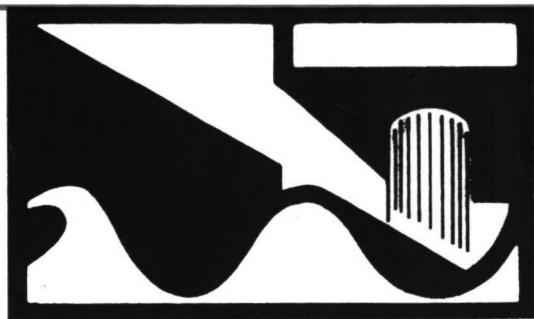


676A



Zandtransporten en kustlijnveranderingen
in de baai te Laem Chabang (Thailand).

B. Reeskamp
Delft okt. 1986

THDelft

Technische Hogeschool Delft

Afdeling der Civiele Techniek
Vakgroep Waterbouwkunde
Sectie Kustwaterbouw

D E E L 2

Z A N D T R A N S P O R T E N

E N

K U S T L I J N V E R A N D E R I N G E N

B. REESKAMP

DELFT JULI 1986

INHOUDSOPGAVE

	Pagina
1. Voorwoord	1
2. Inleiding	3
3. Doel afstudeerprojekt	3
4. Aanpak	5
- Samenvatting deel 1 en konklusies	5
- Aanpak in deel 2 van het afstudeerverslag	8
5.3 Zandtransporten	9
5.3.1 Inleiding	9
5.3.2 De CERC-formule	11
5.3.3 De Bijker-methode	13
5.4 Beschrijving van het numerieke model	15
5.4.1 Inleiding	15
5.4.2 De invoergegevens	16
5.4.3 Toelichting van variabelen en programma stappen	17
5.4.3.1 Toelichting van verschillende variabelen	17
5.4.3.2 Toelichting van verschillende programma stappen	19
5.4.5 Uitgevoerde controles van het programma	28
5.4.5.1 Invoergegevens van het testprogramma	28
5.4.5.2 Bespreking van de testuitvoer van het programma	29
5.4.6 Aanpassing van het numeriek model aan waarneming in prototype	31
5.5 Bespreking van de uitvoergegevens voor gebied 4	32
5.5.1 De resultaten	32
5.5.2 Aangehouden zandtransporten	33

6.	Kustlijnveranderingen	34
6.1	Inleiding	34
6.2	De continuïteits- en bewegings-vergelijking	36
6.2.1	De continuïteitsvergelijking	36
6.2.2	De bewegingsvergelijking	37
6.3	De differentiaalvergelijking, randvoorwaarden, beginvoorwaarden en oplossingen	39
6.3.1	Oplossing voor het geval dat de aangroei ter plaatse van de golfbreker kleiner blijft dan zijn lengte	40
6.3.2	Oplossing voor het geval dat sediment langs de golfbreker, in de haven gaat stromen	41
6.4	Beschrijving van het numerieke model	42
6.4.1	Inleiding	42
6.4.2	De invoergegevens	43
6.4.3	Het stroomschema	47
6.4.4	De uitgevoerde controles	48
6.4.4.1	De handberekening	48
6.4.4.2	Kontrolerekening met een voorbeeld uit het college diktaat F11B	50
6.5	Bespreking van de berekende kustlijnveranderingen	53
6.6	Vervorming van het kustgebied na 10 tot 15 jaar	55
6.7	Konklusies	60
	Literatuur	61
	Bijlage 4: Het zandtransport programma in Algol 60.	1
	Bijlage 5: Invoer- en uitvoer-gegevens voor raai 4.	8
	Bijlage 6: Uitvoer controleberekening zandtransporten.	27
	Bijlage 7: - Programma voor kustlijnberekening in Algol 60.	31
	- Kustlijnveranderingen voor raai 4.	34

1. Voorwoord

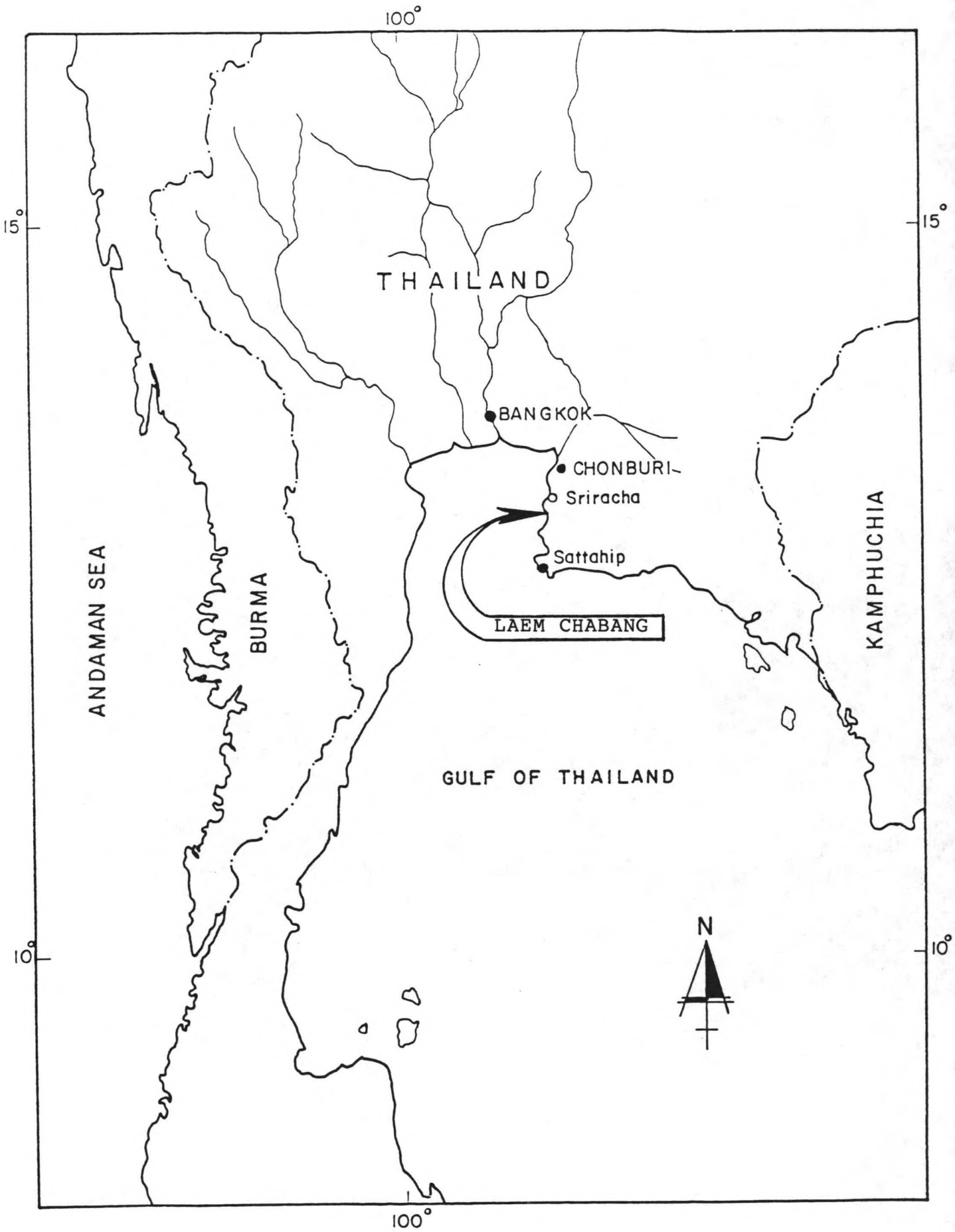
Voor het tot stand komen van deel 1 gaat mijn dank vooral uit naar de volgende personen:

- Prof. dr. ir. E. W. Bijker voor het beoordelen van het verslag en de adviezen.

- Mijn algemeen begeleider ir. R. Reinalda voor de assistenties en adviezen tijdens mijn gehele afstudeer-periode.

- De heer ir. G. Biesheuvel, van Haskoning, voor het verstrekken van dit projekt en voor zijn steun.

- Ook wil ik V. Smits bedanken voor het beschikbaar stellen van haar "Appel II" en haar hulp. Zonder die computer was het verslag nooit in deze vorm afgerond.



FIGUUR 1.1: LIGGING STUDIEGEBIED

2. Inleiding

In het meest noordelijke gedeelte van de golf van Thailand, ligt aan de oostkust van de baai van Bangkok de stad Laem Chabang (zie fig. 1.1).

In het algemeen genomen bestaat de hele oostkust van de baai van Bangkok uit rotsformaties, afgewisseld door diep ingesneden baaien. Dit aanzien wijst op een geringe hoeveelheid sedimenten en haast geen transport van sedimenten langs de kust.

De stad Laem Chabang zelf ligt in het noorden van een baai die ongeveer 12 km breed is en zo'n 5 km diep landinwaarts (zie fig. 3.1).

Hoofdzakelijk bestaat de bodem in de baai te Laem Chabang uit grof zand, fijn zand gemengd met slib en puur slib. Het slib is vooral te vinden in het zuidelijk deel van de baai.

De bodemhellingen in het studiegebied zijn gering (zie fig. 3.1). In het zuidelijke deel van de baai, in het ondiepere gedeelte boven L.L.W. (laagst laagwater), zijn de bodemhellingen zelfs zo'n 1:800.

Voor het noordelijk deel van de baai van Laem Chabang is door NEDECO (Netherlands Engineering Consultants) een havenontwerp doorgerekend.

3. Doel afstudeerproject

Het doel van dit afstudeerproject is de gevolgen te bepalen van de bouw van het havencomplex op de kustlijn van de baai, door middel van numerieke modellen. Verder zullen tijdens dit afstudeerproject, voor de bouw van het havencomplex, de toe te passen ontgravingswerktuigen, werkmethoden en de geschatte kosten van het ontgravings- en ophoog-werk behandeld worden .

Om ervaring op te doen met numerieke modellen is gekozen om alle numerieke modellen zelf te ontwikkelen.

FUTURE PORT OF LAEM CHABANG

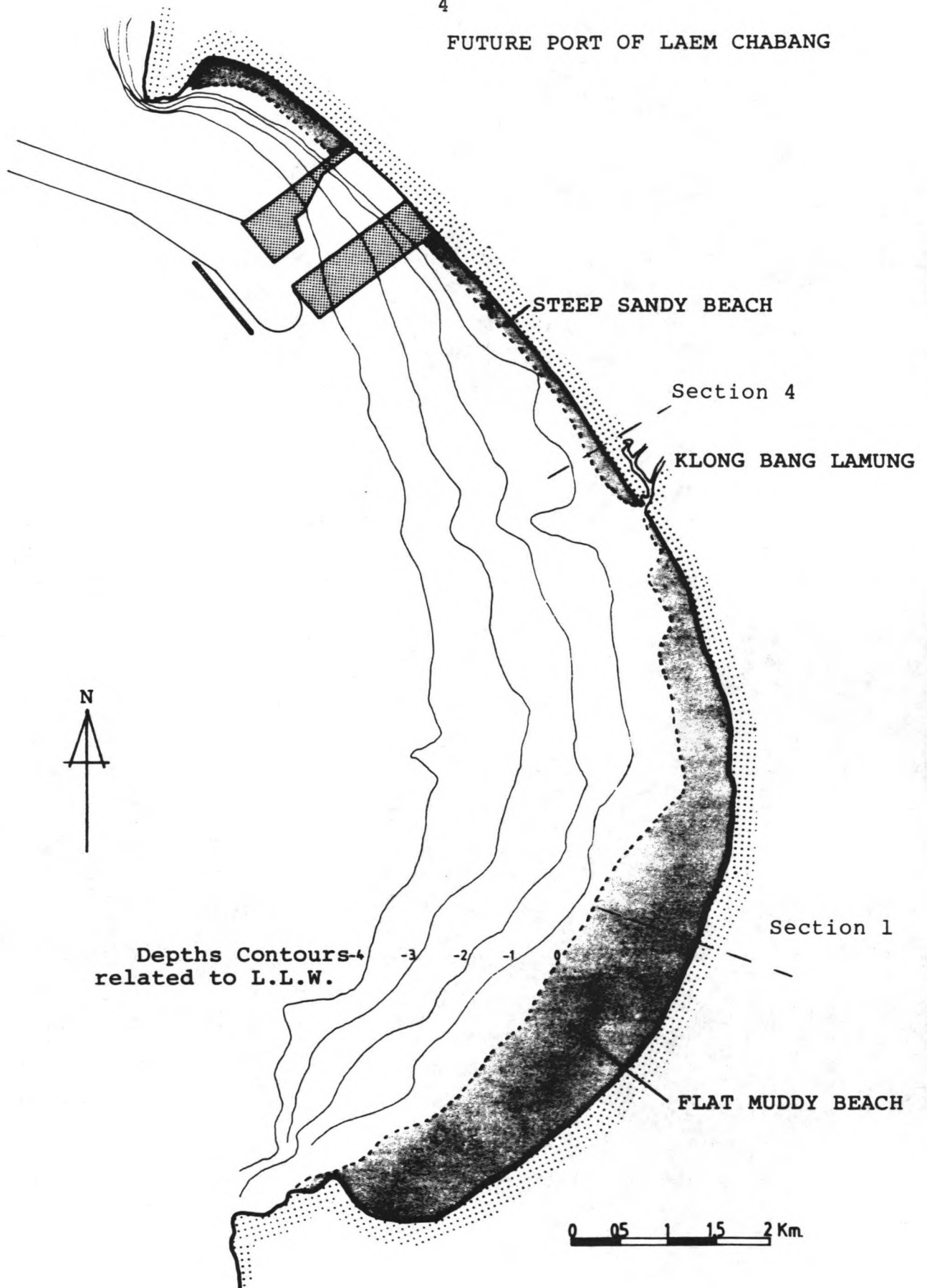


Figure 3.1: Laem Chabang bay with layout of future port

Opmerking:

Volgens de nieuwste ontwikkelingen (aug. 86) zal het havencomplex waarschijnlijk niet gebouwd worden. De Wereldbank is namelijk niet bereid om het projekt te financieren en stelt voor om een verlaten militaire-haven, die ongeveer 50 km ten zuiden van Laem Chabang ligt, nu voor civiele doeleinden in gebruik te nemen.

4. Aanpak

Om het doel te verwezenlijken zijn verder de volgende zaken achtereenvolgens aangepakt:

- 1) De beschrijving van het golfveld van diep- tot ondiep-water door middel van een numeriek model.
- 2) De beschrijving van stromingen
- 3) De beschrijving van de zandtransporten.
- 4) De berekeningen van de kustlijnveranderingen.
- 5) De ontgravings-, ophoog-, werk-methoden en de kosten van de baggerwerkzaamheden bij de bouw van het havencomplex.

De verzamelde gegevens van het studiegebied en de punten 1) en 2) zijn te vinden in deel 1 van het afstudeerverslag, afgelegd bij prof. dr. ir. J. A. Battjes van de vakgroep Vloeistofmechanika. Van deel 1 zal een korte samenvatting gegeven worden met de belangrijkste konklusies.

Punt 5) is als deelontwerp afgelegd bij prof. ir. J. de Koning van de vakgroep Grondverzet, afdeling der Werktuigbouwkunde.

- Samenvatting deel 1 en konklusies

In deel 1 van het afstudeerverslag zijn eerst verschillende gegevens verzameld zoals golfgegevens, getijgegevens, strand-profielen, dieptelijnkaarten, soortelijk gewicht en zeefkromme

van het zand.

Voor de verzamelde golfgegevens is gekozen om de volgende richtingssectoren aan te houden:

Z.Z.W., Z.W., W.Z.W., W., W.N.W. en N.W.

Uit de verwerking van de golfgegevens (deel 1, hoofd. 3.8.4) bleek dat, in vergelijking met grotere golven, kleinere golven frekwent voorkomen en dus een redelijke invloed op het zandtransport kunnen hebben. Verder bleek dat golven groter dan 1.75 m. in dit studiegebied statistisch gezien maar zelden voorkomen.

Om voor een beschouwde raai het golfveld te beschrijven is daarom in deel 1 gekozen om in de refractieberekeningen de volgende diepwatergolfhoogten te volgen:

0.25 m., 0.50 m., 0.75 m., 1.00 m., 1.25 m. en 1.50 m..

Bij deze diepwatergolfhoogten zijn de volgende golfhoogte-intervallen aangehouden voor de berekening van de gemiddelde tijd van optreden van golven in deze intervallen:

0.13 - 0.38 m., 0.38 - 0.63 m., 0.63 - 0.88 m., 0.88 - 1.13 m.,
1.13 - 1.38 m. en 1.38 - 1.63 m..

De beschouwde baai bezit flauwe bodemhellingen (fig. 3.1), deze hebben tot gevolg dat de golven een deel van hun energie verliezen. De wrijving is daarom ook meegenomen in de refractieberekeningen. In het refractie-model zijn, voor de verschillende beschouwde gebieden langs de kust (zie fig. 3.1), de dieptelijnen tot rechte lijnen geschematiseerd. Het al dan niet evenwijdig zijn van deze dieptelijnen is in de berekeningen ook meegenomen. Gezien de geringe kromming van de kustlijn en omdat verder in de beschouwde gebieden geen grote golfhoogte gradienten optreden kan de diffractie verwaarloosd worden. Een diffractie-refractie model was hier niet nodig.

De invoer voor het ontwikkelde refractie-model bestond uit de geschematiseerde dieptelijnen van het te beschouwen gebied en uit een aantal diepwatergolfhoogten met bijbehorende perioden. Daar de wrijving meegenomen wordt is vanaf de diepwaterrand naar een te beschouwen kustdeel, de refractie met niet al te grote stappen berekend. Voor de verschillende aangehouden richtingssectoren levert dit, voor een te beschouwen kustgebied, per gekozen diepwatergolfhoogte steeds een aantal berekeningsstappen op.

Voor de refractieberekeningen is per richtingssector en beschouwde diepwatergolfhoogte gekozen voor een weergave in tabelvorm (zie bijl. 2 en 3 in deel 1). Bij elke stap worden in deze tabellen gegeven de ter plaatse aanwezige waterdiepte, golflengte, wrijvingsfactor, shoalingcoëfficiënt, golfhoek, refraktiefactor en de golfhoogte. Als laatste regel in de tabellen levert het programma als uitvoer, per beschouwde golfrichting en diepwatergolfhoogte, onder andere de afstand uit de kust waar de beschouwde golf gaat breken met de dan aanwezige golfhoogte en golfhoek.

Uit de beschrijving van het golfveld in het zuidelijk deel van de baai blijkt dat daar zowat alle golfenergie verloren gaat aan wrijving. Deze golfenergie is dus ook niet meer beschikbaar voor het zandtransport van de sedimenten in dit deel van de kust. Een gevolg is dat in het verslag de aandacht zich ging richten op het gebied ten noorden van de Khlong Bang Lamung rivier (zie fig. 3.1). Voor een raai net ten noorden van de rivier is daarom het golfveld berekend (raai 4), zodat daar ook de stromingen en de zandtransporten bepaald kunnen worden.

In deel 1 van het afstudeerverslag is voor raai 4 ook bekeken welke golfsectoren na de bouw van de haven nog meegenomen moeten worden. Voor het geval van de baai met de haven was de konklusie dat golven vanuit de richtingen N.W. en W.N.W. door refractie niet zullen uitkomen ter plaatse van of ten noorden van raai nummer 4. Door diffractie zullen de golven voor deze twee richtingen de kust ten noorden van raai 4 wel bereiken maar de invloed hiervan op het zandtransport is verwaarloosbaar. Na de bouw van de haven zijn bij de berekeningen van het golfveld voor

raai 4 dus alleen de volgende diepwatergolfrichtingen meegenomen:

Z.Z.W., Z.W., W.Z.W. en W.

- Aanpak in deel 2 van het afstudeerverslag

Daar de studie zich nu op het kustdeel ten noorden van de rivier de Khlong Bang Lamung richt, zijn stromings- en zandtransport-berekeningen ter plaatse van raai nummer 4 uitgevoerd (zie fig. 3.1). De berekeningen zijn uitgevoerd voor het geval dat de haven gebouwd is. Gezien het voorgaande worden in de berekeningen de richtingssectoren Z.Z.W., Z.W., W.Z.W. en W. aangehouden.

Voor de stromings- en zandtransport-berekeningen worden in het te behandelen numerieke model de Bijker-formule en de CERC-formule toegepast (hoofd. 5.3). De CERC-formule is toegepast als controle van de met dit numerieke model berekende zandtransporten. Per beschouwde diepwatergolfrichting en diepwatergolfhoogte zijn voor raai 4 de invoergegevens van het numerieke model voor de berekening van de zandtransporten, de uitvoergegevens van de refractieberekening voor raai 4 op de rand van de brekerszone (bepaald in deel 1). Voordat deze berekeningen worden uitgevoerd zal in hoofdstuk 5.4.6 de invoer voor het model echter worden aangepast aan een door Haskoning waargenomen evenwichtsligging van de baai in de huidige situatie zonder haven.

Het voor raai 4 berekende totale jaarlijkse zandtransport zal als randvoorwaarde dienen voor het volgende numerieke model van de kustlijnberekeningen.

Voor het kustdeel ten noorden van de rivier tot aan de haven, zal in hoofdstuk 6 een kustlijnberekenings-model worden opgezet.

Als de zandtransporten in raai 4 bekend zijn kunnen kustlijn-berekeningen voor het gebied ten noorden van de rivier worden uitgevoerd nu de verschillende rand- en begin-voorwaarden voor dit gebied bekend zijn. Daarbij wordt verondersteld dat op het begintijdstip het zandtransport ten noorden van raai 4 gelijk is aan dat in raai 4.

5.3 Zandtransporten

5.3.1 Inleiding

De grootte van het sedimenttransport in het kustgebied wordt vooral bepaald door de golven, de stromingen en de fysische eigenschappen van het bodemmateriaal.

Het transportproces kan verdeeld worden in drie stappen:

- Het opwoelen en in suspensie brengen van bodemmateriaal.
- De horizontale verplaatsing van het materiaal door de stroming.
- Het wederom sedimenteren van het bodemmateriaal.

In feite is hier alleen de tweede stap van belang, daar de horizontale verplaatsing van bodemmateriaal door een vertikaal vlak de hoeveelheid transport bepaalt in de beschouwde tijd.

Om een indruk te krijgen van de nauwkeurigheid van de berekende zandtransporten, zullen in de berekeningen twee zandtransportformules gebruikt worden.

De oudste van de twee gebruikte zandtransportformules is de CERC-formule, het zandtransport wordt hier gerelateerd aan de langskomponent van de energieflex ter plaatse van de brekerlijn per eenheid van lengte.

De moderne zandtransportformules zijn gebaseerd op de vermenigvuldiging van de volgende hoofdcomponenten:

- De gemiddelde concentratie over een groot aantal golfperiodes van materiaal in suspensie, uitgedrukt in eenheid van volume van bezonken bodemmateriaal per eenheid van volume stromend water.
- De gemiddelde snelheid van het sediment over een groot aantal golfperiodes, parallel aan de kustlijn.

Beide componenten zijn functies van plaats en tijd. Universeel wordt hierbij aangenomen dat de instantane waarde van de snel-

heidscomponent van het sediment in suspensie, gelijk is aan de instantane waarde van de stroomsnelheid van het water.

Aangenomen wordt dat er alleen sprake zal zijn van zandtransport binnen de brekerzone.

De stroomsnelheid van het sediment wordt bepaald door middel van een brandingstroomberekening.

Het totale zandtransport is samengesteld uit een bodemtransport en een suspensietransport.

Het bodemtransport kan berekend worden met formules waarin een relatie gegeven wordt tussen de stroomsnelheden en de hydraulische bodemschuifspanningen.

Van deze moderne zandtransportformules zal de Bijker-formule gebruikt worden.

De brandingstroomberekening is behandeld in deel 1, hoofdstuk 5.2, en is uitgevoerd bij de vakgroep Vloeistofmechanika. De met vergelijking (5.8) berekende brandingstroomsnelheden zullen gebruikt worden voor de berekening van de zandtransporten met de Bijker-formule. In hoofdstuk 5.2 was voor de brandingsstroomvergelijking gevonden:

$$V = \frac{\sqrt{2} h \pi C \gamma}{8 \sqrt{f_w}} \left[m \sin(2 \phi) + h \cos(2 \phi) \frac{\partial \phi}{\partial y} \right] \quad (5.8)$$

Zoals hierboven vermeld is zijn in de berekeningen twee zandtransportformules gebruikt, te weten:

- de CERC-formule
- de Bijker-formule

Deze zandtransportformules zullen in de twee hierna volgende hoofdstukken worden behandeld.

In hoofdstuk 5.4 zal het numerieke model voor de berekening van de zandtransporten behandeld worden en in hoofdstuk 5.5 komen de resultaten voor raai 4 aan de orde.

