouden zoals hiervoor aangenomen is: $d_{x2} = 6 \text{ m}$.

De berekeningen met de andere aannamen voor deze knikdiepte zijn gemaakt om een betrouwbaarheidsinterval aan te geven.

- Voor $d_{x2} = 5 \text{ m}$ geldt, dat deze overgangsdiepte zeker een minimum zal zijn; de brekende golven beïnvloeden het strandprofiel zeker tot deze diepte;
- Voor $d_{x2} = 10 \text{ m}$ geldt, dat deze overgangsdiepte als extreem groot gezien moet worden, wat de invloed op de vorming van het strandprofiel betreft;
- Voor een iets minder grote overgangsdiepte dan $d_{x2} = 10 \text{ m}$ zijn geen berekeningen uitgevoerd.

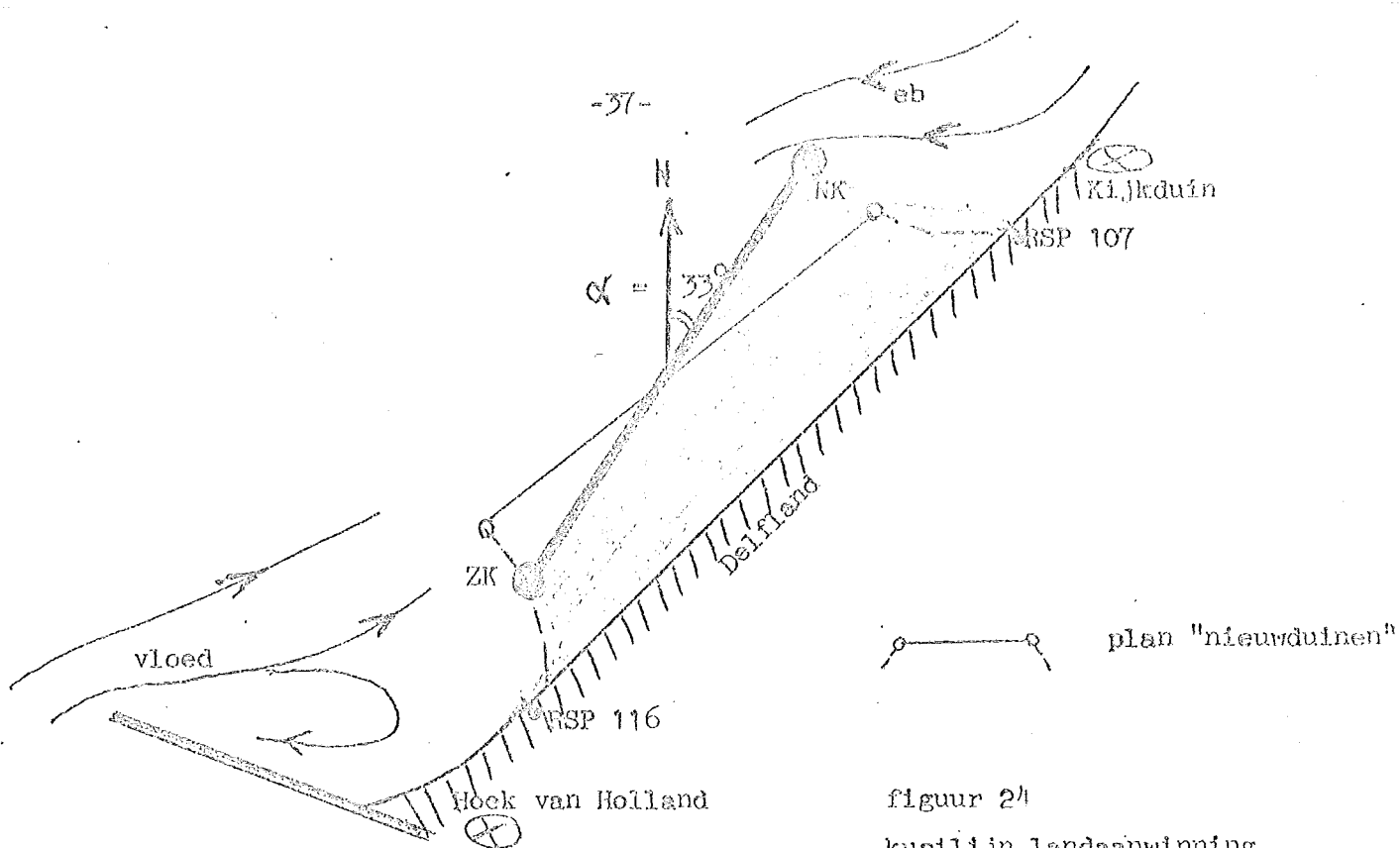
Uit de gemaakte berekeningen kan in ieder geval geconcludeerd worden, dat met voldoende betrouwbaarheid de evenwichtskustlijn een oriëntatie zal moeten hebben, waarbij $\Delta \varphi = -12^\circ$ ($\alpha = 33^\circ$).

Na aanleg van de landaanwinning zal pas blijken in hoeverre deze berekende oriëntatie zich werkelijk zal instellen. Enerzijds heeft een fout in de berekening ter grootte van 1° een voor- respectievelijk achteruitgang t.p.v. de kapen tot gevolg ter grootte van $\sim 50 \text{ m}$ (lengte kustlijn ongeveer 6 km). Anderzijds zullen altijd schommelingen t.g.v. tijdelijk éénzijdige wind optreden om de evenwichtskustlijn.

De problematiek van dit laatste komt in hoofdstuk V aan de orde.

De evenwichtskustlijn staat in figuur 24 aangegeven.

Omdat dezelfde hoeveelheid nieuw te winnen land als in plan "Nieuwduinen" wordt nagestreefd, betekent dit, dat de noordelijke kaap $\pm 700 \text{ m}$ verder in zee komt te liggen dan die van "Nieuwduinen" (huidige diepte 12 m) en de zuidelijke kaap evenveel minder ver (huidige diepte 8 m).



In het algemeen worden in tabel 4.3 de voor- en nadelen aangegeven van deze vorm tov. de reeds opgestelde plannen "Nieuwduinen" en "Kustlokatie voor Delfland". De te verwachten stroom-situatie staat schetsmatig in figuur 24 aangegeven. Meer dan deze kwalitatieve aanduiding van de stroominvloeden is niet mogelijk zonder een getijberekening op te zetten.

De voor- en nadelen worden niet afgewogen; wel geven tabel 4.3, blz. 38, en figuur 24 aan op welke punten speciale aandacht gericht zal moeten zijn.

- De noordkaap;
- De invloed op het kustvak Kijkduin - Scheveningen;
- Het dwarsprofiel (uiteindelijk evenwicht en aanleg).

Het golfklimaat is bepaald als gemiddelde waarde voor het gehele gebied dicht bij de kust, zie hoofdstuk II.3.

De evenwichtskustlijnoriëntatie ($\alpha = 33^0$) geldt dus voor het gehele nieuwe kustvak.

Uitzondering hierop kunnen de kustgedeeltes dicht bij de kopen vormen; de oriëntatie aldaar is afhankelijk van de wijze, waarop deze beschermd worden tegen instabiliteit. Dit wordt in hoofdstuk V behandeld.

Omdat de huidige diepte t.p.v. de zuidkaap het geringst is (8 m), wordt aldaar de jachthaven geprojecteerd; bovendien vormen de hiervoor benodigde havendammen dan het vaste element ter voorkoming van instabiliteit.

<u>voordelen</u>	<u>nadelen</u>
Geen resulterend langstransport	Noordkaap is een nautisch obstakel
Relatief gemakkelijk te realiseren zuidelijke aansluiting	Relatief moeilijk te realiseren noordelijke aansluiting
Betere geleiding van de vloedstroom	Minder goede geleiding van de ebstroom,
Jachthaven t.p.v. zuidkaap minder kostbaar (geringere diepte)	Uitschuring van vooroever van noordkaap t.g.v. sterkere stroomcontractie
Grotere en meer beschutte baai voor Kijkduin	Veel extra zand zal t.p.v. vooroever aangebracht moeten worden
Minder kans op vervuiling van (tweezijdig) beschermde zuidbaai	Meer kans op vervuiling van de noordbaai
Extra bescherming van kust is niet noodzakelijk	

tabel 4.3 Landaanwinning voor Delfland

IV.3. Dwarsprofiel.

Voor de bepaling van de helling van het aan te leggen strand en de vooroever, het dwarsprofiel, wordt uitgegaan van bestaande profielen langs de Zuid-Hollandse kust. Opmetingen van profielen zijn als bijlagen opgenomen.

- bijlagen 7 en 8: profielen t.p.v. het nieuwe strand bij
Hoek van Holland(RSP 117)
- bijlage 22 : profiel Delflandse kust t.p.v. RSP 110
- bijlage 23 : profiel kustvak benoorden Scheveningen,
RSP 93 t.p.v. Wassenaarse Slag.

Bovendien zal een vergelijking gemaakt worden met berekende evenwichtsprofielen volgens methode "Swart" [24].

Uit de metingen in genoemde bijlagen blijkt, dat de bestaande profielen in dynamisch evenwicht zijn. Schommelingen om de evenwichtsligging treden op, omdat het golfklimaat niet constant is.

De gemiddelde hellingen van bestaande dwarsprofielen volgen uit tabel 4.4, waarbij de verschillende delen van het profiel aangeduid worden met de diepte t.o.v. N.A.P..

rasi: RSP 93		RSP 110		RSP 117	
diepte (m)	helling	diepte (m)	helling	diepte (m)	helling
+ 2	1: 30	+ 2	1: 25	+ 2	1: 30
- 1		0		- 1	
- 4	1: 50	- 4	1: 50	brekerbanken	
- 12	1: 200	- 7	1: 100	- 4	1: 100
			1: 300		
↓	zeer flauw	↓	zeer flauw	↓	zeer flauw

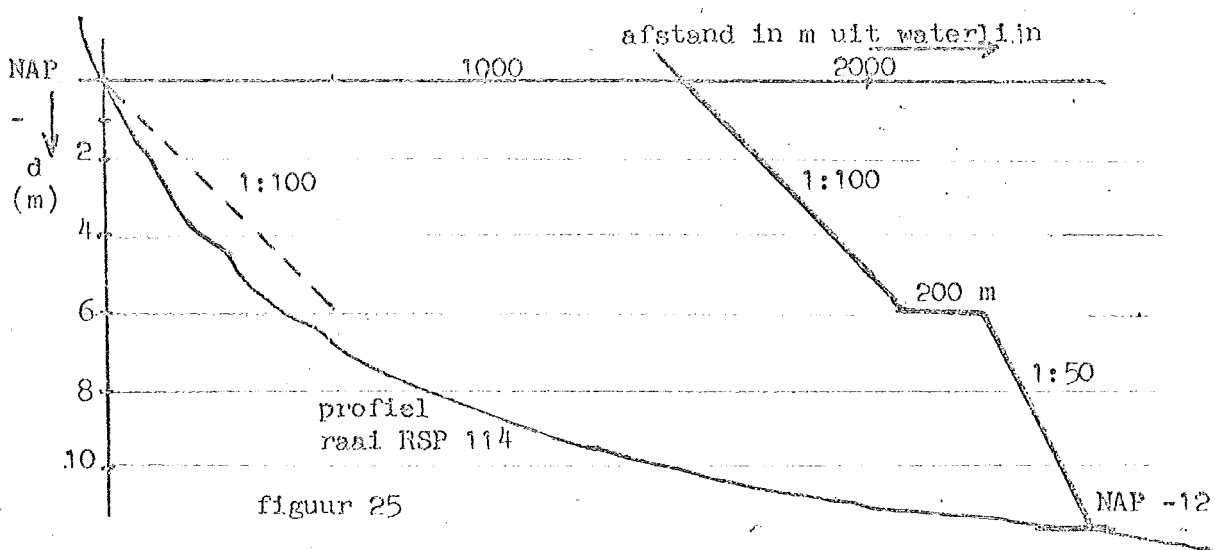
tabel 4.4

Voor de helling van het nieuw aan te leggen strand wordt de volgende keuze gemaakt: 1:100, van N.A.P. +1 m(hoogwaterlijn) tot N.A.P. -6 m.

Zoals ook uit figuur 25 blijkt, is deze helling flauwer dan die van bestaande strandprofielen langs de Hollandse kust (tabel 4.4).

De motivatie hiervoor is:

"Geef de zee voldoende zand om een evenwichtsprofiel te vinden"



Deze helling, 1:100, dient tot N.A.P. -6 m aangelegd te worden, omdat tot deze diepte de golven de strandvorming bepalen.

Deze aanname is in hoofdstuk IV.2 gemotiveerd. Voor extreme omstandigheden volgt hieronder een nadere motivatie. De brekende golven veroorzaken opwoeling van het zand en daarmee dwars- en langstransport.

Brekerdieptes $h_{br} (= H_{br} / \gamma) > 6$ m komen uiteraard wel voor, maar onder deze extreme golfcondities treedt dan t.g.v. opwaaiing waterstandsverhoging op.

Zelfs bij superstormvloedcondities wordt het zand, dat van de duinen afgeslagen wordt, zeer vermoedelijk niet verder zeewaarts getransporteerd dan N.A.P. -5 m à N.A.P. -6 m.

Opmetingen van deze zgn. stormprofielen wijzen dit uit en deze liggen ten grondslag aan richtlijnen voor afslagberekeningen bij stormvloed [26].

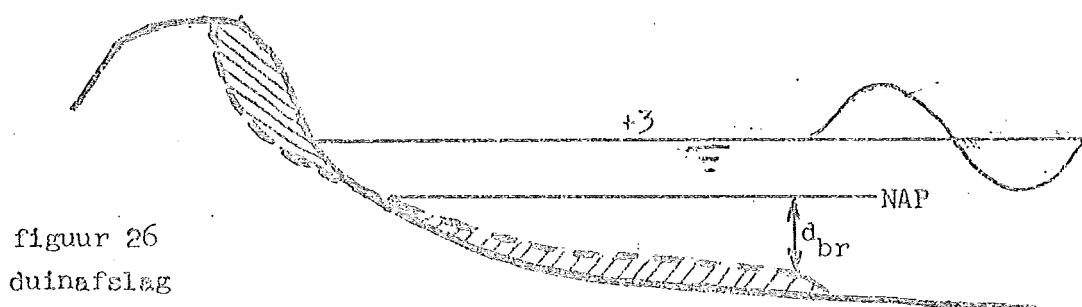
Voor een voorbeeld van stormprofiel en afslagberekening voor de Delflandse kust wordt verwezen naar Schaap [21]; bijlage 9 is overgenomen uit dit rapport.

Het dwarstransport onder stormomstandigheden vindt plaats tot ongeveer de buitenbegrenzing van de brandingszône, de brekerlijn.

En uit bijlage 9 en uit onderstaand voorbeeld blijkt, dat de aangenomen ondergrens van het strandprofiel "diep" genoeg gekozen is:

- storm met $H_s = 6$ m (op brekerlijn) ;
- $\gamma = 0.7$; $h_{br} = 8.5$ m ;
- waterstand NAP + 3 m ; $d_{br} = 5.5$ m (zie fig 26) ;

toe K in
fig. 26
deze



De duinhoogte wordt gesteld op N.A.P. + 10 m; de breedte van de duinen op 200 m, mede uit recreatief oogpunt.

Deze waarden voldoen ruim aan de veiligheidsnormen van de Technische Adviescommissie voor Waterkeringen[26].

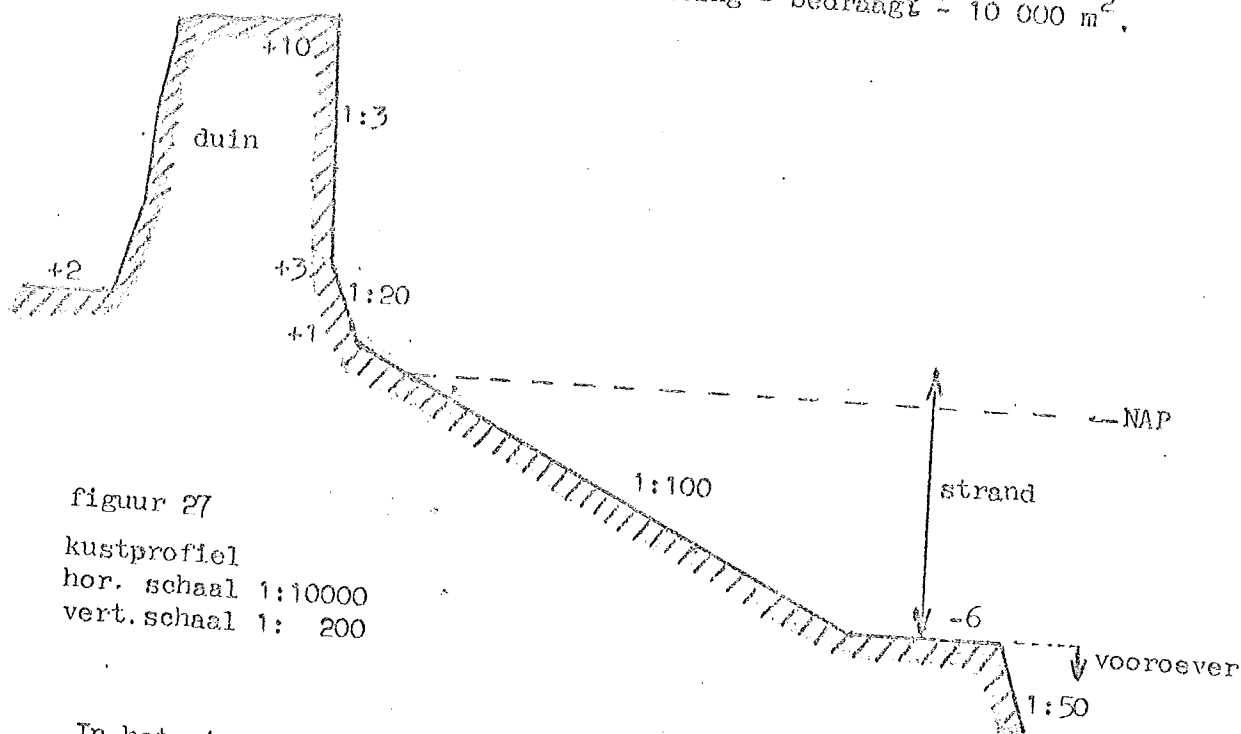
Berekeningen omtrent deze zaken zijn door Schaap voor dezelfde situatie uitgevoerd[21]. Derhalve wordt volstaan met de verwijzing.

Beneden diepte N.A.P. -6 m beïnvloeden de golven dus de kustvorming niet. Het profiel van de nieuwe kust kan derhalve vanaf N.A.P. -6 m met een steilere helling (steiler dan 1:100) aangesloten worden op de bestaande zeebodem. Om eventueel zandverlies uit het strandgedeelte te voorkomen bij zeer zware stormaanval, wordt als bufferzône een plaat aangelegd op N.A.P. -6 m ter breedte van 200 m.

Voor de helling van het profiel vanaf N.A.P. -6 m tot aansluiting met de huidige zeebodem wordt gekozen: 1:50.

Voor een "middelen"aal van de nieuwe kustlijn, t.p.v. punt M in figuur 24, staat het ontwerpdoorsnede profiel aangegeven in

figuur 25. De "aansluitdiepte" is N.A.P. -12 m. (zie blz 40).
In figuur 27 staat het kustprofiel (duin- en strandgedeelte) aan-
gegeven. Het gemiddelde oppervlak van het dwarsprofiel (t.p.v.M)
- achterzijde duinenrij tot aansluiting - bedraagt $\pm 10\ 000\ m^2$.



figuur 27
kustprofiel
hor. schaal 1:10000
vert. schaal 1: 200

In het strandgedeelte zal zich een evenwichtsprofiel instellen. Swart geeft in zijn proefschrift [24] berekeningsmethodes aan ter bepaling van evenwichts (D-) profielen. De vorm van het evenwichtsprofiel is afhankelijk van de golfhoogte H , golfperiode T en korreldiameter D_{50} . Voor de door Swart afgeleide formules en aangehouden schematisaties wordt verwezen naar Appendix D. Aangenomen wordt, dat het gemiddelde evenwichtsprofiel bepaald wordt door de gemiddelde energiestroom naar de kust:

$$P = \frac{1}{8} \rho g H^2 c_g \quad (4.6)$$

De in de berekening in te voeren golfhoogte is derhalve H_{rms} , de golfperiode de daarbij behorende T_{eq} . De korreldiameter D_{50} aanwezig in het strandgedeelte van de Delflandse kust, is niet onderzocht. Wel blijkt uit bijlage 28, dat de korreldiameter D_{50} op de vooreever een vrij grote spreiding vertoont. Derhalve zijn berekeningen uitgevoerd voor drie D_{50} -waarden, nl.

150 μ , 200 μ en 250 μ .

Swarts formules bevatten de parameter H_0 , de golfhoogte op diep water; het shoalingeffect is verdisconteerd in de afgeleide formules. Derhalve wordt de golfhoogte op diep water berekend, die qua energiestroom, formule (4.6), bepalend is: het gewogen gemiddelde der golfhoogtes H_{rms} .

In deelonderzoek "Refractieberekeningen" [18] is de gezamenlijke kansfunctie $p(H_{s,o}, T, \Theta_0)$ berekend.

Sommatie over alle golfperiodes T en relevante richtingssectoren Θ_0 geeft de marginale kansfunctie $p(H_{s,o})$.

Aangenomen wordt, dat het golfspectrum smal is; er geldt dan:

$$H_{rms} = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot H_{1/3} \quad (4.7)$$

Het gewogen gemiddelde der golfhoogtes H_{rms} wordt gevonden door de som der golfhoogteklassen, vermenigvuldigd met de kans hierop, te delen door marginale kans (alle H_0 , alle T en alle relevante Θ_0):

$$\overline{H_{rms}} = \frac{\sum_{i=1}^M \{H_{rms,i} * p_i\}}{\sum_{i=1}^M p_i} \quad (4.8)$$

waarin:

p_i = (marginale) kans op golfhoogteklasse i

M = totaal aantal golfhoogteklassen.