5.3.2 De CERC formule

Gezien zijn eenvoudig wordt de CERC-formule in het algemeen veel gebruikt. Uit de golfgegevens ter plaatse van de brekerlijn kan namelijk direct het zandtransport berekend worden. Met de CERC-formule wordt het totale zandtransport in de brekerzone berekend. Bij deze formule wordt geen informatie gegeven omtrent de verdeling van het zandtransport over de breedte van de brekerzone. Uit metingen in prototype en modellen in de eerste tien jaar na de tweede wereldoorlog, bleek bij benadering een evenredigheid te bestaan tussen de grootte van het zandtransport en de component van de energieflex langs de kust.

In formulevorm is het zandtransport per tijdseenheid:

$$S = A U' \quad (5.9)$$

waarin:

A een coëfficiënt, bepaald door middel van prototype en modelmetingen.

U' een component van de energieflex, of het vermogen dat binnen stroomt door een eenheid van lengte van de brekerzone.

Voor de energieflex U' geldt in de golfrichting per eenheid van golfkamlengthe:

$$U = E n c \quad (5.10)$$

Ter plaatse van de brekerlijn is, bij een hoek van α_{br} tussen de golfrichting en de brekerlijn, de energieflex in de golfrichting per eenheid van brekerlengthe:

$$U_x = U \cos(\alpha_{br}) \quad (5.11)$$

en de langscomponent van de energieflex

$$U_y = U \cos(\alpha_{br}) \sin(\alpha_{br}) \quad (5.12)$$

gebruikmakend van vergelijking (5.10) en de uitdrukking van de energie volgens de lineaire golftheorie levert (5.12):

$$U_y = 1/8 \rho g H_{br}^2 n_{br} c_{br} \cos(\alpha_{br}) \sin(\alpha_{br}) \quad (5.13)$$

De variabelen geïndiceerd met br zijn waarden ter plaatse van de brekerlijn.

De gebruikte golfhoogten zijn significante golfhoogten. Substitutie van (5.13) en de door prototype en model metingen bepaalde waarde van A, in (5.9) levert:

$$S = 0.014 H_{br}^2 n_{br} c_{br} \cos(\alpha_{br}) \sin(\alpha_{br}) \quad (5.14)$$

met: S, het zandtransport in (m³/s.).

Het zandtransport wordt in vergelijking (5.14) bepaald met de originele CERC-coëfficiënt.

In de literatuur wordt een twee keer zo grote coëfficiënt als de oorspronkelijke CERC-coëfficiënt, zeker aangeraden voor zandtransportberekeningen met de CERC-formule (college diktaat F11B). Gekozen is hier om als coëfficiënt in vergelijking (5.14), 0.028 te gebruiken, ofwel een twee keer zo grote coëfficiënt als de oorspronkelijke CERC-coëfficiënt.

Met deze waarde van de coëfficiënt wordt (5.14), nu uitgedrukt in (m³/dag) :

$$S = 2420 H_{br}^2 n_{br} c_{br} \sin(\alpha_{br}) \cos(\alpha_{br}) \quad (5.15)$$

met: S, het zandtransport in (m³/dag).

Per beschouwde diepwatergolfrichting en diepwatergolfhoogte kan uit de gegevens ter plaatse van de brekerlijn, het zandtransport volgens de CERC-formule met vergelijking (5.15) bepaald worden. Het werkelijke zandtransport per jaar wordt nu, per beschouwde

diepwatergolfrichting en diepwatergolfhoogte, berekend door het bepaalde zandtransport te vermenigvuldigen met het aantal dagen dat de beschouwde diepwatergolfhoogte optreedt in een gekozen golfhoogte-interval.

Voor het zandtransport bij berekeningen met de Bijker-formule geldt natuurlijk een analoog verhaal.

Opmerking:

Het werkelijke optredende zandtransport is natuurlijk niet op theoretische wijze te berekenen. Om echter onderscheid te maken tussen het zandtransport berekend met (5.15) en het berekende zandtransport rekeninghoudend met de tijden van optreden van een beschouwde diepwatergolfhoogte in een gekozen golfhoogte-interval, is deze benaming hier echter wel gebruikt.

5.3.3 De Bijker-methode

De berekening van de zandtransporten met de methode van Bijker staat uitvoerig beschreven in het college diktaat F11B. Hier worden de principes van deze methode aangegeven en de gebruikte formules vermeld.

Het zandtransport wordt gesplitst in een bodemtransport, S_b , en een suspensietransport S_s .

Voor de bepaling van het bodemtransport is bij de Bijker aanpak in een bestaande zandtransport formule voor stroming alleen, de golfinvloed meegenomen door een aanpassing van de bodemschuifspanning.

Bijker koos de Kalinske-Frijlink formule voor het bodemtransport, samen met de Einstein formule voor het suspensietransport.

De verkregen Bijker-Kalinske-Frijlink formule voor het bodemtransport onder invloed van stroming en golven is:

$$S = \frac{B D V \sqrt{g}}{C} \exp\left[\frac{-0.27 \Delta D \rho g}{\mu \tau_c (1 + 1/2 (\xi \hat{u}_b / V)^2)} \right] \quad (5.16)$$

waarin: B = coëfficiënt
 D = de gemiddelde diameter van het zand
 V = snelheid gemiddeld over de hoogte
 g = zwaartekracht versnelling
 C = Chezy-factor
 Δ = relatieve soortelijke dichtheid
 μ = de "ribbel-factor"
 ξ = coëfficiënt
 \hat{u}_b = horizontale snelheidsamplitude van een golf op de bodem
 ρ = dichtheid van het water
 τ_c = de schuifspanning voor alleen stroming

Het suspensietransport wordt berekend door uit te gaan van de Einstein formule voor stroming alleen, waarbij de bodemschuifspanningen worden aangepast voor het geval van golven en stromingen.

In deze Einstein formule wordt het Prantl- Von Karman logaritmische snelheidsprofiel vermenigvuldigd met de vergelijking van de concentratie verdeling van het sediment over de diepte.

Het suspensietransport, S_s , blijkt uitgedrukt te kunnen worden in een variabele Q en het bodemtransport S_b .

$$S_s = 1.83 Q S_b \quad (5.17)$$

$$\text{waarbij: } Q = I_1 \ln(33h/r) + I_2 \quad (5.18)$$

$$\text{met: } I_1 = 0.216 \frac{A^{(z^*-1)}}{(1-A)^{z^*}} \int_A^1 \left(\frac{1-\beta}{\beta}\right)^{z^*} d(\xi) \quad (5.19)$$

$$I_2 = 0.216 \frac{A^{(z^*-1)}}{(1-A)^{z^*}} \int_A^1 \left(\frac{1-\beta}{\beta}\right)^{z^*} \ln(\xi) d(\xi) \quad (5.20)$$

waarin: h = de waterdiepte

r = de bodemruwheid
 A = een dimensieloze ruwheid r/h
 β = een dimensieloze hoogte z/h
 z^* = een dimensieloze parameter
 $z^* = W/(\kappa \cdot v^*)$
 met: W = valsnelheid van de korrels
 κ = de konstante van Von Karman
 v^* = de schuifspanningssnelheid

Als de variabele Q en het bodemtransport bekend zijn, kan het totale zandtransport als volgt berekend worden:

$$S_t = S_b + S_s = S_b (1 + 1.83 Q) \quad (5.21)$$

In het numerieke model wordt het totale transport ook volgens (5.21) berekend.

Zoals in het hierna volgende hoofdstuk 5.4.3.2. zal blijken (stap 15), wordt Q berekend door I_1 en I_2 (verg. (5.19) en (5.20)) door middel van numerieke integratie op te lossen.

5.4 Beschrijving van het numerieke model

5.4.1 Inleiding

Per gekozen diepwaterrichting en diepwaterrichting en diepwaterrichting, levert de golfveld beschrijving van raai 4 (zie deel 1 hoofd. 4.7 en fig. 3.1) verschillende golfgegevens ter plaatse van de brekerlijn. Deze gegevens ter plaatse van de brekerlijn zijn, samen met de tijden van voorkomen van de gebruikte diepwaterrichting in gekozen golfhoogte-intervallen, de invoergegevens van dit tweede numerieke model.

Per diepwaterrichting en diepwaterrichting is hier gekozen voor een uitvoer in tabelvorm (zie in bijlage 5, pag.10 e.v.). Voor het beschouwde gebied wordt in elke tabel door middel van de Bijker- en de CERC-formule, de grootte berekend van het totale

langs de kust gerichte transport.

De zandtransportberekeningen met de CERC-formule nemen in elke tabel slechts de laatste lijn in beslag, dit omdat uit de gegevens ter plaatse van de brekerlijn en de verschillende tijden van optreden van de beschouwde diepwatergolfhoogten in de gekozen golfhoogte-intervallen, met de CERC-formule direkt het zandtransport berekend kan worden.

De zandtransportberekeningen met de Bijker-formule worden uitgevoerd op verschillende afstanden uit de kust.

Vanuit de kust tot aan de brekerlijn wordt steeds na elke stap, tussen een beschouwde doorsnede en de vorige een lineair verloop van het zandtransport aangenomen.

Steeds als een nieuwe doorsnede vanuit de kust beschouwd wordt, kan dus ook het cumulatieve zandtransport bijgehouden worden.

Dit cumulatieve zandtransport is na elke stap, in de laatste kolom van de tabellen weergegeven (zie bijlage 5).

In de volgende hoofdstukken worden achtereenvolgens behandeld:

- De invoergegevens (hoofd. 5.4.2).
- Verschillende variabelen en programma stappen (5.4.3).
- Het stroomschema van het programma (5.4.4).
- De uitgevoerde controles van het programma (5.4.5).
- De aanpassing van het numeriek model aan waarneming in prototype (5.4.6).

5.4.2 De invoergegevens

De invoergegevens van raai 4 voor de zandtransport berekeningen zijn te vinden in bijlage 5 op pagina 9; op deze pagina zijn ook onderaan de invoergegevens te vinden waarmee het programma getest is (zie hoofdstuk 5.4.5).

Per gekozen diepwatergolfrichting en diepwatergolfhoogte worden de volgende gegevens ingevoerd:

- De beschouwde diepwatergolfrichting.

- De golfperiode.
- De beschouwde diepwatergolfhoogte.
- De tijd van optreden van de beschouwde diepwatergolfhoogte in een gekozen golfhoogte-interval (zie tabel (3.8) in deel 1).
- De waterdiepte ter plaatse van de brekerlijn voor de beschouwde golf.
- De golfhoek ter plaatse van de brekerlijn.

De golfgegevens ter plaatse van de brekerlijn volgen uit het numerieke model voor de beschrijving van het golfveld voor het kustgebied nummer 4 (zie fig. 3.1 en hood. 4.7 in deel 1).

Het programma berekent ook, na de behandeling van een diepwatergolfrichting met al zijn gekozen diepwatergolfhoogten, de samenvatting van de zandtransporten voor deze richting (zie b.v. bijlage 5 pag. 13).

Voor een diepwatergolfrichting gaat het programma over tot een samenvatting van de zandtransporten, door het invoeren van een fictieve golfperiode groter of gelijk aan 100 s.. Hierbij moet de diepwatergolfrichting waarvoor de samenvatting geldt ook ingevoerd worden, de overblijvende invoergegevens kunnen bijvoorbeeld gelijk aan nul gekozen worden.

Het programma wordt uiteindelijk gestopt door het invoeren van een fictieve negatieve golfperiode (zie bijl. 5 p. 9).

5.4.3 Toelichting van variabelen en programma stappen

5.4.3.1 Toelichting van verschillende variabelen

Bij het gebruik van de vergelijkingen (5.8) voor de brandingstroomsnelheid (zie hoofd. 5.3.1) en (5.16), (5.17) en (5.18) voor de variabele Q , zijn er een aantal variabelen die, voor het beschouwde gebied te Laem Chabang, de volgende waarde hebben:

- g : de zwaartekrachtsversnelling, deze wordt hier aangenomen op $9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}$.

- γ : de brekerindex, deze bedraagt voor gebied 4 (zie fig. 3.1) 0.97. Voor de motivering van de brekerindex zie hoofdstuk 4.7.1 in deel 1.
- m : de bodemhelling in de brekerzone. Voor het beschouwde gebied is de bodemhelling dicht aan de kust $m = 1/10$ (zie fig. 3.2 en hoofd. 3.6 in deel 1).
- B : de coëfficiënt in vergelijking (5.14). In het college diktaat F11B wordt voor zandtransportberekeningen binnen de brandingszone voor B een waarde 5 aangeraden. Deze waarde wordt ook hier aangehouden.
- D_{50} : de gemiddelde zanddiameter. Deze waarde is al behandeld in deel 1 hoofdstuk 3.5, voor de hier beschouwde raai 4 geldt:

$$D_{50} = 0.4 \text{ mm.}$$

- D_{90} : de gemiddelde korreldiameter die door 90 % van de korrels wordt overschreden.
Volgens hoofdstuk 3.5 is $D_{90} = 2 D_{50} = 0.8 \text{ mm.}$
- Δ : de relatieve soortelijke dichtheid,

$$\Delta = (\rho_s - \rho_w) / \rho_w$$

$$\text{met: } \rho_s = 2670 \text{ kg/m}^3. \quad (\text{zie deel 1, hoofd.3.5})$$

$$\rho_w = 1025 \text{ kg/m}^3. \quad (\text{zie deel 1, hoofd.3.7})$$

- r : de bodemruwheidsfactor. Voor het hele gebied wordt aangenomen dat r gesteld kan worden op 0.05 m..
- W : de valsnelheid van het sediment in water. In het college diktaat F11B wordt voor W de volgende empirische relatie gegeven, voor het geval van zuiver water van 18° C :

$$\log(1/W) = 0.4949 (\log(D_{50}))^2 + 2.4113 \log(D_{50}) + 3.7394$$

Aangezien hier $D_{50} = 0.4 \text{ mm.}$, levert dit voor de valsnelheid: $W = 0.05 \text{ m/s.}$

Deze valsnelheid geldt voor zuiver water, desondanks wordt aangenomen dat deze in de berekeningen aangehouden kan worden.

5.4.3.2 Toelichting van verschillende programma stappen

Per beschouwde diepwatergolfrichting en diepwatergolfhoogte, leveren de zandtransport berekeningen een tabel op.

De hier toegelichte programma stappen zijn de verschillende te bepalen variabelen en de te maken berekeningen, voor de te bepalen waarden in de kolommen van deze tabellen, ofwel van het zandtransport in een beschouwde doorsnede.

De stappen zijn genummerd en ook terug te vinden in het hierna volgende stroomschema (zie hoofdstuk 5.4.4) en het in bijlage 4 opgenomen programma.

- Stap 1.

Bepaling van het nummer van de doorsnede die beschouwd wordt. In de tabellen wordt dit nummer in de eerste kolom geplaatst.

- Stap 2.

Bepaling van de afstand uit de kust van de beschouwde doorsnede. In de tabellen wordt deze waarde in de tweede kolom geplaatst.

- Stap 3.

De waterdiepte ter plaatse van de beschouwde doorsnede, deze wordt in de tabellen in de derde kolom geplaatst.

- Stap 4.

Bepaling van de lokale golfcondities H , L , k , \hat{u}_D en \hat{a}_D ter plaatse van de beschouwde doorsnede.

- Voor de golfhoogte, H , ter plaatse van de beschouwde doorsnede in de brekerzone geldt:

$$H = \gamma DW$$

waarin: γ de brekerindex.
 DW de waterdiepte.

- De golflengte L.

Voor de golfsnelheid in de brekerzone is de ondiep water benadering gebruikt ($c = \sqrt{g DW}$).

$$L = T \sqrt{g \cdot DW}$$

waarin: T de golfperiode.

- Het golfgetal, k, is gedefinieerd als:

$$k = 2\pi/L$$

- De amplitude van de orbitaalbeweging bij de bodem is gedefinieerd als:

$$\hat{a}_b = H/(2 \sinh(kDW))$$

- De amplitude van de orbitaalsnelheid bij de bodem:

$$\hat{u}_b = 2\pi \hat{a}_b/T$$

- Stap 5.

Bepaling van de dimensieloze bodemruwheid, A, hiervoor geldt:

$$A = r/DW$$

waarin: r de bodemruwheid.

DW de waterdiepte ter plaatse van de beschouwde doorsnede.

- Stap 6.

Berekening van de Chézy coëfficiënt, C:

$$C = 18 \log(12 \cdot DW/r)$$

Berekening van de bodemschuifspannings coëfficiënt, C', een soort Chézy-factor gebaseerd op de bodemmateriaal

eigenschappen:

$$C' = 18 \log(12 DW/D_{90})$$

- Stap 7.

Berekening van de variabele fw.

Voor de variabele fw wordt in het college diktaat F11B de volgende empirische uitdrukking gegeven:

$$fw = \exp(-5.977 + 5.213 (\hat{a}_b/r)^{-0.194})$$

deze uitdrukking is voor de berekening van fw aangehouden.

- Stap 8.

Berekening van de brandingstroomsnelheid gemiddeld over de waterdiepte ter plaatse van de beschouwde doorsnede.

De formule (5.8) is gebruikt, voor de afleiding en schematisaties zie hoofdstuk 5.3 in deel 1.

$$V = \frac{2 h \pi C \gamma}{8 \sqrt{fw}} [m \sin(2 \phi) + h \cos(2 \phi) \frac{\partial \phi}{\partial y}] \quad (5.8)$$

Ter plaatse van een beschouwde doorsnede kan $\partial \phi / \partial y$ benaderd worden door:

$$\frac{\phi_1 - \phi_2}{y_1 - y_2}$$

met: ϕ_1 de golfhoek ter plaatse van de beschouwde doorsnede.

y_1 de afstand uit de kust ter plaatse van de beschouwde doorsnede.

ϕ_2 de golfhoek ter plaatse van de vorige beschouwde doorsnede.

y_2 de afstand uit de kust ter plaatse van de vorige beschouwde doorsnede.

- Stap 9.

De ribbel-factor μ .

Voor μ geldt de volgende relatie:

$$\mu = (C/C')^{3/2}$$

- Stap 10.

De bodemschuifspannings-parameter ξ .

ξ is een combinatie van een aantal parameters:

$$\xi = C \sqrt{fw}/\sqrt{2g}$$

- Stap 11.

De bodemschuifspanning τ_c , ten gevolge van alleen stroming.

Het omwerken van de Chezy-coëfficiënt in de bodemschuifspanning levert:

$$\tau_c = \rho_w g V^2/C^2$$

- Stap 12.

De gemiddelde bodemschuifspanning, $\bar{\tau}_{cw}$, ten gevolge van golven en stromingen. $\bar{\tau}_{cw}$ is volgens het college diktaat Fl1B:

$$\bar{\tau}_{cw} = \tau_c (1 + 0.5 (\xi \hat{u}_b/V)^2)$$

- Stap 13.

De dimensieloze parameter z^* , is gedefinieerd als:

$$z^* = W \sqrt{\rho_w}/(\kappa \sqrt{\tau_c})$$

waarin: κ de konstante van Von Karman, hiervoor is 0.4 aangenomen.

W de valsnelheid van het sediment in water.

- Stap 14.

Het bodemtransport, S_b , kan nu volgens de Bijker-methode bepaald worden met vergelijking (5.14).

$$S_b = 5 D_{50} V \sqrt{g/C} \exp(-0.27 \Delta D_{50} \rho g / (\mu \bar{\tau}_{cw})) \quad (5.14)$$

Voor meer informatie zie hoofdstuk 5.3.3.

- Stap 15.

Voor de beschouwde doorsnede, de berekening van de variabele Q (zie hoofdstuk 5.3.3).

$$Q = (I_1 \ln(33 DW/r) + I_2) \quad (5.18)$$

$$\text{met: } I_1 = 0.216 \frac{A(z^*-1)}{(1-A)^{z^*}} \int_A^1 \left(\frac{1-\beta}{\beta}\right)^{z^*} d(\xi) \quad (5.19)$$

$$I_2 = 0.216 \frac{A(z^*-1)}{(1-A)^{z^*}} \int_A^1 \left(\frac{1-\beta}{\beta}\right)^{z^*} \ln(\xi) d(\xi) \quad (5.20)$$

In een beschouwde doorsnede kan de Q waarde berekend worden, als I_1 en I_2 bekend zijn. De waarden van I_1 en I_2 van in (5.18) en (5.19) kunnen als bekend worden verondersteld, als de integralen in (5.19) en (5.20) bekend zijn.

De integralen zijn opgelost door middel van numerieke integratie, daar dit heel wat eenvoudiger in het programma op te nemen is dan de beschikbare tabellen van Q als functie van z^* en A ($= r/DW$).

De integralen zijn in het model berekend met de repeterende Simpson regel, hiervoor geldt:

$$\int_a^b f(x) d(x) = \sum_{k=1}^{nn} \frac{1}{3} hh \left[f(a+(2k-2)hh) + 4 f(a+(2k-1)hh) + f(a+(2k)hh) \right] + \sum_{k=1}^{nn} E_k$$

met: $f(x)$ = de te integreren functie
 hh = de stapgrootte ($hh = (b-a)/nn$)
 nn = het aantal stappen
 k = een parameter
 nn
 $\sum_{k=1}^{nn} E_k$ = de restterm

Van verschillende beschouwde numerieke integratie methoden is de repeterende regel van Simpson gekozen, daar deze het nauwkeurigst bleek bij de controle van het programma.

In het programma is deze bepaling van Q te vinden in bijlage 4 op pagina 4.

- Stap 16.

De berekening van het totale zandtransport door de beschouwde doorsnede.

Uit het hoofdstuk 5.3.3, de Bijker-methode, volgt:

$$S_t = S_b (1 + 1.83 Q) \quad (5.21)$$

- Stap 17.

Van de kust tot aan een beschouwde doorsnede in de brandinszone, de bepaling van de grootte van het cumulatieve zandtransport.

Vanuit de kust tot aan de brekerlijn wordt steeds tussen een beschouwde doorsnede en de vorige, een lineair verloop van het zandtransport aangenomen.

Ter plaatse van de beschouwde doorsnede, n , wordt de vergelijking voor het cumulatieve zandtransport:

$$S(\text{cum. t.p.v. } n) = S(\text{cum. t/m. } n-1) + (S_{n-1} + S_n)/2 \\ *(\text{afstand tussen } n-1 \text{ en } n) \quad (5.22)$$

In de tabellen wordt dit cumulatieve zandtransport in de laatste kolom afgedrukt (zie b.v. bijlage 5 p.10). Per

beschouwde diepwatergolfrichting en diepwatergolfhoogte wordt steeds als de laatste doorsnede ter plaatse van de brekerlijn behandeld is, het totale cumulatieve zandtransport in de brekerzone als laatste kolom in de tabellen afgedrukt.

- Stap 18.

Voor de beschouwde richting en diepwatergolfhoogte, is stap 18, de bepaling van het totale werkelijke zandtransport berekend met de CERC-formule.

De CERC-formule is behandeld in hoofdstuk 5.3.2, formule (5.15) wordt gebruikt voor de bepaling van het totale zandtransport in de beschouwde doorsnede.

$$S = 2420 (H_{br}^2 n_{br} c_{br} \sin(\alpha_{br}) \cos(\alpha_{br})) \quad m^3/dag \quad (5.15)$$

Het totale zandtransport wordt nu, per beschouwde richting en diepwatergolfhoogte, berekend door het volgens (5.15) bepaalde zandtransport te vermenigvuldigen met de fractie van de tijd dat de beschouwde diepwatergolfhoogte optreedt in een gekozen golfhoogte-interval (zie in deel 1 hoofdstuk 3.8.3, verwerking van de golfgegevens).

Voor een beschouwde golfrichting en diepwatergolfhoogte, wordt dit totale zandtransport op de laatste lijn in de tabellen afgedrukt (zie bijlage 5 pag. 10 e.v.).

Stap 19:

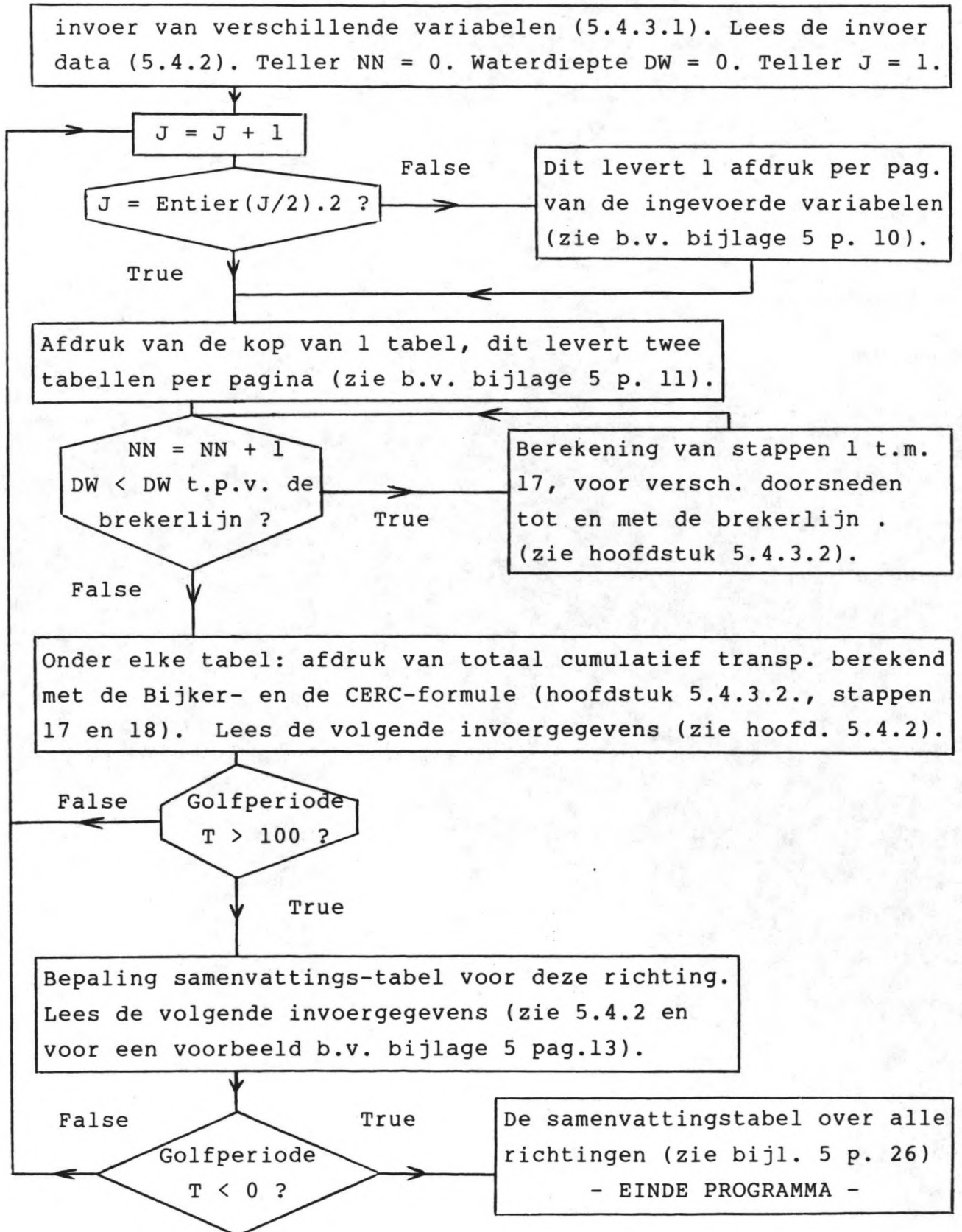
Als voor een beschouwde golfrichting alle gekozen diepwatergolfhoogten behandeld zijn, is stap 19 de afdruk van de samenvattings-tabel van de zandtransporten berekend met zowel de Bijker- als de CERC-formule.

Voor een voorbeeld van een samenvattings-tabel zie bijvoorbeeld de tabel in bijlage 5 op pagina 13.

- Stap 20.

Als laatste wordt in het programma het totale zandtransport over alle beschouwde golfrichtingen bepaald, voor zowel de zandtransporten bepaald met de Bijker- als met de CERC-formule.

Deze samenvattingen over alle richtingen zijn ook in tabelvorm weergegeven, een voorbeeld hiervan is te vinden in bijlage 5 onderaan op bladzijde 26.

5.4.4 Het stroomschema

5.4.5 Uitgevoerde controle van het programma

Om de door het numerieke model, met de Bijker- en de CERC-formule, berekende zandtransporten te controleren, zijn gegevens ingevoerd van een voorbeeld berekening voor een kust uit het college diktaat F11B.

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens behandeld:

- De invoergegevens van het testprogramma.
- De bespreking van de uitvoer van het testprogramma.

5.4.5.1 Invoergegevens van het testprogramma

Uit de randvoorwaardegegevens van het voorbeeld van zandtransportberekeningen met de Bijker- en de CERC-formule, uit het college diktaat F11B (hoofd. 19.9), volgen de verschillende in te voeren gegevens voor het testprogramma.

De ingevoerde waarden van m , γ , r , D_{50} , D_{90} , W en de afstand tussen de te beschouwen doorsneden (voor een toelichting van deze variabelen zie 5.4.3.1) zijn hier:

- $m = 1/100$
- $\gamma = 0.80$
- $r = 0.06 \text{ m.}$
- $D_{50} = 0.20 \text{ mm.}$
- $D_{90} = 0.27 \text{ mm.}$
- $W = 0.025 \text{ m/s.}$
- de interval lengte, de lengte tussen twee opeenvolgende beschouwde doorsneden, is 25 m.

Deze gegevens zijn ook te vinden in bijlage 6 op pagina 28. De water en sediment dichtheid zijn voor dit voorbeeld en dus het testprogramma :

$$\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3.$$

Voor de ingevoerde data geldt:

- de golfperiode $T = 7.0 \text{ s}$.
- de diepwatergolfhoogte $H = 2.0 \text{ m}$.
- voor de tijd van optreden van de diepwatergolfhoogte in een denkbeeldig golfhoogte-interval is 0.1 % van de tijd gekozen (OCC = 0.1 %).
- voor de waterdiepte ter plaatse van de brekerlijn geldt hier DWBR = 2.59 m.
- de golfhoek ter plaatse van de brekerlijn is FIBR = 13.3°

Deze ingevoerde data zijn ook in bijlage 5 onderaan op pagina 9 te vinden.

5.4.5.2 Bespeking van de uitvoer van het testprogramma

In bijlage 6 op bladzijden 28 en 29 is de testuitvoer weergegeven in de voor dit numeriek model gekozen tabelvormen.

De volledige uitvoer met bij elke beschouwde doorsnede de waarden van \hat{a}_b , \hat{u}_b , fw , V , z^* , Q , S_b , $S_{\text{cumulatief}}$, en het totale langs de kust gerichte zandtransport bepaald met de Bijker- en de CERC-formule, zijn voor de controle wel allemaal afgedrukt. Echter voor de overzichtelijkheid van de presentatie zijn ze niet allemaal weergegeven in de tabellen in bijlage 6.

In het college diktaat Fl1B worden voor het gekozen voorbeeld uiteindelijk verschillende totale, langs de kust gerichte, zandtransporten berekend. De in het college diktaat genoemde totale zandtransport S_1 moet met de door middel van het numerieke model gevonden waarden vergeleken worden. S_1 is namelijk het berekende totale zandtransport bij de toepassing van ondiepwater benaderingen, deze vereenvoudigingen zijn ook in het model grotendeels toegepast.

Bij de berekening van het totale zandtransport S_1 is uitgegaan van een lineaire snelheidsverdeling binnen de brekerzone.

In tabel (5.1) zijn voor het beschouwde gebied weergegeven, het totale langs de kust gerichte zandtransport S_1 volgens F11B en de berekende waarden door middel van het ontwikkelde numerieke model.

Deze laatste waarden zijn te vinden in bijlage 6 op pagina 29, in de kolom voor een tijd van optreden van 100 %, van de beschouwde golfhoogte in een, in dit geval, fictief golfhoogte-interval.

Tabel (5.1): totale langs de kust gerichte zandtransporten volgens F11B en het numeriek model.

Totale zandtransporten	S_1 (m^3 /jaar)
Volgens F11B	$5,6 \cdot 10^6$
Berekend met programma	Voor de 100% "occurrence of wave" S in (m^3 /jaar)
Met de Bijker-formule	$6 \cdot 10^6$
Met de CERC-formule	$4 \cdot 10^6$

Uit tabel (5.1) blijken de totale langs de kust gerichte zandtransporten volgens F11B en de waarden berekend met het numeriek model redelijk overeen te komen.

Gekonkludeerd kan nu worden dat het numerieke model goed werkt, omdat de uitvoer van dit testprogramma redelijk goed overeen komt met de waarden volgens het college diktaat F11B.

5.4.6 Aanpassing van numeriek model aan waarneming in prototype

Voor de oorspronkelijke situatie van de baai zonder havencomplex is door het ingenieursbureau Haskoning een evenwichtsligging van de kustlijn gekonstateerd.

Het bureau kwam tot de konklusie dat er waarschijnlijk sprake was van een evenwichtsligging omdat tegen een kleine gebouwde strekdam ten noorden van de rivier, na een paar jaar aan beide zijden ongeveer dezelfde hoeveelheid zand was aangegroeid.

Voor alle richtingssectoren zijn de uitvoergegevens voor raai 4 (zie fig. 3.1) van het refractie-model gebruikt als invoer van het zandtransportberekenings-model, om te kunnen controleren of in de situatie zonder de haven er inderdaad sprake is van verwaarloosbaar gemiddeld jaarlijks zandtransport.

Het resultaat van deze controle was dat de hoek ten opzichte van de noord-zuidas van de geschematiseerde rechte kustlijn ter plaatse van raai 4 met een graad verkleind moest worden, om een gemiddeld jaarlijks zandtransport voor alle richtingen van ongeveer nul te krijgen. De uitvoer leverde met de Bijker-formule een licht zuidgaand zandtransport en met de CERC-formule een licht noordgaand zandtransport.

Deze aanpassing van de hoek van de geschematiseerde kustlijn t.p.v. raai 4 is verricht in het zandtransportenberekenings-model en terug te vinden in bijlage 4 op de regels 31, 282 en 412.

Omdat de resulterende zandtransporten zo gering zijn heeft een kleine verandering in de hoek van de geschematiseerde kustlijn grote invloed op de gevonden waarden.

Nu de invoer van het hier behandelde model is aangepast aan een waarneming in het prototype, kunnen voor het geval van de baai met de haven de gemiddelde totale zandtransporten voor raai 4 worden berekend. Uit deel 1 van het afstudeerverslag bleek na de bouw van de haven voor raai 4 van de gekozen richtingssectoren slechts de richtingen Z.Z.W., Z.W., W.Z.W. en W. mee te spelen. De resultaten van deze zandtransportberekeningen in raai 4 worden in hoofdstuk 5.5 behandeld.

5.5 Bespreking van de uitvoergegevens voor gebied 4

5.5.1 De resultaten

Nu het numerieke model met de testgegevens goed blijkt te werken (zie 5.4.5) en het model is aangepast aan een waarneming in het prototype kunnen per diepwatergolfrichting en diepwatergolfhoogte, de totale langs de kust gerichte zandtransporten voor raai nummer 4 berekend worden.

Raai nummer 4 ligt ten noorden van de Khlong Bang Lamung rivier (zie fig. 3.1).

De invoergegevens voor dit gebied volgen onder andere uit de uitvoer van het numerieke model voor de beschrijving van het golfveld in kustgebied 4.

Voor de beschrijving van de invoergegevens wordt verwezen naar hoofdstuk 5.4.2, voor gebied 4 zijn de ingevoerde gegevens in bijlage 5 op pagina 9 te vinden.

Voor een toelichting van de verschillende variabelen en programma stappen wordt verwezen naar hoofdstuk 5.4.3..

Per diepwatergolfrichting en diepwatergolfhoogte zijn de resultaten van de berekeningen in bijlage 5 vanaf pagina 10 in tabelvorm weergegeven.

Voor de beschouwde diepwatergolfrichtingen Z.Z.W., Z.W., W.Z.W. en W., zijn de samenvattings-tabellen in bijlage 5 op respectievelijk pagina 13, 18, 22 en 26 weergegeven.

De samenvatting van de totale langs de kust gerichte zandtransporten over alle beschouwde diepwatergolfrichtingen is in bijlage 5 op pagina 26 weergegeven.

Uit deze samenvattings-tabel voor alle diepwatergolfrichtingen, blijkt het totale langs de kust gerichte zandtransport berekend met de Bijker-formule 4790 m^3 per jaar te bedragen en berekend met de CERC-formule 4604 m^3 per jaar te bedragen.

5.5.2 Aangehouden zandtransporten

Per beschouwde richting is voor het totale zandtransport, het gemiddelde aangehouden van het zandtransport berekend met de Bijker- en met de CERC-formule. Dit levert voor het aangehouden totale resulterende transport in kustgebied nummer 4:

$$S = (4790 + 4604)/2 = 4700 \text{ m}^3/\text{jaar}.$$

Het derde en laatste numerieke model zal de kustlijnveranderingen berekenen, van het kustdeel van gebied 4 tot aan de haven.

Na de bouw van de haven zijn nu van dit kustdeel, per beschouwde richting, de zandtransporten in raai 4 bekend, dit zijn de zuidelijke randvoorwaarden voor het numerieke model van de kustlijnberoeeningen.

Verondersteld wordt dat het zandtransport in deze raai niet wordt beïnvloed door de haven in de tijd waarover de kustlijnberoeeningen zich uitstrekken. Verder wordt aangenomen dat op het begintijdstip het zandtransport langs de kust tussen raai 4 en de haven gelijk is aan dat in raai 4.

De noordelijke randvoorwaarde is bij het begin van de kustlijnberoeeningen $0 \text{ m}^3/\text{jaar}$, deze randvoorwaarde blijft gehandhaafd zolang er geen zand van het beschouwde kustdeel in de haven stroomt.

6. Kustlijnveranderingen

6.1 Inleiding

In het zuidelijk deel van de baai is geen of weinig transport van sedimenten te verwachten (zie samenvatting en konklusies van deel 1 in hoofdstuk 3), in dit gebied kan dus worden aangenomen dat de kustlijn niet zal veranderen.

Voor het kustdeel van raai 4 tot aan de haven (zie fig. 6.1), wordt in dit hoofdstuk, door middel van een numeriek model, de kustlijn na verschillende gekozen jaren berekend.

Voor de berekening van de kustlijnveranderingen is hier het kustprofiel tot een lijn geschematiseerd. Bij aangroei of erosie van de kust wordt aangenomen dat de kustlijn zich horizontaal verplaatst over de totale hoogte waarover de veranderingen plaats vinden, aangenomen wordt hierbij dat de bodemhelling niet verandert.

Om de kustlijnveranderingen te berekenen is een bewegings- en continuïteits-vergelijking nodig, deze twee leveren samen een differentiaalvergelijking op.

Afhankelijk van de schematisaties kan deze differentiaalvergelijking numeriek danwel analytisch worden opgelost.

In de hierna volgende delen zullen eerst de continuïteits-, de bewegings-vergelijking en na de schematisaties de hier geldende oplossingen worden behandeld.

De beschrijving van het numerieke model komt in hoofdstuk 6.4 aan de orde en in hoofdstuk 6.5 worden de met het programma verkregen resultaten besproken.

De vraag over wat er nu na verloop van tijd met de kustlijn ten noorden van raai 4 gebeurt, zal in hoofdstuk 6.6 behandeld worden.

FUTURE PORT OF LAEM CHABANG

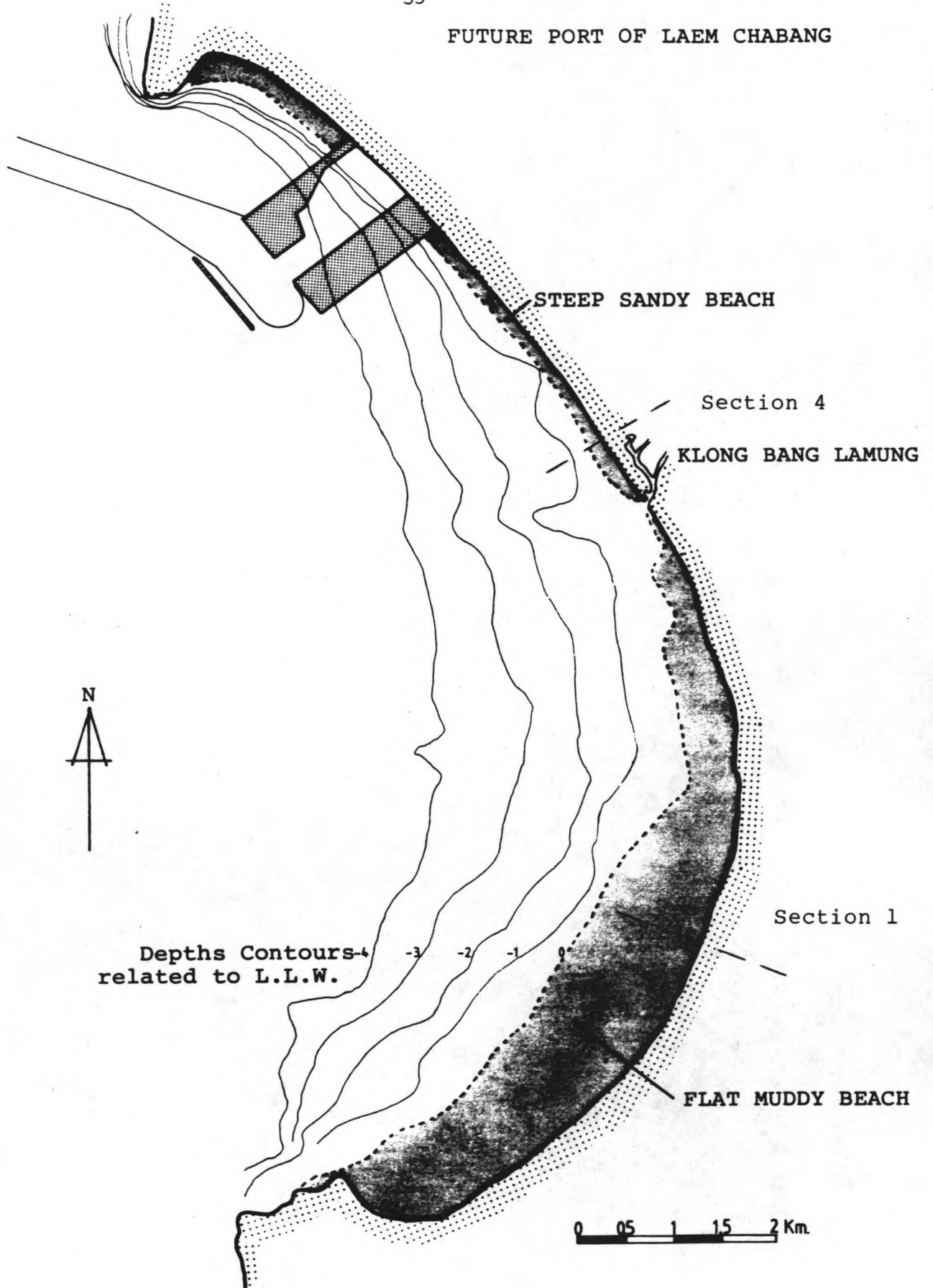


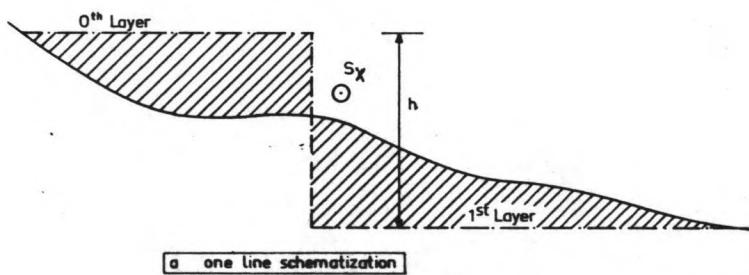
Figure 6.1: Laem Chabang with layout of future port

6.2 De continuïteits- en bewegings-vergelijking

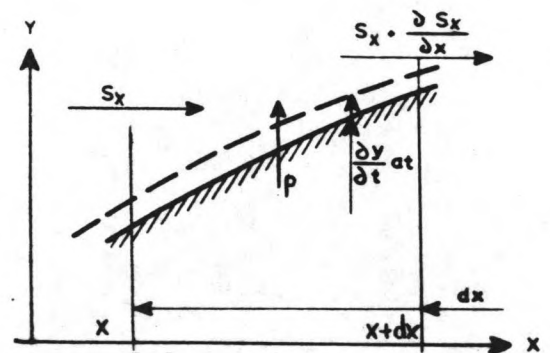
6.2.1 De continuïteitsvergelijking

De diepte waarover de kustveranderingen plaats vinden is h genoemd.

Figuur 6.2 geeft de doorsnede over het kustprofiel bij de gemaakte een—lijn schematisatie. Uit figuur 6.3 kan de continuïteitsvergelijking worden afgeleid.



Figuur 6.2:
Doorsnede van kustprofiel.



Figuur 6.3:
Bovenaanzicht.

De continuïteitsvergelijking volgt uit de beschouwing van een kustdeel met een lengte dx gedurende een tijd dt . In formule vorm levert dit:

$$(S_x + \frac{\partial S_x}{\partial x} \cdot dx) \cdot dt + p \cdot h \cdot dx \cdot dt - S_x \cdot dt = - \frac{\partial y}{\partial t} \cdot h \cdot dx \cdot dt \quad (6.1)$$

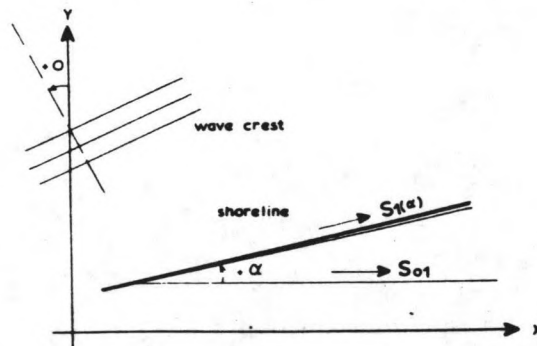
Uitwerking van vergelijking (6.1) levert als continuïteitsvergelijking:

$$1/h \cdot \frac{\partial S_x}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} + p = 0 \quad (6.2)$$

waarin: S_x = het langs de kust gerichte zandtransport
 h = hoogte waarover de veranderingen plaats vinden
 p = het dwarstransport
 t = de tijd

6.2.2 De bewegingsvergelijking

De bewegingsvergelijking kan worden afgeleid uit figuur 6.4.



Figuur 6.4: Het langs de kust gerichte zandtransport.

Om de bewegingsvergelijking te bepalen worden de volgende aannames gedaan:

- 1) Het langstransport is een functie van alleen de kustlijn richting.
- 2) De functie van het langstransport kan voor alle waarden worden afgeleid.
- 3) De tweede en hogere orde termen kunnen worden verwaarloosd.

De eerste aanname levert:

$$S_x = S_x(\alpha) \quad (6.3)$$

De Taylor ontbinding van vergelijking (6.3) geeft samen met de tweede aanname:

$$S_x(\alpha) = S_{0x} + \alpha \left(\frac{dS_x}{d\alpha} \right)_{\alpha=0} + 1/2 \alpha^2 \left(\frac{d^2S}{d\alpha^2} \right)_{\alpha=0} + \dots \quad (6.4)$$

De derde aanname ingevuld in (6.4) levert:

$$S_x(\alpha) = S_{0x} + \left(\frac{dS_x}{d\alpha} \right)_{\alpha=0} \alpha \quad (6.5)$$

Verder geldt:

$$\alpha \approx \text{tg}(\alpha) = \partial y / \partial x \quad \text{en} \quad - dS_x / d\alpha = sx$$

Vergelijking (6.5) levert nu:

$$S_x(\alpha) = S_{0x} - sx \cdot \partial y / \partial x \quad (6.6)$$

waarin: $S_x(\alpha)$ = langtransport als functie van de kustlijn
 S_{0x} = zandtransport langs een rechte kustlijn parallel aan de x-as
 sx = variatie van het langtransport als functie van de kustlijnrichting
 = kustlijnrichting in radialen t.o.v. de x-as.

Substitutie van vergelijking (6.6) in de continuïteitsvergelijking (6.2) levert:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = 1/h \left(\frac{\partial sx}{\partial x} \frac{\partial y}{\partial x} + sx \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{\partial S_{0x}}{\partial x} \right) - p \quad (6.7)$$

Aangenomen wordt dat het dwarstransport hier verwaarloosbaar is en dat S_{0x} en sx constant zijn. Vergelijking (6.7) levert nu:

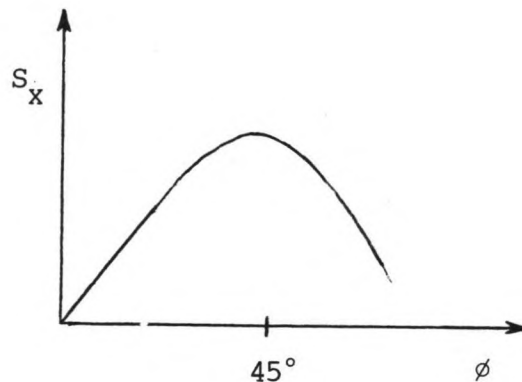
$$\frac{\partial y}{\partial t} = (sx/h) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad (6.8)$$

Dit is de Pelnard-Considère vergelijking, ook bekend als de

diffusievergelijking. Voor deze vergelijking zijn nu analytische oplossingen mogelijk. Voordat deze oplossingen gegeven worden zal eerst worden toegelicht waarom de kustkonstante s_x als konstant aangenomen kan worden.

Toelichting op de kustkonstante

De kustkonstante s_x is gelijk aan $\partial S_x / \partial \phi$. Als de kustkonstante een vaste waarde heeft betekent dit een lineair verband tussen S_x en ϕ . In figuur 6.5 is het verband tussen S_x en ϕ geschetst. Hierbij is ϕ de golfhoek in 2.5 m waterdiepte, de hoogte beneden het G.Z.N. waarover de kustlijnveranderingen gedacht worden op te treden (zie hoofdst. 6.4.2 ad 1)). Het maximum aan zandtransport zal optreden bij hoeken tussen de 40 en 45 graden.