Deze berekening staat in tabelvorm in bijlage 29.

Het resultaat is:

$$\overline{H_{rms}} = 0.85 \text{ m.}$$

De "bijbehorende" golfperiode T_{eq} wordt berekend uit de resultaten van het onderzoek Golfklimatologie [16].

Uit formule 4.7 volgt, dat de golfhoogte $H_{1/3}$ die overeenkomt met $\overline{H_{rms}} = 0.85$ m, gelijk is aan 1.20 m; deze golfhoogte "valt" overeenkomstig bijlage 11 in de klasse 0.75 $\leq H \leq$ 1.25 m met de meest waarschijnlijke periode $T = 4$ s.

De periode $T_{eq} (= 1.23 T_{m0,2}$ zie Appendix A) is derhalve:

$$T_{eq} = 5 \text{ s.}$$

Ook het berekende verband tussen $T_{m0,2}$ en $H^{1/3}$ op "diep" water (bijlage 30) geeft dit resultaat. Dit verband, dat uiteraard alleen op de zuidelijke Noordzee geldig is, luidt:

$$T_{m0,2} = 4.3 \left(H^{1/3} \right)^{0.4}$$

De berekeningen van de evenwichtsprofielen (mbv. computer-programma "SY") staan vermeld in de bijlagen 31 a t/m c.

De "D"-profielen staan hierin tevens getekend. De ondergrens van de "D"-profielen, h_m , wordt aangegeven t.o.v. stilwaterniveau.

Bij deze ingevoerde golfhoogte, $H_{rms} = 0.85 \text{ m}$, wordt het stilwaterniveau gelijk gesteld aan N.A.P.,

Vergelijking van het D-profiel met bestaande strandprofielen langs de Delflandse kust leert, dat de overeenkomst helaas slecht genoemd moet worden.

Hiermee wordt uiteraard niet Swarts theorie in twijfel getrokken; immers de energiestroom (H en T) en het korrelmateriaal (D_{50}) bepalen de evenwichtsligging van het profiel.

Maar de afgeleide formules, zie Appendix D, komen nauwelijks overeen met bestaande situaties.

Voor twee raaien langs de Delflandse kust, RSP 110 en RSP 116, staan de verschillende profielen in bijlagen 31 en 32.

De "verkelijke" evenwichtsprofielen staan hierin tevens getekend. Hieruit blijkt, dat nadere studie omtrent dit punt zeer gewenst is.

Kanttekeningen op dit punt zijn de volgende:

- Swarts formules zijn voornamelijk uit modelproeven met loodrecht invallende regelmatige golven afgeleid.

De invloed van refractie verdisconteren betekent, dat de in te voeren golfhoogte op diep water groter dient te zijn; in het algemeen geldt nl:

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \theta_0}{\cos \theta_{br}}} \quad (\text{aanname: rechte evenwijdige dieptelijnen})$$

In het algemeen is deze factor < 1 .

Gelijke energiestroom in de brandingszone als bij niet refracterende golven wordt dus verkregen door H_0 te vermenvuldigen met factor $1/K_r$.

Het D-profiel met een grotere golfhoogte H_0 komt echter nog slechter overeen met het Delflandse strandprofiel (lengte wordt groter en h_m nauwelijks groter); zie bijlage 33.

- De vergelijking (bijlagen 32a en 32b) is gemaakt voor korreldiameter $D_{50} = 200\mu$.

Een kleinere waarde hiervoor houdt in, dat het D-profiel langer wordt en minder diep; e.q. overeenkomst nog slechter. Een grotere waarde betekent, dat de lengte iets beter overeenstemt, de diepte ($h_m = 1.94$) is evenwel niet goed te noemen; zie bijlage 34.

- Vergelijkingen op andere plaatsen langs de Hollandse kust zijn niet gemaakt.

Derhalve kan niet in het algemeen geconcludeerd worden, dat de formules niet goed voldoen. Maar nader onderzoek zal kunnen leiden tot in de praktijk beter toepasbare theoretische D-profiel-berekeningen.

Hoofdstuk V - Kustlijnberoekeningen westkust.

V.1. Werkwijze.

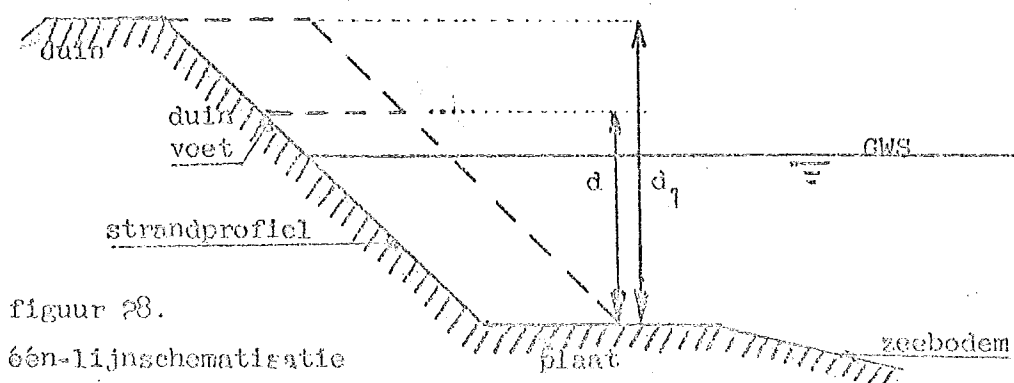
De westelijke kustlijn is weliswaar gemiddeld in evenwicht, maar met zandverlies aan de kapen dient rekening gehouden te worden, indien geen afsluitende dammen gebouwd worden. Afhankelijk van de vorm der kapen zal de ligging van de gemiddelde kustlijn berekend worden. Diffractie-invloed zal immers verdisconteerd dienen te worden.

Bovendien wordt de invloed berekend van langdurig eenzijdige wind, e.g. golven, op de gemiddelde ligging; tenslotte de invloed van zware stormen.

De kustlijnberoekeningen worden uitgevoerd met het computerprogramma "Kustlijn", door Casteleyn ontwikkeld [13].

Dit numerieke model, "KL1", is gebaseerd op eerder ontwikkelde programma's betreffende de kustdynamica, o.a. Bakker [1] en van Bochove [5].

De berekeningen in "KL1" zijn gebaseerd op de zgn. één-lijntheorie: het strandgedeelte van de kust wordt geschematiseerd tot één lijn die bij verandering alleen evenwijdig verplaatst wordt (zie figuur 28).



figuur 28.

één-lijnschematisatie

Het kustgedeelte beneden zekere diepte wordt geacht niet aan de ontwikkeling van de kust bij te dragen.

De diepte d van dit schematische profiel is afhankelijk van de situatie:

- bij erosie wordt de verticale afstand quintop - plaat (d_1 in figuur 28) aangenomen;
- bij vooruitgang wordt de verticale afstand duinvoet - plaat aangenomen (d in figuur 28).

Opmerking: in het algemeen heeft d in de verschillende rekenpunten steeds dezelfde waarde toegekend gekregen: alleen als tevoren bekend is, waar erosie dan wel aangroei zal optreden, wordt de waarde van d "aangepast".

Voor de gebruikte formules in het "KL1"-programma wordt verwezen naar Appendix E.

In dit onderzoek wordt de aandacht gericht op het totaalbeeld van de kustontwikkeling. Hoewel de éénlijn-schematisatie een niet zo goede overeenstemming met bestaande strandprofielen lijkt te hebben, wordt toch "KL1" toegepast.

De mogelijkheid het profiel tot meer lijnen te schematiseren is numeriek aanwezig: "NL", zie Van Overeem [20].

Opmerking: In Appendix E zal aangegeven worden voor één bepaald geval, dat de overeenkomst tussen uitkomsten van berekeningen met "KL1", resp. "NL" beter overeenstemmen dan eerder gesuggereerd. Bijlage 36b geeft dit aan.

De in te voeren gegevens in het programma "KL1" zijn de volgende:

- Q = transportcapaciteit;
- $q = - \frac{\delta Q}{\delta \alpha}$ = verandering van transport bij verdraaiing van kustlijn over hoek α ;
- d = "diepte" van het profiel;
- p = dwarstransport (is nul gesteld);

De berekening van de plaatsafhankelijke kustconstanten Q en q wordt uitgevoerd met programma "KC".

De hierna volgende paragrafen zijn gewijd aan berekeningen van de kustlijn(ontwikkeling) van de westelijke zeeoevering.

In tabel 5.1 wordt aangegeven welke gevallen (dan ook zeecondities en kaapvormen) achtereenvolgens behandeld worden.

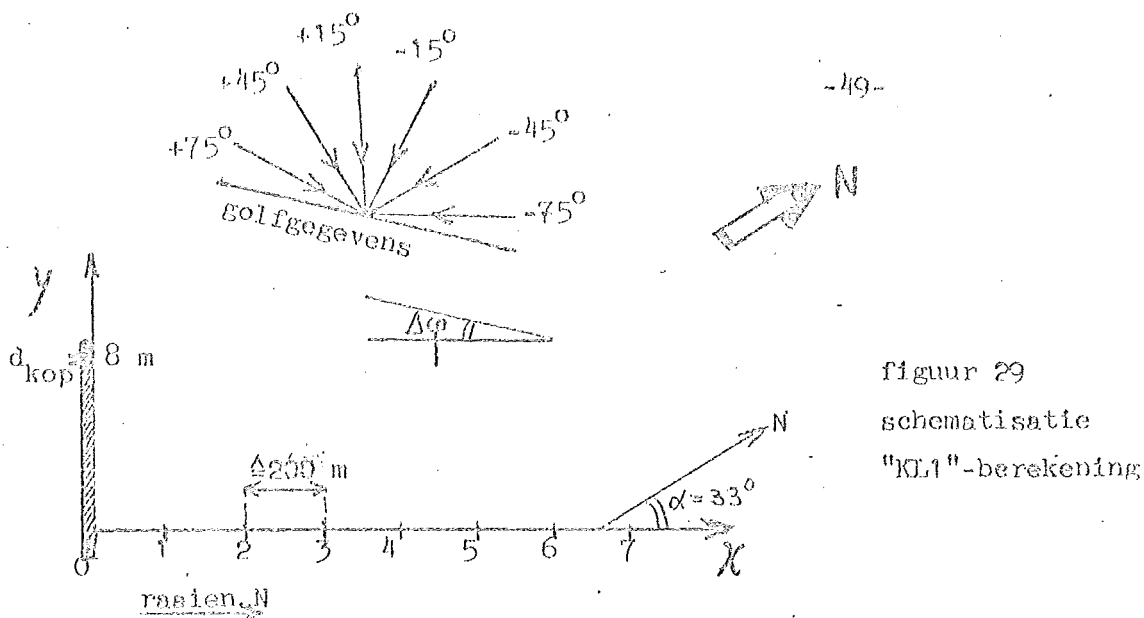
<u>zeecondities</u>	<u>kaepvormen</u>	<u>bijlage(n)</u>
golfklimaat (initieel rechte kust)	noord: vrij zuid : afgesloten	37 a t/m c
golfklimaat (initieel gekromde kust)	noord: vrij zuid : afgesloten	39 a t/m c
golfklimaat (initieel rechte kust) Opmerking: in "ongestoorde" raaien $Q_{res} \neq 0$	noord: afgesloten zuid : afgesloten	41 a t/m d
alleen ZZW-wind (initiele kust: gemiddelde oriëntatie)	noord: afgesloten zuid : afgesloten	44
alleen ZZW-wind (initiele kust: gemiddelde oriëntatie)	noord: vrij zuid : afgesloten	45b

tabel 5.1 computerberekeningen - overzicht.

V.2 Gemiddelde kustlijn noordkaap - zuidkaap

Uitgangspunt is een jachthaven t.p.v. de zuidkaap; de daarvoor aan te leggen dammen dienen o.a. langstransport te verhinderen. Voor een initieel rechte kust staan de waarden der kusteconstanten Q en q in de rekenraaien N (zie figuur 29) samengevat in bijlage 35.

Voor de evenredigheidscoëfficiënt in de te gebruiken C.E.R.C.-transportformule wordt verwezen naar Appendix B.



figuur 29
schematisatie
"KL1"-berekening

De diepte t.p.v. de kop van de dam is gesteld op 8 m (buiten de brandingszone en kust nog niet aangegroeid in raaien 0 en 1). De raaiafstand $\Delta x = 200$ m.

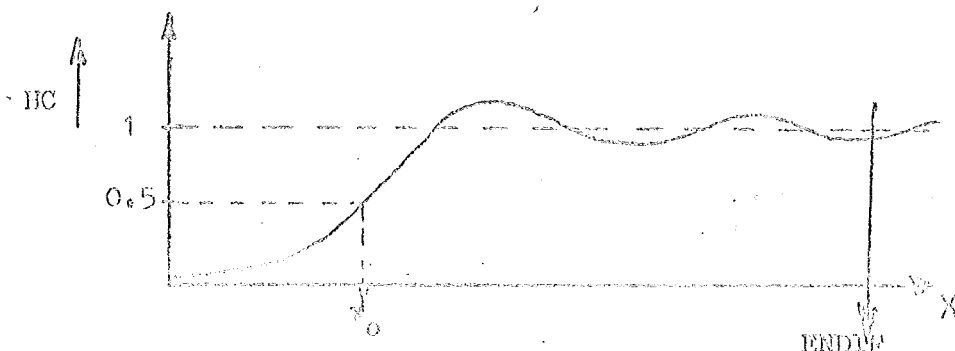
Deze stapgrootte is gekozen enerzijds om de computerrekentijd te beperken, anderzijds om de diffractie-invloed nog tamelijk zuiver te verdisconteren; voor de stapgrootte-aanwijzing wordt verwezen naar Appendix B.

De totale lengte van de westelijke kust zal ± 6 km bedragen. In de "KL1"-berekeningen is het gebied dus verdeeld in 30 kustvakken; de rekenraaien zijn: $N = 0$ t/m 30.

De kustconstanten Q en q worden berekend tot buiten de invloedssfeer van de zuidkaapdam(kop).

Deze diffractie-invloed van de kop is theoretisch tot oneindig ver van de dam merkbaar, zie figuur 30.

Het verloop van deze invloed is afhankelijk van de invalsricting φ en de golfperiode T ; de verhouding der golfhogtes na en voor diffractie, uitgedrukt in factor HC , dempt voor de positieve golfrichtingen φ (zie figuur 29) snel uit in positieve x -richting.



figuur 30

diffractiecoëfficiënt HC als functie van de afstand x van dam;
 $x < 0$: schaduwbijeen

$$Q_{\alpha} = Q_0 - q \frac{\delta y}{\delta x} \quad (5.1)$$

waarin:

Q_0 = langstransport evenwijdig x-as

$$q = - \frac{\delta Q}{\delta \alpha}$$

$$\frac{\delta y}{\delta x} = \alpha', \text{ voor kleine hoeken uitgedrukt in radialen}$$

Het is derhalve de vraag in hoeverre de kustconstante q constant is

Voor de kustoriëntatie volgens figuur 31, ongeveer overeenkomende met de geschematiseerde toestand na 10 jaar, bijlage 37c, zijn "KC"-berekeningen uitgevoerd.

De verdraaiing t.o.v. de initiële kustlijn is gesteld op 16^0 ; aangezien $\Delta \varphi_0 = -12^0$, worden de kustconstanten berekend voor $\Delta \varphi = + 4^0$.

De berekeningsresultaten voor de raaien $N = 0, 1$ en 3 staan samengevat in bijlage 38.

Hierin staan tevens de waarden van q vermeld, berekend bij $\Delta \varphi_0 = 12^0$.

Behalve voor $N = 0$ blijken de verschillen klein te zijn;

q mag dus, in dit geval inderdaad constant worden verondersteld. De kustlijnberekening met de uitgangssituatie zoals in figuur 31 aangegeven staat, geeft als resultaat toch wel veranderingen te zien.

Bijlage 39a geeft de invoergegevens en een deel der berekeningen.

Omdat $q(0)$ een andere waarde heeft, verandert $Q_{\alpha}(0)$ derhalve ook, zie formule (5.1). De aangroeilengte is derhalve ook verschillend, t.o.v. de eerste berekening, bijlage 37c.

$t = 0$	$t = 10 \text{ jaar}$
$y(0) = 0 \text{ m}$	$y(0) = 240 \text{ m}$
$y(0) = 200 \text{ m}$	$y(0) = 230 \text{ m}$

Tabel 5.1

Dit verschil is evenwel verwaarloosbaar klein, zoals tabel 5.1 aangeeft.

- Een belangrijker berekeningsresultaat is evenwel, dat de kustlijn nauwelijks achteruitgang vertoont, als in de beginsituatie reeds zand opgespoten wordt in het schaduwgebied van de zuidkaapdam; bijlage 39c geeft dit aan; m.a.w. het proces wordt versneld.

Dit te verwachten resultaat is wederom een aanwijzing voor de betrouwbaarheid van het programma "Kustlijn".

Opmerking: bij de "KL1"-programmaberekeningen dient het volgende in acht genomen te worden.

Ook al is de kustlijn in de uitgangssituatie niet overal evenwijdig aan de gekozen x-as, moet toch voor de kustconstante Q de waarde Q_{x0} ingevoerd worden: het langstransport evenwijdig aan de x-as.

Als immers in dat geval voor Q het transport langs de initiële kustoriëntatie wordt ingevoerd, wordt de invloed van kustlijnverdraaiing "dubbel" verdisconteerd; zie formule (5.1) en [13].

In de tot nu toe uitgevoerde kustlijnberoekeningen is de noordkaap, raai 30, geheel "open" voor langstransport aangenomen. Weliswaar geldt aldaar: $Q_{res} = 0$, maar de westelijke golfrichtingssectoren zorgen voor N.O.-waarts transport, c.q. er treedt wel zandverlies op.

Voor het geval, dat dit verlies geheel voorkomen wordt door een dam in NW-richting, worden kustlijnberoekeningen uitgevoerd. De hiervoor benodigde gegevens, de kustconstanten Q en q , zijn voor de raaen 20 t/m 30 in bijlage 40 opgenomen. Deze "KC"-berekeningsresultaten gelden voor een initieel rechte kustlijn. De bodemschematisatie is onveranderd: $d_{kop} = 8$ m, $d_{x2} = 6$ m, $\Delta(\rho_0 = 12^\circ$; zie bijlage 40.

De beginvoorwaarde is: $y = 0$ voor alle N .

De randvoorwaarden zijn: $Q(0) = 0$ en $Q(30) = 0$.

Bijlage 41a geeft de invoer van het "KL1"-programma en een klein deel van de berekeningsuitvoer.

Bijlagen 41 b t/m d geven de kustlijn grafisch weer: respectievelijk na 1, 5 en 10 jaar.

De vooruitgang in raai 30 bedraagt 95 m na 10 jaar, terwijl deze na 5 jaar reeds 84 m bedraagt.

De kustlijn blijkt na 10 jaar bovendien een verdraaiing ondergaan te hebben ter grootte van $0,3^0$, zie bijlage 41d.

De oorzaak hiervan is, dat in de "ongestoorde" raaien 12 t/m 21 niet ingevoerd is: $Q = 0$, teneinde tegelijkertijd het effect te onderzoeken van een klein resulterend transport (N.O.-waarts) op de gemiddelde kustlijnoriëntatie.

Het gevolg van een kleine fout in de berekening van $\Delta \varphi_0 (= -12^0)$ blijkt derhalve niet groot te zijn.

De grootste achteruitgang treedt op in raaien 6 en 7; deze bedraagt ~ 20 m.

De kustlijnberekening zonder dit bovengenoemde (extra) resulterend transport (bijlage 37c) geeft voor de achteruitgang in deze raaien: ~ 16 m.

De nauwkeurigheid van kustlijnberekeningen is evenwel niet zo groot, dat uit dergelijke verschillen (bijlage 37c $\leftrightarrow$ bijlage 41d) enige conclusies getrokken mogen worden; zie voor dit punt Appendix E en Bakker [5].

Wel kan gesteld worden, dat de achteruitgang in de raaien 5 t/m 10 absoluut zeer klein is, 15 à 20 m.

Als bovendien in de beginsituatie reeds zand gespoten wordt in het schaduwgebied (raaien 0 t/m 4), zal zelfs geen erosie optreden, zie bijlage 39c.

Bijlage 41d geeft een duidelijk verschil in vooruitgang te zien tussen de raaien 0 en 30 (zuid- resp. noordkaap): $y_{(0)} > y_{(30)}$. Dit lijkt een merkwaardige berekeningsuitkomst te zijn; in het middendeel der westkust geldt immers: $Q_{\text{res}} = 0$.

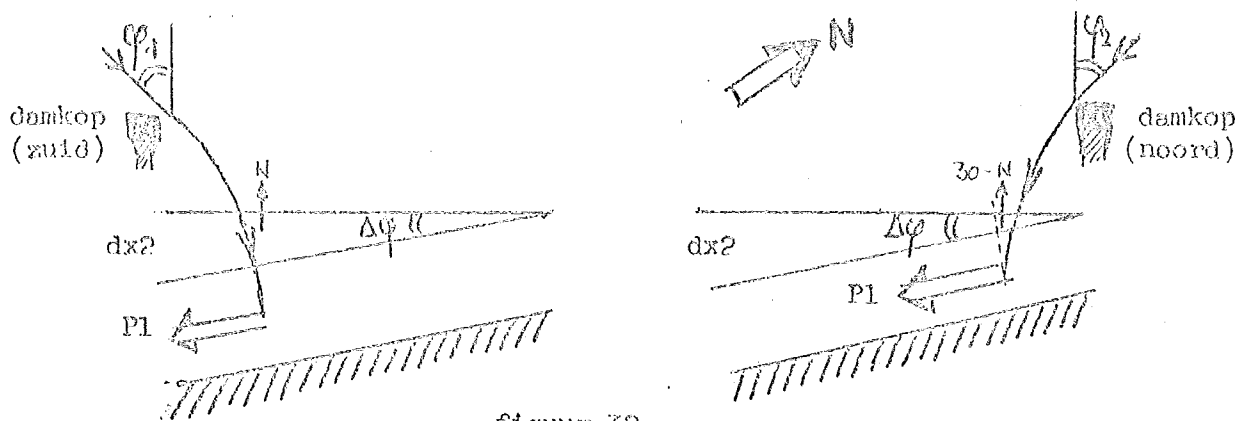
De dieptelijnen van het strand maken evenwel een hoek ($\Delta \varphi = -12^0$) met de groep vooroeverdieptelijnen.