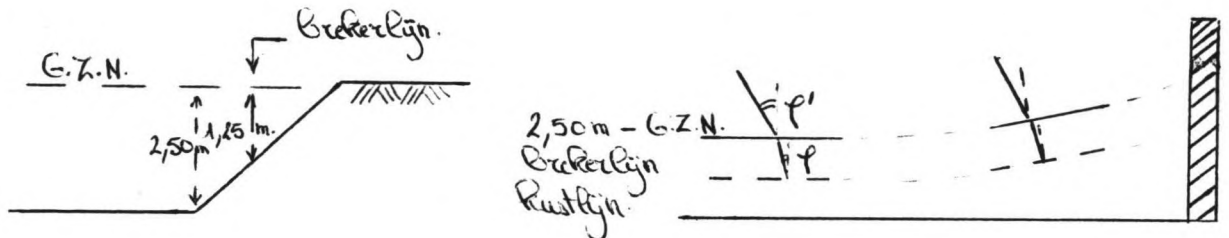
Figuur 6.5: Het zandtransport als functie van ϕ .

De golfhoek horend bij het resulterend zandtransport wordt in hoofdstuk 6.4.2 bepaald en bedraagt ongeveer 16 graden. Per richting en gevolgde diepwatergolfhoogte zijn de golfhoeken in 2.5 m waterdiepte allen kleiner dan 30 graden. Als figuur 6.5 in beschouwing genomen wordt betekent dit dat men steeds nog in het lineaire gebied zit van S als functie van ϕ en dus:

$$s_x = \partial S_x / \partial \phi = \text{constant.}$$

Hiermee is het constant zijn van s_x aannemelijk gemaakt.

Door kustaangroei zal dezelfde golfstraal tussen 2.5 m waterdiepte en de brekerlijn minder refracteren (schets 6.2). In deze studie is echter dezelfde hoek t.o.v. de oorspronkelijke kustlijn aangehouden. Een verantwoording wordt hieronder gegeven.



Schets 6.1: doorsnede over het geschematiseerde kustprofiel.

Schets 6.2: bovenaanzicht kustaangroei.

Ter plaatse van raai 4 geldt voor de richting horend bij het resulterend zandtransport

$$\varphi = 10^\circ \text{ en } \varphi' = 16^\circ \implies \varphi = 0.6 \cdot \varphi'$$

In het algemeen is de verhouding tussen φ en φ' in de vorm:

$$\varphi = \xi \cdot \varphi' \quad (\text{met } \xi = 0.3 \text{ halverwege}) \quad (a)$$

Differentiëren van vergelijking (a) naar x levert:

$$d\varphi/dx = d\xi/dx \cdot \varphi' + \xi \cdot d^2\varphi'/dx^2 \quad (b)$$

Hierbij is gebruik gemaakt van de vergelijking $\varphi' = dy/dx$.

Nu is dy/dx maximaal bij de golfbreker ofwel:

$$dy/dx = 16 \cdot \pi/180 = 0.28$$

Voor een punt halverwege is:

$$d^2\varphi'/dx^2 = 0.28/2000 = 1.4 \cdot 10^{-4} \implies \text{dus } d^2\varphi'/dx^2 = O(10^{-4})$$

Verder geldt: $d\xi/dx = 0.6/2000 = 3 \cdot 10^{-4}$

Invulling van vergelijking (b) levert:

$$d\varphi/dx = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 0.28 + 0.3 \cdot 1.4 \cdot 10^{-4} = 1.25 \cdot 10^{-4}$$

Ofwel $d\varphi/dx$ is in de orde 10^{-4} . Het verwaarlozen van de kleinere refractie van de golfstraal tussen 2.5 m waterdiepte en de brekerlijn door aangroei van de kust is aanvaardbaar.

diffusievergelijking. Voor deze vergelijking zijn nu analytische oplossingen mogelijk.

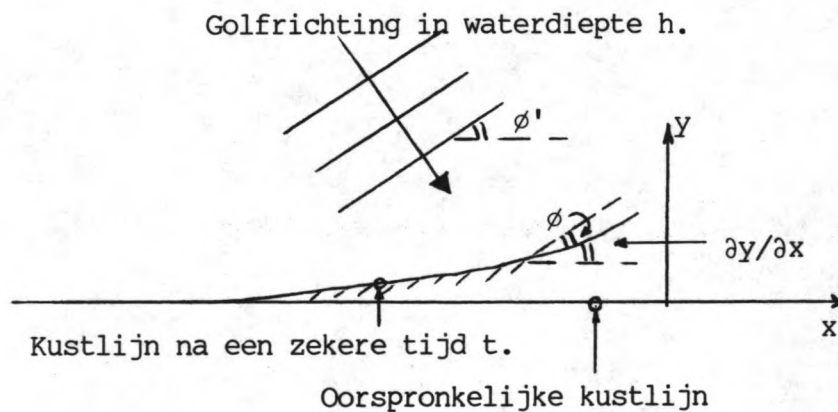
6.3 De differentiaalvergelijking, rand-, beginvoorwaarden en oplossingen

De differentiaalvergelijking (6.8) kan ook als volgt geschreven worden:

$$a \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad (6.9)$$

$$\text{waarin: } a = \frac{sx}{h} = \frac{S_x}{(\phi' h)} \quad (6.10)$$

Met ϕ' de golfhoek in een waterdiepte h , de diepte waarover de kust-veranderingen plaats vinden, ten opzichte van de oorspronkelijke kustlijn (zie fig. 6.5).



Figuur 6.5: bovenaanzicht bij kustaangroei.

Vergelijking (6.9) is de differentiaalvergelijking die het proces beschrijft. Om deze differentiaalvergelijking op te lossen zijn een beginvoorwaarde en twee randvoorwaarden voldoende.

6.3.1 Oplossing voor het geval dat de aangroei ter plaatse van de golfbreker kleiner blijft dan zijn lengte

In dit deel en hoofdstuk 6.3.2 worden meer de principes en de in het programma gebruikte formules weergegeven, voor meer informatie wordt verwezen naar het college diktaat F11B waar dit onderwerp uitvoeriger wordt behandeld.

- De beginvoorwaarde volgt uit de kustlijn op het tijdstip $t = 0$. Het beschouwde kustdeel is, gezien de vorm van de oorspronkelijke kustlijn, op $t = 0$ goed te schematiseren door middel van een rechte lijn.

De beginvoorwaarde is hier:

$$\text{voor } t = 0 \text{ is } y = 0 \text{ voor alle } x. \quad (6.11)$$

- Voor de randvoorwaarde net ten zuiden van de haven geldt, zolang al het zand daar door de zuidelijke havenpier tegengehouden wordt:

$$\text{voor } x = 0 \text{ is } S_x = 0. \quad (6.12)$$

- De tweede randvoorwaarde is de waarde van het zandtransport ter plaatse van de zuidelijke begrenzing van het beschouwde kustdeel (zie hoofdstuk 5.5.3). Ofwel het zandtransport door raai 4.

$$\text{voor } x = -2000 \text{ m. is } S_x = 4700 \text{ m}^3/\text{jaar}. \quad (6.13)$$

Bij deze begin- en rand-voorwaarden is de oplossing van de differentiaalvergelijking:

$$y = \phi' \sqrt{4at/\pi} [\exp(-u^2) - u \sqrt{\pi} \theta] \quad (6.14)$$

$$\text{waarin: } u = -x/\sqrt{4at} \quad (6.15)$$

$$\theta = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u \exp(-u^2) \, d(u) \quad (6.16)$$

6.3.2 Oplossing voor het geval dat sediment langs de golfbreker, in de haven gaat stromen

De tijd na welke zand langs de golfbreker gaat stromen is T_1 genoemd. De tijd T_1 volgt uit de vergelijking (6.14) door invulling van $y = 0$ en $x = 0$:

$$T_1 = \pi/4 \frac{L^2 h}{S \phi'} \quad (6.17)$$

waarin: L de lengte is van de golfbreker ten opzichte van de oorspronkelijke kustlijn.

Na de tijd T_1 zullen niet meer alle begin- en rand-voorwaarden uit de vorige paragraaf gelden. De oplossing van (6.9) zal ook niet meer vergelijking (6.14) leveren.

Om een analytische oplossing mogelijk te maken, worden de begin- en rand-voorwaarden als volgt geschematiseerd:

$$\text{- voor } t = 0 \text{ is } y = 0 \text{ voor alle } x < 0 \quad (6.18)$$

$$\text{- voor } t = 0 \text{ is } y = L \text{ voor } x = 0 \quad (6.19)$$

$$\text{- voor } x = -2000 \text{ m. is } S = 4700 \text{ m}^3/\text{jaar} \quad (6.20)$$

deze tweede randvoorwaarde blijft dus ongewijzigd.

De oplossing van de differentiaalvergelijking (6.9) levert bij deze rand- en begin-voorwaarden:

$$y = L \theta \quad (6.21)$$

met: θ gedefinieerd volgens vergelijking (6.16).

In het numerieke model worden de kustlijnvormen, na verschillende te kiezen jaren, tot tijdstip T_1 berekend met vergelijking

(6.14), na tijdstip T_1 kan vergelijking (6.21) gebruikt worden. De juiste tijd waarna de kustlijnvormen volgens (6.21) berekend kunnen worden, volgt uit de gelijkstelling van de volumes van sediment aangroei berekend met (6.14) en met (6.21), dit levert uiteindelijk:

$$T_2 = 0.617 T_1 \quad (6.22)$$

T_2 is het tijdstip waarop de oplossing volgens (6.21) gestart kan worden, ten opzichte van de oorspronkelijke tijd T_1 levert dit een verschuiving van $0.383 T_1$. Als de oplossing volgens (6.21) van toepassing is, moet de tijd als volgt aangepast worden:

$$T_{\text{nieuw}} = T_{\text{oud}} - 0.383 T_1 \quad (6.23)$$

6.4 Beschrijving van het numeriek model

6.4.1 Inleiding

De kustlijnvormen na verschillende te kiezen jaren, worden steeds berekend door middel van de van toepassing zijnde oplossing van de differentiaalvergelijking.

Na een gekozen aantal jaren kan de kustlijnform worden geschetst door de vergelijkingen (6.14), (6.15) en (6.16) toe te passen, zolang er nog geen zand voorbij de golfbreker stroomt, of de vergelijkingen (6.21), (6.15) en (6.16) toe te passen als dat wel het geval is, voor verschillende afstanden van de golfbreker langs de kustlijn.

In het numerieke model wordt om de parameter θ te bepalen, de integraal uit vergelijking (6.16) numeriek benaderd door de repeterende Simpson regel.

Na een beschouwd aantal jaren wordt de kustlijn tussen twee

opeenvolgende beschouwde punten langs de kust, door een rechte lijn geschematiseerd.

De kustlijnvormen worden voor de verschillende beschouwde jaren grafisch weergegeven. Deze grafieken vormen ook de uitvoer van dit numeriek model.

Achtereenvolgens zullen in dit hoofdstuk worden behandeld, de invoergegevens, het stroomschema en de uitgevoerde controles van het programma.

6.4.2 De invoergegevens

Voor het kustdeel van raai 4 tot aan de haven zijn de volgende variabelen ingevoerd:

- 1) De waterdiepte h waarover de kustveranderingen plaats vinden.
- 2) Het zandtransport S , in raai 4 (de zuidelijke randvoorwaarde).
- 3) De golfhoek ϕ' , tussen de golfkam en de geschematiseerde rechte kustlijn ter plaatse van de water diepte h .
- 4) De lengte L van de golfbreker.
- 5) De jaren DT waarvoor de kustlijnveranderingen berekend worden.

ad 1)

In figuur 6.1 is net ten zuiden van de haven te zien dat vanaf de kustlijn naar diepwater, eerst een steil verlopend strand en dan een flauw verlopende bodem aanwezig is.

Bij de kustlijnberekeningen wordt hier de flauw verlopende bodem, zeewaarts van de 0 m. dieptelijn ten opzichte van laag laagwater (L.L.W.), horizontaal aangenomen.

Aangenomen wordt dat de kustlijnveranderingen zich afspelen in het gebied tussen de 0 m. dieptelijn ten opzichte van het

L.L.W.-niveau en de snijlijn van het gemiddelde zeeniveau met de kustlijn. Het is natuurlijk zo dat tijdens hoogwater ook de langs de kust, boven het G.Z.N., liggende gebieden veranderen. Aangenomen wordt dat het strand, gezien het milde golfklimaat, tot een hoogte wordt opgebouwd van 0.5 m boven het G.Z.N.. Aangezien het L.L.W.-niveau ongeveer op 2.5 m beneden het gemiddelde zeeniveau ligt, bedraagt de diepte h waarover de kustlijnveranderingen plaats vinden bij deze aannames 3 m.

ad 2) en ad 3)

Per gekozen diepwatergolfrichting en beschouwde diepwatergolfhoogte, is ϕ' de golfhoek tussen de golfkam, ter plaatse van de waterdiepte h , en de kustlijn (zie fig. 6.4).

Om de kustlijnberekeningen niet onnodig ingewikkeld te maken, is als zuidelijke randvoorwaarde van het beschouwde kustdeel het resulterend zandtransport in raai 4 ingevoerd. In hoofdstuk 5.5.3 is voor het resulterend zandtransport in het raai 4 aangehouden $S = 4700 \text{ m}^3/\text{jaar}$. De bij dit resulterend zandtransport horende fictieve golfhoek ϕ' ter plaatse van de waterdiepte h moet nu nog bepaald worden. Per beschouwde diepwatergolfrichting, is gekozen voor de bepaling van de golfhoeken ter plaatse van de waterdiepte h voor de diepwatergolfhoogte 0.50 meter. Door middel van een soort "zwaartepunts bepaling" zal de fictieve golfhoek bepaald worden.

De fictieve golfhoek voor het resulterend zandtransport had ook voor een, voor het zandtransport, maatgevende diepwatergolfhoogte bepaald kunnen worden. Maar aangezien het hier gaat om een "zwaartepunts bepaling" wordt verwacht dat de gevonden fictieve golfhoek niet veel zal verschillen van de hier gevonden waarde. Wel is het zo dat de kleinere en kortere golven hier een grote invloed hebben op het zandtransport en dus op de kustlijn, omdat deze veel vaker voorkomen dan de grotere en langere golven. Gekozen is om niet de kleinst gebruikte diepwatergolfhoogte aan te houden, maar de diepwatergolfhoogte 0.5 meter voor de bepaling van ϕ' per beschouwde

golfrichting. De waarden van de golfhoeken zijn te vinden in bijlage 3 en zijn samengevat in tabel (6.1).

Tabel (6.1): De golfhoeken in 2.5 m waterdiepte voor de diepwatergolfhoogte 0.5 m.

Richting	Z.Z.W.	Z.W.	W.Z.W.	W.
Golfhoek in graden	29	9	- 10	- 30

De hier weergegeven golfhoeken zijn hoeken tussen de golfkam in 2.5 m waterdiepte, t.o.v. G.Z.N., en de kustlijn . Per beschouwde golfrichting, is het gemiddelde van de zandtransporten berekend met de Bijker- en de CERC-formule in tabel (6.2) weergegeven.

Tabel (6.2): Voor de beschouwde richtingen, het gemiddelde van het zandtransport berekend met de Bijker- en de CERC-formule.

Richting	Z.Z.W.	Z.W.	W.Z.W.	W.	SOM
Zand-transport ³ (m ³ /jaar)	+ 6360	+ 8145	- 2750	- 7058	+ 4700

Per richting zijn de zandtransporten bepaald met de uitvoergegevens van de zandtransportberekeningen uit bijlage 5 (pagina

13, 18, 22 en 26).

Een "zwaartepunts bepaling" van de golfhoek die bij het totale resulterende zandtransport hoort levert met de gegevens uit de tabellen (6.1) en (6.2):

$$6360 (29 - \phi') + 8145 (9 - \phi') - 2750 (-10 - \phi') - 7058 (-30 - \phi') = 0$$

$$\Rightarrow \phi' = 11 \text{ graden.}$$

ad 4)

De lengte van de golfbreker is opgemeten in een overzichts tekening van de gekozen haven layout uit het NEDECO rapport "Deep Sea Port of Laem Chabang", deze bedraagt:

$$L = 1500 \text{ m.}$$

ad 5)

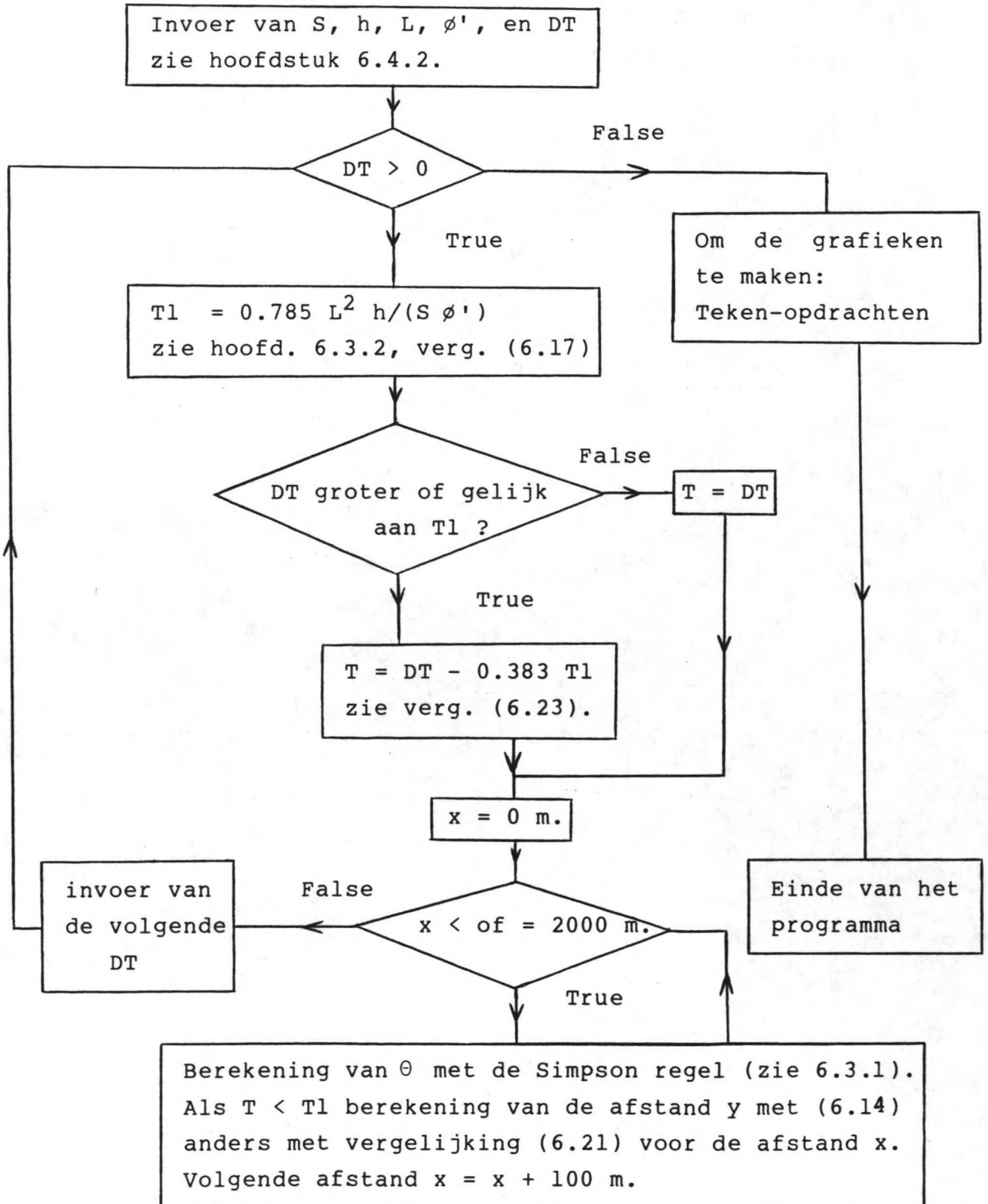
De kustlijnveranderingen zijn berekend na de volgende jaren:

$$DT = 10, 20, 30 \text{ en } 40 \text{ jaar.}$$

De invoergegevens zijn ook afgedrukt in de door middel van het numerieke model verkregen figuur 6.5.

De opdrachten tot de afdruk van de invoergegevens in de figuur zijn opgenomen in de teken opdrachten, zie hiervoor het in bijlage 7 opgenomen programma, geschreven in Algol 60.

Voor de overzichtelijkheid is de uitvoer van het programma, ofwel figuur 6.5, ook in bijlage 7 opgenomen.

6.4.3 Het stroomschema

6.4.4 Uitgevoerde controles

Om het numerieke model te controleren is, voor het beschouwde kustdeel, een handberekening uitgevoerd en zijn gegevens ingevoerd van een kustlijnberekening uit het college diktaat F11B.

6.4.4.1 De handberekening

De in grafische vorm weergegeven uitvoer van het kustdeel van raai 4 tot aan de haven, is door middel van een simpele handberekening gecontroleerd.

Bij deze controle is voor de verkregen kustlijn na 10 jaar, berekend hoe groot het aangegroeide volume zand is, en dit is dan vergeleken met het aangevoerde volume zand bij een zandtransport van $4700 \text{ m}^3/\text{jaar}$ gedurende 10 jaar (zie 5.5.3).

De met het numerieke model verkregen kustlijn na 10 jaar, is geschematiseerd tot een rechte lijn (zie figuur 6.4.4.1). Het oppervlakte tussen de geschematiseerde kustlijn, de golfbreker en de kustlijn op het tijdstip $t = 0$ bedraagt:

$$\text{oppervlakte} = (540 \cdot 60)/2 = 16200 \text{ m}^2.$$

De diepte h waarover de kustveranderingen plaats vinden is 3 m., het aangegroeide volume zand is bij deze schematisatie:

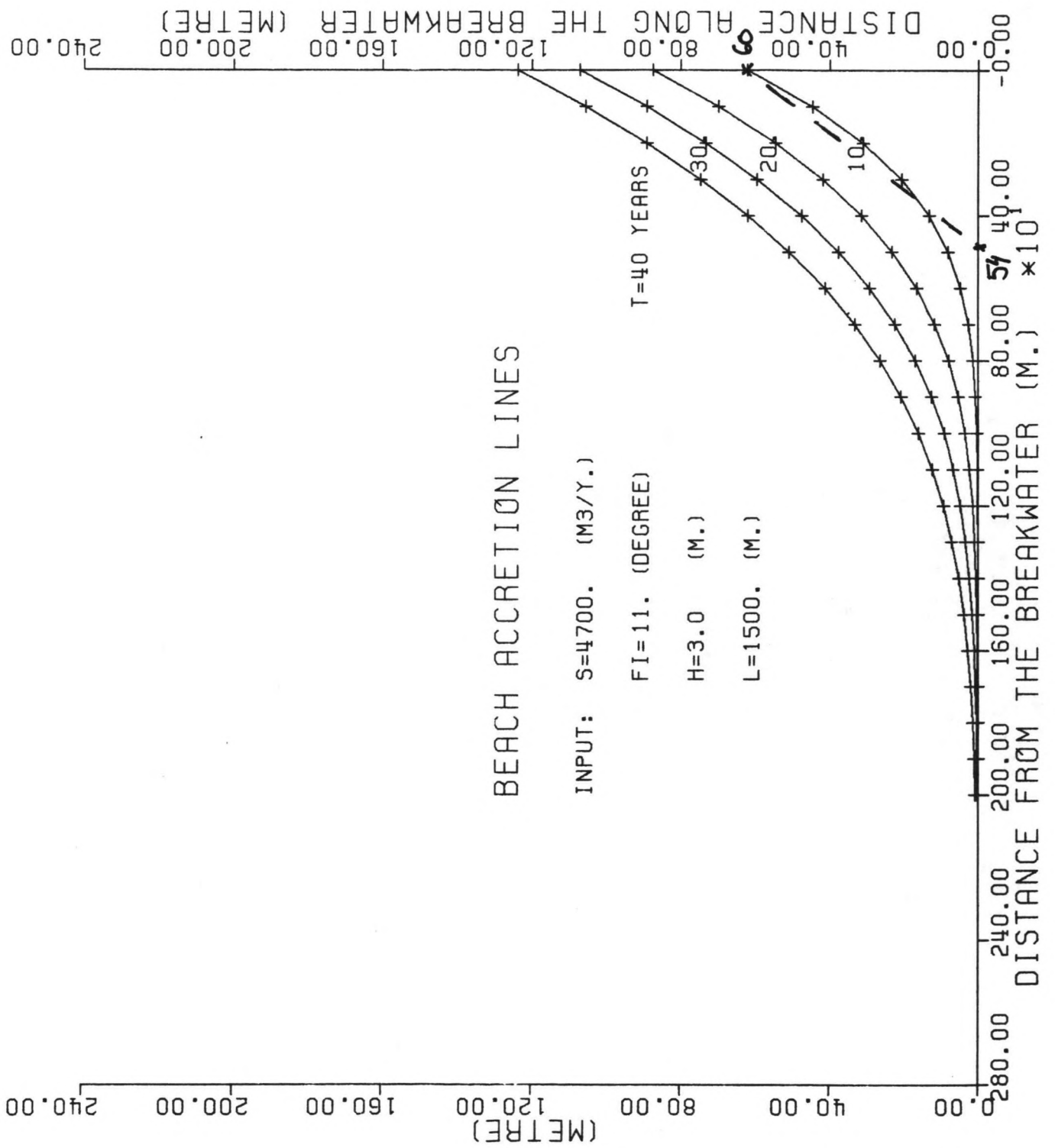
$$V_1 = 3 \cdot \text{oppervlakte} = 48600 \text{ m}^3$$

Het aangevoerde volume zand bij een zandtransport van $S = 4700 \text{ m}^3$ per jaar bedraagt na 10 jaar:

$$V_2 = 10 S = 47000 \text{ m}^3$$

De berekende volumes V_1 en V_2 zijn vrijwel identiek.