De transportbijdragen van de gediffracteerte golven in een raai (N) verschillen dan van die in een raai (30 - N), d.w.z. in de gespiegelde situatie. Figuur 32 geeft voor één richting φ aan, dat de vergelijkbare bijdragen aan het langstransport zelfs gelijkgericht kunnen zijn.

In vergelijkbare raaien zijn de resulterende transporten derhalve verschillend (in absolute waarde).

Uit Bijlagen 35 en 40 volgt bv:

$N = 3$	$N = 27$
$Q_{res} = -227000 \text{ (m}^3/\text{jr)}$ zuidwaarts	$Q_{res} = +42000 \text{ (m}^3/\text{jr)}$ noordwaarts



figuur 32

diffRACTIE-invloed-verschil; $|\varphi_1| = |\varphi_2|$

De aangehouden schematisatie heeft een grotere invloed dan de werkelijke situatie zal hebben. Maar de berekende kustlijn geeft in ieder geval de volgende indicatie aan: er zal enig verschil optreden in aangroeilengte L t.p.v. de kapen.

Lengte zuidkaapdam.

Hiervoor is de aangroeilengte van de westelijke kust t.p.v. de zuidkaap in de evenwichtssituatie bepaald op ongeveer 250 m (bijlage 37c).

Het langstransport door golven, dat door de dam tegengehouden moet worden, vindt plaats in een gebied ter grootte van ongeveer $1.5 \times$ breedte brandingszone (zie Battjes [6]).

Extreme condities worden buiten beschouwing gelaten, omdat in dat geval enig zandverlies toelaatbaar wordt geacht.

Alleen golfinvloed wordt beschouwd. De breedte van het transportgebied wordt bepaald voor golfomstandigheden met overschrijdingskans van 5 % (≈ 18 dagen per jaar).

Uit deelonderzoek [17] volgt voor de golfhoogte $H_{s,br} = 2 \text{ m}$. Voor een strandafslinging 1:100 en bezettingsgraad $\gamma = 0.7$ is de breedte van het transportgebied in dit geval:

$$1.5 \times (100 \times \frac{2}{0.7}) = 450 \text{ m.}$$

Voor de lengte van de (noordelijke) zuidkaapdam volgt hieruit:

$$l = 450 + 250 = 700 \text{ m.}$$

Noordkaap: zie hoofdstuk VII.

V.3. Invloed langdurig eenzijdige wind.

Om een indruk te krijgen van de grootte van de schommelingen van de kustlijn om de gemiddelde oriëntatie wordt voor het volgende extreme geval kustlijnberekeningen uitgevoerd. Stel, dat de golfrichting ($\phi_{12} = +75^0$ (zuid-zuidwest) zijn gehele jaarlijkse transportbijdrage in een aaneengesloten periode doet gelden. Uit bijlage 15a volgt, dat de kans op voorkomen van deze golfvalsrichting 12.6% bedraagt; dit komt overeen met ongeveer 1 1/2 maand per jaar.

De kustconstanten Q en q voor alleen deze " $\phi_{12} = 75^0$ "-invloed worden bepaald uit de reeds gemaakte "KC"-berekeningen. Bijlage 42 bevat de samengevatte berekening der benodigde kustconstanten voor de raaien $N = 0$ t/m $N = 13$ ($\Delta = \text{ENDIF}$).

De kustlijnberekening staat vermeld in bijlage 43 en de kustlijn na ongeveer 1 1/2 maand in bijlage 44.

De uitgangssituatie is de reeds berekende evenwichtskustlijn voor het geval ook t.p.v. de noordkaap een transportkerende dam aanwezig is.

De maximale achteruitgang treedt op t.p.v. raai $N = 3$:

$$\Delta y = -9 \text{ m.}$$

Zelfs voor een extreme situatie als hier beschouwd, is de kustachteruitgang gering. De vooruitgang t.p.v. raai 30 (noordkaap) bedraagt 470 m.

In deze kustlijnberekening is voor de waarde van d , de diepte van het profiel, ingevoerd: 16 m; dit is de verticale afstand tussen duintop (NAP + 10 m) en plaat (NAP + 6m). Voor de raaien en kustvakken waar erosie optreedt is deze aanname juist; als er sprake is van sedimentatie op korte termijn dient een kleinere waarde van d ingevoerd te worden: $d = 9 \text{ m}$ (afstand duinvoet - plaat).

De aangroei t.p.v. raai 30 zal derhalve groter zijn dan berekend met de gedane aanname.

Er is geen extra "KL1"-berekening uitgevoerd, omdat bij een bekende golfvalsrichting, φ^1 , de aangroei t.p.v. een dam berekend kan worden met formule:

$$L(t) = \sqrt{\frac{4 \varphi^1 Q t}{\pi d}} \quad (5.2)$$

waarin:

L = aangroeilengte

t = tijd

φ^1 = hoek tussen golfkam en diepteliijn op diepte d_{x2} (= 6m)
in rad

Q = langstransport

d = profieldiepte

De waarde φ^1 in formule 5.2 wordt bepaald als een gemiddelde waarde uit de "KC"-berekeningen:

$$\varphi_{12} = + 75^0;$$

$$\varphi_6 \approx + 50^0 \text{ (afhankelijk van golfperiode T);}$$

$$\Delta \varphi = - 12^0$$

$$\varphi^1 \approx + 38^0 \hat{=} 0,6 \text{ rad.}$$

Met $Q = 1,0 \times 10^5 \text{ m}^3 / \text{jr}$ (zie bijlage 42) volgt uit formule (5.2) voor de aangroeilengte na ongeveer 50 dagen constant ZZW- wind (diepte $d = 9 \text{ m}$):

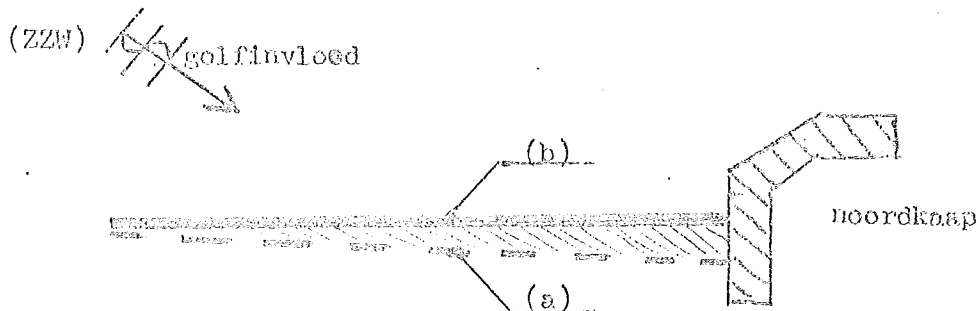
$$L \approx 90 \text{ m.}$$

Voor het geval de noordkaap geheel "vrij" voor langstransport wordt aangenomen, moet in een dergelijke situatie als hiervoor genoemd met een zandverlies rekening gehouden worden ter grootte van $\pm 1,0 \times 10^5 \text{ m}^3$; deze getalwaarde is een geheel theoretische.

De grootte van het zandverlies is namelijk afhankelijk van:

- de duur van een bepaalde wind- (e.g. golf-) richting;
- de aanname van de waarde van de transportcoëfficiënt (zie Appendix B);
- de initiale situatie t.p.v. de "vrije" noordkaap.

Wat dit laatste punt betreft, volgt uit figuur 33, dat het zandverlies in dit geval veel geringer is bij de initiële situatie (a) dan bij initiële situatie (b).



figuur 33

Voor de situatie (b) uit figuur 33 geeft bijlage 45b de kustlijn aan na ongeveer 1 1/2 maand constant ZZW-wind-invloed. Het zuidelijk deel der westkust vertoont uiteraard dezelfde veranderingen als hiervoor reeds berekend is (bijlage 44).

Voor de uitgangssituatie, waarbij op $t = 0$ reeds zand opgespoten is t.p.v. de raaien $N = 0$ t/m 6 (kustlijn in bijlage 39c) is geen "KL1"-berekening uitgevoerd ter bepaling van de zgn. " $\phi_{12} = 75^0$ "-invloed.

De kustlijn vertoont immers nauwelijks achteruitgang, zie bijlagen 44 en 45b. De definitieve vorm van de noordkaap wordt pas bepaald, nadat de problematiek van de noordelijke baai aan de orde geweest is in hoofdstuk VI.

Als de noordkaap "vrij" wordt uitgevoerd, zoals in figuur 33 staat aangegeven, wordt de achteruitgang t.p.v. raal 30 berekend t.g.v. langdurige noordenwind ($\phi_{12} = -45^0$).

Bijlage 15c geeft aan, dat de marginale kans op voorkomen 12,5% bedraagt. Voor deze extreme situatie, dat gedurende een aaneengesloten periode van ongeveer 45 dagen de golf-invloed ($\phi_{12} = -45^0$) alleen optreedt, volgt de achteruitgang $I. (t)$ uit formule (5.2):

$$I. (t) = \sqrt{\frac{4 (\phi_{12}^2) q t}{W d}}$$

- De grootte van Q volgt uit de "KC"-berekeningen bij
 $\Delta \varphi_0 = -12^0$; $Q = 143000 \text{ m}^3 / \text{jr}$ ($\text{m}^3 / 45 \text{ dgn}$).
- Uit dezelfde berekeningen volgt voor de gemiddelde waarde van φ_{x2} op "knikdiepte" $d_{x2} = 6 \text{ m}$: ($\varphi_{x2} = -36^0$; aangezien $\Delta \varphi_0 = -12^0$, wordt $\varphi^1 \cong -48^0 \cong -0,82 \text{ rad}$.
- Voor de waarde van d wordt 16 m ingevoerd. Deze gegevens leveren voor de grootte van de achteruitgang:

$$L = 100 \text{ m.}$$

Dit gegeven wordt bij de definitieve bepaling van de vorm van de noordkaap, in hoofdstuk VII, gebruikt.

V.4 Invloed zware storm.

Om een indruk te krijgen van het effect van het langstransport t.g.v. een zware storm op de kustlijn, wordt het volgende geval berekend (Noordwesterstorm):

- $H_{s,br} = 4 \text{ m}$; $\gamma = 0,7$; $h_{br} = 5,7 \text{ m}$; ($\varphi_{br} \cong -0,2 \text{ rad}$).
- Uit de transportformule van het C.E.R.C., formule (4.5), volgt voor de langstransportcapaciteit: $Q \cong 20 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{jr}$.

Voor een aangenomen stormduur van 12 uur volgt voor de aangroei t.p.v. zuidkaap dam (met d in (5.2) = 9 m)

$$L = 30 \text{ m.}$$

De achteruitgang t.p.v. "vrije" noordkaap zal in dit extreme geval (met d in (5.2) = 16 m) bedragen:

$$L = 20 \text{ m.}$$

De invloed voor het geval zich een dam t.p.v. noordkaap in N.W.-richting bevindt, is niet berekend. Door diffractie-effecten zal bij een N.W.-storm nauwelijks enige achteruitgang t.p.v. deze dam optreden; vergelijk hiervoor het effect van de zgn. " $\varphi_{12} = +75^0$ "-invloed op de situatie bij de zuidkaapdam: bijlage 44.

Er is weliswaar een zeer grote transportcapaciteit aanwezig in het middengedeelte van de westlaast, maar de invloed op de kustligging is toch klein, omdat de tijdsduur kort is en de gradiënt van de capaciteit zeer klein is.

Alleen in het kustvak tussen de raaien 20 en 25 zal achteruitgang optreden als er een dam t.p.v. de noordkaap (raai 30) ligt.

Deze situatie is vergelijkbaar met de " $\varphi_{12} = + 75^0$ "-invloed t.p.v. de zuidkaap (zie bijlage 4^h).

De invloed is echter veel geringer door de beperkte tijdsduur (1/2 dag).

Algemeen dient tenslotte opgemerkt te worden, dat de hierboven berekende waarden slechts een globale aanduiding zijn; de orde van grootte van het effect van een extreme situatie is berekend. Dwaarstransport is hierbij buiten beschouwing gelaten, terwijl dit eveneens de kustligging beïnvloedt; zie hoofdstuk IV.3.

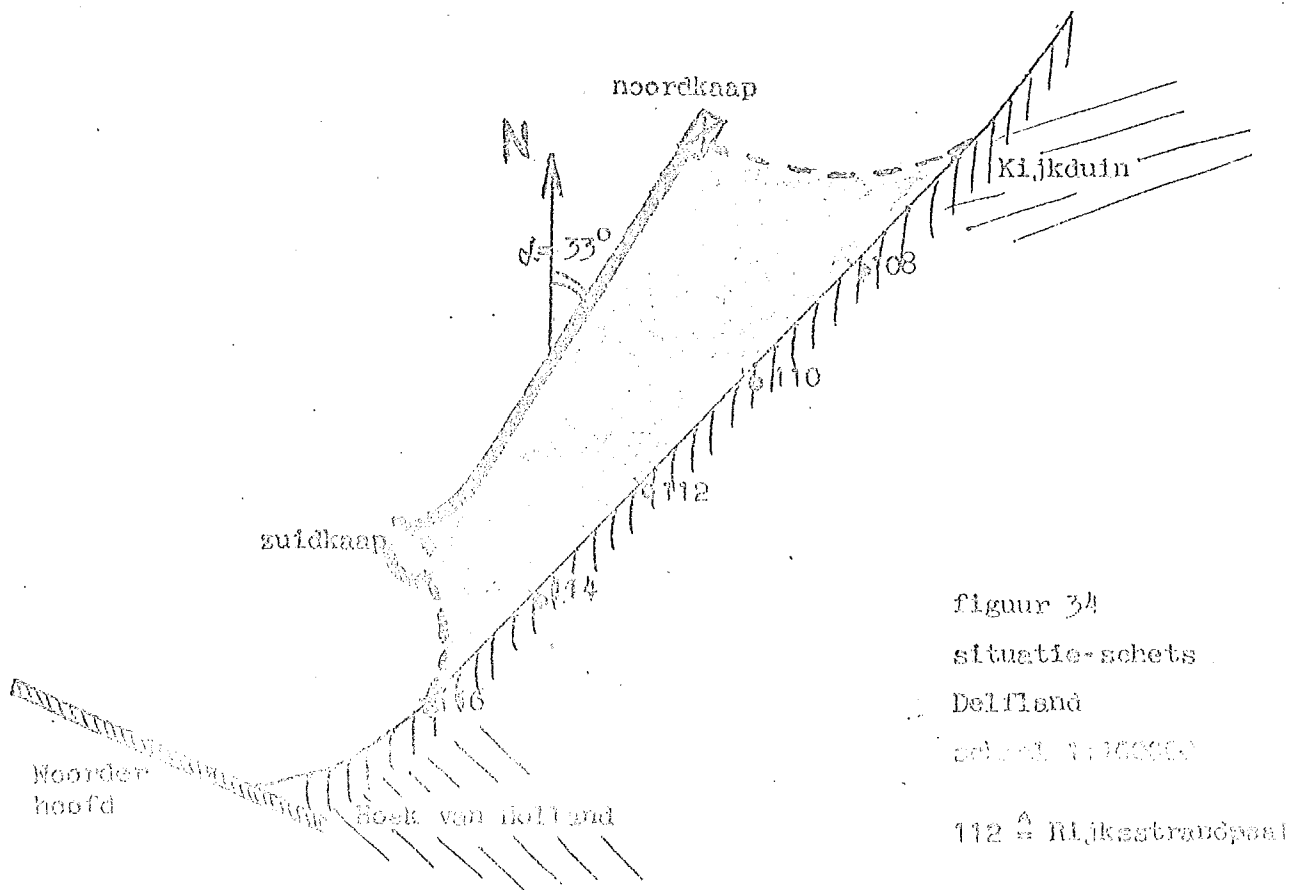
Hoofdstuk VI - Aansluitingen met de bestaande kust.

VI.1. Problematiek en werkwijze.

De oriëntatie van de westkust is bepaald op $\alpha = 33^{\circ}$ t.o.v. noord. Hiermee ligt de plaats van de noordkaap en de zuidkaap vast. Vanuit deze gegevens wordt in dit hoofdstuk de kustvorm van de twee baaien berekend. Evenals de westelijke hoofdverdediging worden de baaikusten uitgevoerd als (zand-)strand en duinen.

De kustvorm dient zodanig te zijn, dat deze gemiddeld stabiel is onder invloed van het golfklimaat.

Zoals blijkt uit de situatieschets in figuur 34, dient bij de berekening der baaivormen naast refractie ook rekening gehouden te worden met diffractie om de damkoppen; te weten het Noorderhoofd van Hoek van Holland, de (jacht-)haven)dammen aan de zuidkaap en de dam t.p.v. de noordkaap. De zandtransportberekeningen langs de baaikusten worden uitgevoerd met het computerprogramma "Kustconstanten".



Een zandige kust, opgesloten door bv. rotsformaties of dammen, zal een zodanige oriëntatie aannemen, dat deze, afgezien van secundaire effecten, overal loodrecht staat op het resulterend vermogen der golven:

$$\sum_{i=1}^M \vec{P}_i \quad (M \text{ golfklassen})$$

In hoofdstuk IV.1 is bovenstaande reeds aangegeven.

Het "KC"-programma berekent het langstransport ten gevolge van het op de brekerlijn binnenkomende vermogen der golven.

De berekening van de kustlijnoriëntatie der baaien kan (via de "transportweg") op twee manieren geschieden:

- Transportberekeningen uitvoeren in kustvakken met een zekere aangenomen oriëntatie; de resultaten hiervan gebruiken voor kustlijnberekeningen m.b.v. bijvoorbeeld het "KLi"-programma.
- Per raai (kustvak) zoeken naar een zodanige oriëntatie, dat geen resulterend langstransport t.g.v. golfaanval optreedt.

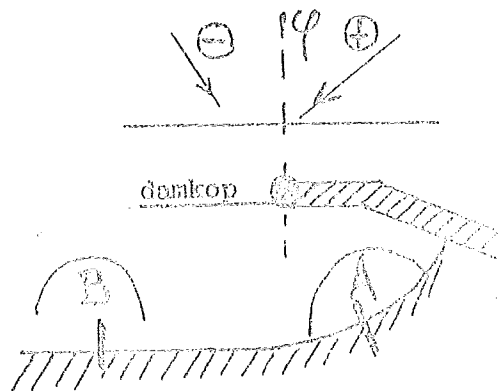
Deze laatste methode (m.b.v. "KC") zal blijken goed toepasbaar te zijn, zolang niet voor de meeste golfinvalsrichtingen diffractie optreedt in het schaduwgebied achter de zuid- respectievelijk noordkaap.

Uit diffractiediagrammen (zie C.E.R.C. [14]) blijkt in het schaduwgebied voor een bepaalde golfrichting

een sterke reductie op te treden van de golfhoogte.

Als zich de situatie voordoet, dat een deel van de baai in het schaduwgebied voor de meeste golfrichtingen ligt, doet zich een moeilijkheid voor, wat het gebruik van "KC" betreft.

Alleen de golven die positieve hoeken van golfinval (φ) hebben ter hoogte van de damkop, onder vinden diffractie-invloed in "KC" (zie figuur 35).



figuur 35

In gebied A, figuur 35, ondervinden ook de golven uit de "negatieve" richtingen diffractie-invloed. De transportberekeningen worden dan als volgt uitgevoerd:

- bepaal de diffractiecoëfficiënt in de beschouwde raai voor zekere negatieve φ uit diagram of uit de tussen-uitvoer van de "KC"-berekeningen voor de vergelijkbare positieve richting;
- bereken de transportbijdrage van de beschouwde φ door het "KC"-resultaat te vermenigvuldigen met factor $(HC)^{2,5}$, waarin HC de diffractiecoëfficiënt is; het transport is immers als volgt gerelateerd aan de golfhoogte: (uit C.E.R.C. -formule)

$$Q = \int \left\{ c_{br} H_{br}^2 \right\} = \int \left\{ \sqrt{gh_{br}} H_{br}^2 \right\} = \int \left\{ H_{br}^{2,5} \right\}$$

Bij de berekening van de evenwichtskust in de baai is verder het volgende aspect van belang.

In het schaduwgebied voor de meeste golfrichtingen, bv. gebied A in figuur 35, is de golfhoogte veel lager dan in gebied B ten gevolge van diffractie.

De radiationstress-component loodrecht op de kust veroorzaakt golfopzet; voor de theoretische achtergrond hiervan wordt verwezen naar Battjes [6].

Deze golfopzet is qua grootte evenredig met de golfhoogte.

In een situatie, als geschetst in figuur 35, treedt dus variatie op in de golfopzet; het waterstandsverschil ten gevolge hiervan geeft een stroming in de richting van de dam; deze (secundaire) stroom veroorzaakt zandtransport in de richting van de dam.

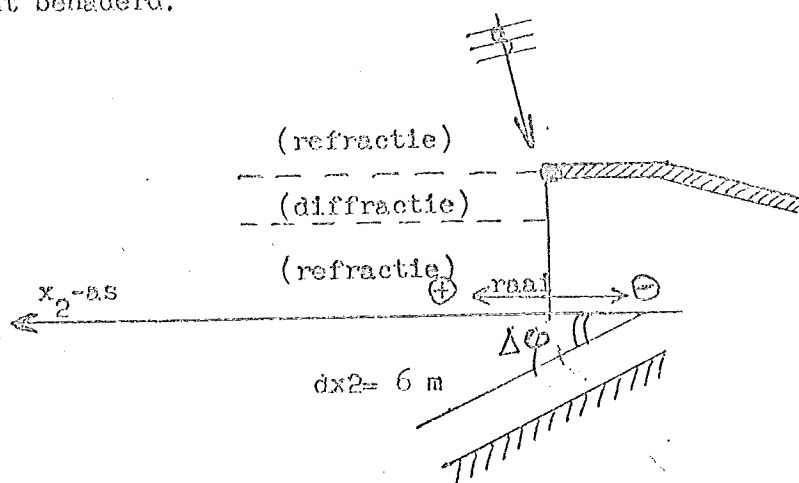
De uitkomsten van de "KC"-berekeningen geven dan weliswaar voor elke beschouwde raai de zgn. "aforientatie" aan, maar in werkelijkheid zal de kromtestraal van de baaikustlijn kleiner zijn.

Berekeningsmethodes, waarin wel rekening wordt gehouden met genoemde golfhoogtevariatie zijn weliswaar beschikbaar, maar te uitgebreid om in het kader van dit onderzoek op te nemen. Zie voor deze zandtransportberekeningsmethode, Blijker [11] en [12].

De berekeningen m.b.v. "KC" kunnen alleen uitgevoerd worden met bepaalde schematisaties. De voornaamste hiervan zijn (zie figuur 36):

- Het dieptelijnverloop wordt geschematiseerd tot twee groepen evenwijdige dieptelijnen die een hoek met elkaar maken op diepte d_{x2} .
- De refractie- en diffractie-invloeden worden gescheiden berekend.

Als evenwel in de schaduw van een dam grote hoekverdraaiingen $\Delta\phi$ (zie figuur 36) optreden en dichtbij de dam berekeningen worden uitgevoerd, wordt de werkelijkheid erg slecht benaderd.



figuur 36
(bodem =)
schematisatie
"KC"-programma

De resultaten van berekeningen in raaien op de negatieve x_2 -as zullen daarom niet erg betrouwbaar zijn.

Buiten de diffractie-invloed voor de meeste golfrichtingen (verder op de positieve x_2 -as) zullen de genoemde schematisaties de werkelijkheid nauwelijks geweld aan doen; de "KC"-resultaten in de positieve raaien (bv. overgang baaikust-bestaande kust) zullen voldoende betrouwbaar zijn.

Teneinde toch de gehele evenwichtsbaaikustlijn redelijk nauwkeurig te kunnen bepalen wordt gebruik gemaakt van de vgr. Logarithmische spiraaltheorie.

Yasso [28] vond in 1965, dat de vorm van in (dynamisch) evenwicht verkerende basen overeenkomst vertoonde met die van een logarithmische spiraal.

Silvester [29] voerde modelproeven uit en deed prototypemetingen;

hieruit kwam de genoemde vorm eveneens naar voren [22].

Een kust tussen vaste punten, die langstransport verhinderen, heeft in de stabiele evenwichtstoestand een vorm, die te beschrijven is met de formule van de logaritmische spiraal, zie ook figuur 37:

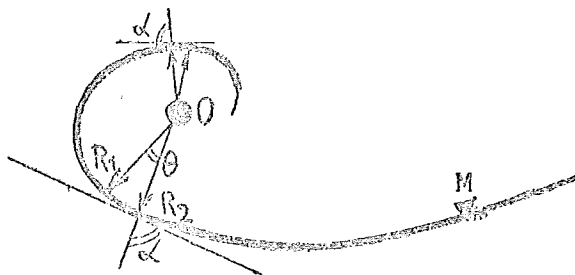
$$\frac{R_2}{R_1} = e^{\Theta \cotg \alpha} \quad (6.1)$$

waarin:

R_1, R_2 : stralen vanuit de oorsprong O

Θ : hoek tussen R_1 en R_2 in radialen

α : constante hoek tussen de stralen en de raaklijn aan de kromme.

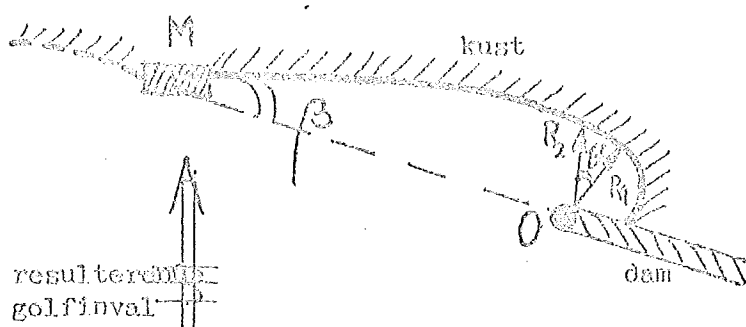


figuur 37
logaritmische
spiraal

Het vaste punt O in figuur 37 komt in de werkelijke situatie overeen met een rotsformatie of de kop van een dam. Punt M in figuur 37 komt dan overeen met een raai buiten de diffractie-invloed van de damkop waar de kustlijn in dynamisch evenwicht verkeert en dan loodrecht staat op het met de golven meegevoerde vermogen.

$$\sum_{i=1}^M \vec{P}_i$$

Punt M kan uiteraard ook een transport kerende dam zijn, zodanig dat aldaar de evenwichtskustlijn zich kan instellen (zie figuur 38).



figuur 38

De onderzoeken van Silvester [22] hebben geresulteerd in figuren, waaruit de stabiliteit van een bestaande baai of de vorm van een aan te leggen baai bepaald kan worden.

Bijlagen 46 t/m 49 zijn overgenomen uit [22] Silvester.

Het is hierbij opvallend, dat de natuurlijke baaien die niet in evenwicht verkeren (rivieruitmondingen, zandverlies langs een rotspunt, offshore zandtoevoer etc.) niet overeenkomen met de modelproefresultaten; figuur 2.10 in bijlage 49 geeft dit aan. Enkele testresultaten staan in bijlage 46 aangegeven.

Opmerking: de overeenkomst van baai vormen met die van logaritmische spiralen is gebaseerd op prototypemetingen en enkele modelproeven. Een volledige theoretische achtergrond wordt door Silvester [22] niet gegeven. Slechts refractie en diffractie wordt aangegeven als zijnde van invloed op de vorm. Er is evenwel ook sprake van sterke golfhoogtevariatie langs de baai-kust. De langscomponent van de radiation-stress bijvoorbeeld heeft dan een gradiënt (zie [7] en [11]) en derhalve invloed. Ondanks deze verwaarlozing(en) komen de prototypemetingen redelijk overeen met de "Silvester-spiralen".

Het uitgangspunt bij de constructie van de logaritmische spiraal is de hoek β : de hoek tussen de qua diffractie ongestoorde evenwichtskustoriëntatie en de verbindingslijn der vaste punten. Bijlage 47 geeft de definitieschets (zie ook figuur 38).

De constructie gaat dan als volgt:

- bepaal uit bijlage 49, figuur 2.10, de waarde van α ;
- vervolgens volgt uit bijlage 48, figuur 2.8, de waarde van R_2 / R_1 ;
- de waarde van θ in formule (6.1) is gesteld op $0,175\text{rad} (= 10^\circ)$; hiermee zijn de figuren afgeleid;
- beginnend vanuit het "ongestoorde" vaste punt (straal R_2 vanuit

O naar M in figuur 38) kan aldus de spiraal geconstrueerd worden.

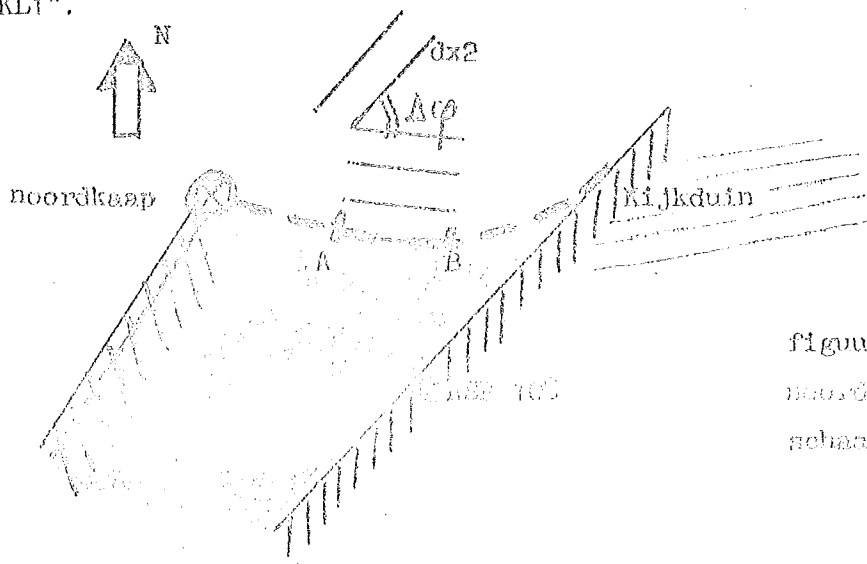
Om deze theorie te kunnen toepassen, dienen de te onderzoeken baaien, bij Kijkduin en Hoek van Holland, stabiel te zijn. Als derhalve bekend is, waarlangs de kust buiten de (diffractie-)invloedssfeer van noord- resp. zuidkaap een dynamische evenwichtssituatie aanwezig is, kan de vorm van de baaien met behulp van deze logaritmische spiraal-theorie bepaald worden.

De plaats van noord- resp. zuidkaap ligt vast (punt O in figuur 38). De plaats bepalen, waar de kust gemiddeld in evenwicht zal zijn onder invloed van het golfklimaat, wordt uitgevoerd met het "KC"-programma (punt M in figuren 37 en 38). Uit de situatieschets in figuur 34, blz.60, blijkt, dat de zuidbaai als afgesloten voor langstransport kan worden ontworpen; de noordbaai veel minder eenvoudig, omdat in de huidige situatie een netto zandtransport noordwaarts aanwezig is. De problematiek van deze baaien komt in de hierna volgende paragrafen aan de orde.

VI.2. Noordbaai

De noordkaap van de landaanwinning zal ongeveer 2000 m uit de huidige Delflandse kust gelegen zijn ter hoogte van Rijkstrandpaal 108.

De baai vorm tussen noordkaap en Kijkduin wordt in eerste instantie berekend met behulp van de computerprogramma's "KC" en "KL1".



figuur 39

noordbaai

schaal 1:50000

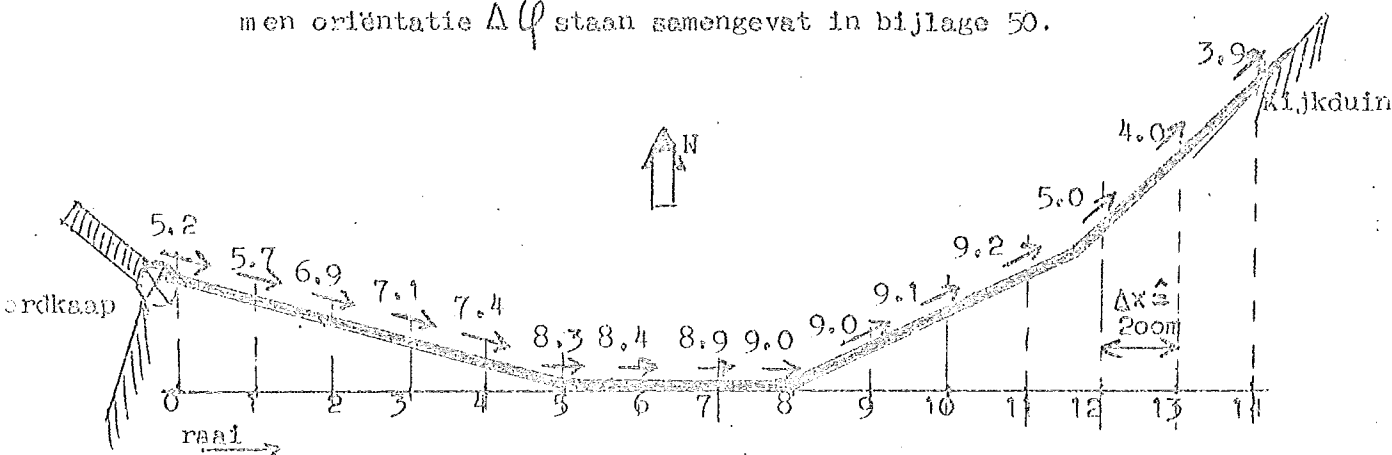
De voornaamste aannamen en schematisaties in de "KC"-berekeningen zijn:

- diepte t.p.v. noordkaap: $d_{kop} = 11$ m.
- diepte waarop een knik optreedt tussen twee groepen evenwijdige dieptelijnen: $d_{x2} = 6$ m.

Voor het geval zich t.p.v. de noordkaap alleen een dam in N.W.-richting bevindt (opsluiting van de westkust) worden voor verschillende kustvakoriëntaties (bv. A-B in figuur 39) transportberekeningen uitgevoerd.

De schematisatie van het gehele kustvak noord-Kijkduin staat in figuur 40 aangegeven.

De berekende waarden van het transport Q bij een zekere aangenomen oriëntatie $\Delta\varphi$ staan samengevat in bijlage 50.



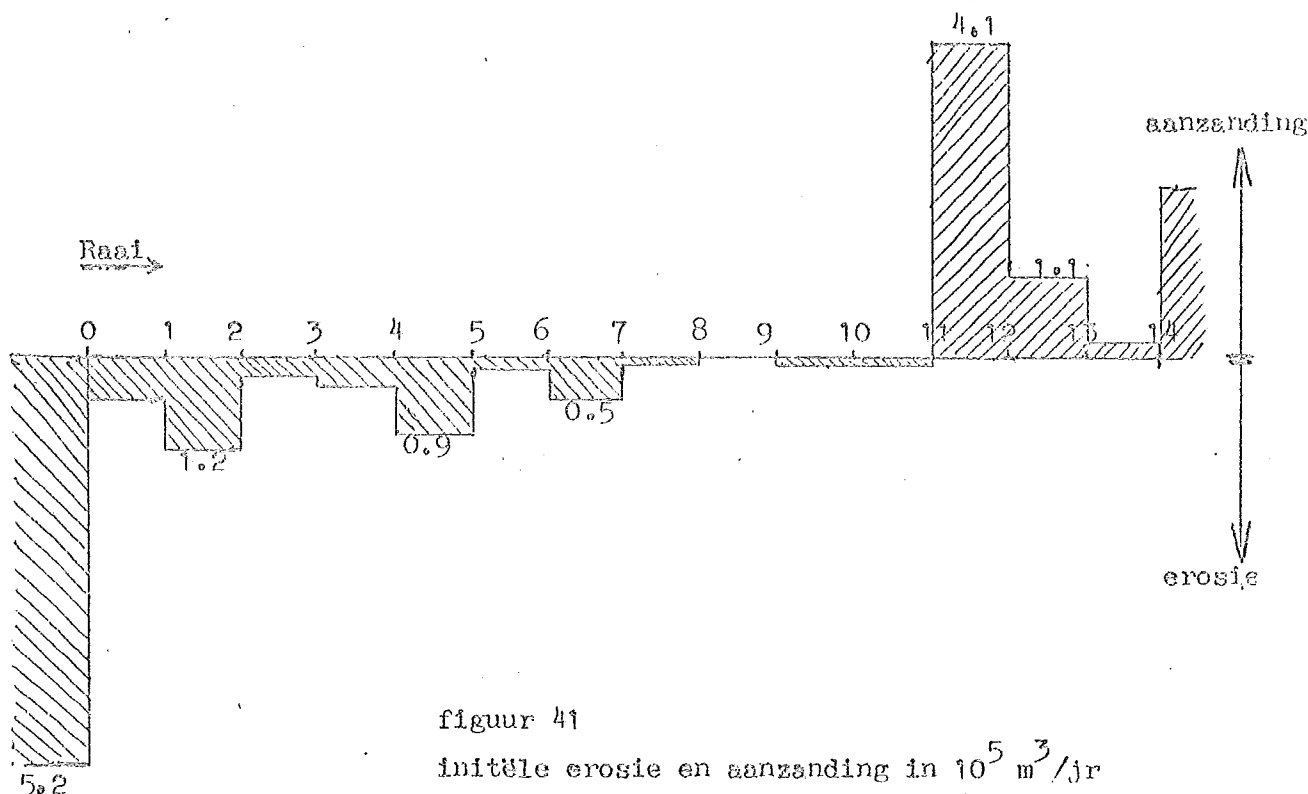
figuur 40. schematisatie kustvak noordkaap-Kijkduin;
langstransporten in 10^5 m³/jr

De aangenomen initiële oriëntatie wordt aangegeven als $\Delta\varphi$: de hoekverdraaiing op de diepte d_{x2} (zie figuur 39) tussen vooroeverdieptelijnen en stranddieptelijnen.

Voor elk kustvak kan nu de initiële erosie dan wel sedimentatie bepaald worden door het verschil te berekenen van inkomend en uitgaand transport (zie figuur 41).

Als linker randvoorwaarde geldt, dat er geen zandtransport langs de noordkaap optreedt.

Uit figuur 41 blijkt, dat er een grote erosie zal optreden in het kustgedeelte dichtbij de noordkaap.



figuur 41

initiele erosie en aanzanding in $10^5 \text{ m}^3/\text{jr}$

Ook de kustlijnberekeningen (mbv. "KL 1") tonen een dergelijke kustontwikkeling aan. Bijlagen 51 b en c geven de situatie weer van de kustlijn na 1 resp. 3 jaar.

In deze berekening wordt als rechter randvoorwaarde (raai 14, Kijkduin) opgelegd: $Q_r = 200\ 000 \text{ m}^3/\text{jr}$; de aanwezige strandhoofden reduceren nl. het langstransport met ongeveer een factor 2 (zie Bakker en Joustra [3]).

Uit de berekeningen en de zandbalans (figuur 41) moet geconcludeerd worden, dat deze oplossing (een dam typ. noordkaap in N.W.-richting) niet zal voldoen om een stabiele noordbaai te doen ontstaan. Om een groot gedeelte van de baai te beschermen tegen golfaanval dient voor een dam in N.O.-richting te worden gekozen; een kunstmatige tombolo wordt aldus gevormd (zie ook hoofdstuk III).

Opmerkingen n.a.v. "KL1"-berekening:

- Uit bijlage 51c, kustlijn na 3 jaar, blijkt erosie op te treden t.p.v. de raaien 13 en 14, terwijl als randvoorwaarde opgelegd is, dat het langstransport gedeeltelijk moet worden gehouden. De oorzaak is, dat abusievelijk als kustconstante Q de waarde langs de initiele kustvakeriëntatie is ingevoerd i.p.v. Q_0 , het transport evenwijdig aan een gekozen x-as.

De x-as loopt evenwijdig aan het kustvak tussen de raaien 5 en 8 (zie ook figuur 40).

Uit bijlage 50, de samengevatte berekening van de kustconstanten Q en q , blijkt voor de raaien 0 t/m 3 de waarde van q ($= - \frac{\delta Q}{\delta \alpha}$) dermate klein te zijn, dat ook de waarden van Q_0 zo groot zijn, dat sprake is van sterke erosie dichtbij de noordkaap.

De "KL1"-berekening is dus weliswaar onbetrouwbaar, maar geeft de erosioneiging in de raaien 0 t/m 3 wel goed aan.

De m.b.v. "KC" berekende waarden van q voor de diverse raaien (zie bijlage 50) blijken voor grote waarden van de hoekverdraaiing) opmerkelijk kleine waarden te hebben.

$$\begin{aligned} \text{Bijvoorbeeld: } N = 6; Q(\Delta \varphi = 45^0) &= 8,4 \times 10^5/\text{jr} \\ q &= 4,0 \times 10^5/\text{jr/rad} \end{aligned}$$

Voor deze raai een zodenige evenwichtsoriëntatie ($\Delta \varphi_0$) bepalen, dat $Q = 0$, is qua uitkomst irreëel:

De bewegingsvergelijking is:

$$Q = Q_0 - q \frac{\delta y}{\delta x} \quad (6.2)$$

waarin:

$\frac{\delta y}{\delta x}$: de hoekverdraaiing in rad ($= \alpha$).

De voorbeeld-gegevens ingevuld in (6.2) geeft:

$$Q = 0 = 8,4 \times 10^5 - 4,0 \times 10^5 \times \alpha,$$

waaruit zou volgen: $\alpha = 2,1 \text{ rad} \hat{=} 120^0$!

De conclusie hieruit luidt, dat de kust"constante" q niet constant is bij grote hoekverdraaiingen α .

Toepassing van het "KL1"-programma is af te raden, als kustlijnveranderingen te verwachten zijn in de orde van 30^0 a 40^0 .

Voor enkele gevallen, inclusief diffractie, staan in bijlage 52 de kustconstanten Q en q samengevat voor enkele $\Delta \varphi$ -waarden. Voor de gebruikte schematisatie wordt ook naar bijlage 52 verwezen.