Gekonkludeerd kan worden dat het numerieke model deze controle met succes doorstaat.



Figuur 6.4.4.1: Voor de handberekening de geschematiseerde kustlijnverandering na 10 jaar.

6.4.4.2 Kontrole met een voorbeeld uit het college diktaat F11B

In het college diktaat F11B, is een voorbeeld van een kustlijn-berekening gegeven voor een kust met een golfbreker. De kustlijn-veranderingen zijn ook in dit diktaat in een figuur weergegeven en leent zich goed voor een controle berekening van het hier beschouwde numerieke model.

Voor de controle van deze kust zijn de volgende gegevens ingevoerd:

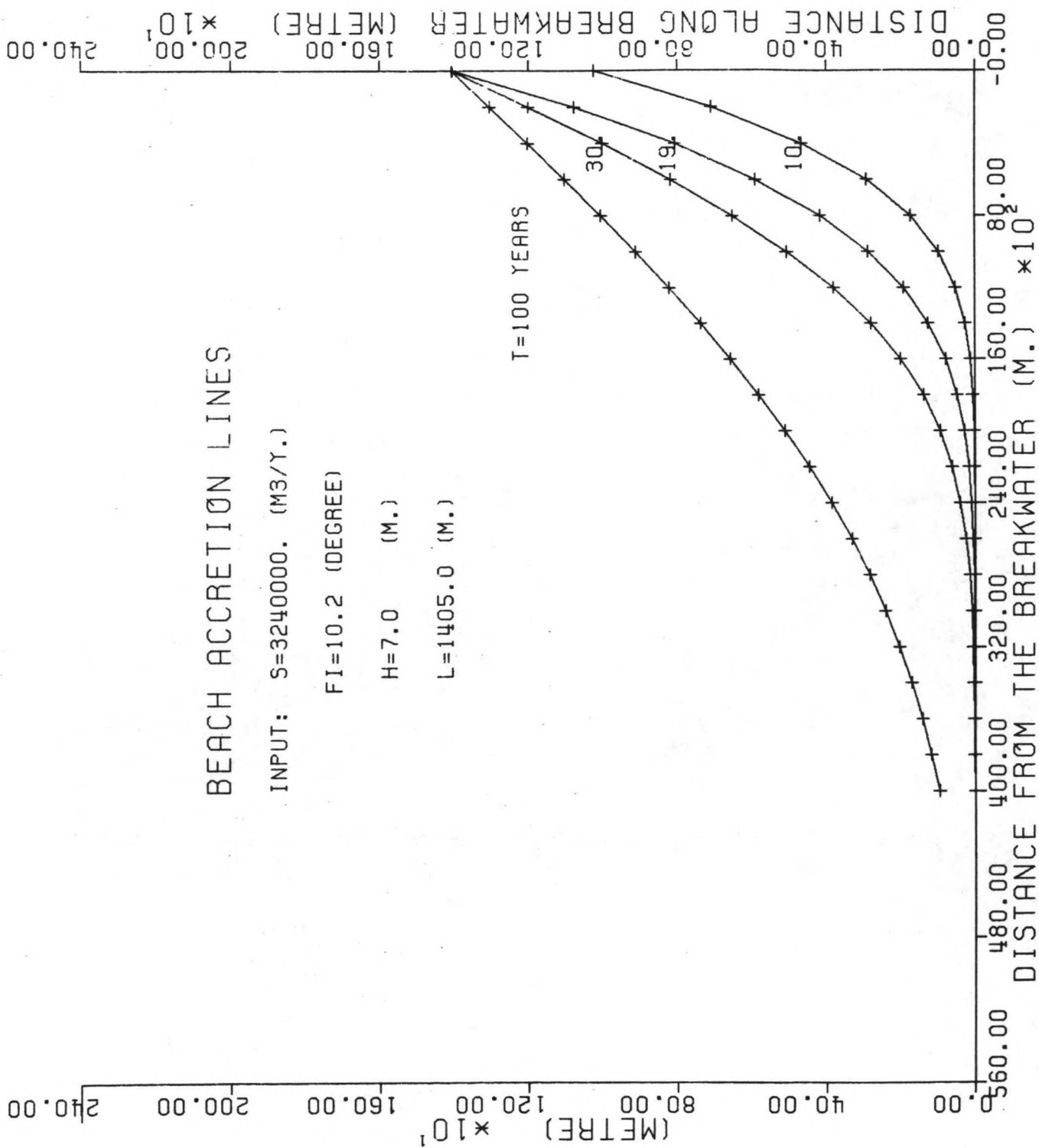
- $S = 3.24 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{jaar}$
- $\phi' = 10.2 \text{ graden}$
- $h = 7 \text{ m.}$
- $L = 1405 \text{ m.}$
- $DT = 10, 19, 30 \text{ en } 100 \text{ jaar}$

voor een toelichting van deze variabelen zie hoofdstuk 6.4.2

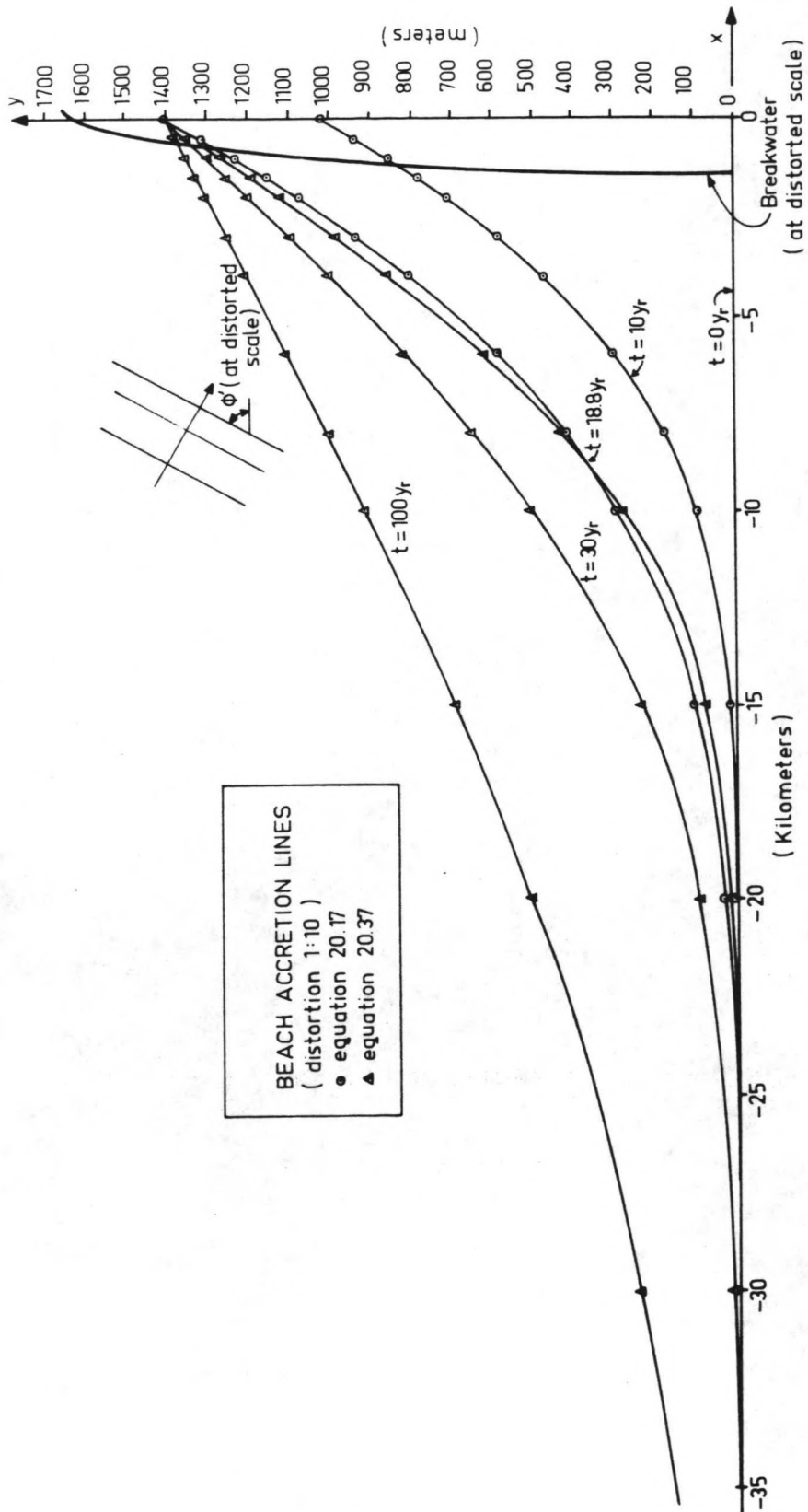
Bovenstaande gegevens zijn ook in het college diktaat F11B gebruikt, dit met uit zondering van $DT = 19$ jaar waarvoor in het diktaat 18.8 jaar gebruikt is. De tijd 18.8 jaar is de tijd waarna, voor dit voorbeeld, zand voorbij de golfbreker gaat stromen, ofwel de tijd T_2 (zie vergelijking (6.22)). Op het tijdstip T_2 kunnen de kustlijnveranderingen berekend worden met de vergelijkingen (6.14), (6.15) en (6.16) ofwel met (6.21), (6.15) en (6.16), dit is in het diktaat ook gedaan en levert daar twee kustlijn vormen op. Dit is ook te zien in de figuur 6.4.4.3, die uit het college diktaat afkomstig is.

De met het numerieke model verkregen resultaten, zijn in figuur 6.4.4.2 in grafische vorm weergegeven.

Bij het beschouwen van de twee figuren 6.4.4.2 en 6.4.4.3, is te zien dat deze goed met elkaar overeenkomen. Bij het tekenen van de twee figuren in een enkele figuur zullen de berekende kustlijnveranderingen voor de jaren 10, 30 en 100 goed samen vallen.



Figuur 6.4.4.2: De met het numerieke model verkregen uitvoer van een voorbeeld uit Fl1B.



Figuur 6.4.4.3: Kustlijnveranderingen van een voorbeeld berekening uit het college diktaat F11B.

De berekende kustlijnveranderingen voor 19 jaar zullen bijna samen vallen met de kustlijnveranderingen volgens het college diktaat F11B.

Aangezien de twee figuren 6.4.4.2 en 6.4.4.3 goed met elkaar overeenkomen, kan gekonkludeerd worden dat het numerieke model goed werkt.

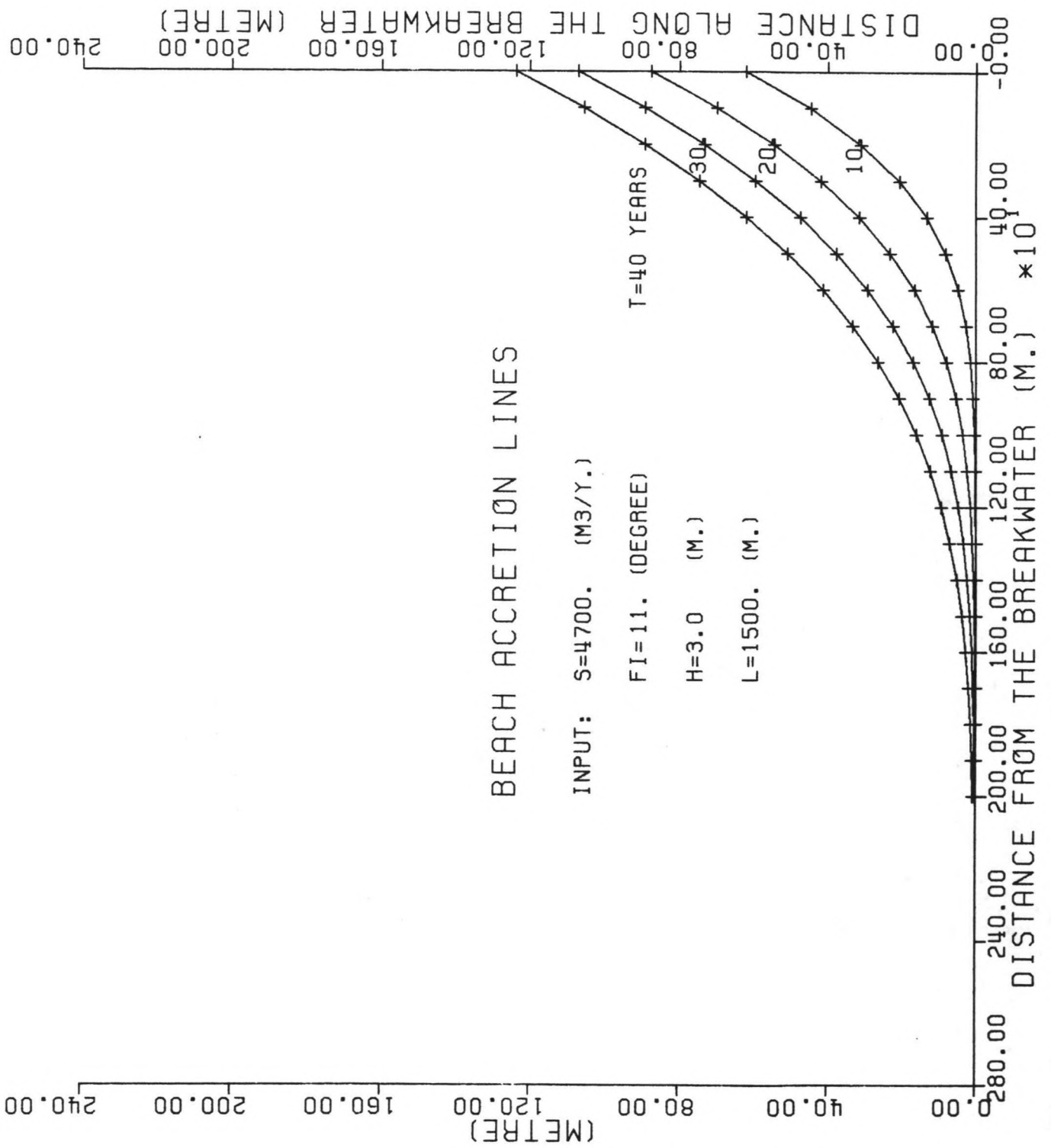
6.5 Bespreking van de berekende kustlijnveranderingen

De met het numerieke model berekende kustlijnveranderingen zijn in figuur 6.5 weergegeven, voor de verschillende gekozen jaren. De ingevoerde gegevens die in hoofdstuk 6.4.2 zijn behandeld, zijn ook afgedrukt in figuur 6.5 .

In de figuur is te zien dat zelfs na ongeveer 40 jaar, de verwachte aangroei ter plaatse van de golfbreker maar zo'n 120 m. zal bedragen.

Gezien het milde golfklimaat werden bij aanvang van dit afstudeerprojekt, de veranderingen van de kustlijn ten gevolge van de mogelijke bouw van het havencomplex niet groot geacht. Met de verschillende uitgevoerde berekeningen is dit aanvankelijke vermoeden nu aannemelijk gemaakt.

In hoofdstuk 6.6 wordt de invloed bekeken van het mogelijk wegvallen van de zandaanvoer naar raai 4, op het beschouwde kustdeel.



Figuur 6.5: De berekende kustlijnveranderingen ten zuiden van de havenpier.

6.6 Vervorming van het gebied ten noorden van de rivier

Het zandtransport in raai 4 is de zuidelijke randvoorwaarde van het te beschouwen kustdeel. Als het door raai 4 stromende zand niet voldoende wordt aangevuld, zal de kustlijn in dit gebied gaan veranderen.

Volgens het ingenieursbureau Haskoning is er in de huidige situatie, zonder het havencomplex, waarschijnlijk sprake van een evenwichtsligging van de kustlijn van de baai te Laem Chabang. Dit omdat tegen een kleine, ten noorden van de Klong Bang Lamung rivier, gebouwde strekdam aan beiden zijden, na een paar jaar, ongeveer dezelfde hoeveelheid zand was aangegroeid.

Ook hier wordt uitgegaan van een evenwichtsligging van de kustlijn in de huidige situatie zonder het havencomplex.

Iets ten zuiden van raai nummer 4 mondt de Khlong Bang Lamung rivier in de baai uit (zie figuur 6.6). De rivier heeft in de loop der tijden zand in de baai gebracht, wat ook duidelijk te zien is aan de vrij plotselinge vervorming van de dieptelijnen - 1 m. en - 2 m. ten opzichte van het L.L.W., ten westen van de rivier monding. Deze vervorming van de dieptelijnen ten westen van de rivier monding duidt ook op een gering langstransport in de huidige situatie van de baai zonder haven.

Gezien het verloop van de dieptelijnen - 1 m. en 0 m. ten opzichte van L.L.W., is het niveau ter plaatse van het punt A (zie fig. 6.6) geschat op - 0.5 m. ten opzichte van L.L.W..

De punten B en C uit figuur 6.6 liggen op ongeveer dezelfde afstand loodrecht uit de kust als het punt A, het niveau is daar - 1 m. ten opzichte van L.L.W.. De punten B en C liggen dus een halve meter lager dan het punt A.

Voor het gebied ten westen van de rivier monding, tussen de lijn van B naar C en de 0 m. dieptelijn, levert een ruwe schatting, dat dit gebied ongeveer een halve meter hoger ligt dan de aansluitende gebieden ten noorden en ten zuiden hiervan. Het volume

FUTURE PORT OF LAEM CHABANG

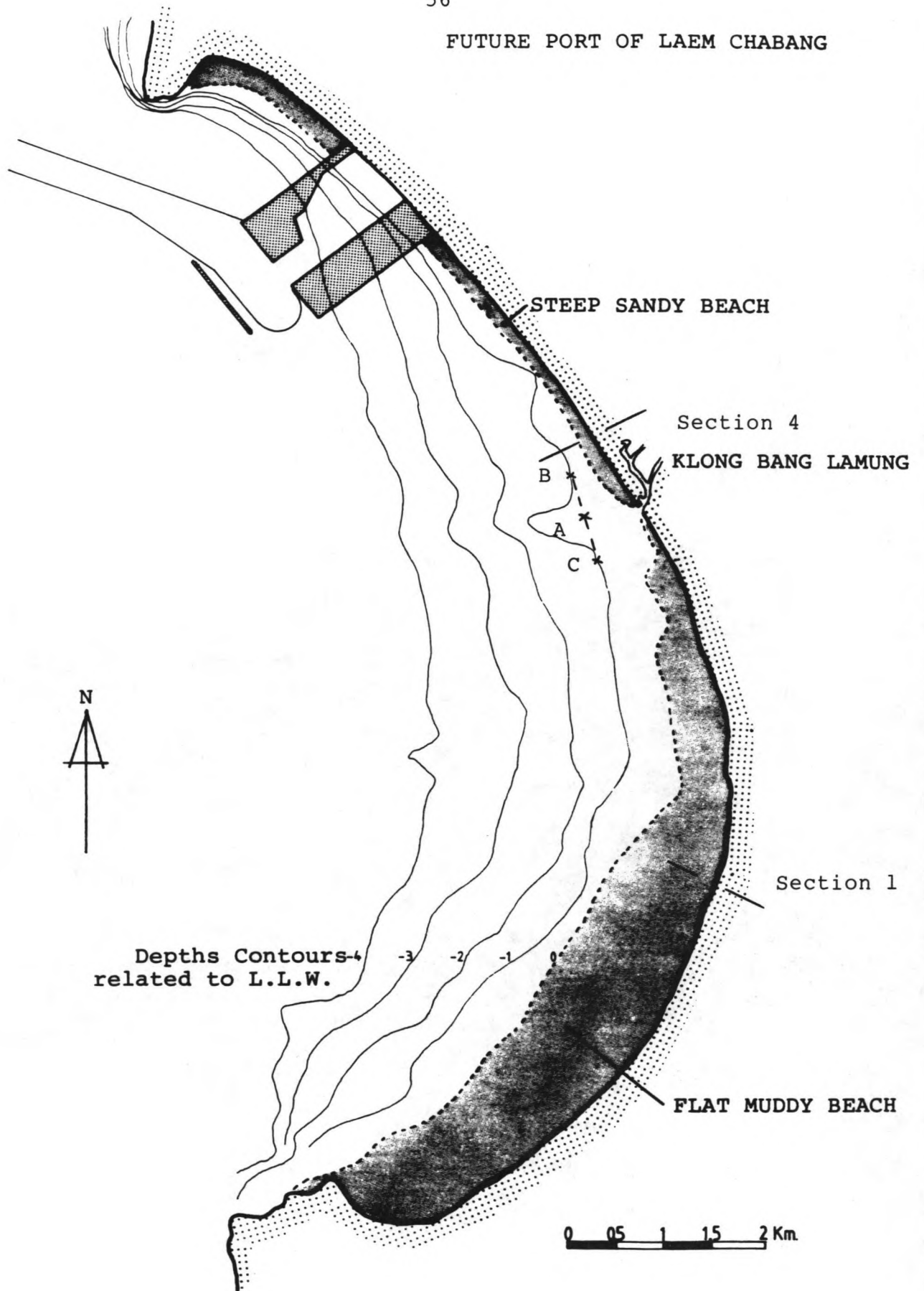


Figure 6.6: Laem Chabang with layout of future port

zand dat in dit gebied boven het normale kustprofiel ligt wordt geschat op:

$$V_3 = 0.5 \text{ m} \cdot 1000 \text{ m} \cdot 250 \text{ m} = 125000 \text{ m}^3.$$

Het materiaal voor de rivier monding is waarschijnlijk in een lange loop van jaren afgezet en behoorlijk stabiel. Uit deel 1 van het afstudeerverslag, bijlage 3, blijkt in het studiegebied de grootste waterdiepte bij het breken van een golf, maximaal ongeveer 1 m te bedragen.

Gezien de in het algemeen redelijke waterdiepte waarin het materiaal voor de rivier monding zich op bevindt, ten opzichte van de geringe waterdiepte waarin de golven in dit studiegebied breken, wordt aangenomen dat het sediment voor de rivier monding, boven het normale kustprofiel, niet tot weinig zal eroderen na de bouw van het havencomplex.

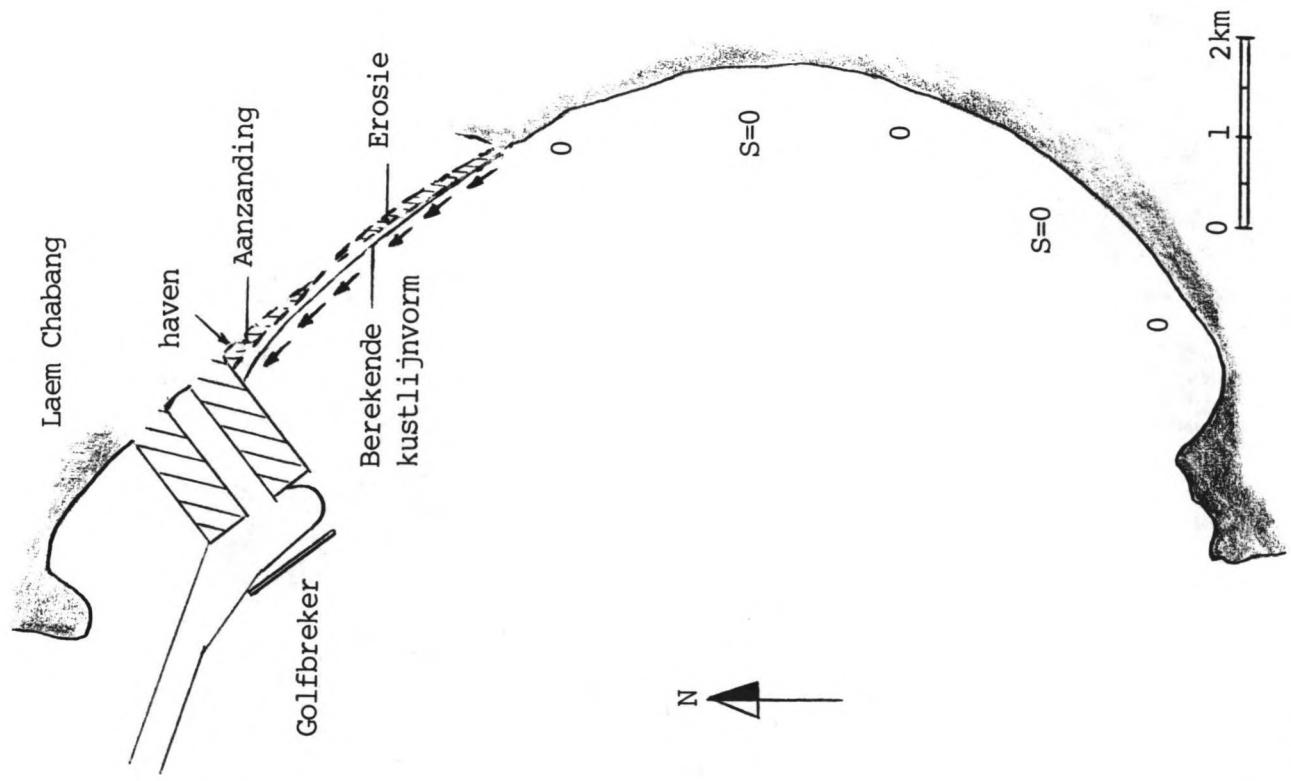
Bij verwaarlozing van het door de rivier aangevoerd hoeveelheid sediment, krijgt het gebied ten noorden van de rivier (zie fig. 6.6) dus geen toestroming van hoeveelheid zand vanuit het zuiden. Ter hoogte van de havenpier wordt het aangevoerde zand geheel tegen gehouden.

Na de bouw van de haven, is het gevolg voor het gebied ten noorden van de rivier tot aan de havenpier, een erosie over een groot deel en een aangroei tegen en ten zuiden van de havenpier (zie fig. 6.8 pag. 58).

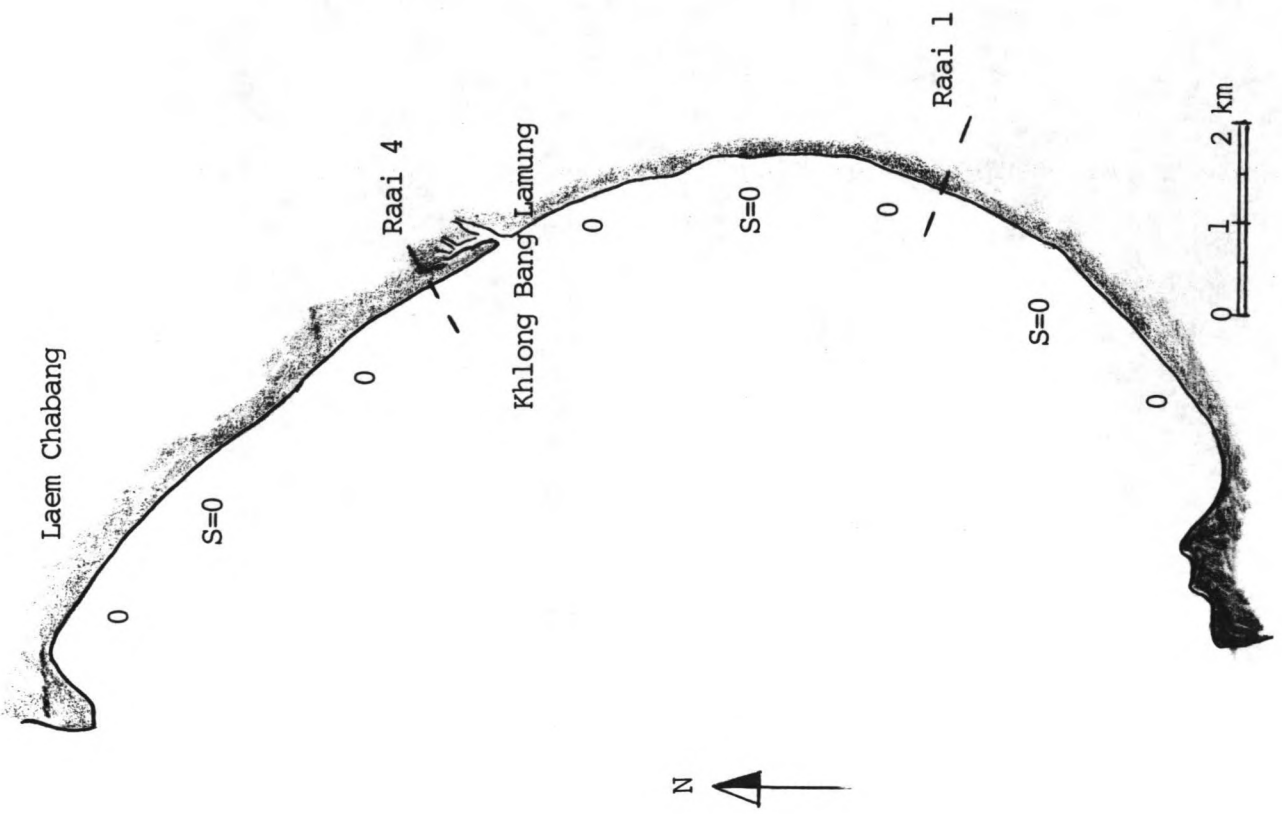
De aangroei tegen de havenpier is in hoofdstuk 6.5 behandeld.

De totale kustlengte van de rivier tot aan de havenpier is opgemeten in figuur 6.6 en bedraagt ongeveer 4 km. De lengte waarover erosie optreedt wordt geschat op 2.5 km (zie fig. 6.8). De gemiddelde hoogte waarover de kustlijnveranderingen plaats vinden is, bij de hier toegepaste een-lijn schematisatie, 3 m (zie hoofd. 6.4.2, ad 1)).

Met de beschikbare gegevens kan nu de gemiddelde erosie berekend worden.



Figuur 6.8: Kustlijvormen na de bouw van de haven



Figuur 6.7: Voor de bouw van de haven.

Het richting haven stromend, jaarlijkse resulterende zandtransport door raai 4 bedraagt $4700 \text{ m}^3/\text{jaar}$ (zie hoofd. 5.5.3). De Khlong Bang Lamung is een kleinere rivier met een lage afvoer. Verwaarloosd kan dus worden het door de rivier, na de bouw van zuidelijke havenpier, in de baai aangevoerde hoeveelheid zand. Voor het kustdeel waarover erosie optreedt, levert de gemiddelde jaarlijkse kustachteruitgang:

$$4700/2500 = 1.90 \text{ m}^3/\text{m. per jaar.}$$

Met de gemiddelde hoogte waarover aangenomen wordt dat de kustveranderingen plaats vinden, levert dit:

$$1.90/3 = 0.65 \text{ m./jaar.}$$

Over ongeveer 2.5 km. vanaf de zuidelijke begrenzing van gebied 4 in de richting van de haven, is de verwachte gemiddelde kustachteruitgang gemiddeld 0.65 m. per jaar.

De verwachte kustachteruitgang en aangroei van het studiegebied is gezien bovenstaande en hoofdstuk 6.5 gering.

Na verloop van tijd zal de grootte van de kustachteruitgang afnemen, daar de kustlijn ten noorden van de rivier monding naar een nieuwe evenwichtsligging zal groeien.

6.7 Konklusies

Gekonkludeerd kan worden dat van het kustgebied ten noorden van de rivier monding tot aan de haven, de kustlijnveranderingen gering zullen zijn. Dit gezien de door middel van het numerieke model verkregen figuur 6.5, waar de kustlijnvormen voor de verschillende gekozen jaren weergegeven zijn, en de gemiddelde achteruitgang ten noorden van de rivier monding, die naar verloop van tijd zal afnemen doordat de kust steeds meer naar een nieuwe evenwichtsligging zal groeien (zie hoofdstuk 6.6.).

Gezien de geringe te verwachten aangroei na 40 jaar (zie hoofdstuk 6.5) ten opzichte van de totale lengte van de zuidelijke havenpier en de te verwachten groei naar een evenwichtsligging van het beschouwde kustdeel, kan gekonkludeerd worden dat de kustlijnveranderingen niet van invloed zullen zijn op de haven. Daar de kustlijnveranderingen niet zodanig zullen zijn dat zand in de haven zal stromen in zijn levensduur.

Verder wordt aangenomen dat geen bebouwing dicht langs het beschouwde kustdeel aanwezig en verwacht wordt dat de mogelijke gebruikers van dit kustdeel geen last zullen hebben van de geringe kustlijnveranderingen.

Gezien bovenstaande zijn geen speciale voorzieningen nodig om de kustlijnveranderingen te beperken.

LITERATUUR

- 1) Door NEDECO:
"Deep-Seaport of Laem Chabang survey and design"
The Hague 1972.
- 2) Departement of Civil Engineering, Coastal Engineering group
Coastal Engineering, Volume II Harbor and Beach Problems
Edited by W.W. Massie, P.E. (Delft 1985).

Bekeken is:

- 4) Het afstudeerverslag van G. Marangoni, 1985.
 - De brandingsstroom bij Parachique
 - Zandtransport bij Parachique
- 5) Handleiding en beschrijving van het KC & KL - model.

B I J L A G E 4

INHOUD:

- Het zandtransport programma
geschreven in Algol 60

pagina:

1 t.m. 7

COMPILER VERSION : BATCH

OPTIONS IN EFFECT: SIZE(KBYTES)= 898, IDL= 6, SEG=SEGM,
 EBCDIC(EB), NOIDLST, LOAD(L), LONG(LP), OPT0, NOPAG,
 SE, SOURCE(S), NST, SWAP0, TEST(T), W, NODUMP

```

0
0 'BEGIN'
1
1 'INTEGER' N, J, JJ, NN, KK, NR, TEL;
2 'REAL' SB;
3 'REAL' 'ARRAY' ST(/0..20/), SIT(/0..20/), HO(/1..10/), T(/1..10/),
4 OCC(/1..10/), FIBR(/1..10/), HBR(/1..10/),
4 SITTOCC(/0..10/), LST(/0..10/), F(/0..20/),
4 SCERC(/0..10/), SDCERC(/0..10/), SDCEOCC(/0..10/);
4 'REAL' M, Y, PW, PS, D50, D90, R, W, B, DIR,
5 DW, DWBR, FI, FI2, A, C1, C2, G, K, L, LBR, H, AB, UB,
5 FW, U, TC, TCW, V, E, ZX, BX, I1, I2, X1, X2, Y1, Y2, Y3, Y4,
5 SI, CO, IQ, QI, DELTA, DIST, DIST2, NFAC, X, SOM1, SOM2, SOM3, SOM4,
5 HH, X3, Y5, Y6, DFIDY;
5
5 G:=9.81; B:=1.5;
7 M:=0.1; Y:=0.97; PW:=1025; PS:=2670;
11 D50:=0.4; D90:=0.8; R:=0.05;
14 'COMMENT' D50 EN D90 ZIJN IN MM. 'S INGEVOERD;
14 W:=0.05; DELTA:=(PS-PW)/PW;
16
16 N:=1; J:=1; TEL:=1;
19 LST(/0/):=0; SIT(/0/):=0;
21 SDCERC(/0/):=0; SDCEOCC(/0/):=0;
23 SOM1:=0; SOM2:=0; SOM3:=0; SOM4:=0;
27 FI2:=0; DIST2:=0;
29
29 READ(0, NR);
30 READ(0, DIR, T(/N/), HO(/N/), OCC(/N/), DWBR, FIBR(/N/));
31 FIBR(/N/):=FIBR(/N/)-1;
32 'FOR' N:=N 'WHILE' T(/N/)>0 'DO'
33 'BEGIN'
34
34 'COMMENT' &&& PROGRAMMA WORDT GESTOPT DOOR DE INVOER VAN NEGATIEVE T &&&
34
34 'IF' T(/N/)>0 'THEN'
35 'BEGIN'
36
36 'IF' T(/N/)<100 'THEN'
37 'BEGIN'
38
38 J:=J+1;
39 'IF' J>=1 'THEN'
40 'BEGIN'
41 'IF' J=ENTIER(J/2)*2 'THEN'
42 'BEGIN'
43
43 'COMMENT' ***** EEN AKDRUK VAN INPUT DATA PER PAGINA *****;
43 'COMMENT' *****;

```

```

43 PAGE(1);LINE(1,0);BLANK(1,14);
46 OUTSTRING(1,('*****'));
47 LINE(1,1);BLANK(1,10);
49 OUTSTRING(1,('          FOR BEACH SECTION NR : '));
50 FIX(1,1,0,NR);LINE(1,1);BLANK(1,21);
53 OUTSTRING(1,('    INPUT AND OUTPUT DATA '));
54 LINE(1,1);BLANK(1,19);
56 OUTSTRING(1,('FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS'));
57 LINE(1,1);BLANK(1,14);
59 OUTSTRING(1,('*****'));
60 LINE(1,2);BLANK(1,16);
62 OUTSTRING(1,('BEACH SLOPE          :'));FIX(1,1,2,M);
64 LINE(1,1);BLANK(1,16);
66 OUTSTRING(1,('BREAKER INDEX          :'));FIX(1,1,2,Y);
68 LINE(1,1);BLANK(1,16);
70 OUTSTRING(1,('BOTOM ROUGHNESS          :'));FIX(1,1,3,R);
72 OUTSTRING(1,(' [METRE]'));LINE(1,1);BLANK(1,16);
75 OUTSTRING(1,('D50 SAND SIZE          :'));FIX(1,1,2,D50);
77 OUTSTRING(1,(' [MILLIMETRE]'));LINE(1,1);BLANK(1,16);
80 OUTSTRING(1,('D90 SAND SIZE          :'));FIX(1,1,2,D90);
82 OUTSTRING(1,(' [MILLIMETRE]'));LINE(1,1);BLANK(1,16);
85 OUTSTRING(1,('FALL VELOCITY          :'));FIX(1,1,3,W);
87 OUTSTRING(1,(' [METRE/SEC.]'));LINE(1,1);BLANK(1,16);
90 OUTSTRING(1,('INTERVAL LENGTH          :'));FIX(1,2,1,B);
92 OUTSTRING(1,(' [METRE]'));
93   'END';
94   'COMMENT'***** KOP VOOR DE TWEE TABELLEN PER PAGINA *****;
94   'COMMENT'*****;
94 LINE(1,2);BLANK(1,5);
96 OUTSTRING(1,('DEEP WATER WAVE DIRECTION ='));
97   'IF'DIR=22.5'THEN'OUTSTRING(1,('S.S.W.'))'ELSE'
100   'IF'DIR=45.0'THEN'OUTSTRING(1,(' S.W.'))'ELSE'
103   'IF'DIR=67.5'THEN'OUTSTRING(1,('W.S.W.'))'ELSE'
106   'IF'DIR=90.0'THEN'OUTSTRING(1,(' W.))'ELSE'
109   'IF'DIR=112.5'THEN'OUTSTRING(1,('W.N.W.))'ELSE'
112   'IF'DIR=135'THEN'OUTSTRING(1,(' N.W.));BLANK(1,6);
115 OUTSTRING(1,(' % WAVE OCCURENCE ='));FIX(1,2,3,OCC(/N/));
117 LINE(1,1);BLANK(1,5);
119 OUTSTRING(1,('DEEP WATER WAVE HEIGHT (HO) ='));FIX(1,2,2,HO(/N/));
121 OUTSTRING(1,('    WAVE PERIOD (T) ='));FIX(1,2,2,T(/N/));
123 LINE(1,1);BLANK(1,5);HBR(/N/):=DWBRY;
126 OUTSTRING(1,('BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) ='));FIX(1,2,2,HBR(/N/));
128 OUTSTRING(1,('    BREAKER WAVE ANGLE ='));FIX(1,2,2,FIBR(/N/));
130 LINE(1,1);BLANK(1,5);
132 OUTSTRING(1,('====='));
133 OUTSTRING(1,('====='));
134 LINE(1,1);BLANK(1,5);
136 OUTSTRING(1,('!SECT. ! DISTANCE ! WATER !BED LOAD !'));
137 OUTSTRING(1,('!TOTAL SEDIMENT TRANSPORT!CUMULATIVE !'));
138 LINE(1,1);BLANK(1,5);
140 OUTSTRING(1,('! NO. !FROM SHORE! DEPTH !TRANSPORT!'));
141 OUTSTRING(1,('!-----!SAND TRANSP. !'));
142 LINE(1,1);BLANK(1,5);
144 OUTSTRING(1,('!      ! [M.] ! [M.] ! [M2/SEC.] !'));
145 OUTSTRING(1,('! [M2/SEC.] ! [M2/DAY] ! [M3/DAY] !'));

```

```

146 LINE(1,1);BLANK(1,5);
148 OUTSTRING(1,('====='));
149 OUTSTRING(1,('====='));
150 LINE(1,1);
151 'END';
152 NN:=0;
153 DW:=0;
154 'FOR'NN:=NN+1'WHILE'DW<DWBR'DO'
155 'BEGIN'
156 'COMMENT'##### KEUZE WATERDIEPTE #####;
156     DW:=NN*B*M;
157     DIST:=NN*B;
158     'IF'DW>DWBR'THEN'
159         'BEGIN'
160             DW:=DWBR;
161             DIST:=DW/M;
162         'END';
163 BLANK(1,5);
164 OUTSTRING(1,('!'));FIX(1,2,0,NN);
166 OUTSTRING(1,('!'));FIX(1,3,2,DIST);
168 OUTSTRING(1,('!'));FIX(1,1,2,DW);
170 'COMMENT'##### STAPPEN 10,11 EN 8 UIT F11B P(117) #####;
170 A:=R/DW;
171 C1:=18*LN(12*DW/R)/LN(10);
172 C2:=18*LN(12*DW/(D90*1'-3))/LN(10);
173 L:=SQRT(G*DW)*T(/N/);
174 LBR:=SQRT(G*DWBR)*T(/N/);
175 K:=2*PI/L;
176 H:=DW*Y;
177 AB:=H/(EXP(K*DW)-EXP(-K*DW));
178 UB:=2*PI/T(/N/)*AB;
179 'COMMENT'OUTSTRING(1,('AB,UB,FW='));
179 FIX(1,2,2,AB)FIX(1,2,2,UB);
179 FW:=EXP(-5.977+5.213*(AB/R)**(-0.194));
180 'COMMENT'FIX(1,2,3,FW);
180 'COMMENT'##### BRANDINGSTROOM SNELHEID KAN BEPAALD WORDEN #####;
180 'IF'NN=1'THEN'FIBR(/N/):=FIBR(/N/)*PI/180;
182 SI:=L/LBR*SIN(FIBR(/N/));
183 CO:=SQRT(1-SI**2);
184 FI:=ARCTAN(SI/CO);
185 NFAC:=0.5*(1+4*K*DW/(EXP(2*K*DW)-EXP(-2*K*DW)));
186 'COMMENT'##### OM DFI/DY UIT VERG. VAN V TE BEPALEN : #####;
186 DFIDY:=(FI-FI2)/(DIST-DIST2);
187 V:=SQRT(2*DW)*PI*C1*Y/(8*SQRT(FW))*(M*SIN(2*FI)+DW*COS(2*FI)*DFIDY);
188 FI2:=FI;DIST2:=DIST;
190
190 'COMMENT'##### STAPPEN 14,15 EN 16 UIT F11B P(117) #####;
190 U:=(C1/C2)**1.5;
191 E:=C1*FW**0.5/((2*G)**0.5);
192 TC:=PW*G*V**2/C1**2;
193 TCW:=TC*(1+0.5*(E*UB/V)**2);
194 ZX:=W*SQRT(PW)/(0.4*SQRT(TCW));
195 'COMMENT'OUTSTRING(1,('V,ZX='));
195 FIX(1,2,3,V)FIX(1,2,3,ZX);
195

```

```

195 *COMMENT'##### HET BODEMTRANSPORT : SB ,UIT F11B FORMULE (19.33) #####;
195 SB:=5*D50*1'-3*V*SQRT(G)/C1*EXP(-0.27*DELTA*D50*1'-3*PW*G/(U*TCW));
196 OUTSTRING(1,('( ; )'));FLO(1,1,7,SB);
198
198 *COMMENT'##### EERST BEPALING VAN Q EN DAN ST=SB(1+1.83) #####;
198 BX:=A;I1:=0;I2:=0;
201 *COMMENT'##### Q BEPAALD MET DE SIMPSON REGEL #####;
201 JJ:=50;
202 *FOR'KK:=1'STEP'1'UNTIL'JJ'DO'
203 *BEGIN'
204 HH:=(1-A)/(2*JJ);
205 X1:=A+(2*KK-2)*HH;
206 X2:=A+(2*KK-1)*HH;
207 X3:=A+2*KK*HH;
208 Y1:=((1-X1)/X1)**ZX;
209 Y2:=((1-X2)/X2)**ZX;
210 Y3:=((1-X3)/X3)**ZX;
211 Y4:=Y1*LN(X1);
212 Y5:=Y2*LN(X2);
213 Y6:=Y3*LN(X3);
214 I1:=I1+1/3*HH*(Y1+4*Y2+Y3);
215 I2:=I2+1/3*HH*(Y4+4*Y5+Y6);
216 *END';
217 IQ:=0.216*(A**(ZX-1)/(1-A)**ZX);
218 I1:=I1*IQ;
219 I2:=I2*IQ;
220 QI:=I1*LN(33/A)+I2;
221 *COMMENT'OUTSTRING(1,('Q='))FIX(1,2,3,QI);
221 ST(/NN/):=SB*(1+1.83*QI);
222 OUTSTRING(1,('( ; )'));FLO(1,1,8,ST(/NN/));
224 ST(/NN/):=ST(/NN/)*86400;
225 OUTSTRING(1,('( ; )'));FIX(1,4,2,ST(/NN/));
227
227 *COMMENT'##### STI[NN]: HET CUMULATIEF ZANDTRANSPORT #####;
227 STI(/NN/):=0.5*B*(ST(/NN/)+ST(/NN-1/))+STI(/NN-1/);
228 OUTSTRING(1,('( ; )'));FIX(1,5,2,STI(/NN/));
230 OUTSTRING(1,('( ; )'));LINE(1,1);
232 *END';
233
233 *COMMENT'##### LST[EN]: TOTAL LONGSHORE TRANSP. BIJ EEN HO,FI EN T #####;
233 LST(/N/):=STI(/NN-1/);
234 STTOCC(/N/):=STI(/NN-1/)*OCC(/N/)/100;
235
235 *COMMENT'***** ONDER ELKE TABEL TOTAL L.S. TRANSP. *****;
235 *COMMENT'*****;
235 BLANK(1,5);
236 OUTSTRING(1,('(=====')');
237 OUTSTRING(1,('(=====')');
238 LINE(1,1);BLANK(1,5);OUTSTRING(1,('( ; )'));BLANK(1,3);
242 OUTSTRING(1,('(TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)'));
243 BLANK(1,8);OUTSTRING(1,('( ; )'));
245 FLO(1,3,0,LST(/N/));OUTSTRING(1,('( ; )'));
247 LINE(1,1);BLANK(1,5);
249 OUTSTRING(1,('(-----')');
250 OUTSTRING(1,('(-----')');

```



```

251 LINE(1,1);BLANK(1,5);
253 OUTSTRING(1,'('';'))';BLANK(1,33);OUTSTRING(1,'('';'))';
256 FIX(1,2,3,0CC(/N/));OUTSTRING(1,'(% OCCURENCE ) : ');
258 FLO(1,3,0,STTOCC(/N/));
259 OUTSTRING(1,'('';'))';
260 LINE(1,1);BLANK(1,5);
262 OUTSTRING(1,'(=====)');
263 OUTSTRING(1,'(=====)');
264 LINE(1,1);BLANK(1,5);
266 'COMMENT'&&& SCERC IS HET TRANSPORT BEREKEND MET DE CERC-FOFMULE &&&;
266 SCERC(/N/):=2420*(H**2)*NFAC*(G*DWBR)**0.5*
267 SIN(FIBR(/N/))*COS(FIBR(/N/))*OCC(/N/)/100;
267 OUTSTRING(1,'('';'))';BLANK(1,3);
269 OUTSTRING(1,'(TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA)');
270 BLANK(1,13);OUTSTRING(1,'('';'))';FLO(1,3,0,SCERC(/N/));
273 OUTSTRING(1,'('';'))';LINE(1,1);BLANK(1,5);
276 OUTSTRING(1,'(=====)');
277 OUTSTRING(1,'(=====)');
278 'COMMENT'&&& SDCERC = TRANSP. OVER 1 RICHTING MET DE CERC-FORMULE &&&;
278 SDCERC(/N/):=SCERC(/N/)+SDCERC(/N-1/);
279 SDCEOCC(/N/):=SCERC(/N/)*100/OCC(/N/)+SDCEOCC(/N-1/);
280 N:=N+1;
281 READ(0,DIR,T(/N/),HO(/N/),OCC(/N/),DWBR,FIBR(/N/));
282 FIBR(/N/):=FIBR(/N/)-1;
283 FI2:=0;DIST2:=0;
285
285 'IF'T(/N/)>=100'THEN'
286 'BEGIN'
287
287 'COMMENT'***** AFDRUK SAMENVATINGS-TABEL PER RICHTING *****;
287 'COMMENT'*****;
287 PAGE(1);LINE(1,6);BLANK(1,21);
290 OUTSTRING(1,'(*****)');
291 LINE(1,2);BLANK(1,21);
293 OUTSTRING(1,'( SUMMARY OF LONGSHORE TRANSPORT FOR)');
294 LINE(1,2);BLANK(1,22);
296 OUTSTRING(1,'(DEEP WATER WAVE DIRECTION : )');
297 'IF'DIR=22.5'THEN'OUTSTRING(1,'( S.S.W.)')'ELSE'
300 'IF'DIR=45.0'THEN'OUTSTRING(1,'( S.W.)')'ELSE'
303 'IF'DIR=67.5'THEN'OUTSTRING(1,'( W.S.W.)')'ELSE'
306 'IF'DIR=90.0'THEN'OUTSTRING(1,'( W.)')'ELSE'
309 'IF'DIR=112.5'THEN'OUTSTRING(1,'( W.N.W.)')'ELSE'
312 'IF'DIR=135'THEN'OUTSTRING(1,'( N.W.)');
314 LINE(1,2);BLANK(1,21);
316 OUTSTRING(1,'(*****)');
317 LINE(1,5);BLANK(1,5);
319 OUTSTRING(1,'(=====)');
320 OUTSTRING(1,'(=====)');
321 LINE(1,1);BLANK(1,5);
323 OUTSTRING(1,'(DEEPWATER: WAVE ; BREAKER ; BREAKER ;)');
324 OUTSTRING(1,'(% OCCUR. ; SAND TRANSPORT ;)');
325 LINE(1,1);BLANK(1,5);
327 OUTSTRING(1,'( WAVE ; PERIOD ; WAVE ; WAVE ;)');
328 OUTSTRING(1,'( OF ; [CUBIC METRE/DAY] ;)');
329 LINE(1,1);BLANK(1,5);