Hieruit blijkt duidelijk, dat ingeval de hoekverdraaiingen α groot worden ($> 25^0$) de bewegingsvergelijking (formule (6.2)) een te grove benadering is. Feitelijk dient de volgende term

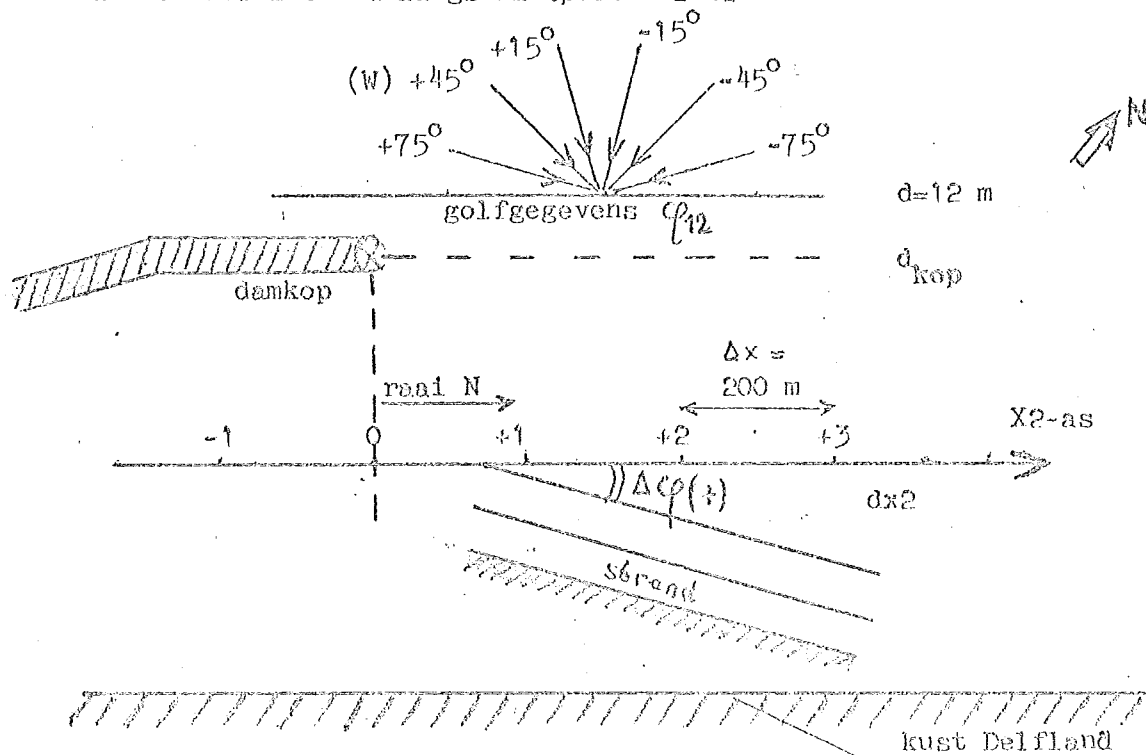
(zie ook Appendix E) in de vergelijking opgenomen te worden
nl. de verandering van de verandering van het transport:

$$Q_{\alpha} = Q_0 + \alpha \frac{\delta Q}{\delta \alpha} + \frac{1}{2} \alpha^2 \frac{\delta^2 Q}{\delta \alpha^2} + \dots$$

Omdat de te berekenen baaivorm zodanig zal zijn, dat grote
waarden van α optreden, wordt verder afgezien van "KL1"-
berekeningen.

De berekening van de baaivorm met een laterale dam aan de noord-
kaap geschiedt nu als volgt:

In elke raai (N) wordt m.b.v. "KC" een zodanige oriëntatie gezocht,
dat het resulterend langstransport nul is.



figuur 42 noordbaaischematisatie

De voornaamste aannamen en schematisaties zijn (zie ook
figuur 42):

- x2-as loopt evenwijdig aan de dieptelijn MAP = 12 m, waar
de golfgegevens bekend zijn; deze maakt een hoek van 45°
met noord;
- d_{kop} = 11 m;
- d_{x2} = 6 m;

- raaiafstand $x = 200$ m;
- de oriëntatie waarbij $Q_{res} = 0$, wordt uitgedrukt in de hoek tussen vooroeverdieptelijnen en stranddieptelijnen.

De plaats van de dankop en de lengte van de dam zijn voornamelijk vrij te kiezen; de plaats van de kop wordt bepaald door de berekeningsuitkomsten. Uitgangspunt is dat de aansluiting van de baai aan de bestaande kustlijn wordt gerealiseerd iets noordelijker dan het Zeehospitium bij Kijkduin. Tijdens stormomstandigheden is aldaar sprake van erosie, zodat met een aansluiting iets noordelijker zandreserve aanwezig is voor de kust t.p.v. het Zeehospitium.

Voor de raaien $N = 0, 1, 3, 7$ en 10 staan de "KC"-transportberekeningen samengevat voor enkele waarden van $\Delta\varphi$ in bijlage 53.

De zgn. "nuloriëntatie" volgt voor de raaien $0, 1$, en 3 uit de figuur in bijlage 54, voor de raaien 7 en 10 uit bijlage 55.

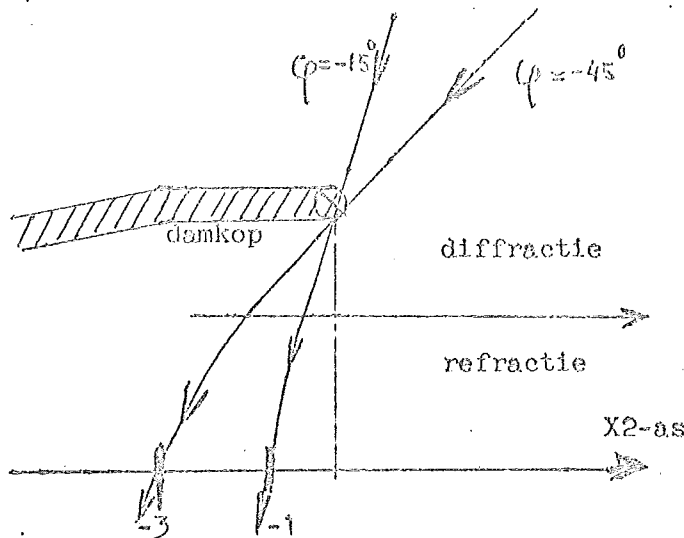
Uit de samenvatting hiervan in tabel 6.1 blijkt, omdat de bestaande kust bij Kijkduin een hoek van 42° maakt met Noord, dat de aanzet van de noordbaai t.p.v. raai $N = 4$ zal zijn; voor de tekenaanwijzing van $\Delta\varphi_0$ wordt verwezen naar figuur 42.

raai N	$\Delta\varphi_0$ (graden)	richting t.o.v. N α (graden)
0	+ 18	+ 63
1	+ 10	+ 54
3	- 1	+ 44
7	- 11	+ 34
10	- 12	+ 33

tabel 6.1 nuloriëntaties

bij de berekening van de nuloriëntaties van de negatieve raaien (zie figuur 42) dient ook rekening gehouden te worden met diffractie van golven uit de golfrichtingssectoren met een negatieve φ -aanduiding

Voor de raaien $N = -1$ en -3 (zie figuur 43) volgen de diffractiecoëfficiënten (HC) voor de relevante richtingen uit tabel 6.2. Deze zijn bepaald uit de tussenuitvoer van de "KC"-berekeningen voor vergelijkbare raaien van de positieve golf-invalsrichtingen. Zoals in hoofdstuk VI.1 reeds aangegeven, volgen de transportbijdragen dan uit vermenigvuldiging met factor $(HC)^{2,5}$.



figuur 43
ligging raaien N
t.o.v. schaduwlijnen
 $\varphi = 15^\circ$ en $\varphi = -45^\circ$

Voor enkele waarden van $\Delta\varphi$ staan de transportberekeningen voor de raaien $N = -1$ en -3 in bijlagen 56 en 57.

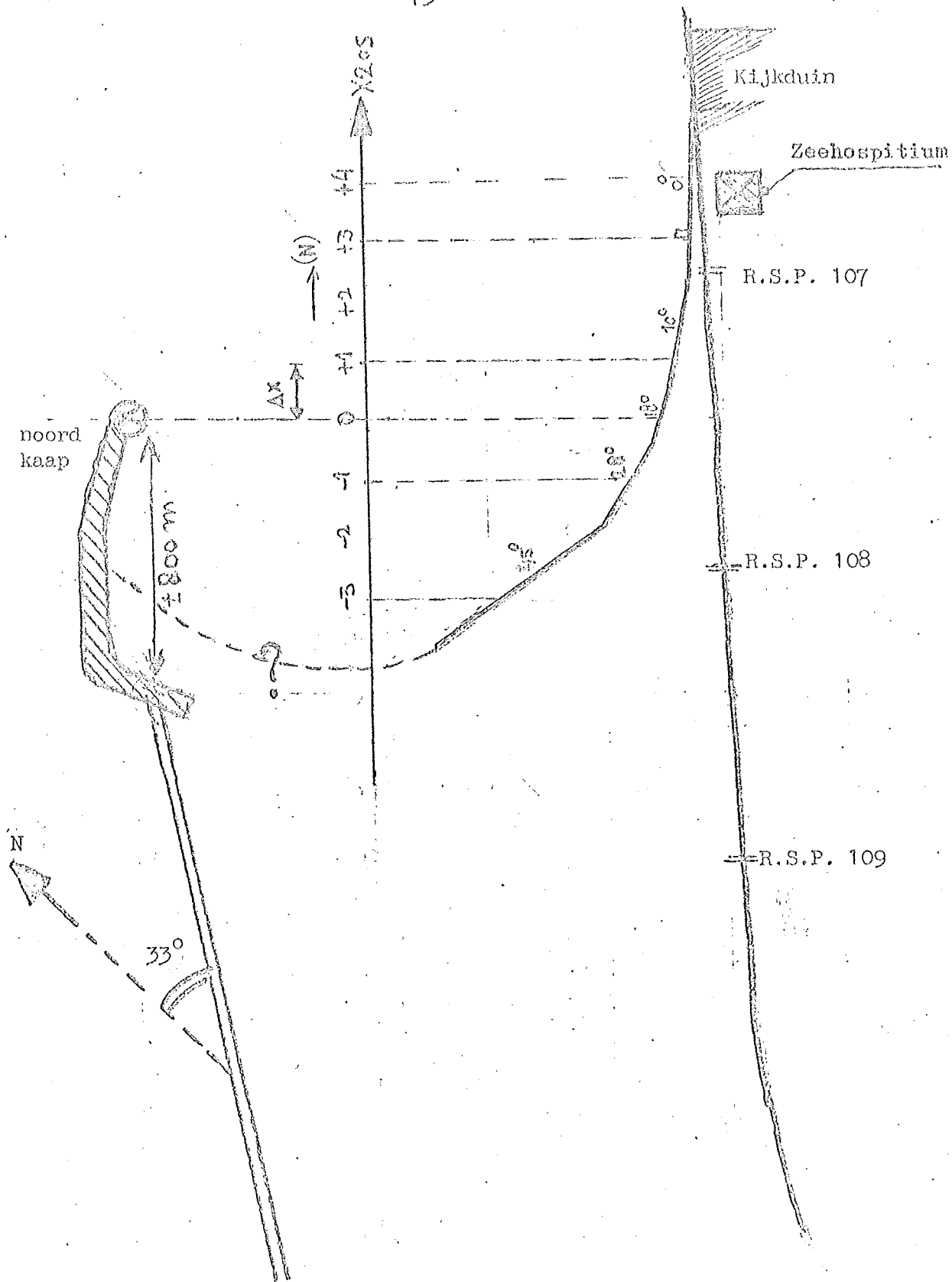
Uit figuur in bijlage 53 volgt voor $N = -1$: $\Delta\varphi_0 = +28^\circ$.

Uit deze figuur blijkt ook, dat het functieverloop voor $N = -3$ zeer flauw is vergeleken met de berekeningsresultaten van raai $N = -1$.

Gesteld moet derhalve worden, dat de berekeningsresultaten in deze raai erg onbetrouwbaar zijn.

raai N	φ kop HC	φ kop HC
-1	-15° 0,5 (op schaduwlijn)	
-3	-15° 0,1	-45° 0,5 (op schaduwlijn)

tabel 6.2 diffractiecoëfficiënt HC



figuur 44.

"RC"-Kustlijnoriëntatie noordelijke baai; schaal 1 : 20000

Raaiafstand $\Delta x = 200$ m

De aangegeven oriëntaties zijn hoekverdraaiingen t.o.v. x2-as

Het gedeelte van de noordbaai dat qua nuloriëntatie berekend is, staat in figuur 44 aangegeven (blz. 73).

Aangezien bij de zgn. "KC"-berekenningsmethode geen rekening wordt gehouden met secundaire invloeden, zoals bv. golfhoogtevariatie, zal in werkelijkheid de baaikust een sterkere kromming vertonen.

Deze "KC"-berekeningen zijn uitgevoerd om te kunnen bepalen waar de nieuwe baaikust, buiten de invloedsfeer van de noordkaap (diffractie), stabiel zal zijn.

De logaritmische spiraal-theorie wordt nu toegepast om de gehele noordbaaikust te berekenen.

Voor de toepassing van deze theorie (zie ook de vorige paragraaf van dit hoofdstuk) is het nodig twee zgn. vaste punten te kennen.

Het eerste is uiteraard de damkop van de noordkaap.

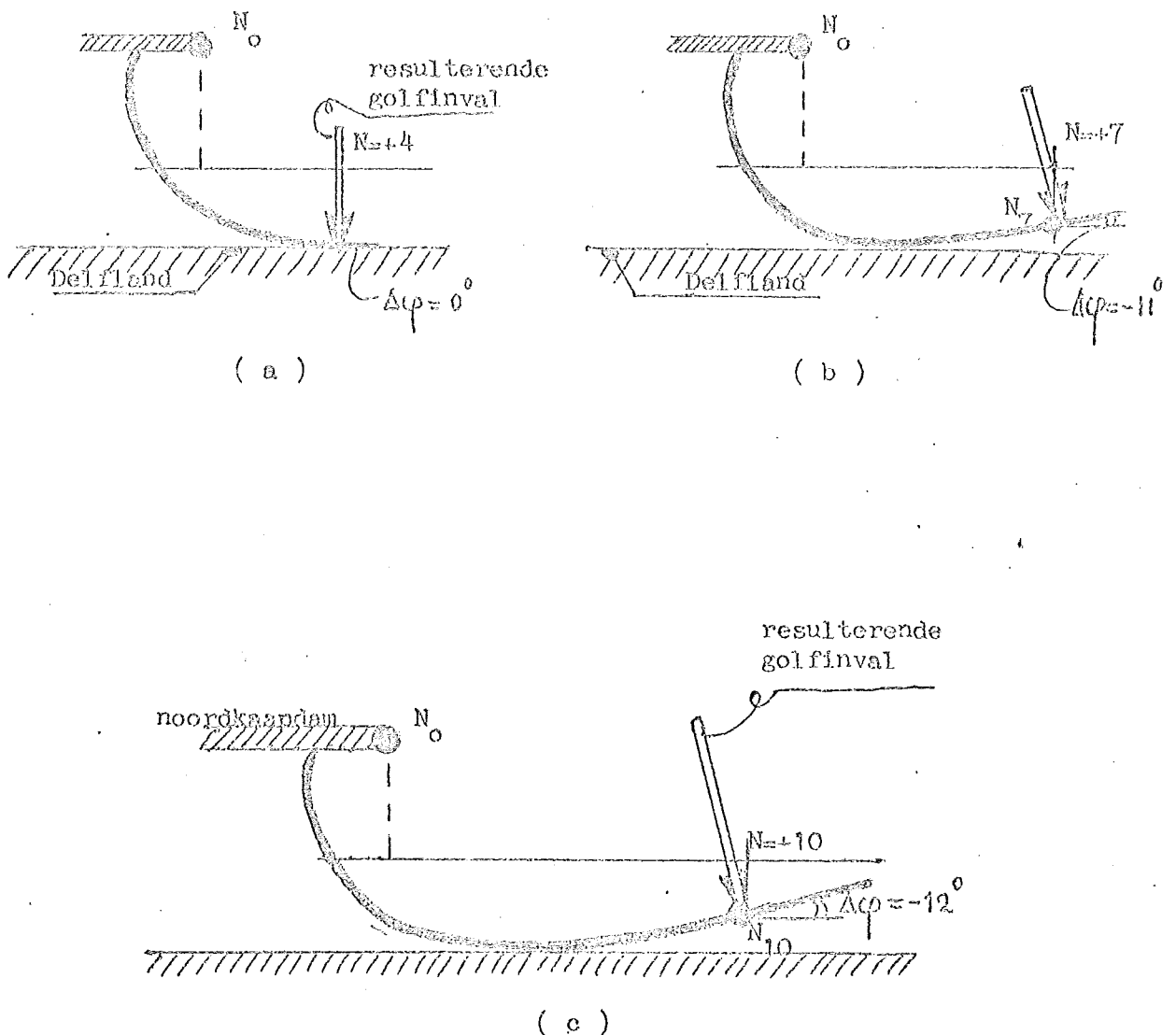
Het tweede is een punt langs de kust waar de kust in dynamisch evenwicht is en waar de kromming ongeveer nul is. Aangezien in de bestaande situatie een resulterend langstransport noordoostwaarts aanwezig is, is een tweede vast punt voor de noordbaai nauwelijks te vinden. Er worden drie punten buiten de damkop gekozen om aldus drie logaritmische spiralen te kunnen opzetten:

- Ten eerste het aansluitpunt bij Kijkduin: N_4 (raai $N = +4$)
- Ten tweede een punt waar de kustlijnoriëntatie niet langer gekromd is, als ook verder noordwaarts een stabiele kust (oriëntatie) zou worden aangelegd. Voor dit hulprekenpunt wordt gekozen raai $N = +7$; voor deze raai geldt nl. $\Delta \varphi_0 = -11^\circ$, terwijl voor raai $N = +10$ geldt $\Delta \varphi_0 = -12^\circ$; dwz. vanaf punt N_7 loopt een evenwichtskust ongeveer recht.
- Ten derde het genoemde punt N_{10} alwaar dezelfde "nuloriëntatie" ($\Delta \varphi_0 = -12^\circ$) geldt als voor de westelijke hoofdverdediging.

Voor de genoemde evenwichtsooriëntaties $\Delta \varphi_0$ wordt verwezen naar tabel 6.1 en bijlage 55. Figuur 45 geeft de drie te berekenen situaties weer.

De kustlijn van de noordbaai (blz. 73).

De kustlijn van de noordbaai (blz. 73).



figuur 45 logaritmische spiralen

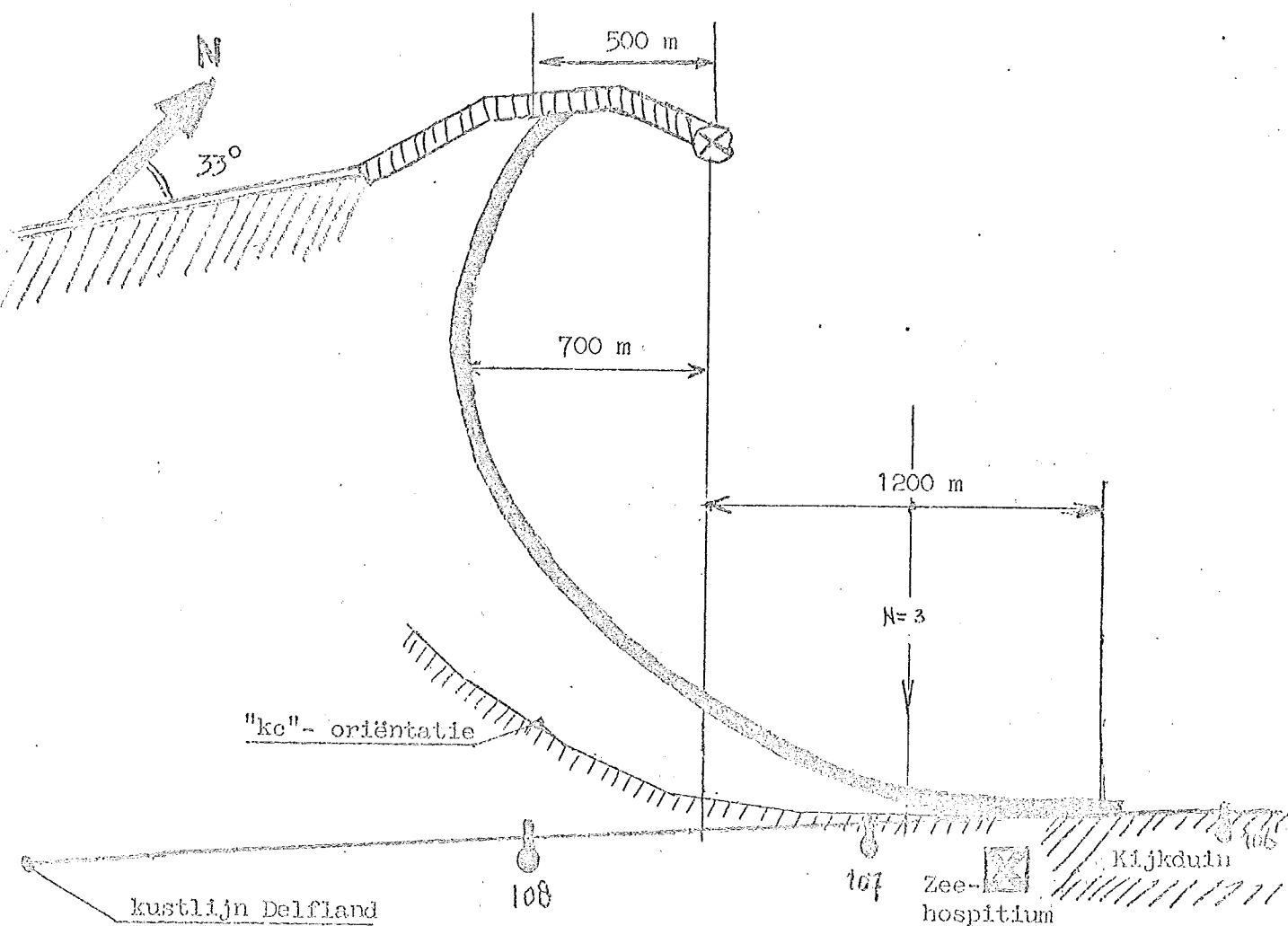
De constructie van de logaritmische spiralen voor de drie gevallen " $N_0 - N_4$ ", " $N_0 - N_7$ " en " $N_0 - N_{10}$ " geschiedt op de in de vorige paragraaf aangegeven wijze. Bovendien staat de methode in bijlage 59 voor het geval " $N_0 - N_4$ " aangegeven. De logaritmische spiralen voor de twee overige situaties staan in bijlage 60.