```

```

331 OUTSTRING(1,(' : HEIGHT : : HEIGHT : ANGLE :')));
332 OUTSTRING(1,(' WAVES :-----!')));
333 LINE(1,1);BLANK(1,5);
335 OUTSTRING(1,(' [METRE] : [SEC.] : [METRE] : [DEGREE] :')));
336 OUTSTRING(1,(' : : 100% OCC.!')));
337 LINE(1,1);BLANK(1,5);
339 OUTSTRING(1,('=====')));
340 OUTSTRING(1,('=====')));
341 NN:=1;
342 'FOR'NN:=NN'STEP'1'UNTIL'N-1'DO'
343 'BEGIN'
344 'COMMENT'##### AFDRUK LIJNEN UIT DE TABEL #####;
344 LINE(1,1);BLANK(1,5);
346 OUTSTRING(1,(' :')));FIX(1,2,2,H0(/NN/));OUTSTRING(1,(' :')));
349 FIX(1,2,1,T(/NN/));OUTSTRING(1,(' :')));FIX(1,2,2,HBR(/NN/));
352 OUTSTRING(1,(' :')));FIX(1,3,2,FIBR(/NN/)*180/PI);
354 OUTSTRING(1,(' :')));FIX(1,2,3,OCC(/NN/));OUTSTRING(1,(' :')));
357 FLO(1,2,0,STTOCC(/NN/));
358 'COMMENT'#### SOM1=SOM OVER 1 RICHT. VAN WERKELIJK ZAND TRANSP. ####;
358 SOM1:=SOM1+STTOCC(/NN/);
359 OUTSTRING(1,(' :')));FLO(1,3,0,LST(/NN/));OUTSTRING(1,(' :')));
362 'COMMENT'#### SOM2=SOM IN 1 RICHT. VAN 100% OCC. ZAND TRANSP. ####;
362 SOM2:=SOM2+LST(/NN/);
363 'END';
364 LINE(1,1);BLANK(1,5);
366 OUTSTRING(1,('=====')));
367 OUTSTRING(1,('=====')));
368 LINE(1,1);BLANK(1,5);
370 OUTSTRING(1,(' : TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (CUBIC METRE/DAY) :')));
371 OUTSTRING(1,(' :')));FIX(1,4,1,SOM1);
373 OUTSTRING(1,(' :')));FLO(1,3,0,SOM2);OUTSTRING(1,(' :')));
376 LINE(1,1);BLANK(1,5);
378 OUTSTRING(1,(' :')));BLANK(1,26);
380 OUTSTRING(1,(' (CUBIC METRE/YEAR) :')));
381 FIX(1,6,0,365*SOM1);OUTSTRING(1,(' :')));
383 FLO(1,3,0,365*SOM2);OUTSTRING(1,(' :')));
385 LINE(1,1);BLANK(1,5);
387 'COMMENT'#### SOM3 = SOM VAN DE TRANSP. OVER ALLE RICHTINGEN ####;
387 SOM3:=SOM3+365*SOM1;
388 OUTSTRING(1,('=====')));
389 OUTSTRING(1,('=====')));
390 LINE(1,1);BLANK(1,5);
392 OUTSTRING(1,(' : TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA :')));
393 FIX(1,6,0,365*SDCERC(/N-1/));OUTSTRING(1,(' :')));
395 FLO(1,3,0,365*SDCEOCC(/N-1/));OUTSTRING(1,(' :')));
397 LINE(1,1);BLANK(1,5);
399 OUTSTRING(1,(' : (CUBIC METRE/YEAR) :')));
400 OUTSTRING(1,(' : : :')));
401 LINE(1,1);BLANK(1,5);
403 'COMMENT'#### SOM VAN DE TRANSP. OVER ALLE RICHT. MET CERC-FORM. ####;
403 SOM4:=SOM4+365*SDCERC(/N-1/);
404 OUTSTRING(1,('=====')));
405 OUTSTRING(1,('=====')));
406 'COMMENT'#### GEGEVENS VOOR EEN NIEUWE RICHTING WORDEN NU BEHANDELD ####;
406 N:=1;J:=1;

```

```

408 TEL:=TEL+1;
409 SOM1:=0;SOM2:=0;
411 READ(0,DIR,T(/N/),HO(/N/),OCC(/N/),DWBR,FIBR(/N/));
412 FIBR(/N/):=FIBR(/N/)-1;
413     'END';
414
414 'END';
415 'END';
416
416 'END';
417 'COMMENT'***** SAMENVATTING VOOR ALLE RICHTINGEN *****;
417 'COMMENT'*****;
417 LINE(1,6);BLANK(1,21);
419 OUTSTRING(1,('*****'));
420 LINE(1,2);BLANK(1,21);
422 OUTSTRING(1,(' SUMMARY OF LONGSHORE TRANSPORT FOR'));
423 LINE(1,2);BLANK(1,21);
425 OUTSTRING(1,(' ALL THE DEEP WATER WAVE DIRECTIONS'));
426 LINE(1,2);BLANK(1,21);
428 OUTSTRING(1,('*****'));
429 LINE(1,5);BLANK(1,5);
431 OUTSTRING(1,('====='));
432 OUTSTRING(1,('====='));
433 LINE(1,1);BLANK(1,5);OUTSTRING(1,(':'));
436 OUTSTRING(1,('TOTAL LONGSHORE TRANSPORT      '));
437 OUTSTRING(1,(' (CUBIC METRE/YEAR):'));FIX(1,7,0,SOM3);
439 OUTSTRING(1,(':'));LINE(1,1);BLANK(1,5);
442 OUTSTRING(1,('====='));
443 OUTSTRING(1,('====='));
444 LINE(1,1);BLANK(1,5);OUTSTRING(1,(':'));
447 OUTSTRING(1,('TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORM. '));
448 OUTSTRING(1,(' (CUBIC METRE/YEAR):'));FIX(1,7,0,SOM4);
450 OUTSTRING(1,(':'));LINE(1,1);BLANK(1,5);
453
453 OUTSTRING(1,('====='));
454 OUTSTRING(1,('====='));
455
455 'END'

```

ERRORS FOUND

B I J L A G E 5

INHOUD:

pagina:

- Invoer- en uitvoer-gegevens van
zandtransportberekeningen voor
raai 4 (zie figuur 3.1).
 - De invoergegevens. 9
 - De uitvoergegevens. 10 t.m. 27

INVOER DATA VAN ZANDTRANSPORT
BEREKENINGEN VOOR GEBIED 4

TOELICHTING VAN DE GEBRUIKTE AFKORTINGEN :

NR : NUMMER VAN HET BESCHOUWDE GEBIED.
SSW : VOORBEELD VAN EEN GOLFRICHTING.
T : DE GOLFPERIODE [SEC.].
HO : DE DIEP WATER GOLFHOOGTE [METRE].
OCC : DE TIJD VAN VOORKOMEN VAN DE GOLFHOOGTE .
IN HET GEKOZEN GOLFHOOGTE INTERVAL.
DWBR: DE WATERDIEPTE BIJ HET BREKEN [METRE].
FIBR: DE GOLFHOEK BIJ HET BREKEN [DEGREE].

NR=4,

SSW=22.5,T=2.00,HO=0.25,OCC=6.44,DWBR=0.24,FIBR=+14.74,
22.5,2.80,0.50,1.76,0.49,15.07,
22.5,3.50,0.75,0.25,0.67,+13.28,
22.5,4.00,1.00,0.11,0.82,+11.83,
22.5,4.40,1.25,0.02,0.99,10.78,
22.5,100,0,0,0,0,(DIT LIEDT TOT EEN SAMENVATTING VOOR SSW)

SW=45,T=2.00,HO=0.25,OCC=33.06,DWBR=0.25,FIBR=5.18,
45,2.80,0.50,8.12,0.49,5.09,
45,3.50,0.75,2.21,0.74,+4.38,
45,4.00,1.00,0.88,0.91,3.44,
45,4.40,1.25,0.34,1.03,2.55,
45,4.90,1.50,0.11,1.18,1.40,
45,5.30,1.75,0.02,1.32,0.48,
45,100,0,0,0,0,

WSW=67.5,T=2.00,HO=0.25,OCC=5.87,DWBR=0.25,FIBR=-5.41,
67.5,2.80,0.50,1.60,0.49,-5.60,
67.5,3.50,0.75,0.23,0.70,-6.00,
67.5,4.00,1.00,0.11,0.93,-6.68,
67.5,4.40,1.25,0.02,1.05,-7.19,
67.5,100,0,0,0,0,

W=90,T=2.00,HO=0.25,OCC=5.42,DWBR=0.24,FIBR=-14.93,
90,2.80,0.50,1.52,0.49,-15.66,
90,3.50,0.75,0.17,0.70,-15.65,
90,4.00,1.00,0.06,0.87,-16.03,
90,4.40,1.25,0.02,1.00,-16.34,
90,100,0,0,0,0,
90,-10,0,0,0,0,(OM HET PROGRAMMA TE STOPPEN).

HET PROGRAMMA IS GETEST MET DE VOLGENDE
INVOER GEGEVENS :

NR=4,

W=45,T=7.0,HO=2.0,OCC=0.1,DWBR=2.59,FIBR=13.3,

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION =S.S.W. % WAVE OCCURENCE = +6.440
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (HO) = +.25 WAVE PERIOD (T) = +2.00
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.23 BREAKER WAVE ANGLE =+13.74

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M2/DAY]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+.15	+.1'-03	+.3'-03	+26.24	+19.68
+2	+2.40	+.24	+.2'-03	+.8'-03	+67.27	+89.81
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)					+898'	+2
(+6.440 % OCCURENCE)					+578'	+1
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					+277'	+1

DEEP WATER WAVE DIRECTION =S.S.W. % WAVE OCCURENCE = +1.760
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (HO) = +.50 WAVE PERIOD (T) = +2.80
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.48 BREAKER WAVE ANGLE =+14.07

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M2/DAY]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+.15	+.1'-03	+.2'-03	+18.81	+14.11
+2	+3.00	+.30	+.3'-03	+.1'-02	+87.94	+94.18
+3	+4.50	+.45	+.4'-03	+.3'-02	+250.89	+348.30
+4	+4.90	+.49	+.5'-03	+.4'-02	+308.04	+767.50
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)					+767'	+3
(+1.760 % OCCURENCE)					+135'	+2
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					+460'	+1

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION = S.S.W. % WAVE OCCURENCE = +.246
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +.75 WAVE PERIOD (T) = +3.50
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.65 BREAKER WAVE ANGLE = +12.28

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	SEDIMENT TRANSPORT [M2/DAY]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+0.15	+0.8 ⁻⁰⁴	+0.2 ⁻⁰³	+13.31	+9.98
+2	+3.00	+0.30	+0.2 ⁻⁰³	+0.7 ⁻⁰³	+62.66	+66.95
+3	+4.50	+0.45	+0.4 ⁻⁰³	+0.2 ⁻⁰²	+179.50	+248.57
+4	+6.00	+0.60	+0.5 ⁻⁰³	+0.5 ⁻⁰²	+390.49	+676.06
+5	+6.70	+0.67	+0.6 ⁻⁰³	+0.6 ⁻⁰²	+522.28	+1360.64
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)						+0.136 ⁺⁴
(+.246 % OCCURENCE)						+0.335 ⁺¹
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA						+0.125 ⁺¹

DEEP WATER WAVE DIRECTION = S.S.W. % WAVE OCCURENCE = +.108
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +1.00 WAVE PERIOD (T) = +4.00
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.80 BREAKER WAVE ANGLE = +10.83

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	SEDIMENT TRANSPORT [M2/DAY]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+0.15	+0.6 ⁻⁰⁴	+0.1 ⁻⁰³	+9.95	+7.46
+2	+3.00	+0.30	+0.2 ⁻⁰³	+0.5 ⁻⁰³	+46.82	+50.04
+3	+4.50	+0.45	+0.3 ⁻⁰³	+0.2 ⁻⁰²	+133.22	+185.06
+4	+6.00	+0.60	+0.4 ⁻⁰³	+0.3 ⁻⁰²	+290.21	+502.64
+5	+7.50	+0.75	+0.5 ⁻⁰³	+0.6 ⁻⁰²	+538.22	+1123.96
+6	+8.20	+0.82	+0.6 ⁻⁰³	+0.8 ⁻⁰²	+683.93	+2040.58
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)						+0.204 ⁺⁴
(+.108 % OCCURENCE)						+0.221 ⁺¹
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA						+0.813 ⁺⁰

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION =S.S.W. % WAVE OCCURENCE = +.014
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +1.25 WAVE PERIOD (T) = +4.40
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.96 BREAKER WAVE ANGLE = +9.78

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+.15	+.5'-04	+.9'-04	+7.69
+2	+3.00	+.30	+.1'-03	+.4'-03	+36.01
+3	+4.50	+.45	+.2'-03	+.1'-02	+101.27
+4	+6.00	+.60	+.3'-03	+.3'-02	+219.63
+5	+7.50	+.75	+.5'-03	+.5'-02	+407.89
+6	+9.00	+.90	+.6'-03	+.8'-02	+681.14
+7	+9.90	+.99	+.6'-03	+.1'-01	+886.35
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)					+285'+4
(+.014 % OCCURENCE)					+398'+0
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					+153'+0

SUMMARY OF LONGSHORE TRANSPORT FOR

DEEP WATER WAVE DIRECTION : S.S.W.

DEEPWATER WAVE HEIGHT [METRE]	WAVE PERIOD [SEC.]	BREAKER WAVE HEIGHT [METRE]	BREAKER WAVE ANGLE [DEGREE]	% OCCUR. OF WAVES	SAND TRANSPORT [CUBIC METRE/DAY] : 100% OCC.:	
+ .25	+2.0	+ .23	+13.74	+6.440	+.58'+1	+.898'+2
+ .50	+2.8	+ .48	+14.07	+1.760	+.14'+2	+.767'+3
+ .75	+3.5	+ .65	+12.28	+ .246	+.34'+1	+.136'+4
+1.00	+4.0	+ .80	+10.83	+ .108	+.22'+1	+.204'+4
+1.25	+4.4	+ .96	+9.78	+ .014	+.40'+0	+.285'+4
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (CUBIC METRE/DAY)				+25.3	+.710'+4	
				(CUBIC METRE/YEAR)	+9216	+.259'+7
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA				+3502	+.969'+6	
				(CUBIC METRE/YEAR)		

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION = S.W. % WAVE OCCURENCE =+33.060
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (HO) = +.25 WAVE PERIOD (T) = +2.00
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.24 BREAKER WAVE ANGLE = +4.18

```
=====
:SECT.: DISTANCE : WATER :BED LOAD :TOTAL SEDIMENT TRANSPORT:CUMULATIVE :
: NO. :FROM SHORE: DEPTH :TRANSPORT:-----:SAND TRANSP.:
: : : [M.] : [M.] :[M2/SEC.] : [M2/SEC.] : [M2/DAY] : [M3/DAY] :
=====
: +1 : +1.50 : +.15 :+.4'-04 : +.7'-04 : +6.30 : +4.73 :
: +2 : +2.50 : +.25 :+.7'-04 : +.2'-03 : +16.48 : +21.81 :
=====
: TOTAL LONGSHORE TRANSPORT ( 100% OCCURENCE ) : +.218'+2 :
: : : : : : : : :
: (+33.060 % OCCURENCE ) : +.721'+1 :
=====
: TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA : +.495'+1 :
=====
```

DEEP WATER WAVE DIRECTION = S.W. % WAVE OCCURENCE = +8.120
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (HO) = +.50 WAVE PERIOD (T) = +2.80
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.48 BREAKER WAVE ANGLE = +4.09

```
=====
:SECT.: DISTANCE : WATER :BED LOAD :TOTAL SEDIMENT TRANSPORT:CUMULATIVE :
: NO. :FROM SHORE: DEPTH :TRANSPORT:-----:SAND TRANSP.:
: : : [M.] : [M.] :[M2/SEC.] : [M2/SEC.] : [M2/DAY] : [M3/DAY] :
=====
: +1 : +1.50 : +.15 :+.3'-04 : +.5'-04 : +4.24 : +3.18 :
: +2 : +3.00 : +.30 :+.7'-04 : +.2'-03 : +17.21 : +19.27 :
: +3 : +4.50 : +.45 :+.1'-03 : +.5'-03 : +42.93 : +64.37 :
: +4 : +4.90 : +.49 :+.1'-03 : +.6'-03 : +51.45 : +135.15 :
=====
: TOTAL LONGSHORE TRANSPORT ( 100% OCCURENCE ) : +.135'+3 :
: : : : : : : : :
: (+8.120 % OCCURENCE ) : +.110'+2 :
=====
: TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA : +.641'+1 :
=====
```

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION = S.W. % WAVE OCCURENCE = +2.204
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +.75 WAVE PERIOD (T) = +3.50
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.72 BREAKER WAVE ANGLE = +3.33

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M ² /SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M ² /SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M ² /DAY]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M ³ /DAY]
+1	+1.50	+.15	+.2 ⁻⁰⁴	+.3 ⁻⁰⁴	+2.70	+2.02
+2	+3.00	+.30	+.5 ⁻⁰⁴	+.1 ⁻⁰³	+11.07	+12.35
+3	+4.50	+.45	+.8 ⁻⁰⁴	+.3 ⁻⁰³	+27.19	+41.04
+4	+6.00	+.60	+.1 ⁻⁰³	+.6 ⁻⁰³	+52.80	+101.03
+5	+7.40	+.74	+.2 ⁻⁰³	+.1 ⁻⁰²	+87.31	+206.12
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)						+206 ⁺³
					(+2.204 % OCCURENCE)	+454 ⁺¹
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA						+404 ⁺¹

DEEP WATER WAVE DIRECTION = S.W. % WAVE OCCURENCE = +.880
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +1.00 WAVE PERIOD (T) = +4.00
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.88 BREAKER WAVE ANGLE = +2.44

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M ² /SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M ² /SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M ² /DAY]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M ³ /DAY]
+1	+1.50	+.15	+.1 ⁻⁰⁴	+.2 ⁻⁰⁴	+1.68	+1.26
+2	+3.00	+.30	+.3 ⁻⁰⁴	+.8 ⁻⁰⁴	+6.92	+7.71
+3	+4.50	+.45	+.5 ⁻⁰⁴	+.2 ⁻⁰³	+16.71	+25.43
+4	+6.00	+.60	+.8 ⁻⁰⁴	+.4 ⁻⁰³	+31.76	+61.78
+5	+7.50	+.75	+.1 ⁻⁰³	+.6 ⁻⁰³	+53.08	+125.42
+6	+9.00	+.90	+.1 ⁻⁰³	+.9 ⁻⁰³	+81.83	+226.60
+7	+9.10	+.91	+.1 ⁻⁰³	+.1 ⁻⁰²	+83.15	+350.34
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)						+350 ⁺³
					(+.880 % OCCURENCE)	+308 ⁺¹
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA						+196 ⁺¹

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION = S.W. % WAVE OCCURENCE = +.336
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +1.25 WAVE PERIOD (T) = +4.40
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +1.00 BREAKER WAVE ANGLE = +1.55

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+.15	+.7'-05	+.1'-04	+.73
+2	+3.00	+.30	+.2'-04	+.5'-04	+4.46
+3	+4.50	+.45	+.3'-04	+.1'-03	+14.64
+4	+6.00	+.60	+.5'-04	+.2'-03	+35.26
+5	+7.50	+.75	+.6'-04	+.3'-03	+70.73
+6	+9.00	+.90	+.8'-04	+.5'-03	+126.08
+7	+10.30	+1.03	+.9'-04	+.7'-03	+204.81
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)					+2.205'+3
(+.336 % OCCURENCE)					+6.88'+0
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					+6.52'+0

DEEP WATER WAVE DIRECTION = S.W. % WAVE OCCURENCE = +.104
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +1.50 WAVE PERIOD (T) = +4.90
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +1.14 BREAKER WAVE ANGLE = +.40

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+.15	+.2'-05	+.3'-05	+.17
+2	+3.00	+.30	+.4'-05	+.1'-04	+1.04
+3	+4.50	+.45	+.8'-05	+.3'-04	+3.42
+4	+6.00	+.60	+.1'-04	+.5'-04	+8.19
+5	+7.50	+.75	+.2'-04	+.8'-04	+16.30
+6	+9.00	+.90	+.2'-04	+.1'-03	+28.78
+7	+10.50	+1.05	+.2'-04	+.2'-03	+46.72
+8	+11.80	+1.18	+.3'-04	+.2'-03	+70.78
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)					+7.708'+2
(+.104 % OCCURENCE)					+7.740'-1
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					+7.739'-1

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION = S.W. % WAVE OCCURENCE = +.020
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +1.75 WAVE PERIOD (T) = +5.30
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +1.28 BREAKER WAVE ANGLE = -.52

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+.15	-.2 ⁰ -05	-.3 ⁰ -05	-.27
+2	+3.00	+.30	-.5 ⁰ -05	-.1 ⁰ -04	-1.14
+3	+4.50	+.45	-.1 ⁰ -04	-.3 ⁰ -04	-2.72
+4	+6.00	+.60	-.1 ⁰ -04	-.6 ⁰ -04	-5.04
+5	+7.50	+.75	-.2 ⁰ -04	-.9 ⁰ -04	-8.17
+6	+9.00	+.90	-.2 ⁰ -04	-.1 ⁰ -03	-12.18
+7	+10.50	+1.05	-.3 ⁰ -04	-.2 ⁰ -03	-17.13
+8	+12.00	+1.20	-.3 ⁰ -04	-.3 ⁰ -03	-23.08
+9	+13.20	+1.32	-.4 ⁰ -04	-.3 ⁰ -03	-28.58
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)					-.126 ⁰ +3
(+.020 % OCCURENCE)					-.252 ⁰ -1
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					-.244 ⁰ -1

SUMMARY OF LONGSHORE TRANSPORT FOR
DEEP WATER WAVE DIRECTION : S.W.