Direkt blijkt uit bijlage 59, dat het fout is een vast punt te mogen aannemen t.p.v. de aansluiting bij Kijkduin, naar $N = 4$. De kustlijn aldaar heeft geen "ongestoorde" evenwichts-situatie bereikt; er is aldaar nog sprake van diffractie-

invloed.

Uiteraard was wel een slecht resultaat te verwachten in dit geval, maar het wijst op een redelijk goede betrouwbaarheid van de door Silvester [22] opgestelde theorie. De twee andere spiralen (bijlage 60) geven een goede aanwijzing voor de oriëntatie.

De noordbaai dient volgens deze logaritmische spiraaltheorie de in figuur 46 aangegeven vorm te hebben,



figuur 46

Kustlijn noordbaai; schaal 1 : 20000

De voorwaarde voor een stabiele noordbaai is wel een stabiele toestand even ten noordoosten van Kijkduin.

In de bestaande situatie is aldaar een resulterende transportcapaciteit, zodat zonder verdere maatregelen de noordbaai niet stabiel zal kunnen zijn.

Het volgende hoofdstuk, VI.3, is aan deze problematiek gewijd. De baai vorm bepalen met behulp van de logaritmische spiraaltheorie lijkt het nut van de uitgebreide berekeningen met behulp van het "KC"-programma te niet te doen.

Deze zijn evenwel enerzijds zinvol om een eerste indruk van de oriëntatie te krijgen (afgezien van secundaire stromingsinvloeden) en anderzijds noodzakelijk om een stabiel punt langs de kust te vinden buiten de diffractie-invloed van de noordkaap.

VI.3. Invloed op kustvak Kijkduin - Scheveningen.

De noordbaai is qua vorm zodanig ontworpen dat deze stabiel zal zijn.

Tengevolge van golfinvloed zal naar het kustvak Kijkduin - Scheveningen geen zandtransport plaats vinden.

Maar langs de kust ten noorden van Kijkduin is een transportcapaciteit noordoostwaarts aanwezig.

In de huidige situatie is het kustvak Kijkduin - Scheveningen stabiel omdat er zandaanvoer plaatsvindt vanuit het zuiden.

De aanleg van de landaanwinning heeft tot gevolg, dat deze zandaanvoer gestopt wordt. Langs de kust bij Kijkduin en iets noordelijker zal in de nieuwe situatie sprake zijn van een gradiënt in de capaciteit van het langstransport. Zonder voldoende zandaanvoer zal er dus erosie optreden.

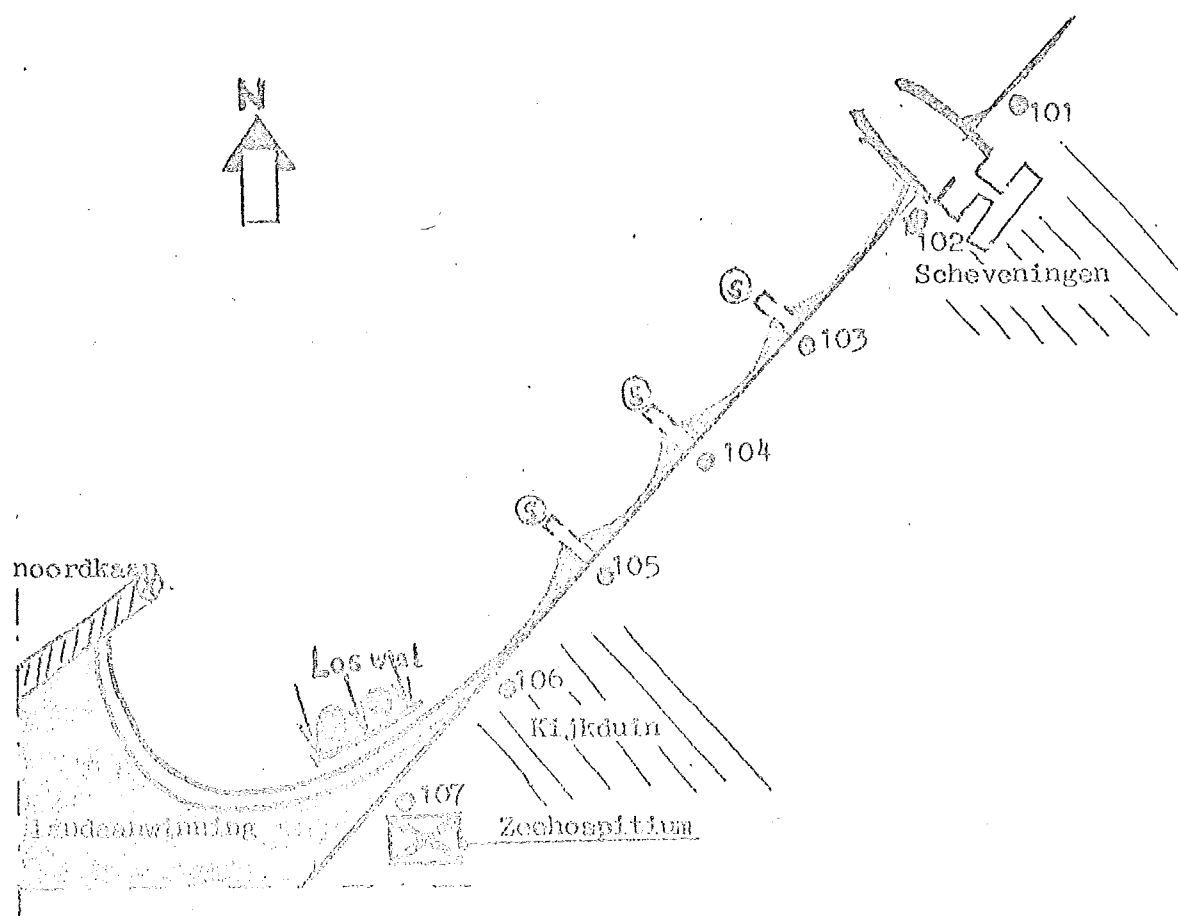
Weliswaar is niet bekend hoe groot het langstransport is en zal zijn en bovendien is niet precies bekend in welke mate de aanwezige strandhoofden het langstransport reduceren, maar vast staat wel dat er erosie zal optreden in de nieuwe situatie.

Derhalve kan niet met zekerheid een juiste oplossing voor dit "overgangs"-probleem gegeven worden. Dit behoeft een aparte studie.

Twee mogelijke oplossingen zullen aangegeven worden.

- Ten eerste is het mogelijk enkele strandhoofden tussen Kijkduin en Scheveningen te verlengen (zie figuur 47).

Het nadeel hiervan is, dat er zand langs de koppen van deze strekdammen verdwijnt; het kustvak tussen RSP 107 en RSP 105 in figuur 47 zal eroderen, omdat er geen zandaanvoer plaatsvindt langs de noordkaap.



figuur 47

kustvak Kijkduin-Scheveningen; schaal 1 : 50000

- Ten tweede is een oplossing gelegen in het suppleren van zand op die plaats(en) waar het nodig is: het kustvak tussen RSP 107 en RSP 105.

In dit genoemde kustvak treedt de grootste gradiënt op in de capaciteit van het langstransport, zodat gesuppleerd dient te worden, opdat de kust niet te veel achteruitgaat.

Een loswal zo dicht mogelijk onder de kust is de beste oplossing (zie figuur 47), omdat alleen dan enige zekerheid bestaat omtrent de vraag, waar het gestorte materiaal terecht zal komen.

Verder uit de kust (bv. bij de noordkaap) materiaal storten betekent, dat de getijstromen het transport in belangrijke mate beïnvloeden; waar het materiaal dan terecht zal komen is absoluut onzeker.

Derhalve lijkt het verplaatsen van Loswal Noord (zie bijlage 1) naar de noordbaai bij Kijkduin de beste oplossing.

VI. 4. Zuidbaai.

De te volgen berekeningsmethode ter bepaling van een stabiele kustlijn van de zuidelijke baai is de volgende:

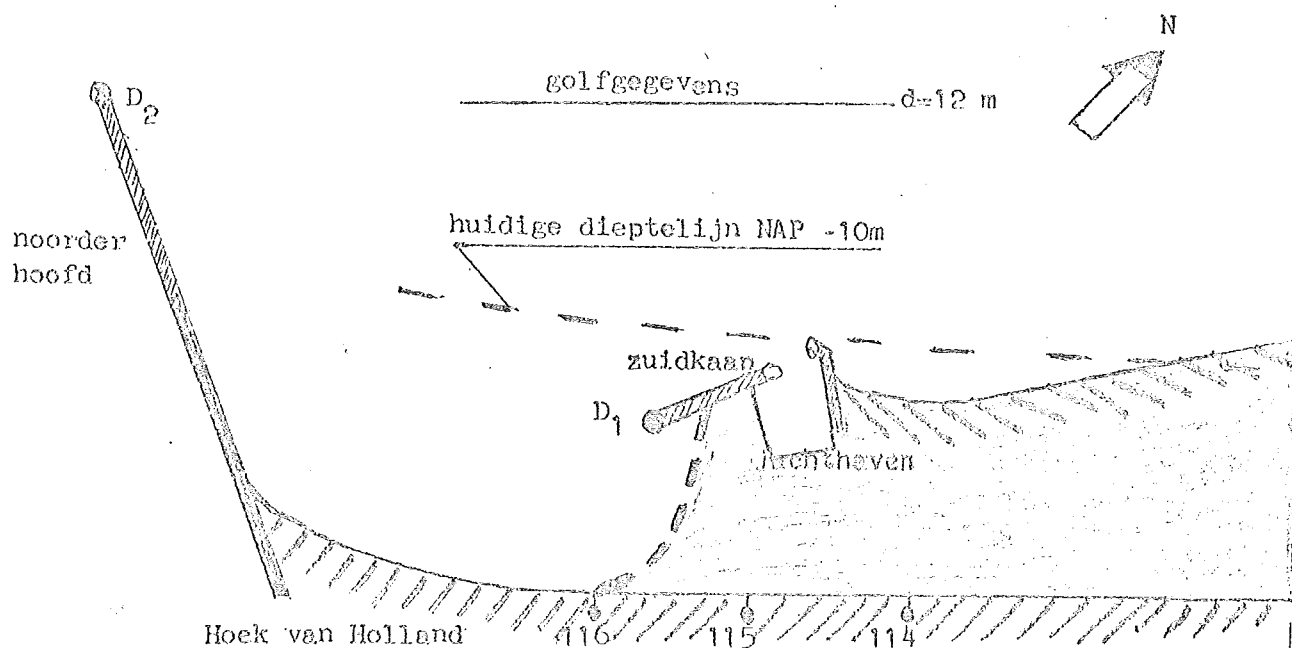
In enkele raaien wordt voor verschillende oriëntaties het langstransport berekend m.b.v. het "KC"-programma. Hieruit volgt voor elke raai die oriëntatie ($\Delta\varphi_0$) waarbij geen resulterend zandtransport ten gevolge van golfaanval optreedt, afgezien van secundaire stromingsinvloeden.

Hierna wordt de definitieve baalvorm berekend met de logaritmische spiraal-theorie. De zuidelijke baai staat in figuur 48 aangegeven.

Hierin staat de zuidelijke jachthavendam reeds aangegeven als een laterale dam om aan de lijflijn daarvan een stabiel strand te kunnen doen ontstaan.

Algemene punten in de berekeningen zijn de volgende (zie figuur 48):

- golven uit de noordelijke sectoren diffracteren om dankop D_1 ;
- golven uit de westelijke sectoren diffracteren om de kop van het Noorderhoofd, D_2 ;
- de baai sluit aan op het nieuwe strand bij Hoek van Holland, t.p.v. Rijkstrandpaal 116.



figuur 48 zuidbaai; schaal 1: 50000

De definitieve vorm van de zuidkaap-dammen zal bepaald dienen te worden aan de hand van eisen opgelegd door de jachthaven (o.a. golfdoordringing en de grootte).

Hierop wordt verder niet ingegaan.

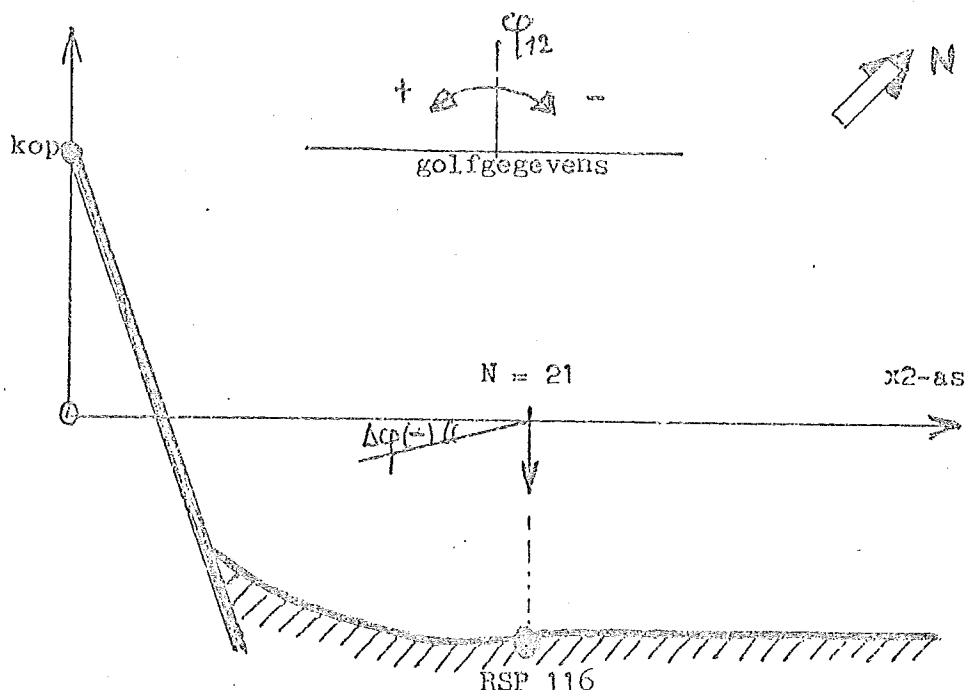
De belangrijke punten van de zuidelijke dam zijn, wat dit onderzoek betreft, de lengte en de plaats van de kop.

Omdat er sprake is van dubbele diffractie, wanneer het golfklimaat beschouwd wordt, worden met het "KC"-programma twee berekeningen uitgevoerd:

Ten eerste transportberekeningen in raai N = 21 volgens de schematisatie in figuur 49 ter bepaling van de Noorderhoofd-invloed (raai N = 21 komt overeen met RSP 116).

De voornaamste aannamen en gegevens hierin zijn:

- "knik"-diepte (in dieptelijnenpatroon) $d_{x2} = \text{NAP} - 6 \text{ m}$;
- donkop D_2 in diepte $\text{NAP} - 12 \text{ m}$;
- raaiafstand $\Delta x = 200 \text{ m}$;



figuur 49.

zuidbaaischematisatie

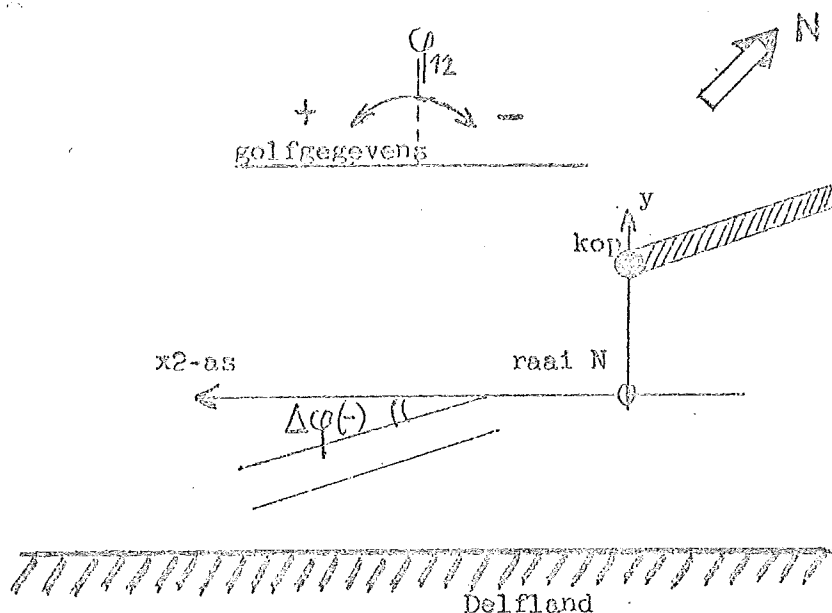
"Noorderhoofd-invloed"

De voor enkele waarden van $\Delta \varphi$ berekende transportcapaciteiten in raai N = 21 worden ook geldig geacht voor raaien iets noordelijker dan dit punt (langs de nieuwe baaikust).

Uit "KC"-berekeningen voor het geval $\Delta \varphi = 0^\circ$ (de huidige situatie t.p.v. RSP 116) blijkt, dat het verschil in transporten tussen de raaien N = 20 en N = 23 ($\Delta x = 600 \text{ m}$) verwaarloosbaar is.

Ten tweede transportberekeningen in enkele raaien volgens de schematisatie in figuur 50 ter bepaling van de zuidkust-invloed. Hierin zijn de aannamen en gegevens:

- $d_{x2} = 6 \text{ m};$
- $d_{\text{kop}} = 8 \text{ m};$
- $\Delta x = 100 \text{ m};$



figuur 50
zuidbaaischematisatie
"zuidkaap-invloed"

Opmerking: In het programma "Kustconstanten" ondervinden alleen de positieve golfrichtingen diffractie-invloed. De berekening vindt dus plaats d.m.v. een spiegeling om de y-as (zie figuren 49-50). Ter wille van de duidelijkheid worden de resultaten volgens de hier aangegeven richtingsaanduiding weergegeven.

Uit de gemaakte "KC"-berekeningen voor enkele raaien en enkele waarden van $\Delta\varphi$ zijn nu de voor de zuidbaai geldende transportcapaciteiten te bepalen door samenstelling.

Voor de raaien $N = +1, +5$ en $+8$ volgens schematisatie in figuur 50 zijn de berekeningen samengevat in de bijlagen 61 t/m 63.

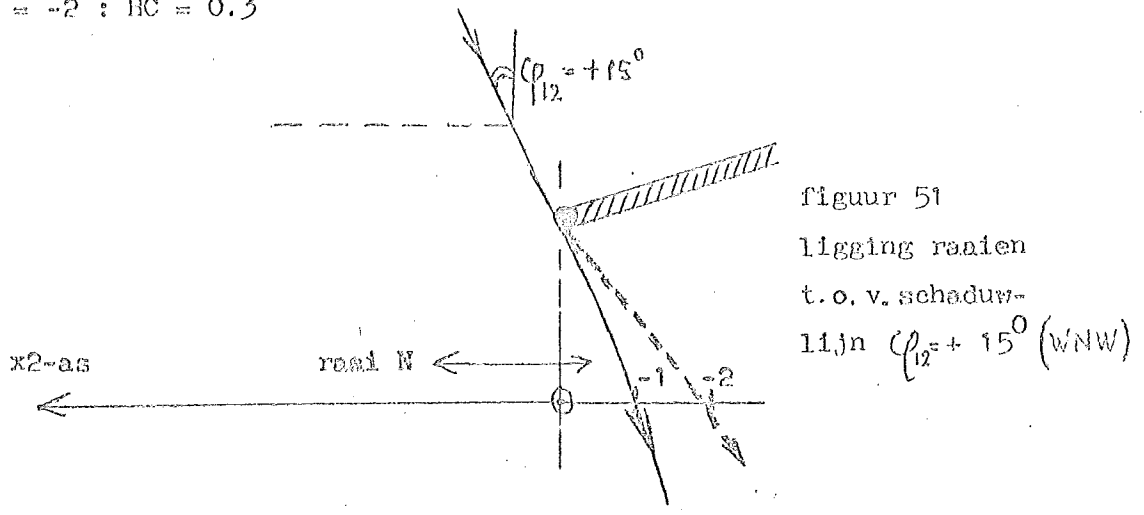
De zgn. "nuloriëntatie" volgt uit de figuur in bijlage 54: het langstransport als functie van de hoekverandering $\Delta\varphi$. Voor de raaien $N = -1$ en $N = -2$ geldt, dat tevens diffractie

optreedt van de golfrichting ($\varphi = +15^0$) (zie figuur 51).

Uit de tussen(computer)uitvoer van de "KC"-berekeningen volgt
volgt voor de diffractiecoëfficiënt HC:

- N = -1 : HC = 0.5

- N = -2 : HC = 0.3



Aangezien gesteld kan worden: $Q = f(H^{2,5})$, geldt voor de
transportbijdragen in deze raaien:

N = -1 : $S^1 = 0,2 \times S$ ($S \hat{=}$ "KC"-resultaat);

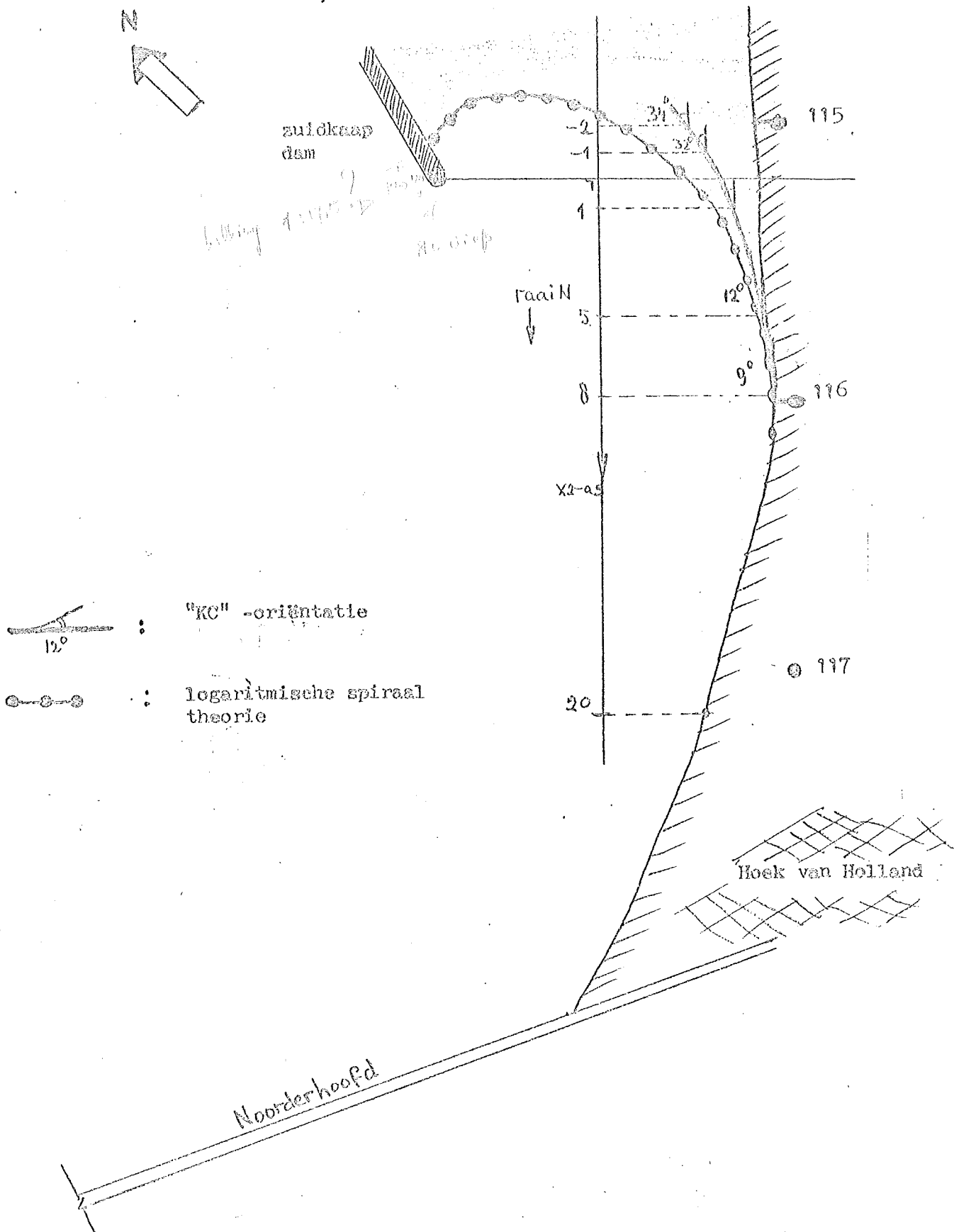
N = -2 : $S^1 = 0,05 \times S$.

Voor deze raaien staan de berekeningen samengevat in bijla-
gen 65 en 66. De waarde van $\Delta\varphi_0$ volgt uit bijlage 67.

Tabel 6.3 geeft deze zgn. "KC"-oriëntaties samengevat weer.

raai N	$\Delta\varphi_0$	α t.o.v. N
-2	-34^0	11^0
-1	-32^0	13^0
+1	-18^0	29^0
+5	-12^0	33^0
+8	-9^0	36^0

tabel 6.3



figuur 53

kustlijn zuidhoofd

schaal 1: 20000

Hoofdstuk VII - Noordkaap.

VII.1 De vorm.

Om de noordkaap op zich stabiel te doen zijn, dient deze "hard" uitgevoerd te worden; in hoofdstuk II.2 is dit punt behandeld.

Om in de noordbaai een stabiele kustlijn te kunnen laten bestaan, dient t.p.v. de noordkaap een laterale dam in noordoostelijke richting aangelegd te worden; voor dit punt wordt naar hoofdstuk VI.2 verwezen.

Bijlage 71 geeft de situatieschets aan.

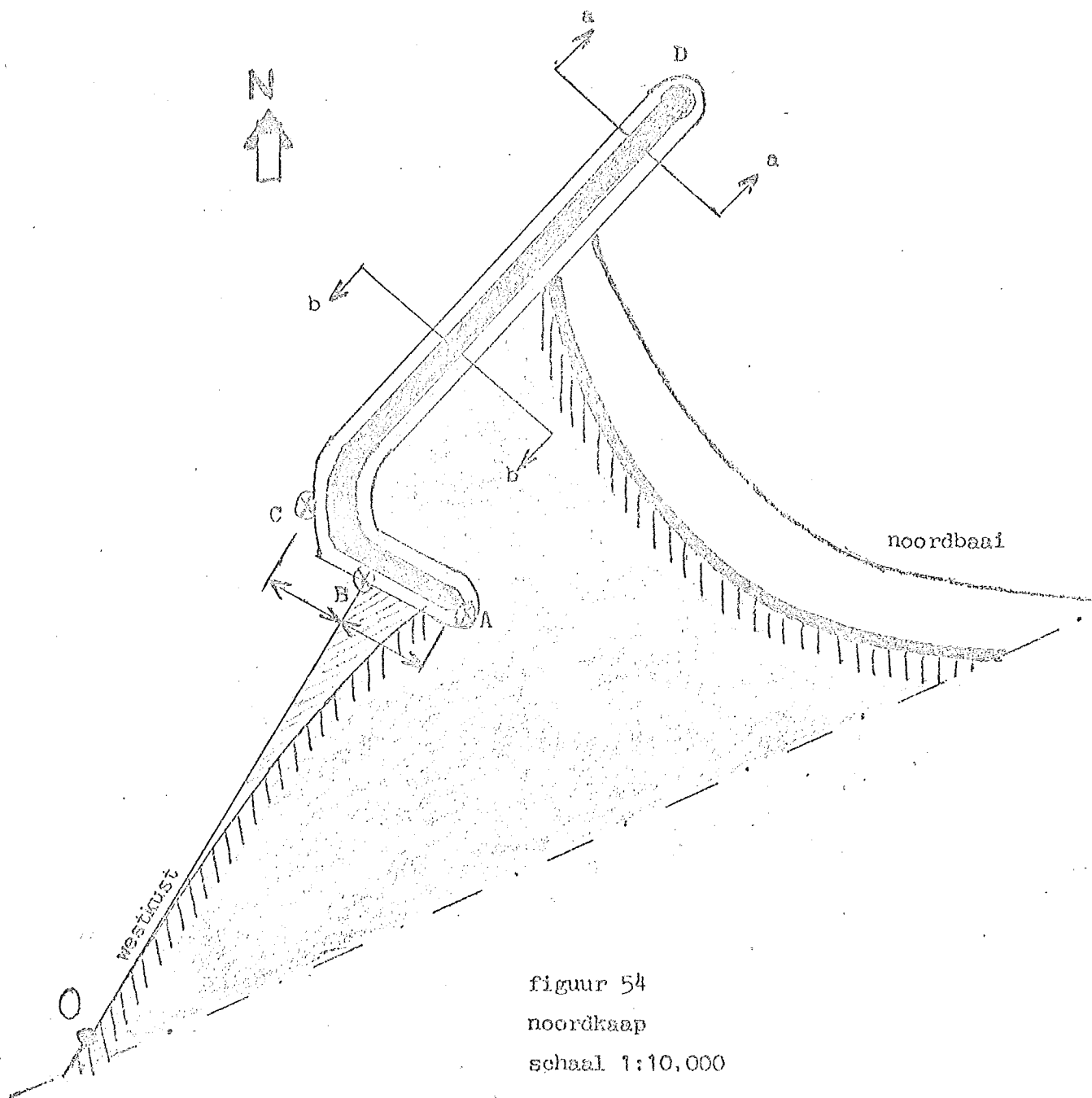
Omdat de westelijke kust van de landaanwinning een gemiddelde stabiele oriëntatie heeft (33^0 t.o.v. Noord) is de aanleg van een strekdam aan de noordkaap in noordwestelijke richting niet strikt noodzakelijk.

Weliswaar is de oriëntatie van de westkust zodanig, dat het netto zandtransport nul is, maar er dient wel met zandverlies rekening gehouden te worden (zie ook hoofdstuk V.3).

De noordkaap is het verst in zee uitstekende deel van de landaanwinning en vormt als zodanig een nautisch obstakel. Deze bovenstaande punten leiden tot het in figuur 54 aangegeven ontwerp van de noordkaap.

Deel A-B van de noordkaapdam (zie figuur 54) dient ter voorkoming van achterloopsheid in het geval van golfaanval uit de noordelijke sectoren. De berekeningen in hoofdstuk V geven hiervoor aan (extreme gevallen) : 100 m. De mate van zandverlies hangt van de initiële situatie af (kustlijn OA of OB in figuur 54) en de lengte (AC of BC); bovendien moet de verdeling van het transport over een raai loodrecht op de kust bekend zijn, om het zandverlies te kunnen berekenen. Dit aspect is evenwel te uitgebreid om in het kader van dit onderzoek opgenomen te worden.

Deel C-D van de dam dient voor de stabiliteit van de noordbaai; lengte 100 m.



In het hierna volgende zal voor doorsnede a-a in figuur 54 een sterkteberekening van de dam gemaakt worden, vanuit de doorsnede-aafmetingen volgen.

VII.2. Gegevens voor de dam

Vooruitlopend op een uiteraard noodzakelijk optimalisatie-onderzoek is voor de sterkteberekening voorlopig gekozen de stormomstandigheden die een terugkeertijd hebben van twintig jaar.

De dam zal aangelegd worden in waterdiepte NAP -12 m. In de beschouwde doorsnede dicht bij de kop van de dam is beperkte golfoverslag toelaatbaar; kruinhoogte: NAP + 3m. De storm, gekarakteriseerd door de significante golfhoogte ($H_{1/3}$), die eens in de twintig jaar optreedt (gemiddeld), wordt uit de golfonderzoeken bepaald.

Op relatief diep water zijn gedurende acht jaar metingen verricht en de resultaten hiervan zijn in bijlagen 11 en 12 opgenomen.

Uit bijlage 72 blijkt, dat er vrij vaak hiaten opgetreden zijn in de registratieperiode. Uit de beschikbare meetgegevens wordt geconstateerd, dat gedurende 60 maanden metingen beschikbaar zijn. In het begin van de registratieperiode (1971 - 1973) zijn meetresultaten van elke zes uur bekend, later van elke drie uur. In totaal zijn in deelonderzoek "Golfklimaat" [16] [†] 9500 bruikbare meetgegevens bewerkt. Als registratie-interval wordt nu gesteld: 5 uur (9500 x 5 uur komt overeen met ongeveer 5 jaar).

Uit de distributieve verdeling van de golfhoogte $H_{1/3}$ naar aantal (bijlage 73) volgt voor de reële meetduur van 5 jaar de kans op zekere golfhoogte bij een bepaalde terugkeertijd. Uit bijlage 74 volgt, dat voor de zuidelijke Noordzee (relatief diep water) voor terugkeertijd van 20 jaar geldt: $H_s = 7.0$ m.

Voor de berekening van de maatgevende golfhoogte t.p.v. de dam (diepte is 12 m) wordt gebruik gemaakt van de in bijlage 15 a t/m c gegeven gezamenlijke kansfunctie $p(H, T, \varphi)$, op de dieptelijn NAP -12 m.

De marginale kansfunctie $p(H_{12})$ volgt hieruit door sommatie. Tabel 7.1 geeft de cumulatieve kans dat een bepaalde golfhoogte overschreden wordt (overgenomen uit bijlage 75).

$H_{s,12}$ (m)	p(in promillen)
≥ 4	0,6
≥ 3.5	2,1
≥ 3	10,4
≥ 2.5	41,7

tabel 7.1

De kans op een storm met $H_s = 4$ m bedraagt dus (tabel 7.1) $0,6 \times 10^{-3}$, overeenkomende met 5 uur / jaar.

Gesteld wordt nu, dat deze kans overeenkomt met 1 x per jaar (stormduur = 5 uur).

De terugkeertijden voor de verschillende stormen (met H_s) volgt uit tabel 7.2.

$H_{s,12}$ (m)	Terugkeertijd (jaren)
4	1
3.5	0.3
3	0.06
2.5	0.0144

tabel 7.2

Uit bijlage 76 blijkt derhalve voor terugkeertijd van twintig jaar te gelden: $H_{s,12} = 5$ m.

Naast de golfhoogte dient de maatgevende waterstand bekend te zijn.

De gegevens hiervoor zijn ontleend aan de "Tienjarige Overzichten Waterhoogten" van Rijkswaterstaat.

De waterstanden voor Hoek van Holland staan voor de laatste honderd jaar samengevat in bijlage 77.

Hierin staan de waterstanden vermeld in m boven NAP (alleen boven het peil NAP + 2.20).

Hieruit blijkt, dat de waterstand NAP + 2.80 tien maal bereikt of overschreden is; de stand NAP + 3.00 m blijkt vijf maal bereikt of overschreden te zijn.

Voor de maatgevende waterstand met een terugkeerperiode van twintig jaar wordt derhalve aangenomen: NAP + 3 m.

Opmerking: Reëtelijk dient de correlatie beschouwd te worden tussen optredende golfhoogten en waterstanden; de kans op voorkomen is onmiskenbaar gekoppeld. In het kader van dit onderzoek bleek dit punt te uitgebreid.

Samenvattend zijn de maatgevende zeecondities:

$$- H_s = 5 \text{ m}$$

$$- h^1 = \text{NAP} + 3 \text{ m.}$$

VII.3 Sterkteberekening dam.

De dam dient zodanig geconstrueerd te worden, dat zowel tijdens de bouwfase als daarna de golfkrachten van een bepaalde gekozen storm geen schade aanrichten.

De dam wordt volledig in stortsteen uitgevoerd.

De gewichten van de stenen worden berekend met de formule van Hudson [12] :

$$W = \frac{\rho_a g H_s^3}{K_D \Delta^3 \cotg \Theta} \quad (7.1)$$

waarin:

W : steengewicht

ρ_a : dichtheid steen

g : versnelling van zwaartekracht

H_s : significante golfhoogte t p v. dam

Δ : relatieve dichtheid =

$$= \frac{\rho_a - \rho_w}{\rho_w}$$

ρ_w : dichtheid water

K_D : schadecoëfficiënt

$\cotg \Theta$: helling van dwarsdoorsnede dam

De onbekende grootheden in rechterlid van (7.1) zijn K_D en Θ .

De bekende zijn: H_s (5 m), g (9,81 m/s²), ρ_a (2700 kg/m³, natuursteen) en Δ (1.63).

De dam wordt gebouwd op de bestaande bodem, diepte NAP -12 m.
Elke laag in een stortsteengolfbreker (-dam) dient zodanig qua steenaafmeting te zijn, dat de onderliggende laag niet uitgewassen kan worden door de bovenliggende laag.

In steengewicht uitgedrukt: $W_0 \approx \frac{1}{10} \times W_b$.

Op de bestaande zeebodem zal een filterlaag aangebracht moeten worden.

De vorm van de stenen en de mate van ruwheid (schuifweerstand) en de plaats in de dam worden samengevat in de coëfficiënt K_D .

Voor de waarden van K_D wordt verwezen naar tabel 7.6 van Shore Protection Manual, C.E.R.C.

- Eerste laag.

Voor natuursteen, ruw, geldt voor een doorsnede buiten de kop van de dam voor het geval "geen schade": $K_D = 3.5$;

voor de taludhelling wordt gekozen 1:2, $\cotg \ominus = 2$;

Uit formule (7.1) volgt voor het steengewicht:

$$W = 11 \times 10^4 \text{ N.}$$

Hierbij wordt ervan uitgegaan, dat de K_D - waarde ook geldig is voor een stortsteen-dam met overslaande golven.

In de beschouwde doorsnede (a-a in figuur 54) is het niet nodig golfoverslag volledig tegen te gaan. De golfenergie-transmissie is bij kruinhoogte NAP + 3 m gering; voor dit punt wordt verwezen naar Schaap [21].

Voor doorsnede b-b in figuur 54 is evenwel golfoverslag ontoelaatbaar; het ontwerp van dit deel van de noordkaapdam wordt in paragraaf 4 van dit hoofdstuk aangegeven.

De dikte van de eerste bekledingslaag volgt uit (zie [14]):

$$d = m K_{\Delta} \left\{ \frac{W}{\rho_a g} \right\}^{1/3} \quad (7.2)$$

waarin:

d : dikte

m : aantal lagen

K_{Δ} : pakklingscoëfficiënt (zie tabel 7.10, C.E.R.C. [14])

Voor $m = 2$ en $K_{\Delta} = 1.15$ volgt uit (7.2):

$$d = 3.7 \text{ m.}$$

De kruinbreedte B volgt uit (zie [12]):

$$B = m^1 K_{\Delta} \left\{ \frac{W}{\rho_B g} \right\}^{1/3} \quad (7.3)$$

waarin:

m^1 = aantal steeneenheden op kruin (= 4);

Voor de minimale breedte volgt uit (7.3):

$B = 7.50 \text{ m.}$

De diepte tot waar de eerste laag aangebracht dient te worden volgt uit:

$$t = z_0 - 1.5 H_s \text{ (t.o.v. bodem)} \quad (7.4)$$

waarin:

z_0 : gemiddelde waterstand t.o.v. bodem

H_s : significante golfhoogte.

Uit tabel 7.3 volgt voor verschillende golf- en waterstandsomstandigheden de waarde van t.

z_0 (m)	H_s (m)	Terugkeertijd (jaren)	t (m)
$12^{\text{NAP}} + 3 = 15$	5	20	7.5
$12 + 1 = 13$ (H.W)	4	1	7.0
$12 - 1 = 11$ (L.W)	3	0,06	6.5
$12 \text{ (L.W + opwaaiing)}$	4	1	6

tabel 7.3

$\text{NAP} = \text{NAP}$

Uit tabel 7.3 volgt voor de maatgevende diepte derhalve :

$\text{NAP} = 6 \text{ m.}$

- Tweede laag

Tijdens de bouwfase dient deze laag bestand te zijn tegen golven die enkele malen per jaar voorkomen.

Keuze $H_s = 3,5$ m; storm met terugkeerperiode van 0,3 jaar (zie figuur in bijlage 76).

Het gewicht van de stenen volgt uit formule (7.1):

$$W = \frac{2700 \times 9,81 \times (3,5)^3}{3,5 \left\{ \frac{2700 - 1025}{1025} \right\}^3 \cdot 2} = 3,7 \times 10^4 \text{ N}$$

Deze waarde is groter dan $\frac{1}{10} \times W_b$ (eerste laag), dus voldoet aan de norm; keuze: $W \approx 4 \text{ TON}$

De laagdikte bij aantal lagen (m) = 2 volgt uit formule (7.2):

$$d = 2 \times 1,15 \times \left\{ \frac{4 \times 10^4}{2700 \times 9,81} \right\}^{1/3} = 2,6 \text{ m}$$

- Teen van de dam

Het steengewicht voor de teen (de steun voor de eerste bekledingslaag) wordt voor de eenvoud hetzelfde genomen als dat van de tweede laag: $W = 4 \times 10^4 \text{ N}$.

Uit de omgewerkte formule van Hudson (7.1) volgt dan voor de helling:

$$\cotg \Theta = \frac{\rho_a g (H_s)^3}{K_D \Delta^3 W_2} \approx 5 \quad (7.5)$$

waarin:

$$H_s = 5 \text{ m}$$

$$K_D = 4 \text{ (niet-brekende golven)}$$

$$W_2 = 4 \times 10^4 \text{ N}$$

Deze helling (1:5) is erg flauw; de teen wordt derhalve als berm met een horizontale bovenzijde uitgevoerd; als zodanig is deze een goede ondersteuning voor de eerste bekledingslaag.

- Lijzijde

Omdat er rekening gehouden dient te worden met golfaanval vanuit de baai (zie figuur 54) en enigzins met overslaande golven, wordt de eerste bekledingslaag ook aan deze zijde doorgezet tot NAP - 6 m.

Opmerking: In feite moet het golfklimaat in de baai nader bekeken worden om de maatgevende golfhoopte aldaar te kunnen bepalen.

- Dwaarsdoorsnede

Alle bovenstaande berekeningen leiden tot de in bijlage 78 aangegeven dwarsdoorsnede van de dam.

- Damkop

De kop van de dam wordt sterker aangevallen door de golven en de verdedigingselementen haken daar minder goed in elkaar.

De zgn. K_D -waarde voor de damkop wordt derhalve kleiner genomen.

Voor brekende golven en ruwe natuursteen geldt $K_D = 2,5$ (tabel 7.6, C.E.R.C. [14]). Voor de eenvoud van uitvoering wordt dezelfde steen toegepast ($W = 10$ à 15 TON).

Voor de helling van het talud wordt m.b.v. formule (7.5) gevonden:

$$\cotg \Theta = 2.75.$$

Keuze helling t.p.v. damkop: 1:3.

VII.4. Dam - land overgang.

Voor doorsnede b-b in figuur 54 geldt de eis, dat geen zand door de golven weggeslagen mag worden.