DEEPWATER: WAVE HEIGHT [METRE]	WAVE PERIOD [SEC.]	BREAKER WAVE HEIGHT [METRE]	BREAKER WAVE ANGLE [DEGREE]	% OCCUR. OF WAVES	SAND TRANSPORT [CUBIC METRE/DAY] ----- 100% OCC.	
+0.25	+2.0	+0.24	+4.18	+33.060	+0.72 ⁺¹	+0.218 ⁺²
+0.50	+2.8	+0.48	+4.09	+8.120	+0.11 ⁺²	+0.135 ⁺³
+0.75	+3.5	+0.72	+3.38	+2.204	+0.45 ⁺¹	+0.206 ⁺³
+1.00	+4.0	+0.88	+2.44	+0.880	+0.31 ⁺¹	+0.350 ⁺³
+1.25	+4.4	+1.00	+1.55	+0.336	+0.69 ⁺⁰	+0.205 ⁺³
+1.50	+4.9	+1.14	+0.40	+0.104	+0.74 ⁻¹	+0.708 ⁺²
+1.75	+5.3	+1.28	-0.52	+0.020	-0.25 ⁻¹	-0.126 ⁺³
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (CUBIC METRE/DAY)					+26.5	+0.863 ⁺³
					+9691	+0.315 ⁺⁶
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					+6595	+0.235 ⁺⁶

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION =W.S.W. % WAVE OCCURENCE = +5.870
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (HO) = +.25 WAVE PERIOD (T) = +2.00
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.24 BREAKER WAVE ANGLE = -6.41

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+.15	-.6 ⁻⁰⁴	-.1 ⁻⁰³	-10.11
+2	+2.50	+.25	-.1 ⁻⁰³	-.3 ⁻⁰³	-27.13
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)					-.355 ⁺²
(+5.870 % OCCURENCE)					-.208 ⁺¹
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					-.134 ⁺¹

DEEP WATER WAVE DIRECTION =W.S.W. % WAVE OCCURENCE = +1.600
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (HO) = +.50 WAVE PERIOD (T) = +2.80
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.48 BREAKER WAVE ANGLE = -6.60

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+.15	-.5 ⁻⁰⁴	-.8 ⁻⁰⁴	-7.23
+2	+3.00	+.30	-.1 ⁻⁰³	-.4 ⁻⁰³	-30.75
+3	+4.50	+.45	-.2 ⁻⁰³	-.9 ⁻⁰³	-81.50
+4	+4.90	+.49	-.2 ⁻⁰³	-.1 ⁻⁰²	-98.93
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)					-.253 ⁺³
(+1.600 % OCCURENCE)					-.405 ⁺¹
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					-.203 ⁺¹

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION =W.S.W. % WAVE OCCURENCE = +.230
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +.75 WAVE PERIOD (T) = +3.50
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.68 BREAKER WAVE ANGLE = -7.00

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M2/DAY]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+0.15	-.4'-04	-.7'-04	-6.26	-4.70
+2	+3.00	+0.30	-.1'-03	-.3'-03	-27.42	-29.96
+3	+4.50	+0.45	-.2'-03	-.9'-03	-73.49	-105.65
+4	+6.00	+0.60	-.3'-03	-.2'-02	-154.65	-276.76
+5	+7.00	+0.70	-.3'-03	-.3'-02	-232.36	-567.01
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)						-567'+3
					(+.230 % OCCURENCE)	-130'+1
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA						-757'+0

DEEP WATER WAVE DIRECTION =W.S.W. % WAVE OCCURENCE = +.111
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +1.00 WAVE PERIOD (T) = +4.00
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.90 BREAKER WAVE ANGLE = -7.68

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M2/DAY]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+0.15	-.4'-04	-.7'-04	-5.87	-4.40
+2	+3.00	+0.30	-.1'-03	-.3'-03	-26.25	-28.50
+3	+4.50	+0.45	-.2'-03	-.8'-03	-71.02	-101.45
+4	+6.00	+0.60	-.3'-03	-.2'-02	-150.34	-267.46
+5	+7.50	+0.75	-.4'-03	-.3'-02	-275.80	-587.06
+6	+9.00	+0.90	-.4'-03	-.5'-02	-458.65	-1137.90
+7	+9.30	+0.93	-.5'-03	-.6'-02	-497.07	-1854.69
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)						-185'+4
					(+.111 % OCCURENCE)	-206'+1
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA						-813'+0

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION =W.S.W. % WAVE OCCURENCE = +.020
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +1.25 WAVE PERIOD (T) = +4.40
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +1.02 BREAKER WAVE ANGLE = -8.19

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+0.15	-0.4 ⁻⁰⁴	-0.7 ⁻⁰⁴	-4.41
+2	+3.00	+0.30	-0.1 ⁻⁰³	-0.3 ⁻⁰³	-28.93
+3	+4.50	+0.45	-0.2 ⁻⁰³	-0.8 ⁻⁰³	-104.11
+4	+6.00	+0.60	-0.3 ⁻⁰³	-0.2 ⁻⁰²	-276.65
+5	+7.50	+0.75	-0.4 ⁻⁰³	-0.3 ⁻⁰²	-610.72
+6	+9.00	+0.90	-0.5 ⁻⁰³	-0.6 ⁻⁰²	-1188.60
+7	+10.50	+1.05	-0.6 ⁻⁰³	-0.9 ⁻⁰²	-2109.59
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)					-211 ⁺⁴
(+.020 % OCCURENCE)					-422 ⁺⁰
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					-212 ⁺⁰

SUMMARY OF LONGSHORE TRANSPORT FOR
DEEP WATER WAVE DIRECTION : W.S.W.

DEEPWATER: WAVE HEIGHT [METRE]	WAVE PERIOD [SEC.]	BREAKER WAVE HEIGHT [METRE]	BREAKER WAVE ANGLE [DEGREE]	% OCCUR. OF WAVES	SAND TRANSPORT [CUBIC METRE/DAY] ----- 100% OCC.	
+0.25	+2.0	+0.24	-6.41	+5.870	-.21'+1	-.355'+2
+0.50	+2.8	+0.48	-6.60	+1.600	-.41'+1	-.253'+3
+0.75	+3.5	+0.68	-7.00	+0.230	-.13'+1	-.567'+3
+1.00	+4.0	+0.90	-7.68	+0.111	-.21'+1	-.185'+4
+1.25	+4.4	+1.02	-8.19	+0.020	-.42'+0	-.211'+4
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (CUBIC METRE/DAY)					-9.9	-.482'+4
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (CUBIC METRE/YEAR)					-3622	-.176'+7
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					-1880	-.829'+6
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA (CUBIC METRE/YEAR)						

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION = W. % WAVE OCCURENCE = +5.420
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (HO) = +.25 WAVE PERIOD (T) = +2.00
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.23 BREAKER WAVE ANGLE = -15.93

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+0.15	-0.2 ⁻⁰³	-0.4 ⁻⁰³	-23.72
+2	+2.40	+0.24	-0.3 ⁻⁰³	-0.9 ⁻⁰³	-108.52
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)					-0.109 ⁺³
(+5.420 % OCCURENCE)					-0.588 ⁺¹
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					-0.267 ⁺¹

DEEP WATER WAVE DIRECTION = W. % WAVE OCCURENCE = +1.520
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (HO) = +.50 WAVE PERIOD (T) = +2.80
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.48 BREAKER WAVE ANGLE = -16.66

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+0.15	-0.1 ⁻⁰³	-0.3 ⁻⁰³	-17.75
+2	+3.00	+0.30	-0.3 ⁻⁰³	-0.1 ⁻⁰²	-119.39
+3	+4.50	+0.45	-0.5 ⁻⁰³	-0.4 ⁻⁰²	-442.35
+4	+4.90	+0.49	-0.6 ⁻⁰³	-0.5 ⁻⁰²	-974.68
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)					-0.975 ⁺³
(+1.520 % OCCURENCE)					-0.148 ⁺²
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					-0.463 ⁺¹

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION = W. % WAVE OCCURENCE = +.174
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +.75 WAVE PERIOD (T) = +3.50
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.68 BREAKER WAVE ANGLE = -16.65

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M2/DAY]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+0.15	-0.1'-03	-0.2'-03	-19.79	-14.85
+2	+3.00	+0.30	-0.3'-03	-0.1'-02	-95.24	-101.12
+3	+4.50	+0.45	-0.5'-03	-0.3'-02	-275.15	-378.91
+4	+6.00	+0.60	-0.7'-03	-0.7'-02	-593.88	-1030.69
+5	+7.00	+0.70	-0.8'-03	-0.1'-01	-891.33	-2144.60
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)						-214.60
					(+.174 % OCCURENCE)	-373.91
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA						-130.69

DEEP WATER WAVE DIRECTION = W. % WAVE OCCURENCE = +.058
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +1.00 WAVE PERIOD (T) = +4.00
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.84 BREAKER WAVE ANGLE = -17.03

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M2/DAY]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+0.15	-0.1'-03	-0.2'-03	-18.18	-13.63
+2	+3.00	+0.30	-0.3'-03	-0.1'-02	-88.49	-93.64
+3	+4.50	+0.45	-0.4'-03	-0.3'-02	-257.25	-352.94
+4	+6.00	+0.60	-0.6'-03	-0.6'-02	-558.55	-964.79
+5	+7.50	+0.75	-0.8'-03	-0.1'-01	-1019.11	-2148.03
+6	+8.70	+0.87	-0.1'-02	-0.2'-01	-1510.65	-4045.35
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)						-405.35
					(+.058 % OCCURENCE)	-235.94
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA						-766.79

 FOR BEACH SECTION NR : +4
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.10
 BREAKER INDEX : +.97
 BOTOM ROUGHNESS : +.050 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.40 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.80 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.050 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +1.5 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION = W. % WAVE OCCURENCE = +.020
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +1.25 WAVE PERIOD (T) = +4.40
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +.97 BREAKER WAVE ANGLE = -17.34

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M2/DAY]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+0.15	-0.1 ⁰ -03	-0.2 ⁰ -03	-17.31	-12.99
+2	+3.00	+0.30	-0.3 ⁰ -03	-0.1 ⁰ -02	-85.04	-89.75
+3	+4.50	+0.45	-0.4 ⁰ -03	-0.3 ⁰ -02	-248.19	-339.67
+4	+6.00	+0.60	-0.6 ⁰ -03	-0.6 ⁰ -02	-540.66	-931.30
+5	+7.50	+0.75	-0.8 ⁰ -03	-0.1 ⁰ -01	-989.54	-2078.95
+6	+9.00	+0.90	-0.1 ⁰ -02	-0.2 ⁰ -01	-1613.95	-4031.58
+7	+10.00	+1.00	-0.1 ⁰ -02	-0.2 ⁰ -01	-2126.45	-6836.88
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)						-684 ⁰ +4
(+.020 % OCCURENCE)						-137 ⁰ +1
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA						-380 ⁰ +0

DEEP WATER WAVE DIRECTION = W. % WAVE OCCURENCE = +.005
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +1.50 WAVE PERIOD (T) = +4.90
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +1.09 BREAKER WAVE ANGLE = -17.71

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M2/SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M2/SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M2/DAY]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M3/DAY]
+1	+1.50	+0.15	-0.1 ⁰ -03	-0.2 ⁰ -03	-16.95	-12.71
+2	+3.00	+0.30	-0.3 ⁰ -03	-0.1 ⁰ -02	-84.11	-88.50
+3	+4.50	+0.45	-0.4 ⁰ -03	-0.3 ⁰ -02	-246.50	-336.46
+4	+6.00	+0.60	-0.6 ⁰ -03	-0.6 ⁰ -02	-538.24	-925.02
+5	+7.50	+0.75	-0.8 ⁰ -03	-0.1 ⁰ -01	-986.87	-2068.86
+6	+9.00	+0.90	-0.1 ⁰ -02	-0.2 ⁰ -01	-1612.05	-4018.05
+7	+10.50	+1.05	-0.1 ⁰ -02	-0.3 ⁰ -01	-2427.48	-7047.70
+8	+11.20	+1.12	-0.1 ⁰ -02	-0.3 ⁰ -01	-2861.44	-11014.39
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)						-110 ⁰ +5
(+.005 % OCCURENCE)						-606 ⁰ +0
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA						-142 ⁰ +0

SUMMARY OF LONGSHORE TRANSPORT FOR
DEEP WATER WAVE DIRECTION : W.

DEEPWATER WAVE HEIGHT [METRE]	WAVE PERIOD [SEC.]	BREAKER WAVE HEIGHT [METRE]	BREAKER WAVE ANGLE [DEGREE]	% OCCUR. OF WAVES	SAND TRANSPORT [CUBIC METRE/DAY] ----- 100% OCC.		
+0.25	+2.0	+0.23	-15.93	+5.420	-.59'+1	-.109'+3	
+0.50	+2.8	+0.48	-16.66	+1.520	-.15'+2	-.975'+3	
+0.75	+3.5	+0.68	-16.65	+0.174	-.37'+1	-.214'+4	
+1.00	+4.0	+0.84	-17.03	+0.058	-.24'+1	-.405'+4	
+1.25	+4.4	+0.97	-17.34	+0.020	-.14'+1	-.684'+4	
+1.50	+4.9	+1.09	-17.71	+0.005	-.61'+0	-.110'+5	
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (CUBIC METRE/DAY)					-28.8	-.251'+5	
					(CUBIC METRE/YEAR)	-10496	-.917'+7
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA					-3609	-.252'+7	
					(CUBIC METRE/YEAR)		

SUMMARY OF LONGSHORE TRANSPORT FOR
ALL THE DEEP WATER WAVE DIRECTIONS

TOTAL LONGSHORE TRANSPORT	(CUBIC METRE/YEAR)	+4789
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORM.	(CUBIC METRE/YEAR)	+4607

B I J L A G E 6

INHOUD:

pagina:

- Uitvoergegevens van de controle
van het programma. 28 t.m. 29
- Voor de invoergegevens zie
bijlage 5 pagina 9, onderaan.

 FOR BEACH SECTION NR : +0
 INPUT AND OUTPUT DATA
 FOR SAND TRANSPORT CALCULATIONS

BEACH SLOPE : +.01
 BREAKER INDEX : +.80
 BOTOM ROUGHNESS : +.060 [METRE]
 D50 SAND SIZE : +.20 [MILLIMETRE]
 D90 SAND SIZE : +.27 [MILLIMETRE]
 FALL VELOCITY : +.025 [METRE/SEC.]
 INTERVAL LENGTH : +25.0 [METRE]

DEEP WATER WAVE DIRECTION = S.W. % WAVE OCCURENCE = +.100
 DEEP WATER WAVE HEIGHT (H0) = +2.00 WAVE PERIOD (T) = +7.00
 BREAKER WAVE HEIGHT (HBR) = +2.07 BREAKER WAVE ANGLE = +13.30

SECT. NO.	DISTANCE FROM SHORE [M.]	WATER DEPTH [M.]	BED LOAD TRANSPORT [M ² /SEC.]	TOTAL SEDIMENT TRANSPORT [M ² /SEC.]	CUMULATIVE SAND TRANSP. [M ³ /DAY]
+1	+25.00	+.25	+.4 ⁻⁰⁵	+.1 ⁻⁰⁴	+10.34
+2	+50.00	+.50	+.8 ⁻⁰⁵	+.4 ⁻⁰⁴	+67.05
+3	+75.00	+.75	+.1 ⁻⁰⁴	+.1 ⁻⁰³	+231.93
+4	+100.00	+1.00	+.2 ⁻⁰⁴	+.2 ⁻⁰³	+582.78
+5	+125.00	+1.25	+.3 ⁻⁰⁴	+.4 ⁻⁰³	+1208.62
+6	+150.00	+1.50	+.3 ⁻⁰⁴	+.6 ⁻⁰³	+2209.26
+7	+175.00	+1.75	+.4 ⁻⁰⁴	+.8 ⁻⁰³	+3694.53
+8	+200.00	+2.00	+.5 ⁻⁰⁴	+.1 ⁻⁰²	+5783.56
+9	+225.00	+2.25	+.5 ⁻⁰⁴	+.1 ⁻⁰²	+8604.20
+10	+250.00	+2.50	+.6 ⁻⁰⁴	+.2 ⁻⁰²	+12292.54
+11	+259.00	+2.59	+.6 ⁻⁰⁴	+.2 ⁻⁰²	+16628.73
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (100% OCCURENCE)					+166 ⁺⁵
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA (+.100 % OCCURENCE)					+166 ⁺²

 SUMMARY OF LONGSHORE TRANSPORT FOR
 DEEP WATER WAVE DIRECTION : S.W.

DEEPWATER WAVE HEIGHT [METRE]	WAVE PERIOD [SEC.]	BREAKER WAVE HEIGHT [METRE]	BREAKER WAVE ANGLE [DEGREE]	% OCCUR. OF WAVES	SAND TRANSPORT [CUBIC METRE/DAY]	100% OCC.
+2.00	+7.0	+2.07	+13.30	+ .100	+.17'+2	+.166'+5
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (CUBIC METRE/DAY)					+16.6	+.166'+5
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (CUBIC METRE/YEAR)					+6069	+.607'+7
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORMULA (CUBIC METRE/YEAR)					+4004	+.400'+7

 SUMMARY OF LONGSHORE TRANSPORT FOR
 ALL THE DEEP WATER WAVE DIRECTIONS

TOTAL LONGSHORE TRANSPORT (CUBIC METRE/YEAR)	+6069
TOTAL LONGSHORE TRANSPORT WITH CERC-FORM. (CUBIC METRE/YEAR)	+4004

B I J L A G E 7

INHOUD:

pagina:

- Voor de berekening van de kustlijnen, het programma geschreven in Algol 60. 31 t.m. 33

- Voor het kustgebied ten noorden van de rivier, voor de beschouwde jaartallen, de grafische uitvoer van de kustlijnveranderingen. 34

```

MPILER VERSION :BATCH
PTIONS IN EFFECT:SIZE(KBYTES)= 898,IDL= 6,SEG=SEGM,
                EBCDIC(EB),NOIDLST,LOAD(L),LONG(LP),OPT0,NOPAG,
                SE,SOURCE(S),NST,SWAP0,TEST(T),W,NODUMP

0
0  'BEGIN'
1
1  'REAL' 'ARRAY' Y(/1..23/),Y1(/1..23/),Y2(/1..23/),Y3(/1..23/),
2                Y4(/1..23/),X(/1..23/),DT(/1..10/);
2  'REAL' S,H,FI,A,T,T1,T2,U,Z1,Z2,Z3,B,EPS,M,L,I1,Q,
3                A1,A2,A3,A4,A5,A6,B1,B2,B3,B4,B9,B10,B11,B12,B13;
3  'INTEGER' I,J,K,N;
4
4  N:=1;
5  READ(0,S,H,L,FI,DT(/N/));
6  A1:=DT(/1/);
7  FI:=FI*PI/180;
8  A:=S/(FI*H);
9  'COMMENT' ** T1=TIJDSTIP WAAROP AL ZAND LANGS DE GOLFBREKER STROOMT **;
9  T1:=0.785*L**2*H/(S*FI);
10 T2:=0.617*T1;
11 OUTSTRING(1,('T1,T2='));FIX(1,8,3,T1);FIX(1,8,3,T2);LINE(1,2);
15
15 'FOR' DT(/N/):=DT(/N/)' WHILE' DT(/N/)>0'DO'
16 'BEGIN'
17
17 I:=1;
18 X(/1/):=0;
19 'IF' DT(/N/)>T1'THEN'T:=DT(/N/)-0.383*T1'ELSE'T:=DT(/N/);
23 'FOR' X(/I/):=X(/I/)' WHILE' X(/I/)<=2000'DO'
24 'BEGIN'
25
25 LINE(1,2);
26 OUTSTRING(1,('*****'));
27 LINE(1,1);OUTSTRING(1,('X='));FIX(1,4,2,X(/I/));LINE(1,1);
31 OUTSTRING(1,('*****'));
32 LINE(1,1);
33 U:=X(/I/)/(4*A*T)**0.5;
34 OUTSTRING(1,('U='));FIX(1,4,2,U);
36 'COMMENT' ***** BEPALING VAN INTEGRAAL MET DE SIMPSON REGEL *****;
36 I1:=0;B:=I1;
38 J:=50;M:=0;
40 'FOR' J:=J' WHILE' M=0'DO'
41 'BEGIN'
42   'FOR' K:=1'STEP'1'UNTIL'J'DO'
43     'BEGIN'
44       H:=U/(2*K);
45       Z1:=EXP(-(2*K-2)*H)**2;
46       Z2:=EXP(-(2*K-1)*H)**2;
47       Z3:=EXP(-(2*K)*H)**2;
48       I1:=I1+1/3*H*(Z1+4*Z2+Z3);
49     'END';
50   OUTSTRING(1,('I='));FIX(1,2,4,1-2/(PI**0.5)*I1);

```

```

52     EPS:=ABS(B-I1);
53     B:=I1;
54     'IF'EPS>0.01'THEN'
55         'BEGIN'
56             J:=J+25;
57             I1:=0;
58         'END'
59     'ELSE'
60         'BEGIN'
61             M:=1;
62             OUTSTRING(1,('*** I1EIND='));
63             FIX(1,2,4,1-2/(PI**0.5)*I1);
64         'END';
65     'END';
66     'COMMENT'***** BEPALING VAN TETA (ZIE F11B P.127 E.V.) *****;
66     Q:=1-2/(PI**0.5)*I1;
67     OUTSTRING(1,(' ;TETA='));FIX(1,4,2,Q);LINE(1,2);
70     'IF'DT(/N/)>T1'THEN'Y(/I/):=Q*L'ELSE'
73     Y(/I/):=FI*SQRT(4*A*T/PI)*(EXP(-U**2)-U*(PI**0.5)*Q);
74     OUTSTRING(1,('Y='));FIX(1,4,2,Y(/I/));LINE(1,1);
77     'COMMENT'**** PER JAAR DT,PLAATSING VAN DE KUSTLIJN IN EEN ARRAY ****;
77     'IF'N=1'THEN'Y1(/I/):=Y(/I/)'ELSE'
80     'IF'N=2'THEN'Y2(/I/):=Y(/I/)'ELSE'
83     'IF'N=3'THEN'Y3(/I/):=Y(/I/)'ELSE'
86     'IF'N=4'THEN'Y4(/I/):=Y(/I/);
88
88     I:=I+1;
89     'COMMENT'**** HIERONDER WORDT DE STAPGROOTE BEPAALD ****;
89     X(/I/):=X(/I-1/)+100;
90     'END';
91
91     N:=N+1;
92     READ(0,DT(/N/));
93     'END';
94
94     PLOTS(1,10);
95     PLOT(0.5,0.5,-3);
96     SCALE(X,7.0,21,-1);
97     SCALE(Y4,6.0,21,1);
98     X(/1/):=0;
99     Y1(/22/):=Y4(/22/);
100    Y1(/23/):=Y4(/23/);
101    Y2(/22/):=Y4(/22/);
102    Y2(/23/):=Y4(/23/);
103    Y3(/22/):=Y4(/22/);
104    Y3(/23/):=Y4(/23/);
105
105    LINES(X,Y1,21,1,1,3);
106    LINES(X,Y2,21,1,1,3);
107    LINES(X,Y3,21,1,1,3);
108    LINES(X,Y4,21,1,1,3);
109
109
109
109    AXIS(0.0,0.0,('DISTANCE FROM THE BREAKWATER (M.)'),-33,7.0,0,

```

```

110 X(/22/),X(/23/));
110 AXIS(0.0,0.0,'(' (METRE) ')',+7,6.0,90,Y4(/22/),Y4(/23/));
111
111 DT(/1/):=A1;
112
112 A1:=(650-X(/22/))/X(/23/);
113 A2:=(275-X(/22/))/X(/23/);
114 A3:=(X(/21/)-X(/22/))/X(/23/);
115 A4:=(X(/17/)-X(/22/))/X(/23/);
116 A5:=(X(/15/)-X(/22/))/X(/23/);
117 A6:=((X(/16/)+X(/17/))/2-X(/22/))/X(/23/);
118
118 B1:=(Y1(/3/)-Y4(/22/))/Y4(/23/);
119 B2:=(Y2(/3/)-Y4(/22/))/Y4(/23/);
120 B3:=(Y3(/3/)-Y4(/22/))/Y4(/23/);
121 B4:=(Y4(/3/)-Y4(/22/))/Y4(/23/);
122 B9:=(Y4(/1/)-Y4(/22/))/Y4(/23/);
123 B10:=(Y4(/1/)-20-Y4(/22/))/Y4(/23/);
124 B11:=(Y4(/1/)-35-Y4(/22/))/Y4(/23/);
125 B12:=(Y4(/1/)-50-Y4(/22/))/Y4(/23/);
126 B13:=(Y4(/1/)-65-Y4(/22/))/Y4(/23/);
127
127 SYMBOL(A3,B9,0.15,'(' (BEACH ACCRETION LINES) ')',0,21);
128 SYMBOL(A3,B10,0.10,'(' (INPUT: S=) ')',0,10);
129 SYMBOL(A3,B11,0.10,'(' (FI=) ')',0,11);
130 SYMBOL(A3,B12,0.10,'(' (H=) ')',0,10);
131 NUMBER(A4,B10,0.10,S,0,0);
132 FI:=FI*180/PI;
133 NUMBER(A6,B11,0.10,FI,0,0);
134 NUMBER(A4,B12,0.10,2.5,0,1);
135 SYMBOL(A5,B10,0.10,'(' (M3/Y.) ')',0,9);
136 SYMBOL(A5,B11,0.10,'(' (DEGREE) ')',0,8);
137 SYMBOL(A5,B12,0.10,'(' (M.) ')',0,5);
138 SYMBOL(A3,B13,0.10,'(' (L=) ')',0,10);
139 NUMBER(A4,B13,0.10,L,0,0);
140 SYMBOL(A5,B13,0.10,'(' (M.) ')',0,5);
141
141 NUMBER(A2,B1,0.10,DT(/1/),0,0);
142 NUMBER(A2,B2,0.10,DT(/2/),0,0);
143 NUMBER(A2,B3,0.10,DT(/3/),0,0);
144 SYMBOL(A1,B4,0.10,'(' (T=40 YEARS) ')',0,10);
145
145 A1:=-X(/22/)/X(/23/);
146 AXIS(A1,0.0,'(' (DISTANCE ALONG THE BREAKWATER (METRE) ')',-37,6.0,90,
147 Y4(/22/),Y4(/23/));
147 A1:=(300-Y4(/22/))/Y4(/23/);
148 A2:=(2800-X(/22/))/X(/23/);
149 PLOT(0,A1,3);
150 PLOT(A2,A1,2);
151
151 LASPLO;
152 'END'
153

```