Twee oplossingen zijn dan mogelijk:

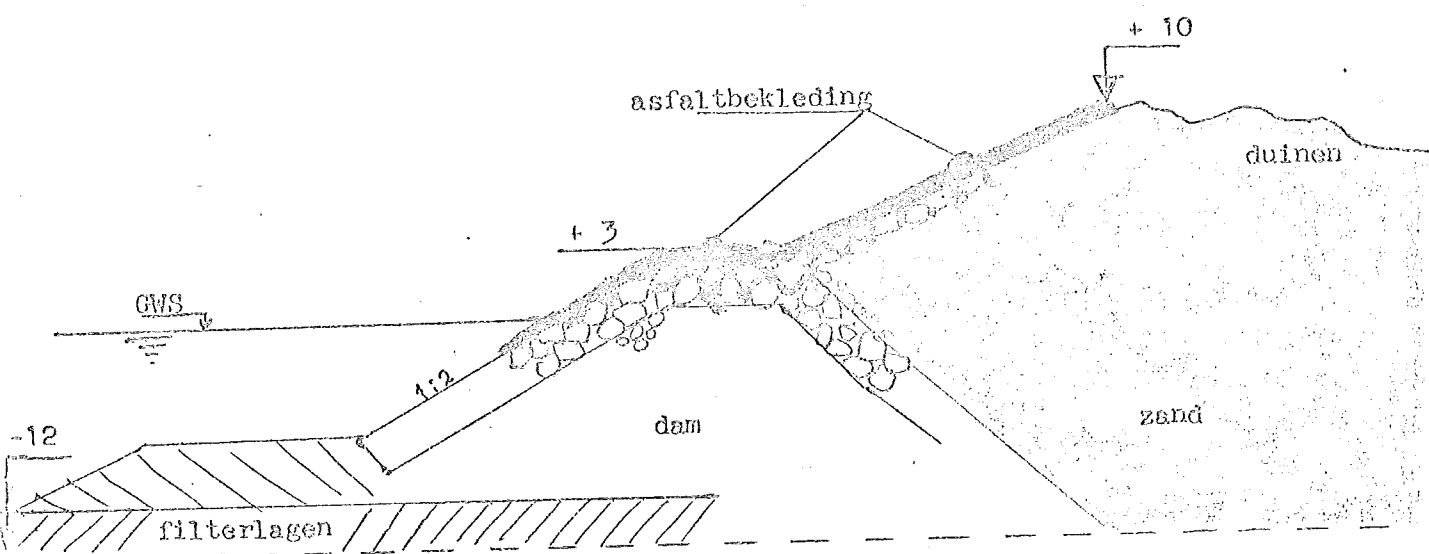
- hoge dam tot NAP + 10 m;

(superstormvloedomstandigheden)

- asfaltbekleding

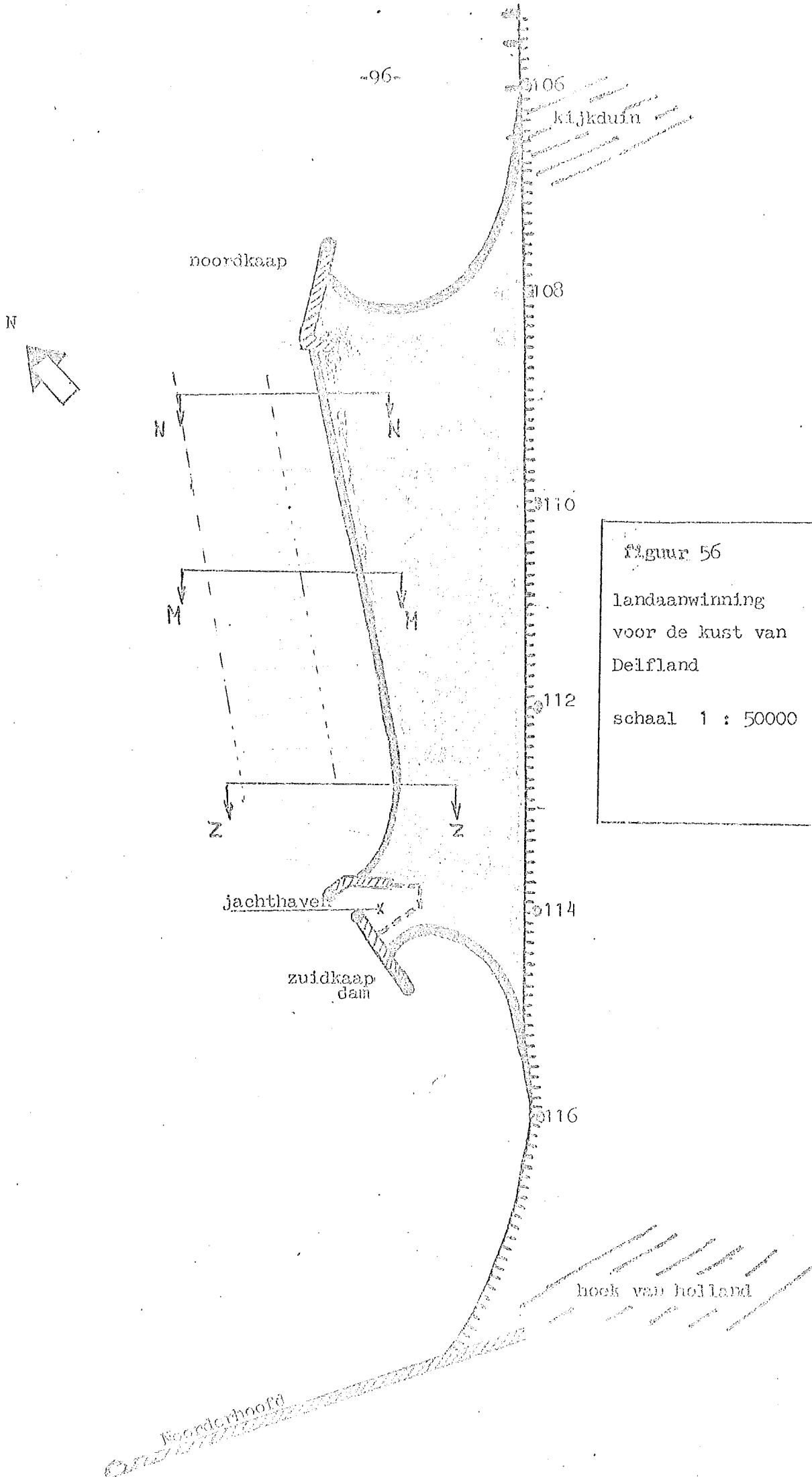
Deze laatste methode, waarbij de kruinhoogte van de gehele noordkaapdam op NAP + 3 m ligt, is verreweg het goedkoopste.

Figuur 55 geeft deze situatie aan.



figuur 55. doorsnede b-b (fig. 54)

Uitvoeringstechnisch is deze methode (dam bouwen, zand storten en opspuiten, asfaltbescherming erover) ook aantrekkelijk.



-96-

106

kijkduin

noordkaap

108

N

110

figuur 56

landaanwinning
voor de kust van
Deilfland

schaal 1 : 50000

112

114

jachthaven

zuidkaap
dam

116

hoek van holland

Eggenhoofd

Oude dijk

Hoofdstuk VIII. Financiële aspecten.

Dit ontwerp van een landaanwinning is een variant op de reeds ontwikkelde plannen op dezelfde plaats: "Nieuwduinen" en "Kustlokatie".

Niet de totale bouwkosten zullen berekend worden; wel wordt een kostenvergelijking gemaakt qua hoofdverdediging tussen de drie varianten.

Door de onzekere factor materiaalprijs is het hierna volgende slechts een kostenraming.

Voor enkele constructiematerialen staan de globale prijzen in bijlage 79.

In bijlage 80 staan voor drie raaien (zie figuur 56) langs de westelijke kust de dwarsprofielen getekend, te zamen met een dwarsprofiel van de bestaande Delflandse kust. Hieruit wordt voor de drie raaien het op te spuiten dwarsprofiel berekend = van aansluitpunt zeebodem tot achterzijde duinenrij. Het resultaat is:

- doorsnede N - N (bij noordkaap):	$11 \times 10^3 \text{ m}^2$
- " " M - M	$: 9.5 \times 10^3 \text{ m}^2$
- " " Z - Z (zuidkaap)	$: 8.5 \times 10^3 \text{ m}^2$

Voor het gemiddeld op te spuiten dwarsprofiel wordt verder aangehouden:

$$A = 10 \times 10^3 \text{ m}^2$$

Omdat zeer grote hoeveelheden zand benodigd zijn, die over grote afstand (vanuit zee) aangevoerd moeten worden, wordt voor het zand een hogere eenheidsprijs aangehouden dan uit bijlage 79 volgt: fl 7,50 / m³.

Gedeeltelijk kan het zand direkt met zgn. onderlossers gestort worden (lagere prijs); voor een ander deel moet het opgespoten worden, bv. duinen.

Voor de zeekering volgt hieruit:

$$\text{kostprijs: fl } 75000,- / \text{ m}^4.$$

Ter vergelijking staan in tabel 8.1 de kosten per strekkende meter hoofdverdediging van de drie varianten. De met (x) aangegeven waarden zijn overgenomen uit [21. Schaap] en zijn de totale kosten (aankleg en onderhoud).

<u>variant :</u>	Nieuwduinen "blokkendam" NAP + 2 m	Kustlokatie "onderwaterdam" NAP - 3 m	Landaanwinning "zand"
kosten in gulden/ m ¹	95000 ^(x)	73000 ^(x)	75000

tabel 8.1

Omdat de verdedigingen van de drie varianten aan de kapeen verschillend zijn, moet een kostenraming gemaakt worden waarin deze opgenomen zijn.

In tabel 8.3 zijn de berekeningen samengevat. De hiervoor benodigde gegevens zijn afkomstig van het overzicht in tabel 8.2 en qua prijzen bijlage 9 en rapport [21].

<u>Nieuwduinen</u>	<u>Kustlokatie</u>	<u>Landaanwinning</u>
- blokkendam; kruin NAP + 2 m; lengte 5 km	- onderwaterdam NAP - 3 m; lengte 4 km	- zandstrand + vooroevers; breedte 1,5 km; lengte 5 km
- lagune. 300 m breed	- lagune 300 m breed	- noordkaapdam NAP + 3 m; lengte 1 km
- zuidkaapdam kruin NAP + 10 m lengte 1 km	- zuidkaapdam en noordkaapdam kruin NAP + 2 m lengte 3,5 km	- zuidkaapdam NAP + 10 m; lengte 1 km
- jachthavendam	- jachthavendammen	- jachthavendam
- duinenrij	- duinenrij	- duinenrij

tabel 8.2

hoofdverdediging - onderdelen

Nieuwduinen		Kustlokatie		Landaanwinning	
onderdeel	kosten	onderdeel	kosten	onderdeel	kosten
zeewering: 5 km	475	zeewering : 4 km	290	zeewering : 5 km	375
zuiddam : (hoog) 1 km	125	zuid- + noorddam : (incl. 2 km lagune en duin)	330	zuidkaap- dam (hoog): noordkaap- dam (laag): 1 km	125 75
<u>totaal:</u>	<u>600</u>		<u>620</u>		<u>575</u>

tabel 8.3

Kosten hoofdverdediging (in miljoenen guldens)

Opmerking: bovenstaande kostenvergelijking betreft uitsluitend de hoofdverdediging; het op zich zeer belangrijke aspect, het onderhoud van het aangrenzende kust--vak Kijkduin - Scheveningen, dat aan erosie onderhevig zal zijn, is hierin buiten beschouwing gebleven.

Enerzijds is niet bekend hoe groot de hoeveelheid te suppleren zand zal (moeten) zijn; anderzijds is het aspect suppletie in alle drie varianten aan de orde, zodat voor een kostenvergelijking dit punt niet essentieel is

Opmerking: In elk der varianten komt een noordelijke jacht-havendam (aan de zuidkaap) voor; in de kostenvergelijking van de varianten is deze dan ook weggelaten

Hoofdstuk IX. Samenvatting en conclusies.

De in dit ontwerp onderzochte variant voor een landaanwinning voor de Delflandse kust is zodanig ontworpen, dat de zeewering uitgevoerd als strand en duinen, een dynamische evenwichtsligging zal hebben onder invloed van het golfklimaat.

Omdat binnen de brandingszone de invloed van de getijstromen verwaarloosbaar is ten opzichte van die der golven en omdat het strandgedeelte (tot NAP - 6 m) de stabiliteit van de kust bepaalt, is de getijstroominvloed niet in dit onderzoek verdisconteerd.

Na een overzicht van de bestaande situatie, de golfgegevens en kustverdediging in het algemeen (hoofdstukken II en III) wordt de westelijke hoofdverdediging in de hoofdstukken IV en V behandeld.

De berekeningen worden uitgevoerd met het computerprogramma "Kustconstanten", dat beschikbaar is bij de vakgroep Kustwaterbouwkunde. Een beknopt overzicht hiervan en de noodzakelijke wijzigingen hierin zijn als Appendix B bijgevoegd. Het berekeningsresultaat is, dat, indien de westkust een oriëntatie heeft van 33^0 t.o.v. N, geen resulterend zandtransport langs de kust zal optreden.

De noord- en zuidkaap worden als "hard" element uitgevoerd om een stabiele situatie te creëren; de jachthaven wordt aan de zuidelijke kaap geprojecteerd, omdat deze plaats het minst diep is (NAP - 8 m).

De evenwichtsligging van de baaien, als overgangen van de kapen naar de bestaande kust, worden berekend met het genoemde "KC"-programma en met behulp van de logaritmische spiraal-theorie (hoofdstuk VI).

Het ontwerp van de landaanwinning staat aangegeven in figuur 56, blz. 96.

Voor een doorsnede dicht bij de kop van de noordkaapdam wordt een sterkteberekening uitgevoerd (hoofdstuk VII) voor zeecondities die gemiddeld eens in de twintig jaar zullen optreden.

Verder is in dit ontwerp de vorm en de plaats van de dammen aan de noord- en zuidkaap aangegeven. Het berekenen van alle definitieve dwarsdoorsneden behoeft een dermate uitgebreid optimalisatie-onderzoek, dat dit niet in het kader van dit ontwerp opgenomen is.

Naar aanleiding van een vergelijkende kostenraming (hoofdstuk VIII) wordt geconcludeerd, dat de in dit ontwerp onderzochte variant iets goedkoper is dan de andere ontwerpen, t.w. "Nieuwduinen" en "Kustlokatie voor Delfland".

Omdat door de aanleg van de landaanwinning het zandtransport langs de Delflandse kust geheel gestopt wordt, zal het kustvak Kijkduin - Scheveningen eroderen (hoofdstuk VI.3).

In de varianten "Nieuwduinen" en "Kustlokatie voor Delfland" is de westelijke kust zodanig georiënteerd, dat er een resulterend transport zal optreden noordoostwaarts; dit heeft verdraaiing van de kustlijn tot gevolg en zandverlies aan de noordzijde. Dit zandverlies uit het hoofdkustvak dient aangevuld te worden om de kust in stand te houden. Het is evenwel absoluut onzeker, waarheen het aan de noordzijde verdwijnende zand getransporteerd zal worden. Langs de kust bij Kijkduin zal de grootste gradiënt optreden in de langstransportcapaciteit; aldaar dient dus voldoende zandaanvoer plaats te vinden, om erosie te voorkomen. Omdat het niet zeker is, dat in de genoemde plannen het langs de westkust lopende zand bij Kijkduin terecht komt, dient op twee plaatsen zand gesuppleerd te worden.

De door de schrijver onderzochte variant is qua westkust stabiel; op een plaats dient derhalve zandsuppletie plaats te vinden of enige verdediging aangebracht te worden ter voorkoming van erosie van de kust bij Kijkduin.

De beste oplossing hiervoor (ook financieel) lijkt het verplaatsen van Loswal Noord naar de noordbaai bij Kijkduin, zodat het uit de Maasgoude gebaggerde materiaal wederom ten goede komt aan de Hollandse kust.

Lijst van symbolen

A	: Evenredigheidsfactor in CERC-formule
A	: rekenhoek in refractie-programma
B	: kruinbreedte
D ₅₀	: mediane korreldiameter
E	: golfenergie p.e.v. oppervlakte
F	: strijklengte
H	: golfhoogte
H _s	: significante golfhoogte (= $H_{1/3}$)
H _{rms}	: root-mean-square golfhoogte
K _D	: schadecoëfficiënt
K _Δ	: pakkingscoëfficiënt
K _r	: refractiecoëfficiënt
K _{sh}	: shoalingfactor
L	: golflengte
L	: aangroellengte kust
M	: telgrootheid
N	: idem
P	: energiestroom, vermogen (= $E \cdot c_g$)
Q	: zandtransport
Q ₀	: langstransport evenwijdig x-as
Q _d	: transport bij verdraaiing kustlijn
Q _{res}	: netto langstransport
R	: straal in logaritmische spiraal
S	: energiedichtheid (spectraal)
S	: zandtransport langs de kust
S _y	: dwarstransport
T	: golfperiode
T _{mo,2}	: gem. tijdsinterval tussen twee opvolgende nuldoorgangen
T _{eq}	: equivalente golfperiode (= $1,23 \bar{T}$)
W	: steengewicht
W _r	: evenwichtslengte (app. D)

indices:

- o : op diep water
- r : op rand rekengebied refr. programma
- 12 : op diepteliijn N.A.P. - 12 m
- x2 : op "plaatdiepte", zeezijde
- br : op brekerlijn

vervolg symbolenlijst

b	: onderlinge afstand golfstralen
c	: fasesnelheid
c_g	: groepsnelheid
d	: diepte
f	: frequentie
f_z	: omrekeningsfactor (app. C)
g	: versnelling van de zwaartekracht
h	: hoogte, diepte
i	: telgrootheid
k	: golfgetal, $= 2\pi/L$
l	: lengte
m_0	: nulde moment energiespectrum
m_2	: tweede ,, ,,
m_r	: evenwichtshelling D-profiel
n	: verhouding groepsnelheid / fasesnelheid
p	: dwarstransport
p_i	: kansfunctie
q	: kustconstante, verandering van het langstransport
r	: straal in diffr.berekening (Cornu-spiraal)
t	: tijd
u	: aanlegdiepte
x	: hor. coördinaat
y	: idem
z	: verticale coördinaat
α	: hoekverdraaiing t.o.v. x-as
β	: hoek
γ	: brekerindex ($= H_{br}/h_{br}$)
δ	: hoekverdraaiing
Δ	: relatieve dichtheid materiaal
Δx	: stapgrootte, raaiafstand
$\Delta \varphi_0$	: "nuloriëntatie"-aanduiding
Θ	: golfsectoraanduiding
θ	: helling
λ	: golflengte
ρ	: dichtheid
φ	: hoek van golfinval, tussen golfkam en dieptelijn
φ	: golfsectoraanduiding
π	: $\pi = 3,1416.....$

Litteratuur :

- 1 Bakker, W.T. The dynamics of a coast with a groyne system; XIth Coastal Eng. Conf. Londen 1968
- 2 Bakker, W.T.,
ten Hoopen, H.G.H.
en Grieve, G.R.H. Berekening van het zandtransport volgens methode Svasek bij een strand en vooroever, die een hoek met elkaar maken; studierapport W.W.K. 71 - 18
- 3 Bakker, W.T. en
Joustra, D.Sj. History of the Dutch coast in the last century ; studierapport W.W.K. 70 - 12
- 4 Bakker, W.T. en
Opdam, H.J. De invloed van golven en getij op het zandtransport in de brandingszône; studierapport W.W.K. 70 - 9
- 5 Bakker, W.T. en
van Bochove, G. Numeriek rekenprocedé bij berekening van kustlijnen; R.W.S. memo 73 - 5
- 6 Battjes, J.A. Computations of Setup, Longshore Currents, Runup and Overtopping due to wind-generated waves; proefschrift 1974
- 7 Battjes, J.A. Collegehandleiding Korte Golven; T.H. Delft
- 8 Battjes, J.A. Beschouwing over de interpretatie van refractieberekeningen volgens Bouws; intern rapprt, T.H. Delft, 1979
- 9 Bakker, W.T. Berekening van het langstransport door golven met de methode van evenwijdige dieptelijnen; studierapport W.W.K. 69 - 7
- 10 Blijker, E.W. Some considerations about scales for coastal models with movable bed; proefschrift 1967

vervolg litteratuur

- 11 Massie, W.W.
editor
Coastal Engineering
Volume II, Harbour and Beach Problems
vakgroep kustwaterbouwkunde T.H. Delft 1979
- 12 Massie, W.W.
editor
Coastal Engineering
Volume III, Breakwater Design
vakgroep kustwaterbouw T.H. Delft 1980
- 13 Casteleyn, J.A.
Numerieke berekening van de verandering
van kustvormen onder invloed van golfaanval;
Deel I, II en III, technisch rapport 75-1/3
vakgroep kustwaterbouw T.H. Delft 1975
- 14 C.E.R.C.
Shore Protection Manual; 1975
- 15 Dorrestein, R.
Wind and Wave data of Netherlands
lightvessels since 1949;
K.N.M.I. - verhandelingen nr. 90
- 16 Heineke, D.
Golfklimatologie zuidelijke Noordzee;
afstudeeronderzoek, vakgroep Vloeistof-
mechanica, T.H. Delft 1979
- 17 Heineke, D.
Refractieberekeringen voor de kust van
Delfland; afstudeeronderzoek,
vakgroep Vloeistofmechanica T.H. Delft 1979
- 18 Interdienstelijke
werkgroep
provincie Z-Holland
Studienota Kustlokaties, 1978
- 19 Overeem, J. van
Onderzoek naar de zandtransporten langs een
ten westen van Goeree geprojecteerde zanddam
en langs de kust van Goeree;
afstudeerontwerp, vakgroep Kustwb. T.H. Delft
1978

vervolg litteratuur

- 20 van Overeem, J. Numeriek model voor de berekening van kustlijnveranderingen t.g.v. golven en stroom ; vakgroep Kustwaterbouw T.H. Delft, 1978
- 21 Schaap, G.J.A. Kustlokatie voor Delfland, afstudeerontwerp vakgroep Kustwaterbouw T.H. Delft, 1979
- 22 Silvester, R. Coastal Engineering, Vol. 2 Sedimentations, Estuaries, Tides, Effluent and Modelling, 1974
- 23 Silvester, R. Growth of crenulate shaped bays to equilibrium; Proc. A.S.C.E. 1970
- 24 Swart, D.H. Offshore Sediment Transport and Equilibrium Beach-profiles ; proefschrift 1974
- 25 Stevin Groep N.V. Nieuwduinen , Utrecht 1977
- 26 T.A.W. Richtlijnen voor de berekening van duinafslag ten gevolge van een stormvloed 's-Gravenhage, 1972
- 27 Wiegel, R.L. Oceanographical Engineering; Londen, 1964
- 28 Yasso, W.E. Plan geometry of headland-bay beaches, Journal of Geol. 73, pag. 702-714